



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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO  
LAS ESTRELLAS, Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y  
CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO  
NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE  
BARBERENA, SANTA ROSA**

**Luis Felipe Pérez García**

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, junio de 2010



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO  
LAS ESTRELLAS, Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y  
CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO  
NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE  
BARBERENA, SANTA ROSA**

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

POR

**LUIS FELIPE PÉREZ GARCÍA**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2010



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA a.i.	Inga. Mayra Grisela Corado

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Nicolás Guzmán Saenz
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS, Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 15 de octubre del 2003.

---

Luis Felipe Pérez García







UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 15 de marzo de 2010.  
Ref.EPS.DOC.505.03.10.

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 **Luis Felipe Pérez García** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9312838**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA”**.

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. Juan Merck Cos  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
JMC/ra







UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 15 de marzo de 2010.  
Ref.EPS.D.220.03.10

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 DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Felipe Pérez García**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos .

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

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

NISZ/ra







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



Guatemala,  
12 de mayo de 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Felipe Pérez García, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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 INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

Más de 130<sup>Años</sup> de Trabajo Académico y Mejora Continua







Guatemala,  
14 de abril 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Felipe Pérez García, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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 INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.



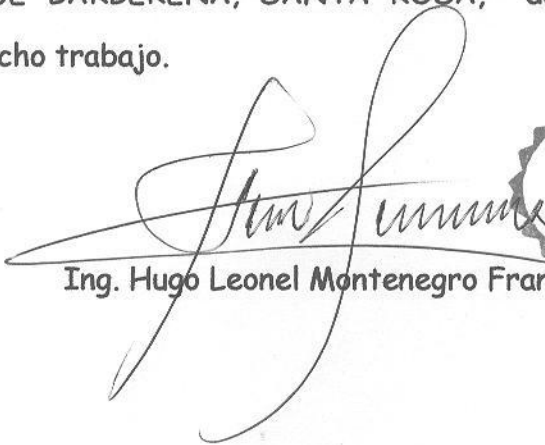




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Luis Felipe Pérez García, titulado DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS, Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio de 2010

/bbdeb.





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS, Y MURO DE CONTENCIÓN, GRADERÍOS Y CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA,** presentado por el estudiante universitario **Luis Felipe Pérez García,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, junio de 2010

/gdech



## **AGRADECIMIENTO A:**

- Dios** Por darme la vida, bendiciones y sabiduría para que mi meta fuera alcanzada.
- Mis padres** Por la confianza depositada en mí, brindándome con mucho sacrificio su apoyo moral y económico.
- Mi esposa** Por los alientos a terminar este trabajo
- Ing. Juan Merck Cos** Por su valiosa asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.
- Ing. Álvaro Illescas**  
**Ing. René Barrios** Por el apoyo brindado hacia mi persona.



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios** “Pues Él da la sabiduría y de su boca sale la inteligencia y la ciencia” (Proverbios 2,6)

**La Santísima Virgen**

**Mis padres** Felipe Pérez Tzoc y Marielena García de Pérez, por la responsabilidad, sacrificio y ejemplo puesto en la familia.

**Mi esposa** Brenda Judith Arrecis de Pérez, por su apoyo incondicional y el amor que me brinda día a día.

**Mis hijos** Vivian Edith, Luis Felipe de Jesús, Cristel Sofía, por ser mi felicidad.

**Mis hermanos** Sara, Beatriz, Marvin, Karina, Edy, José.

**Mis sobrinos** Lourdes, Débora, Mónica, Andrea, Raquel, José, Lesly, Javier, Karina.

**Mis suegros** Julio y Marta, al brindarme su valioso apoyo.

**Mis cuñados** Vidal, Evelia, Oscar.





# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XIX</b>
<b>1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Monografía del municipio de Barberena, Santa Rosa.....	1
1.1.1 Origen del nombre .....	1
1.1.2 Breves datos históricos.....	1
1.1.3 Fiesta titular .....	2
1.1.4 Extensión territorial y ubicación geográfica.....	2
1.1.5 Climatología y producción.....	3
1.1.6 Colindancias .....	3
1.1.7 Población .....	3
1.1.8 Actividad productiva.....	4
1.1.9 Servicios públicos .....	4
1.1.9.1 Educación.....	4
1.1.9.2 Comunicación.....	4
1.1.9.3 Salud .....	5
1.1.9.4 Agua potable.....	5
1.1.9.5 Drenajes .....	5
1.1.9.6 Energía eléctrica.....	5
1.2 Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Barberena, Santa Rosa .....	6
1.2.1 Descripción de las necesidades .....	6

1.2.2	Factibilidad técnica.....	6
1.2.3	Justificación social.....	6
1.2.4	Priorización de las necesidades .....	7
<b>2.</b>	<b>FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....</b>	<b>9</b>
2.1	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas.....	9
2.1.1	Teoría básica.....	9
2.1.1.1	Levantamiento topográfico.....	9
2.1.1.1.1	Planimetría.....	9
2.1.1.1.2	Altimetría.....	10
2.1.1.2	Tipo de sistema a usar.....	10
2.1.1.3	Periodo de diseño .....	11
2.1.1.4	Velocidad de diseño.....	12
2.1.1.5	Estimación de la población de diseño .....	12
2.1.1.6	Determinación del caudal de diseño .....	13
2.1.1.6.1	Dotación.....	13
2.1.1.6.2	Factor de caudal medio .....	13
2.1.1.6.3	Factor de flujo instantáneo.....	14
2.1.1.6.4	Caudal de conexiones ilícitas .....	14
2.1.1.6.5	Caudal de diseño .....	15
2.1.1.7	Determinación de pendientes .....	17
2.1.2	Diseño de la red alcantarillado sanitario.....	18
2.1.2.1	Descripción del proyecto.....	18
2.1.2.2	Cálculo de la población futura.....	18
2.1.2.3	Caudal domiciliar .....	19
2.1.2.4	Caudal de conexiones ilícitas.....	20
2.1.2.5	Caudal medio.....	20
2.1.2.6	Factor de caudal medio.....	20
2.1.2.7	Factor de flujo instantáneo.....	21

2.1.2.8	Cálculo de caudal de diseño .....	21
2.1.2.9	Cálculo de pendientes.....	21
2.1.2.10	Diseño del diámetro de la tubería.....	22
2.1.2.10.1	Verificación del cumplimiento de especificaciones hidráulicas .....	22
2.1.3	Obras accesorias.....	25
2.1.4	Cuadro de cálculo hidráulico.....	27
2.1.5	Sistema de descarga .....	30
2.1.6	Elaboración de planos .....	30
2.1.7	Presupuesto.....	30
2.2	Diseño del muro de contención.....	32
2.2.1	Descripción del proyecto.....	32
2.2.2	Localización .....	32
2.2.3	Levantamiento topográfico.....	32
2.2.3.1	Planimetría .....	32
2.2.3.2	Altimetría .....	33
2.2.4	Selección del tipo de muro.....	33
2.2.5	Diseño del muro.....	33
2.2.5.1	Predimensionamiento estructural .....	33
2.2.5.2	Modelos matemáticos para muros de contención ...	34
2.2.5.3	Cargas aplicadas a muros de contención .....	35
2.2.5.3.1	Cargas horizontales .....	35
2.2.5.3.2	Cargas verticales .....	36
2.2.5.4	Comprobación por volteo .....	36
2.2.5.5	Comprobación por deslizamiento .....	40
2.2.5.6	Comprobación por presiones .....	41
2.2.6	Presupuesto.....	43
2.2.7	Planos.....	44
2.3	Diseño del graderío para la cancha de basket ball. ....	45

2.3.1	Descripción del proyecto .....	45
2.3.2	Localización.....	45
2.3.3	Levantamiento topográfico .....	45
	2.3.3.1 Planimetría.....	45
	2.3.3.2 Altimetría.....	46
2.3.4	Tipo de estructura .....	46
2.3.5	Análisis estructural .....	46
	2.3.5.1 Predimensionamiento estructural.....	46
	2.3.5.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles .....	50
	2.3.5.3 Cargas aplicadas a marcos dúctiles .....	50
	2.3.5.3.1 Cargas verticales .....	50
	2.3.5.3.2 Cargas horizontales.....	52
2.3.6	Análisis estructural de marco .....	54
	2.3.6.1 Momentos últimos por envolvente de momentos.....	60
	2.3.6.2 Diagrama de corte .....	63
2.3.7	Diseño estructural .....	64
	2.3.7.1 Diseño de losas para los asientos .....	64
	2.3.7.2 Diseño de vigas .....	67
	2.3.7.3 Diseño de columnas .....	78
	2.3.7.4 Diseño de cimientos.....	88
2.3.8	Presupuesto .....	107
2.3.9	Planos .....	109
2.4	Diseño de la cubierta de la cancha de basket ball.....	110
	2.4.1 Descripción del proyecto .....	110
	2.4.2 Localización.....	110
	2.4.3 Selección del tipo de techo a utilizar .....	110
	2.4.4 Análisis estructural .....	110
	2.4.5 Diseño estructural según el tipo de techo seleccionado.....	119
	2.4.6 Presupuesto .....	158

2.4.7 Planos.....	160
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>161</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>163</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>167</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Mapa de localización del municipio de Barberena.....	2
2.	Presión atmosférica en las tuberías .....	17
3.	Predimensionamiento de muros por gravedad .....	34
4.	Medidas preliminares de muro de contención .....	34
5.	Modelo matemático del muro para el diseño .....	35
6.	Fuerzas horizontales que actúan en un muro de contención .....	35
7.	Fuerzas verticales que actúan en un muro de contención .....	36
8.	Diagrama de presiones .....	38
9.	División geométrica de muro de contención.....	39
10.	Diagrama de presiones en la base del muro .....	42
11.	Dimensiones finales de secciones de muro .....	43
12.	Planta típica, graderío para cancha de basket ball.....	48
13.	Cargas aplicadas al marco, sentido X .....	54
14.	Cargas aplicadas al marco, sentido Y .....	54
15.	Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), vigas, .....	55
16.	Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), vigas, marco .....	55
17.	Diagrama de momentos por sismo (kg-m), vigas, marco .....	55
18.	Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), columnas, .....	56
19.	Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), columnas, .....	56
20.	Diagrama de momentos por sismo (kg-m), columnas, .....	56
21.	Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), vigas, .....	57
22.	Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), vigas, .....	57
23.	Diagrama de momentos por sismo (kg-m), vigas, .....	58

24.	Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), columnas, .....	58
25.	Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), columnas, .....	59
26.	Diagrama de momentos por sismo (kg-m), columnas, .....	59
27.	Diagrama de momentos últimos (kg-m), vigas, marco dúctil.....	61
28.	Diagrama de momentos últimos (kg-m), columnas, marco .....	61
29.	Diagrama de momentos últimos (kg-m), vigas, marco dúctil sentido Y .....	62
30.	Diagrama de momentos últimos (kg-m), columnas, marco dúctil sentido Y ..	62
31.	Diagrama de cortes últimos (kg), vigas, marco dúctil .....	63
32.	Diagrama de cortes últimos (kg), columnas, marco dúctil sentido X .....	63
33.	Diagrama de cortes últimos (kg), viga, marco dúctil sentido Y .....	63
34.	Diagrama de cortes últimos (kg), columnas, marco dúctil sentido Y .....	64
35.	Armado final de viga V2, sentido X .....	71
36.	Diagrama de corte actuante y corte resistente .....	75
37.	Armado final de viga V1, sentido Y .....	77
38.	Armado final de columna .....	87
39.	Esquema de espaciamiento de estribos en columna .....	87
40.	Comprobación por corte simple .....	90
41.	Comprobación por corte punzonante .....	91
42.	Armado final de zapata tipo Z-2 .....	94
43.	Esfuerzos en el terreno .....	97
44.	Análisis de zapata .....	98
45.	Comprobación por corte simple .....	101
46.	Comprobación por corte punzonante .....	102
47.	Medidas finales de zapata Z-1 .....	103
48.	Posición del acero de refuerzo en sentido X .....	104
49.	Posición del acero de refuerzo en sentido Y .....	105
50.	Detalle de zapata Z-1 .....	107
51.	Planta acotada, cancha de basket ball.....	111
52.	Cargas aplicadas al marco, sentido X.....	115



53.	Carga horizontal aplicada a columna, sentido Y .....	115
54.	Diagrama de momentos últimos (kg-m), vigas, marco dúctil sentido X .....	117
55.	Diagrama de momentos últimos (kg-m), columnas, marco dúctil sentido X .....	117
56.	Diagrama de momento último (kg-m), columna, sentido Y .....	118
57.	Diagrama de cortes últimos (kg), vigas, marco dúctil sentido X .....	118
58.	Diagrama de cortes últimos (kg), columnas, marco dúctil sentido X .....	119
59.	Diagrama de corte último (kg), columna, sentido Y .....	119
60.	Diagrama de relación flecha / luz .....	120
61.	Medidas finales de la cubierta .....	121
62.	Diagrama de corte actuante y corte resistente .....	127
63.	Armado final de viga, tramo A – B .....	129
64.	Detalle de canal .....	129
65.	Armado final de columna .....	138
66.	Esquema de espaciamiento de estribos en columna .....	139
67.	Comprobación por corte simple .....	142
68.	Comprobación por corte punzonante .....	143
69.	Armado final de zapata tipo Z-2 .....	146
70.	Esfuerzos en el terreno .....	148
71.	Análisis de zapata .....	149
72.	Comprobación por corte simple .....	152
73.	Comprobación por corte punzonante .....	154
74.	Medidas finales de zapata Z-1 .....	155
75.	Posición del acero de refuerzo en sentido X .....	155
76.	Posición del acero de refuerzo en sentido Y .....	157
77.	Detalle de zapata Z-1 .....	158

