



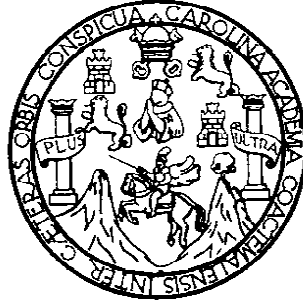
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA  
PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO  
ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

**Andrés Sebastián Coronado Menéndez**  
Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA  
PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO  
ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

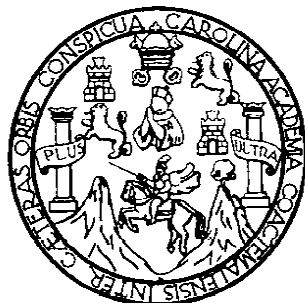
**ANDRÉS SEBASTIÁN CORONADO MENÉNDEZ**  
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de octubre de 2010.



**Andrés Sebastián Coronado Menéndez**



Guatemala, 14 de octubre de 2011  
REF.EPS.DOC.1360.10.11

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Andrés Sebastián Coronado Menéndez** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200517889**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ”**.

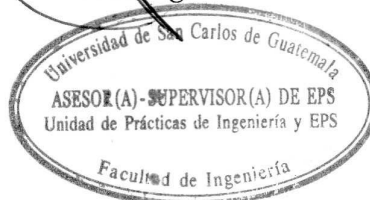
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Asesor Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
SJRS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 14 de febrero de 2012  
Ref.EPS.D.146.02.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente


Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Andrés Sebastián Coronado Menéndez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Reana Sarmiento Zaccña de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
24 de octubre de 2011

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

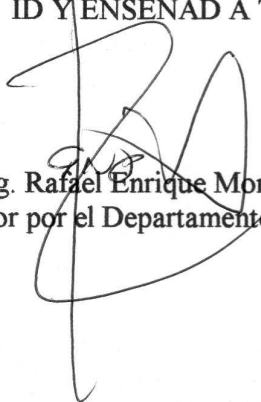
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Andrés Sebastián Coronado Menéndez, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
3 de febrero de 2012

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Andrés Sebastián Coronado Menéndez, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

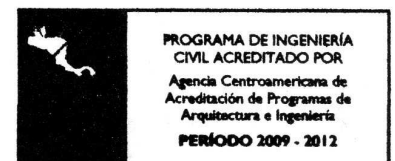
  
Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua



PROGRAMA DE INGENIERÍA  
CIVIL ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de  
Acreditación de Programas de  
Arquitectura e Ingeniería  
PERIODO 2009 - 2012





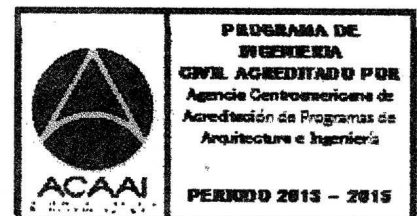
El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Andrés Sebastián Coronado Menéndez, titulado DISEÑO DEL EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.273-2013

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 EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MIXTO DE EDUCACIÓN BÁSICA, ALDEA PASMOLÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, BARRIO ASUNCIÓN, MUNICIPIO DE TACTIC, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Andrés Sebastián Coronado Menéndez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, abril de 2013

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

A quien le debo los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

### **Mis padres**

Gustavo Coronado y Mireya Menéndez de Coronado, por haberme educado, siendo ésta la más grande de las herencias; por su apoyo en todo momento, sus consejos, por soportar mis errores, por el valor mostrado para salir adelante. Pero más que nada, por su amor.

### **Mis hermanos**

Juan Pablo, Gustavo y Beatriz Coronado Menéndez, porque siempre he contado con ustedes para todo. Gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido y al amor tan grande que nos mantiene unidos.

### **Mi familia**

Aunque me resulta muy difícil poder nombrarlos en tan poco espacio, gracias por su apoyo y estar siempre a mi lado. Juan José Ruano y Lilian Menéndez de Ruano, gracias por ser como mis segundos padres.

**Mi esposa**

Claudia Serrano, por todos los momentos que hemos pasado juntos, tu apoyo incondicional. Por siempre creer en mí y por todo el amor que me das.  
¡Te amo!

**Mi hija**

Emily Sofía Coronado Serrano, por ser la alegría de mi vida y la que me da las fuerzas y la confianza para luchar contra todo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme llegar hasta este momento tan especial y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.
<b>Mis amigos</b>	Que siempre han estado ahí y que hasta ahora, seguimos siendo amigos, principalmente a Carlos González, por haberme ayudado en todo momento.
<b>Mis compañeros</b>	Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, deseándoles éxitos.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Silvio Rodríguez, por su asesoría y su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo de graduación.
<b>Municipalidad de Tactic</b>	Por el apoyo proporcionado y la oportunidad de compartir mis conocimientos para realizar este trabajo.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	En especial a la Facultad de Ingeniería, y a cada uno de los catedráticos que hicieron de mí un profesional y me permitieron hoy, ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Tactic .....	1
1.1.1. Descripción de la población .....	1
1.1.1.1. Primeros pobladores.....	2
1.1.1.2. Idioma.....	2
1.1.1.3. Costumbres y tradiciones .....	3
1.1.1.4. Origen etimológico.....	5
1.1.1.5. Datos generales .....	7
1.1.1.6. Actividades económicas .....	8
1.1.2. Características físicas.....	10
1.1.2.1. Ubicación y localización geográfica ...	10
1.1.2.2. Accesos y comunicaciones.....	12
1.1.2.3. Hidrografía.....	13
1.1.2.4. Orografía .....	15
1.1.2.5. Medio ambiente .....	15
1.1.2.6. Clima .....	16
1.2. Principales necesidades del municipio .....	17
1.2.1. Descripción de necesidades .....	17

1.2.2.	Priorización de necesidades.....	19
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	21
2.1.	Diseño del edificio para el Instituto Mixto de Educación Básica, aldea Pasmolón, municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz.....	21
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	21
2.1.2.	Descripción del espacio disponible .....	22
2.1.3.	Estudio de suelos .....	22
2.1.3.1.	Ensayo triaxial .....	22
2.1.3.2.	Análisis de los resultados.....	23
2.1.4.	Infraestructura requerida para el centro educativo .....	27
2.1.5.	Criterios generales .....	28
2.1.6.	Criterios de conjunto .....	28
2.1.7.	Criterios de iluminación .....	29
2.1.8.	Instalaciones .....	31
2.1.9.	Otros criterios.....	32
2.1.10.	Espacios educativos.....	33
2.1.11.	Análisis estructural .....	35
2.1.11.1.	Predimensionamiento estructural.....	36
2.1.11.2.	Modelos matemáticos de marcos rígidos .....	43
2.1.11.3.	Análisis de cargas .....	44
2.1.11.4.	Integración de cargas verticales en marcos rígidos.....	45
2.1.11.5.	Integración de cargas horizontales en marcos rígidos.....	48

	2.1.11.5.1.	Método SEAOC aplicado a la edificación .....	48
	2.1.11.5.2.	Fuerza por nivel.....	51
	2.1.11.5.3.	Fuerza por marco....	52
	2.1.11.6.	Análisis de marcos rígidos utilizando el programa ETABS, comprobado con método numérico .....	56
	2.1.11.7.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	65
	2.1.11.8.	Diagrama de cortes en marcos rígidos.....	68
2.1.12.		Diseño estructural.....	70
	2.1.12.1.	Diseño de losas .....	71
	2.1.12.2.	Diseño de vigas .....	82
	2.1.12.3.	Diseño de columnas .....	88
	2.1.12.4.	Diseño de cimientos .....	99
	2.1.12.5.	Diseño de gradas .....	122
	2.1.12.6.	Diseño de instalaciones.....	125
		2.1.12.6.1. Eléctricas.....	125
		2.1.12.6.2. Hidráulicas .....	128
		2.1.12.6.3. Sanitarias .....	130
2.1.13.		Evaluación de impacto ambiental .....	133
2.1.14.		Planos constructivos.....	137
2.1.15.		Presupuesto.....	138
2.2.		Diseño del sistema de alcantarillado pluvial, barrio Asunción, municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz .....	140
	2.2.1.	Descripción del proyecto .....	140



2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	141
2.2.3.	Características del subsuelo .....	141
2.2.4.	Tipo de sistema a utilizar.....	142
2.2.5.	Normas de diseño .....	143
2.2.5.1.	Diámetros mínimos .....	143
2.2.5.2.	Velocidades mínimas y máximas ....	144
2.2.5.3.	Período de diseño .....	144
2.2.5.4.	Profundidad de la tubería .....	145
2.2.5.5.	Ancho de zanja.....	146
2.2.5.6.	Cotas Invert.....	146
2.2.6.	Determinación del caudal pluvial.....	149
2.2.6.1.	Coeficiente de escorrentía .....	149
2.2.6.1.1.	Pendiente del terreno .....	150
2.2.6.2.	Intensidad de lluvia.....	151
2.2.6.2.1.	Período de retorno .....	153
2.2.6.2.2.	Tiempo de concentración.....	153
2.2.6.3.	Áreas tributarias .....	154
2.2.6.4.	Caudal de diseño .....	154
2.2.6.5.	Velocidad de flujo a sección llena ...	155
2.2.6.6.	Obras accesorias .....	156
2.2.6.6.1.	Colectores.....	156
2.2.6.6.2.	Pozos de visita.....	156
2.2.6.6.3.	Tragantes.....	158
2.2.7.	Diseño de la red de alcantarillado pluvial .....	160
2.2.8.	Desfogue .....	164
2.2.9.	Evaluación de impacto ambiental.....	164

2.2.10.	Planos constructivos.....	166
2.2.11.	Presupuesto.....	166
2.3.	Análisis socioeconómico.....	168
2.3.1.	Valor Presente Neto .....	168
2.3.2.	Tasa Interna de Retorno .....	170
2.3.3.	Relación costo / beneficio.....	170
CONCLUSIONES .....		173
RECOMENDACIONES.....		175
BIBLIOGRAFÍA.....		177
APÉNDICES .....		179
ANEXO .....		223



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Localización del municipio de Tactic, Alta Verapaz.....	12
2.	Planta típica para edificación escolar, niveles 1 y 2.....	41
3.	Marco típico en sentido X, eje 2.....	42
4.	Marco típico en sentido Y, eje D.....	42
5.	Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos rígidos.....	43
6.	Modelo matemático, marco típico, eje 2.....	55
7.	Modelo matemático, marco típico, eje D.....	55
8.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga muerta, marco rígido, sentido X.....	57
9.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga viva, marco rígido, sentido X.....	58
10.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), fuerza sísmica, marco rígido, sentido X.....	59
11.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga muerta, marco rígido, sentido Y.....	60
12.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga viva, marco rígido, sentido Y.....	60
13.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), fuerza sísmica, marco rígido, sentido Y.....	61
14.	Comparación de datos del análisis estructural, ETABS – Kani.....	64
15.	Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido, sentido X.....	66

16.	Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido, sentido Y .....	67
17.	Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg), marco rígido, sentido X .....	68
18.	Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg), marco rígido, sentido Y .....	69
19.	Planta de distribución de losas, nivel 1 .....	71
20.	Momentos actuantes en losas, nivel 1 .....	75
21.	Momentos balanceados en losas, nivel 1 .....	78
22.	Diagramas de momentos y cortes últimos, viga tipo 1 .....	82
23.	Armado final de viga tipo 1 .....	87
24.	Armado final de columna C-1.1, nivel 1 .....	99
25.	Chequeo por corte simple, zapata Z-1 .....	103
26.	Chequeo por corte punzonante, zapata Z-1 .....	104
27.	Armado final de la zapata Z-1 .....	106
28.	Fuerzas sobre zapata combinada .....	107
29.	Predimensionamiento de zapatas combinadas .....	107
30.	Diagrama de cuerpo libre de zapata .....	109
31.	Presiones sobre el terreno .....	111
32.	Presiones sobre el cimiento .....	112
33.	Cargas últimas sobre el cimiento .....	113
34.	Presión última bajo el cimiento .....	114
35.	Presiones últimas por metro lineal .....	115
36.	Diagrama de corte y momento .....	117
37.	Vigas transversales .....	119
38.	Armado final de zapata Z-2 .....	121
39.	Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría .....	129
40.	Profundidad de la tubería .....	145
41.	Curvas duración-intensidad-frecuencia (DIF) .....	151

42.	Características de estación pluviométrica Cobán .....	152
43.	Parámetros para ecuación de intensidad de lluvia.....	152
44.	Valor Presente Neto, alcantarillado pluvial.....	169

## TABLAS

I.	Cálculo de coeficiente C .....	50
II.	Integración de cargas por nivel .....	51
III.	Integración de fuerzas por nivel .....	52
IV.	Cálculo del centro de rigidez .....	53
V.	Cálculo de fuerzas por marco, nivel 2.....	54
VI.	Cálculo de fuerzas por marco, nivel 1 .....	54
VII.	Coeficientes para momentos en las losas, nivel 1 .....	74
VIII.	Cálculo de momentos actuantes, losa de aula, nivel 1 .....	74
IX.	Cálculo de momentos actuantes, losa de pasillo, nivel 1 .....	75
X.	Cálculo de balance de momentos.....	77
XI.	Cálculo de refuerzo de losas en sentido X, nivel 1.....	80
XII.	Cálculo de refuerzo de losas en sentido Y, nivel 1.....	81
XIII.	Cálculo de área de acero requerido para viga tipo 1.....	84
XIV.	Cálculo de magnificación de momentos.....	94
XV.	Cálculo de acero de refuerzo, sentido X, zapata Z-1 .....	105
XVI.	Cálculo de acero de refuerzo, sentido Y, zapata Z-1 .....	105
XVII.	Cálculo de acero de refuerzo, sentido X, zapata Z-2 .....	118
XVIII.	Cálculo de acero de refuerzo, viga transversal, zapata Z-2.....	121
XIX.	Relaciones de comodidad que debe cumplir la escalera .....	122
XX.	Cálculo de refuerzo para gradas.....	124
XXI.	Cálculo de espaciamiento del refuerzo para gradas .....	124
XXII.	Capacidad de corriente en conductores.....	127
XXIII.	Gastos de accesorios para método de Hunter .....	128

XXIV.	Diámetros mínimos de tubos para subramales .....	130
XXV.	Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga .....	131
XXVI.	Dimensiones de ramales de drenajes .....	131
XXVII.	Descripción de planos del instituto .....	137
XXVIII.	Presupuesto de instituto .....	138
XXIX.	Ancho de zanja para la colocación de tubería .....	146
XXX.	Profundidades mínimas de tubería .....	147
XXXI.	Valores para coeficiente de escorrentía .....	150
XXXII.	Integración de coeficientes de escorrentía .....	161
XXXIII.	Descripción de planos de alcantarillado pluvial .....	166
XXXIV.	Presupuesto de alcantarillado pluvial .....	166
XXXV.	Costo del sistema de alcantarillado pluvial .....	170

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$H_{\text{viga}}$	Altura de viga
$H_{\text{min}}$	Altura mínima, que depende del tránsito que circule
$\emptyset$	Ángulo de fricción interna
$\emptyset_{\text{rad}}$	Ángulo en radianes
$A_s$	Área de acero
$A_g$	Área gruesa
$a$	Área parcial
$A$	Área por drenar
$P$	Carga axial última
$CM$	Carga muerta
$PU$	Carga puntual
$CV$	Carga viva



<b>Q</b>	Caudal
<b>C<sub>u</sub></b>	Coefficiente de cohesión del suelo
<b>c</b>	Coefficiente de escorrentía en cada área parcial
<b>C</b>	Coefficiente de escorrentía promedio del área drenada
<b>n</b>	Coefficiente de rugosidad de Manning
<b>CT<sub>f</sub></b>	Cota del terreno final
<b>CT<sub>i</sub></b>	Cota del terreno inicial
<b>Cl<sub>E</sub></b>	Cota Invert de la tubería de entrada
<b>Cl<sub>S</sub></b>	Cota Invert de la tubería de salida
<b>Cl</b>	Cota Invert inicial
<b>D<sub>f</sub></b>	Desplante del cimiento
<b>D</b>	Diámetro de la sección circular
<b>B</b>	Dimensión de cada lado de la zapata
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>E<sub>t</sub></b>	Espesor de la tubería

<b><math>N_c</math></b>	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
<b><math>N_q</math></b>	Factor de capacidad de carga debido a la sobre carga
<b><math>N_\gamma</math></b>	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b><math>\phi</math></b>	Fricción interna
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>L</b>	Longitud del tramo anterior
<b><math>m^2</math></b>	Metros cuadrados
<b>mm/h</b>	Milímetros por hora
<b><math>S\%</math></b>	Pendiente del terreno o tubería
<b>S</b>	Pendiente hidráulica
<b><math>\gamma_s</math></b>	Peso específico del suelo
<b><math>\sigma_3</math></b>	Presión lateral
<b><math>\sigma_1</math></b>	Presión normal o axial
<b>R</b>	Radio hidráulico

<b>F<sub>y</sub></b>	Resistencia del acero
<b>F'c</b>	Resistencia del concreto
<b>Tc</b>	Tiempo de concentración en minutos
<b>t<sub>n-1</sub></b>	Tiempo de concentración tramo anterior
<b>t<sub>n</sub></b>	Tiempo de concentración tramo considerado
<b>q<sub>adm</sub></b>	Valor de esfuerzo admisible
<b>q<sub>o</sub></b>	Valor de esfuerzo límite
<b>V<sub>n-1</sub></b>	Velocidad a sección llena tramo anterior
<b>V</b>	Velocidad de flujo a sección llena

## GLOSARIO

<b>Acero mínimo</b>	Cantidad de acero determinado por la sección y límite de fluencia del acero, necesario para evitar grietas por los cambios de temperatura.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que trata de la medida de longitud vertical del terreno, indica la diferencia de altitud entre el punto en que está situado y un plano de referencia.
<b>Análisis estructural</b>	Determinación de los efectos de las cargas aplicadas a una estructura.
<b>Caudal</b>	Es el volumen de agua que pasa por una sección de flujo por unidad de tiempo.
<b>Círculos de Mohr</b>	Método para representar gráficamente el estado tensional que padece un punto de un sólido en un instante determinado, en el estudio de suelos.
<b>Cohesión</b>	Es la máxima resistencia del suelo a la tensión.
<b>Colector</b>	Son las tuberías por las que se conducen las aguas servidas provenientes de varios tramos o redes de drenaje.

<b>Corte basal</b>	Fuerza aplicada a la base de una edificación producto del sismo.
<b>Cota</b>	Altura de un punto sobre el nivel del mar u otro plano de nivel.
<b>Desfogue</b>	Salida del agua en un punto determinado.
<b>Envolvente</b>	Gráfica que representa los momentos actuantes a lo largo de los elementos estructurales a partir de las combinaciones de carga factorizadas.
<b>Escorrentía</b>	Agua llovida que se desplaza sobre la superficie terrestre por acción de la gravedad
<b>Estribo</b>	Refuerzo empleado para resistir esfuerzos cortantes y de torsión en un elemento estructural.
<b>Excentricidad</b>	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
<b>Levantamiento topográfico</b>	Conjunto de operaciones necesarias para representar topográficamente un terreno.
<b>Mampostería</b>	Sistema constructivo que se basa en los elementos que van unidos entre sí, por medio de una mezcla de arena y cemento, para soportar cargas que se le apliquen.

<b>Monografía</b>	Breve descripción de las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo o tratamiento específico de un tema.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la tierra proyectada verticalmente sobre un plano horizontal.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto facilitar el acceso para inspección, limpieza; además proporciona ventilación al sistema.
<b>Refuerzo</b>	Material que consiste en acero estructural y se utiliza para aumentar el soporte estructural de los elementos de concreto reforzado.
<b>Relaciones hidráulicas</b>	Relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con condiciones para que las tuberías no trabajen a sección llena.
<b>SEAOC</b>	Structural engineers association of California. (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).

**Tipología arquitectónica** Estudio de los edificios y espacios abiertos a partir de sus similitudes, para poder solucionar problemas de diseño.

## **RESUMEN**

Durante el período en el que se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la Municipalidad de la villa de Tactic, Alta Verapaz, se logró identificar la falta de instalaciones para impartir educación media en la aldea Pasmolón y la falta de alcantarillado pluvial en el barrio Asunción perteneciente al casco urbano.

Este trabajo está conformado por dos capítulos en los cuales se describe la planificación y el procedimiento para el diseño de los proyectos que cubrirán dichos problemas.

En el primer capítulo se presenta una breve monografía del municipio de Tactic, Alta Verapaz, haciendo una descripción de la población, las características físicas y sus principales necesidades.

El segundo capítulo presenta la fase de servicio técnico profesional, en la que se desarrolla el diseño del edificio escolar de dos niveles, el alcantarillado pluvial y un análisis socioeconómico de éste.

En el diseño del edificio escolar se describe el proyecto en sí, el espacio disponible, los criterios que se tomaron en cuenta para el diseño de edificios educativos, arquitectónico, estructural, diseño de instalaciones, así como la evaluación de impacto ambiental, los planos correspondientes y la integración del presupuesto.



El diseño del alcantarillado pluvial contiene la descripción del proyecto, levantamiento topográfico, normas de diseño, determinación del caudal pluvial, cálculo de cotas invert, obras accesorias, desfogue, evaluación de impacto ambiental, planos e integración del presupuesto.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir con la Municipalidad de La Villa de Tactic, con la elaboración de diseños de infraestructura escolar y red de alcantarillado pluvial.

### **Específicos**

1. Aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para coadyuvar al desarrollo del país por medio del Ejercicio Profesional Supervisado.
2. Realizar una investigación de tipo monográfica y diagnosticar las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura del municipio.
3. Diseñar los planos para la construcción del edificio del Instituto Mixto de Educación Básica de la aldea Pasmolón, y el alcantarillado pluvial, para el barrio Asunción, del municipio de Tactic, Alta Verapaz.



## INTRODUCCIÓN

El municipio de Tactic del departamento de Alta Verapaz, al igual que otros municipios del país, afronta necesidades tales como: salud, educación, infraestructura, entre otras; las cuales no llegan a ser cubiertas, ya sea por motivos económicos o no contar con un estudio bien estructurado sobre el problema que los aqueja. Debido a esto, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, a través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), ha aportado a las municipalidades de los municipios la planificación de este tipo de proyectos.

La educación y la salud, son dos aspectos fundamentales para el desarrollo de una comunidad. La escasez de estos servicios elementales es un hecho usual en las comunidades del país, y es un problema con consecuencias sociales, políticas, sanitarias, ambientales, entre otras.

Se realizó una serie de consideraciones y priorizaciones en función de las necesidades que tiene el municipio, seleccionándose un proyecto de estructura escolar y otro de alcantarillado pluvial.

Según la información recabada para la determinación de estos proyectos, se pudo poner en evidencia mediante la participación de la Corporación Municipal y los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), de todas las comunidades del municipio de Tactic, la necesidad que tiene la aldea Pasmolón de poder realizar un edificio que sirva para albergar a los jóvenes de esta comunidad y otras aldeñas, ya que actualmente no se cuenta con un centro de educación básica en esa comunidad y sectores cercanos.

Asimismo, el diseño del alcantarillado pluvial del barrio Asunción que corresponde a la mitad del casco urbano de dicho municipio, ya que en la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de evacuar las aguas de lluvia para evitar que se inunden viviendas, comercios, industrias y otras áreas de interés.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Tactic**

A continuación se realiza un análisis de los elementos esenciales del municipio como lo es su población, geografía, historia, tradiciones, recursos y como ha ido actualizándose hasta nuestros días.

### **1.1.1. Descripción de la población**

Durante la época pre-hispánica existían en los alrededores del actual pueblo de Tactic, solamente centros ceremoniales, localizados en Chicán, Guaxpac, Jauté, Chiji, Cuyquel, Patal, Pansalché y Chiacal. En estos lugares hay vestigios que prueban que éstos existieron, y que además existía un centro ceremonial en Chi'lxim, lugar donde según las tradiciones, se reunían en luna llena los caciques, sacerdotes y otros principales de aquellos pueblos.

Después de Chichén, fue Chicán el centro ceremonial más grande de esta parte de Alta Verapaz, fue un asentamiento de mucho poderío político entre los poqomes quienes fomentaban el comercio.

En la época colonial llegaron los frailes dominicos a Tactic, a la provincia aún no conquistada de Tezulutlán. El 2 de julio de 1545, con la celebración de los primeros bautismos, se instituye la parroquia.

La población de Tactic, en su mayoría habla el idioma poqomchi'. El pueblo de Tactic está dividido oficialmente en dos barrios: Asunción y San Jacinto, pero a causa del crecimiento de la población urbana la extensión de los mismos tiende a la división y delimitación de otros.

En mayo de 1993, la villa de Tactic obtuvo la nomenclatura de calles y avenidas, quedando el pueblo integrado por ocho zonas

#### **1.1.1.1. Primeros pobladores**

Existen dos corrientes acerca de cómo llegaron los antiguos poqomchies a este valle de Tactic. Salieron los poqomchies del área de Rabinal después de una guerra con los quichés, por las cumbres de Purulhá, hasta Tukurú, de Tukurú en grupo siguió las aguas del Polochic hacia Tamahú, allí se estableció otro asentamiento de poqomchies.

Los poqomchies se establecieron en Jauté, cerca de la actual aldea de Guaxpac, sobre San Julián, y construyeron su gran centro ceremonial en Chicán.

La segunda creencia es que entre los rabinaleros, como entre poqomchies se dice que huyeron a San Cristóbal, otros a Tukurú, mientras que algunos llegaron a Tactic, por Las Flores una aldea del municipio, directamente en el camino de Rabinal, (entre Rabinal y Tactic).

#### **1.1.1.2. Idioma**

En oriente, centro y occidente del municipio se habla el idioma poqomchi', las comunidades del norte hablan el q'eqchi', y en el sur el achi'.

### 1.1.1.3. Costumbres y tradiciones

- Identidad

La mayor parte de los habitantes (mujeres), utilizan el traje típico del municipio, aunque se observa en las generaciones nuevas, que el mismo empieza a caer en desuso. Muchos de los jóvenes y señoritas actualmente utilizan camisas, playeras, pantalones, vestidos de distintos estampados y cortes a la usanza occidental.

- Matrimonio

Anteriormente no se realizaban matrimonios mixtos, pero el pueblo poqomchi' está llevando con frecuencia esta práctica. Cuando el joven está deseoso de formar un hogar, entonces acude a sus padres indicándoles que la hija del vecino o de una determinada familia le gusta y quiere iniciar una vida con ella o por decisión de los interesados se ponen de acuerdo. Al llegar a este punto se realizan las pedidas en la casa de la muchacha, que por lo general son tres, en las cuales se debe llevar regalos, donde en comitiva con un fiador, responde por el muchacho, tratando de establecer la fecha del matrimonio.

- Comidas tradicionales

- *Saq-ik*: es el caldo de chompipe (pavo) que se espesa con maíz molido y aditamento de chile. Se acostumbra comerlo con pochitos (tamalitos). Esta comida se saborea en fiestas de santos (cofradías), casamientos, cumpleaños, bendiciones de casas y otras fechas importantes de la familia.



- Kaq-ik: es otro caldo de res, la carne ahumada y seca al sol, espesado con masa de color amarillo, se sirve en ocasiones especiales familiares, en fiestas de cofradía, y particularmente en épocas de siembra y cosecha. Se completa la comida con los sabrosos pochitos.
- El tamal: es otra comida típica tactiquense, se elabora de tortilla de maíz, carne de marrano, chompipe o gallina. Lleva especias y se consume a diario. También existe otra clase de tamal llamado shepe, elaborado con masa de maíz y frijol verde. Asimismo son comidas típicas locales los quiyoyes y tayuyos.
- Bebidas típicas
  - Boj: es una bebida embriagante que se elabora a base de jugo de caña o maíz quebrantado. Es muy apetecido por propios y extraños, se consume en fiestas: religiosas, familiares y tradicionales del pueblo.
  - Cacao: elaborado a base de cacao que se quebranta, se añade achiote en pequeña cantidad y azúcar. Se saborea en cofradías y algunos acontecimientos familiares. Se sirve en pequeños guacalitos de morro.
  - Atol shuco: es un atol para el que se prefiere en su elaboración el maíz negro, el cual es tratado con cuidado para que fermente lo deseado y luego molerlo para cocinarlo. Se ofrece especialmente el 15 de enero en el Santuario de Chi-lxim y el templo del Calvario.

- Traje típico

Muy semejante al de Tamahú, con la diferencia de que el corte es jaspeado de verde y blanco, plegado al igual que el de la cobanera. Su güipil policromado en tonos rojos. Usan perraje, pero si es soltera, éste se lleva doblado sobre el brazo derecho; si es casada, éste va sobre el hombro del lado derecho.

Usan dos trenzas y en las grandes ceremonias son portadoras de hermosos ramos de hortensias, mosquetas y azucenas con las que completan su atuendo. Chachales de plata, corales en el cuello y anillos en los dedos.

- Celebraciones

Las fechas importantes para el municipio son:

- Fiesta titular de Santa María Asunción, patrona del pueblo que se celebra del 11 al 15 de agosto.
- Fiesta del Señor de las Misericordias de Chi-Ixim, el 15 de enero.
- Semana Santa.
- Día de los santos y difuntos 1 y 2 de noviembre.
- Fiesta de Concepción, 8 de diciembre.
- Día de Navidad y Año Nuevo.

#### **1.1.1.4. Origen etimológico**

Con la finalidad de contar con información acerca del origen del nombre de Tactic, se consultaron diferentes documentos, recopilando lo siguiente:

Tactic pudo derivarse de las voces poqomchíes siguientes:

- *Sac* = blanco; *Tic* = durazno, es decir tierra del durazno blanco
- *Pan* = en el; *Tic* = durazno, en el durazno o en el duraznal
- *Tac* = vamos al; *Tic* = durazno, vamos al durazno o vamos al duraznal

La razón de su nombre podría ser debido a que en tiempos de la colonia en esta tierra existían muchos plantíos de durazno.

El licenciado en lingüística, Rafael Girardi, indica que: el nombre actual de la villa de Tactic no se sabe exactamente de qué vocablo proviene, ya que a través del tiempo y la historia ha sufrido una serie de transformaciones de los cuales se encuentran como nombre muy antiguo Taltic, Pantic, Taltique, Saqtik, Jatic y Tactic. Estos nombres pertenecen a la etimología Poqomchi', que es lo que comúnmente ocurre en los pueblos de origen maya en Guatemala.

La atrofia léxica ha ocurrido a través del tiempo y son muchas las versiones que se han vertido al respecto y lo único que ha conservado en el sufijo tic que en poqomchi' significa siembra o durazno.

Antiguamente, antes de la llegada de los españoles al valle que ahora se llama Tactic, se le llamaba: Chiabáatz, Ruk'ux' Ak'al y Ratzúum Ak'al. Chub'aatz que en poqomchi' quiere decir, cerca de los monos; es un lugar donde ahora se encuentra el pozo vivo, llegando hasta el paraje Chahbalk'ooy, que significa tendero de micos.

#### 1.1.1.5. Datos generales

- Población actual

Al 2009, asciende a un total de 32 334 habitantes (según proyección con base al XI Censo de Población y VI de Habitación 2002), de los cuales el 52% son mujeres y el 48% son hombres.

La población del municipio vive en un 76,50% (24 736) en el área rural y la urbana con el restante 23,5% (7 598). El 87% son indígenas, pertenecientes a las etnias, poqomchi' con un 73%, q'eqchi' 11% y achi' un 3%; el 13% restante pertenece a la etnia mestiza o no indígena.

- Extensión territorial

El municipio de Tactic posee un área de 85 Kilómetros cuadrados.

- Densidad poblacional

Considerando la extensión territorial del municipio, se determina una densidad poblacional de 380 habitantes por kilómetro cuadrado.

- Grupos étnicos

Actualmente en el municipio de Tactic existen 3 grupos:

- Achi': el más pequeño y se sitúa en la comunidad Chacalté al sur del municipio, los habitantes son descendientes de familias del municipio de Rabinal del departamento de Baja Verapaz, y por razones internas emigraron de su lugar de origen.
- El grupo q'eqchi': localizado en las comunidades El Manantial y La Cumbre, es el grupo intermedio en cuanto a número, tiene características propias, pero mantiene algunas relaciones con los demás grupos del municipio.
- El grupo mayoritario es el poqomchi', que ocupa el resto de las comunidades del municipio, asimismo de la cabecera municipal de Tactic. En todo caso, las inter-relaciones se dan en los tres grupos.

#### **1.1.1.6. Actividades económicas**

- Producción agrícola

En la región se cultiva frijol, maíz, café, caña, tomate, papa, aguacate, pacaya, zanahoria, remolacha, rábano, coliflor, acelga, lechuga, arveja, haba. El repollo, el ajote, y el brócoli se cultivan en escala que cubre gran parte de la demanda nacional.

Se cultivan también frutas de muy buena calidad: naranjas, limas, limones, mandarinas, duraznos, peras, granadas, granadillas, guineos (bananos) de diferentes variedades, etc.

Entre las especies silvestres se encuentran moras, nísperos, guayabas, injertos, matasanos, manzana-rosas y cujes.

Es importante hacer destacar que Tactic, en la última década se ha convertido en uno de los municipios más productivos, a nivel nacional, en el cultivo de papa y tomate, asimismo el chile pimiento, fríjol y brócoli.

La fórmula del progreso en la producción de papa se atribuye a los agricultores del municipio de Palencia, quienes prácticamente han invadido estas tierras proporcionando enseñanza y trabajo a cientos de jornaleros tactiqueños, estos cultivos han venido a desplazar a la siembra tradicional de maíz y fríjol, debido a su máxima rentabilidad.

- Producción artesanal

La producción artesanal en el municipio de Tactic, es reconocida en la región por la perfección en sus acabados y la calidad de sus derivados. Los productos tradicionales elaborados por campesinos y microempresas son: telas típicas de algodón, jarcia, escobas de palma, artículos de cuero, platería, candelas, cohetería, canastos, petates, acapetates, suyates, tejidos, sombreros de palma, y bordado a mano. Igualmente la orfebrería del municipio es muy apreciada y solicitada.

La actividad más representativa de la producción artesanal es el tejido, y de ésta los productos más importantes son el güipil y la chalina. El güipil es elaborado con mucha dedicación debido a que es un legado cultural que constituye la mayor ocupación para la indígena poqomchí' tactiquense, esta actividad se transmite de madres a hijas por generaciones.

- Ganadería

Hay una empresa procesadora de lácteos VERALAC (privada). Anualmente hay comercio de ganado durante la feria.

- Comercios

En Tactic se pueden encontrar comercios que distribuyen bienes varios entre ellos: tiendas de productos básicos, misceláneas, tiendas de hilos, mercerías, panaderías (el pan elaborado aquí goza de popularidad por su magnífica calidad), zapaterías, sastrerías, comedores, refresquerías, expendios de bebidas alcohólicas, bares, gasolineras, carnicerías, etc.

### **1.1.2. Características físicas**

Estas características físicas son aquella información propia del municipio de Tactic que lo definen como tal.

#### **1.1.2.1. Ubicación y localización geográfica**

- Limites
  - Norte: municipio de Cobán
  - Sur: San Miguel Chicaj, Baja Verapaz
  - Este: Tamahú
  - Oeste: Santa Cruz Verapaz

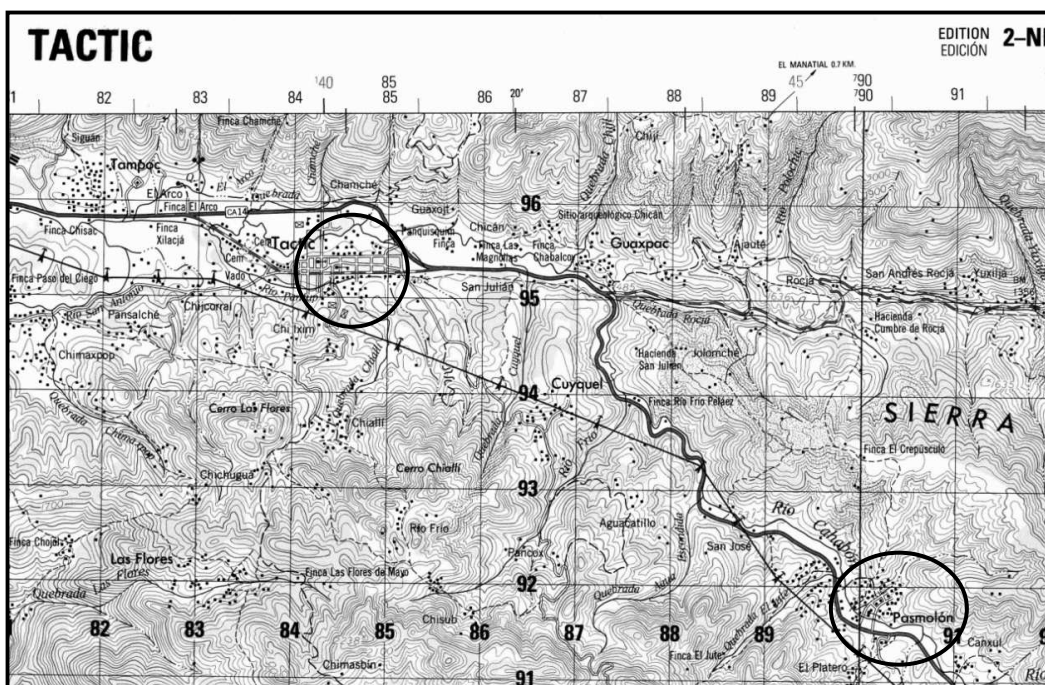
- Localización geográfica
  - Latitud        15 °19 ' 00 ''
  - Longitud      90 °21 ' 10 ''
  - Altura         1 465 metros snm
  
- Distancia del municipio a la cabecera departamental
  - 30 kilómetros sobre carretera asfaltada
  
- Distancia del municipio a la capital
  - 185 kilómetros sobre carretera asfaltada
  
- Distancia en kilómetros del municipio hacia las comunidades rurales
  - Tampó:            2
  - Chiacal:          4
  - Guaxpac:         3
  - Chacalté:         8
  - La Cumbre:      4
  - Pansinic:         6
  - Cuyquel:         4
  - El Manantial:    6
  - Pasmolón:        9
  - Las Flores:       5
  - Chiallí:           3



- Micro localización

El municipio está organizado por 63 lugares poblados, distribuidos, según su categoría en: 5 barrios, 2 colonias, 1 cantón, 12 aldeas, 37 caseríos y 4 fincas y agrupadas en siete microrregiones, y una que se encuentra en proceso de legalización.

Figura 1. Localización del municipio de Tactic, Alta Verapaz



Fuente: Instituto Geografico Nacional (IGN), hoja cartográfica 2 161 IV G, escala 1:50 000.

### 1.1.2.2. Accesos y comunicaciones

El municipio es atravesado de oriente a poniente por la ruta nacional asfaltada CA-14 que conduce de la ciudad de Guatemala a la ciudad de Cobán, cabecera del departamento de Alta Verapaz.

En San Julián entronca la ruta 7-E que conduce al municipio de El Estor, departamento de Izabal.

La mayoría de comunidades rurales del municipio están comunicadas por carreteras de terracería transitables en todo tiempo, y muy pocas por camino de herradura. En la cabecera municipal, un 99% de calles y avenidas está asfaltado, adoquinado o pavimentado.

### **1.1.2.3. Hidrografía**

El municipio se encuentra en la parte alta de las cuencas de los ríos Cahabón y Polochic. En cuanto a las cuencas hidrográficas son las siguientes:

- Río Polochic nace en el caserío Rocjá del municipio de Tactic, el caudal es permanente con una longitud de 240 kilómetros de los cuales 2,5 recorren dentro de Tactic con una máxima profundidad de 4 metros y su mayor anchura de 40 el cual desemboca en el lago de Izabal.
- Río Pantup nace en la aldea Chiallí, al sur de la cabecera municipal, recorre 3,5 kilómetros y se une al Río Cahabón muy cerca del puente denominado El Arco. Su caudal es permanente y presenta un grado de contaminación alto ya que sus cercanías a la cabecera municipal permite que los habitantes tiren su basura en él, por este mismo problema no se utilizan sus aguas para abastecimiento.
- Río Chamché nace al norte de la cabecera municipal, realiza un corto recorrido aproximadamente de 1,5 kilómetros hasta unirse con el río Cahabón. Su caudal es permanente.

Este río sirve de afluente de agua entubada para los habitantes, y además es aprovechado como un recurso turístico para el municipio, ya que en su nacimiento se ubica el turicentro del mismo nombre que es propiedad de la municipalidad.

- Río Cahabón, nace al oriente de la cabecera municipal en el lugar llamado El Patal, su caudal es permanente con una longitud de 242 kilómetros hasta unirse con el Polochic de los cuales 8,5 recorren por el municipio.

De los recursos hídricos antes mencionados, el más importante es el del río Cahabón, por ser de mayor aprovechamiento en las actividades agrícolas del municipio, además de ser el de mayor contaminación, debido al sistema de drenaje establecido en el área urbana, que cuenta con plantas de tratamiento de las aguas servidas, que desenfogan en este sin embargo no están en funcionamiento, por lo que la contaminación del río Cahabón es muy grande.

Otros riachuelos: existen en todo el municipio innumerables riachuales, entre ellos están: la Esperanza, Chijí, Pansinic y río Frío, de donde se extrae el agua entubada para el pueblo.

A nivel municipal se pueden localizar gran cantidad de fuentes de agua que contribuyen a la formación y mantenimiento del caudal de los ríos en mención. Sin embargo, en los mismos se les asigna su nivel de importancia de acuerdo con la utilidad que pueden representar para la vida humana, es decir, los beneficios que se pueden obtener de ellas en lo referente al consumo humano, al uso en la agricultura y a la generación de servicios.

Las zonas de recarga hídrica se encuentran conformadas por 7 nacimientos de agua, de los cuales 6 son quebradas que pertenecen a la cuenca del río Cahabón, y la otra a la cuenca del río Polochic.

#### **1.1.2.4. Orografía**

El pueblo de Tactic se encuentra rodeado por una cadena de cerros que son derivaciones de la sierra de Chamá. Al nororiente el Xucaneb, que tiene 2 550 metros de altura; al noroccidente el Ranchá, que posee unas cuevas extraordinarias, al sur occidente el Pambach y al sur el Petguán.

#### **1.1.2.5. Medio ambiente**

- Topografía

La mayor parte del terreno del municipio es quebrado (70%), con ligera planicie de (30%), es catalogado como un valle, ya que constituye una planicie en la parte central rodeada por una cadena de montañas.

- Tipos de suelo

Está constituido por dos tipos de suelos: suelos profundos, sobre caliza y suelos poco profundos, sobre caliza. En la superficie son de color café muy oscuro, de textura y consistencia que van de franca a arcillosa.

El subsuelo es de color café oscuro, de consistencia friable y de textura franca arcillosa a arcillosa.

- Flora y fauna

La flora es abundante y extensa debido a su clima frío, existen finas maderas y vistosas orquídeas, entre ellas la Monja Blanca, árboles frutales de gran variedad además árboles maderables: pino, cedro, encino, liquidámbar, madre cacao, el ciprés, guachipilín, laurel, entre otras.

En cuanto a fauna, se encuentra una variedad como el tepezcuintle, venado, armadillo, conejo, ardilla, serpiente variada, y otras especies, como gran variedad de aves. En sus montañas puede observarse el quetzal.

#### **1.1.2.6. Clima**

El clima dominante es templado (subtropical frío); el promedio de temperatura anual es de 20,2 °C, con temperatura máxima de 26,0 °C y una mínima de 14,3 °C.

El verano se establece por los meses de febrero a junio, el resto, corresponde al invierno, siendo aproximadamente 218 días de lluvia al año.

La estación pluviométrica más cercana es la de Cobán (Alta Verapaz), y ésta registra una precipitación que anualmente fluctúa entre los 1 589,3 mm a los 2 074,9 mm, una humedad relativa del 88%, una velocidad de viento de 4,2 km/hr, y evotranspiración de 93,1 mm.

## **1.2. Principales necesidades del municipio**

En un sentido general, la necesidad es un componente básico del ser humano que afecta su comportamiento, porque siente la falta de algo para poder sobrevivir o sencillamente para estar mejor. Por tanto, en el municipio de Tactic se detectaron las áreas deficientes y la necesidad de la realización de proyectos para la mejora del mismo.

### **1.2.1. Descripción de necesidades**

- **Salud**

Los servicios de salud son deficientes debido a la falta de presupuesto para equipamiento y medicamentos del centro de salud en el municipio, por lo que no existe una atención permanente en cada comunidad y centros de convergencia.

Los servicios no responden a la diversidad cultural y lingüística a pacientes de emergencia y partos.

- **Condiciones sanitarias**

El área urbana cuenta con red de alcantarillado sanitario de aguas negras, mas no de aguas pluviales. Ciertas comunidades del área rural poseen letrinas; algunas cuentan con red de drenaje de aguas negras y otras no, por lo que las mismas corren a flor de tierra.

Las aguas servidas y basura en el municipio solamente cubre la parte centro de la cabecera municipal y esta red no recibe ningún tipo de tratamiento; la red de drenaje municipal actualmente se encuentra caduca, debido que fue introducida durante los años 80'; además del crecimiento poblacional.

El rastro municipal no cuenta con las medidas sanitarias, por lo que existe contaminación a los ríos, nacimientos de agua y proliferación de vectores de enfermedades.

- Educación

Falta de cobertura educativa en el ciclo básico, ya que se concentra en la cabecera municipal. Además, hay insuficiente infraestructura y personal docente para la atención del nivel primario en todo el municipio.

- Infraestructura comercial y productiva

Por la falta y el mal estado de las carreteras, las comunidades de la región norte del municipio y la región sur no cuentan con servicio de transporte y se dificulta la comercialización de sus productos principalmente agrícolas.

Existe hacinamiento de comercios en la vía pública y congestiónamiento vehicular y en especial los días de mercado.

### **1.2.2. Priorización de necesidades**

Para la priorización de las necesidades se tomaron en cuenta tanto las observaciones y criterios del alcalde municipal y su corporación, como de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE).

En la cabecera municipal, específicamente en el barrio Asunción, según acta del 20 de julio de 2009, son importantes los proyectos de:

- Ampliación de red de drenaje zonas 4, 3 y 1 (realizándose).
- Pavimentación de la 1ra. calle zona 1, 2 y 3 (culminado en agosto de 2010).
- Ampliación del alumbrado público y mejorar el que ya existe.
- Construcción de banquetas de calles y avenidas .
- Construcción de drenaje para aguas pluviales.

En la aldea Pasmolón, según el COCODE en su acta del 26 de julio de 2009 son de vital importancia los siguientes proyectos:

- Construcción de un Instituto de educación básica
- Pavimentación de calles vecinales
- Ampliación y mejoramiento de servicio de energía eléctrica
- Circulación de campo comunal y mejoramiento de instalaciones

De todos los proyectos presentados con anterioridad, en el barrio Asunción se tomó como el de mayor importancia la construcción de alcantarillado pluvial, debido a los severos problemas que la cabecera municipal enfrenta en tiempo de lluvia; para la aldea Pasmolón el proyecto prioritario, es el de la construcción del instituto de educación básica.





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

### **2.1. Diseño del edificio para el Instituto Mixto de Educación Básica, aldea Pasmolón, municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz**

A continuación se describe el proyecto del edificio escolar, en el cual se detallan aspectos importantes como lo son la ubicación del espacio disponible, estudio de suelos, infraestructura requerida según necesidades, así como elementos fundamentales que se toman en cuenta para la realización del diseño.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El centro educativo tiene como objetivo proveer infraestructura para la educación básica de la aldea Pasmolón y comunidades circunvecinas al área de Purulhá, Baja Verapaz. Por lo que se propone la construcción de un edificio de dos niveles, con los siguientes ambientes: seis aulas de 8,15 x 6,15 metros, dos de estas en el primer nivel y las cuatro restantes en el segundo nivel, un salón de cómputo y/o usos múltiples de 12,30 x 8,15 metros, pasillos de 2,50 metros de ancho por 30,75 metros de largo, un módulo de gradas, un ambiente en el segundo nivel destinado para la dirección del centro educativo de 8,15 x 6,15 metros y otro con las mismas dimensiones en el primer nivel donde se ubicarán los servicios sanitarios.

La estructura estará compuesta de marcos rígidos con losas planas de concreto reforzado, cumpliendo con normas que rigen el diseño de las mismas.

### **2.1.2. Descripción del espacio disponible**

El lugar del proyecto se ubica a 9 km de la cabecera municipal sobre la carretera CA-14 que conduce hacia la ciudad capital, la edificación se construirá en un terreno comunal, ubicado en la salida de la aldea Pasmolón hacia la cabecera municipal.

El terreno con características de suelo arcilloso y topografía semiplana y forma irregular visto en planta, posee un área de 2 377,47 m<sup>2</sup>, utilizándose únicamente 366,14 m<sup>2</sup> que representa el área que ocupará la estructura.

Frente al terreno se localiza la carretera CA-14, en la parte posterior se encuentra el campo de fútbol de la aldea, y a los lados viviendas, dentro de dicho terreno ya se encuentra construida una cancha de básquetbol para uso comunitario.

### **2.1.3. Estudio de suelos**

Debido a que el suelo es un material muy complejo, ninguna prueba por si sola podría estudiar todos los aspectos importantes del comportamiento esfuerzo - deformación.

En la actualidad, el ensayo triaxial arroja resultados más precisos en la determinación de las propiedades esfuerzo - deformación del suelo.

#### **2.1.3.1. Ensayo triaxial**

Con este ensayo es posible obtener una gran variedad de estados reales de carga.

Esta prueba es de mayor confiabilidad al momento de determinar la resistencia del suelo y da opción de conocer en forma más completa las características mecánicas del suelo en estudio. Su principal finalidad es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo - deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. Es un ensayo complejo, pero la información que entrega es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada.

Consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana de caucho, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial ( $\sigma_1$ ), sin modificar la presión lateral aplicada ( $\sigma_3$ ), hasta que se produzca la falla.

Realizando por lo menos 3 pruebas, con presiones laterales diferentes. En un gráfico se dibujan los círculos de Mohr que representan los esfuerzos de falla de cada muestra y trazando una tangente o envolvente a estos, se determinan los parámetros de ángulo de fricción interna ( $\varphi$ ) y cohesión ( $C_u$ ) del suelo. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones en que este trabajará, las alternativas para realizar el ensayo serán: consolidado no drenado, no consolidado no drenado o consolidado drenado.

### **2.1.3.2. Análisis de los resultados**

La prueba fue realizada por el laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII), al cual se le proporcionó una muestra del material de aproximadamente un pie cúbico, debidamente emparafinada y extraída a una profundidad de 1,5 metros. Los resultados completos del ensayo se presentan en el anexo.

Para la estimación de la capacidad del suelo, se utilizó la ecuación general, en la cual se toma en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del nivel de desplante de la cimentación, y la inclinación de la carga sobre la cimentación, si esta existiera. Beer sugirió la siguiente forma de ecuación general de la capacidad de carga:

$$q_o = C_u N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} B \gamma_s N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde

$q_o$  = valor de esfuerzo límite

$C_u$  = coeficiente de cohesión del suelo

$q$  = esfuerzo efectivo a nivel de desplante de cimentación ( $D_f * \gamma_s$ )

$D_f$  = desplante de cimentación

$\gamma_s$  = peso específico del suelo

$B$  = ancho de la cimentación

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = factores por inclinación de la carga

Según los resultados obtenidos del ensayo triaxial, los parámetros tienen un valor de:

$$C_u = 1,90 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi = 28,02^\circ$$

$$D_f = 1,50 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 1,99 \text{ ton/m}^2$$

Tipo de suelo = limo arcillo arenoso color café

Para efectos prácticos se toma una zapata típica de  $1 \text{ m}^2$ . Se aplicará un factor de seguridad de 1,5 para la cohesión y el ángulo de fricción interna, para obtener un valor soporte del suelo no muy elevado.

$$C_u = \frac{1,90 \text{ ton/m}^2}{1,5} = 1,27 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi = \frac{28,02^\circ}{1,5} = 18,68$$

Calculando los factores de capacidad de carga:

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} = \tan^2 \left( 45 + \frac{18,68^\circ}{2} \right) e^{\pi \tan(18,68^\circ)} = 5,62$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (5,62 - 1) \cot 18,68^\circ = 13,66$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi = 2(5,62 + 1) \tan 18,68^\circ = 4,48$$

Calculando los factores de forma:

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \left( \frac{N_q}{N_c} \right) = 1 + \frac{1}{1} \left( \frac{5,62}{13,66} \right) = 1,41$$

$$F_{qs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \tan \phi = 1 + \left( \frac{1}{1} \right) \tan 18,68^\circ = 1,32$$

$$F_{ys} = 1 - 0,40 \left( \frac{B}{L} \right) = 1 - 0,40 \left( \frac{1}{1} \right) = 0,60$$

Calculando los factores de profundidad:

$$F_{yd} = 1$$

$$F_{cd} = 1 + 0,40 * \tan_{\text{rad}}^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right) = 1 + 0,40 * \tan_{\text{rad}}^{-1} \left( \frac{1,5}{1} \right) = 1,39$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen } \phi)^2 \tan_{\text{rad}}^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 18,68^\circ (1 - \text{sen } 18,68^\circ)^2 \tan_{\text{rad}}^{-1} \left( \frac{1,5}{1} \right) = 1,31$$

Calculando los factores de inclinación de la carga:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2 = \left( 1 - \frac{0}{90^\circ} \right)^2 = 1$$

$$F_{yi} = \left( 1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2 = \left( 1 - \frac{0}{18,68^\circ} \right)^2 = 1$$

Sustituyendo los datos obtenidos anteriormente en la ecuación general de la capacidad de carga, el valor de esfuerzo límite ( $q_o$ ) es:

$$q_o = 65,68 \text{ ton/m}^2$$

Calculando el esfuerzo de carga admisible o permisible ( $q_{adm}$ ):

$$q_{adm} = \frac{q_o}{FS}$$

Donde FS = factor de seguridad que debería de ser de por lo menos 3

$$q_{adm} = \frac{65,68 \text{ ton/m}^2}{3} = 21,89 \text{ ton/m}^2$$

#### **2.1.4. Infraestructura requerida para el centro educativo**

Los edificios se deben diseñar de acuerdo con las necesidades que se tengan; además, estarán limitados por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan. La tipología arquitectónica que se va a utilizar, debido a que se trata de un edificio de dos niveles y su capacidad en el segundo nivel deberá ser alta, es la de marcos rígidos de concreto que permitirán mayor capacidad de soporte y resistencia a sismos; techos de losas planas de concreto reforzado y paredes de mampostería de block pómez. Para el caso de este edificio, se necesitan ocho aulas de enseñanza-aprendizaje, batería de baños, área administrativa y un módulo de gradas.

El edificio escolar se diseñó con base a la capacidad y superficie óptima de alumnos por salón y con respecto a su funcionalidad.



Por otra parte, la distribución arquitectónica se pensó para dar forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se realizó para obtener un lugar cómodo y funcional, tanto en iluminación, ventilación, entre otros. Se tomaron en cuenta los criterios arquitectónicos del Reglamento de Construcción de Edificios Educativos.

### **2.1.5. Criterios generales**

Son todos los aspectos importantes que se toman para el diseño, se puede mencionar: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, color de los acabados, etc.

### **2.1.6. Criterios de conjunto**

- Conjunto arquitectónico

Se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir, y se debe diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.

- Emplazamiento

Para lograr un emplazamiento correcto debe existir una relación adecuada entre el área a construir y el área libre, incluidas en éstas, las áreas de recreación y áreas verdes, esto se logra cuando las superficies construidas en planta baja ocuparán como máximo un 40% del área total, deben estar bien ordenadas para que los espacios libres sean bien aprovechados y así, facilitar el desplazamiento de los alumnos.

- Orientación del edificio

La correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio.

La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia, abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno, basándose en el sentido del viento dominante, debiendo abrir las ventanas en ese sentido.

- Superficie y altura del edificio

La superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar talleres y/o laboratorios en el primer nivel.

### **2.1.7. Criterios de iluminación**

- Generalidades de la iluminación en el edificio

La iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados.

Para lograr lo anterior, se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.

- Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.
- Tipos de iluminación

Por su procedencia puede ser natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas se conoce como unilateral, bilateral y cenital, los cuales se describen a continuación:

- Iluminación natural: el diseño de ventanas debe proporcionar luz pareja y uniforme en toda el área sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.
- Iluminación natural unilateral: cuando sólo un lado del aula tiene ventanas; el área de ventanas debe ser del 25% al 30% del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a una distancia mayor de 2,5 veces la altura del muro donde están las ventanas.
- Iluminación natural bilateral: debe darse cuando existen ventanas en paredes laterales del aula. Las ventanas en los muros del fondo ayudarán a mejorar las condiciones de iluminación si éstas dan al exterior.

- Iluminación natural cenital: son ventanas colocadas en el techo del aula. Para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 al 20 por ciento del área total de piso.
- La Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural. Cuando se requiera iluminación nocturna en algunas áreas se debe considerar iluminar los ambientes de forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales y deberá ser difusa para que no moleste la vista.

#### **2.1.8. Instalaciones**

Las instalaciones que se consideraron y que regularmente se colocan en edificios educativos son: las sanitarias, las hidráulicas y las eléctricas. Para el control y buen funcionamiento de las instalaciones se colocaron medidores de consumo de agua y luz eléctrica, las cuales se ubicaron en el exterior de los edificios para facilitar su lectura.

En su diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

### **2.1.9. Otros criterios**

- Ventilación

La ventilación debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire, ya que la cantidad de aire en el ambiente, es de gran importancia en el desarrollo de la educación.

El volumen de aire dentro del ambiente debe ser de 4 a 6 metros cúbicos por alumno.

- Criterios de color

El color es uno de los elementos que evita el reflejo y sobre todo ayuda a la optimización de la iluminación natural. En lugares donde la luz solar es muy intensa se recomienda usar colores fríos como verde, azul, gris, etc., y en lugares donde la luz solar es menos intensa se recomienda usar colores cálidos como amarillo, anaranjado, etc.

- Confort acústico

Es muy importante en un centro educativo, pues los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico y grado de concentración de los alumnos. Para que exista un confort acústico es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

Los ruidos en un aula pueden provenir del exterior, del centro, de ambientes vecinos o del interior; para prevenirlos y así lograr las condiciones acústicas óptimas, se pueden tomar las precauciones siguientes:

- Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas; de no ser posible, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
- Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ambientes ruidosos de los tranquilos, tomando en cuenta la dirección del viento.
- Para disminuir el ruido interno del ambiente, construir con materiales porosos, ya que éstos absorben el ruido, también las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

#### **2.1.10. Espacios educativos**

Se denomina así a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación que se desarrolla por medio de distintas actividades, por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, se describen como espacios educativos característicos las aulas: teórica, unitaria y de proyecciones; utilizando en este proyecto, los criterios de aula teórica.

- Aula teórica

La función es proveer a los maestros y alumnos de un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza aprendizaje, ya sea en la forma tradicional expositiva o modificando la ubicación del mobiliario para desarrollar otras técnicas didácticas.

Debido a que el nivel de escolaridad que se prestará en el centro educativo que se está diseñando será el mismo en cada jornada, y esto probablemente cambiará con el tiempo, las recomendaciones para el diseño de aula teórica, aquí se generalizan:

- La capacidad óptima en el nivel básico es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de  $1,50 \text{ m}^2$ , pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de  $1,30 \text{ m}^2$ .
- Para la superficie total del aula debe considerarse el caso crítico, es decir, cuando se da la capacidad máxima de 40 alumnos. Pero podrá ser diseñada de acuerdo a los requerimientos existentes.
- La forma del aula será cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda 1,5 veces el lado menor.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno sentado frente al pizarrón.

- La distancia máxima desde la última fila al pizarrón, será de 8 m; y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, será de 30°.
- Tendrá instalaciones de energía eléctrica, con luminarias adecuadas que proporcionen iluminación artificial abundante y constante; además, tendrá dos tomacorrientes, uno al frente y otro en la parte posterior, colocados a 0,30 m sobre el nivel del piso.

#### **2.1.11. Análisis estructural**

Es el análisis que considera, principalmente, los efectos producidos por las fuerzas que actúan sobre un determinado sistema estructural, y determina las condiciones que deben satisfacer las diferentes partes de este sistema, de manera que puedan soportar dichas fuerzas.

Las partes que componen el sistema estructural deben ser de un material tal que impida la rotura o el deterioro de éstas. Además, el tipo de material a utilizar no deberá ser llevado más allá de su resistencia límite cuando actúen las diferentes fuerzas sobre el sistema.

Lo anterior induce a concluir que, el equilibrio en el que se encuentre el sistema estructural debe ser estable, dando lugar a un estudio que involucre tanto procedimientos matemáticos, como métodos derivados de ensayos.



### 2.1.11.1. Predimensionamiento estructural

- Losas

Lo que se calcula es el peralte o grosor de la losa. El método usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene.

En este caso todas las losas están apoyadas en los cuatro lados; se tienen dos medidas de losas, por tanto, se toma la crítica y el peralte resultante se usa en ambas.

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

$$m_{\text{losa tipo 1}} = \frac{6,15}{8,15} = 0,75 > 0,5 \quad \text{trabaja en dos sentidos}$$

$$m_{\text{losa tipo 2}} = \frac{2,50}{6,15} = 0,41 < 0,5 \quad \text{trabaja en un sentido}$$

Se puede observar que la losa tipo 1 trabaja en dos sentidos, por lo cual debe tomarse ésta como losa crítica.

$$t_{\text{losa}} = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$t_{\text{losa}} = \frac{(6,15 * 2) + (8,15 * 2)}{180} = 0,158 \text{ m}$$

Por lo que, hay que utilizar un espesor de losa de 0,15 metros. Ahora se procede a obtener las áreas tributarias de las losas:

$$A_{T1} = \frac{b * h}{2} = \frac{6,15 \text{ m} * 3,075 \text{ m}}{2} = 9,46 \text{ m}^2$$

$$A_{T2} = \frac{h(a+b)}{2} = \frac{3,075 \text{ m} (2 \text{ m} + 8,15 \text{ m})}{2} = 15,60 \text{ m}^2$$

$$A_{T3} = b * h = 6,15 \text{ m} * 1,25 \text{ m} = 7,69 \text{ m}^2$$

Chequear el corte actuante en la losa:

$$CM_{aula} = W_{losa} + SC = 2400 * 0,15 + 0,20 * 200 = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$CM_{pasillo} = W_{losa} + SC = 2400 * 0,15 + 0,20 * 500 = 460 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{aula} = 200,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{pasillo} = 500,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,2 CM + 1,6 CV$$

$$CU_{aula} = 800,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{pasillo} = 1352,00 \text{ kg/m}^2$$

$$V_{act} = \frac{A_T * CU}{L}$$

$$V_{act1} = 1230,57 \text{ kg}$$

$$V_{act2} = 1531,29 \text{ kg}$$

$$V_{act3} = 1690,55 \text{ kg}$$

Comparar con el corte que resiste el concreto:

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

$$V_c = 0,75 (0,53 * \sqrt{210} \text{ kg/cm}^2 * 100 \text{ cm} * 12,5 \text{ cm}) = 7 200,40 \text{ kg}$$

La losa tiene un espesor adecuado, ya que se puede verificar que  $V_c > V_{act}$ .

- Columnas

El método que se utiliza para el predimensionamiento de columnas, calcula la sección y se basa en la carga aplicada a ésta. Para guardar simetría en las dimensiones de la columna se debe tomar la columna crítica, o sea, la que soporta mayor carga. La medida resultante de esta columna se aplica a las demás columnas.

$$P = 0,8 [(0,225 * f'_c * A_g) + (f_y * A_s)]$$

$$A_s = 0,01A_g < A_s < 0,08A_g$$

Donde

P = carga puntual

$f'_c$  = resistencia del concreto ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_y$  = resistencia del acero ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A_s$  = área de Acero

$A_g$  = área gruesa (Área de sección de columna)

Calculando cargas de azotea:

$$CV=100,00 \text{ kg/m}^2 * 32,75 \text{ m}^2 = 3 275,00 \text{ kg}$$

$$CM=W_{\text{mezclon}}+W_{\text{losa}}+W_{\text{vigas}}+W_{\text{acabados}}+W_{\text{sobre carga}}$$

$$CM=17 799,92 \text{ kg}$$

Cálculo de cargas de entrepiso:

$$CV=(200,00 \text{ kg/m}^2 * 25,06 \text{ m}^2) + (500,00 \text{ kg/m}^2 * 7,69 \text{ m}^2)$$

$$CV = 8 857,00 \text{ kg}$$

$$CM=W_{\text{losa}}+W_{\text{vigas}}+W_{\text{col. 2}} + W_{\text{muros}}+W_{\text{instalaciones}}+W_{\text{acabados}}+W_{\text{piso}}+W_{\text{sobre carga}}$$

$$CM=27 061,425 \text{ kg}$$

Carga total factorizada:

$$CU = 1,2 CM + 1,6 CV$$

$$CU_{\text{Azotea}}=1,2(17 779,92 \text{ kg})+1,6(3 275,00 \text{ kg}) = 26 599,90 \text{ kg}$$

$$CU_{\text{Entrepiso}}=1,2(27 061,425 \text{ kg})+1,6(8 857,00 \text{ kg}) = 46 644,91 \text{ kg}$$

Carga puntual:

$$P= CU_{\text{Azotea}}+CU_{\text{Entrepiso}}$$

$$P=26 599,90 \text{ kg} + 46 644,91 \text{ kg} =73 244,81 \text{ kg}$$

Usando un As de 0,01 Ag, entonces queda:

$$73\,244,81 \text{ kg} = 0,8 [(0,225 * 210 \text{ kg/cm}^2 * A_g) + (2\,810,00 \text{ kg/cm}^2 * 0,01A_g)]$$

$$73\,244,81 \text{ kg} = 60,28A_g \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{73\,244,81 \text{ kg}}{60,28 \text{ kg/cm}^2} = A_g$$

$$1\,215,08 \text{ cm}^2 = A_g$$

$$A_g = \sqrt{1\,215,08 \text{ cm}^2} = 34,86 \text{ cm}$$

Lo cual indica que la sección de la columna debería ser de 34,86 cm x 34,86 cm, pero, por motivos de seguridad, se propone una sección de columna de 40 cm x 40 cm.

- Vigas

El método utilizado para el predimensionamiento de vigas, determina su peralte o altura, el cual depende de la luz que cubran las mismas. El predimensionamiento se realiza para la viga crítica, es decir la de mayor longitud, quedando las demás con igual sección. La forma en que se calcula el peralte es la siguiente:

$$h_{\text{viga}} = 8\% \text{ de la luz mayor}$$

$$h_{\text{viga}} = 0,08 * 8,15 \text{ m} = 0,65 \text{ m}$$

$$b_{\text{viga}} = \frac{h_{\text{viga}}}{2} = \frac{0,65}{2} = 0,325 \text{ m}$$

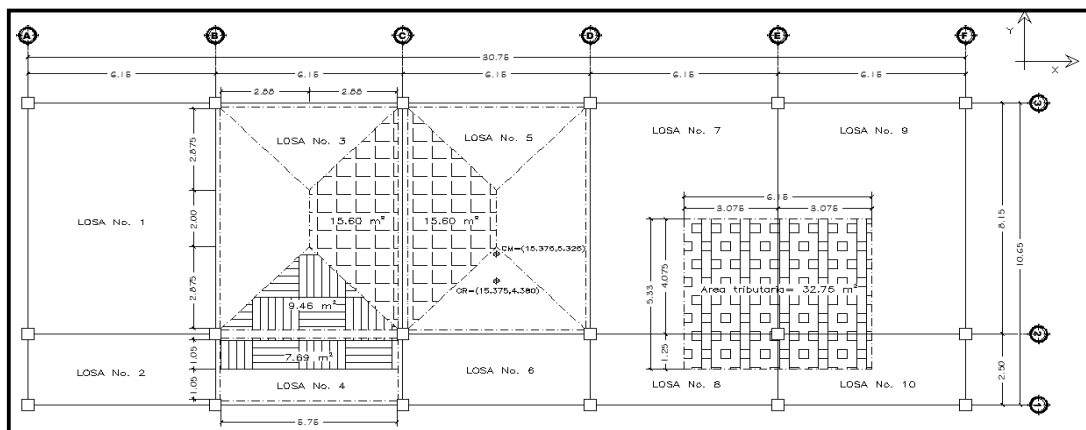
Entonces se propone una sección de viga de 0,60 m x 0,30 m.

- Cimientos

Para la cimentación se usan zapatas aisladas, cuyo predimensionamiento se presenta en el diseño de cimientos en la sección 2.1.12.4.

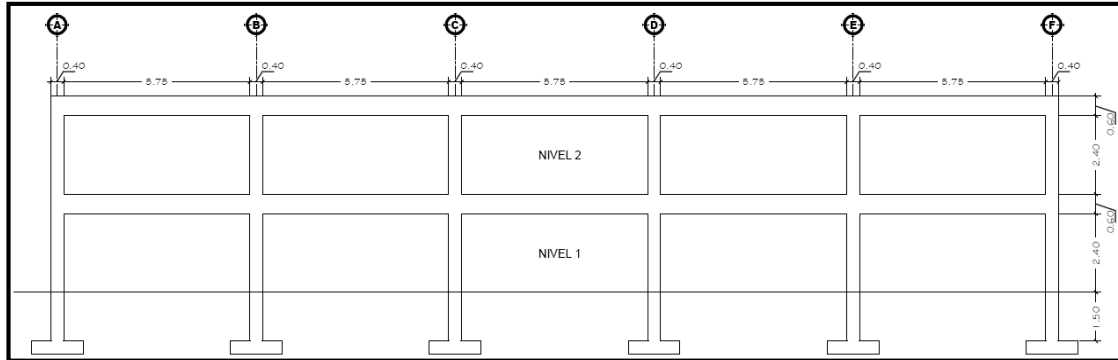
De los resultados del predimensionamiento, se obtiene la figura 2, donde se muestra la planta típica de la edificación escolar que se analiza y diseña estructuralmente en el resto del capítulo, su respectiva distribución de vigas, columnas y áreas tributarias; la figura 3 muestra el marco típico en el sentido X, eje 2 y la figura 4, muestra el marco típico en el sentido Y, eje D.

Figura 2. Planta típica para edificación escolar, niveles 1 y 2



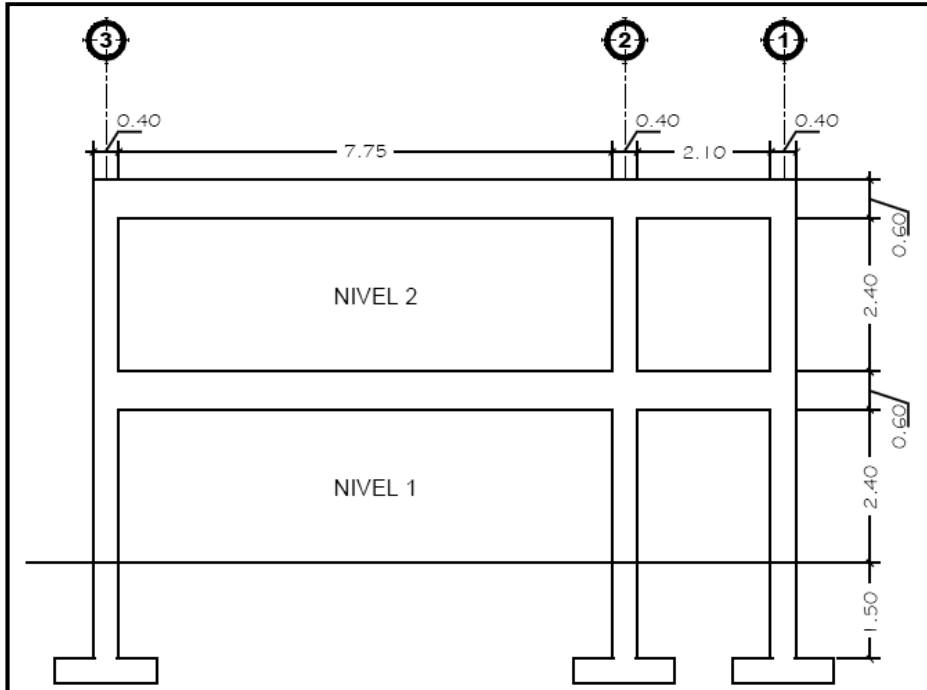
Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 3. Marco típico en sentido X, eje 2



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 4. Marco típico en sentido Y, eje D



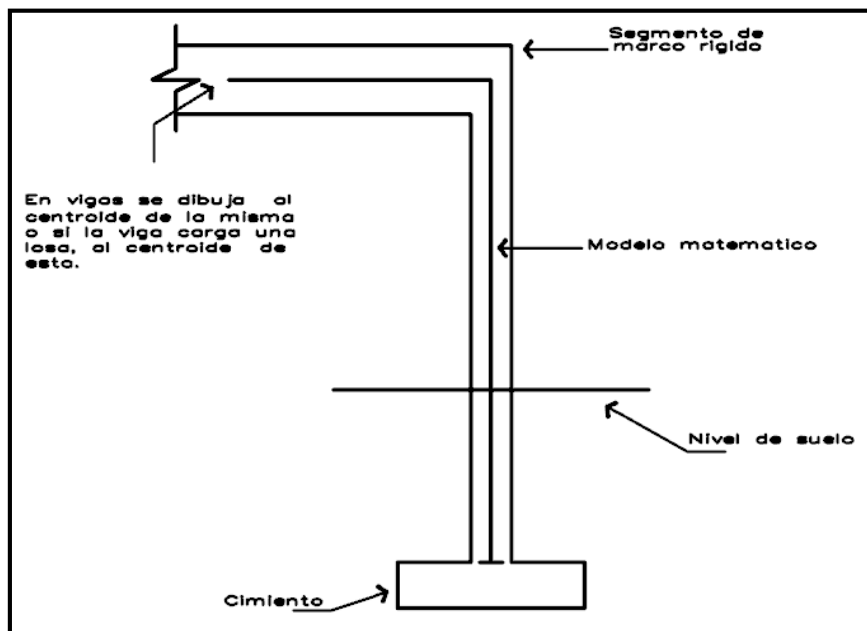
Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

### 2.1.11.2. Modelos matemáticos de marcos rígidos

Es aconsejable que, al llevar a cabo la estructuración de los edificios, se trate, en la medida de lo posible, que sus estructuras sean conceptualizadas de manera tal, que representen configuraciones sencillas y simétricas y que estas características se cumplan también en lo referente a masas, rigideces y resistencias, tanto en planta como en elevación.

Un marco rígido se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. Así también, su modelo matemático define la forma y las cargas que soporta. Dicho modelo se utiliza para el análisis estructural. Siguiendo los criterios definidos en que se busca el centroide en vigas y columnas, para el análisis estructural del edificio.

Figura 5. Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos rígidos



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.



### **2.1.11.3. Análisis de cargas**

Las cargas son fuerzas externas que actúan sobre una estructura, las cuales provocan reacciones internas dentro del sistema estructural para resistirlas. Dependiendo de la manera como las cargas sean aplicadas, tienden a deformar la estructura y sus componentes. En el presente trabajo se clasifican a las cargas en una estructura de acuerdo con la dirección de su aplicación: cargas verticales y cargas horizontales.

Las cargas verticales también son conocidas como cargas por gravedad, están comprendidas por la carga viva (CV) y carga muerta (CM). Las cargas vivas consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios. Éstas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado. Las cargas muertas, son aquéllas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida de la estructura. Generalmente, la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura. Ésta puede calcularse con buena aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material.

Las cargas horizontales o ambientales, las constituyen aquellas fuerzas que actúan lateralmente, o casi, respecto de la línea de acción de la gravedad. Se dividen en cargas sísmicas (fuerzas inerciales causadas por movimientos sísmicos), cargas de viento, y de presiones de suelo en las porciones subterráneas de estructuras. Al igual que las cargas vivas, las cargas ambientales son inciertas tanto en magnitud como en distribución.

En la determinación de todas las cargas incide principalmente el juicio y la experiencia del diseñador, a pesar de que se tienen códigos de referencia.

Para la integración de las cargas que actuarán sobre el edificio se emplean dos métodos diferentes, uno para cada tipo de carga estos procesos se explican y desarrollan a continuación.

#### **2.1.11.4. Integración de cargas verticales en marcos rígidos**

La integración de cargas verticales se realizará por medio del método de áreas tributarias. El área tributaria es el área de influencia de carga de un elemento estructural y debería incluir toda la porción de la construcción en la cual, si se aplica una carga, se afecta la fuerza interna en la sección que se está considerando. El área tributaria debe calcularse también para fines de obtención de la carga total sobre un elemento estructural.

Los valores que se usan en este caso, para las cargas verticales son los siguientes:

Carga muerta (CM)		Carga viva (CV)	
Peso de losa	= 360,0 kg/m <sup>2</sup>	En techos	= 100,0 kg/m <sup>2</sup>
Peso de mezzón	= 25,0 kg/m <sup>2</sup>	En pasillos	= 500,0 kg/m <sup>2</sup>
Peso de acabados	= 25,0 kg/m <sup>2</sup>	En aulas	= 200,0 kg/m <sup>2</sup>
Peso de instalaciones	= 50,0 kg/m <sup>2</sup>		
Peso de muros	= 185,0 kg/m <sup>2</sup>		
Peso de piso	= 100,0 kg/m <sup>2</sup>		
Sobrecarga (azotea)	= 20,0 kg/m <sup>2</sup>		
Sobrecarga (entrepiso)	= 63,6 kg/m <sup>2</sup>		

Las cargas linealmente distribuidas que se utilizan para realizar el análisis estructural, se calculan tomando en cuenta los valores anteriores, la geometría de la planta y siguiendo el procedimiento siguiente:

Cálculo de cargas verticales por marco (método de área tributaria)

Fórmulas:

$$W_{CM} = \frac{A_T \times CM}{Luz} + PP_V$$

$$W_{CV} = \frac{A_T \times CV}{Luz}$$

Donde

$A_T$  = área tributaria sobre la viga

$Luz$  = longitud de la viga

$CM$  = carga muerta

$CV$  = carga viva

$PP_V$  = peso propio de la viga

$W_{CM}$  = carga muerta distribuida sobre el marco

$W_{CV}$  = carga viva distribuida sobre el marco

Ya que la sección de las vigas es el mismo para todas, el peso propio de cada una es:

$$PP_V = \gamma_{\text{concreto}} * \text{Sección viga}$$

$$PP_V = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * (0,30 \text{ m} * 0,45 \text{ m}) = 324,00 \text{ kg/m}$$

Para el marco típico en sentido X, eje 2, las cargas verticales son:

Nivel 2:

$$CM = W_{\text{mezclon}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{sobre carga}} = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{CM}} = \frac{17,15 \text{ m}^2 * 430 \text{ kg/m}^2}{6,15 \text{ m}} + 324 \text{ kg/m} = 1\,523,10 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{CV}} = \frac{(17,15 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2)}{6,15 \text{ m}} = 278,86 \text{ kg/m}$$

Nivel 1:

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{instalaciones}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}} + W_{\text{sobre carga}} = 783,60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{CM}} = \frac{17,15 \text{ m}^2 * 783,60 \text{ kg/m}^2}{6,15 \text{ m}} + 324 \text{ kg/m} = 2\,509,16 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{CV}} = \frac{(9,46 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) + (7,69 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2)}{6,15 \text{ m}} = 932,84 \text{ kg/m}$$

Los valores de las cargas distribuidas calculados para el marco típico en sentido X, eje 2, pueden observarse en la figura 6.

Los valores del marco típico en sentido Y, eje D (figura 7), fueron calculados siguiendo el procedimiento anterior, el valor de CV = 0 se debe a que no existe área tributaria en ese sentido, por ser una losa en una dirección (ver figura 2).

### **2.1.11.5. Integración de cargas horizontales en marcos rígidos**

Los requisitos de cargas laterales propuestas por los códigos, son normas mínimas para poder diseñar edificios y estructuras resistentes a fuerzas horizontales, ya que se considera la estructura como unidad, tomando en cuenta cada uno de sus elementos estructurales.

En Guatemala se consideran en el análisis, las cargas horizontales por sismo y viento; esta última dependiendo de la magnitud de la incidencia del mismo en una estructura sobre un área grande de exposición o bien por las condiciones del lugar. Para el presente trabajo únicamente se diseñará el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método SEAOC.

Desde el punto de vista de las estructuras, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

#### **2.1.11.5.1. Método SEAOC aplicado a la edificación**

Para el cálculo e integración de las cargas laterales o de sismo se empleará el método SEAOC, el cual consiste en encontrar una fuerza en la base del edificio que se está sacudiendo según la distribución de masas, la altura del edificio y la carga adicional; y distribuirla en cada nivel del edificio.

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base. Para obtener su valor se utiliza la fórmula siguiente:

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

Donde

Z = coeficiente que depende de la zona (alto riesgo sísmico = 1).

I = coeficiente de importancia de obra (edificios educativos = 1,25).

C = coeficiente que depende del periodo natural de vibración.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$T = \frac{0,09 * H}{\sqrt{B}} \quad \left\{ \begin{array}{l} H = \text{altura del edificio (m)} \\ B = \text{base del edificio (m)} \end{array} \right.$$

K = factor que refleja la ductilidad de estructura (marcos rígidos = 0,67).

S = coeficiente que depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1,50.

El valor de  $CS \leq 0,14$ , si el producto de estos coeficientes exceden este valor, tomar  $CS = 0,14$ .

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

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

Tabla I. **Cálculo de coeficiente C**

<b>C</b>	$T_x = \frac{0,09 * 7,5 \text{ m}}{\sqrt{31,15 \text{ m}}} = 0,12$	$C_x = \frac{1}{15\sqrt{0,12}} = 0,19$
	$T_y = \frac{0,09 * 7,5 \text{ m}}{\sqrt{11,05 \text{ m}}} = 0,20$	$C_y = \frac{1}{15\sqrt{0,20}} = 0,15$
<b>Chequeando CS ≤ 0,14</b>		
	$CS_x = 0,19 * 1,5 = 0,29$	Utilizar CS = 0,14
	$CS_y = 0,15 * 1,5 = 0,23$	Utilizar CS = 0,14

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del peso propio de la estructura (W)

$$W_{\text{edificio}} = W_{\text{nivel 1}} + W_{\text{nivel 2}}$$

Peso nivel 2:

$$W_{\text{CM Nivel 2}} = W_{\text{mezclon}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{col}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{inst}} + W_{\text{acab}} = 216\ 261,36 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CV Nivel 2}} = 25\% \text{ CV} = 8\ 187,19 \text{ kg}$$

Peso nivel 1:

$$W_{\text{CM Nivel 1}} = W_{\text{losa}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{col}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{inst}} + W_{\text{acab}} + W_{\text{piso}} = 283\ 235,90 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CV Nivel 1}} = 25\% \text{ CV} = 22\ 140,00 \text{ kg}$$

Tabla II. Integración de cargas por nivel

NIVEL	W <sub>CM</sub> (Kg)	25% CV (Kg)	W <sub>nivel</sub> (Kg)
2	216 261,36	8 187,19	224 448,55
1	283 235,90	22 140,00	305 375,90
<b>Peso total de la estructura</b>			<b>529 824,45</b>

Fuente: elaboración propia.

Puesto que, el corte basal (V) = V<sub>x</sub> = V<sub>y</sub>:

$$V = (1)(1,25)(0,14)(0,67)(529\ 824,45\ \text{kg}) = 62\ 121,92\ \text{kg}$$

#### 2.1.11.5.2. Fuerza por nivel

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

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

Donde

F<sub>ni</sub> = fuerza por nivel

V = corte basal

F<sub>T</sub> = fuerza en la cúspide, T < 0,25, F<sub>T</sub> = 0; T ≥ 0,25, F<sub>T</sub> = (0,07)(T)(V)

W = peso propio de la estructura + 25% de la carga viva

W<sub>i</sub> = peso propio de la estructura + 25% de la carga viva por nivel

H<sub>i</sub> = altura medida desde la cimentación al nivel considerado

Ya que V<sub>x</sub> = V<sub>y</sub>, entonces F<sub>ni x</sub> = F<sub>ni y</sub>, debido a F<sub>T</sub> = 0 porque T<sub>x</sub> y T<sub>y</sub> son menores de 0,25.