## TABLAS

I.	Censo poblacional del año 2002.....	03
II.	Principales actividades productivas.....	03
III.	Datos para el diseño hidráulico.....	20
IV.	Diseño hidráulico de drenaje sanitario.....	29
V.	Diseño hidráulico de drenaje sanitario.....	30
VI.	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas.....	32
VII.	Momentos de volteo con respecto al punto "A".....	42
VIII.	Presupuesto muro de contención.....	46
IX.	Altura o espesores mínimos de vigas.....	50
X.	Área de acero requerido para valores mayores de momento último actuante en viga V2, sentido X.....	67
XI.	Área de acero requerido para valores mayores de momento último actuante en viga V1, sentido Y.....	71
XII.	Presupuesto del graderío.....	106
XIII.	Área de acero requerido para momentos últimos negativos.....	123
XIV.	Área de acero requerido para momentos últimos positivos.....	123
XV.	Presupuesto de la cubierta de la cancha de basket ball.....	160
XVI.	Valor soporte admisible, según tipo de suelo.....	169

## GLOSARIO

<b>ACI</b>	Siglas de American Concrete Institute
<b>Aguas negras</b>	Son las aguas que una vez utilizadas son retiradas de una vivienda, comercio o industria, tienen una relación directa con el caudal que ingresa ya que una menor parte es consumida en diversos usos.
<b>Alcantarillado sanitario</b>	Es el conjunto de obras accesorias y tuberías o conductos cerrados, que normalmente trabajan como canales a través de los cuales corren las aguas negras.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que sirve para medir las diferencias de altura de un terreno referenciadas a un punto.
<b>Área tributaria</b>	Área de carga que afecta a un elemento estructural.
<b>Axial</b>	Relativo al eje. Que forma un eje.
<b>Banco de marca</b>	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.
<b>Biaxial</b>	Que posee dos ejes

<b>Caudal</b>	Es un volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.
<b>Caudal comercial</b>	Es el volumen de aguas negras que se desechan de los comercios.
<b>Caudal doméstico</b>	Es el caudal de aguas negras que se desechan de las viviendas.
<b>Caudal de infiltración</b>	Es el caudal de agua subterránea que se infiltra en la tubería.
<b>Colector</b>	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
<b>Colector principal</b>	Sucesión de tramos que, partiendo de la descarga, siguen la dirección de los gastos mayores.
<b>Colector secundario</b>	Sucesión de tramos que, partiendo del colector principal, siguen la dirección de los gastos mayores.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde la tubería de la vivienda hasta el colector domiciliar.
<b>Corte basal</b>	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructura.

<b>Cota invert</b>	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
<b>Densidad de viviendas</b>	Es la relación que existe entre el número de vivienda por unidad de área.
<b>Descarga</b>	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las que deben estar tratadas, en un cuerpo receptor.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
<b>Estribo</b>	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
<b>Factor de caudal medio</b>	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
<b>Factor de retorno</b>	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
<b>Factor de rugosidad</b>	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería dependiendo del material con que sea fabricada.
<b>Pendiente</b>	Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal diseñada para que el agua que conducen las tuberías se desplacen libremente a través de ella

haciendo uso de la fuerza de gravedad, la cual en alcantarillados cumple con especificaciones establecidas.

**Período de diseño** Tiempo durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.

**Planimetría** Parte de la topografía que se emplea para medir superficies planas de terreno.

**Rigidez** Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos

**SEAOC** Structural Engineers Association of California (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)

**Tirante** Altura de las aguas negras dentro de la tubería.

**Viga** Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión.

## **RESUMEN**

El presente informe es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, el cual describe los proyectos planificados en diferentes sectores de la cabecera municipal de Barberena, dando como resultado el diseño del alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas, muro de contención, graderíos y cubierta de la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica.

En la fase 1, se realizó un estudio monográfico y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura, para el efecto se contó con el apoyo de la municipalidad y los comités que proporcionaron los datos e información necesaria e identificar los de mayor necesidad.

En la fase 2 se presenta, en forma detallada, cada uno de los aspectos técnicos que se utilizaron para el diseño de los proyectos mencionados; también se presentan los presupuestos para la ejecución de cada uno de ellos, y en el apéndice se adjuntan los planos correspondientes a cada proyecto.





# OBJETIVOS

- **General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas y muro de contención, graderíos y cubierta de la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica, Barberena, Santa Rosa.

- **Específicos:**

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Barberena, Santa Rosa.
2. Capacitar al personal de la Unidad Técnica Municipal sobre aspectos de mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.



## INTRODUCCIÓN

El informe que se presenta a continuación, contiene el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en el municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa, específicamente en la cabecera municipal.

Se practicó un diagnóstico para determinar las necesidades más urgentes en cuanto a servicios básicos e infraestructura, concluyendo como los más urgentes el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas y el diseño de un muro de contención, graderíos y cubierta de la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica.

Con estos proyectos, se pretende disminuir las necesidades y beneficiar a los habitantes de dicho barrio, con el sistema de alcantarillado sanitario y a los estudiantes del instituto con el mejoramiento de las instalaciones. Los criterios principales que se aplicaron son para implementar soluciones, que se adapten de manera efectiva a cada situación en particular. En el caso del alcantarillado sanitario, se beneficiará directamente a 375 personas, el tipo de tubería a usar es de pvc, norma 3034, el costo al que asciende el proyecto es de Q. 365,297.41, el proyecto de muro de contención, graderíos y cubierta de la cancha benefician a 600 estudiantes y el costo asciende a Q. 2,312,830.18.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Monografía del municipio de Barberena, Santa Rosa**

### **1.1.1 Origen del nombre**

Este municipio antiguamente se llamaba Corral de Piedra, por los cercos contruidos de piedra donde encerraban ganado. Durante el gobierno del General Miguel García Granados, es nombrado jefe militar el General Justo Rufino Barrios, para la pacificación de los departamentos de Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa. En una visita a estos departamentos a su paso por Corral de Piedra, en un almuerzo que le dieron los vecinos, estos aprovecharon para manifestarle que les hiciera al favor de cambiarle el nombre a su aldea. El General Justo Rufino Barrios, que no se lo esperaba, reaccionó y le dio el nombre de Barberena, este era el apellido de su secretario particular el Licenciado José Barberena, quien lo acompañaba en aquella oportunidad.

### **1.1.2 Breves datos históricos**

Los terrenos de Barberena formaban en la antigüedad, grandes haciendas conocidas con los nombres de San Ramón, las Hastas del Zapote y Corral de Piedra, tomando este último nombre toda la comarca, hasta que el General Justo Rufino Barrios, a su paso por dicho lugar, le diera el nombre de su secretario particular. El municipio fue creado por acuerdo gubernativo del 20 de diciembre de 1879. Promediando el siglo XVIII no existía Barberena sino solo la hacienda Corral de Piedra, que pertenecía al curato de Cuajiniquilapa o Los Esclavos. Sus habitantes hablaban chortí.

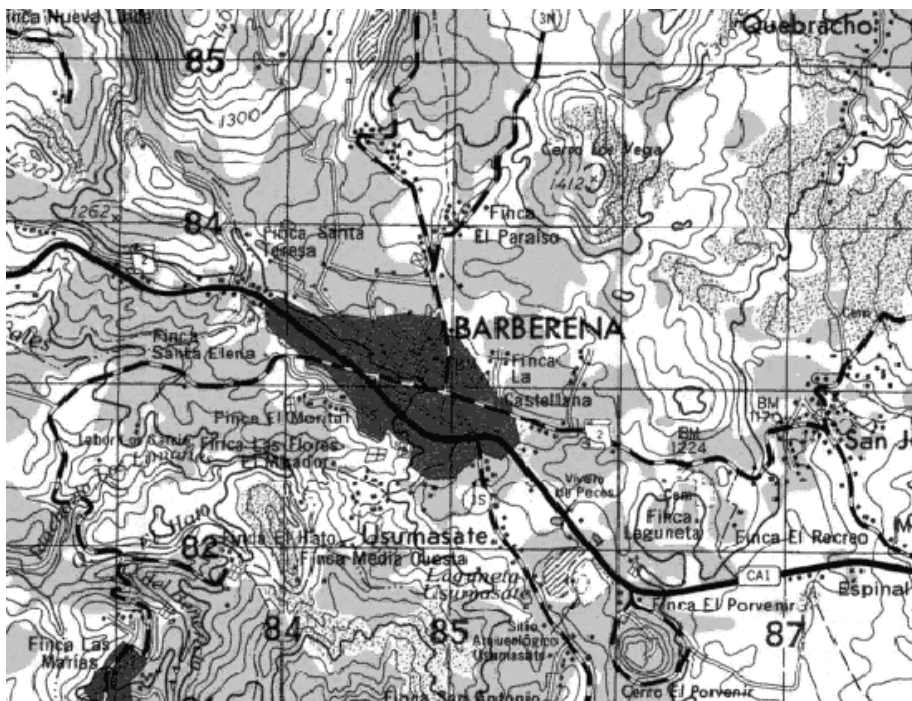
### 1.1.3 Fiesta titular

El municipio de Barberena celebra su fiesta titular en honor a la Virgen de la Merced, del 1 al 6 de enero.

### 1.1.4 Extensión territorial y ubicación geográfica

Barberena cuenta con una extensión territorial aproximada de doscientos noventa y cuatro (294) kilómetros cuadrados. La cabecera municipal se encuentra a 1,069 m sobre el nivel del mar, latitud 14° 18' 26", longitud 90° 21' 33". Sobre la carretera CA-1 que conduce a San Cristóbal Frontera. Barberena, está aproximadamente a cincuenta y cuatro kilómetros de la capital y a nueve kilómetros de la cabecera departamental, Cuilapa.

**Figura 1. Mapa de localización del municipio de Barberena**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

### 1.1.5 Climatología y producción

El clima generalmente es templado, en época de verano varía a cálido, sus temperaturas oscilan entre 18.8 y 27.8 grados centígrados. La precipitación pluvial por año es de 1,990 mm. La humedad relativa es de 70.3%. La estación meteorológica más cercana es la de Los Esclavos. La riqueza principal está en sus fincas productoras de café. Siendo esencialmente agrícola, cosecha gran cantidad de maíz, frijol y otros productos de consumo básico.

### 1.1.6 Colindancias

Colinda al norte con Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y Fraijanes (Guatemala); al sur con Pueblo Nuevo Viñas (Santa Rosa) y Villa Canales (Guatemala); al este con Nueva Santa Rosa y Cuilapa (Santa Rosa) y al oeste con Pueblo Nuevo Viñas (Santa Rosa) y Villa Canales (Guatemala).

### 1.1.7 Población

La composición de la población, según datos del Instituto Nacional de Estadística, (I.N.E.), basada en el censo del año 2002, se muestra en la tabla I.

**Tabla I. Censo población del año 2002.**

Sexo		Área		Población total
Hombres	Mujeres	Urbana	Rural	
19,199	19,713	24,085	14,827	38,912

Fuente: Elaboración propia basada en el censo 2002, Instituto Nacional de Estadística.

### **1.1.8 Actividad productiva**

El municipio de Barberena en sus actividades económicas, cuenta con participación variada, tanto de las áreas productivas como de las de servicios y comercio, lo que refleja claramente el grado de desarrollo económico y social de la comunidad. A continuación se muestra los porcentajes para cada actividad en la tabla II.

**Tabla II. Principales actividades productivas**

<b>Actividades productivas</b>			
<b>Agroindustrial</b>	<b>Agrícola</b>	<b>Pecuaría</b>	<b>Artisanal</b>
84%	3%	3%	6%

Fuente: elaboración propia basada en la investigación de campo del grupo E.P.S., primer semestre 2001, Facultad de Ciencias Económicas.

### **1.1.9 Servicios públicos**

#### **1.1.9.1 Educación**

En la cabecera municipal funcionan los niveles educativos de pre-primaria, primaria y medio (ciclo básico y diversificado). Por su parte en las aldeas se imparten primaria y básicos y en las fincas únicamente se imparte el nivel primario.

#### **1.1.9.2 Comunicación**

Se identificaron las siguientes empresas que prestan los servicios de telefonía domiciliar, pública e inalámbrica: TELGUA. El servicio inalámbrico (celular) tiene una amplia cobertura en la cabecera municipal, ya que varias empresas proveen este servicio.



### **1.1.9.3 Salud**

Según información proporcionada por el Centro de Salud de la cabecera municipal, el municipio cuenta un puesto de salud en cinco aldeas, y una clínica médica ubicada en el palacio municipal donde la consulta es gratuita. También existen servicios de salud privados en el casco urbano, proporcionado por la Asociación de Caficultores de Oriente de Guatemala (ACOGUA), APROFAM, sanatorios y varias clínicas de médicos particulares

### **1.1.9.4 Agua potable**

El servicio tiene una cobertura del 95% en la cabecera municipal, aunque posee grandes dificultades, ya que en época de verano tiende a escasear. Por eso, se han visto en la necesidad de racionar el servicio.