Tabla III. Integración de fuerzas por nivel

NIVEL	H <sub>i</sub> (m)	W (Kg)	V (Kg)	W x H <sub>i</sub> (Kg-m)	F <sub>ni</sub> (kg)
2	7,50	224 448,55	62 121,92	1 683 364,13	34 201,77
1	4,50	305 375,90	62 121,92	1 374 191,55	27 920,15
Σ W <sub>i</sub> H <sub>i</sub>				3 057 555,68	

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.11.5.3. Fuerza por marco

Se calcula utilizando las siguientes ecuaciones:

$$F_m = F_i' \pm F_i'' \quad e = |CM - CR|$$

$$F_i' = \frac{K_i * F_{ni}}{\sum K_i} \quad E_i = \frac{\sum K_i * d_i^2}{K_i * d_i}$$

$$F_i'' = \frac{e * F_{ni}}{E_i} \quad CR = \frac{\sum K_i * d_i}{\sum K_i}$$

Donde

F<sub>i</sub>' = fuerza proporcional a la rigidez

F<sub>i</sub>'' = fuerza de torsión

K<sub>i</sub> = rigidez de marco, K = 1 en elementos son simétricos

E<sub>i</sub> = módulo de rigidez

e = excentricidad, e<sub>MÍNIMA</sub> = 0,05 \*(H<sub>total del edificio</sub>)

CR = centro de rigidez, CR = Σ(K<sub>m</sub>\*L)/ΣK<sub>m</sub>

CM = centro de masa, CM = Base/2

$d_i$  = distancia de CR a marco considerado

Si  $F_m < F_i'$ , utilizar  $F_m = F_i'$ ; si  $F_m > F_i'$ , utilizar  $F_m = F_i' \pm F_i''$ .

Debido a que las rigideces en ambos niveles son distintas, el procedimiento para hallar éstas sería muy tedioso, por lo tanto para facilitar el proceso se utilizará  $K_m = 1$ , ya que todas las columnas son simétricas y de dimensiones iguales.

Tabla IV. Cálculo de centro de rigidez

CENTRO DE RIGIDEZ "X"					CENTRO DE RIGIDEZ "Y"				
EJE	No. COL.	$K_m$	L	$K_m * L$	EJE	No. COL.	$K_m$	L	$K_m * L$
A	3	1	0,00	0,00	1	6	1	0,00	0,00
B	3	1	6,15	6,15	2	6	1	2,50	2,50
C	3	1	12,30	12,30	3	6	1	10,65	10,65
D	3	1	18,45	18,45	$\Sigma$		3		13,15
E	3	1	24,60	24,60					
F	3	1	30,75	30,75					
$\Sigma$		6		92,25					

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{92,25}{6} = 15,375 \text{ cm}$$

$$CR_y = \frac{13,15}{3} = 4,38 \text{ cm}$$

$$CM_x = \frac{30,75}{2} = 15,375 \text{ cm}$$

$$CM_y = \frac{10,65}{2} = 5,325 \text{ cm}$$

$$e_x = |15,375 \text{ cm} - 15,375 \text{ cm}| = 0$$

$$e_y = |5,325 \text{ cm} - 4,38 \text{ cm}| = 0,945 \text{ cm}$$

$$e_{\min} = 0,05 * (7,5 \text{ m}) = 0,375 \text{ cm}$$

Como  $e_y > e_{\min}$ , utilizar  $e_y$ .

Cálculo de fuerza para marcos en sentido X: como  $e_x = 0$ , no existen fuerzas de torsión ( $F_i'' = 0$ ), por lo tanto  $F_m = F_i'$  en todos los marcos del sentido X.

$$F_{m \text{ Nivel } 2} = F_{i2}' = \frac{1 * 34\,201,77 \text{ kg}}{6} = 5\,700,30 \text{ kg}$$

$$F_{m \text{ Nivel } 1} = F_{i1}' = \frac{1 * 27\,920,15 \text{ kg}}{6} = 4\,653,36 \text{ kg}$$

Cálculo de fuerza para marcos en sentido Y:

Tabla V. **Cálculo de fuerzas por marco, nivel 2**

EJE	$K_i$	$D_i$	$(K_m * d_i)^2$	$E_i$	$F_i'$	$F_i''$	$F_m$
3	1	6,27	39,31	9,89	11 400,59	3 268,02	14 668,61
2	1	-1,88	3,53	-32,99	11 400,59	-979,71	10 420,88
1	1	-4,38	19,18	-14,16	11 400,59	-2 282,53	9 118,06
			62,02				

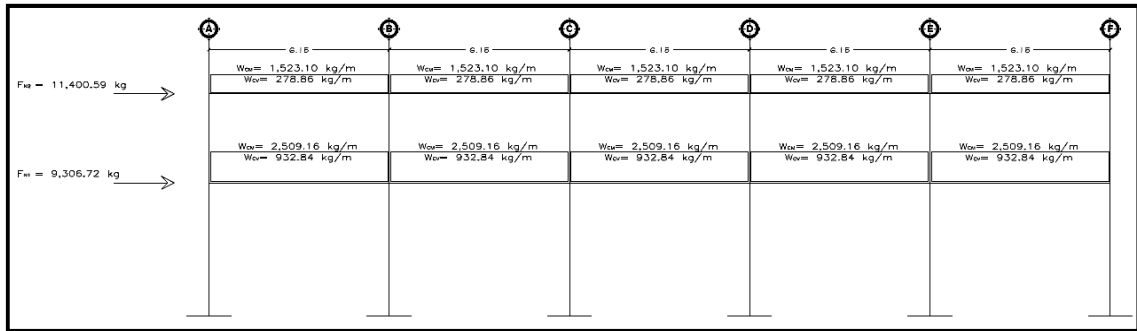
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Cálculo de fuerzas por marco, nivel 1**

EJE	$K_i$	$D_i$	$(K_m * d_i)^2$	$E_i$	$F_i'$	$F_i''$	$F_m$
3	1	6,27	39,31	9,89	9 306,72	2 667,80	11 974,52
2	1	-1,88	3,53	-32,99	9 306,72	-799,77	8 506,95
1	1	-4,38	19,18	-14,16	9 306,72	-1 863,32	7 443,40
			62,02				

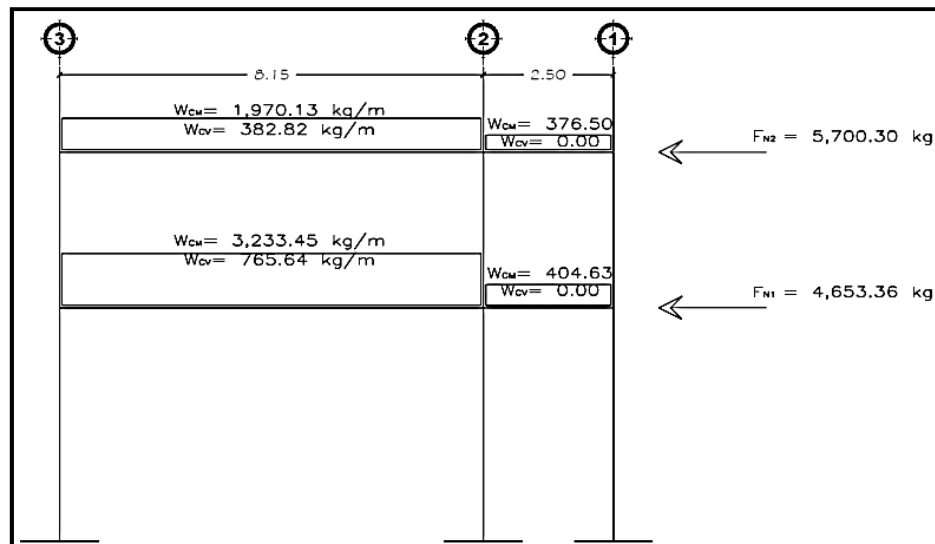
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Modelo matemático, marco típico, eje 2**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 7. **Modelo matemático, marco típico, eje D**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Luego de la integración total de las cargas, tanto las de entrepiso como las del techo, se procederá al análisis estructural, donde el objetivo técnico se refiere a la determinación de fuerzas y desplazamientos que sufre la estructura.

#### **2.1.11.6. Análisis de marcos rígidos utilizando el programa ETABS, comprobado con método numérico**

Actualmente, el uso de programas de computación en el proceso de análisis y diseño en ingeniería se ha extendido grandemente, es por ello que para el análisis estructural de este proyecto se ha utilizado un software especialmente diseñado para dicho análisis.

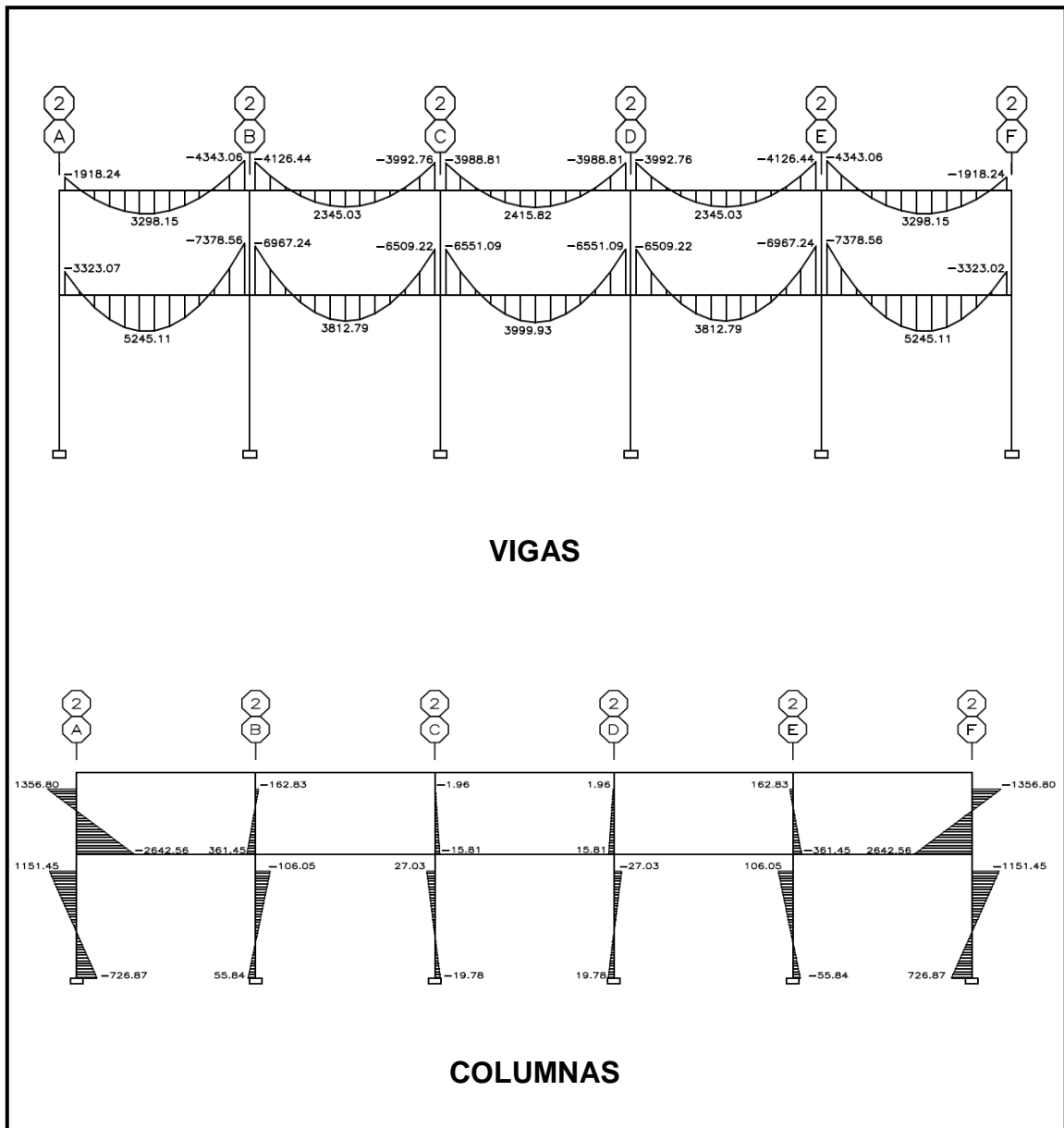
Extended Three Dimensional Analysis of Building System (ETABS) es un programa de análisis y diseño estructural para edificaciones basado en el método de los elementos finitos.

Este software brinda de forma fácil y precisa una serie de resultados, los cuales se presentan en forma rápida y entendible por el ingeniero civil, de acuerdo a cada elemento de la estructura tales como vigas, columnas, etc.

En cuanto al ingreso de datos, se enfoca en trabajar con términos propios a los edificios, pues el modelo se hace a partir de pisos, vanos, ejes de columnas, muros, en lugar de nudos y elementos genéricos.

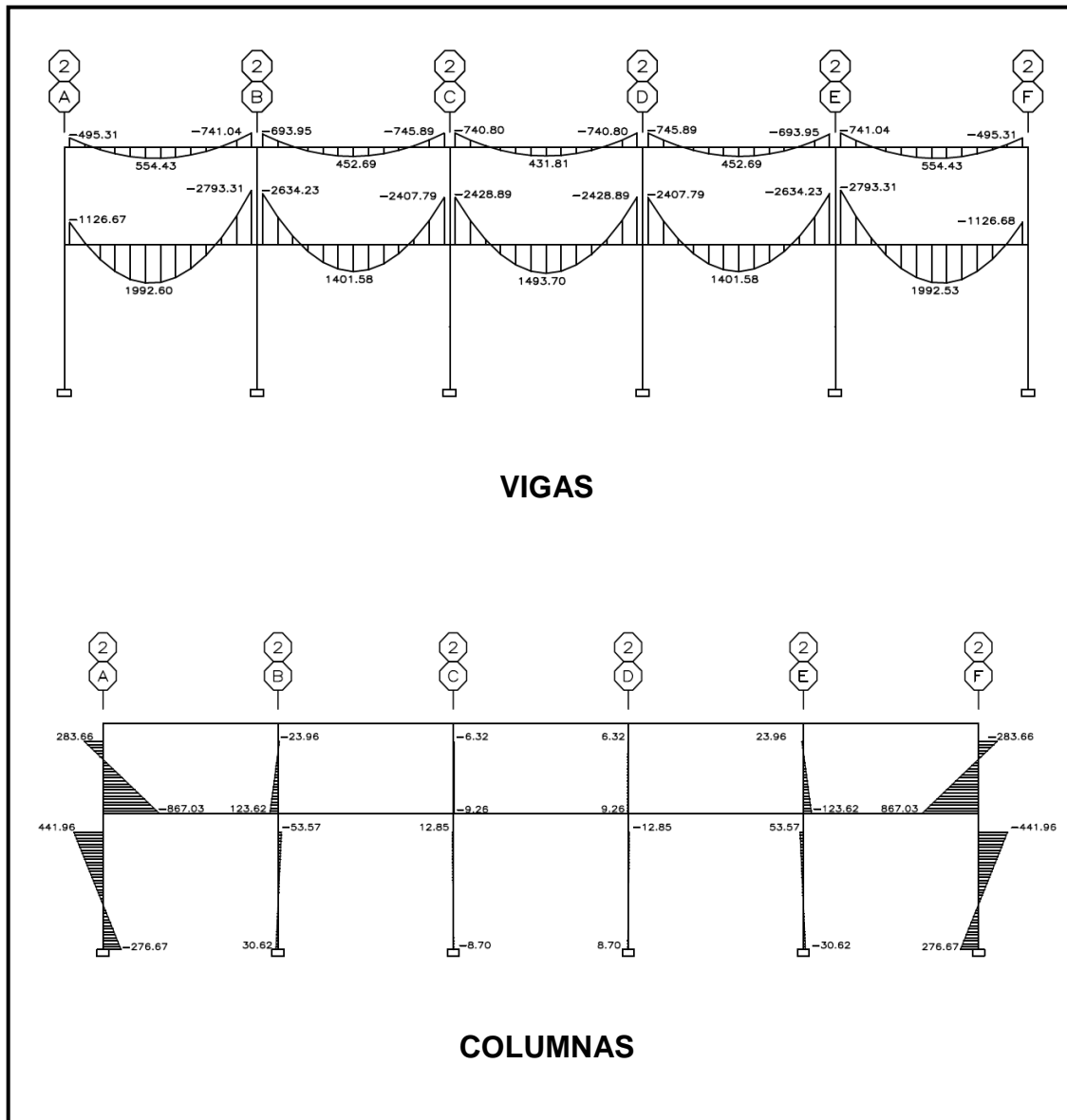
A continuación se presentan los diagramas de momentos para cargas vivas, muertas y fuerzas sísmicas en vigas y columnas, obtenidos por el análisis estructural realizado por el programa ETABS.

Figura 8. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga muerta, marco rígido, sentido X



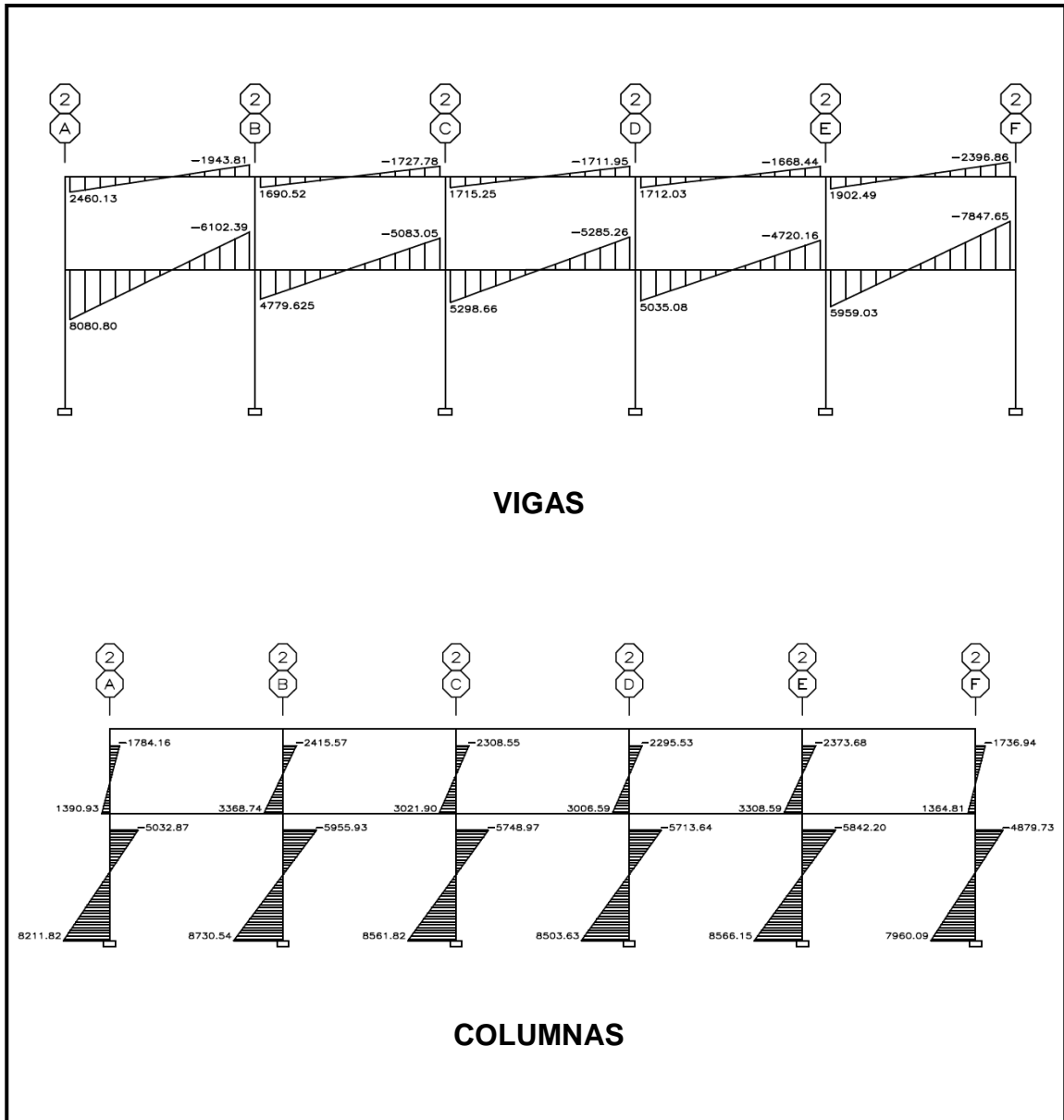
Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.

Figura 9. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga viva, marco rígido, sentido X



Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.

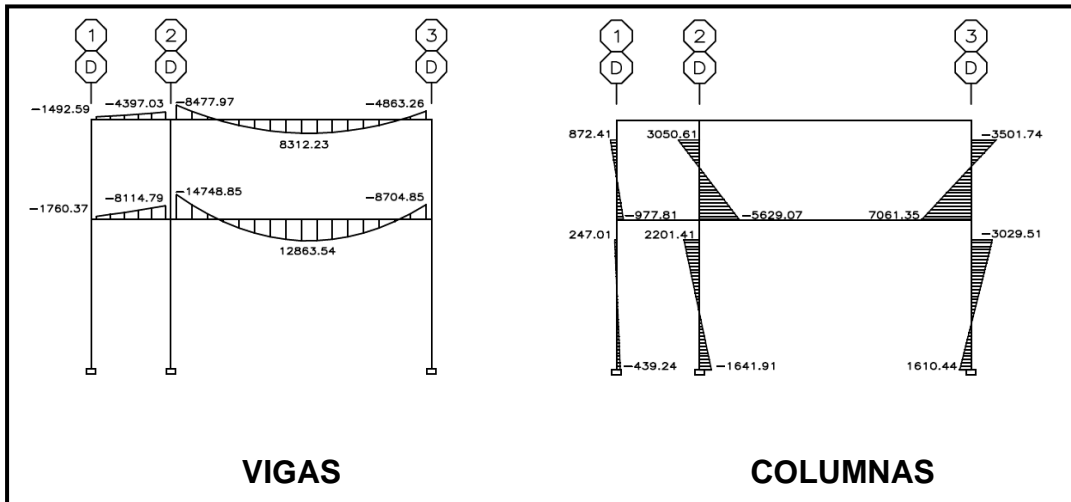
Figura 10. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), fuerza sísmica, marco rígido, sentido X



Fuente: ETABS, elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.

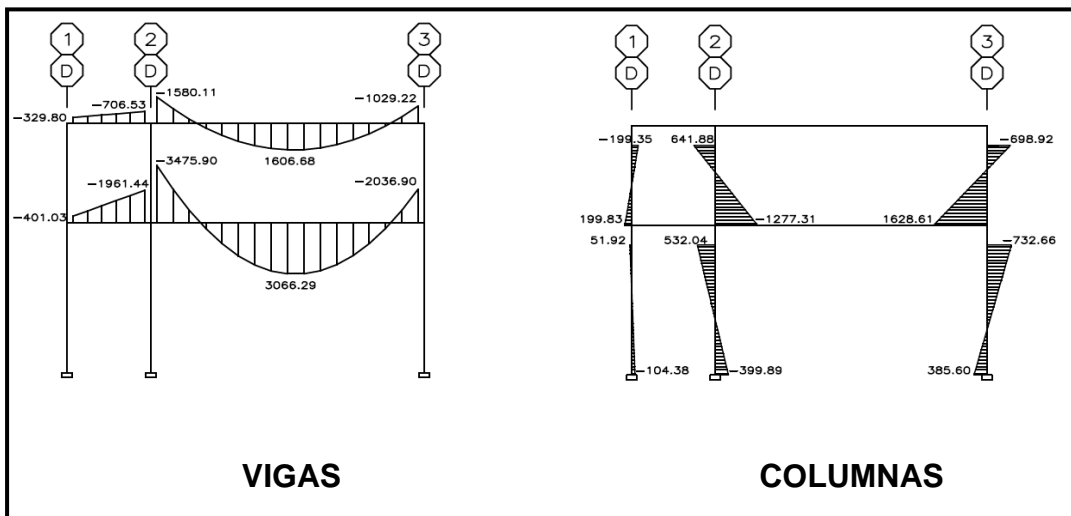


Figura 11. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga muerta, marco rígido, sentido Y



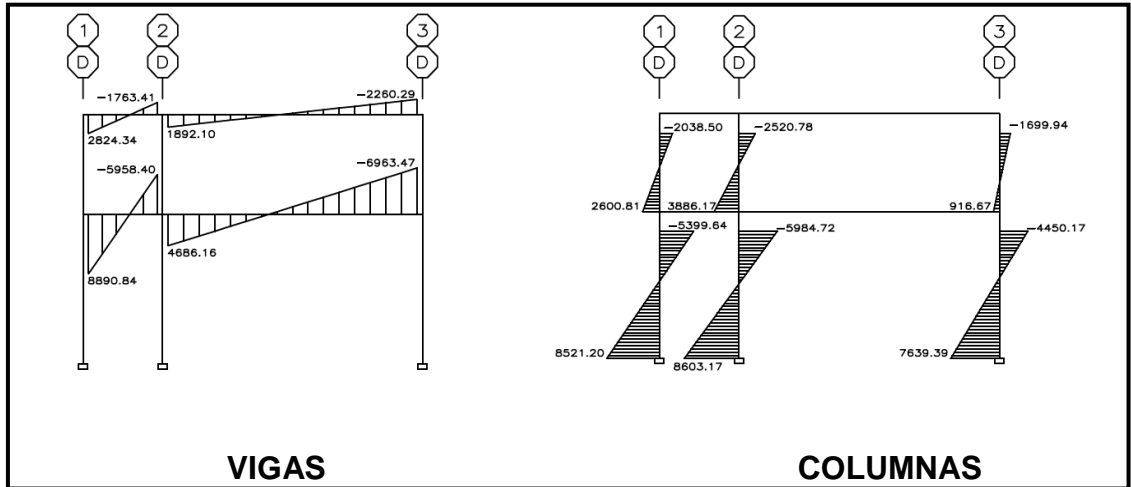
Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.

Figura 12. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), carga viva, marco rígido, sentido Y



Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.

Figura 13. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg-m), fuerza sísmica, marco rígido, sentido Y



Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del análisis.

- Comprobación con método numérico (Kani)

Para la comprobación del análisis realizado en ETABS, se procedió a determinar los momentos flectores en los extremos de cada una de las barras de nuestros marcos utilizando el método de Kani, que es un método exacto de aproximaciones sucesivas, y la exactitud en el análisis, depende únicamente del número de iteraciones o repeticiones que el analista efectúe.

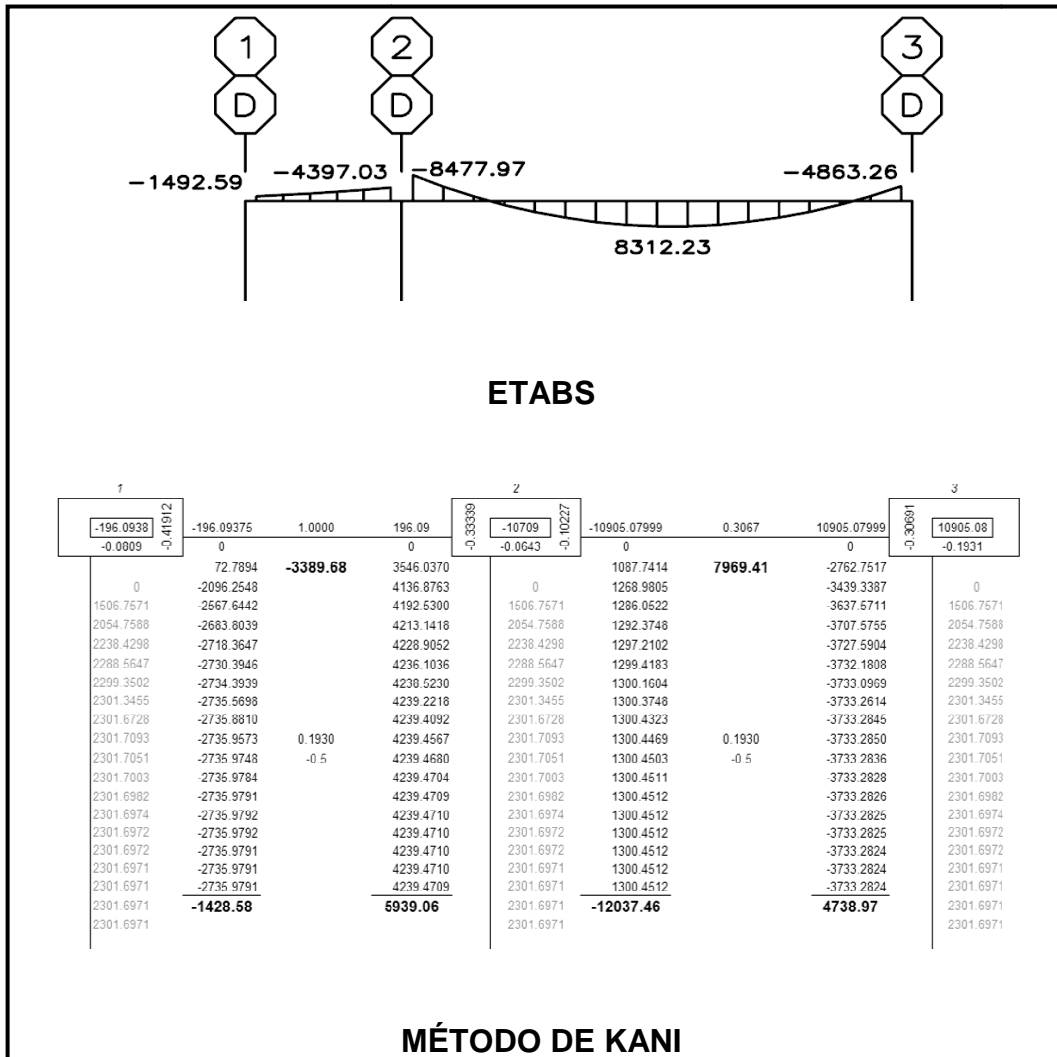
El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante; además, no se incluyen los casos en que existen columnas de diferente altura en un mismo piso, o cuando hay articulaciones en los apoyos de las columnas.

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ ), estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (MS), éstos se calculan cuando hay cargas verticales.  $MS = \sum MF_{ik}$ .
- Determinación de fuerzas de sujeción (H), éstas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico unido con nudos rígidos.  $H = FM_{NIVELn}$  (fuerza por marco del nivel n, del análisis sísmico).
- Cálculo de la fuerza cortante en el piso ( $Q_n$ ), se calcula cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico unido con nudos rígidos.  $Q_n = \sum H$ .
- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ), éstos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico unido con nudos rígidos.  $M_n = (Q_n * h_n) / 3$ , donde  $h_n$  = altura del piso "n".
- Cálculo de rigidez de los elementos ( $K_{ik}$ ),  $K_{ik} = I / L_{ik}$ , donde I inercia del elemento y L longitud del elemento.
- Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto ( $\mu_{ik}$ ),  $\mu_{ik} = 1/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$ .

- Cálculo de factores de corrimiento ( $v_{ik}$ ), éstos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico unido con nudos rígidos.  $v = -3/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$ .
- Cálculo de iteraciones, influencias de giro ( $M'_{ik}$ ),  $M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni})$  sin ladeo,  $M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{in}))$  con ladeo.
- Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento ( $M''_{ik}$ ), esto se calcula cuando existe ladeo.  $M''_{ik} = v_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki}))$  ladeo por asimetría;  $M''_{ik} = v_{ik} (M_{ni} + \sum (M'_{ik} + M'_{ki}))$  ladeo por fuerza horizontal.
- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra ( $M_{ik}$ ),  $M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$  sin ladeo;  $M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$  con ladeo.
- Cálculo de los momentos positivos en vigas ( $M_{ik(+)}$ ),  $M_{ik(+)} = WL^2/8 - (M_{i(-)} + M_{k(-)})/2$  donde:  $M_{i(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo y  $M_{k(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho.

A continuación se muestra el marco típico D del eje 1 al 3 del segundo nivel, en el cual se muestran los datos obtenidos por el análisis estructural para carga muerta tanto en ETABS, como por el método numérico de Kani.

Figura 14. Comparación de datos de análisis estructural, ETABS - Kani



Fuente: elaboración propia, con los programas ETABS y Microsoft Office Excel.

Como se puede observar en la figura anterior, los datos obtenidos por medio del programa de ETABS son mayores que los obtenidos por el método de Kani, pero esta diferencia no es muy grande, ya que se podría decir que varían en solo un 5% aproximadamente, lo cual indica que ambos análisis son confiables y que los cálculos son correctos.

### **2.1.11.7. Momentos últimos por envolventes de momentos**

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

En el Reglamento ACI 318S-08, capítulo 9 sección 9.2, se proponen combinaciones que utilizan factores asignados a cada carga y que tienen influencia en el grado de precisión requerido, para el cual generalmente se puede calcular el efecto de la carga y la variación en la misma que puede esperarse durante la vida de la estructura. Por esta razón, a las cargas muertas, se les asigna un factor de carga menor que a las cargas vivas, debido a que éstas se determinan con mayor precisión y son menos variables. A continuación se describen las combinaciones de carga:

$$C_1 = 1,2 CM + 1,6 CV$$

Considerando efectos de sismo se tiene:

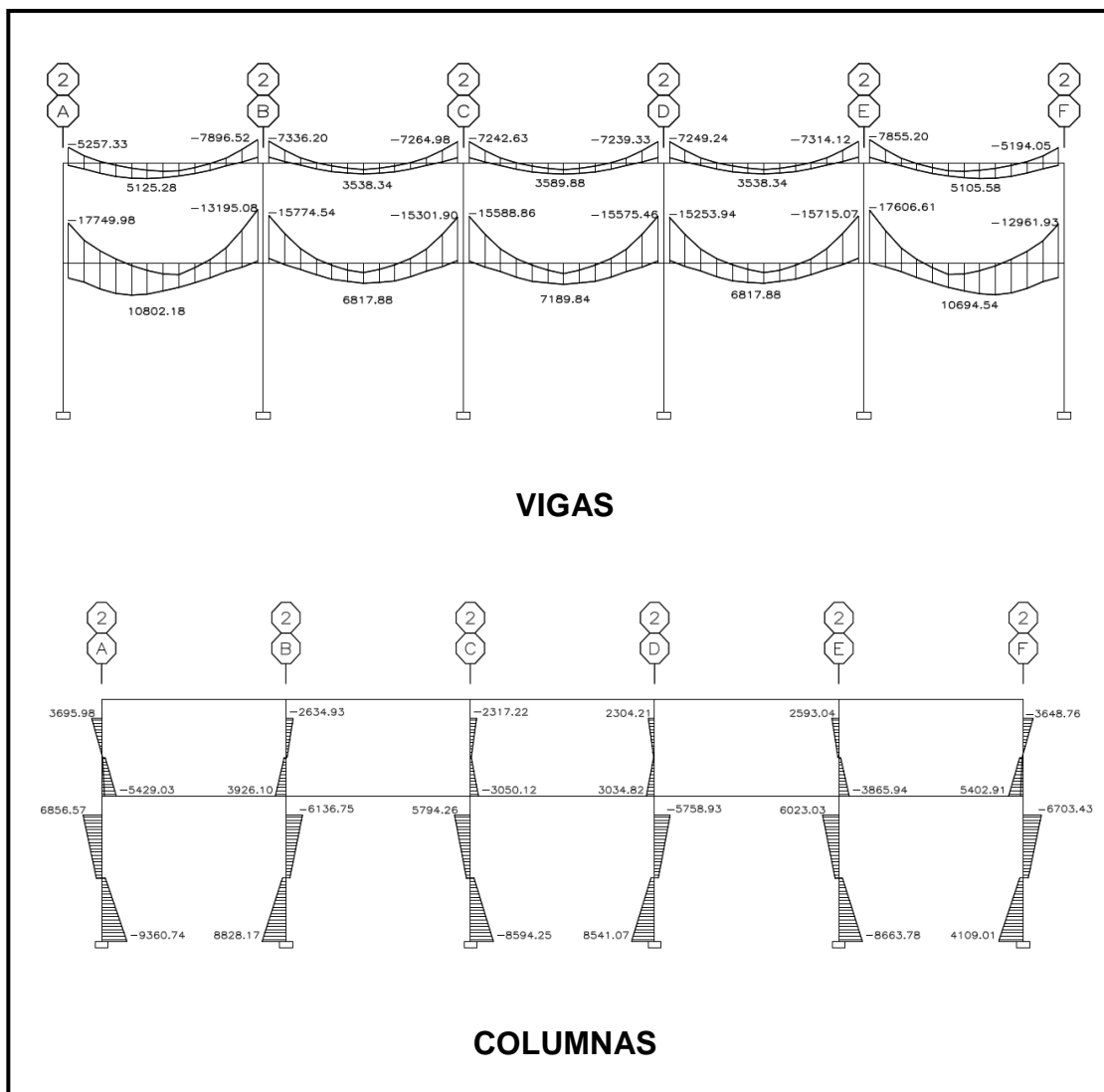
$$C_{2,3} = 1,2 CM + 1 CV \pm 1 E$$

El signo de la carga lateral dinámica (E) depende de la dirección en la que esté trabajando el sismo. Si en la combinación anterior se incluye el valor total de la carga viva, en la siguiente se tomará el valor cero, para determinar la condición crítica.

$$C_{4,5} = 0,9 CM \pm 1 E$$

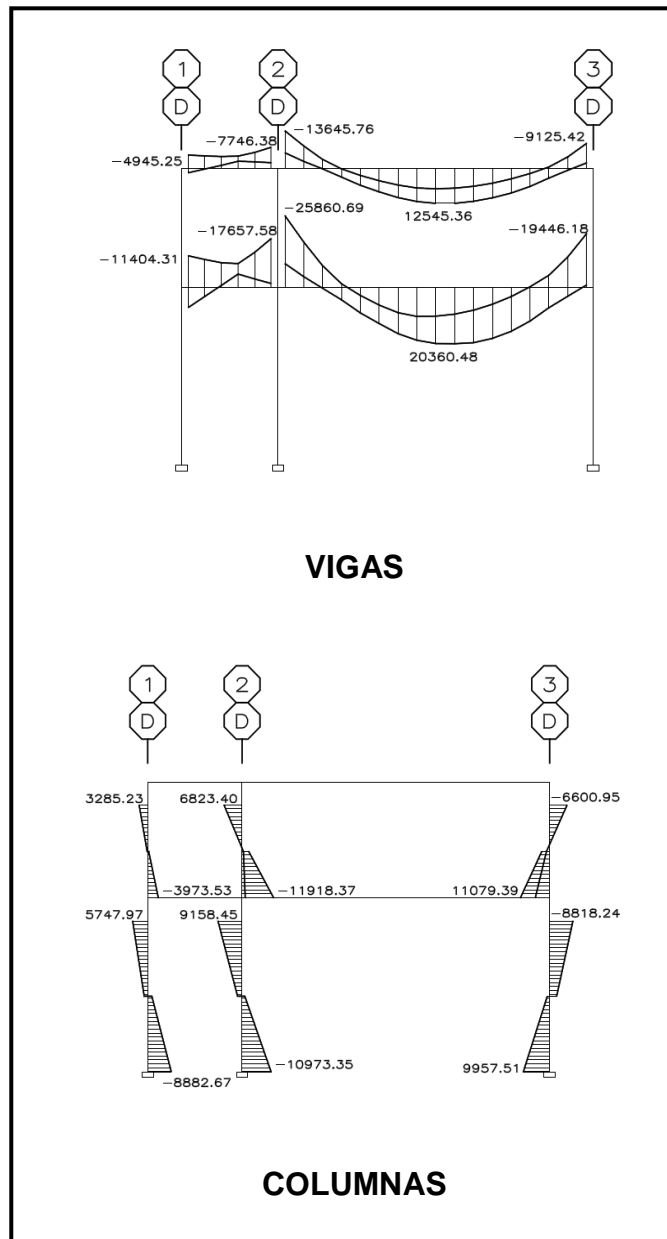
Con estas combinaciones, proceder a calcular las envolventes para los marcos rígidos en sentido X y Y, cuyos resultados pueden observarse en las figuras 15 y 16.

Figura 15. **Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido, sentido X**



Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del análisis.

Figura 16. Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido, sentido Y



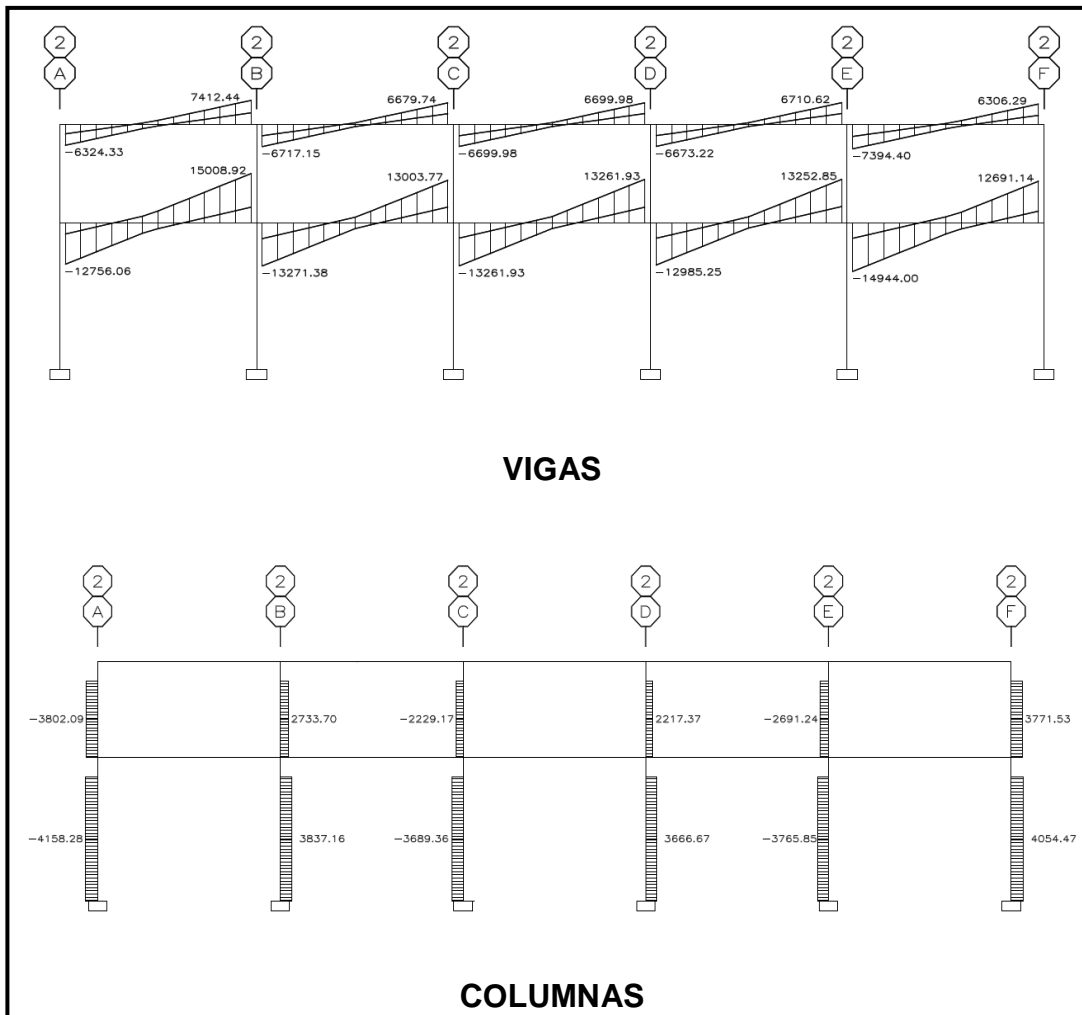
Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.



### 2.1.11.8. Diagrama de cortes en marcos rígidos

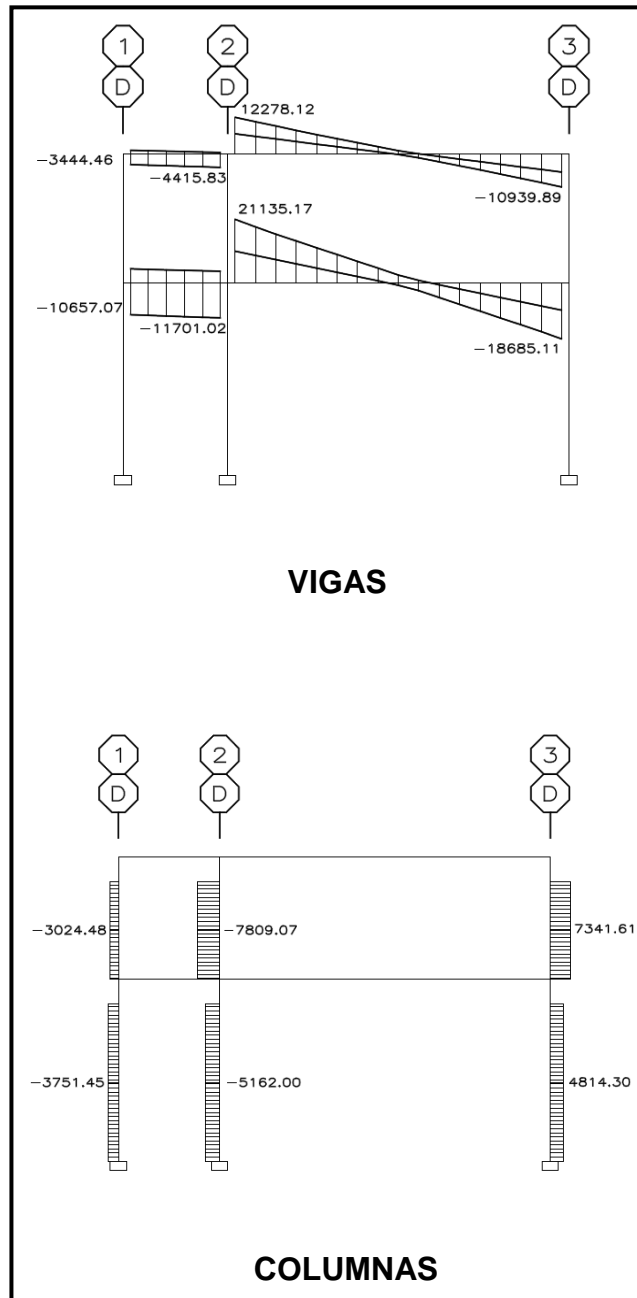
Los resultados del análisis realizado, también permiten obtener los cortes en los marcos rígidos típicos, en los sentidos X y Y, los cuales se observan en las figuras 17 y 18 respectivamente.

Figura 17. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg), marco rígido, sentido X



Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del análisis.

Figura 18. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg), marco rígido, sentido Y



Fuente: elaboración propia, con el programa ETABS, resultados del analisis.

### 2.1.12. Diseño estructural

Es la acción que se realiza por medio de una continuación de cálculos, con el fin de especificar las características de los distintos elementos que componen una estructura. Estos elementos deberán presentar un comportamiento adecuado en condiciones de servicio y tener la capacidad para resistir las fuerzas a las que estén sometidos sin que se presente el colapso de la estructura.

La estructuración de un edificio es la primera etapa del diseño estructural. En ella se define el tamaño y la forma del edificio, la naturaleza, tamaño y ubicación de todos los elementos estructurales.

Para diseñar la estructura del edificio del instituto, se utilizaron los datos siguientes:

Descripción		Valores	
Resistencia a la fluencia del refuerzo	$f_y$	2 810,00	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del refuerzo	$E_s$	2,1x10 <sup>6</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del concreto	$\gamma_c$	2 400,00	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del suelo	$\gamma_s$	1 990,00	kg/m <sup>3</sup>
Resistencia del concreto	$f'_c$	210,00	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = 15\ 100^* (f'_c)^{1/2}$		kg/cm <sup>2</sup>

#### Recubrimientos

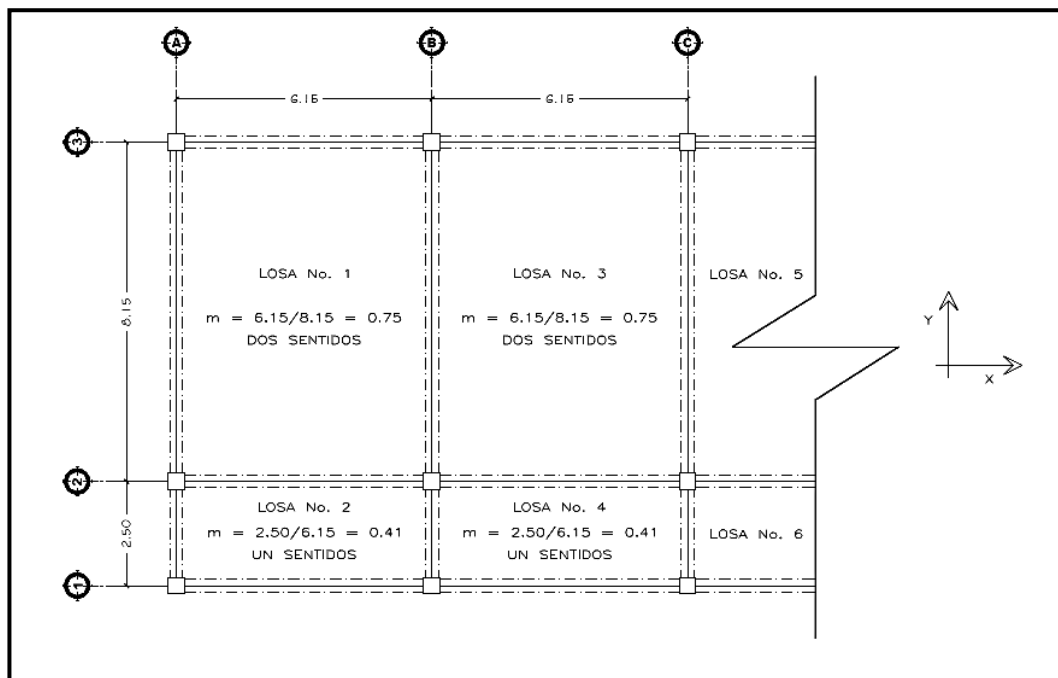
Losas	0,025 m	Vigas	0,050 m
Columnas	0,040 m	Cimientos	0,070 m

### 2.1.12.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entrepisos para transmitir cargas verticales, o como diafragmas para transmitir cargas horizontales. Para diseñarlas, existen varios métodos, en este caso se utiliza el método 3 del ACI.

A continuación se detalla el procedimiento a seguir para el diseño de losas que se utilizarán en la edificación escolar. El espesor de la losa ( $t$ ) es de 0,15 m (ver sección 2.1.11.1, primer inciso), los datos geométricos se presentan en la siguiente figura.

Figura 19. Planta de distribución de losas, nivel 1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Carga última

$$CU = 1,2 CM + 1,6 CV$$

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{instalaciones}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}} + W_{\text{sobre carga}}$$

$$CM = 770,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 \text{ en aulas} \quad CV = 500 \text{ kg/m}^2 \text{ en pasillos}$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 \text{ en aulas} \quad CV = 500 \text{ kg/m}^2 \text{ en pasillos}$$

En aulas

$$CM_U = 1,2(770,00 \text{ kg/m}^2) = 924,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_U = 1,6(200,00 \text{ kg/m}^2) = 320,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_U = 1,6(200,00 \text{ kg/m}^2) = 320,00 \text{ kg/m}^2$$

En pasillos

$$CM_U = 1,2(770,00 \text{ kg/m}^2) = 924,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_U = 1,6(500,00 \text{ kg/m}^2) = 800,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1 724,00 \text{ kg/m}^2$$

Luego calcular los momentos de diseño, para lo cual se tomó una franja unitaria de 1 m de ancho, entonces:

$$CU_U = 1\,244,00 \text{ kg/m}^2 * 1,00 \text{ m} = 1\,244,00 \text{ kg/m}$$

$$CU_U = 1\,724,00 \text{ kg/m}^2 * 1,00 \text{ m} = 1\,724,00 \text{ kg/m}$$

- Momentos actuantes

- Momentos negativos

$$Ma_{(-)} = Ca_{(-)} * CU_U * a^2$$

$$Mb_{(-)} = Cb_{(-)} * CU_U * b^2$$

- Momentos positivos

$$Ma_{(+)} = Ca_{(+)\text{CV}} * CV_U * a^2 + Ca_{(+)\text{CM}} * CM_U * a^2$$

$$Mb_{(+)} = Cb_{(+)\text{CV}} * CV_U * b^2 + Cb_{(+)\text{CM}} * CM_U * b^2$$

Donde

$Ca_{(-)}$  ,  $Cb_{(-)}$  = coeficientes negativos

$Ca_{(+)\text{CV}}$  ,  $Cb_{(+)\text{CV}}$  = coeficientes positivo de carga viva

$Ca_{(+)\text{CM}}$  ,  $Cb_{(+)\text{CM}}$  = coeficientes positivo de carga muerta

$CM_U$  = carga muerta última

$CV_U$  = carga viva última

$CU_U$  = carga última unitaria

$a$  = lado menor

$b$  = lado mayor

Para la losa de aula: esta trabaja en dos sentidos.

Tabla VII. **Coefficientes para momentos en las losas, nivel 1**

LOSA	m	CASO	M (-)		M (+)			
			Ca <sub>(-)</sub>	Cb <sub>(-)</sub>	Ca <sub>(+) cm</sub>	Cb <sub>(+) cm</sub>	Ca <sub>(+) cv</sub>	Cb <sub>(+) cv</sub>
1-9	0,75	4	0,076	0,020	0,043	0,013	0,052	0,016
3-5-7	0,75	9	0,078	0,010	0,031	0,007	0,046	0,013

Fuente: elaboración propia.

Utilizando las ecuaciones de los momentos actuantes se tiene:

Tabla VIII. **Cálculo de momentos actuantes, losa de aula, nivel 1**

MOMENTOS ACTUANTES				
LOSA	Ma <sub>(-)</sub>	Ma <sub>(+)</sub>	Mb <sub>(-)</sub>	Mb <sub>(+)</sub>
1-9	3 575,89	2 132,13	1 983,11	1 137,95
3-5-7	3 669,99	1 640,13	1 156,81	705,94

Fuente: elaboración propia.

Para la losa de pasillo: trabaja en un sentido y el momento actuante se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$M_{(-)} = \frac{(CU_U * L^2)}{14} \quad \text{y} \quad M_{(-)} = \frac{(CU_U * L^2)}{10}$$

$$M_{(+)} = \frac{(CU_U * L^2)}{9}$$

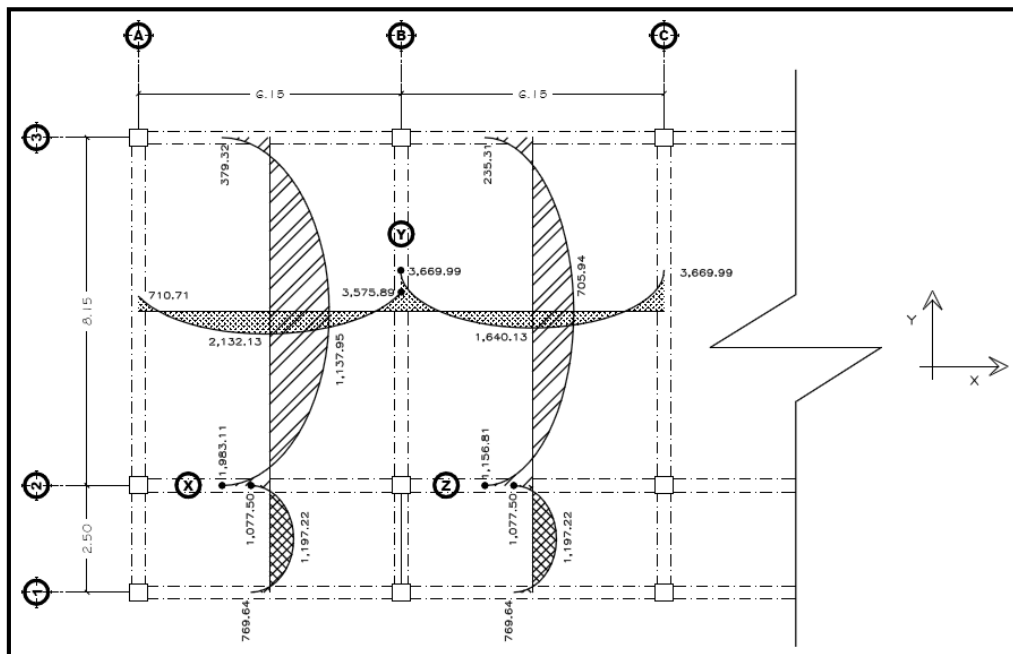
Tabla IX. **Cálculo de momentos actuantes, losa de pasillo, nivel 1**

<b>MOMENTOS ACTUANTES</b>			
<b>LOSA</b>	<b>Ma(-) S/apoyado</b>	<b>Ma(+)</b>	<b>Mb(-) Empotrado</b>
<b>2-4-6-8-10</b>	769,64	1 197,22	1 077,50

Fuente: elaboración propia.

Los resultados se muestran de una forma gráfica en la figura 20.

Figura 20. **Momentos actuantes en losas, nivel 1**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

En los bordes discontinuos de las losas que trabajan en dos sentidos se utilizó un momento negativo igual a un tercio (1/3) del momento positivo.



- Balance de momentos

En la unión de dos losas, como en los puntos X, Y y Z de la figura 20, se puede notar que los momentos actuantes son diferentes, por lo que hay necesidad de balancear dichos momentos antes de calcular el refuerzo.

Sea  $M_1$  el momento menor y  $M_2$  el mayor. Si  $M_1 > (0,8 * M_2)$  entonces el momento balanceado (MB) es:  $MB = (M_1 + M_2) / 2$ , de lo contrario balancear los momentos por el método de rigideces.

Para el punto "X":

$$M_1 = 1\ 077,50 \text{ kg-m}$$

$$M_2 = 1\ 983,11 \text{ kg-m}$$

$$0,80 * 1\ 983,11 = 1\ 586,49 \text{ kg-m} > M_1$$

Entonces  $M_1 = 1\ 077,50 \text{ kg-m}$  no es mayor que  $1\ 586,49 \text{ kg-m}$ , por lo que se procede a balancear los momentos por el método de rigideces:

Rigidez:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} = \frac{1}{8,15 \text{ m}} = 0,12$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2} = \frac{1}{2,50 \text{ m}} = 0,40$$

Factor de distribución:

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,12}{0,52} = 0,23$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} = \frac{0,40}{0,52} = 0,77$$

El momento balanceado se halla por medio de la siguiente fórmula:

$$MB = M_1 + [(M_2 - M_1) * D_1] = M_2 + [(M_2 - M_1) * D_2]$$

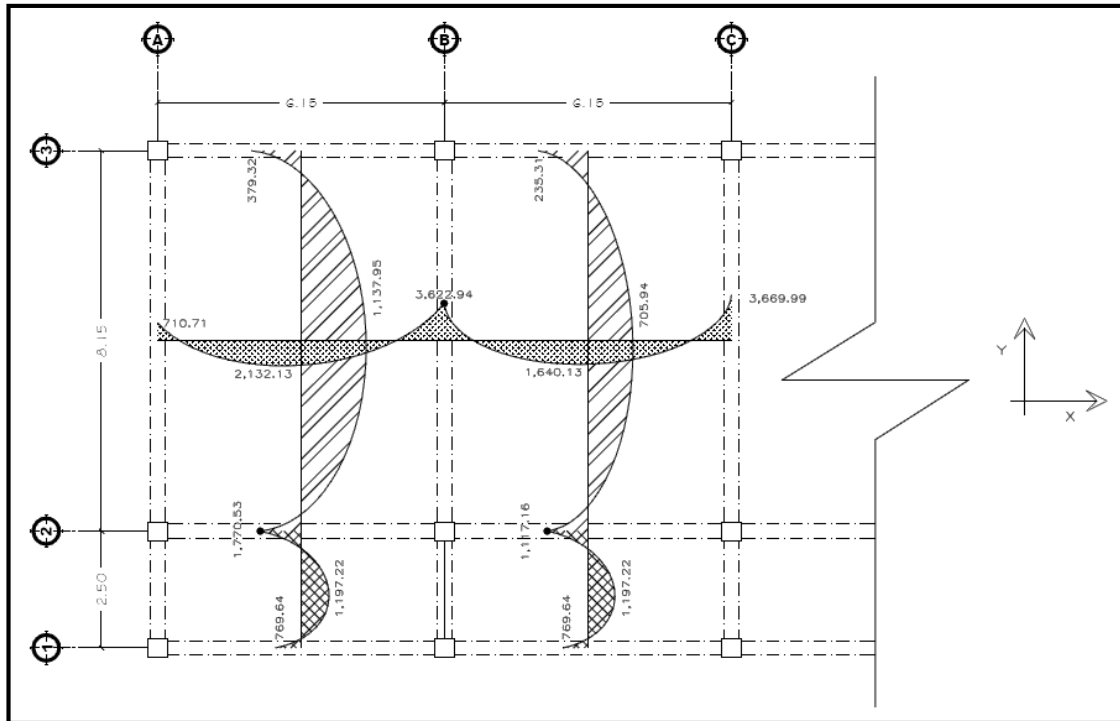
Tabla X. **Cálculo de balance de momentos**

<b>BALANCE DE MOMENTOS</b>	
<b>D1</b>	<b>D2</b>
1 077,50	1 983,11
693,03	-212,58
<b>1 770,53</b>	<b>1 770,53</b>

Fuente: elaboración propia.

Para los puntos “Y” y “Z”:  $M_1$  si es mayor que  $(0,8 * M_2)$  por lo cual sólo se debe obtener el promedio. Los valores se muestran en la figura 21.

Figura 21. Momentos balanceados en losas, nivel 1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Con los momentos balanceados de la figura 21, se procede al cálculo del acero de refuerzo que se necesita en las losas. El refuerzo en las losas se calcula como si fuera una viga, usando el ancho unitario de 1,00 m.

- Acero de refuerzo

El peralte (d) se calcula de la siguiente manera:

$$d = t - r - \varnothing_{\text{varilla}}$$

$$d = 15 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - 0,7 \text{ cm} = 11,80 \text{ cm} \approx 12,00 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ ) en una losa, se calcula como el 40% del área de acero mínimo de una viga, utilizando un ancho unitario de 1 m.

$$A_{s_{\min}} = 40\% \frac{14,1}{f_y} b \cdot d = 0,40 \frac{14,1}{2810} (100 \cdot 12) = 2,41 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo, se calcula un espaciamiento (S) para el armado en sentido X, usando una varilla No. 5 que tiene un área de 1,98  $\text{cm}^2$ . El espaciamiento se calcula por medio de una regla de 3:

$$S \quad \begin{array}{cc} 2,41 \text{ cm}^2 & 100 \text{ cm} \\ 1,98 \text{ cm}^2 & x \end{array}$$

$$S = 82,21 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo en una losa está dado por:  $S_{\max} = 3 \cdot t$ , entonces tenemos que  $S = 3 \cdot 15 = 45 \text{ cm}$

El espaciamiento encontrado es mayor que el espaciamiento máximo, por lo que se procede a encontrar un área de acero mínimo para el espaciamiento máximo por medio de otra regla de 3.

$$A_{s_{\min}} \quad \begin{array}{cc} X & 100 \text{ cm} \\ 1,98 \text{ cm}^2 & 45 \text{ cm} \end{array}$$

$$A_{s_{\min}} = 4,40 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo encontrado, se procede a encontrar el momento que resiste esta área de acero (4,40 cm<sup>2</sup>). El momento que resiste el área de acero mínimo (M<sub>R</sub>) está dado por:

$$M_R = 0,90 \left[ A_{s_{\min}} * f_y \left( d - \frac{A_{s_{\min}} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_R = 129\ 677,37 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$M_R = 129\ 677,37 \text{ Kg} - \text{cm} * 0,01 = 1\ 296,77 \text{ Kg-m}$$

El momento que resiste el área de acero mínimo, no logra cubrir todos los momentos de la figura 21, por lo que los momentos mayores a 1 296,77 kg-m se presentan en las tablas XI Y XII con el área de acero requerido y el espaciamiento necesario.

Tabla XI. **Cálculo de refuerzo de losas en sentido X, nivel 1**

<b>SENTIDO X</b>			
<b>Momento (kg-m)</b>	<b>As (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>No. Varilla</b>	<b>S (cm)</b>
<i>Ms</i> 1 296,77	4,40	5	45
2 132,13	7,38	5	26
3 622,94	13,06	5	15
1 640,13	5,61	5	35
3 669,99	13,24	5	14

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Cálculo de refuerzo de losas en sentido Y, nivel 1**

SENTIDO Y				
Momento (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	No. Varilla	S (cm)	
<i>Ms</i> 840,63	2,82	4	45	
1 197,22	4,05	4	31	
1 137,95	3,85	4	33	
1 117,16	3,77	4	33	
1 770,53	6,08	4	20	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se puede observar que el espaciamiento más pequeño es de 14 cm por lo que el armado de losas será con varillas No. 5 a cada 14 cm en el sentido X, mientras que para el sentido Y, según la tabla XII, el armado será con varillas No. 4 a cada 20 cm.

Chequeando el  $A_{st}$  por temperatura:  $A_s = 0,002 * b * t$ ,  $A_{st} = 3,00 \text{ cm}^2$  y utilizando varilla No. 3 el espaciamiento debe ser de:

$$S \text{ (cm)} \quad \begin{array}{ll} 3,00 \text{ cm}^2 & 100,00 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 & X \end{array}$$

$$S = 23 \text{ cm}$$

El  $A_{st}$  queda cubierto por el área de acero de los momentos de las losas, por lo que ésta se colocará únicamente en las losas que trabajan en un sentido y deberá ser perpendicular al área de acero del momento.

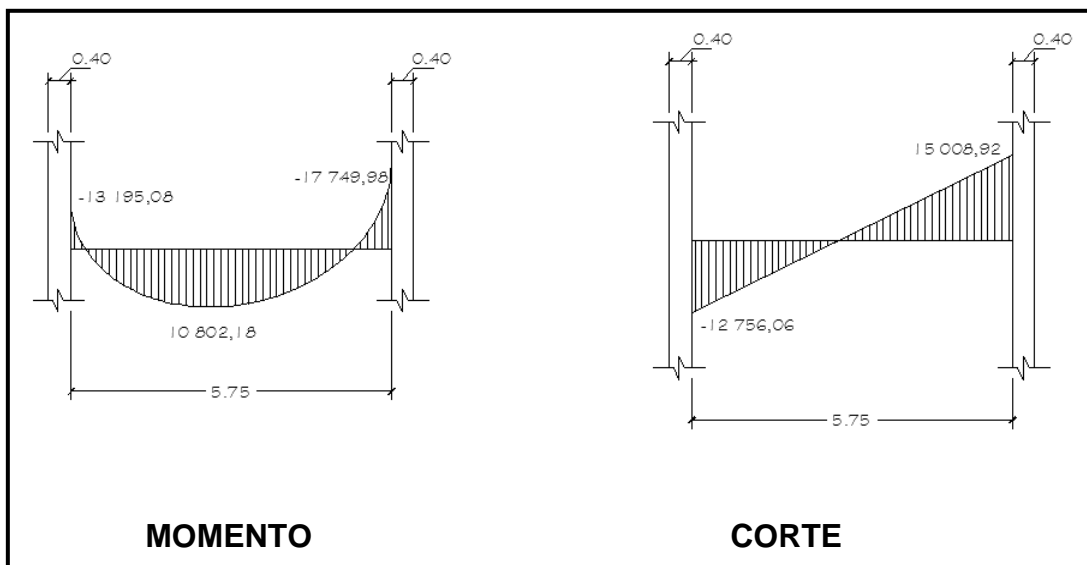
El procedimiento para diseñar el armado final de las losas del segundo nivel, es similar, ya que lo único que varía son las cargas actuantes, por lo que la integración de cargas varía y en consecuencia necesita un menor refuerzo.

### 2.1.12.2. Diseño de vigas

En ingeniería se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes más críticos, y se toman del análisis estructural.

Para las vigas en sentido X del primer nivel (Tipo 1), los valores más críticos del análisis se muestran en la siguiente figura.

Figura 22. Diagramas de momentos y cortes últimos, viga tipo 1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Límites de acero

Antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se debe calcular los límites dentro de los cuales debe estar éste; usando los criterios siguientes:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} b * d = \frac{14,1}{2\ 810} (30 * 55) = 8,28 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{balanceado}} = \left( \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} \right) + \left( \frac{6\ 090}{f_y + 6\ 090} \right)$$

$$\rho_{\text{balanceado}} = \left( \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2\ 810} \right) + \left( \frac{6\ 090}{2\ 810 + 6\ 090} \right) = 0,037$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_{\text{balanceado}} * b * d = 0,5 * 0,037 * 30 * 55 = 30,48 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo longitudinal

Se procede a calcular las áreas de acero para el momento negativo mayor y el momento positivo que se presentaron en la figura 22, con la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 * \frac{f'_c}{f_y}$$



Tabla XIII. **Cálculo de área de acero requerido para viga tipo 1**

<b>Mu (kg-m)</b>	<b>As (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Varillas a utilizar</b>		<b>As cubierta (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>-17 749,98</b>	13,65	2	No. 8 (1") + 1 No. 7 (7/8")	14,02
<b>10 802,18</b>	8,08	3	No. 6 (3/4")	8,55

Fuente: elaboración propia.

Después de calcular el As requerido para cada momento actuante, se procede a distribuir las varillas de acero de tal forma que el área de estas supla lo solicitado en los cálculos de As; esto se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos:

- En el refuerzo de la cama superior al centro se debe colocar como mínimo dos varillas o más corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{s\text{mínimo}}$  o 33% del As calculado para el momento negativo.
- El refuerzo en la cama inferior en los apoyos se debe colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{s\text{min}}$ ; el 50% del As calculado para el momento positivo ó el 50% del As calculado para el momento negativo.

La diferencia entre el As requerido menos el As corrido, en ambas camas, es que se coloca como bastones o tensiones adicionales al armado existente.

- Refuerzo transversal (estribos)

También se le llama refuerzo en el alma, en general éste se suministra en forma de estribos espaciados a intervalos variables a lo largo del eje de la viga según lo requerido. El diseño por cortante es importante en las estructuras de concreto, debido a que la resistencia del concreto a corte es considerablemente menor que la de compresión.

Los objetivos de colocar refuerzo transversal son: por armado, manteniendo el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte, esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función.

El procedimiento para el diseño del refuerzo de acero transversal es el siguiente:

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 10\,771,80 \text{ kg}$$

$$V_U = 15\,008,92 \text{ kg (ver figura 22, diagrama de corte)}$$

Si de la comparación del corte que resiste el concreto  $V_C$  con el corte último  $V_U$ , se obtiene  $V_C \geq V_U$ , la viga necesita estribos sólo por armado; y el espaciamiento de estos es,  $S_{\max} = d/2$ , usando como mínimo varilla No. 3.

Si se obtiene  $V_C < V_U$  como en este caso, se diseñan los estribos por corte con las siguientes ecuaciones.

$$v_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} \quad v_U = \frac{V_U}{b * d} \quad S = \frac{2 * A_v * f_y}{b * (v_U - v_C)}$$

Donde

$V_U$  = corte último en kg.

$V_C$  = corte que resiste el concreto en kg.

$d$  = peralte en cm.

$b$  = base de la viga en cm.

$S$  = espaciamiento

$A_v$  = área de la varilla en  $\text{cm}^2$

$$v_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} = 6,53 \quad v_U = \frac{15\,008,92}{30 * 55} = 9,10$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810}{30 * (9,10 - 6,53)} = 51,75 \text{ cm}$$

Debido a que  $S > S_{\max}$ , utilizar  $S_{\max} = 55 / 2 = 27,5 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$

Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con la finalidad de darle ductilidad a los nudos. Se debe utilizar el mayor de los siguientes valores.

$L/6$                     1,025 m

Lado mayor            0,60 m

0,45 m

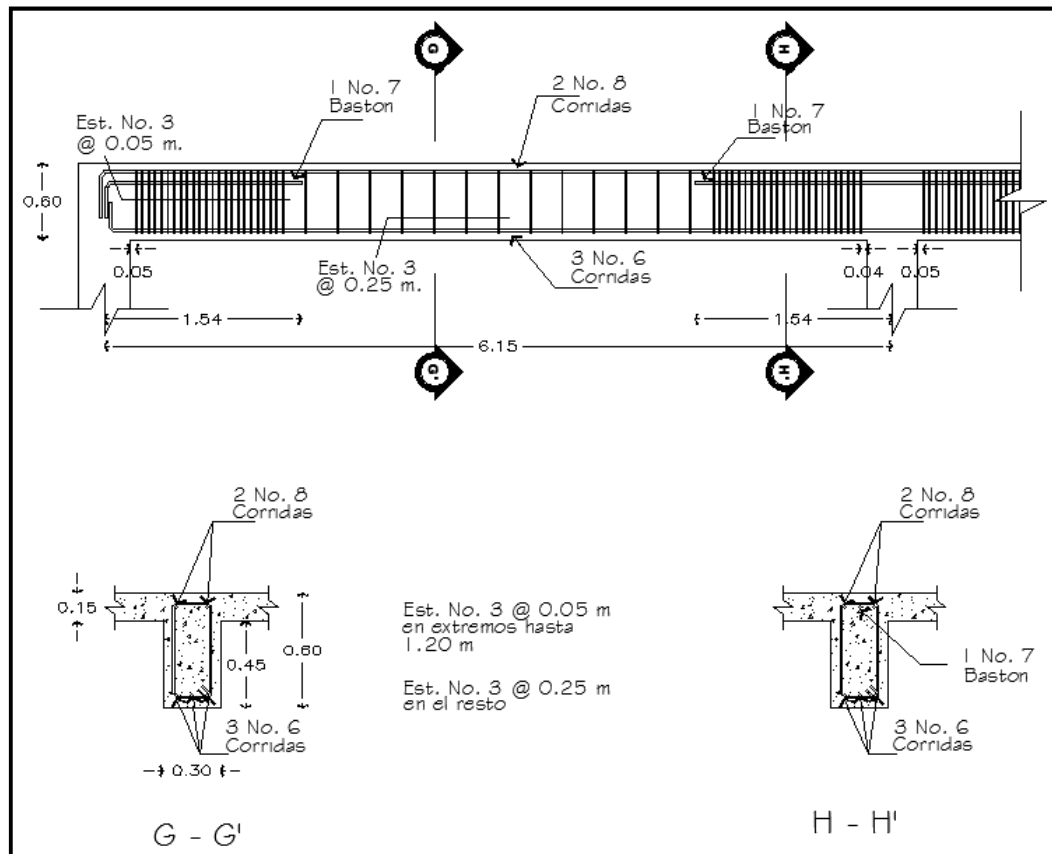
Para el espaciamiento de estribos confinados se debe proceder de la siguiente manera:

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{30 \cdot 60}{25 \cdot 55} - 1 \right) \left( \frac{210}{2810} \right) = 0,01$$

Utilizando estribo No. 3 = 0,71 cm<sup>2</sup>, se tiene que:

$$S = \frac{2 \cdot 0,71}{25 \cdot 0,01} = 5,68 \text{ cm} \approx 5 \text{ cm}$$

Figura 23. Armado final de viga tipo 1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

La figura 23 muestra el refuerzo longitudinal en la cama superior e inferior, la longitud de confinamiento y el respectivo espaciamiento del refuerzo transversal de la viga tipo 1 del marco típico sentido X.

### **2.1.12.3. Diseño de columnas**

Las columnas son elementos estructurales utilizados primordialmente para soportar cargas de flexocompresión.

Se diseñan con el método de aproximación para el perfil de falla (método de Bresler). Se debe encontrar la carga axial que actúa en columna y el momento actuante en el sentido X, y Y. La carga axial se calcula con base en un área tributaria, carga muerta y carga viva. Los momentos se toman de la envolvente de momentos para columnas, sentido X, y Y. Se toman los momentos y cortes mayores, para diseñar las columnas más críticas.

El refuerzo principal en las columnas, es longitudinal, paralelo a la dirección de la carga. La relación del área de acero longitudinal ( $A_s$ ) al área de acero transversal bruta de concreto  $A_g$  está en el intervalo del 1% al 8% conforme el Código ACI. El número de mínimo de barras longitudinales debe ser de 4 varillas en columnas rectangulares y 6 varillas en columnas circulares.

A continuación se describe el procedimiento para el diseño del refuerzo longitudinal y transversal de la columna C-1.1 correspondiente a la más crítica del primer nivel de la edificación escolar.

Los datos necesarios para realizar el diseño de esta columna, son tomados del análisis estructural.

Área tributaria	32,75	m <sup>2</sup>	Mu <sub>y</sub>	10 992,07	kg-m
Sección	0,40 x 0,40	m	Mu <sub>x</sub>	8 828,17	kg-m
Recubrimiento	0,04	m	V <sub>x</sub>	5 170,15	kg
Lu	3,90	m	V <sub>y</sub>	3 837,16	kg

- Cálculo de la carga axial

$$CU_{\text{nivel 2}} = 1,2 * (430 \text{ kg/m}^2) + 1,6 * 100 = 676 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{\text{nivel 1}} = 1,2 * (774,09 \text{ kg/m}^2) + 1,6 * 270,44 = 1 361,61 \text{ kg/m}^2$$

$$PP_{\text{vigas}} = 0,45 * 0,30 * 2 400 * 11,175 = 3 620,70 \text{ kg}$$

$$PP_{\text{columnas}} = 0,40 * 0,40 * 2 400 * 2,40 = 921,60 \text{ kg (nivel 2)}$$

$$FCU_{\text{nivel 2}} = CU / (CM + CV) = 676 / (430 + 100) = 1,28$$

$$FCU_{\text{nivel 1}} = CU / (CM + CV) = 1 361,61 / (774,09 + 270) = 1,30$$

$$PU_{\text{nivel 2}} = (A_T * CU) + (PP_{\text{vigas}} * FCU) = 26 773,50 \text{ kg}$$

$$PU_{\text{nivel 1}} = (A_T * CU) + (PP_{\text{vigas}} * FCU) + (PP_{\text{col}} * FCU) + PU_{\text{nivel 2}}$$

$$PU_{\text{nivel 1}} = 77 271,22 \text{ kg}$$

$$PU_{\text{Total}} = PU_{\text{nivel 2}} + PU_{\text{nivel 1}} = 104 044,72 \text{ kg}$$

- Cálculo de esbeltez

Una columna es esbelta cuando su sección transversal es pequeña en relación con su longitud. Por el valor de su esbeltez, las columnas se clasifican en cortas ( $E < 21$ ), intermedias ( $21 < E < 100$ ), y largas ( $E > 100$ ). El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias; se deben magnificar los momentos actuantes y si son largas, no se construyen.

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

Donde

E = esbeltez

Lu = longitud entre apoyos

K = factor de pandeo

$\sigma$  = radio de giro =  $0,3 * \text{lado menor}$

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{promedio}}}{20} * (1 + \Psi_{\text{promedio}})^{1/2} \quad \text{para } \Psi_{\text{promedio}} < 2$$

$$K = 0,90 * (1 + \Psi_{\text{promedio}})^{1/2} \quad \text{para } \Psi_{\text{promedio}} \geq 2$$

El factor K se determina por medio de la fórmula de Jackson, basándose en la relación de rigidez ( $\Psi$ ), donde:

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E_m * I_{columnas}}{L}}{\sum \frac{E_m * I_{vigas}}{L}}$$

Donde

$\Psi$  = relación de rigidez

$E_m$  = es igual a 1, ya que todo el marco es del mismo material

$I$  = inercia de cada elemento estructural

$L$  = longitud de cada elemento estructural

$$I_{vigas} = 0,35 * \frac{1}{12} * 30 * 60^3 = 189\ 000 \text{ cm}^4$$

$$I_{columnas} = 0,70 * \frac{1}{12} * 40 * 40^3 = 149\ 333 \text{ cm}^4$$

- Calculando la esbeltez de la columna en el sentido X, se tiene:

$$\Psi_A = \frac{\frac{1 * 149\ 333}{2,4} + \frac{1 * 149\ 333}{3,9}}{\frac{1 * 189\ 000}{5,75} + \frac{1 * 189\ 000}{5,75}} = 1,53$$

$\Psi_B = 0$ , no existen vigas que lleguen al nudo.

$$\Psi_{promedio} = \frac{1,53+0}{2} = 0,76$$

Como  $\Psi_{promedio} < 2$ , entonces,



$$K = \frac{20 - 0,76}{20} * (1 + 0,76)^{1/2} = 1,28$$

$$E = \frac{1,28 * 3,90}{0,30 * 0,40} = 41,60$$

- o Calculando la esbeltez de la columna en el sentido Y, se tiene:

$$\Psi_A = \frac{\frac{1 * 149\,333}{2,4} + \frac{1 * 149\,333}{3,9}}{\frac{1 * 189\,000}{7,75} + \frac{1 * 189\,000}{2,10}} = 0,88$$

$\Psi_B = 0$ , no existen vigas que lleguen al nudo

$$\Psi_{\text{promedio}} = \frac{0,88 + 0}{2} = 0,44$$

Como  $\Psi_{\text{promedio}} < 2$ , entonces,

$$K = \frac{20 - 0,44}{20} * (1 + 0,44)^{1/2} = 1,17$$

$$E = \frac{1,17 * 3,90}{0,30 * 0,40} = 38,02$$

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

- Magnificación de momentos

$$M_d = \delta * M_U$$

El magnificador de momentos ( $\delta$ ) es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar el pandeo.

$$\beta_d = \frac{1,2 \text{ CM}}{1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}}$$

$$E = 15 \ 100 * \sqrt{f'_c}$$

$$I_g = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$EI = \frac{E * I_g}{2,5 * (1 + \beta_d)}$$

$$P_{cr} = \text{carga crítica} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_U}{\phi * P_{cr}}} \geq 1 \quad \phi = 0,70 \text{ para estribos}$$

Tabla XIV. **Cálculo de magnificación de momentos**

<b>MAGNIFICACIÓN DE MOMENTOS</b>		
<b><math>\beta d</math></b>	0,68	
<b>EI</b>	7 718 571 633,00	kg-cm <sup>2</sup>
<b>Pcr<sub>x</sub></b>	306 861,48	Kg
<b>Pcr<sub>y</sub></b>	363 775,54	Kg
<b><math>\delta_x</math></b>	1,56	
<b><math>\delta_y</math></b>	1,44	
<b>MOMENTO DE DISEÑO</b>		
<b>Md<sub>x</sub></b>	13 788,20	kg-m
<b>Md<sub>y</sub></b>	15 780,71	kg-m

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de acero longitudinal

El área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites:

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

Por lo tanto

$$A_{s_{min}} = 0,01 * 40 * 40 = 16,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 0,08 * 40 * 40 = 128,00 \text{ cm}^2$$

Se propone iniciar con un armado que esté cerca del  $A_{s_{min}}$ , utilizando un 3%  $A_g$ , se tiene que  $A_s = 0,03 * 40 * 40 = 48 \text{ cm}^2$  por lo tanto se propone cubrir esa cantidad con 10 No. 8 que da un  $A_s = 50,70 \text{ cm}^2$ .

Para el diseño de columnas con el método de Bresler se utilizan los diagramas de interacción. Los valores a utilizar en los diagramas son:

- Valor de la gráfica:

$$\gamma_x = \gamma_y = \frac{h-2r}{h} = \frac{40-8}{40} = 0,8$$

- Valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s * f_y}{A_g * 0,85 * f_c} = \frac{50,70 * 2810}{40 * 40 * 0,85 * 210} = 0,50$$

- Excentricidades:

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{12788,20}{77271,22} = 0,18$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{15780,71}{77271,22} = 0,20$$

- Valor de las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,18}{0,40} = 0,45$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,20}{0,40} = 0,50$$

Con los datos anteriores se buscan los valores en el diagrama de interacción, encontrando que:

$$K'_x = 0,56 \quad K'_y = 0,50$$

La carga de falla será:

$$P'_{Ua} = \text{Carga de falla} = \frac{PU}{0,70} = \frac{77\,271,22}{0,70} = 110\,387,46 \text{ kg}$$

Ahora se procede a calcular las cargas de resistencia a una excentricidad dada:

$$P'_x = K'_x * f'_c * A_g = 0,56 * 210 * 40 * 40 = 188\,160,00 \text{ kg}$$

$$P'_y = K'_y * f'_c * A_g = 0,50 * 210 * 40 * 40 = 168\,000,00 \text{ kg}$$

Luego calcular la carga axial de resistencia:

$$P'_o = (0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + A_s * f_y)$$

$$P'_o = (0,85 * 210 * (1\,600 - 50,70) + 50,70 * 2\,810)$$

$$P'_o = 419\,017,05 \text{ kg}$$

Por último, calcular la carga de resistencia por medio de Bresler:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{188\,160} + \frac{1}{168\,000} + \frac{1}{419\,017,05}} = 112\,606,66 \text{ kg}$$

Como  $P'u > P'_{ua}$ , el área de acero que se propuso, soporta los esfuerzos a los que está sometido el elemento. En caso contrario, se debe aumentar el área de acero.