Cabe mencionar que la deficiencia se debe a que se ha agotado el tiempo de vida útil de los proyectos y por el crecimiento poblacional.

### **1.1.9.5 Drenajes**

Este servicio es proporcionado por la municipalidad en un 90%, a nivel del casco urbano. No se cuenta con una planta de tratamiento, para el tratamiento de las aguas servidas de la cabecera municipal.

### **1.1.9.6 Energía eléctrica**

Los centros poblados del municipio cuentan con el servicio de energía eléctrica domiciliar y de alumbrado público, suministrados por la empresa Distribuidora de Energía Eléctrica de Oriente, S.A. –DEORSA-.

## **1.2 Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Barberena, Santa Rosa**

### **1.2.1 Descripción de las necesidades**

Alcantarillado: se presenta como la necesidad más urgente a resolver, que afrontan los vecinos del barrio Las Estrellas, debido a la falta de este, proliferan las aguas negras a flor de tierra, los cuales constituyen focos de contaminación que afectan la salud de la población.

Pavimentación de calles: es una necesidad a cubrir en este barrio, debido a que en época de invierno, la circulación de vehículos y peatones es dificultosa.

Otros: para lograr disponer el agua residual en forma adecuada es necesario construir una planta de tratamiento, donde desemboquen las aguas negras transportadas por el sistema de alcantarillado del casco urbano, también debe implementarse un sistema de recolección de basura.

### **1.2.2 Factibilidad técnica**

Las condiciones topográficas del terreno de el barrio Las Estrellas, presentó pendientes contrarias al flujo del caudal sanitario, estando estas entre el 4% y 4.5%, no impidiendo que el agua servida llegará al punto de descarga.

### **1.2.3 Justificación social**

El proyecto contribuirá al desarrollo de la comunidad, satisfaciendo sus necesidades, incrementando el desarrollo integral de los vecinos; con el fin de mejorar la calidad de salud y nivel de vida de los habitantes.

#### **1.2.4 Priorización de las necesidades**

De acuerdo con los resultados del diagnóstico, se determinó la priorización de las necesidades de la cabecera municipal de Barberena, de la siguiente manera:

- Sistema de alcantarillado sanitario
- Pavimentación de calles
- Sistema de recolección de basura



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

### **2.1 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas**

#### **2.1.1 Teoría básica**

##### **2.1.1.1 Levantamiento topográfico**

En el levantamiento topográfico se debe de tomar en cuenta el área edificada actualmente y la de futuro desarrollo, incluyendo la localización exacta de las calles y zonas edificadas o no; alineación municipal. Tanto en el levantamiento topográfico de la población, como en lo correspondiente a la línea de descarga se tendrán en cuenta las quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, etc.

##### **2.1.1.1.1 Planimetría**

El levantamiento planimétrico del barrio Las Estrellas, se realizó por medio del método de conservación del azimut, con vuelta de campana.

En este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito Sokisha Tm 20
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros de longitud
- 3 plomadas
- Brújula

### **2.1.1.1.2 Altimetría**

En el levantamiento altimétrico del barrio Las Estrellas, se utilizó el método de nivelación compuesta. Se usó el siguiente equipo:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 mts
- Estacas
- Pintura
- Clavos

### **2.1.1.2 Tipo de sistema a usar**

De acuerdo a su finalidad existen 3 tipos básicos de alcantarillado: la selección de cada uno de ellos dependerá de un estudio cuidadoso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico.

- a) Alcantarillado sanitario: consiste en un conjunto de tuberías que recogen las aguas servidas exclusivamente domiciliarias, comerciales e industriales.
- b) Alcantarillado pluvial: conduce únicamente aguas producto de las lluvias.
- c) Alcantarillado combinado: en éste se conducen tanto las aguas negras como las aguas pluviales. Este sistema en los últimos años se ha dejado de utilizar, pues sobre la base de múltiples estudios, se ha determinado que no es el adecuado para el saneamiento del ambiente, debido a que en la actualidad el

Ministerio de Medio Ambiente, exige el tratamiento de las aguas residuales y cuando llueve, el caudal de agua que transporta este sistema, es demasiado grande para una planta de tratamiento, dejando de cumplir la función para la que fue diseñada.

### **2.1.1.3 Período de diseño**

Es el período de tiempo en el cual el sistema de alcantarillado sanitario prestará el servicio de forma eficiente a la población, pasado este período es necesario rehabilitar el mismo.

Los sistemas de alcantarillado se proyectaran para periodos de 20 a 40 años, a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado sanitario, o de cualquier obra de ingeniería, se deben de considerar factores como la vida útil de las estructuras, equipos y componentes; tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste natural que sufren los materiales, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, también, la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible, el desarrollo urbanístico comercial o industrial de las áreas adyacentes.

En ciertas situaciones, se considera incluir, dentro del período de diseño, un tiempo de 1 ó 2 años adicionales, debido al tiempo que se lleva en gestionar el proyecto, para su respectiva autorización y desembolso económico. El período de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal –INFOM– es de 20 años. Para el presente proyecto se adoptó un período de diseño de 22 años.

#### **2.1.1.4 Velocidad de diseño**

Para este proyecto, la tubería a usar es PVC, norma ASTM 3034, se aconseja que la velocidad del flujo en las líneas del alcantarillado sanitario no sea menor de 0.60 m/seg, para prevenir asolvamiento en la tubería, proporcionando una acción de auto limpieza en la tubería, ni mayor de 3.00 m/seg. Sin embargo, los fabricantes de tuberías recomiendan valores menores y mayores de 0.40 m/seg como mínimo y 4.00 m/seg como máximo.

A velocidades mayores de 1.50 m/seg, deben tomarse consideraciones especiales respecto a ondas de presión, especialmente en caso que la tubería trabaje a sección llena (según catálogo técnico tuberías de PVC para alcantarillado sanitario de Tubovinil).

La velocidad mínima tiene como objetivo principal evitar la sedimentación de sólidos, que obstruya la libre circulación del flujo. El límite establecido para la velocidad máxima tiene como objetivo principal, evitar la abrasión que provocarían los sólidos que transporta el flujo.

#### **2.1.1.5 Estimación de la población de diseño**

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, se tienen varios métodos dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Método del crecimiento aritmético
- Método del crecimiento geométrico

Para la estimación de la población futura del barrio Las Estrellas, el método utilizado fue el incremento geométrico.



### **2.1.1.6 Determinación del caudal de diseño**

En sistemas sanitarios, el caudal de diseño será determinado de acuerdo con los parámetros siguientes:

#### **2.1.1.6.1 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros / habitante / día.

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidad de drenajes, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

La dotación del barrio Las Estrellas de 100 litros / hab / día, según la información proporcionada por la Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Barberena.

#### **2.1.1.6.2 Factor de caudal medio**

Este factor regula la aportación de caudal en la tubería, es la suma de los caudales domésticos, conexiones ilícitas, infiltración, comercial e industrial. Este factor debe estar dentro del siguiente rango:

$$0.002 \leq FQM \leq 0.005$$

Si da un valor menor al rango mínimo se tomará 0.002, y si por el contrario da un valor mayor al rango máximo se tomará 0.005

### **2.1.1.6.3 Factor de flujo instantáneo**

Es el factor que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas, se estén utilizando simultáneamente en una comunidad. Es llamado también Factor de Harmond (FH), regula un valor máximo de aportaciones por uso doméstico.

Este factor actúa principalmente en las horas picos, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje, se puede calcular para un tramo de la red, por medio de la fórmula siguiente:

$$FH = (18 + p^{1/2}) / (4 + p^{1/2})$$

Donde FH = Factor de Harmond  
P = Población en miles de habitantes

El factor de flujo instantáneo no es constante para todo el sistema de alcantarillado, varía por cada tramo, de acuerdo al número de habitantes acumulados en ese tramo, por lo tanto es diferente el valor de flujo actual al valor de flujo futuro.

### **2.1.1.6.4 Caudal de conexiones ilícitas**

Es el caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario, se estima un porcentaje de viviendas que puede realizar conexiones ilícitas, que varía del 0.5 % a 2.5%, según el Instituto de Fomento Municipal –INFOM-.

Este valor se puede tomar como un 10% mínimo del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas en donde no hay alcantarillado pluvial, deberá usarse un valor más alto.

Como el cómputo de caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, una de las formas para calcularlo es el método racional, el cual está dado por:

$$Q_{\text{ conexiones ilícitas}} = (CIA / 360 = CI (AX\%)) / 360$$

Donde:

- Q = Caudal (m<sup>3</sup> / seg)
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad de lluvia (mm / hora)
- A = Área que es factible conectar ilícitamente al sistema (Ha)

También se puede calcular por el método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria, el cual indica que se puede tomar un valor de 50 a 150 l / hab / día<sup>1</sup>. Este método, se utilizó para el desarrollo del presente proyecto, pues es el que más se apega a la realidad, y para efectos de cálculo se tomará el valor 75 l./hab/día.

#### **2.1.1.6.5 Caudal de diseño**

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de: caudal máximo de origen doméstico, caudal comercial, caudal industrial, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas.

---

<sup>1</sup> Elmer A gusto Guevara Gonzáles. Diseño de la red de drenajes sanitarios para la aldea La Campana, Municipio de Monjas, Departamento de Jalapa.

Para este proyecto en particular solo se toman en cuenta el caudal máximo de origen doméstico y el caudal de conexiones ilícitas.

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir, a la población actual y futura, para que funcione adecuadamente durante el período de diseño.

$$Q_{\text{dis actual}} = (\text{FQM}) (\text{FH actual}) (\text{Núm. de habitantes actual})$$

$$Q_{\text{dis futuro}} = (\text{FQM}) (\text{FH futuro}) (\text{Núm. de habitantes futuro})$$

Para el presente diseño de alcantarillado, el caudal de diseño será el valor crítico actual, en el cual se pueden producir taponamientos por la poca cantidad de flujo que circula por las tuberías, a la vez se realizó un chequeo para el final del período de diseño, cuando el tirante y la velocidad del flujo en la tubería será máximo. Otra forma de calcular el caudal de diseño es integrándolo directamente, por medio de la siguiente expresión:

$$q_{\text{dis}} = q_{\text{dom.}} \times \text{FH} + q_{\text{inf}} + q_{\text{c}} + q_{\text{con}} + q_{\text{ind}}$$

La diferencia entre ambos métodos, para el cálculo del caudal de diseño, puede notarse cuando las poblaciones son muy grandes, aunque la segunda forma integra todos los caudales reales, que se producen en un tramo de tubería pero puede producir diámetros mayores, repercutiendo en onerosos resultados económicos para el presupuesto del proyecto. En el diseño se utilizó el primer método por ser una población pequeña.

### 2.1.1.7 Determinación de pendientes

La pendiente mínima es la que provoca velocidades iguales o mayores a 0.40 mts/seg, y la pendiente máxima la que provoca velocidades menores o iguales a 4.00 m/seg, esto es para tubería de PVC. Para tubería de concreto la mínima iguales o mayores a 0.60 m/seg, y velocidad máxima no mayor de 3 m/seg.

$$S = \frac{(\text{cota inicial del terreno} - \text{cota final del terreno}) * 100}{\text{longitud del terreno}}$$

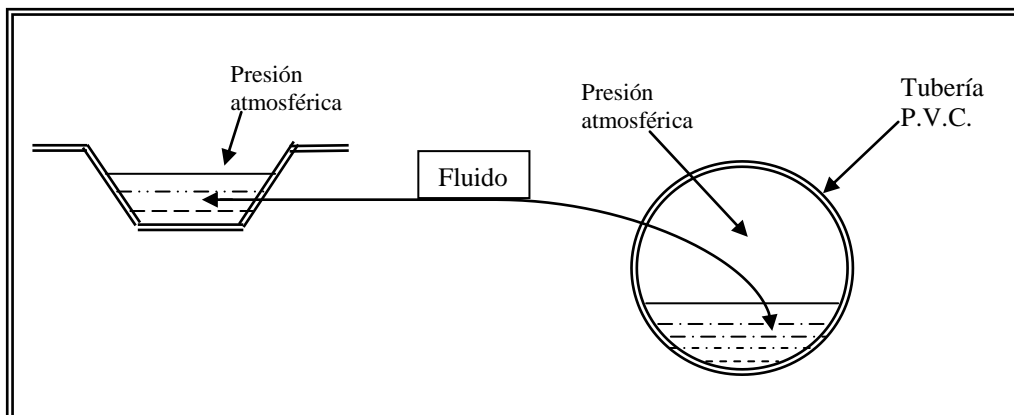
Donde:

S = pendiente

Para todo diseño de alcantarillado sanitario, es recomendable seguir la pendiente del terreno, tomando en cuenta siempre si la pendiente va a favor o en contra del sentido del fluido.

En sistemas de alcantarillado por gravedad, el flujo se encuentra en contacto directo con la atmósfera, por lo tanto, carece de cualquier tipo de presión como se muestra en la figura 2.