- Cálculo de acero transversal

El objetivo del refuerzo transversal es para resistir los esfuerzos de corte, y en algunos casos solo por armado. Por requisitos sísmicos las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga axial, de corte y la ductilidad, debe ser en forma de anillos (estribos) o de refuerzo en espiral continua (zunchos).

Se calcula el corte resistente para diseñar el refuerzo transversal:

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

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 40 * 36 = 9\,400,84 \text{ kg}$$

Como  $V_C > V_a$  ( $9\,400,84 \text{ kg} > 5\,170,15$ ), entonces se colocan estribos No. 3 con un espaciamiento  $S = d / 2 = 36 / 2 = 18 \text{ cm}$ , pero por comodidad, utilizar  $S = 15 \text{ cm}$ , en caso contrario se diseñan los estribos por corte.

- Cálculo de confinamiento

Para la longitud de confinamiento ( $L_o$ ), debe tomarse el mayor de los siguientes criterios:

$$L / 6 = 3,90 / 6 = 0,65 \text{ m} \approx 0,70 \text{ m}$$

$$L_o = \text{Lado mayor de columna} = 0,40 \text{ m}$$

$$0,45 \text{ m}$$

El espaciamiento de los estribos ( $S_o$ ) en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre  $3 \text{ cm} < S_o < 10 \text{ cm}$ . Para estribos usar como mínimo varillas No. 3.

- Cálculo de la relación volumétrica:

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

$$A_{ch} = d_x * d_y = 32 * 32 = 1\,024 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{1\,600}{1\,024} - 1 \right) \left( \frac{0,85 * 210}{2\,810} \right) = 0,016$$

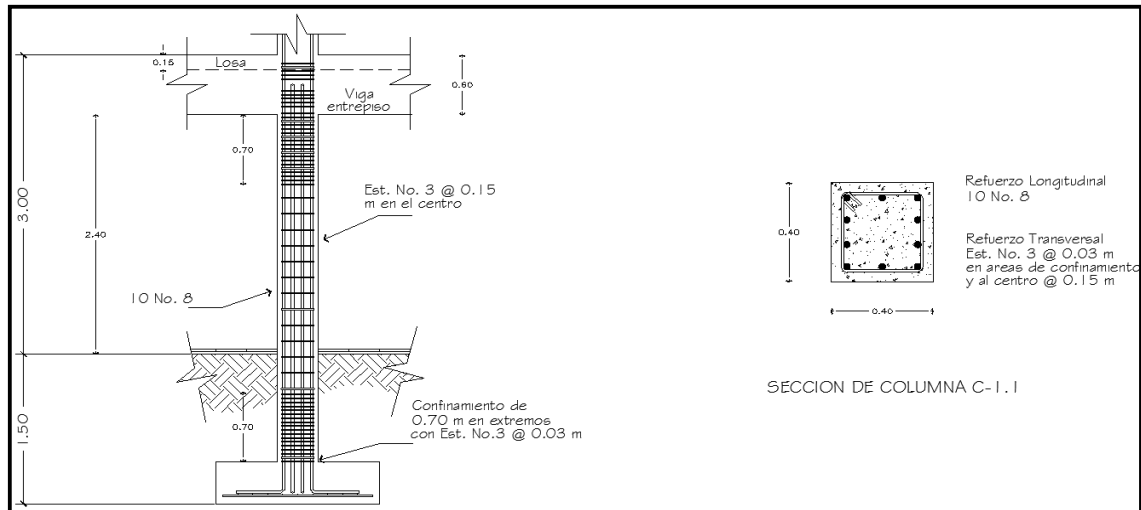
- Cálculo de espaciamiento de estribos en zona confinada:

$$S_o = \frac{2 * A_v}{\rho_s * L_n}$$

$$L_n = d_x \text{ ó } d_y, \text{ tomar el mayor}$$

$$S_o = \frac{2 * 0,71}{0,016 * 32} = 2,77 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

Figura 24. Armado final de columna C-1.1, nivel 1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

#### 2.1.12.4. Diseño de cimientos

La cimentación es la subestructura destinada a soportar el peso de la construcción que gravitará sobre ella, la cual transmitirá sobre el suelo las cargas de una forma estable y segura.

La cimentación adecuada para una estructura, dependen de su función, las cargas que debe soportar, condiciones de suelo y el costo de las mismas.

En este caso las zapatas tipo 1, son zapatas aisladas concéntricas, que normalmente se obtienen cuando la columna se encuentra en el centro de la zapata.



Los datos que se usaron para el diseño de zapatas son los siguientes:

Mx	8 828,17	Kg – m	My	10 992,07	Kg – m;
Pu	77 271,07	Kg	Df	1,50	m
f'c	210,00	Kg / cm <sup>2</sup>	fy	2 810,00	Kg/cm <sup>2</sup>
Vs	21 890,00	Kg / m <sup>2</sup>	γc	2 400,00	Kg / m <sup>3</sup>
γs	1 990,00	Kg / m <sup>3</sup>	FCU	1,30	(C-1.1)

Suponiendo un espesor de t = 0,45 m y recubrimiento de r = 0,07 m

- Cargas de trabajo

$$P' = \frac{Pu}{FCU} = \frac{77\,271,07}{1,30} = 59\,439,28 \text{ kg}$$

$$M'_x = \frac{Mx}{FCU} = \frac{8\,828,17}{1,30} = 6\,790,90 \text{ kg}$$

$$M'_y = \frac{My}{FCU} = \frac{10\,992,07}{1,30} = 8\,455,44 \text{ kg}$$

- Predimensionamiento del área de zapata

$$Az = \frac{1,5 * 59\,439,28}{21\,890,00} = 4,07 \text{ m}^2$$

Se propone usar las dimensiones siguientes, Az = 2,40 m x 2,40 m = 5,76 m<sup>2</sup>.

- Chequeo de presión sobre el suelo (q)

La presión que ejerce la zapata sobre el suelo está dada por medio de la fórmula siguiente:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_x}{S_x} \pm \frac{M'_y}{S_y}$$

Donde

$$S = \text{módulo de sección} = (1/6) * b * h^2$$

$$S_x = S_y = (1/6) * 2,40 * 2,40^2 = 2,30 \text{ m}^3$$

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

$$P_s = A_z * D_f * \gamma_s = 5,76 * 1,5 * 1\,990 = 17\,193,60 \text{ kg}$$

$$P_c = \text{Sec. Col.} * L_c * \gamma_c = (0,40 * 0,40) * 3,90 * 2\,400 = 1\,497,60 \text{ kg}$$

$$P_z = A_z * t * \gamma_c = 5,76 * 0,45 * 2\,400 = 6\,220,80 \text{ kg}$$

$$P = 59\,439,28 + 1\,497,60 + 17\,193,60 + 6\,220,80 = 84\,351,28 \text{ kg}$$

$$q = \frac{84\,351,28}{5,76} \pm \frac{6\,790,90}{2,30} \pm \frac{8\,455,44}{2,30}$$

$$q_{\text{máxima}(+)} = 21\,261,65 \text{ Kg/m}^2 \quad \text{cumple, es menor que } V_s$$

$$q_{\text{mínima}(-)} = 8\,026,99 \text{ Kg/m}^2 \quad \text{cumple } > 0, \text{ no existe presiones de tensión en el suelo.}$$

- Presión última

$$q_{u\text{diseño}} = q_{\text{máxima}} * FCU = 21\,261,65 * 1,30 = 27\,640,15 \text{ kg/m}^2$$

- Chequeo por corte simple

La sección crítica de cortante en las zapatas ocurre a una distancia  $d$  (peralte efectivo), medido del rostro de la columna, por lo que se necesita analizar si el espesor de zapata asumido es capaz de resistir el corte actuante.

$$d = t - \text{rec.} - (\emptyset_{\text{varilla}}/2)$$

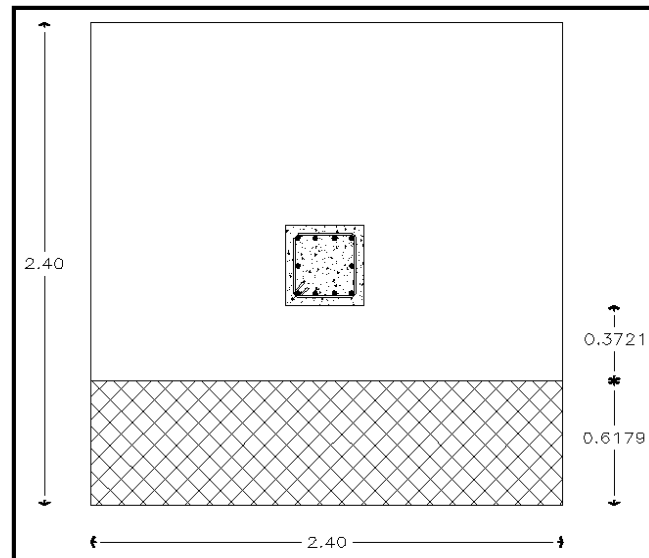
$$d = 45 - 7 - (1,59 / 2) = 37,21 \text{ cm}$$

$$V_a = b * l * q_u = 2,40 * [(2,40 - 0,40)/2 - 0,3721] * 27\,640,15 = 41\,655,91 \text{ Kg}$$

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 240 * 37,21 = 58\,300,91 \text{ kg}$$

Como  $V_a < V_C$ , entonces sí chequea por corte

Figura 25. Chequeo por corte simple, zapata Z-1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Chequeo por corte punzonante

Este corte es producto del efecto que provoca la columna al intentar traspasar la zapata. El perímetro de la sección crítica de corte siempre se presenta a una distancia  $d/2$  a partir del rostro de la columna.

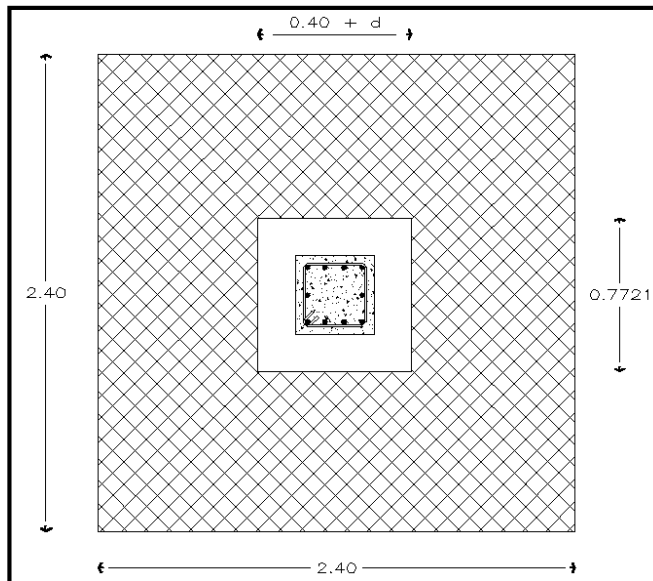
$$40 + d = 40 + 37,21 = 77,21 \text{ cm}$$

$$V_a = (A_1 - A_2) * q_u = (5,76 - 0,60) * 27\ 640,15 = 142\ 623,17 \text{ Kg}$$

$$V_C = 0,85 * 1,06 * (f'_c)^{1/2} * b_o * d = 150\ 047,12 \text{ Kg}$$

Como  $V_a < V_C$ , entonces sí chequea por corte punzonante.

Figura 26. **Chequeo por corte punzonante, zapata Z-1**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Diseño del refuerzo por flexión

El refuerzo se calcula para cubrir el momento flector ( $M_u$ ) en la zapata, como producto del empuje hacia arriba del suelo. El momento se calcula como para una losa en voladizo y está dado por:

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

Donde

L = distancia medida desde el rostro de la columna al borde de la zapata.

$q_u$  = presión de diseño.

Tabla XV. Cálculo de acero de refuerzo, sentido X, zapata Z-1

ACERO DE REFUERZO SENTIDO X		
<b>Mu</b>	13 820,07	kg-m
<b>B</b>	100,00	cm
<b>d<sub>x</sub></b>	37,21	cm
$AS_{min} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$	18,67	cm <sup>2</sup>
$As = 0.85 \left[ b * d - \sqrt{\frac{(b * d)^2 - Mu * b}{0.003825 * f'_c}} \right] \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$		
<b>As</b>	15,18	cm <sup>2</sup>
<b>AS<sub>min</sub> &gt; As</b>	Utilizar AS <sub>min</sub>	
<b>S = Av/As</b>	0,11	m

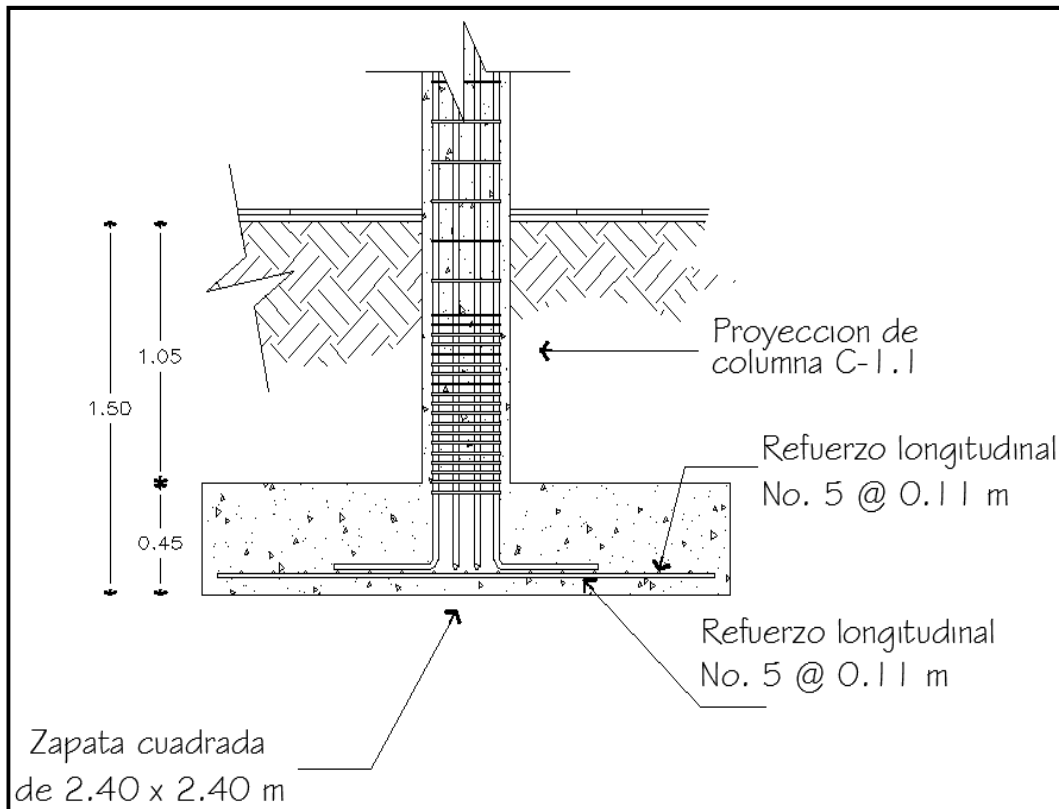
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Cálculo de acero de refuerzo, sentido Y, zapata Z-1

ACERO DE REFUERZO SENTIDO Y		
<b>Mu</b>	13 820,07	kg-m
<b>b</b>	100,00	cm
$d_y = d_x - \emptyset_x/2 - \emptyset_y/2$	35,62	cm
$AS_{min} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$	17,87	cm <sup>2</sup>
$As = 0.85 \left[ b * d - \sqrt{\frac{(b * d)^2 - Mu * b}{0.003825 * f'_c}} \right] \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$		
<b>As</b>	15,90	cm <sup>2</sup>
<b>AS<sub>min</sub> &gt; As</b>	Utilizar AS <sub>min</sub>	
<b>S = Av/As</b>	0,11	m

Fuente: elaboración propia.

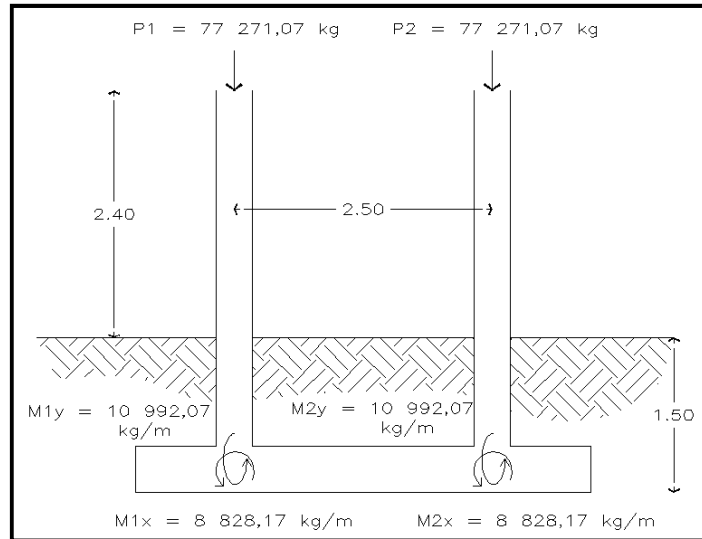
Figura 27. Armado final de la zapata Z-1



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Debido a las dimensiones de las zapatas tipo 1, se puede observar en los planos que estas quedan muy próximas entre los ejes 1 y 2, por lo que se llegan a sobreponer los esfuerzos en el suelo. Dicho lo anterior, se procede a diseñar zapatas combinadas para los ejes mencionados. Utilizando los mismos datos y cargas de trabajo del diseño de zapatas aisladas; el procedimiento es el que se detalla a continuación:

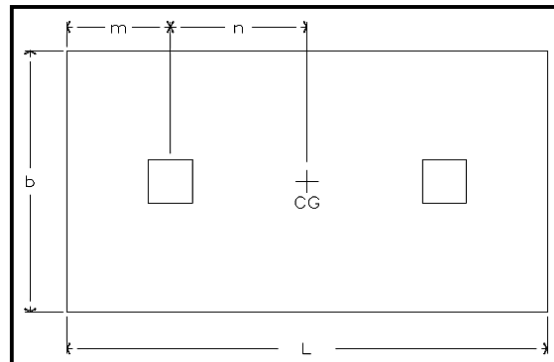
Figura 28. **Fuerzas sobre zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Haciendo el cimiento rectangular y tomando como base la separación entre columnas, se tiene que las zapatas combinadas pueden predimensionarse como se muestra en la figura 29.

Figura 29. **Predimensionamiento de zapatas combinadas**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.



Donde

$$L = 2 (m + n)$$

$$b = R / (q \cdot L)$$

$$R = P_1 + P_2$$

$$q = V_s$$

Se asume que  $m = 0,95$  mts., sabiendo que  $n = 1,25$  mts., ya que esta es la mitad de la distancia existente entre columnas.

$$L = 2 (1,25 + 0,95) = 4,40 \text{ mts.}$$

$$b = \frac{59\,439,28 + 59\,439,28}{21\,890,00 \cdot 4,40} = 1,23 \text{ mts.}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = L \cdot b = 4,40 \text{ mts.} \cdot 1,23 \text{ mts.} = 5,41 \text{ m}^2$$

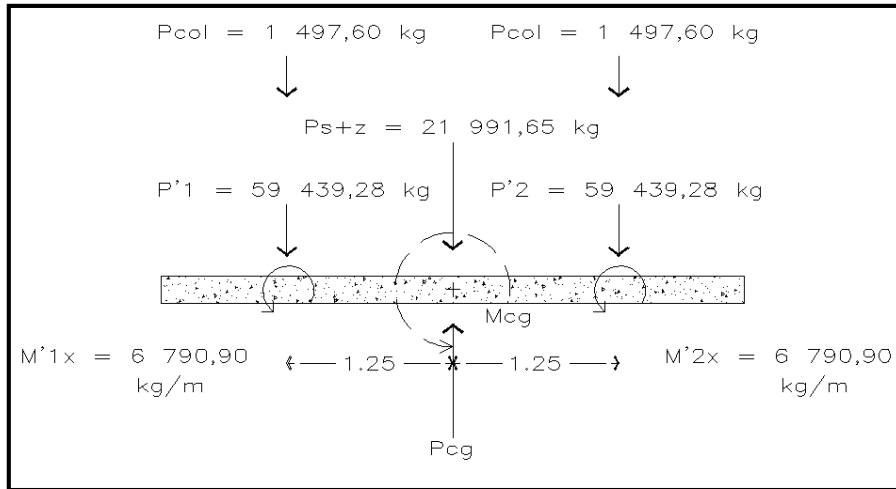
$$P_c = \text{Sec. Col.} \cdot L_c \cdot \gamma_c = (0,40 \cdot 0,40) \cdot 3,90 \cdot 2\,400 = 1\,497,60 \text{ kg}$$

$$P_s = A_z \cdot D_f \cdot \gamma_s = 5,41 \cdot 1,5 \cdot 1\,990 = 16\,148,85 \text{ kg}$$

$$P_z = A_z \cdot t \cdot \gamma_c = 5,41 \cdot 0,45 \cdot 2\,400 = 5\,842,80 \text{ kg}$$

$$P_{s+z} = 16\,148,85 + 5\,842,80 = 21\,991,65 \text{ kg}$$

Figura 30. Diagrama de cuerpo libre de zapata



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Cargas equivalentes en el centro geométrico

$$P_{CG} = P_1' + P_2' + 2 * P_c + P_{s+z}$$

$$P_{CG} = 59\,439,28 + 59\,439,28 + 2 * 1\,497,60 + 21\,991,65 = 143\,865,41 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_{CGx} = 0$$

$$M'_{1x} + n (P_c + P_1') - n (P_c + P_2') + M'_{2x} = 13\,581,80 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\Sigma M_{CGy} = 0$$

$$M'_{1y} + M'_{2y} = 16\,910,88 \text{ kg} - \text{m}$$

- Chequeo de presiones sobre el suelo

$$q = \frac{143\,865,41}{5,41} \pm \frac{13\,581,80}{\frac{1}{6} * 1,23 * 4,40^2} \pm \frac{16\,910,88}{\frac{1}{6} * 4,40 * 1,23^2}$$

$$q_{\max (+)} = 45\,257,08 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{(-)} = 14\,772,20 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{(+)} = 38\,412,80 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\min (-)} = 7\,927,91 \text{ kg/m}^2$$

Ya que  $q_{\max}$  excede el valor soporte del suelo ( $q_{\max} > V_s$ ), se debe aumentar el área de la zapata, conservando la longitud y aumentando el ancho "b".

- Replanteo de área de zapata

$$A_{z\text{propuesta}} = L * b = 4,40 \text{ mts.} * 2,40 \text{ mts.} = 10,56 \text{ m}^2$$

$$P_c = \text{Sec. Col.} * L_c * \gamma_c = (0,40 * 0,40) * 3,90 * 2\,400 = 1\,497,60 \text{ kg}$$

$$P_s = A_z * D_f * \gamma_s = 10,56 * 1,5 * 1\,990 = 31\,521,60 \text{ kg}$$

$$P_z = A_z * t * \gamma_c = 10,56 * 0,45 * 2\,400 = 11\,404,80 \text{ kg}$$

$$P_{s+z} = 16\,148,85 + 5\,842,80 = 42\,926,40 \text{ kg}$$

Las nuevas cargas equivalentes en el centro geométrico son:

$$P_{CG} = 59\,439,28 + 59\,439,28 + 2 * 1\,497,60 + 42\,926,40 = 164\,800,16 \text{ kg}$$

$$M_{CGx} = 13\,581,80 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{CGy} = 16\,910,88 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Notar que  $M_{CGx}$  y  $M_{CGy}$  se conservaron, debido a que las distancias del centro de gravedad a las columnas no varían. Las nuevas presiones sobre el suelo serán:

$$q = \frac{164\,800,16}{10,56} \pm \frac{13\,581,80}{\frac{1}{6} * 2,40 * 4,40^2} \pm \frac{16\,910,88}{\frac{1}{6} * 4,40 * 2,40^2}$$

$$q_{\max (+)} = 21\,363,45 \text{ kg/m}^2$$

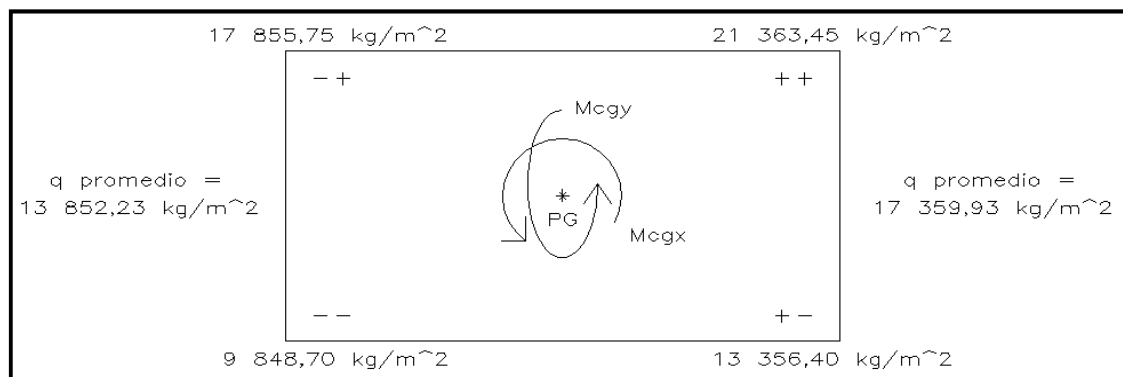
$$q_{(-)} = 13\,356,40 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{(+)} = 17\,855,75 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\min (-)} = 9\,848,70 \text{ kg/m}^2$$

En este caso  $q_{\max}$  no excede el valor soporte del suelo ( $q_{\max} < V_s$ ), y  $q_{\min} > 0$ , lo cual indica que no existen presiones negativas o de tensión bajo el área de la zapata.

Figura 31. Presiones sobre el terreno



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Las presiones del suelo y cimiento son:

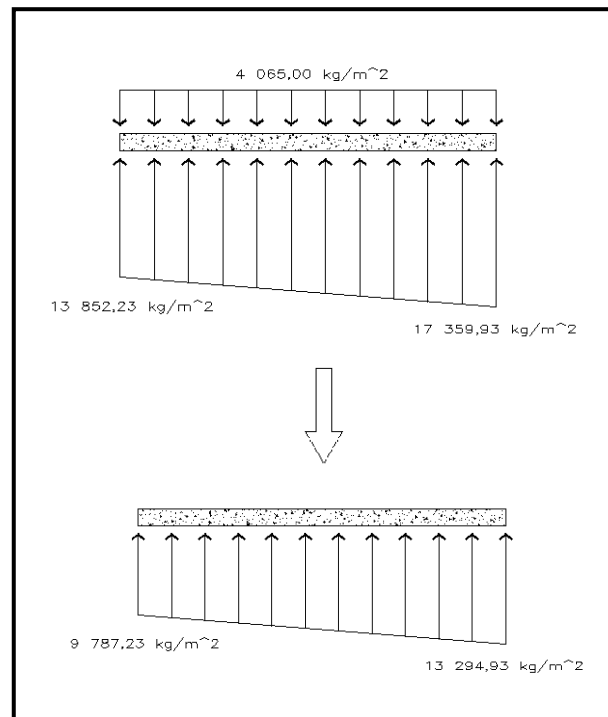
$$q_{\text{suelo}} = D_f \cdot \gamma_s = 1,50 \cdot 1\,990,00 = 2\,985,00 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{zapata}} = t \cdot \gamma_c = 0,45 \cdot 2\,400,00 = 1\,080,00 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{suelo}} + q_{\text{zapata}} = 2\,985,00 + 1\,080,00 = 4\,065,00 \text{ kg/m}^2$$

Por lo que las presiones sobre el cimiento quedan como se muestra en la figura 32.

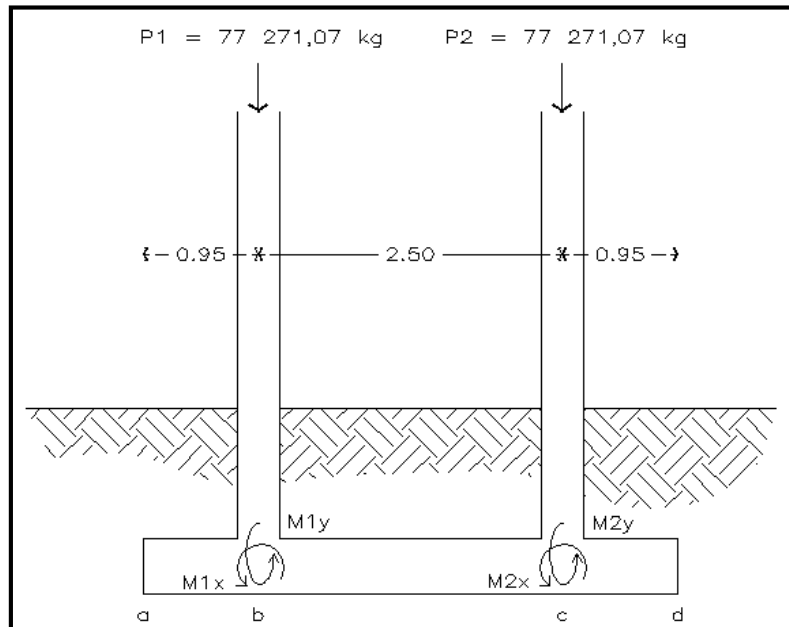
Figura 32. **Presiones sobre el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Cargas últimas sobre el cimiento

Figura 33. **Cargas últimas sobre el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

La presión última bajo el cimiento es:

$$q_{\text{disu}} = \text{FCU} * q$$

$$q_{\text{disu a}} = 1,30 * 9\,787,23 = 12\,723,40 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{disu d}} = 1,30 * 13\,294,93 = 17\,283,41 \text{ kg/m}^2$$

Para los puntos b y c, se debe encontrar una expresión para cualquier distancia "x", una presión dada por la relación de triángulos:

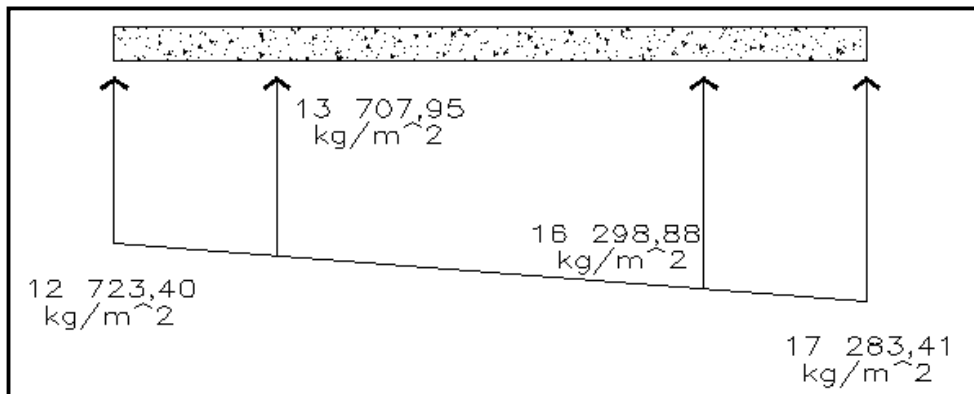
$$\frac{4,40}{17\ 283,41 - 12\ 723,40} = \frac{x}{q_{d(x)} - 12\ 723,40}$$

$$q_{d(x)} = 12\ 723,40 + 1\ 036,37x$$

$$q_{d(0,95)b} = 12\ 723,40 + 1\ 036,37 \cdot (0,95) = 13\ 707,95 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{d(3,45)c} = 12\ 723,40 + 1\ 036,37 \cdot (3,45) = 16\ 298,88 \text{ kg/m}^2$$

Figura 34. **Presión última bajo el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de:

$$w = b \cdot q_{disu}$$

$$w_a = 2,40 \cdot 12\ 723,40 = 30\ 536,16 \text{ kg/m}$$

$$w_b = 2,40 \cdot 13\ 707,95 = 32\ 899,08 \text{ kg/m}$$

$$w_c = 2,40 \cdot 16\ 298,88 = 39\ 117,31 \text{ kg/m}$$

$$w_d = 2,40 \cdot 17\ 283,41 = 41\ 480,18 \text{ kg/m}$$

Encontrando una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia x, una presión última por metro lineal, se obtiene:

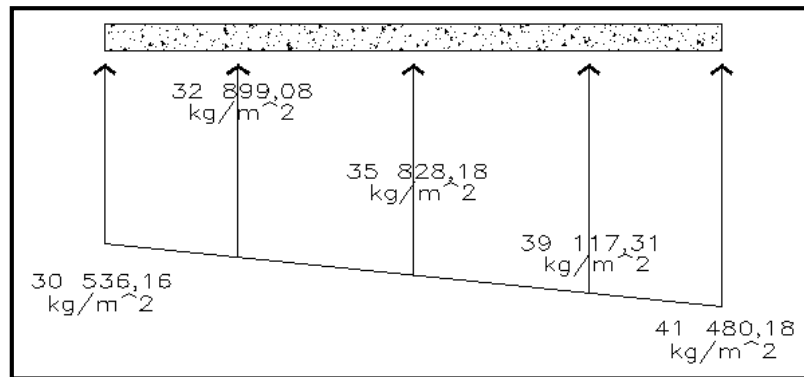
$$\frac{4,40}{41\,480,18 - 30\,536,16} = \frac{x}{w_{(x)} - 30\,536,16}$$

$$w_{(x)} = 30\,356,16 + 2\,487,28x$$

Si se encuentra w para cuando  $x_{CG} = 2,20$  mts., se tiene que:

$$w_{(CG)} = 30\,356,16 + 2\,487,28 \cdot (2,20) = 35\,828,18 \text{ kg/m}$$

Figura 35. **Presiones últimas por metro lineal**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Diagrama de corte

$$V_{a-b} = (30\,536,16 + 32\,899,08) \cdot 0,95 / 2 = 30\,131,74 \text{ kg}$$

$$V_b = V_{a-b} - P_1 = 30\,131,74 - 77\,271,07 = -47\,139,33 \text{ kg}$$



$$V_{b-c} = V_b + 32\,899,08y + 2\,487,28y^2/2$$

$$V_{b-c} = -47\,139,33 + 32\,899,08y + 2\,487,28y^2/2$$

$$V_{b-c} = 0 \rightarrow y = 1,36 \text{ mts.}$$

El valor de presión última por metro lineal cuando  $V_{b-c} = 0$ ,  $y = 1,36$  mts.,  
y  $x = 0,95 + 1,36 = 2,31$  mts. es de:

$$w = 30\,356,16 + 2\,487,28 \cdot (2,31) = 36\,101,78 \text{ kg}$$

$$V_{c-d} = (39\,117,31 + 41\,480,18) \cdot 0,95 / 2 = 38\,283,81 \text{ kg}$$

$$V_c = P_2 - V_{c-d} = 77\,271,07 - 38\,283,81 = 38\,987,26 \text{ kg}$$

- Diagrama de momentos

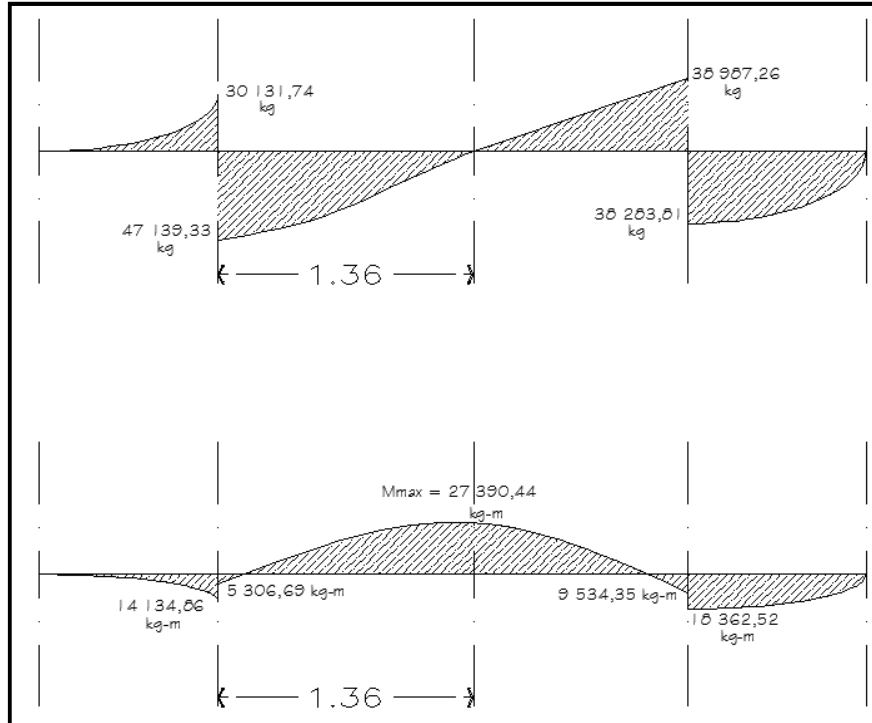
$$M_{a-b} = \frac{30\,536,16 \cdot 0,95^2}{2} + \left( \frac{2\,362,92 \cdot 0,95^2}{2} \cdot \frac{1}{3} \right) = 14\,134,86 \text{ kg-m}$$

$$M_{\max} = 5\,306,69 + \frac{32\,899,08 \cdot 1,36^2}{2} + \left( \frac{3\,202,70 \cdot 1,36^2}{2} \cdot \frac{1}{3} \right) - 47\,139,33 \cdot 1,36$$

$$M_{\max} = -27\,390,44 \text{ kg-m}$$

$$M_{c-d} = \frac{39\,117,31 \cdot 0,95^2}{2} + \left( \frac{2\,362,87 \cdot 0,95^2}{2} \cdot \frac{2}{3} \right) = 18\,362,52 \text{ kg-m}$$

Figura 36. Diagrama de corte y momento



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

- Diseño estructural del cimiento
  - Chequeo por corte simple:

$$d = t - \text{rec.} - (\varnothing_{\text{varilla}}/2) \quad \text{asumiendo } \varnothing_{\text{varilla}} \text{ No. 5}$$

$$d = 45 - 7 - (1,59 / 2) = 37,21 \text{ cm}$$

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

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 240 * 37,21 = 58 300.91 \text{ kg}$$

$$V_C = 0$$

Como  $V_C > V_{MAX}$ , se muestra en el diagrama de corte, por lo tanto resiste el corte.

- Chequeo por corte punzonante:

$$40 + d = 40 + 37,21 = 77,21 \text{ cm}$$

$$V_C = 0,85 * 1,06 * (f'_c)^{1/2} * 4 (40 + d) * d = 150\,047.12 \text{ Kg}$$

$$V_{PZ} = Pu_2 - q_{disc} * A_{PZ} = 77\,271,07 - 16\,298,88 * (0,7721)^2 = 67\,554,68 \text{ Kg}$$

Como  $V_C > V_{PZ}$ , entonces sí resiste el corte punzonante.

- Diseño por flexión:

Tabla XVII. **Cálculo de acero de refuerzo, sentido X, zapata Z-2**

<b>ACERO DE REFUERZO SENTIDO X</b>	
<b>B</b>	100,00 cm
<b>d<sub>x</sub></b>	37,21 cm
$As_{min} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$	18,67 cm <sup>2</sup>
<b>As en el ancho de 2,40 mts.</b>	44,81 cm <sup>2</sup>
$M_R = 0,90 * f_y * As \left( d - \frac{As * f_y}{1,70 * f'_c * b} \right)$	
<b>M<sub>R</sub></b> <b>M<sub>R</sub> &gt; M<sub>MAX</sub></b> <b>S = Av / As<sub>min</sub></b>	40 502,26 kg-m Cumple, resiste los momentos 0,10 m
<b>Utilizar No. 5 @ 0,10 m</b>	

Fuente: elaboración propia.

Para el refuerzo transversal colocar  $A_{s_{temp}}$ :

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 45 = 9 \text{ cm}^2$$

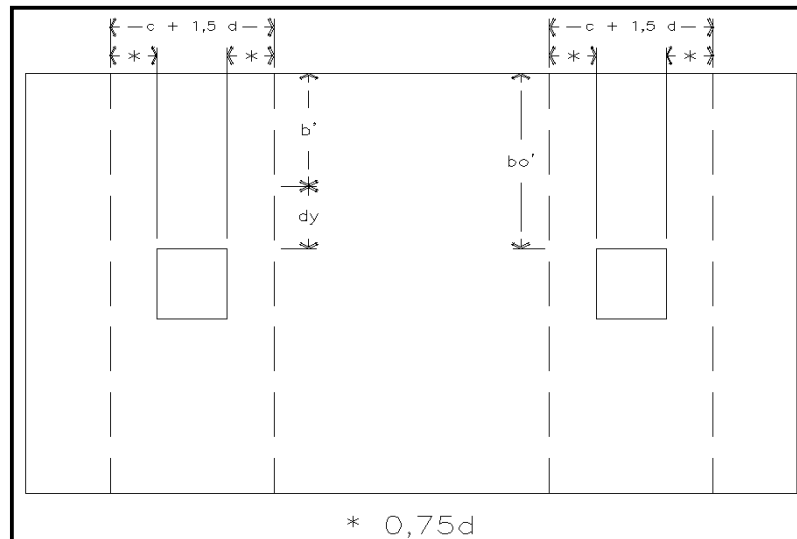
$$S = A_v / A_{s_{temp}} = 1,27 / 9 = 0,14 \text{ cm}$$

Utilizar No. 4 @ 0,14 cm

- Vigas transversales

Asumiendo un ancho de viga de "c + 1,5d", se chequeará bajo la columna crítica y se considerará que la viga será igual para ambas columnas.

Figura 37. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

$$d_y = d_x - \frac{\phi_x}{2} - \frac{\phi_y}{2} \quad \text{asumiendo } \phi_y \text{ No. 5}$$

$$d_y = 37,21 - \frac{1,59}{2} - \frac{1,59}{2} = 35,62 \text{ cm}$$

$$c + 1,5d = 40 + 1,5 * 35,62 = 93,43 \text{ cm}$$

La viga transversal, se diseñará con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna:

$$q_d = \frac{Pu_1}{b * (c + 1,5d)} = \frac{77\ 271,07}{2,40 * 0,9343} = 34\ 460,32 \text{ kg/m}^2$$

o Chequeo por corte simple:

$$V_a = q_d * b' * (c + 1,5d) = 34\ 460,32 * 0,6438 * (0,9343) = 20\ 727,96 \text{ kg}$$

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

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 93,43 * 35,62 = 21\ 726,25 \text{ kg}$$

Como  $V_a < V_C$ , por lo tanto sí chequea por corte

o Diseño por flexión:

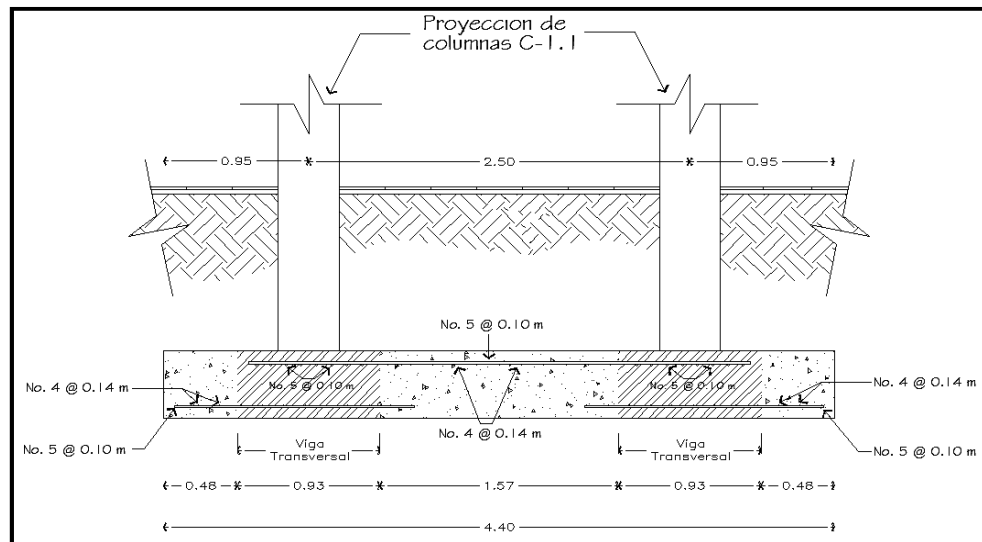
$$M_{act} = \frac{q_d * bo^2}{2} = \frac{34\ 460,32 * 1,00^2}{2} = 17\ 230,16 \text{ kg-m}$$

Tabla XVIII. Cálculo de acero de refuerzo, viga transversal, zapata Z-2

ACERO DE REFUERZO VIGA TRANSVERSAL	
$M_{act}$	17 230,16 kg-m
$B$	93,43 cm
$d_x$	35,62 cm
$As_{min} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$	16,70 cm <sup>2</sup>
$As = 0.85 \left[ b * d - \sqrt{\frac{(b * d)^2 - Mu * b}{0.003825 * f'_c}} \right] \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$	
$As$	20,08 cm <sup>2</sup>
$As > As_{min}$	Utilizar $As$
$S = Av/As$	0,10 m
<b>Utilizar No. 5 @ 0,10 m</b>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Armado final de la zapata Z-2



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

### 2.1.12.5. Diseño de gradas

Se diseñarán las escaleras del edificio como vigas empotradas en un extremo y simplemente apoyadas en el otro.

El que la escalera sea cómoda y segura depende de su relación de pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella.

Las siguientes relaciones pueden garantizar la comodidad de una escalera (gradas):

Tabla XIX. Relaciones de comodidad que debe cumplir la escalera

RELACIONES DE COMODIDAD		
$C \leq 0,20 \text{ m}$	0,167	CHEQUEA
$H > C$	0,300	CHEQUEA
$2C + H \leq 0,64 \text{ m}$	0,630	CHEQUEA
$C + H \approx 0,45 \text{ a } 0,48 \text{ m}$	0,470	CHEQUEA
$C * H \approx 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$	500,000	CHEQUEA

Fuente: elaboración propia.

- Espesor de base de gradas

$$t = \frac{l_n}{24} = \frac{3,90}{24} = 0,1625 \approx 0,16 \text{ m}$$

Con lo cual se pueden integrar las cargas sobre la escalera para después proceder a calcular los momentos actuantes, y con ellos el área de acero para su armado.

- Integración de cargas

$$PP_{\text{grada}} = (2\,400)(0,160 + 0,167 / 2) = 590,00 \text{ kg /m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 100,00 \text{ kg /m}^2$$

$$CM = 590,00 + 100,00 = 690,00 \text{ kg /m}^2$$

$$CV = 500,00 \text{ kg /m}^2$$

$$CU = 1,2 CM + 1,6 CV = 1\,628,00 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momentos

$$W = CU * 1 \text{ m} = 1\,628,00 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m} = 1\,628,00 \text{ kg/m}$$

$$M_{(-)} = \frac{W * L^2}{14}$$

$$M_{(-)} = \frac{1\,628,00 * 4,36^2}{14} = 2\,210,74 \text{ kg-m}$$

$$M_{(+)} = \frac{W * L^2}{9}$$

$$M_{(+)} = \frac{1\,628,00 * 4,36^2}{9} = 3\,438,93 \text{ kg-m}$$



- Cálculo de acero para refuerzo

Tabla XX. **Cálculo de refuerzo para gradas**

<b>ACERO DE REFUERZO</b>		
<b>B</b>	100,00	cm
<b>Rec</b>	3,00	cm
<b>D</b>	13,00	cm
<b>f'c</b>	210,00	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fy</b>	2 810,00	kg/cm <sup>2</sup>
<b>As<sub>min</sub></b>	6,52	cm <sup>2</sup>
<b>As<sub>max</sub></b>	24,02	cm <sup>2</sup>
<b>As<sub>+</sub></b>	11,22	Utilizar As <sub>+</sub>
<b>As<sub>-</sub></b>	7,02	Utilizar As

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Cálculo de espaciamiento del refuerzo para gradas**

<b>ESPACIAMIENTO</b>			
<b>Varilla No. 4</b>	1,27 cm <sup>2</sup>		
<b>S (A+)</b>	11,22	100,00	11,32 cm
	1,27	S	
<b>S (A-)</b>	7,02	100,00	18,08 cm
	1,27	S	
<b>As<sub>temp</sub></b>	2,60	cm <sup>2</sup>	27,31 cm
<b>S (A+)</b>	2,60	100,00	
	0,71	S	

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.12.6. Diseño de instalaciones

Teniendo en cuenta múltiples aspectos de suma importancia para garantizar su funcionalidad es imprescindible al momento de diseñar tomar en cuenta instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias las cuales se detallan a continuación.

#### 2.1.12.6.1. Eléctricas

La instalación eléctrica fue diseñada con base en modelos utilizados en edificios similares al del presente proyecto; tratando de cumplir con la iluminación correcta para las diferentes áreas y procurando dejar suficientes tomas de electricidad para los estudiantes y maestros. Se diseñó tanto fuerza como iluminación y se optó por ubicar un sólo tablero de distribución, en la bodega del módulo de gradas. La instalación se realizará empotrada tanto en cielo como en pared.

- Cantidad de circuitos a utilizar

$$I = \frac{W}{C}$$

$$\text{No. circuitos} = \frac{I}{C_c}$$

Donde

I = impedancia

W = potencia

C = corriente

C<sub>c</sub> = corriente permitida por circuito

- Iluminación:

Las lámparas son de tipo comercial de 110V 4 x 40 RS con tubos fluorescentes F40T10/DL.

$$I = \frac{50*(160) + 900}{110} = \frac{8\,700,00}{110} = 79,09$$

$$\text{No. circuitos} = \frac{79,09}{15,00} = 5,27 \approx 6 \text{ circuitos}$$

- Fuerza:

Los tomacorrientes en la mayoría de los casos son dobles de 110V.

$$I = \frac{27 * (300)}{110} = \frac{8\,100,00}{110} = 73,64$$

$$\text{No. Circuitos} = \frac{73,64}{15,00} = 4,90 \approx 5 \text{ circuitos}$$

Se propone un total de seis circuitos para iluminación y cinco para fuerza, ya que con esto se cubrirán las necesidades del edificio.

- Cálculo de circuitos críticos

- Iluminación:

$$I = \frac{10 * (160) + 100}{110} = \frac{1\,700,00}{110} = 15,45 \text{ amperios}$$

Se le aumenta un 40% por seguridad

$$15,45 * 1,40 = 21,64 \text{ amperios}$$

o Fuerza:

$$I = \frac{6 * (300)}{110} = \frac{1\ 800,00}{110} = 16,36 \text{ amperios}$$

Se le aumenta un 40% por seguridad

$$16,36 * 1,40 = 22,90 \text{ amperios}$$

Tabla XXII. **Capacidad de corriente en conductores**

<b>CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)</b>			
<b>Calibre AWG</b>	<b>TW 60°C</b>	<b>THW 75°C</b>	<b>THHN/THWN 90°C</b>
<b>14</b>	20	20	25
<b>12</b>	25	25	30
<b>10</b>	30	35	40
<b>8</b>	40	50	55
<b>6</b>	55	65	75
<b>4</b>	70	85	95
<b>2</b>	95	115	130
<b>1</b>	110	130	150

Fuente: Manual de NTC 2050 y NE. *Capacidad de corriente para conductores TW, THW y THHN/THWN.* Tabla 310-16.

El alambre de la instalación será según la tabla calibre 12 THHN, y para la acometida será calibre 4 THHN. El tablero será de 12 polos monofásicos 110/220V y los flipones de 1 x 30 amperios.

### 2.1.12.6.2. Hidráulicas

El sistema de abastecimiento de agua potable para el instituto, será distribuida directamente de la red municipal, ya que ésta proporciona continuidad en el suministro, es confiable y, además cuenta con suficiente presión; esto debido la cantidad de recargas hídricas que existen en las cercanías de la aldea y aportan a dicha red.

La instalación hidráulica se encuentra presente en los servicios sanitarios diseñados para el edificio y en la bodega debajo de las gradas, donde se ubicará una pila. Para alimentar todas los accesorios, se diseñó un sólo circuito, basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto, los cuales son 13 inodoros, 9 lavamanos y 1 pila. Para encontrar el caudal necesario y con este el diámetro del ramal de alimentación. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$Q = 0,30 \sqrt{\Sigma P}$$

Tabla XXIII. **Gasto de accesorios para método de Hunter**

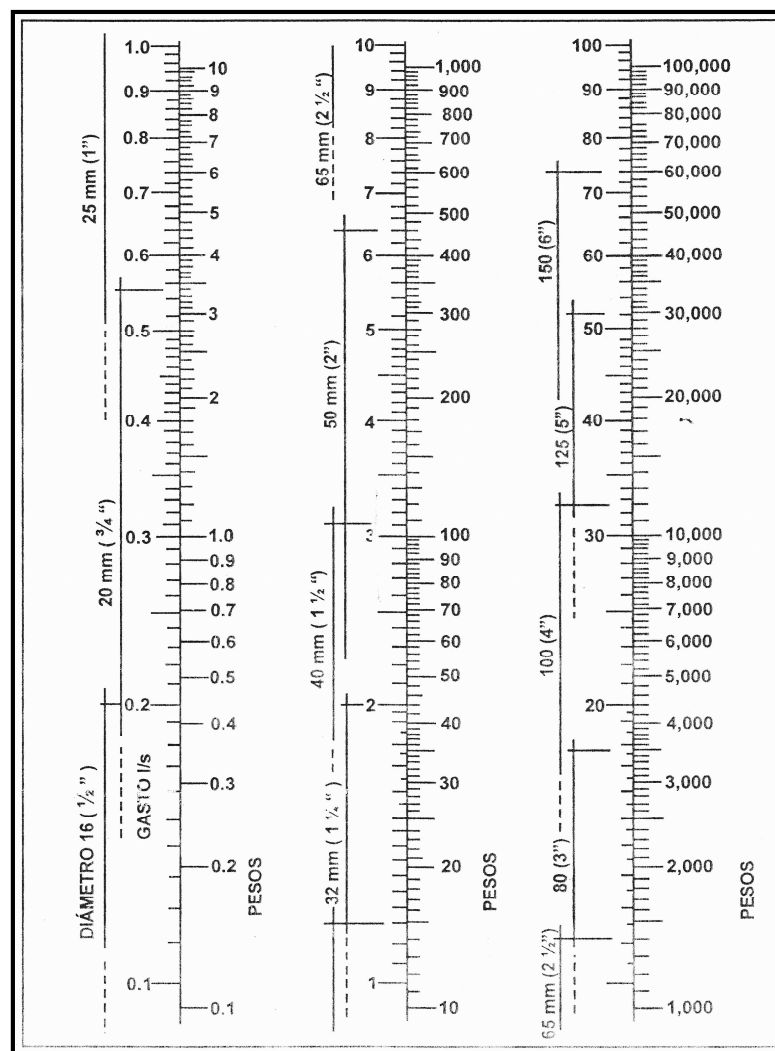
<b>PIEZA O ACCESORIO</b>	<b>Gasto</b>
Inodoro con caja de descarga	0,30
Lavado (lavamanos)	0,50
Llave de chorro	1,00

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Tabla 6. p. 126.

$$Q = 0,30 \sqrt{(13 \cdot 0,30 + 9 \cdot 0,50 + 1 \cdot 1)} = 0,92 \text{ lts/seg}$$

Con el dato del caudal necesario para abastecer los accesorios, se procede a buscar el dato en el ábaco que se presenta en la figura 39.

Figura 39. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Ábaco 1. p. 128.

Ya que se ha localizado el caudal (gasto), en la parte izquierda de la primera columna, se indica que el ramal de alimentación debe ser de 1" de diámetro. Para los subramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de 1/2" de diámetro como mínimo, esto según la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Diámetros mínimos de tubos para subramales**

<b>ACCESORIO DE USO</b>	<b>DIÁMETRO (plg.)</b>
Inodoro con caja sanitaria	1/2
Lavamanos	1/2
Llave de chorro	1/2

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Tabla 9. p.138.

### **2.1.12.6.3. Sanitarias**

- Drenaje sanitario

El edificio cuenta con batería de baños y una pila, situada en el primer nivel, y un servicio sanitario individual en el segundo piso. Se ubicarán 20 artefactos repartidos en las áreas de hombres y mujeres, dos más en el área de dirección y uno debajo de las gradadas.

El volumen de aguas negras para edificios educativos sin cafeterías, gimnasio o regaderas es de 60 litros/persona/día, y para evacuar dicho volumen se deben colocar tuberías con una pendiente mínima del 1% y con diámetro mínimo, a continuación se muestran en la tabla XXII los diámetros a utilizar para todos los artefactos del proyecto.

Tabla XXV. **Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga**

APARATOS	UNIDADES	DIÁMETRO NOMINAL
Inodoro	6	4"
Lavamanos	2	1 ½"
Pila	3	2"

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. p. 233.

Las tuberías que recibirán los afluentes de los ramales de descarga reciben el nombre de ramal de drenaje y los diámetros se obtienen según se muestra en la tabla XXVI de acuerdo a las unidades de Hunter que lleguen a él.

Tabla XXVI. **Dimensiones de ramales de drenajes**

DIÁMETRO NOMINAL	MÁXIMO DE UNIDADES
1"	1
1 ½"	3
2"	6
3"	20
4"	160
6"	620

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. p. 241.



Por lo que se utilizará tubería de 4" para el primer nivel, ya que recibiría un total de 91 unidades; y para el segundo nivel de 3", porque recibe un total de 8 unidades, este mismo diámetro se utilizará para la bajada de aguas negras de dicho nivel, a esta bajada hay que conectar la tubería de ventilación que será de 2".

- Drenaje pluvial

Para este proyecto se distribuirá la losa en cinco áreas de 70,20 m<sup>2</sup> cada una, desnivel del 1% para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Para el diseño de las bajadas de agua pluvial, se debe considerar la intensidad de lluvia de la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primeros 5 minutos, por lo tanto se tiene que:

$$I = \frac{39\,060}{(5 \text{ min} + 45)^{1,381}} = 175,98 \text{ mm/h}$$

Con el dato anterior proceder a calcular el caudal de la siguiente manera:

$$q = \frac{CIA}{360}$$

$$q = \frac{0,80 * 175,98 \text{ mm/h} * 0,00702 \text{ m}^2}{360} = 0,002745 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora, encontrar el diámetro de tubería necesario para evacuar ese caudal con la siguiente ecuación:

$$D = \left( 3.208 * Q * \frac{n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = \left( 3.208 * 0,002745 * \frac{0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,069 \text{ m} \approx 2,71''$$

Por lo que se debe usar una tubería de 3", pero por seguridad colocar tubería PVC de 4".

### **2.1.13. Evaluación de impacto ambiental**

La evaluación de impacto ambiental (EIA), se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente.

Fines y aspectos cubiertos por estudios de impacto ambiental.

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Las componentes unitarias de cualquier sistema de construcción de estructuras de hormigón armado que potencialmente pudieran generar algún tipo de impacto sobre el medio ambiente, corresponden a las siguientes:

- Zanjeo
- Movimiento de tierras
- Generación de desechos sólidos

Las actividades relevantes a considerar para la determinación de los impactos ambientales, deben ser establecidas tanto para la etapa de habilitación y construcción, como de operación y mantenimiento de la estructura. Se consideraran al menos las siguientes variables:

- Fase de construcción
  - Zanjeo: se deberán hacer excavaciones para la adecuada cimentación de la construcción. En esta actividad se realizará un impacto al suelo debido a la remoción de tierra dado que no volverá a ocupar su estrato correspondiente.

- Movimiento de tierras: por transporte de tierra y desechos físicos de la también se verá afectada la atmósfera por el ruido producido por la maquinaria que realizará dicha actividad.
- Construcción de marcos de hormigón armado y paredes de block: tendrá un leve impacto sobre el paisaje del lugar, ya que no existen otras estructuras de dimensiones similares.
- Generación de desechos sólidos: todos los desechos sólidos producidos por la construcción al no ser depositados y transportados adecuadamente al botadero, provocarán malos olores y proliferación de moscas; lo cual repercute en la salud de todos los pobladores. Éste es un impacto temporal.

Dado que es un área rural poblada del municipio no se verá afectada la fauna ni la flora, pues el espacio a utilizar es actualmente un terreno destinado a la construcción de obras que beneficien a la comunidad de la aldea Pasmolón.

- Fase de operación y mantenimiento

En esta fase el entorno se verá afectado por la expulsión de químicos y solventes utilizados para el mantenimiento del edificio educativo; tales como: jabones, cloro, pinturas, etc. Este impacto es permanente.

A la vez, en esta fase se verá beneficiada toda la población del municipio, pues la juventud que debía trasportarse a otro municipio podrá hacer uso de las nuevas instalaciones.

- Medidas de mitigación

Las medidas mitigadoras aplicables a las fases del proyecto, son las que tratan de minimizar los impactos inevitables generados por éste.

- Aprovechamiento y recuperación de la tierra vegetal extraída: se utilizará principalmente para la cubierta de zonas que queden fuera de servicio, como los accesos que no vayan a ser utilizados.
- Emisiones a la atmósfera: la maquinaria a utilizar deberá estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debiéndose dar mantenimiento preventivo y correctivo. Los vehículos que transporten material, deben taparse con una lona, aplicar riego al área por donde transita y desplazarse a velocidades mínimas y mantener el control de polvo mediante riego.
- Ruidos y/o vibraciones: la maquinaria que se utilizará debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debiéndosele dar mantenimiento preventivo y correctivo. Se debe realizar chequeo físico en la maquinaria llevando un control sobre la emisión de ruido, el cual no debe permitirse mayor de 80 decibeles a 3,5 metros del emisor.
- Contaminación visual: las áreas utilizadas en las diferentes actividades del proyecto donde se altera el paisaje original, deben ser conformadas y dotadas de suelo orgánico, para su reforestación con especies nativas del lugar.

### 2.1.14. Planos constructivos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son las representaciones gráficas que detallan y especifican todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto, y que sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes trabajos del mismo.

Los planos para el edificio de nivel básico comprenden (ver Apéndice A):

Tabla XXVII. Descripción de planos del instituto

DESCRIPCIÓN	No. PLANO
Planta de conjunto	1/12
Planta amueblada	2/12
Planta acotada	3/12
Elevaciones y secciones	4/12
Planta de acabados	5/12
Planta de cimentación y columnas	6/12
Planta de Losas y Detalles de Vigas	7/12
Planta de instalaciones hidráulicas	8/12
Planta de drenajes	9/12
Planta de instalación eléctrica (fuerza)	10/12
Planta de instalación eléctrica (Iluminación)	11/12
Detalles de muros y módulo de gradas	12/12

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.15. Presupuesto

El presupuesto se elaboró tomando como base los precios que se cotizan en el área de Tactic y Cobán, los salarios de la mano de obra calificada y no calificada fueron obtenidos de los datos que maneja la municipalidad para trabajos de este tipo.

Tabla XXVIII. Presupuesto de instituto

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Q.	Costo del renglón Q.
<b>1 Trabajos preliminares</b>					
1.1	Limpia y chapeo	m <sup>2</sup>	374,85	13,79	5 169,18
1.2	Trazo y puenteadado	MI	105,85	20,39	2 157,86
<b>2 Cimentación</b>					
2.1	Excavación de 1.62 x 1.62 x 1.50 m	m <sup>3</sup>	70,86	29,08	2 060,61
2.2	Zapata Z-1	m <sup>2</sup>	34,56	744,97	25 746,16
2.3	Zapata Z-2	m <sup>2</sup>	63,36	889,01	56 327,67
2.4	Relleno de la cimentación	m <sup>3</sup>	47,90	11,47	549,60
2.5	Solera hidrófuga de 0.15 x 0.20 m	MI	116,75	84,21	9 831,91
<b>3 Estructura</b>					
3.1	Columna tipo C-1.1 de 0.40 x 0.40 m	MI	62,70	707,08	44 333,62
3.2	Columna tipo C-1.2 de 0.40 x 0.40 m	MI	43,20	569,63	24 607,95
3.3	Viga tipo 1 de 0.60 x 0.30 m	MI	92,25	510,26	47 071,69
3.4	Viga tipo 2 de 0.60 x 0.30 m	MI	92,25	440,01	40 591,08
3.5	Viga tipo 3 de 0.60 x 0.30 m	MI	66,30	548,79	36 384,56
3.6	Viga tipo 4 de 0.60 x 0.30 m	MI	66,30	473,85	31 416,23
3.7	Losa primer nivel	m <sup>2</sup>	344,21	712,74	245 329,48
3.8	Losa segundo nivel	m <sup>2</sup>	344,21	528,91	182 054,88
<b>4 Muros</b>					
4.1	Levantado Block 0.15 x 0.20 x 0.40 m	m <sup>2</sup>	494,41	97,38	48 144,99
4.2	Columna tipo 2 de 0.15 x 0.15 m	MI	104,55	76,98	8 048,76

Continuación de la tabla XXVIII.

4.3	Columna tipo 3 de 0.10 x 0.15 m	MI	47,40	56,19	2 663,36
4.4	Solera intermedia Block U de 0.15 x 0.20 x 0.40 m	MI	200,85	32,00	6 426,84
4.5	Solera de remate 0.15 x 0.20 m	MI	99,24	84,21	8 357,34
4.6	Sillar 0.10 x 0.15 m	MI	94,25	52,62	4 959,66
<b>5 Instalaciones</b>					
5.1	Instalación eléctrica general	Global	1,00	22 875,00	22 875,00
5.2	Instalación hidráulica	Global	1,00	9 943,73	9 943,73
5.3	Instalación sanitaria	Global	1,00	11 963,20	11 963,20
<b>6 Acabados</b>					
6.1	Piso granito de 0.30 x 0.30 m	m <sup>2</sup>	688,42	123,32	84 893,07
6.2	Puertas y divisiones de baños	Global	1,00	25 750,00	25 750,00
6.3	Ventanas	Global	1,00	119 827,13	119 827,13
6.4	Repello de cielos	m <sup>2</sup>	566,40	51,70	29 280,44
6.5	Cernido de cielos	m <sup>2</sup>	910,40	21,10	19 208,67
6.6	Tallado de vigas y columnas	m <sup>2</sup>	547,56	17,49	9 577,36
<b>7 Otros</b>					
7.1	Módulo de Gradadas	Global	1,00	26 520,40	26 520,40
7.2	Baranda	Global	1,00	10 107,85	10 107,85
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					<b>1 202 180,27</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (35 %)</b>					<b>420 763,09</b>
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1 622 943,36</b>
<b>IVA (12 %)</b>					<b>194 753,20</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q.1 817 696,56</b>

Fuente: elaboración propia.

El valor estimado del proyecto es de un millón, ochocientos diecisiete mil, seiscientos noventa y seis quetzales con cincuenta y seis centavos. Ya que el instituto está conformado por 708,77 m<sup>2</sup> de construcción, el metro cuadrado asciende al valor de dos mil quinientos sesenta y cuatro quetzales con cincuenta y ocho centavos (Q. 2 564,58).



## **2.2. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial, barrio Asunción, municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz**

El barrio Asunción, del municipio de Tactic, cuenta con sistema de alcantarillado sanitario más no de alcantarillado pluvial, por eso mismo y debido al crecimiento poblacional y a la topografía del lugar, se ha incrementado la necesidad de contar con un sistema de alcantarillado pluvial, para evitar que el agua se almacene en las calles.

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

Una descripción general del proyecto se presenta en los siguientes incisos:

- El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado pluvial en las calles y avenidas principales del barrio Asunción, con una longitud total de 2 988,69 ml.
- Los pozos de visita se construirán según especificaciones del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), como alturas mínimas, diámetros, Cotas Invert, etc.
- La tubería será de PVC de diferentes diámetros. El desfogue se hará sobre el río Cahabón que es el más cercano al barrio.
- Colocación de tragantes de acera a lo largo de las calles y avenidas para captar las aguas pluviales en puntos estratégicos.

- Las pendientes en la tubería están en función de la pendiente del terreno, siempre y cuando ésta no provoque que la velocidad y el caudal dentro de la alcantarilla estén fuera de los límites permitidos.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

Para la realización se inició con una visita de campo y posteriormente con la toma de datos planimétricos y altimétricos para lograr la determinación del perfil del terreno.

El método que se utilizó para la planimetría fue el de deflexiones, tomando como 0°00' la estación anterior y midiendo ángulos internos. El equipo utilizado fue un teodolito digital marca Topcon DT - 209, dos plomadas y una cinta métrica con una longitud de 100 metros. Para la altimetría de este proyecto se utilizó el método de nivelación compuesta. El equipo utilizado fue un nivel automático marca Topcon AT - G6 y una estadía con nivel de burbuja de 5 metros.

Los datos del levantamiento topográfico quedaron consignados en libretas de campo, las cuales están libres de borrones, manchas, entre otros. Es necesario que se acompañen de los croquis o esquemas correspondientes, los cuales deberán ser ejecutados en el campo a medida que avanza el trabajo.

### **2.2.3. Características del subsuelo**

En el subsuelo de la cabecera municipal se encuentran suelos arcillosos y limosos en algunos sectores, mantos de arena y mixtos, no es roca y puede excavar a mano o por medios mecanizados. Esto facilita la excavación del mismo para la construcción de los pozos y la colocación de la tubería.

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

Cuando las pendientes son pronunciadas, las aguas de lluvia que corren a través de las calles y avenidas, adquieren grandes velocidades y por lo tanto fuerzas de erosión, provocando el deterioro de las mismas. Estas aguas al llegar a lugares planos provocan la acumulación, produciendo inundaciones y estancamientos, los que a su vez obstruyen el paso de peatones y vehículos.

Estos problemas son los que se tienen que solucionar, contando para ello con dos alternativas:

- La evacuación del agua pluvial por medio de un sistema superficial (cunetas).
- Uso de alcantarillado.

A continuación se presentan los aspectos más importantes de cada uno de los anteriores.

- Sistema superficial

Tiene la ventaja de un menor costo y mantenimiento fácil, puesto que cada vecino podría limpiar la parte que le corresponde.

La desventaja consiste en la dificultad y riesgo de accidente que causa a los vecinos al cruzar la cuneta y la destrucción de banquetas y paredes al no haber mantenimiento, además se pueden de obtener anchos de cunetas muy grandes, ya que el área está dentro de las zonas con alto grado de precipitación y esto obstaculizaría el paso de las personas como el de vehículos.

- Alcantarillado

Esta alternativa ofrece el problema de un costo elevado, pero se optó por diseñar este sistema, ya que conduce las aguas pluviales hasta los puntos de desfogue dentro de tubería, en donde el agua no erosiona las calles ni obstruye el paso de los peatones ni el de los vehículos.

### **2.2.5. Normas de diseño**

Estableciendo criterios generales aplicables al diseño de las redes de alcantarillados es preciso determinar: diámetros, velocidades máximas y mínimas evitando acumulación de sólidos y desgastes en las tuberías, período de funcionamiento eficiente del sistema tomando en cuenta profundidad de la tubería, que se obtiene mediante el cálculo de las Cotas Invert cumpliendo así requisitos básicos.

#### **2.2.5.1. Diámetros mínimos**

Para el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, se toman como diámetros mínimos 10" para PVC y 12" en concreto. Los cuales podrá variar cuando, a criterio del ingeniero diseñador, sean necesarios. Este cambio puede verse influenciado por la pendiente, el caudal o la velocidad, por lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

### **2.2.5.2. Velocidades mínimas y máximas**

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. Esta se obtiene por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena.

El diseño de este proyecto se hizo con tubería de PVC, que permite una velocidad mínima de 0,60 m/s y la máxima de 3,00 m/s a sección llena.

Con la velocidad máxima se asegura que el agua no provoque desgaste en la tubería, y con la velocidad mínima se evita la acumulación de sólidos que pueda causar obstrucciones en la tubería.

### **2.2.5.3. Período de diseño**

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado éste, es necesario rehabilitarlo. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de diseño por parte del ingeniero diseñador, a partir de la fecha de su construcción.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado, o cualquier obra de ingeniería, se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras y del equipo componente, se debe tomar en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

El período de diseño recomendado por el INFOM es de 20 años. Para este proyecto se efectuó un período de diseño de 25 años.

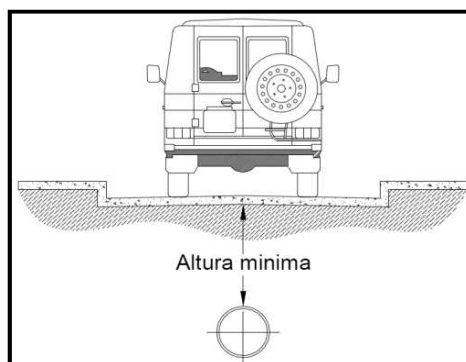
#### 2.2.5.4. Profundidad de la tubería

La profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno, se obtiene mediante el cálculo de las Cotas Invert, en todo caso debe chequearse que el espesor del relleno evite daño a los conductos, ocasionados por las cargas vivas y de impacto.

La profundidad mínima se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera: 1,00 metro para áreas de circulación de tránsito liviano y 1,20 metros para el pesado, en algunos casos, puede utilizarse un recubrimiento menor, pero se debe estar seguro sobre el tipo de circulación que habrá en el futuro en el área.

En todo diseño de un sistema de drenaje, se deben respetar las profundidades mínimas ya establecidas.

Figura 40. Profundidad de la tubería



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

### 2.2.5.5. Ancho de zanja

Para determinar el ancho de zanjas, depende de su profundidad y del diámetro de la tubería a instalar: debe ser tal, que permita a un trabajador colocar, nivelar y pegar un tubo sin dificultades de espacio, se establece que el ancho de zanja mínimo debe ser igual al diámetro de la tubería más 0,4 metros.

Tabla XXIX. Ancho de zanja para la colocación de tubería

Ø (")	PROFUNDIDAD DE ZANJA (m)										
	HASTA 1,30	1,31 A 1,85	1,86 A 2,35	2,36 A 2,85	2,86 A 3,35	3,36 A 3,85	3,86 A 4,35	4,36 A 4,85	4,86 A 5,35	5,36 A 5,85	5,86 A 6,35
6	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
24		135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
30		155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
36			175	175	175	175	175	175	175	175	175
42				190	190	190	190	190	190	190	190
48				210	210	210	210	210	210	210	210
60				245	245	245	245	245	245	245	245
72					280	280	280	280	280	280	280
84					320	320	320	320	320	320	320

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones generales y técnicas para construcción. Tabla XVI-3 (anchos dados en cm).* p. 165.

### 2.2.5.6. Cotas Invert

Se denomina Cota Invert, a la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería.

Debe verificarse que la Cota Invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

Para calcular las Cotas Invert, se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos, deben seguirse las siguientes reglas para el cálculo de las Cotas Invert:

- La Cota Invert de salida de un pozo se coloca a tres centímetros debajo de la Cota Invert de la tubería que entra al pozo.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que el diámetro de la tubería que sale, la Cota Invert de salida estará al menos a una altura igual a la diferencia de los diámetros, más baja que la Cota Invert de entrada.

Para evitar rupturas en la tubería se deben tener profundidades mínimas, dependiendo del tipo de tránsito que se tenga y del diámetro de la tubería que se está utilizando.

Tabla XXX. **Profundidades mínimas de tubería**

TIPO DE TRÁFICO	DIÁMETRO (")											
	8	10	12	16	18	21	24	30	36	42	46	60
<b>Normal</b>	122	128	133	141	150	158	166	184	199	214	225	255
<b>Pesado</b>	142	148	151	153	170	178	186	204	219	234	245	275

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones generales y técnicas para construcción. Tabla XVI-4 (altura dada en cm).* p. 166.



A continuación se enuncian las ecuaciones respectivas:

$$CT_f = CT_i - (D_o * S_{\%})$$

$$E_t = (\emptyset * 0.30) / 100$$

$$CI = CT_i - (H_{\min} + E_t + \emptyset)$$

$$CI_{E2} = CI - (D_o * S_{\%})$$

$$CI_{E3} = CI_{S2} - (D_1 * S_{\%})$$

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

Donde

$H_{\min}$  = altura mínima, que depende del tránsito que circule

CI = Cota Invert inicial

$CT_i$  = cota del terreno inicial

$CT_f$  = cota del terreno final

$CI_S$  = Cota Invert de la tubería de salida

$CI_E$  = Cota Invert de la tubería de entrada

D = distancia horizontal

$S_{\%}$  = pendiente del terreno o tubería

$E_t$  = espesor de la tubería

## **2.2.6. Determinación del caudal pluvial**

Los caudales de aguas de lluvias dependen de la intensidad de las lluvias, del coeficiente de escorrentía medio y de la superficie total del cauce.

### **2.2.6.1. Coeficiente de escorrentía**

Se define como el porcentaje de agua total llovida, que se desplaza por la superficie terrestre por acción de la gravedad, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial. Esto debido a la evaporación, infiltración, retención del suelo, etc.

Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie. Este coeficiente está en función del material sobre el cual circula el agua y varía desde 0,01 a 0,95. El coeficiente de escorrentía promedio se calcula por medio de la siguiente relación:

$$C = \frac{\sum (c \cdot a)}{\sum a}$$

Donde

c = coeficiente de escorrentía en cada área parcial

a = área parcial

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Tabla XXXI. **Valores para coeficiente de escorrentía**

<b>SUPERFICIE</b>	<b>c</b>	<b>ADOPTADA</b>
Techos	0,70 a 0,95	0,80
Pavimentos de concreto y asfalto	0,85 a 0,90	0,85
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0,75 a 0,85	
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0,60 a 0,70	
Calles macademizadas	0,25 a 0,60	
Calles y banquetas de arena	0,15 a 0,30	
Calles sin pavimento, lotes desocupados, etc.	0,10 a 0,30	0,15
Parques, canchas jardines, prados, etc.	0,05 a 0,25	0,25
Bosques y tierra cultivada	0,01 a 0,20	0,15

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para diseño de alcantarillados, tabla No. 1.*

### 2.2.6.1.1. Pendiente del terreno

Siendo el criterio general que los sistemas de alcantarillado trabajen por gravedad, existe una pendiente mínima al sistema, que permite que el agua conducida se desplace libremente, la que es del 0,050% y la máxima la que alcance la velocidad máxima admisible para la tubería por utilizar.

Para calcular la pendiente del terreno se utiliza la relación siguiente:

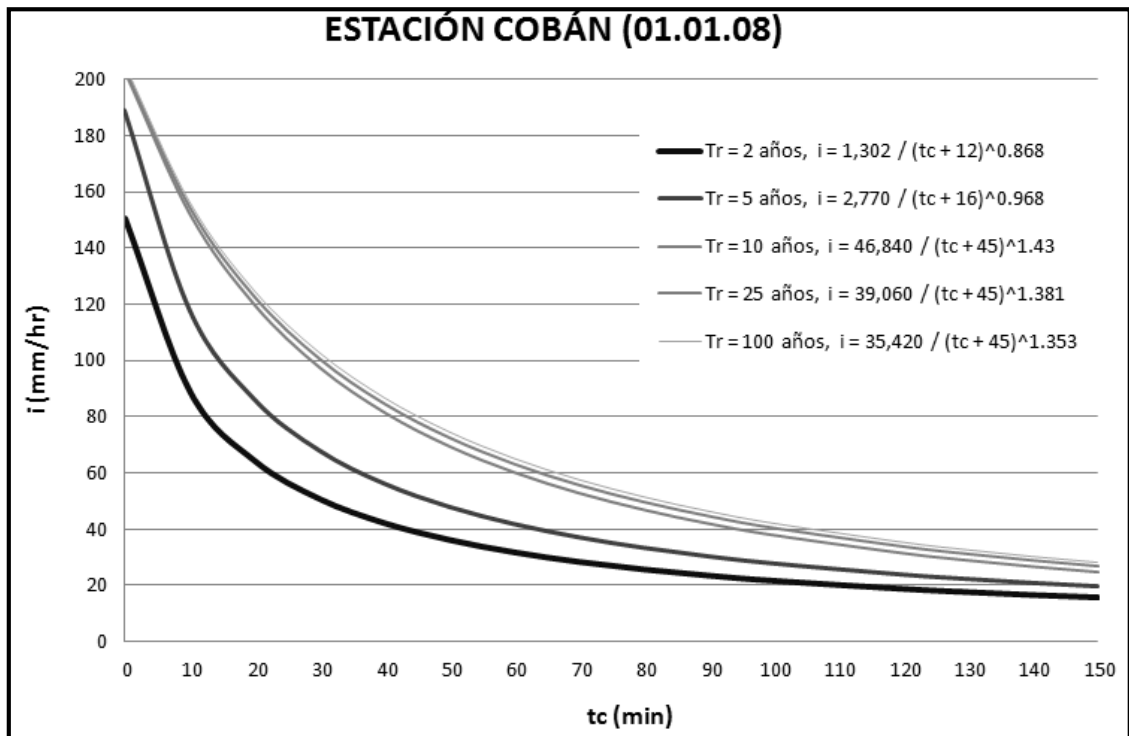
$$S_{\%} = \frac{CT_{\text{inicial}} - CT_{\text{final}}}{L_{\text{tramo}}} * 100$$

### 2.2.6.2. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se define como el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en mm/h.

La intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a curvas de intensidad de lluvia elaboradas a través de registros pluviográficos por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), con base en estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de las cabeceras departamentales.

Figura 41. **Curvas duración-intensidad-frecuencia (DIF)**



Fuente: INSIVUMEH. *Informe del estudio de intensidades de precipitación en Guatemala.*

Este tipo de información es por lo común insuficiente en localidades muy pequeñas, pero se puede hacer uso de información de localidades vecinas o de características similares.

Se ha adoptado como norma general para los sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la república, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada cinco o diez años en promedio.

Para este proyecto se utilizaron los datos proporcionados por la estación pluviométrica Cobán de Alta Verapaz, que es la más cercana al municipio de Tactic.

**Figura 42. Características de estación pluviométrica Cobán**

No.	CODIGO	NOMBRE	CUENCA	DEPTO.	MUNICIPIO	ELEV	LATITUD	LONGITUD	REGISTRO	A	T
1	01.01.08	COBAN	CAHABON	Alta Verapaz	Cobán	1329	152803	902423	1989-2002	9	67

Fuente: INSIVUMEH. *Informe del estudio de intensidades de precipitación en Guatemala, cuadro No. 1 (A= años de registro y T = número de tormentas).*

La intensidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 25 años en este municipio es:

**Figura 43. Parámetros para ecuación de intensidad de lluvia**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
<b>COBÁN</b>								
<b>A</b>	1,302	2,770	46,840	39,560	39,060	38,020	36,470	35,420
<b>B</b>	12	16	45	45	45	45	45	45
<b>n</b>	0.868	0.968	1.43	1.385	1.381	1.374	1.362	1.353
<b>R2</b>	0.997	0.989	0.996	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995

Fuente: INSIVUMEH. *Informe del estudio de intensidades de precipitación en Guatemala, cuadro No. 2 (Tr = periodo de retorno en años).*

$$I = \frac{39\,060,00}{(T_c + 45)^{1,381}}$$

Donde

I = intensidad de lluvia

T<sub>c</sub> = tiempo de concentración en minutos

#### **2.2.6.2.1. Periodo de retorno**

El período de retorno debe ser entendido como el número de años en que se espera que se repita un cierto caudal, o un caudal mayor. Generalmente es expresado en años.

Para este proyecto se utilizó un periodo de retorno de 25 años.

#### **2.2.6.2.2. Tiempo de concentración**

Es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto en estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla. Para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de doce minutos, y el tiempo de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_c = T_{c-1} + \frac{L}{60 * V_{n-1}}$$

Donde

$T_c$  = tiempo de concentración tramo considerado

$T_{c-1}$  = tiempo de concentración tramo anterior

$L$  = longitud del tramo anterior

$V_{n-1}$  = velocidad a sección llena tramo anterior

### **2.2.6.3. Áreas tributarias**

Es el área a drenar, generalmente se expresa en hectáreas. Debido a que cada tubería deberá transportar cierta cantidad de agua, se tomaron las cotas del terreno a manera de ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer. Luego se hizo un cálculo de las áreas que cada tubería debía de recolectar.

Al inicio de un tramo, del primer pozo al segundo, no se toma en cuenta ningún área tributaria. A partir del segundo tramo, se toma en consideración su área tributaria más las áreas tributarias de los tramos anteriores.

### **2.2.6.4. Caudal de diseño**

Existen varios métodos para poder determinar el caudal de diseño en un sistema de drenaje pluvial, entre ellos se puede mencionar el empírico y el racional. Por la naturaleza del proyecto se utilizará el método racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía, durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Este método está representado por la siguiente fórmula:

$$q = \frac{CIA}{360}$$

Donde

q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = relación entre escorrentía y cantidad de lluvia en el área

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área por drenar (ha)

#### 2.2.6.5. Velocidad de flujo a sección llena

La velocidad del flujo a sección llena se calculó con la relación de la Fórmula de Manning, siendo la siguiente:

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

Pudiéndose transformar al sistema métrico para secciones circulares:

$$V = \left(\frac{0,03429}{n}\right) * D^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde

V = velocidad de flujo a sección llena (m/s)

R = radio hidráulico

D = diámetro de la sección circular (plg)



S = pendiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0,009 para PVC)

#### **2.2.6.6. Obras accesorias**

Son todas aquellas estructuras, definidas con diferentes funciones y ubicadas estratégicamente en el sistema de alcantarillado, estas a su vez complementan el correcto funcionamiento del sistema. Entre éstas, están colectores, pozos de visita (PV'S), pozos de visita con disipadores de energía, tragantes y otros.