**Figura 2. Presión atmosférica en las tuberías**



## **2.1.2 Diseño de la red alcantarillado sanitario**

### **2.1.2.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, para el barrio Las Estrellas, estará conformado por 446.34 m de colectores, 60 domiciliarios, 7 pozos de visita y el desfogue será a una tubería existente de 10 pulgadas de diámetro.

La tubería que se utilizará será de PVC, siguiendo las especificaciones de instalación y diseño hidráulico, proporcionadas por la empresa que fabrica este tipo de tuberías, en este caso Tubovinil S.A.

Además se utilizarán las especificaciones del INFOM (Instituto de Fomento Municipal), para el diseño y construcción del sistema de alcantarillado sanitario para el área rural del país.

### **2.1.2.2 Cálculo de la población futura**

El método del incremento geométrico es el más utilizado para el cálculo de poblaciones en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población crece a un ritmo geométrico exponencial. Este método tiene la ventaja de que no necesita muchos datos para su aplicación y se adapta más a la realidad, su desventaja es que se puede sobreestimar la población. La fórmula de crecimiento geométrico es la siguiente:

$$P_f = P_o (1 + r)^n$$

Donde:  $P_f$  = Población futura  
 $P_o$  = Población de último censo  
 $r$  = Tasa de crecimiento  
 $n$  = Período de crecimiento

Es necesario tener conocimiento de la tasa de crecimiento de la cabecera municipal de Barberena, según el INE para este municipio corresponde una tasa de 2.6%.

La población actual del barrio Las Estrellas es de 375 habitantes, calculando la población para el período de diseño de 22 años se encuentra:

$$P_f = 375(1 + 0.026)^{22} = 659.6 \text{ hab.} \approx 660 \text{ habitantes.}$$

### 2.1.2.3 Caudal domiciliar

Este caudal se calculará para el tramo del PV-4 A PV-5 el cual tiene los siguientes datos:

**Tabla III. Datos para el diseño hidráulico.**

<b>Datos de PV-4 A PV-5</b>	
No. Viviendas acumuladas	83 viviendas
Población actual acumulada	498 habitantes
Población futura acumulada	876 habitantes
Tasa de crecimiento	2.6 %
Período de diseño	22 años
Densidad de vivienda	6 habitantes / casa
Dotación de agua potable	100 l / hab / día
Factor de retorno	0.75
Material a utilizar	tubería de P.V.C
Coefficiente de rugosidad	0.01
Diámetro propuesto	8 plg.
Cota inicial de terreno	997.44
Cota final de terreno	999.20
Distancia horizontal	36.18 m.

$$q_{\text{dom}} = \text{dotación} * \text{No. hab} * \text{fac retorno} / 86400$$

$$q_{\text{dom actual}} = (100 \text{ lts/hab/día}) * (498 \text{ hab}) * (0.75) / 86400 = 0.432 \text{ lts/seg}$$

$$q_{\text{dom futuro}} = (100 \text{ lts/hab/día}) * (876 \text{ hab}) * (0.75) / 86400 = 0.76 \text{ lts/seg}$$

#### **2.1.2.4 Caudal de conexiones ilícitas**

El caudal de conexiones ilícitas se relaciona directamente con el caudal de aguas pluviales, pero por no contar con datos suficientes para el cálculo de este por el método racional, y tomando en cuenta lo observado en el área del proyecto, se optó por estimar una dotación de 75 lts/hab/día, pues el agua de lluvia es utilizada para uso personal por los vecinos del barrio.

$$q_{\text{ilic actual}} = (75 \text{ lts/hab/día}) * (498 \text{ hab}) / 86400 = 0.432 \text{ lts/seg}$$

$$q_{\text{ilic futuro}} = (75 \text{ lts/hab/día}) * (876 \text{ hab}) / 86400 = 0.76 \text{ lts/seg}$$

#### **2.1.2.5 Caudal medio**

$$Q_{\text{med}} = q_{\text{dom}} + q_{\text{ilic}}$$

$$Q_{\text{med actual}} = 0.432 + 0.432 = 0.864 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{med futuro}} = 0.76 + 0.76 = 1.52 \text{ lts/seg}$$

#### **2.1.2.6 Factor de caudal medio**

El factor de caudal medio viene dado por:

$$FQM = Q_{\text{med}} / \text{No. hab}$$

Donde:

$$Q_{\text{med}} = \text{caudal medio}$$



$$FQM_{\text{actual}} = 0.864 / 498 = 0.0017$$

$$FQM_{\text{futuro}} = 1.52 / 876 = 0.0017$$

Siendo el factor de caudal medio constante para todo el proyecto y estando este fuera del rango de 0.002 a 0.005, se toma para el presente proyecto, el valor de 0.002.

### 2.1.2.7 Factor de flujo instantáneo

Fórmula de factor de flujo instantáneo o de Harmond  $FH = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{498/1000}}{4 + \sqrt{498/1000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{876/1000}}{4 + \sqrt{876/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = 3.975$$

$$FH_{\text{futuro}} = 3.836$$

### 2.1.2.8 Cálculo de caudal de diseño

$$Q_{\text{dis actual}} = (FQM) * (FH \text{ actual}) * (\text{núm. hab. actual})$$

$$Q_{\text{dis futuro}} = (FQM) * (FH \text{ futuro}) * (\text{núm. hab. futuro})$$

Caudal de diseño para el tramo del PV-A a PV-5

$$Q_{\text{dis actual}} = (0.002) * (3.975) * (498) = 3.96 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{dis futuro}} = (0.002) * (3.836) * (876) = 6.72 \text{ lts/seg}$$

### 2.1.2.9 Cálculo de pendientes

- Pendiente del terreno de PV-4 a PV-5 según datos de tabla III.

$$S_{\text{terreno}} = \frac{999.20 - 997.44}{36.18\text{m}} * 100 = 4.86\%$$

En este tramo la pendiente del terreno es contraria al flujo del caudal, por lo que se tomará para el tubo una pendiente de 1.2% en el sentido del flujo.

### 2.1.2.10 Diseño del diámetro de la tubería

- Velocidad a sección llena (V) de PV-4 a PV-5

Al utilizar la fórmula de Manning, para calcular la velocidad a sección llena de la tubería de diámetro 8 pulgadas, se tiene:

$$V = (1/n) \times (R)^{2/3} \times (s)^{1/2}$$

$$V = (1/0.010) \times (8 \times 0.0254/4)^{2/3} \times (1.2/100)^{1/2}$$

$$V = 1.503 \text{ m/seg}$$

- Caudal a sección llena (Q)

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

$$Q = 1.503 \times (\pi/4) (8 \times 0.0254)^2 \times (1000 \text{ lts} / 1 \text{ m}^3)$$

$$Q = 48.727 \text{ lts} / \text{seg}$$

#### 2.1.2.10.1 Verificación del cumplimiento de especificaciones hidráulicas

Con el caudal y la velocidad de flujo a sección llena, se comprueba que el caudal de diseño cumpla con las especificaciones de diseño.

$$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$$

$$q_{\text{diseño actual}} < Q_{\text{lleno}}$$

$$q_{\text{diseño futuro}} < Q_{\text{lleno}}$$

$$3.96 < 48.727$$

$$6.72 < 48.727$$

La relación  $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$  cumple, ahora se realiza la relación de caudales:

$$q/Q_{\text{actual}} = 3.96 / 48.727 = 0.081$$

$$q/Q_{\text{futuro}} = 6.72 / 48.727 = 0.138$$

Con los valores de las relaciones de  $q/Q$ , se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, la relación  $v/V$  correspondiente.

$$\frac{V_{\text{actual}}}{V} = 0.60$$

$$\frac{V_{\text{futuro}}}{V} = 0.701$$

Con las relaciones de velocidades encontradas y la velocidad a sección llena, se procede a calcular la velocidad a sección parcialmente llena:

$$v = (v/V) * V$$

Donde:  $v$  = Velocidad de diseño a sección parcialmente llena.

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

$V$  = Velocidad de sección llena según la pendiente asumida del tubo.

$$V_{\text{actual}} = 0.60 * 1.503 = 0.902 \text{ m/seg}$$

$$V_{\text{futura}} = 0.701 * 1.503 = 1.052 \text{ m/seg}$$

La relación d/D también se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, es la que expresa la relación entre el tirante de flujo en la alcantarilla y el diámetro de la tubería

$$\frac{d_{\text{actual}}}{D} = 0.192 \quad \frac{d_{\text{futura}}}{D} = 0.25$$

Se hace la comprobación de las velocidades correspondiente:

$$0.40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4.00 \text{ (m/seg) para PVC.}$$

$$0.40 \leq 0.902 \leq 4.00 \text{ (m/seg) actual}$$

$$0.40 \leq 1.051 \leq 4.00 \text{ (m/seg) futuro}$$

Ambas velocidades están en el rango permisible.

Es necesario hacer también la comprobación de las relaciones de tirantes, para cumplir con las especificaciones.

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

$$0.10 \leq 0.235 \leq 0.75 \text{ actual}$$

$$0.10 \leq 0.308 \leq 0.75 \text{ futuro}$$

Ambas relaciones están dentro del rango.

Por lo tanto, se cumplen las especificaciones de velocidades y tirantes máximos y mínimos, lo que confirma que el diámetro propuesto de 8" si es apto para el tramo del PV-4 a PV-5.

### **2.1.3 Obras accesorias**

Se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

- **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 periodo de diseño.

En la actualidad, hay empresas que se están dedicando a la fabricación de pozos de visita de PVC. Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos.

- Cambio de diámetro
- Cambio de pendiente
- Cambio de dirección horizontal para diámetros menores a 24 pulgadas.
- En la intersección de dos o más tuberías.
- En el extremo inicial de un tramo.
- A distancias no mayores de 100 metros, en línea recta de diámetro hasta 24 pulgadas.
- En distancias no mayores a 300 metros, en diámetros superiores a 24 pulgadas.

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

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita, sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert será como mínimo la diferencia de dichos diámetros.

Cuando la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale a un pozo de visita, sea mayor a 0.70 m, deberá diseñarse un accesorio especial, que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen dos tuberías, todas de igual diámetro, una de corrimiento y otra inicial, la tubería de corrimiento debe colocarse, por lo menos, un diámetro debajo de la tubería de ramal inicial y por lo menos a 0.03 m, de la tubería de llegada.

Cuando a un pozo de visita llegan dos o más tuberías todas de igual diámetro, la tubería de salida debe de colocarse por lo menos 0.03 m debajo de la tubería que llegue a mayor profundidad.

Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen 3 ramales, dos iniciales y uno de corrimiento, la tubería de corrimiento debe de colocarse, como mínimo, un diámetro debajo de la tubería del ramal inicial de mayor profundidad y por lo menos 0.03 m debajo de la tubería de llegada.

- **Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central.

Ésta consta de las siguientes partes:

- a) Caja de registro (candela domiciliar o acometida domiciliar)
- b) Tubería secundaria.

**a) Caja o candela:**

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente, el lado menor de la caja será de 45 cm, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas, éstos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central, la altura mínima de la candela será de 1 m.

**b) Tubería secundaria:**

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro mínimo de 4 pulgadas, debe tener una pendiente mínima del 2%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

**2.1.4 Cuadro de cálculo hidráulico.**

A continuación se presentan las tablas resumen del diseño hidráulico del alcantarillado del barrio Las Estrellas, ver tablas IV y V.

Tabla IV. Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario

  
**CUADRO DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARI**  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EPS INGENIERÍA CIVIL  
 MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA  
 PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LAS ESTRELLAS

DATOS	
DOTACION:	100 lts/hab/día
FACTOR DE RETORNO:	75 %
PERIODO DE DISEÑO:	22 años
HABITANTES/VIVIENDA:	6 hab.
TASA DE CRECIMIENTO:	2.6 %
FACTOR DE CAUDAL MEDIO:	0.002

DATOS DEL PROYECTO														DISEÑO					
DE	A	COTAS DE TERRENO		DH	S%	No. CASAS		HAB. ACT.		HAB. FUT		Fgm		FACT. HARM		Qd (lts./seg)			
		PV	FINAL			TERR.	LOCAL	ACUM	LOCAL	ACUM	LOCAL	ACUM	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	
EJE CENTRAL														49					
1	2	999.66	999.24	29.26	-1.44	3	52	18	312	32	549	0.002	0.002	4.071	3.953	2.54	4.34		
2	3	999.24	998.08	32.5	-3.57	7	62	42	372	74	654	0.002	0.002	4.037	3.911	3.00	5.12		
3	4	998.08	997.44	50.47	-1.27	0	70	0	420	0	739	0.002	0.002	4.012	3.881	3.37	5.74		
4	5	997.44	999.2	36.18	4.86	7	83	42	498	74	876	0.002	0.002	3.975	3.836	3.96	6.72		
5	6	999.2	997.2	47.93	-4.17	3	86	18	516	32	908	0.002	0.002	3.967	3.827	4.09	6.95		
6	7	997.2	994.58	47.96	-5.46	0	109	0	654	0	1150	0.002	0.002	3.911	3.760	5.12	8.65		
7	8	994.58	994	15.63	-3.71	0	109	0	654	0	1150	0.002	0.002	3.911	3.760	5.12	8.65		
RAMAL 1																			
9	10	999.3	999.32	18.94	0.11	3	3	18	18	32	32	0.002	0.002	4.386	4.350	0.16	0.28		
10	2	999.32	999.24	2.06	-3.88	0	3	0	18	0	32	0.002	0.002	4.386	4.350	0.16	0.28		
RAMAL 2																			
11	3	998.45	998.08	32.59	-1.14	8	8	48	48	84	84	0.002	0.002	4.318	4.264	0.41	0.72		
RAMAL 3																			
12	4	997.41	997.44	22.89	0.13	6	6	36	36	63	63	0.002	0.002	4.341	4.293	0.31	0.54		
RAMAL 4																			
13	6	994.68	997.2	57.49	4.38	11	11	66	66	116	116	0.002	0.002	4.289	4.225	0.57	0.98		
RAMAL 5																			
14	6	997.22	997.2	52.44	-0.04	11	12	66	72	116	127	0.002	0.002	4.280	4.214	0.62	1.07		