##### **2.2.6.6.1. Colectores**

Son las tuberías por las que se conduce el agua de lluvia. Deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas, como es el caso de tubería de PVC (cloruro de polivinilo), utilizada en sistemas de alcantarillado, para este proyecto deberán ser fabricados de acuerdo a la Norma ASTM F- 949 (NOVAFORT), además deberán trabajar como canales abiertos.

##### **2.2.6.6.2. Pozos de visita**

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero, dentro del período de diseño. Entre las diversas alternativas que existen para su construcción tenemos, ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, de tubería de 36 pulgadas, etc.

Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más colectores
- Cuando exista cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 metros
- En las curvas, a no más de 30 metros
- Alivio o cambio de pendientes

Cuando el terreno tiene cambios bruscos de pendiente, es conveniente poner un pozo de visita un poco antes del punto donde más baja la pendiente, esto para que la tubería no quede fuera de la superficie.

El tamaño y la profundidad de los pozos de visita varían según distintos factores, entre ellos:

- Pendiente del terreno
- Caudal de diseño
- Ubicación del pozo
- Tubos que entran al pozo

La cota del fondo del pozo se obtiene restándole a la Cota Invert de salida del pozo 0,15 mts., que se utilizan como colchón. Y el ancho del pozo dependerá del diámetro de la tubería.

### 2.2.6.6.3. Tragantes

Son cajas de concreto reforzado o de ladrillo de barro reforzado de forma cúbica, que cuenta con una garganta o entrada, para permitir el ingreso de agua de lluvia que corre sobre el pavimento, para introducirlo dentro de la tubería de la red del sistema. Estos tragantes deben tener una cortina, que funciona como sifón; un dispositivo de arena para su fácil recolección antes de entubarla; rejilla, para evitar taponamientos en el sistema; tapaderas, para seguridad de los peatones y acceso para limpieza e inspección. La conexión del tragante a la tubería central debe tener un ángulo de 45° en la dirección del flujo y un diámetro de 8 pulgadas.

Especificaciones para ubicación de tragantes:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra a 3,00 metros antes de la esquina.
- En puntos intermedios de las cuadras cuando el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0,10 metros.
- Se proyectarán tragantes de tal manera que la longitud total de caño entre tragantes no sea mayor de 120 metros. En las esquinas se construirán dos tragantes, para evitar inundaciones.
- La profundidad mínima del fondo del tragante respecto de la rasante será de 0,90 metros.

En cuanto a diseños de entradas de los tragantes, se mencionan los siguientes:

- Entradas de bordillo

Es una abertura vertical practicada a la orilla de la acera y que tiene por función desviar el cauce natural del agua que circula en la calle en dirección paralela al bordillo, de modo que se convierta en un flujo perpendicular al mismo por acción de la gravedad, interceptando de esta manera parte o la totalidad del caudal. Para incrementar el flujo dentro de la entrada se efectúa depresiones en el pavimento, cerca de la entrada.

- Entrada de rejas

Es una abertura practicada en el pavimento cerca de la acera, cubierta con una o más rejas y que tiene por objeto obstruir la trayectoria normal del flujo de la corriente, haciéndola caer libremente por acción de la gravedad hacia dentro de ella. Las entradas de reja son, en general, más eficientes que las de bordillo mientras no exista el peligro de obstrucción de las mismas con polvo y basura, puesto que todo el flujo de agua que abarca el ancho de la reja, cae libremente dentro de las aberturas, siempre y cuando se haya realizado un buen diseño y de esta manera sólo el agua que corre del lado exterior de la reja es obligado a cambiar su dirección para alcanzar la entrada.

- Entradas combinadas y múltiples

La combinada está compuesta de una abertura de bordillo y otra de rejas actuando como una sola unidad. Las entradas múltiples son una combinación de entradas idénticas, cercanamente espaciadas y actuando como una sola unidad.

Tanto las entradas combinadas como las múltiples son usadas en aquellos lugares donde la precipitación pluvial es muy grande y se requiere de una evacuación inmediata del agua escurrida.

### **2.2.7. Diseño de la red de alcantarillado pluvial**

Para empezar el diseño de un tramo, es necesario identificar de qué pozo a qué pozo se empezará a calcular. De la topografía realizada se obtuvieron las cotas del terreno, cota inicial y final, así como la longitud entre pozos.

- Datos

Tramo 6-7

Longitud de tramo = 81,42 mts  
Longitud acumulada = 424,18 mts  
Cota de terreno inicial = 95,13 mts  
Cota de terreno final = 93,25 mts

- Pendiente del terreno

$$S_{\%} = \frac{95,13 \text{ m} - 93,25 \text{ m}}{81,42 \text{ m}} * 100 = 2,31\%$$

- Integración del coeficiente de escorrentía C

Área tributaria = 0,4981 Ha.

Tabla XXXII. Integración de coeficientes de escorrentía

Tipo de Superficie	% Área	C	A (ha)	c*a	A = 0,4981
Techos	70	0,80	0,3486	0,2789	<b>P.V. 7</b>
Calles	11	0,85	0,0547	0,0465	
Bosque, Baldíos	6	0,15	0,0298	0,0044	
Jardines	13	0,25	0,0647	0,0161	
<b>Σ</b>	100		0,4981	0,3461	<b>C = 0,70</b>

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo de concentración

$$T_c = 13,84 \text{ min} + \frac{81,42 \text{ m}}{60 * 2,68 \text{ m/s}} = 14,32 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia

$$I = \frac{39\ 060}{(14,32 + 45)^{1,381}} = 138,98 \text{ mm/h}$$

- Caudal de diseño

$$q = \frac{0,70 * 138,98 \text{ mm/h} * 0,4981 \text{ Ha}}{360} * 1\ 000 = 133,64 \text{ lts/s}$$

- Velocidad a sección llena

Pendiente de tubería      1,4 %

Ø de tubería                12,0 "

$$V = \left( \frac{0,03429}{0,009} \right) * 12^{2/3} * 0,014^{1/2} = 2,36 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = V * A_{\text{tubería}}$$

$$Q = 2,36 \text{ m/s} * \frac{\pi}{4} * (12'' * 0,0254)^2 * 1\,000 = 172,41 \text{ lts/s}$$

- Relaciones hidráulicas

Para la verificación de las relaciones hidráulicas se calcula  $q/Q$ :

$$\frac{q}{Q} = \frac{133,64 \text{ lts/s}}{172,41 \text{ lts/s}} = 0,7751$$

Se busca este valor en las tablas de relaciones hidráulicas, obteniendo los siguientes resultados:

$$\frac{v}{V} = 1,104364$$

$$\frac{d}{D} = 0,661$$

Para obtener la velocidad del caudal pluvial, se despeja de  $v/V = 1,104364$ , como se muestra a continuación:

$$v = 1,104364 * 2,36 \text{ m/s} = 2,61 \text{ m/s}$$

La velocidad a sección parcial está en el rango entre 0,60 m/s y 3,00 m/s, y  $d/D$  es menor que 0,90, por lo tanto verifica con esa pendiente y ese diámetro.

- Cálculo de Cotas Invert

Tramo PV 6–7

$$CI_{\text{salida}} = CI_{\text{entrada 6}} - 0,03 \text{ m}$$

$$CI_{\text{salida}} = 92,36 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 92,33 \text{ m}$$

$$CI_{\text{entrada 7}} = CI_{\text{salida}} - (D_o * S\%)$$

$$CI_{\text{entrada 7}} = 92,33 \text{ m} - (81,42 \text{ m} * 0,014) = 91,19 \text{ m}$$

- Cálculo de altura de pozo

$$H_{\text{pozo 6}} = 95,13 \text{ m} - 92,33 = 2,80 \text{ m}$$

$$H_{\text{pozo 7}} = 93,25 \text{ m} - 91,19 \text{ m} = 2,06 \text{ m}$$

- Cálculo de volumen de excavación

El volumen de excavación puede variar según el ancho de la zanja a utilizar, y está determinado por una figura trapezoidal.

$$E = \frac{2,80 \text{ m} + 2,06 \text{ m}}{2} * 81,42 \text{ m} * 0,80 \text{ m} = 158,28 \text{ m}^3$$



Para los demás tramos del alcantarillado pluvial se debe seguir el procedimiento anterior, el cálculos hidráulico se muestra en el apéndice B.

#### **2.2.8. Desfogue**

Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, tratando de encauzarlo hacia un cuerpo de agua en movimiento.

El caudal pluvial contará con un solo punto de desfogue, el cual ayudará a descargar el agua recolectada. El desfogue será sobre el río Cahabón que atraviesa el municipio en diferentes puntos, entre estos el barrio Asunción.

#### **2.2.9. Evaluación de impacto ambiental**

El proyecto de infraestructura para el alcantarillado pluvial no presentará impacto ambiental adverso de gran magnitud, que pudiera poner en riesgo la salud de las personas o el medioambiente, sino por el contrario, se espera que tenga un efecto positivo en salud, y en contaminación.

Desde un punto de vista global, las componentes unitarias de cualquier sistema de construcción de alcantarillado pluvial que potencialmente pudieran generar algún tipo de impacto sobre el medio ambiente, corresponden a las siguientes:

- Disposición del suelo extraído
- Desfogue de las aguas pluviales

Por lo cual se deben considerar medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que dichas componentes unitarias provoquen en el medio ambiente. Adicionalmente, se tienen que contemplar todas aquellas consideraciones de tipo técnico que permitan prevenir riesgos y sus consecuentes impactos negativos al entorno.

Las actividades relevantes a considerar para la determinación de los impactos ambientales, serán las siguientes variables:

- Etapa de construcción

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de alcantarillado, como por ejemplo generación de polvo, aumento de la congestión vehicular, ruidos, etc., es en algún sentido inevitable. Mayormente, se tendrán la generación de polvo al momento de la excavación y congestionamiento vehicular cuando se construyan los tramos que atraviesan las calles principales.

Algo que debe considerarse en el momento de la construcción, es el lugar donde se depositará el suelo removido, ya que esto también genera impacto ambiental en las afueras de la cabecera municipal.

- Etapa de operación

En la etapa de operación, el impacto ambiental producido es únicamente el aumento de caudal en el río Cahabón. La cantidad de agua que llegaría al mismo, no representa un gran aumento, pero siempre se debe tener un control sobre su cauce.

### 2.2.10. Planos constructivos

El juego de planos que se elaboró es el siguiente (apéndice C):

Tabla XXXIII. Descripción de planos de alcantarillado pluvial

DESCRIPCIÓN	No. PLANO
Curvas de nivel	1/8
Planta general	2/8
Planta + perfil, TRAMO 1	3/8
Planta + perfil, TRAMO 2	4/8
Planta + perfil, TRAMO 3	5/8
Planta + perfil, TRAMO 4,5 y 6	6/8
Detalles de pozo de visitas	7/8
Detalles de tragantes y cabezal de descarga	8/8

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11. Presupuesto

Para el cálculo del presupuesto, se aplicaron los mismos criterios del presupuesto para el instituto de educación básica.

Tabla XXXIV. Presupuesto de alcantarillado pluvial

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Q.	Costo del renglón Q.
<b>1</b>	<b>Trabajos preliminares</b>				
1.1	Replanteo Topográfico (incluye trazo y estaqueado)	ml	2 988,69	8,27	24 702,72
<b>2</b>	<b>Tubería Principal</b>				
2.1	Excavación de Zanja para tubería principal (incluye excavación de pozos)	m <sup>3</sup>	5 549,36	35,02	194 311,95

Continuación de la tabla XXXIV.

2.2	Instalación de Tubería Ø 10" PVC Novafort F949	ml	452,85	193,08	87 435,44
2.3	Instalación de Tubería Ø 12" PVC Novafort F949	ml	390,20	248,41	96 930,17
2.4	Instalación de Tubería Ø 15" PVC Novafort F949	ml	1 695,98	353,33	599 234,10
2.5	Relleno de material selecto y compactación de zanja de tubería principal	m <sup>3</sup>	4 162,02	56,60	235 562,34
<b>3 Obras Complementarias</b>					
3.1	Construcción de Pozos de Visita de 1.20 m de diámetro interno y altura ≤ 2.00 mts.	U	5,00	2 815,39	14 076,97
3.2	Construcción de Pozos de Visita de 1.20 m de diámetro interno y 2.00 m < altura ≤ 3.00 m	U	20,00	4 797,40	95 947,94
3.3	Construcción de Pozos de Visita de 1.20 m de diámetro interno y 3.00 m < altura ≤ 4.50 m	U	11,00	5 670,42	62 374,67
3.4	Construcción de Tragantes de acera	U	80,00	2 051,84	164 147,05
3.5	Construcción de Cabezal de descarga	U	1,00	1 727,11	1 727,11
<b>4 Pavimento</b>					
4.1	Corte de Pavimento	m <sup>3</sup>	363,13	74,89	27 195,70
4.2	Colocación de Pavimento	m <sup>2</sup>	2 420,84	134,08	324 578,48
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					<b>1 928 224,65</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (35 %)</b>					<b>674 878,63</b>
<b>SUBTOTAL</b>					<b>2 603 103,28</b>
<b>IVA (12 %)</b>					<b>312 372,39</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q. 2 915 475,67</b>

Fuente: elaboración propia.

El valor estimado del proyecto es de dos millones novecientos quince mil, cuatrocientos setenta y cinco quetzales con sesenta y siete centavos

## **2.3. Análisis socioeconómico**

El estudio socioeconómico trata del tiempo en el cual será reembolsado el costo del proyecto, el cual debe ser el menor que se pueda, para que empiece a generar ganancias. Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto.

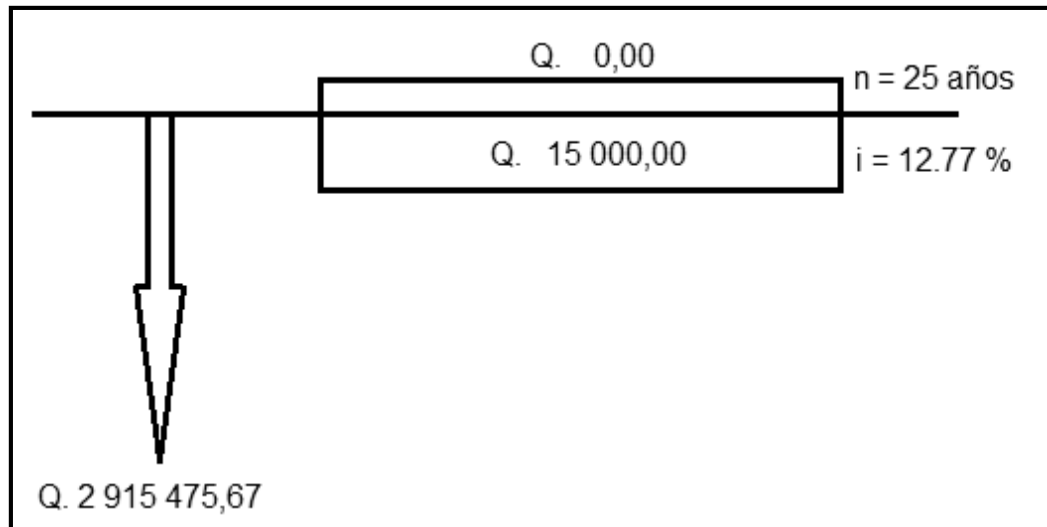
### **2.3.1. Valor Presente Neto**

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta. Así las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo se consideran como desembolso o ingresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores, tales como: inflación, mercado, costo de oportunidad, valuación de flujos.

Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores futuros de rescate de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento; para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es de 12,77%. El procedimiento a realizar es el siguiente:

La Municipalidad de Tactic pretende invertir Q. 2 915 475,67 en la ejecución del proyecto de la red de alcantarillado para el barrio Asunción. Para esto se emplearán los servicios de técnicos a encargados de limpieza del alcantarillado pluvial, con un sueldo de Q. 1 250,00. Período de diseño 25 años.

Figura 44. **Valor Presente Neto, alcantarillado pluvial**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Se utiliza el signo negativo para los egresos y el positivo para los ingresos:

$$VPN = -\text{Costo inicial} + \text{Ingreso inicial} - \text{Costo anual} \cdot (1+i)^n + \text{Ingreso anual} \cdot (1+i)^n$$

$$VPN = -2\,915\,475,67 - 15\,200,00 (1 + 0,1277)^{25}$$

$$VPN = -2\,608\,797,33$$

El Valor Presente Neto es negativo, ya que la inversión inicial es muy alta y el ingreso es nulo. Lo más recomendable sería no aceptar la ejecución del proyecto. Pero con la ejecución del mismo se beneficiará directamente a todos los vecinos, transeúntes, turistas y visitantes. Además, se contribuirá al desarrollo del municipio con la ejecución de proyectos, principalmente en el sector salud.

### 2.3.2. Tasa Interna de Retorno

Es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el presente proyecto es de carácter social, no es posible obtener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es el de costo / beneficio.

### 2.3.3. Relación costo / beneficio

La relación de costo / beneficio es una técnica importante para la toma de decisiones en la evaluación socioeconómica de proyectos. Pretende determinar la conveniencia de ejecución de un proyecto -versus no ejecutarlo- mediante la enumeración y valoración de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto.

Tabla XXXV. Costo del sistema de alcantarillado pluvial

	<b>VALOR PRESENTE PUNTUAL Q.</b>	<b>VALOR ANUAL Q.</b>
<b>Beneficio</b>		7 598 personas aprox.
<b>Costo inicial</b>		2 915 475,67
<b>Ingreso inicial</b>		0,00
<b>Costo anual</b>	1 250,00 * 12 meses	15 000,00
<b>Ingreso anual</b>		0,00

Fuente: elaboración propia.

Costo = inversión inicial + costo anual

$$\text{Costo} = 2\,915\,475,67 + 15\,000,00 = 2\,930\,475,67$$

Beneficio = No. de habitantes a futuro

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{2\,930\,475,67}{7\,598,00} = 385,69$$

El costo / beneficio es de Q. 385,69 (quetzales) por habitante, por lo cual las instituciones de inversión social, toman la decisión de invertir o no, basándose en el valor del costo / beneficio y de las disposiciones económicas que posean.





## CONCLUSIONES

1. A través del Ejercicio Profesional Supervisado, el estudiante de Ingeniería Civil tiene la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos obtenidos a los largo de sus estudios universitarios y con éstos, proponer soluciones a necesidades o problemas reales de cierta comunidad, adquiriendo a través de ello experiencia y práctica, que son importantes para el desenvolvimiento de todo nuevo profesional.
2. El diseño del edificio para el Instituto Mixto de Educación Básica en la aldea Pasmolón, considera una estructura segura, instalaciones amplias y agradables, suficiente iluminación natural como artificial, ventilación natural, y un espacio óptimo para cada alumno. Con su construcción beneficiará a la población estudiantil de nivel básico, ya que por el momento deben recorrer varios kilómetros para tener acceso al proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. El diseño del alcantarillado pluvial del barrio Asunción, vendrá a solucionar los problemas de salud y medio ambiente que padecen los pobladores, evitando variedad de enfermedades. A la hora de su construcción evacuará de forma correcta y segura el agua de lluvia por medio de tuberías y registros, evitando las inundaciones, que hasta ahora sufren los vecinos de este barrio.
4. El estudio de impacto ambiental demuestra que los diseños propuestos, no provocarán contaminación, ni deterioro del medio ambiente significativo, al contrario, éstos mejorarán el entorno del municipio.



## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de La Villa de Tactic:

1. Cuando se lleve a cabo la construcción del edificio escolar y alcantarillado pluvial, debe garantizarse la supervisión a través de un profesional de Ingeniería Civil, para que se haga cumplir lo especificado en planos.
2. El material a utilizar en la construcción del edificio escolar debe evaluarse para determinar la calidad del mismo, y así cumplir con lo establecido en las especificaciones, para garantizar la seguridad del edificio.
3. Utilizar el edificio escolar en dos o más jornadas y con ello lograr atender a un número mayor de estudiantes para beneficiar a más jóvenes de áreas cercanas.
4. Proveer el mantenimiento adecuado y permanente a la estructura del edificio escolar y alcantarillado pluvial, para evitar un deterioro prematuro en las mismas.
5. Crear conciencia a los pobladores para que depositen la basura en un lugar adecuado y no la tiren en las calles o en los tragantes, esto con el propósito de lograr un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial, y así evitar futuras obstrucciones de dicho sistema.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BARRIOS CORONADO, Jaime A. *El método de Kani en el análisis de estructuras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1973. 143 p.
2. BRAJA M., DAS. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a ed. México: Thomson, 2001. 885 p.
3. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1989. 135 p.
4. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural, 318S - 08, y comentario* (Versión en español y sistema métrico). USA: ACI, 2008. 520 p.
5. ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias residenciales y comerciales*. México: Limusa, 2008. 392 p.
6. Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones generales y técnicas para construcción*. Guatemala: INFOM, 2001. 171 p.
7. \_\_\_\_\_. *Normas Generales para diseño de alcantarillados*, Guatemala: INFOM, 2001. 31 p.

8. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Informe del estudio de intensidades de precipitación en Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH, 2002. 12 p.
9. SICAL RAXCACO, Axel Roely. *Detallado de diseño sísmico de hormigón armado con base al ACI 2005*. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 183 p.
10. TIU CUA, Rolando Eleuterio. *Diseño de edificio escolar de dos niveles y pluvial de un sector de la zona 2, cabecera municipal de San Andrés Xecul, Totonicapán*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 106 p.

## APÉNDICES

A. Planos del edificio para el Instituto Mixto de Educación Básica, aldea Pasmolón, Tactic, Alta Verapaz

1. Planta de conjunto
2. Planta amueblada
3. Planta acotada
4. Elevaciones y secciones
5. Planta de acabados
6. Planta de cimentación y columnas
7. Planta de losas y detalles de vigas
8. Planta de instalaciones hidráulicas
9. Planta de drenajes
10. Planta de instalación eléctrica (fuerza)
11. Planta de instalación eléctrica (iluminación)
12. Detalles de muros y módulo de gradas

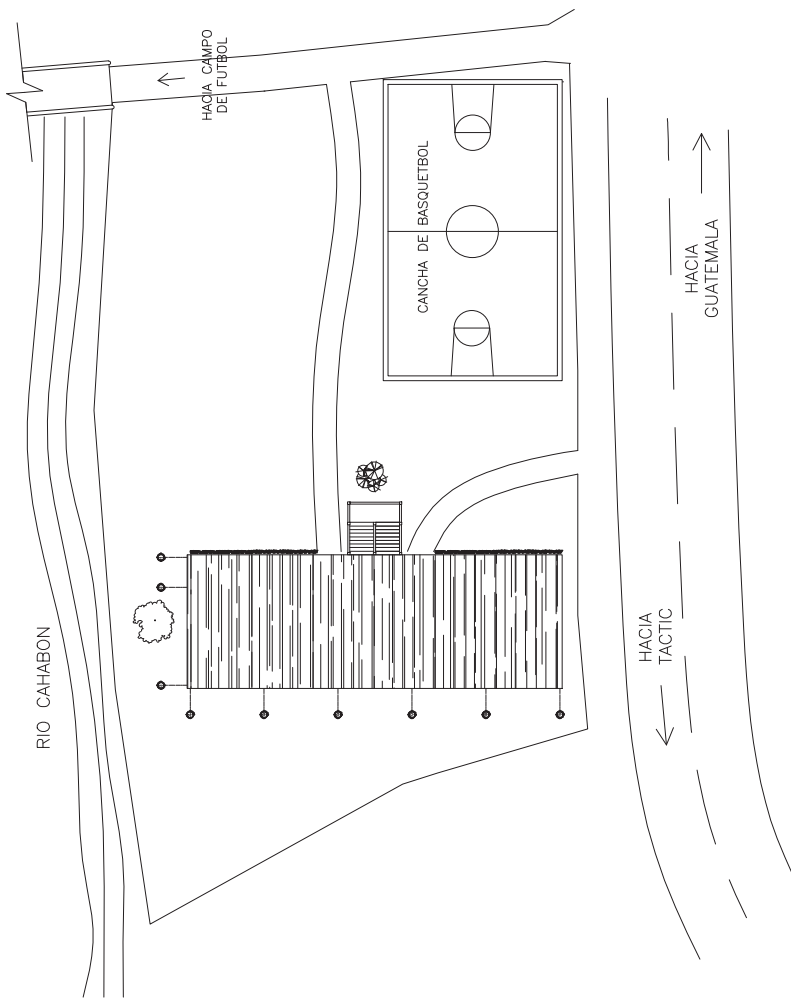
B. Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial, barrio Asunción, Tactic, Alta Verapaz

C. Planos del sistema de alcantarillado pluvial, barrio Asunción, Tactic, Alta Verapaz

1. Curvas de nivel
2. Planta general
3. Planta + perfil, TRAMO 1



4. Planta + perfil, TRAMO 2
5. Planta + perfil, TRAMO 3
6. Planta + perfil, TRAMO 4,5 y 6
7. Detalles de pozo de visitas
8. Detalles de tragantes y cabezal de descarga



**MUNICIPALIDAD DE TACTIC**  
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

**PROYECTO:**  
EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MEXICO DE EDUCACION BASICA  
ALUMNOS DELER, TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CONTENIDO:**  
PLANTA DE CONJUNTO

**DISEÑO:**  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EPESISTA USAC

**CALIFICACION:**  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EPESISTA USAC

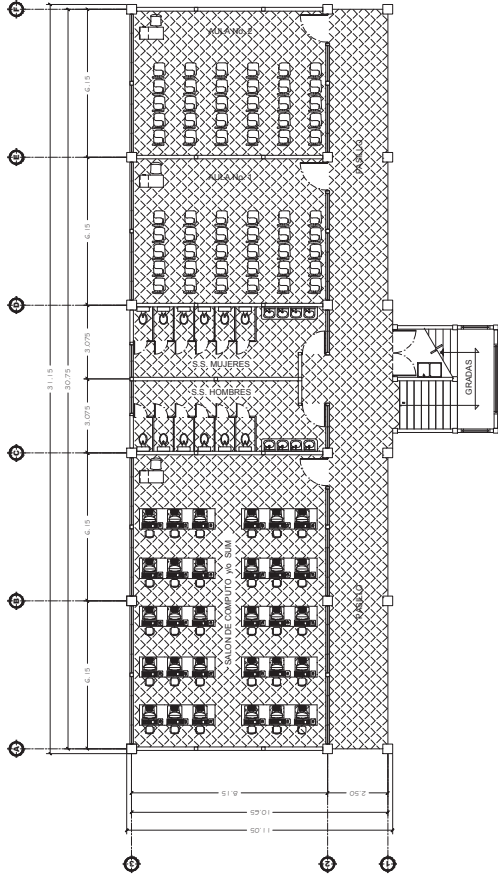
**FECHA:**  
2011

**ESCALA:**  
1:200

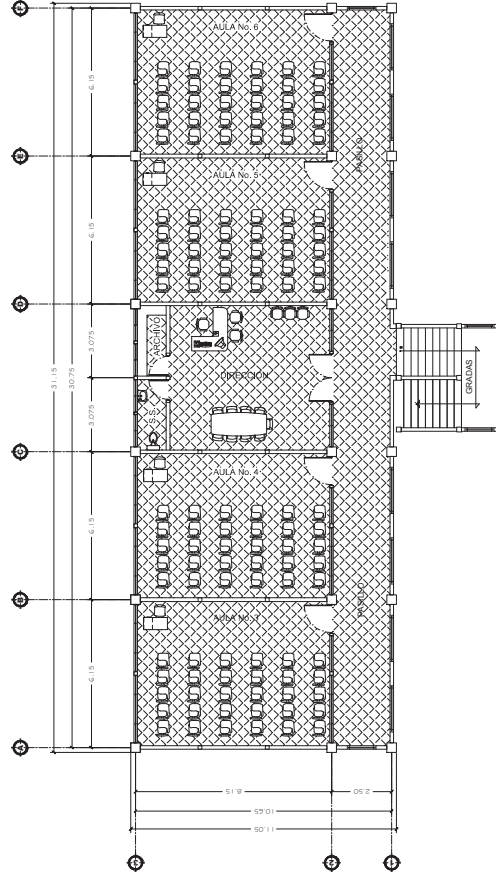
**PAGINA:**  
1

# PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA 1:200



PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:100



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE TITULACION  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

PROYECTO:

EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MEXICO DE EDUCACION BASICA  
ALTA VERAPAZ, TACTIC, ALTA VERAPAZ

CONTENIDO:

PLANTA AMUEBLADA

DISENYO:  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EFESISTA USAC

CALIFICACION:  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EFESISTA USAC

FECHA:  
14/05/2011

FECHA:  
14/05/2011

PAGINA NO.:

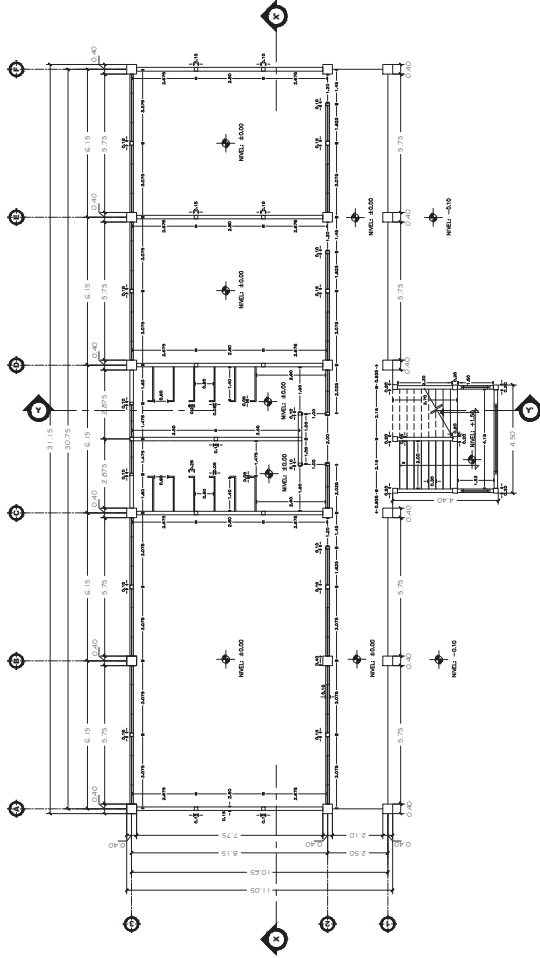
2

TOTAL PAGINAS:

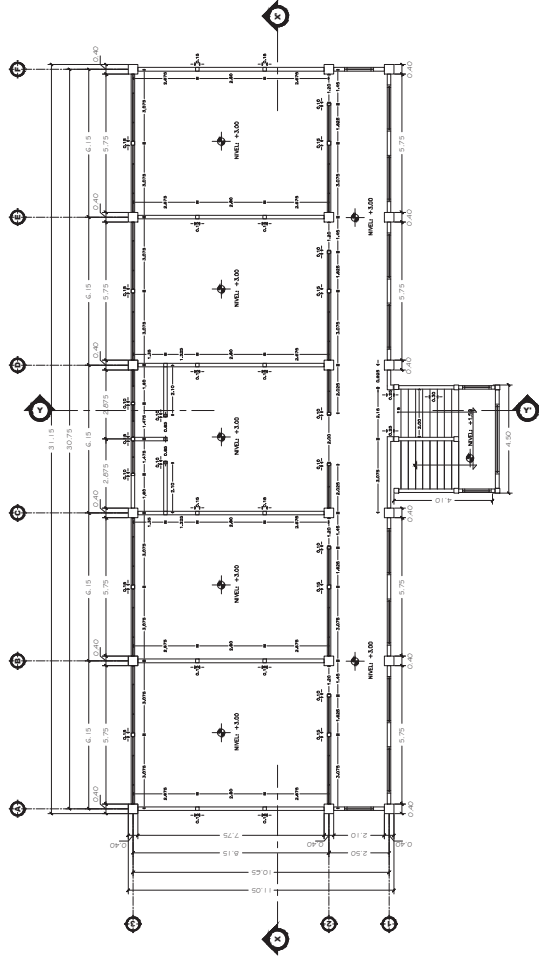
12

PROYECTISTA:

Ing. Sino Jose Rodriguez Serrano



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:100



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:100

**ESPECIFICACIONES:**

CONCRETO  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 ACERO  $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

**CARGA VIVA:**

500  $\text{kg/m}^2$  en pasillos  
 200  $\text{kg/m}^2$  en aulas  
 100  $\text{kg/m}^2$  en techos

s/acceso

**RECUBRIMIENTOS:**

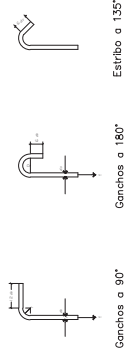
Zapatas = 0.070 mts.  
 Columnas = 0.040 mts.  
 Vigas = 0.050 mts.  
 Losas = 0.025 mts.

ESPESOR DE LOSA  $t = 0.15$  mts.

-El agregado grueso (piedrín) debe tener un tamaño mínimo de 1/2" y un máximo de 1".

-El levantado de muros se deberá hacer con block de pomez de 0.15 x 0.20 x 0.40 mts. y este debe ser colocado con sabieta de proporción 1:3 (cemento + arena de río).

**DIAMETROS MINIMOS DE DOBLADO:**



Ganchos a 90°

Ganchos a 180°

Estribo a 135°



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

PROYECTO:  
 EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MEXICO DE EDUCACION BASICA  
 ALTA VERAPAZ, TACTIC, ALTA VERAPAZ

CONTENIDO:  
 PLANTA ACOTADA

DISEÑO:  
 Andres S. Coronado Mendez  
 EFESISTA USAC

VERIFICA:  
 Andres S. Coronado Mendez  
 EFESISTA USAC

PROFESOR:  
 Ing. Sino Jose Rodriguez Serrano

FECHA:  
 2022/11/11

FECHA DE EMISION:  
 2022/11/11

FECHA DE REVISION:  
 2022/11/11

FECHA DE APROBACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11

FECHA DE CANCELACION:  
 2022/11/11





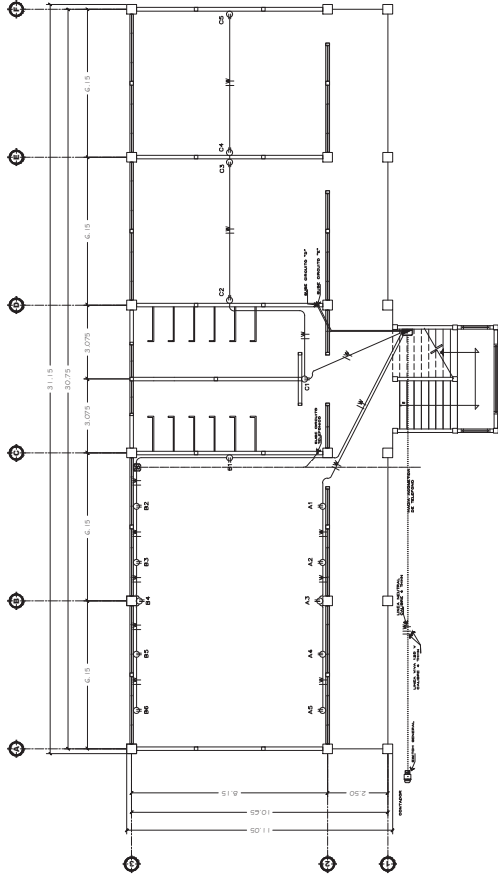




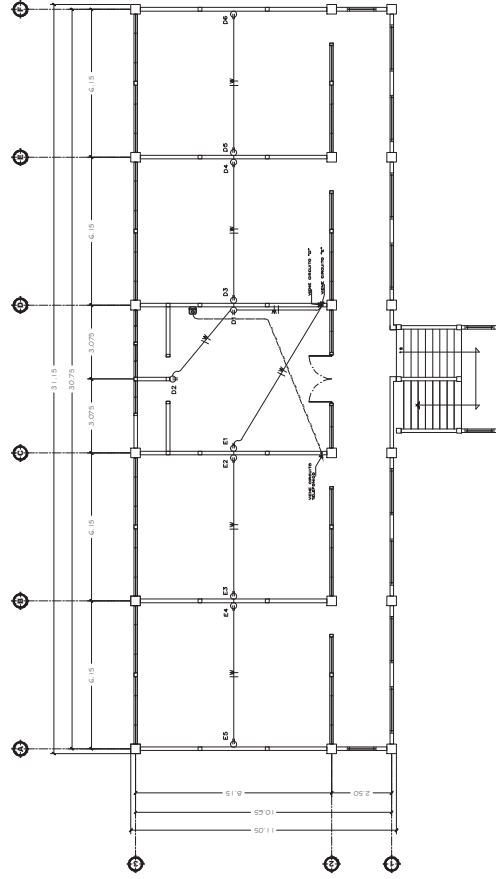








PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:100



PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:100

SIMBOLOGIA DE FUERZA Y ESPECIALES

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Tablero de distribución a 1.70 m S.N.P.T.
	Contador electrico
	Mn Switch general 120/240
	Tomacorriente doble 120 V a 0.30 m S.N.P.T.
	Entrada de telefono
	Unregulador calibre 12 THHN
	Linea Nro calibre 12 THHN o indicado
	Linea de retorno calibre 12 THHN o indicado
	Tuberia en planta
	Tuberia de asometida ø 1 1/2"
	Tubo PVC electrico ø
	Tubo PVC electrico ø
	1/2" Sistema telefonico
	C Indica circuito
	6 Indica numero de luminaria

PLANILLA DE CIRCUITOS

CIRCUITO UNIDADES	NIVEL	ENERGIA
A	Primero	110 V
B	Primero	110 V
C	Primero	110 V
D	Segundo	110 V
E	Segundo	110 V
TEL.	Ambos	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE GRADUACION  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

PROYECTO:

EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MEXICO DE EDUCACION BASICA  
ALTA VERAPAZ, TACTIC, ALTA VERAPAZ

CONTENIDO:

PLANTA DE INTALACION ELECTRICA (FUERZA)

FECHA:

11/05/2011

FECHA DE:

11/05/2011

DISEÑO:

Andrés S. Coronado Mendez

EFESISTA USAC

VERBA:

Ing. Sino Jose Rodriguez Serrano

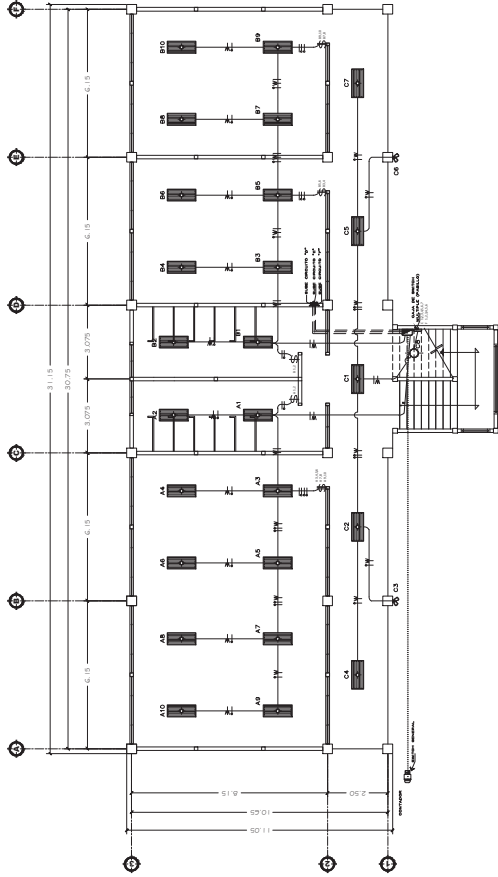
CALIFICACION:

Andrés S. Coronado Mendez

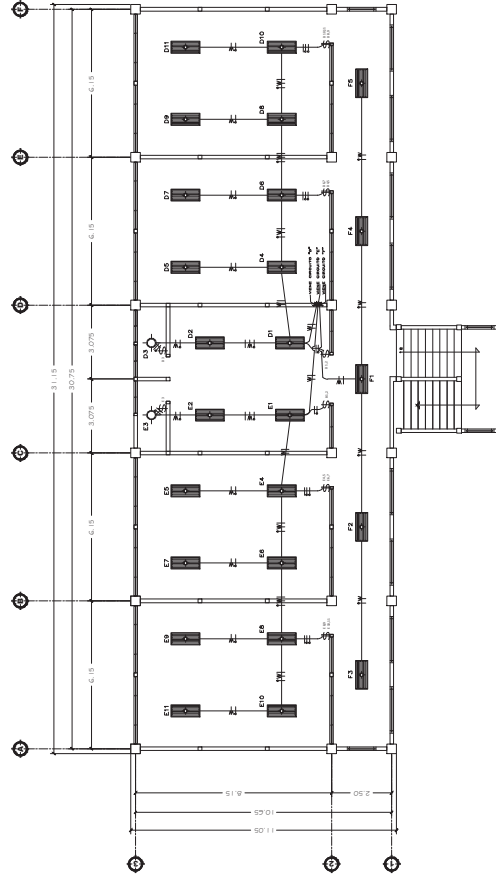
EFESISTA USAC

10

12



PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:100



PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:100

SIMBOLOGIA DE ILUMINACION	
	Tablero de iluminacion a 1.80 m S.N.P.T.
	Centador electrico
	RH Switch general 120/240
	Lampara en cielo (Plafonera)
	Lampara fluorescente en cielo
	Centador Doble a 2.60 m S.N.P.T.
	Centador simple a 1.30 m S.N.P.T.
	Centador doble a 1.30 m S.N.P.T.
	Centador triple a 1.30 m S.N.P.T.
	Caja de interruptor multiple a 1.30 m S.N.P.T.
	Conductor positivo
	Conductor neutro
	Retorno
	Tuberia en planta
	Tuberia acometida ø 1 1/2"
	Tuberia en cielo ø 3/4"
	Tuberia en piso, pared ø 3/4"
	C Indica circuito
	6 Indica numero de luminaria

PLANILLA DE CIRCUITOS		
CIRCUITO	UNIDADES	NIVEL ENERGIA
A	10	Primero 110 V
B	10	Primero 110 V
C	8	Primero 110 V
D	11	Segundo 110 V
E	11	Segundo 110 V
F	5	Segundo 110 V

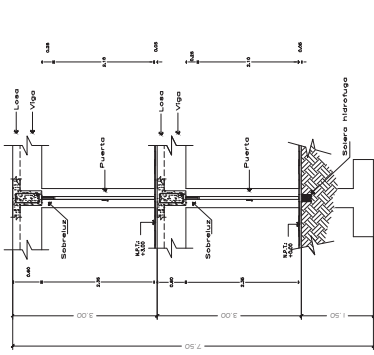


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE GRADUACION  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

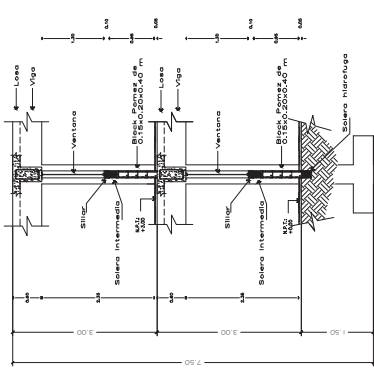
PROYECTO:

EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MEXICO DE EDUCACION BASICA  
ALTA VERAPAZ, TACTIC, ALTA VERAPAZ

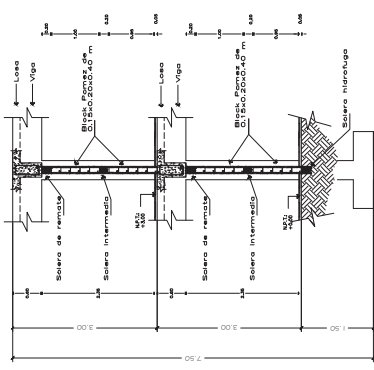
CONTENIDO:		FECHA:	
PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION)		ELABORADO:	11
DISEÑO: Andres S. Coronado Mendez EFESISTA USAC		REVISADO:	12
CALCULO: Andres S. Coronado Mendez EFESISTA USAC		ING. Sino Jose Rodriguez Serrano	



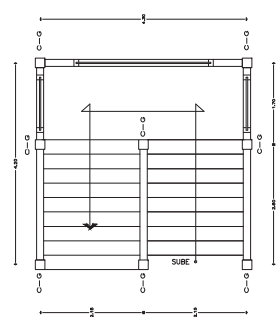
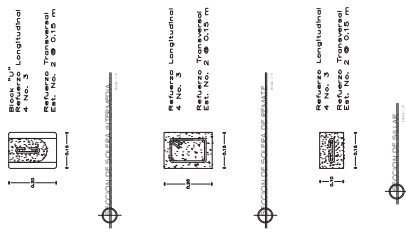
DETALLE TÍPICO DE MURO EN PUERTAS  
ESCALA 1:50



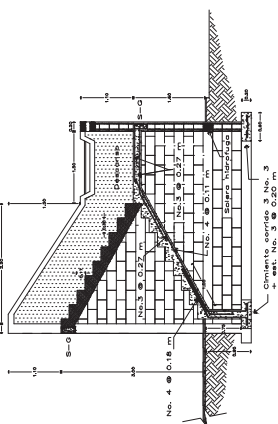
DETALLE TÍPICO DE MURO EN VENTANAS  
ESCALA 1:50



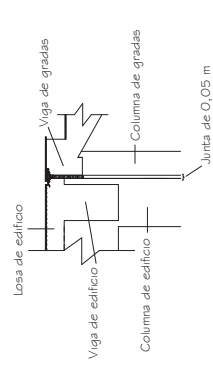
DETALLE TÍPICO DE MURO  
ESCALA 1:50



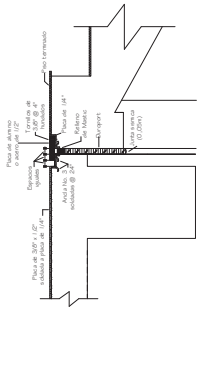
DETALLE DE MÓDULO DE GRADAS  
ESCALA 1:50



DETALLE DE ARMADO DE GRADAS  
ESCALA 1:50



DETALLE DE JUNTA EDIFICIO - GRADAS  
ESCALA 1:50



DETALLE DE JUNTA EDIFICIO - GRADAS  
ESCALA 1:50

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE TITULACION  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

**PROYECTO:**  
EDIFICIO PARA EL INSTITUTO MEXICO DE EDUCACION BASICA  
ALTA VERAPAZ, TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CONTENIDO:**  
DETALLES DE MUROS Y MÓDULO DE GRADAS

**DISEÑO:**  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EFESISTA USAC

**CALIFICACION:**  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EFESISTA USAC

**FECHA:**  
2023/11

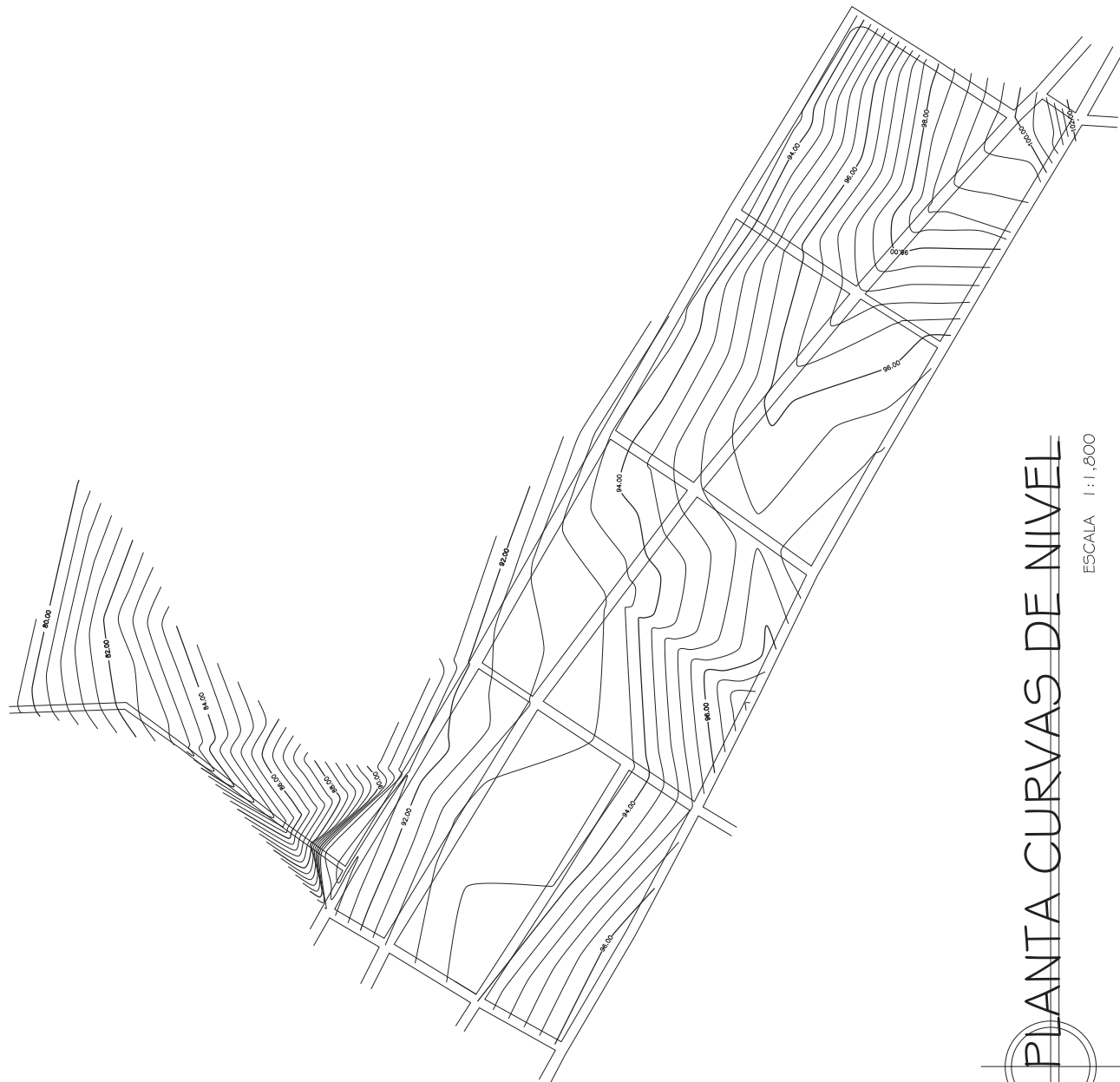
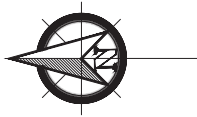
**FOLIO:**  
12

**TOTAL:**  
12

**VERBA:**  
Ing. Sino Jose Rodriguez Serrano

• Diseño hidráulico

TRAMO	P.V.	LONGITUD (Mts.)	COFTA DE TERRENO	S. TERRENO	AREA TRIBUTARIA (Hm <sup>2</sup> )	COEFICIENTE ESCORRENTIA	Tc	INTENSIDAD	DISEÑO S. TUBERIA	S. TUBERIA	SECCION LENA	RELACIONES HIRALICAS	v	QUEDEO	CGFA INWERT	ALTURA DE FORD (Mts.)	ANCHO ZANIA	VOZ. EXCA								
1	1	1	27.38	27.38	102.42	100.47	0.82478	0.1025	0.70	12.00	14.853	29.35	0.71	0.72	12.00	14.853	29.35	0.71								
	2	3	20.85	19.62	100.00	98.95	1.4789	0.4659	0.70	12.11	14.647	16.05	0.5	0.5	10	13.118	23.825	0.2533	0.83538	0.247	3.01	0.70	33.82			
	3	4	29.45	190.27	98.95	97.12	2.8978	0.9852	0.60	12.86	14.398	94.62	2	2	10	2.5010	226.225	0.7686	1.098409	0.644	2.74	0.70	116.85			
	4	5	37.45	302.76	97.12	95.13	4.2966	1.3679	0.50	13.54	14.152	65.82	1	1	10	2.5010	226.225	0.7686	1.098409	0.644	2.74	0.70	116.85			
	5	6	17.35	322.76	95.13	93.13	1.3381	0.4833	0.64	13.84	14.058	152.12	1	1	10	2.6793	195.648	0.7741	1.062618	0.663	2.98	0.70	168.30			
	6	7	81.42	624.18	93.13	93.25	2.3102	0.8881	0.50	14.32	13.968	133.84	1.4	1.2	2	2.3629	172.4102	0.7751	1.043654	0.661	2.11	0.70	210.26			
	7	8	77.84	602.12	93.25	92.86	0.9504	0.3221	0.68	14.89	13.714	275.54	1.1	1.5	2	2.4534	277.0077	0.8072	1.099688	0.661	2.77	0.70	188.19			
	8	9	85.31	588.33	92.86	93.39	-0.0158	0.3331	0.66	15.40	13.547	62.73	0.25	1.5	1	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	9	10	100.00	570.00	93.39	93.39	0.0000	0.3331	0.66	15.40	13.547	62.73	0.25	1.5	1	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	10	11	111	561.37	93.39	93.39	0.0000	0.3331	0.66	15.40	13.547	62.73	0.25	1.5	1	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
2	1	1	11.11	38.37	102.42	100.00	0.82478	0.1025	0.70	12.00	14.853	29.35	0.71	0.72	12.00	14.853	29.35	0.71								
	2	12	13	80.00	158.52	98.95	95.71	3.0144	0.5178	0.8138	0.75	0.389	12.37	146.56	157.38	2	2.8242	206.0066	0.8037	1.011778	0.654	3.11	0.70	125.98		
	3	13	14	75.49	224.21	95.71	95.16	0.7299	0.3453	1.1591	0.75	0.259	12.84	143.91	103.66	2	2.8242	206.0066	0.8037	1.011778	0.654	3.11	0.70	125.98		
	4	14	80.00	299.21	95.16	95.16	0.0000	0.3453	0.75	13.36	14.019	151.82	0.3	1.5	1	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	5	15	86.13	401.39	95.16	95.13	0.3213	0.4833	0.64	13.84	14.058	152.12	1	1.5	1	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	6	16	80.08	400.00	97.79	93.24	0.1697	0.1697	0.76	12.26	14.952	26.50	4	4	10	3.5369	179.2160	0.2802	0.822713	0.362	3.05	0.70	88.15			
	7	17	18	70.37	184.86	93.44	93.44	0.0000	0.253	12.75	14.221	93.24	1.5	1.5	10	2.4659	109.2475	0.8086	1.122111	0.707	2.63	0.70	89.14			
	8	19	21	31.33	324.20	92.86	93.34	-0.4850	0.303	13.78	14.075	151.48	0.5	1.5	1	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	9	20	21	30.74	404.94	93.34	92.86	0.2477	0.1851	1.3877	0.775	0.124	14.51	138.77	0.74	0.5	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33	
	10	21	80.00	405.74	93.34	92.86	0.8945	0.4288	0.65	15.33	13.677	107.49	0.5	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33				
3	1	22	23	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33	
	2	23	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	3	24	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	4	25	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	5	26	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	6	27	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	7	28	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	8	29	78.73	564.47	92.89	92.19	0.8815	0.5127	3.3659	0.877	0.340	16.15	132.26	128.87	0.1	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	9	30	31	88.24	58.24	96.21	94.00	3.7786	0.1804	0.1904	0.80	0.162	12.00	146.85	61.82	4	4	15	4.6346	528.3913	0.170	0.67775	0.23	2.10	0.70	34.82
	10	31	10	83.52	222.46	94.00	92.84	1.8179	0.8305	0.7839	0.78	0.463	12.21	146.10	187.85	1.7	3.0214	344.4050	0.5454	1.051221	0.624	3.08	0.70	163.22		
4	1	32	41.50	163.76	92.84	90.33	4.6977	1.02	0.8859	0.76	0.078	12.86	148.87	31.38	4	4	15	4.6346	528.3913	0.170	0.67775	0.23	2.10	0.70	34.82	
	2	33	41.50	163.76	92.84	90.33	4.6977	1.02	0.8859	0.76	0.078	12.86	148.87	31.38	4	4	15	4.6346	528.3913	0.170	0.67775	0.23	2.10	0.70	34.82	
	3	34	48.33	168.41	95.33	93.41	3.9270	0.8269	0.70	0.364	12.00	146.85	152.42	1.8	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	4	35	48.33	168.41	95.33	93.41	3.9270	0.8269	0.70	0.364	12.00	146.85	152.42	1.8	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33			
	5	36	42.86	158.70	92.86	92.19	1.4546	0.5127	1.643	0.866	0.718	12.27	145.91	291.03	2	1.5	2.6422	301.2204	0.8681	1.139126	0.418	3.02	0.70	129.79		
	6	37	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	7	38	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	8	39	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	9	40	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	10	41	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
5	1	42	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	2	43	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	3	44	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	4	45	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	5	46	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	6	47	35	86.19	86.19	94.00	93.39	0.4838	0.4106	0.72	0.297	12.00	146.85	121.18	0.25	1.5	1.587	132.2973	0.8283	1.055312	0.273	1.72	0.70	219.33		
	7	48																								



# PIANTA CURVAS DE NIVEL

ESCALA 1:1,800



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE INGENIERIA  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

**PROYECTO:**  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
BARRIO ASUNCION, TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CONTENIDO:**  
CURVAS DE NIVEL BARRIO ASUNCION

**DISEÑO:**  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EPESISTA USAC

**VALIDA:**  
Andrés S. Coronado Menéndez  
EPESISTA USAC

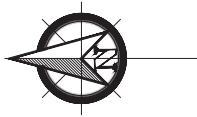
**FECHA:**  
2023-05-11

**FECHA DE APROBACION:**

**FOJA NO:**  
1

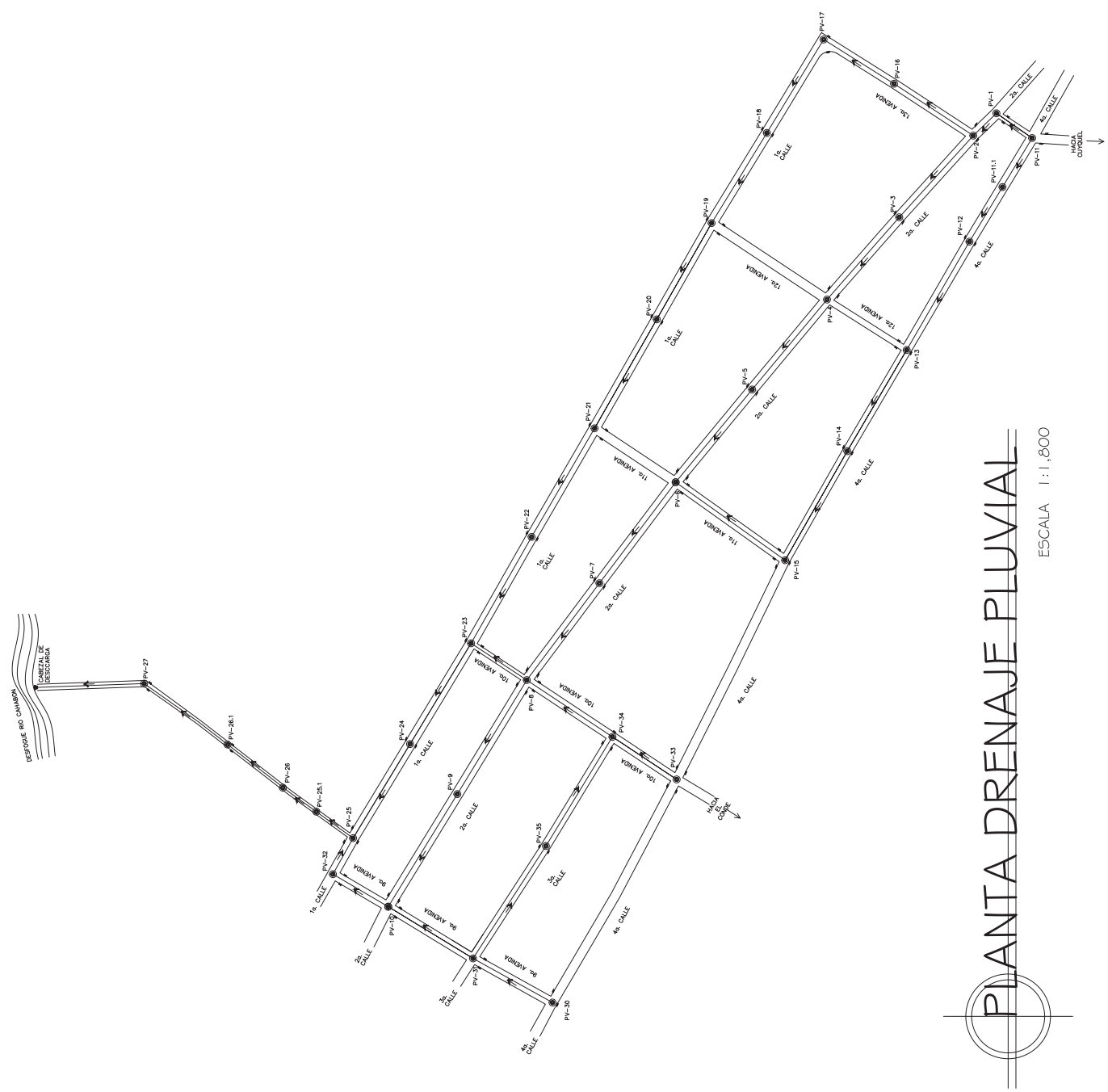
**TOTAL DE FOJAS:**  
8

**VALIDA:**  
Ing. Silvio Jose Rodriguez Serrano



NOMENCLATURA	
SIEMPRE	SIGNIFICADO
PV	Pozo de visita
-1	Numero de pozo de visita
H	Altura de piso de visita
CT	Cota de terreno
CI	Cota Invert. de entrada
CH	Cota Invert. de salida
S	Pendiente de la tubería
T PVC	Tubería de PVC ASTM 1949

SIMBOLOGIA	
SIEMPRE	SIGNIFICADO
→	Flujo de visita en planta
⊙	Trámite de sifón
→	Dirección de flujo de agua
↑	Pozo de visita en perfil
⊙	Tubería de tubería
⊙	Tubería de PVC
⊙	Conector de descarga parisi
⊙	Conector de descarga plomado



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO DE INGENIERIA CIVIL  
 MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

FECHA: 2023-01-11

ESCALA: 1:1,800

FOHO: 2

8

**PROYECTO:**  
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
 BARRIO ASENCION, TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CONTENIDO:**

PLANTA GENERAL

**PROYECTISTA:**  
 Andres S. Coronado Mamendez  
 EFESISTA USAC

**CLIENTE:**  
 Andres S. Coronado Mamendez  
 EFESISTA USAC

**COORDINADOR:**  
 Andres S. Coronado Mamendez  
 EFESISTA USAC

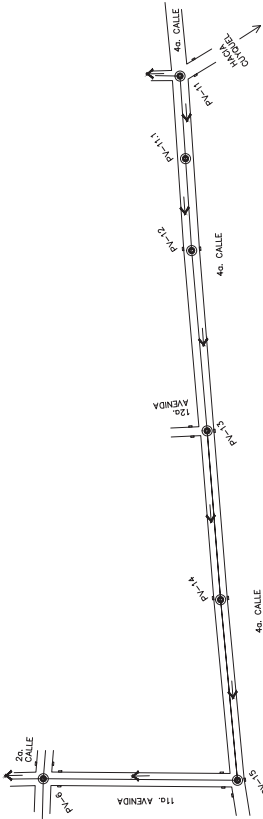
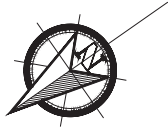
**REVISOR:**  
 Ing. Silvio Jose Rodriguez Serrano

# PLANTA DRENAJE PLUVIAL

ESCALA 1 : 1,800





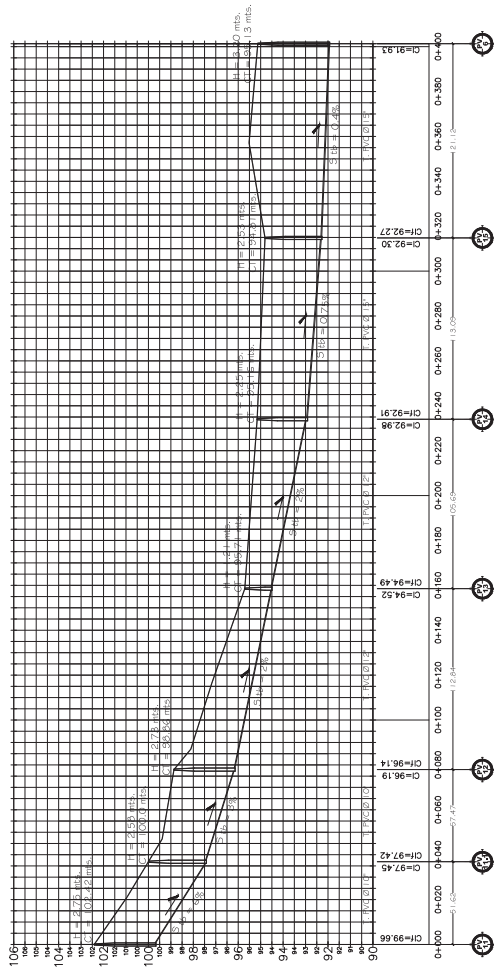


# PLANTA TRAMO 2

ESCALA 1:2,100

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
PVI	Punto de Vista
+	Inicio de Trazo
+	Fin de Trazo
+	Inicio de Zona de Vista
+	Fin de Zona de Vista
CT	Cota de Nivel
CT	Cota Total de Pavimento
CT	Cota Total de Substrato
CT	Cota Total de Base
P	Punto de Vista

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
○	Punto de Vista
+	Inicio de Trazo
+	Fin de Trazo
+	Inicio de Zona de Vista
+	Fin de Zona de Vista
CT	Cota de Nivel
CT	Cota Total de Pavimento
CT	Cota Total de Substrato
CT	Cota Total de Base
P	Punto de Vista



# PERFIL TRAMO 2

ESCALA V 1:210  
H 1:2,100

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE INGENIERIA  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

**PROYECTO:**  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
BARRIO ASOCIACION TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CONTENIDO:**  
PLANTA Y PERFIL TRAMO 2

**FECHA:**  
2023-01-11

**DISEÑO:**  
Andrés S. Coronado Mamendez  
EPESISTA USAC

**FECHA:**  
2023-01-11

**REVISOR:**  
Andrés S. Coronado Mamendez  
EPESISTA USAC

**FECHA:**  
2023-01-11

**PROFESOR:**  
Ing. Silvio Jose Rodriguez Serrano

**FECHA:**  
2023-01-11

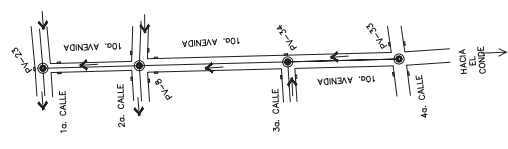
**PROFESOR:**  
Ing. Silvio Jose Rodriguez Serrano

**FECHA:**  
2023-01-11

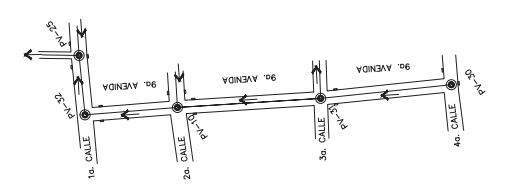
**PROFESOR:**  
Ing. Silvio Jose Rodriguez Serrano

**FECHA:**  
2023-01-11

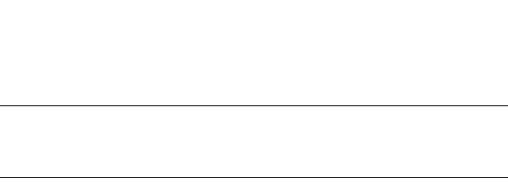




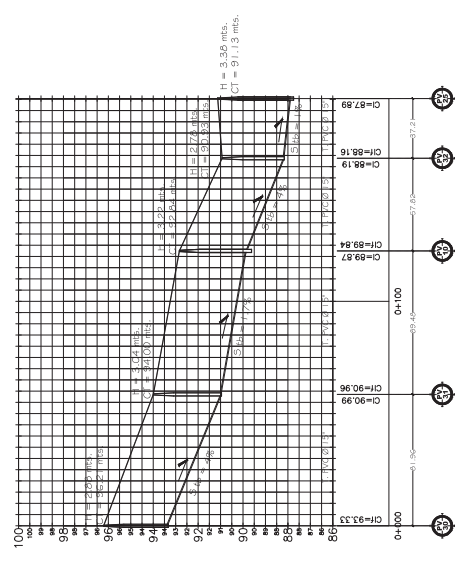
**PLANTA TRAMO 4**  
ESCALA V 1:2,100



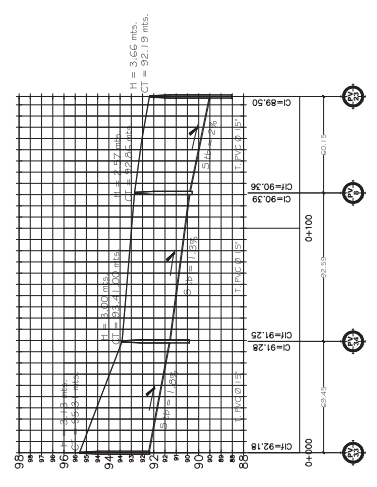
**PLANTA TRAMO 5**  
ESCALA V 1:2,100



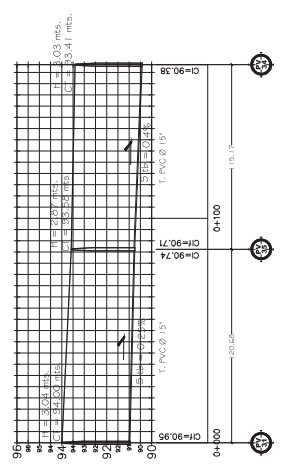
**PLANTA TRAMO 6**  
ESCALA V 1:2,100



**PERFIL TRAMO 4**  
ESCALA V 1:2,100  
ESCALA H 1:2,100



**PERFIL TRAMO 5**  
ESCALA V 1:2,100  
ESCALA H 1:2,100



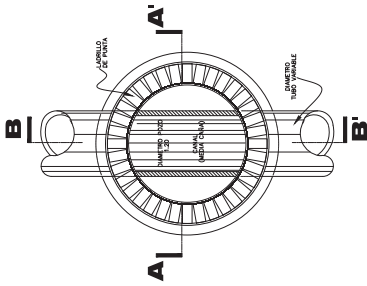
**PERFIL TRAMO 6**  
ESCALA V 1:2,100  
ESCALA H 1:2,100



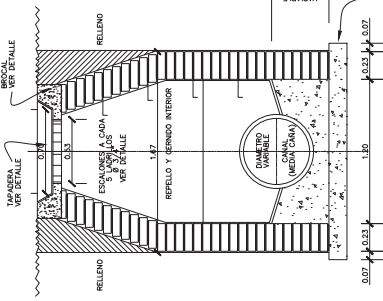
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE GRADUACION  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

**PROYECTO:**  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
BARRIO ASOCIACION TACTIC, ALTA VERAPAZ

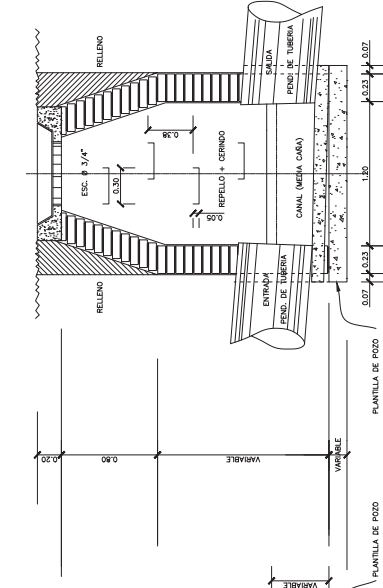
<b>CONTENIDO:</b>	PLANTA Y PERFIL - TRAMOS 4, 5 Y 6
<b>DISEÑO:</b>	Andrés S. Coronado Menéndez EPESISTA USAC
<b>VALIDACIÓN:</b>	Andrés S. Coronado Menéndez EPESISTA USAC
<b>PROFESOR:</b>	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
<b>FECHA:</b>	2023-05-11
<b>FECHA DE APROBACION:</b>	
<b>PÁGINA NO.</b>	6
<b>TOTAL PÁGINAS</b>	8



**PIANTA POZO**  
ESCALA 1:25

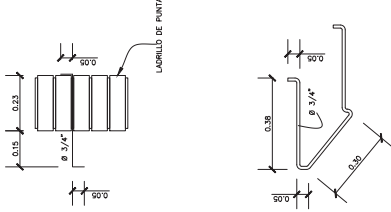


**SECCION A-A'**  
ESCALA 1:20

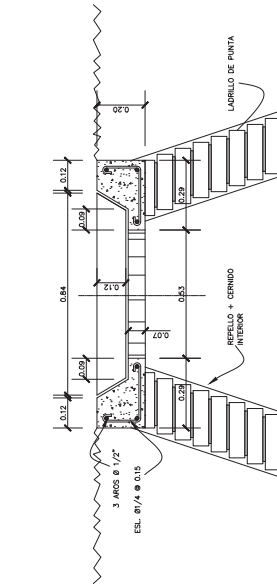


**SECCION B-B'**  
ESCALA 1:20

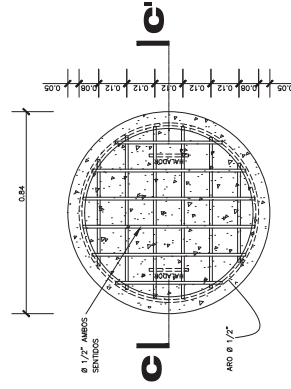
PLANTILLA PARA POZOS DE VISITA	
TIPO	ESCALA
TIPO A	1:20
TIPO B	1:20
TIPO C	1:20
TIPO D	1:20
TIPO E	1:20
TIPO F	1:20
TIPO G	1:20
TIPO H	1:20
TIPO I	1:20
TIPO J	1:20
TIPO K	1:20
TIPO L	1:20
TIPO M	1:20
TIPO N	1:20
TIPO O	1:20
TIPO P	1:20
TIPO Q	1:20
TIPO R	1:20
TIPO S	1:20
TIPO T	1:20
TIPO U	1:20
TIPO V	1:20
TIPO W	1:20
TIPO X	1:20
TIPO Y	1:20
TIPO Z	1:20



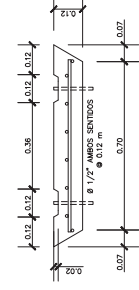
**DETALLE DE ESCALON**  
ESCALA 1:10



**DETALLE DE BROCAL**  
ESCALA 1:10



**PIANTA TAPADERA**  
ESCALA 1:10



**SECCION C-C'**  
ESCALA 1:10

**ESPECIFICACIONES**

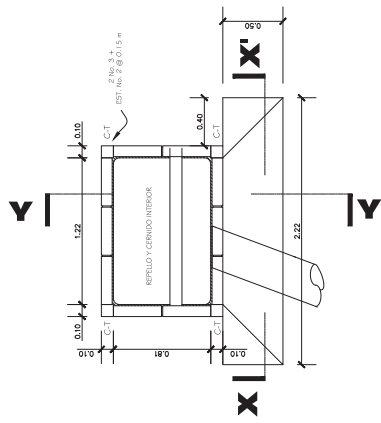
- El concreto tendrá una resistencia de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y proporción 1:2:3
- El acero deberá tener una resistencia de  $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$
- Laorijo toyojo de  $6 \times 11 \times 23 \text{ cm}$  y una resistencia  $f_m = 50 \text{ kg/cm}^2$
- Se utilizará mortero tipo abobeta de cemento-arena de río, proporción 1:3



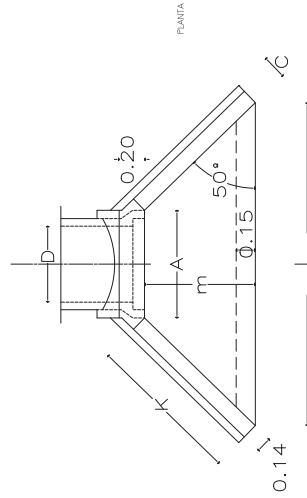
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO DE TITULACION  
MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

**PROYECTO:**  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
BARRIO ASISION, TACTIC, ALTA VERAPAZ

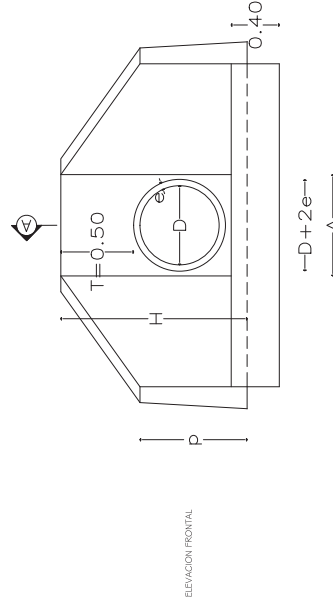
<b>CONTENIDO:</b>	DETALLES DE POZO DE VISITA
<b>DISEÑO:</b>	Andrés S. Coronado Menéndez EPESISTA USAC
<b>REALIZÓ:</b>	Andrés S. Coronado Menéndez EPESISTA USAC
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
<b>FECHA:</b>	2023-08-11
<b>FECHA:</b>	2023-08-11
<b>PÁGINA NO.</b>	7
<b>TOTAL PÁGS.</b>	8



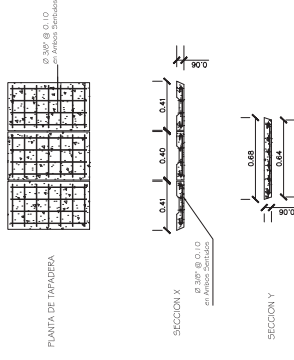
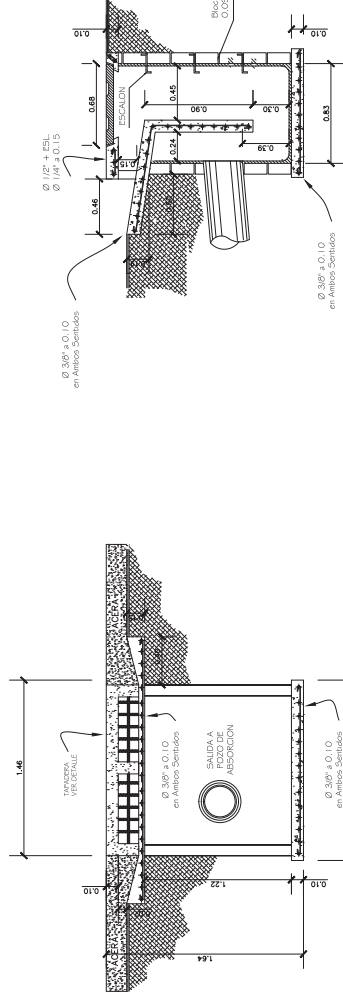
**PIANTA DE TRAGANTE**  
ESCALA 1:20



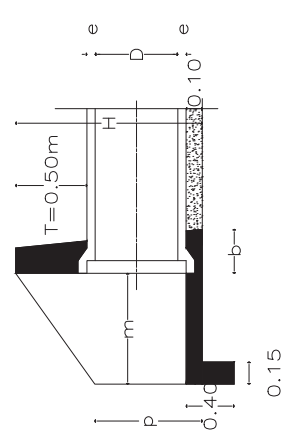
**SECCION X-X'**  
ESCALA 1:20



**SECCION Y-Y'**  
ESCALA 1:20



**DETALLES CABEZAL DE DESCARGA**  
ESCALA 1:20



**DETALLES TAPADERA**  
ESCALA 1:20

D	b	K	p	A	H	C	m	I
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.30	0.35	1.00	0.55	0.50	0.85	0.22	0.80	2.00

**ESPECIFICACIONES**

El concreto tendrá una resistencia de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y proporción 1:2:3  
 El acero deberá tener una resistencia de  $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$   
 Block de pomez de  $9 \times 13 \times 39 \text{ cm}$  y una resistencia  $25 \text{ kg/cm}^2$   
 Se utilizará mortero tipo sableta de cemento-arena de río, proporción 1:3



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO DE INGENIERIA  
 MUNICIPALIDAD DE TACTIC, ALTA VERAPAZ

**PROYECTO:**  
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
 BARRIO ASORCION, TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CONTENIDO:**  
 DETALLES DE TRAGANTES Y CABEZAL DE DESCARGA

**ASISTENTE:**  
 Andres S. Coronado Mendez  
 EPESISTA USAC

**ALUMNO:**  
 Andres S. Coronado Mendez  
 EPESISTA USAC

**FECHA:**  
 2023-03-11

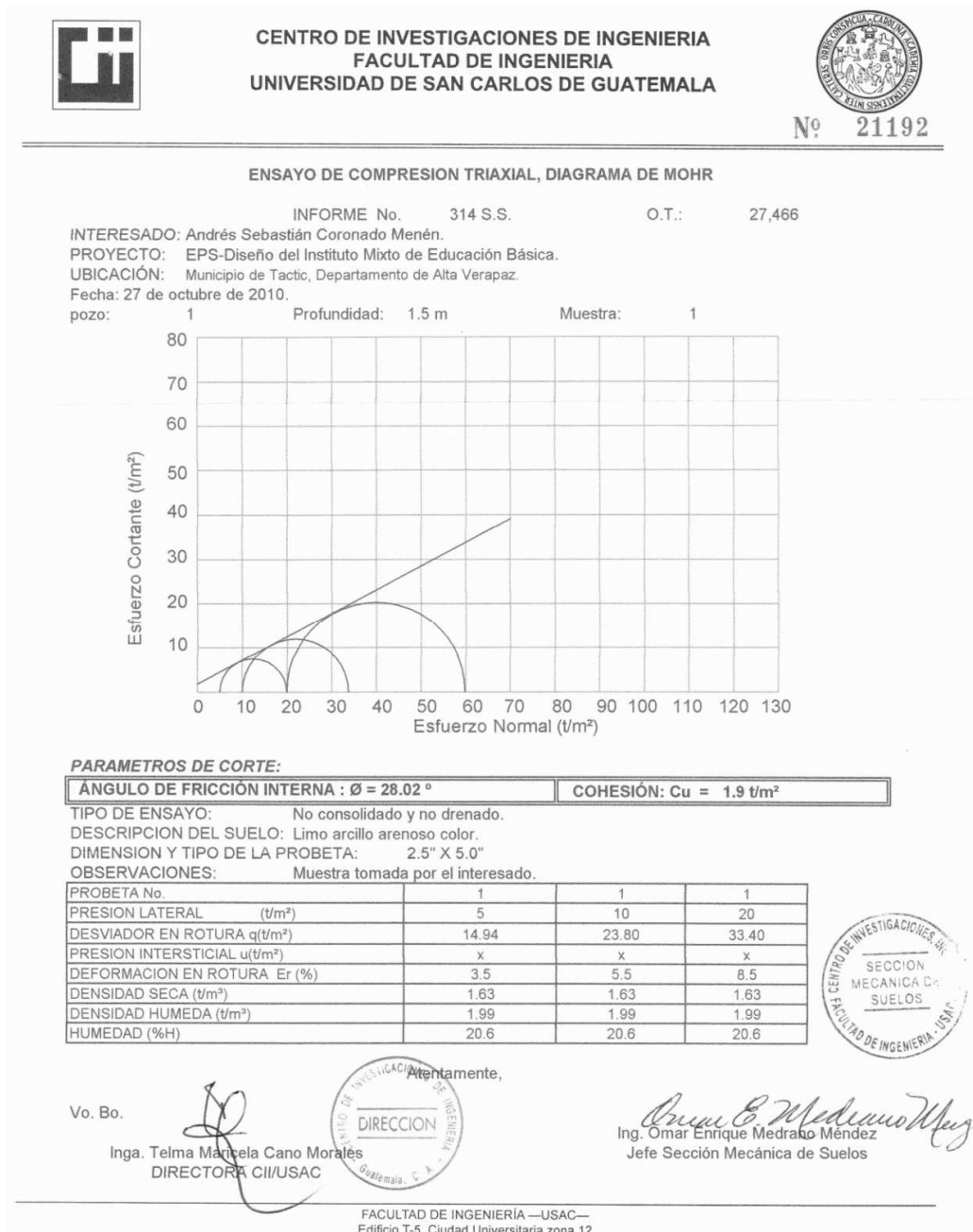
**FECHA DE APROBACION:**  
 2023-03-11

**NOTA INE:**  
 8

**VERIFICA:**  
 Ing. Silvio Jose Rodriguez Serrano

## ANEXO

- Resultado de ensayo triaxial



Fuente: Laboratorio de suelos, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