Tabla V. Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario

CUADRO DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITAI  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EPS INGENIERIA CIVIL  
 MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA  
 PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LAS ESTRELLAS



DISEÑO														
DE	A	DIAM	S(%)	COEF. "n"	SECCION LLENA		q/Q		v/V		d/D		v (m/s)	
PV	PV	plg	tubo	TUBO	V(m/s)	Q(lts/seg)	ACT	FUT	ACT	FUT	ACT	FUT	ACT	FUT
EJE CENTRAL														
1	2	8	1.44	0.01	1.643	53.293	0.0477	0.0814	0.513	0.600	0.148	0.192	0.842	0.986
2	3	8	2.83	0.01	2.307	74.830	0.0401	0.0684	0.486	0.572	0.136	0.177	1.122	1.319
3	4	8	1.27	0.01	1.545	50.090	0.0673	0.1145	0.568	0.664	0.175	0.228	0.877	1.026
4	5	8	1.20	0.01	1.503	48.727	0.0813	0.1379	0.600	0.701	0.192	0.250	0.902	1.053
5	6	8	1.20	0.01	1.503	48.727	0.0840	0.1426	0.606	0.709	0.195	0.255	0.910	1.065
6	7	8	1.25	0.01	1.534	49.732	0.1029	0.1739	0.644	0.750	0.216	0.282	0.987	1.150
7	8	8	3.55	0.01	2.584	83.810	0.0610	0.1032	0.552	0.644	0.167	0.216	1.426	1.664
RAMAL 1														
9	10	6	1.00	0.01	1.132	20.654	0.0076	0.0135	0.295	0.351	0.062	0.081	0.334	0.397
10	2	6	3.88	0.01	2.231	40.703	0.0039	0.0068	0.240	0.286	0.045	0.059	0.535	0.638
RAMAL 2														
11	3	6	1.14	0.01	1.206	22.007	0.0188	0.0325	0.388	0.457	0.095	0.123	0.468	0.551
RAMAL 3														
12	4	6	1.00	0.01	1.132	20.654	0.0151	0.0262	0.362	0.428	0.085	0.111	0.410	0.485
RAMAL 4														
13	6	6	1.00	0.01	1.132	20.654	0.0274	0.0475	0.433	0.513	0.113	0.148	0.491	0.580
RAMAL 5														
14	6	6	1.00	0.01	1.132	20.654	0.0298	0.0518	0.445	0.525	0.118	0.154	0.504	0.595

### **2.1.5 Sistema de descarga**

La red de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas, será conectada al colector general municipal, a una tubería de 10 pulgadas de PVC.

### **2.1.6 Elaboración de planos**

Se elaboraron los siguientes planos constructivos, para la ejecución del presente proyecto.

- Plano topográfico y general de la red de alcantarillado.
- Planos planta y perfil del eje principal
- Planos planta y perfil de los ramales
- Plano de detalles de pozos, cajas y conexiones domiciliarias.

### **2.1.7 Presupuesto**

Para la elaboración del presupuesto se consideró lo siguiente: precios de materiales que se cotizan en la región de Barberena, los salarios de mano de obra tanto calificada como no calificada, se tomaron los que la municipalidad asigna para casos similares, por concepto de costos indirectos se aplicó el 35%.

**Tabla VI. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas**

**PRESUPUESTO INTEGRADO**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**E.P.S. INGENIERÍA CIVIL**

**MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA**

**PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO LAS ESTRELLAS.**



<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>P / U.</b>	<b>TOTAL</b>
1	Trabajos preliminares	1	global	Q 3,405.38	Q 3,405.38
2	Excavación	828.78	m3	Q 88.97	Q 73,737.84
3	Tubería PVC Ø 6" norma 3034	186.41	m	Q 143.63	Q 26,774.04
4	Tubería PVC Ø 8" norma 3034	285.92	m	Q 219.05	Q 62,631.38
5	Pozos de visita	7	u	Q 5,069.03	Q 35,483.24
6	Cajas de registro	6	u	Q 1,808.69	Q 10,852.17
7	Conexiones domiciliarias	60	u	Q 1,759.75	Q 105,584.72
8	Relleno y compactación	791.78	m3	Q 59.14	Q 46,828.64
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 365,297.41</b>

## **2.2 Diseño del muro de contención.**

### **2.2.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la elaboración del diseño de un muro de contención por gravedad de concreto ciclópeo. El muro está conformado por secciones, debido a que la pendiente longitudinal del terreno es variable, en cada cambio de sección de muro irá una junta de dilatación. La longitud total del muro es de 53.97 m. y tendrá una altura máxima de 5.10 metros y una altura mínima de 1.80 metros. Sobre la parte superior del muro se construirá un muro de block con una baranda de metal, que servirá de protección.

### **2.2.2 Localización**

El muro de contención se construirá en las instalaciones del Instituto Nacional de Educación Básica, el cual está ubicado en el barrio El Zapotillo a orilla de la carretera interamericana CA-1.

### **2.2.3 Levantamiento topográfico**

#### **2.2.3.1 Planimetría**

En el levantamiento topográfico planimétrico, se aplicó el método de conservación del azimut.

El equipo que se utilizó fue el siguiente:

- Teodolito Sokisha Tm 20
- Trípode

- Brújula
- 2 plomadas
- Cinta métrica

### **2.2.3.2 Altimetría**

Para la altimetría se aplicó el método de nivelación simple, partiendo de un banco de marca al que se le asignó la cota 100.

El equipo que se utilizó fue el siguiente:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Trípode
- Estadia.

### **2.2.4 Selección del tipo de muro**

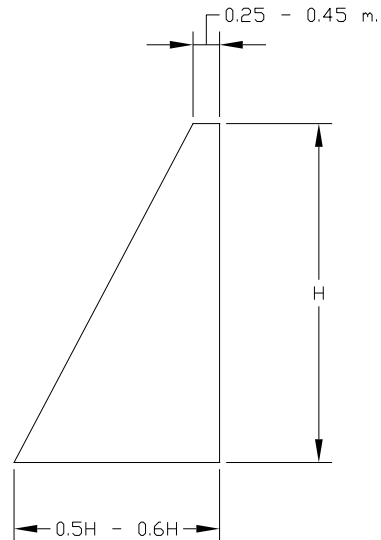
El tipo de muro a diseñar será por gravedad y de concreto ciclópeo, dadas las condiciones del lugar, así como por la economía, además de utilizar los materiales del lugar, ya que se encuentra cerca el río Los Esclavos, de donde podría extraerse la piedra bola.

### **2.2.5 Diseño del muro**

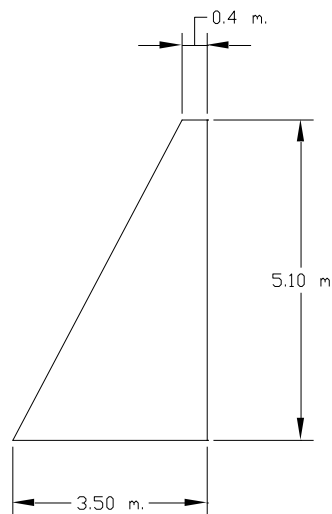
#### **2.2.5.1 Predimensionamiento estructural**

En el predimensionamiento de los muros de contención se aplicó el siguiente criterio: la base 0.5 a 0.6 de la altura, dimensión que posteriormente deberá ser comprobada.

**Figura 3. Predimensionamiento de muros por gravedad**



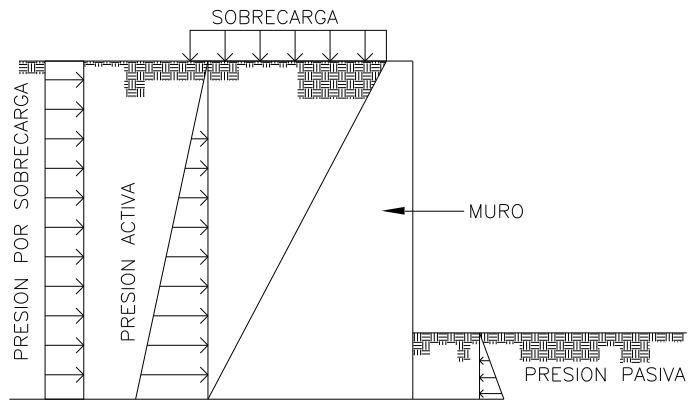
**Figura 4. Medidas preliminares de muro de contención**



### **2.2.5.2 Modelos matemáticos para muros de contención**

En la figura 5 se muestra el modelo matemático para un muro de contención por gravedad:

**Figura 5. Modelo matemático del muro para el diseño**

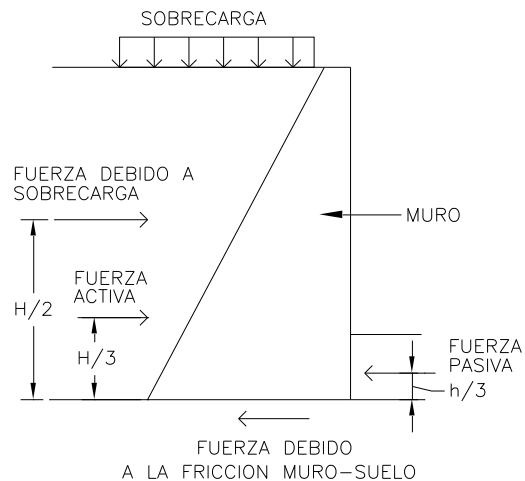


### 2.2.5.3 Cargas aplicadas a muros de contención

#### 2.2.5.3.1 Cargas horizontales

Las fuerzas horizontales en un muro de contención, son provocadas por el material de relleno o talud a retener o sobrecargas en la superficie horizontal del mismo, como se muestra en la figura 6.

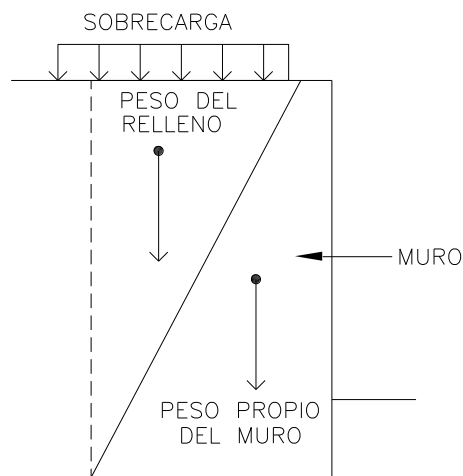
**Figura 6. Fuerzas horizontales que actúan en un muro de contención**



### 2.2.5.3.2 Cargas verticales

En el sentido vertical, las fuerzas actuantes son el peso de los materiales, tanto del muro como del material de relleno o sobrecarga.

**Figura 7. Fuerzas verticales que actúan en un muro de contención**



### 2.2.5.4 Comprobación por volteo

El tipo de falla que tiene mayores efectos negativos en un muro de contención es el volteo o volcamiento, provocado por la acción del empuje activo. Tomando en cuenta este fenómeno se recomienda un factor de seguridad para el mismo, siendo este una relación entre momentos resistentes y momentos actuantes. Que como mínimo deben ser igual o mayor a 1.5.

$$FS \geq 1.5$$

$$FS = \frac{\text{momentos resistentes}}{\text{momentos actuantes}}$$



A continuación se presenta el procedimiento para comprobación por volteo.

Datos de diseño:

Peso específico de suelo ( $\gamma_s$ ) =	1.6 ton/m <sup>3</sup>
Peso específico de mampostería de piedra ( $\gamma_c$ ) =	2.2 ton/m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción interna del suelo ( $\phi$ ) =	30°
Valor soporte del suelo, asumido ( $V_s$ ) =	22 ton/m <sup>2</sup>
Sobrecarga considerada ( $q$ )=	0.70 ton/m <sup>2</sup>
De la figura 3 se tiene las siguientes dimensiones preliminares:	
Altura =	5.10 m.
Base =	3.50 m
Corona =	0.40 m
Altura de cimentación =	0.60 m.

- Cálculo de coeficientes de empuje activo ( $K_a$ ) y pasivo ( $K_p$ ):

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} \qquad K_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi}$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}30^\circ}{1 + \text{sen}30^\circ} = 0.33 \qquad K_p = \frac{1 + \text{sen}30^\circ}{1 - \text{sen}30^\circ} = 3.00$$

- Cálculo de presiones horizontales a una profundidad  $h$  del muro:

$$P_{p\gamma} = K_p * \gamma_s * h \qquad P_{p\gamma} = 3 * 1.6 * 0.60 = 2.88 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{a\gamma} = K_a * \gamma_s * H \qquad P_{a\gamma} = 0.33 * 1.6 * 5.10 = 2.69 \text{ ton/m}^2$$

- Cálculo de presión debido a sobrecarga a una profundidad h:

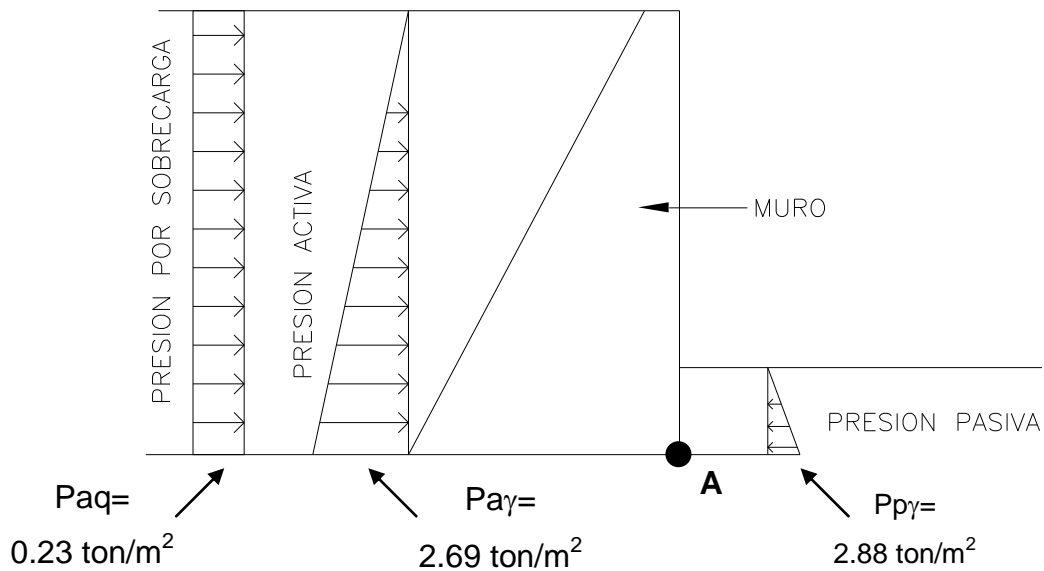
Altura equivalente de sobrecarga  $h' = q / \gamma_s$

$$h' = 0.70 / 1.6 = 0.44 \text{ m}$$

$$P_{aq} = K_a * \gamma_s * h' \quad P_{aq} = 0.33 * 1.6 * 0.44$$

$$P_{aq} = 0.23 \text{ ton/m}^2$$

**Figura 8. Diagrama de presiones**



- Cálculo de cargas totales (E) de los diagramas de presión, se calculan como el área del diagrama de presiones actuantes en su centroide:

$$E_{p\gamma} = \frac{1}{2} * P_{p\gamma} * h \quad E_{p\gamma} = \frac{1}{2} * 2.88 * 0.60 = 0.864 \text{ ton/m}$$

$$E_{a\gamma} = \frac{1}{2} * P_{a\gamma} * H \quad E_{a\gamma} = \frac{1}{2} * 2.69 * 5.10 = 6.86 \text{ ton/m}$$

$$E_q = P_{aq} * H \quad E_q = 0.23 * 5.10 = 1.173 \text{ ton/m}$$

- Los momentos al pie del muro respecto del punto A serán:

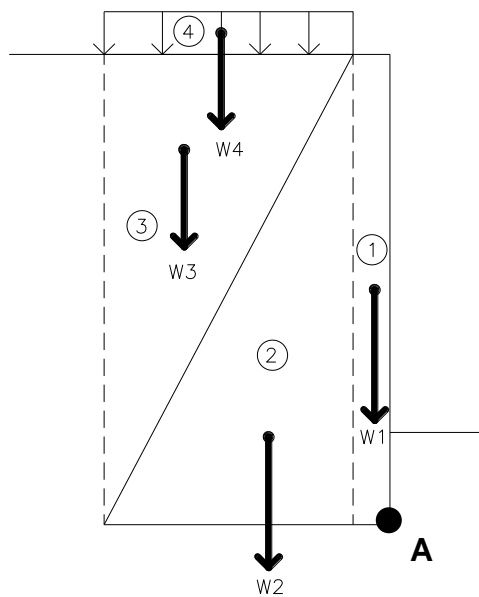
$$M_{p\gamma} = E_{p\gamma} * h / 3 \qquad M_{p\gamma} = 0.864 * 0.60 / 3 = 0.1728 \text{ ton-m}$$

$$M_{a\gamma} = E_{a\gamma} * H / 3 \qquad M_{a\gamma} = 6.86 * 5.10 / 3 = 11.66 \text{ ton-m}$$

$$M_{aq} = E_{aq} * H / 2 \qquad M_{aq} = 1.173 * 5.10 / 2 = 2.99 \text{ ton-m}$$

- Dividiendo geoméricamente la sección transversal del muro como se muestra en la figura 9, se calculará el peso por unidad lineal, en el sentido longitudinal y el momento total que produce el peso, respecto al punto A:

**Figura 9. División geométrica de muro de contención**



**Tabla VII. Momentos resistentes con respecto al punto “A”.**

Figura	Área (m <sup>2</sup> )	γ (ton/m <sup>3</sup> )	W(ton/m)	Brazo (m)	Momento Me (ton/m)
1	2.04	2.2	4.488	0.20	0.898
2	7.91	2.20	17.40	1.433	24.94
3	7.91	1.60	12.67	2.47	31.25
4	1.36	1.60	2.18	1.95	4.25
			Σ= 36.74		Σ=61.34

- Comprobación de estabilidad contra volteo:

$$F_s = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momentos actuante}} \qquad F_s = \frac{\Sigma Me + M_p \gamma}{M_a \gamma + M_a q}$$

$$F_s = \frac{61.34 + 0.1728}{11.66 + 2.99} \qquad F_s = 4.20 > 1.5$$

El factor de seguridad de volteo  $F_s$  si cumple.

### 2.2.5.5 Comprobación por deslizamiento

Fuerza que hace que el muro tienda a moverse sobre un plano horizontal, produciendo fallas en el muro y desequilibrio en el material retenido.

Considerando este fenómeno, se recomienda un factor de seguridad entre las fuerzas resistentes y las actuantes.

$$F_s = \frac{\text{fuerzas resistentes}}{\text{fuerzas actuantes}} \geq 1.50$$

Comprobación del muro contra deslizamiento: el coeficiente de deslizamiento entre concreto y suelo es de 0.40; por lo tanto:

$$F_s = \frac{(\sum W_{\text{muro}} * 0.40) + E_p \gamma}{E_a \gamma + E_a q} \quad F_s = \frac{(36.74 * 0.40) + 0.864}{6.86 + 1.173} = 1.92 > 1.50$$

El factor de seguridad al deslizamiento  $F_s$  si cumple.

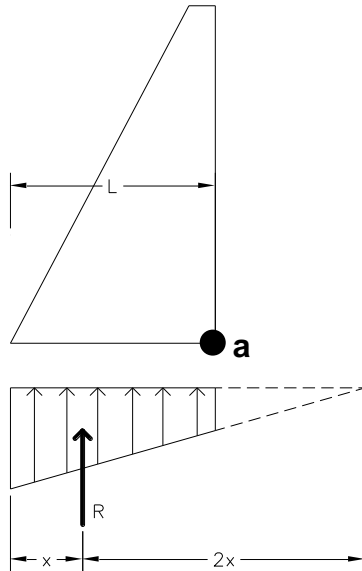
### 2.2.5.6 Comprobación por presiones

La resultante del peso y el empuje vertical producen sobre el terreno una presión, que en ningún momento debe ser que el valor soporte admisible del terreno, ni tampoco producir esfuerzos de tensión en el terreno. La comprobación de presiones se realiza al igual que en las cimentaciones, tomando en cuenta que la resultante del peso y el empuje vertical, debe actuar en el núcleo de la sección de la base del muro. El valor soporte del suelo se tomó de la tabla XVI del anexo, ya que por inspección visual se determinó que el tipo de suelo es arcilla arenosa, por seguridad se asumió el valor de solidez mediana de 22 ton/m<sup>2</sup>

Revisión de presiones para el muro.

- Calcular la distancia “x” donde actúa la resultante de las cargas verticales, ver figura 10:

**Figura 10. Diagrama de presiones en la base del muro**



$$X = \frac{\sum Ma}{Wt} \qquad X = \frac{M_p \gamma - M_a \gamma - M_a q + M_w t}{Wt}$$

$$X = \frac{0.1728 - 11.66 - 2.99 + 61.34}{36.74} \qquad X = 1.275 \text{ m}$$

Donde la excentricidad "e" es:

$$e = \frac{L}{2} - x \qquad e = \frac{3.50}{2} - 1.275 \qquad e = 0.475 \text{ m.},$$

Las presiones en el terreno serán:

$$q = \frac{W}{L * b} \pm \frac{W * e}{S}$$

S = módulo de sección por metro lineal

$$S = \frac{1}{6} b * h^2 \qquad S = \frac{1}{6} * 1.00 * 3.50^2 = 2.042 \text{ m}^3$$

$$q_{\max} = \frac{36.74}{3.50 * 1.00} + \frac{36.74 * 0.475}{2.042} \quad q_{\max} = 18.95 \text{ ton/m}^2 < V_s$$

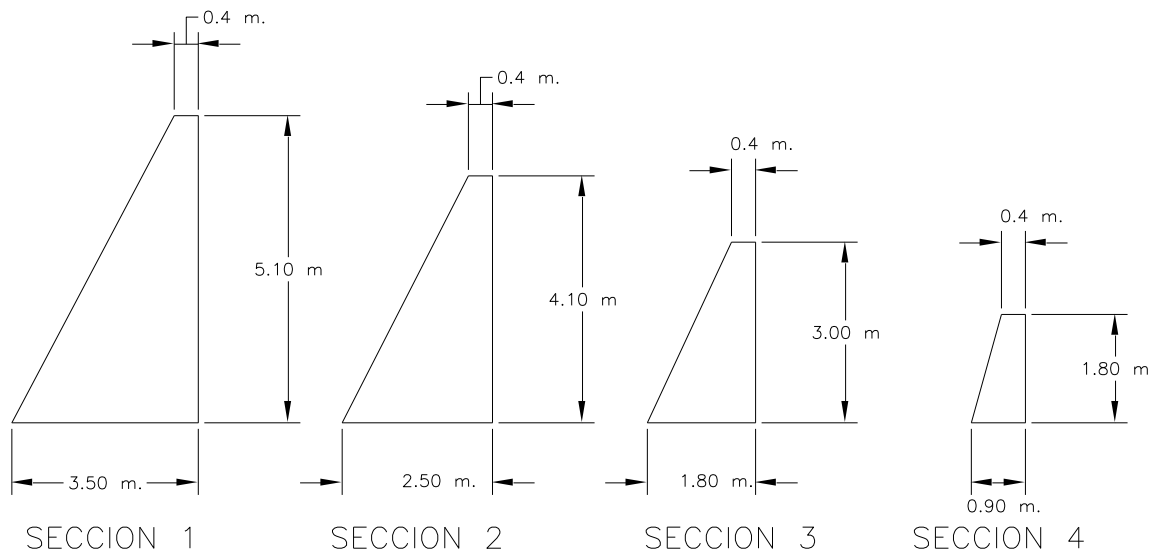
$$q_{\min} = \frac{36.74}{3.50 * 1.00} - \frac{36.74 * 0.475}{2.042} \quad q_{\min} = 1.95 \text{ ton/m}^2 > 0$$

$q_{\max} < V_s$  no excede el valor soporte del suelo y

$q_{\min} > 0$  no existen presiones negativas.

Las dimensiones adoptadas del muro resisten las cargas a que estará sujeto, por lo tanto son correctas. Este procedimiento se aplicó para el diseño de las otras tres secciones transversales del muro.

**Figura 11. Dimensiones finales de secciones de muro**



## 2.2.6 Presupuesto

Se aplicó el procedimiento del caso del proyecto alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas.

**Tabla VIII. Presupuesto muro de contención**

**PRESUPUESTO INTEGRADO**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**E.P.S. INGENIERÍA CIVIL**

**MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA**

**PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN, INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN**

**BÁSICA.**



No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P / U.	TOTAL
1	Trabajos preliminares	1	global	Q 4,137.75	Q 4,137.75
2	Excavación	247.75	m3	Q 98.55	Q 24,416.11
3	Levantado de muro de concreto ciclópeo	1209.75	m3	Q 1,178.30	Q 1,425,452.64
4	Relleno estructural	323.1	m3	Q 96.48	Q 31,172.84
5	Solera de muro de block	52.05	ml	Q 102.35	Q 5,327.52
6	Levantado de muro de block	52.05	m2	Q 406.32	Q 21,149.02
7	Pavimento e= 0.10 m	40.605	m3	Q 1,277.47	Q 51,871.51
8	Baranda de metal	63	m2	Q 324.00	Q 20,412.00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 1,583,939.39</b>

**2.2.7 Planos**

Se elaboraron los siguientes planos:

- Plano topográfico de conjunto y localización del muro.
- Plano de detalles y especificaciones



## **2.3 Diseño del graderío para la cancha de basket ball.**

### **2.3.1 Descripción del proyecto**

El diseño de la estructura del graderío será a través de un sistema estructural, a base de marcos dúctiles con nudos rígidos y losetas de concreto reforzado, la longitud de la estructura es de 27 m, la altura en la parte alta de 3.06 m, en la parte baja de 1.05 m.

### **2.3.2 Localización**

El graderío se construirá en la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica.

### **2.3.3 Levantamiento topográfico**

#### **2.3.3.1 Planimetría**

En el levantamiento planimétrico, se aplicó el método de conservación del azimut.

Se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito Sokisha Tm 20
- Trípode
- Brújula
- 2 plomadas
- Cinta métrica
- Trompos

### **2.3.3.2 Altimetría**

Para la altimetría se aplicó el método de nivelación simple.

Equipo utilizado:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Trípode
- Estadia

### **2.3.4 Tipo de estructura**

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

Para este caso se optó por una estructura a base de marcos dúctiles con nudos rígidos, losetas para los asientos, de concreto reforzado.

### **2.3.5 Análisis estructural**

#### **2.3.5.1 Predimensionamiento estructural**

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

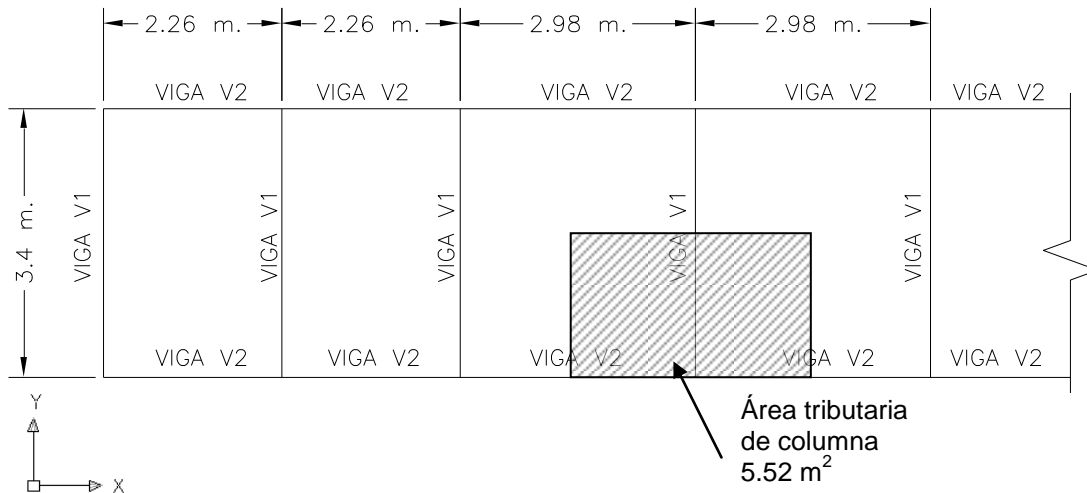
Existen diversos procedimientos para predimensionar los elementos, en este proyecto se aplicó el método del ACI 318-99, los cuales se detalla a continuación:

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

**Tabla IX. Altura o espesores mínimos de vigas**

Alturas o espesores mínimos de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección a menos que se calculen las deformaciones				
		Espeso mínimo, h		
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse por grandes deformaciones.			
Losas macizas en una dirección	L / 20	L / 24	L / 28	L / 10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L / 16	L / 18.5	L / 21	L / 8
L = luz libre entre apoyos				

**Figura 12. Planta típica, graderío para cancha de basket ball**



### Predimensionamiento de viga V1

$$t_{\text{viga}} = \text{luz} / 18.5 \quad t_{\text{viga}} = 3.40 / 18.5 \quad t_{\text{viga}} = 0.184 \text{ m.}$$

Se tomará un peralte  $d = 0.30 \text{ m.}$

Base de la viga  $0.40d < b < 0.60d$

Entonces se tiene los siguientes límites para la base

$$12 \text{ cm} < b < 18 \text{ cm}$$

La sección final de la viga V1 será de 18 x 30 cm.

### Predimensionamiento de viga V2

$$t_{\text{viga}} = 2.98 / 21 = 0.14 \quad t_{\text{viga}} = 2.98 / 18.5 = 0.16 \text{ m.}$$

Se tomará un peralte  $d = 0.25 \text{ m.}$

Base de la viga  $0.40d < b < 0.60d$

Entonces se tiene los siguientes límites para la base

$$8 \text{ cm} < b < 15 \text{ cm}$$

La sección final de la viga V2 será de 15 x 25 cm.

- b. Columna:** Se calcula la sección de la columna más crítica, basándose en la carga aplicada a esta. Según lo que establece el código ACI 318-99, capítulo 10.

$$P = 0.8 * (0.225 * f'c * Ag + Fy * As)$$

Donde:

$$P = \text{Área tributaria} * \text{peso del concreto} = 5.52 * 2400 = 13248 \text{ kg.}$$

$$Ag = \text{Área gruesa}$$

$$As = \text{Área de acero}$$

$$1\% Ag < As < 8\% Ag$$

Usando un área de acero de 1%, Ag queda:

$$13248 = 0.80 (0.225 * 210 * Ag + 2810 * 0.01 Ag)$$

$$Ag = 332.20 \text{ cm}^2$$

El ACI establece como lado mínimo de una columna estructural 20 cm., por lo que se tendrá un área gruesa mínima de 400 cm<sup>2</sup>. El área gruesa obtenida es menor al área mínima, por lo tanto se asumirá una sección de:

$$25 * 30 = 750 \text{ cm}^2$$

- c. Losa:** Para calcular el espesor de losa de los asientos, se aplicó el criterio de peraltes mínimos para losas en una dirección, simplemente apoyada, según tabla 9.5(a), ACI 318 - 99.

$$t \text{ losa} = L / 28$$

$$t \text{ losa} = \text{espesor de losa}$$

$$L = \text{luz libre}$$

$$t \text{ losa} = 2.80 / 20 = 0.14 \text{ m.}$$

espesor de losa de 14 cm.

### 2.3.5.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles

Un marco dúctil se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. Así también, el modelo matemático define la forma y las cargas que soporta. En la geometría y en las cargas aplicadas, existe similitud de los marcos dúctiles, por lo cual solo se analizarán los críticos en el sentido X e Y.

### 2.3.5.3 Cargas aplicadas a marcos dúctiles

#### 2.3.5.3.1 Cargas verticales

Carga muerta:	Carga viva (AGIES NR 2:2000)
Peso del concreto = $2400 \text{ kg/m}^3$	Graderíos estadios = $500 \text{ kg/m}^2$
Peso de acabados = $90 \text{ kg/m}^2$	

#### Sentido Y.

$$CM = W \text{ losa} + W \text{ vigas} + W \text{ gradas} + W \text{ contrahuellas} + W \text{ acabados}$$

$$\text{Área de carga tributaria en viga} = A_t = (1.49 + 1.49) * 3.40 = 10.15 \text{ m}^2$$

$$W \text{ losa} = (W \text{ conc} * t \text{ losa} * A_t) / L \text{ viga}$$

$$W \text{ losa} = (2400 * 0.14 * 10.15) / 3.50 = 974.40 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ vigas} = \text{Sección viga} * W \text{ conc}$$

$$W \text{ vigas} = 0.18 * 0.30 * 2400 = 129.60 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ gradas} = (W \text{ conc} * \text{huella} * \text{contrahuella} * \text{base viga} * \text{No. Gradas}) / L \text{ Viga}$$

$$W \text{ gradas} = (2400 * 0.74 * 0.40 * 0.18 * 5) / 3.50 = 182.41 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ contrahuellas} = (W \text{ conc} * t * \text{altura} * \text{ancho} * \text{No. De contrahuellas}) / L \text{ viga}$$

$$W \text{ contrahuella} = (2400 * 0.10 * 0.40 * 2.98 * 5) / 3.50 = 408.69 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ acabados} = (W \text{ acabados} * A_t) / L \text{ viga}$$

$$W \text{ acabados} = (90 * 10.15) / 3.50 = 261.00 \text{ kg/m}$$

$$CM = 974.40 + 129.60 + 182.41 + 408.69 + 261.00 = 1956.10 \text{ kg/m}$$

$$CV = (A_t * \text{carga viva}) / L \text{ viga}$$

$$CV = (10.15 * 500) / 3.50 = 1450.00 \text{ kg/m}$$

### **Sentido X:**

En el sentido X no hay áreas tributarias de la losa sobre las vigas, ya que ésta trabaja en una dirección, sin embargo, para el diseño de vigas y columnas se aplicará una carga muerta  $90 \text{ kg/m}^2$  y el peso propio de la viga. Para carga viva se considerará una carga de  $100 \text{ kg/m}^2$ . La viga que se colocará en este sentido servirá para el arriostamiento de los marcos transversales.

$$CM = (W \text{ conc} * \text{sección viga}) + \text{sobrecarga}$$

$$CM = (2400 * 0.15 * 0.20) + 90 = 162 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2.$$

### 2.3.5.3.2 Cargas horizontales

En Guatemala, las cargas horizontales son principalmente debido a fuerzas sísmicas, que consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas a las estructura se utilizó el método SEAOC, el cual se describe a continuación:

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

Para estructuras de un nivel, la combinación de factores ZICKS es 0.1, tomando el 10% del peso total de la estructura, por lo que el valor del corte basal V será:

$$V = 0.10 * W$$

$$W = W \text{ losa} + W \text{ vigas} + W \text{ gradas} + W \text{ contrahuellas} + W \text{ columnas} + \\ W \text{ acabados} + 0.25 * \text{Carga viva}$$

$$W \text{ losa} = \text{área total} * t \text{ losa} * W \text{ conc.}$$

$$W \text{ losa} = 2400 * 0.14 * 99.90 = 33566.40 \text{ kg}$$

$$W \text{ viga V1} = W \text{ conc} * \text{sección viga} * L \text{ viga} * \text{No. vigas}$$

$$W \text{ viga V1} = 2400 * 0.18 * 0.30 * 3.50 * 11 = 49889.60 \text{ kg}$$

$$W \text{ viga V2} = W \text{ conc} * \text{sección viga} * L \text{ viga} * \text{No. vigas}$$

$$W \text{ viga V2} = 2400 * 0.15 * 0.20 * 2.98 * 10 = 2145.60 \text{ kg}$$

$$W \text{ gradas} = W \text{ conc} * \text{huella} * \text{contrahuella} * \text{base viga} * \text{No. gradas}$$

$$W \text{ gradas} = 2400 * 0.74 * 0.4 * 0.18 * 55 = 7032.96 \text{ kg}$$



$W \text{ columnas} = W \text{ conc} * \text{sección columna} * L \text{ col.} * \text{No. col}$

$$W \text{ columnas} = 2400 * 0.25 * 0.30 * (3.73 + 2.08) * 22 = 18406.08 \text{ kg}$$

$W \text{ acabados} = W \text{ acabados} * \text{área total}$

$$W \text{ acabados} = 90 * 99.90 = 8991 \text{ kg}$$

$25\% \text{ de carga viva} = 0.25 * CV * \text{área total}$

$$= 0.25 * 500 * 99.90 = 12487.50 \text{ kg}$$

$$W = 33566.40 + 49889.60 + 2145.60 + 7032.96 + 18406.08 + 8991 + 12487.50$$

$$W = 98433.54 \text{ kg}$$

Sustituir datos:

$$V = 0.10 * 98433.54 = 9843.35 \text{ kg}$$

- **Fuerza por marco**

Son 11 marcos los que soportan las losas en el sentido Y:

$$F = V / 11$$

$$F = 9843.35 / 11 = 894.85 \text{ kg}$$

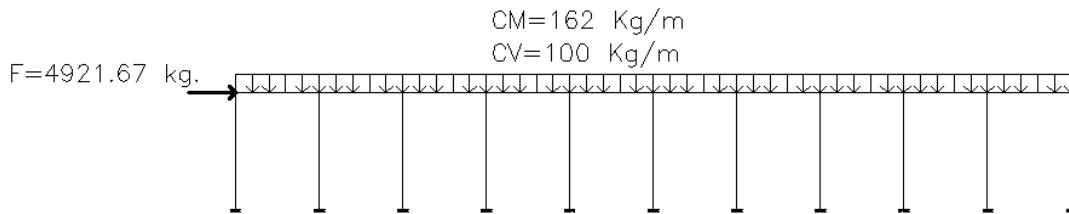
En el sentido X se tienen dos marcos:

$$F = V / 2$$

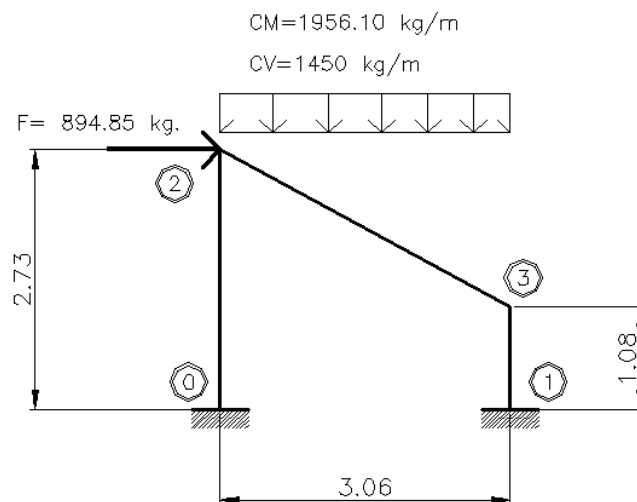
$$F = 9843.35 / 2 = 4921.67 \text{ kg.}$$

A continuación se presentan los modelos matemáticos de los marcos, con sus respectivas cargas horizontales y verticales.

**Figura 13. Cargas aplicadas al marco, sentido X**



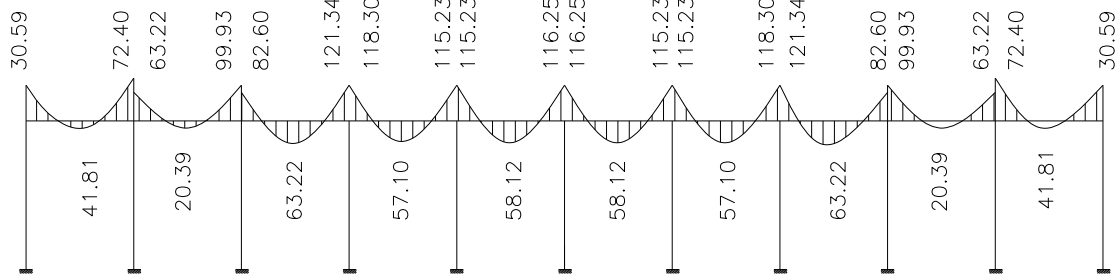
**Figura 14. Cargas aplicadas al marco, sentido Y**



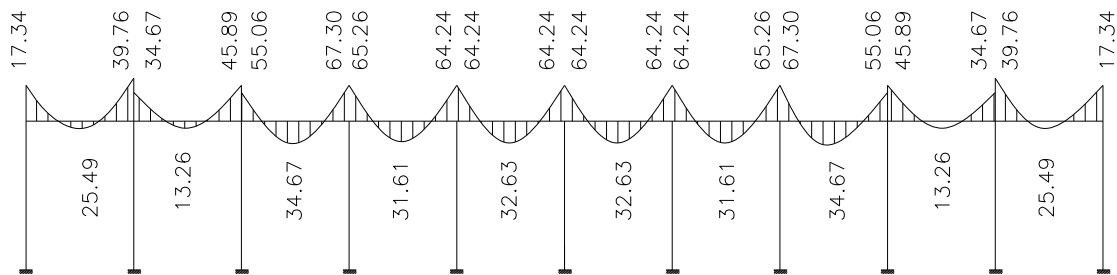
### 2.3.6 Análisis estructural de marco

Para hallar las fuerzas internas se aplicó el método de Kani, el cual se confrontó con los resultados obtenidos con el programa ETABS. Los resultados se presentan en las figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26.

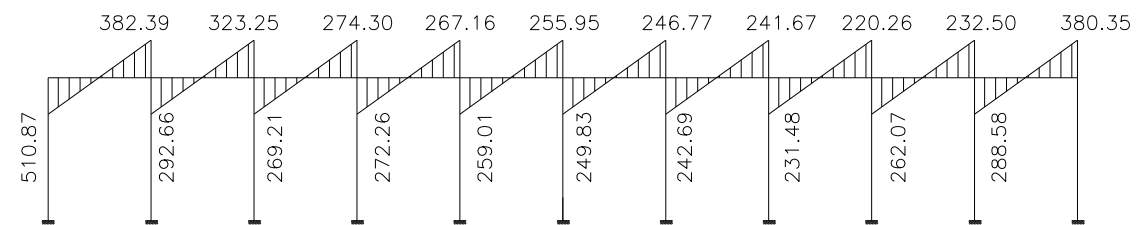
**Figura 15. Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido X**



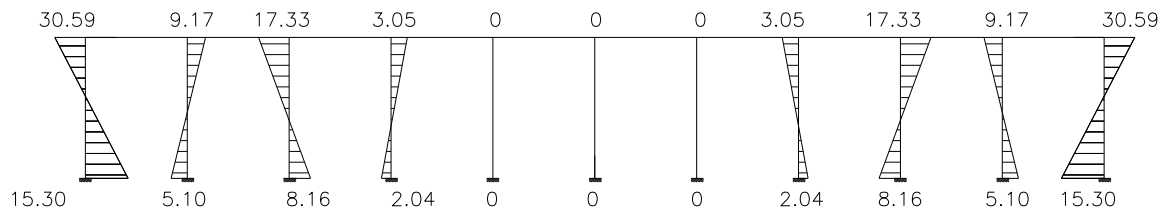
**Figura 16. Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido X**



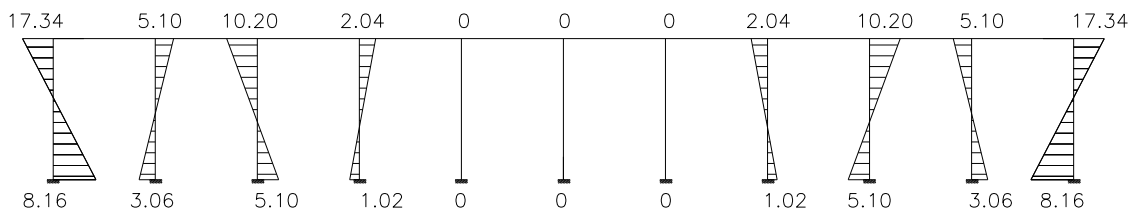
**Figura 17. Diagrama de momentos por sismo (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido X**



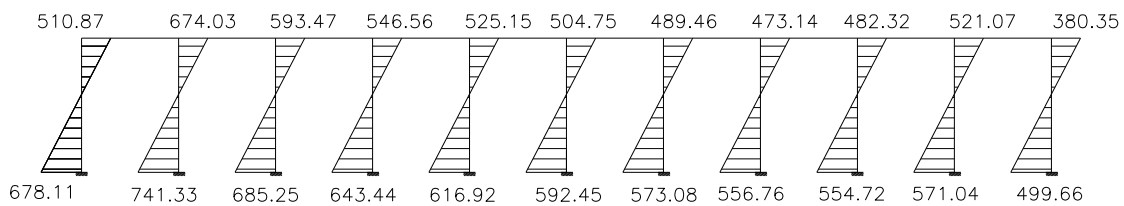
**Figura 18. Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido X**



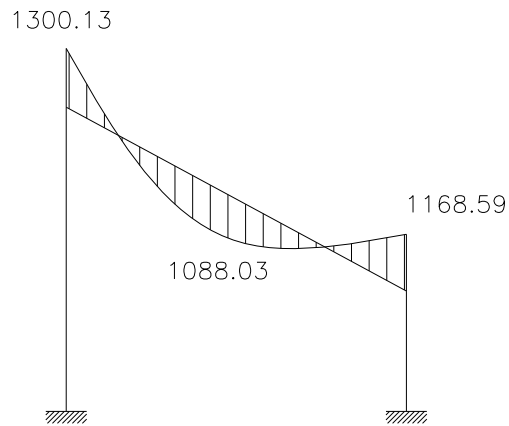
**Figura 19. Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido X**



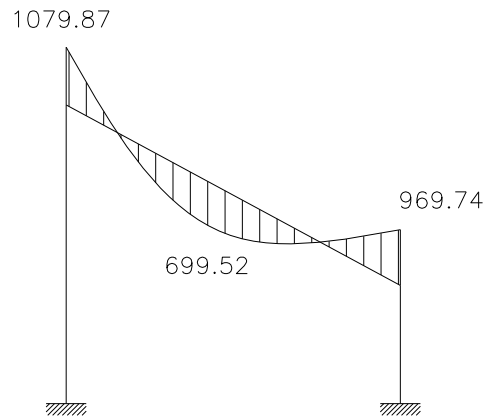
**Figura 20. Diagrama de momentos por sismo (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido X**



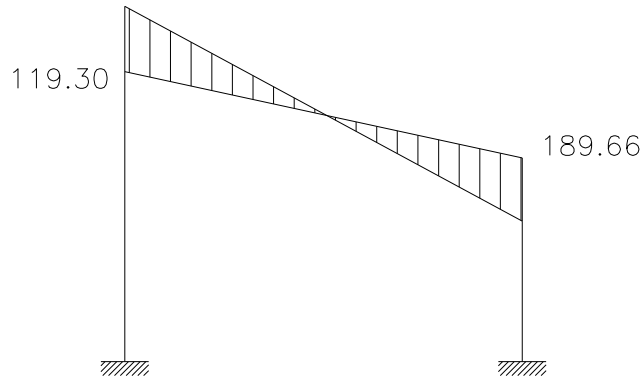
**Figura 21. Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido Y**



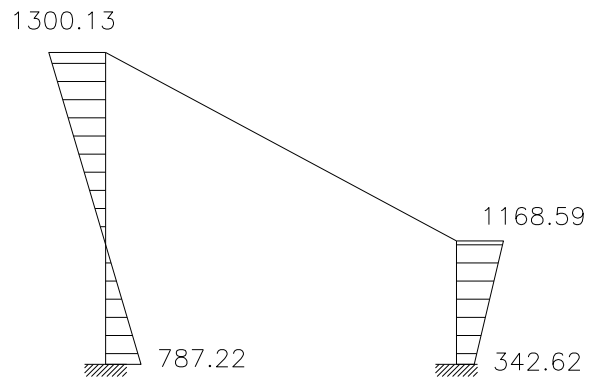
**Figura 22. Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido Y**



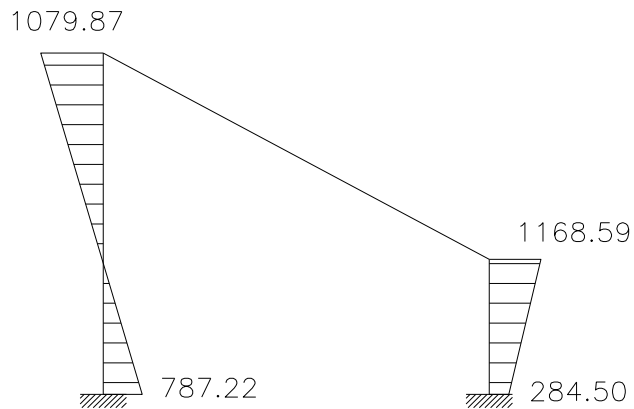
**Figura 23. Diagrama de momentos por sismo (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido Y**



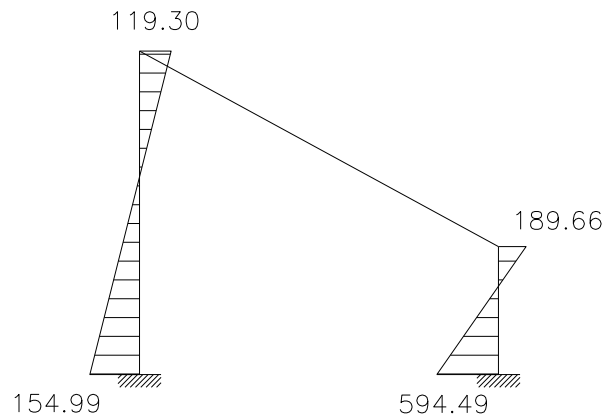
**Figura 24. Diagrama de momentos por carga muerta (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido Y**



**Figura 25. Diagrama de momentos por carga viva (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido Y**



**Figura 26. Diagrama de momentos por sismo (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido Y**



### 2.3.6.1 Momentos últimos por envolvente de momentos

Después del análisis estructural, se procedió a calcular la envolvente de momentos, que es la representación de los esfuerzos máximos, que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y carga sísmica

El análisis consistirá en llevar a cabo el cálculo de las fuerzas correspondientes, para cada una de las cinco combinaciones de cargas, a las que será sometido cada marco. Las cargas incluidas serán uniformemente distribuidas y puntuales.

#### Combinación de cargas

$$C1 = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$C2 = 0.75 ( 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} + 1.87 \text{ CS})$$

$$C3 = 0.75 (1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} - 1.87 \text{ CS})$$

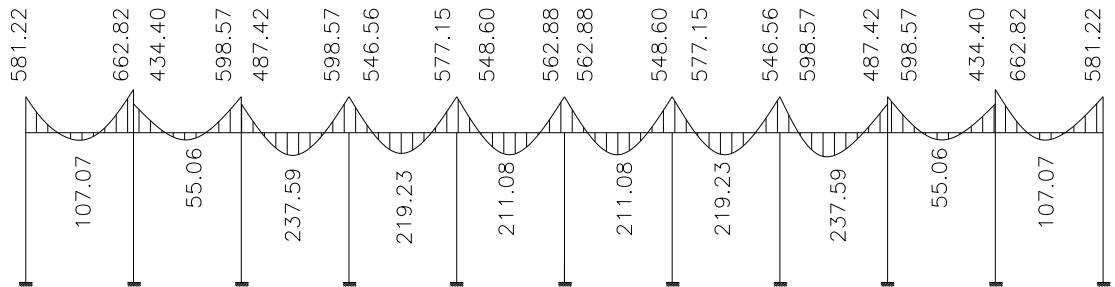
$$C4 = 0.90 \text{ CM} + 1.4 \text{ CS}$$

$$C5 = 0.90 \text{ CM} - 1.4 \text{ CS}$$

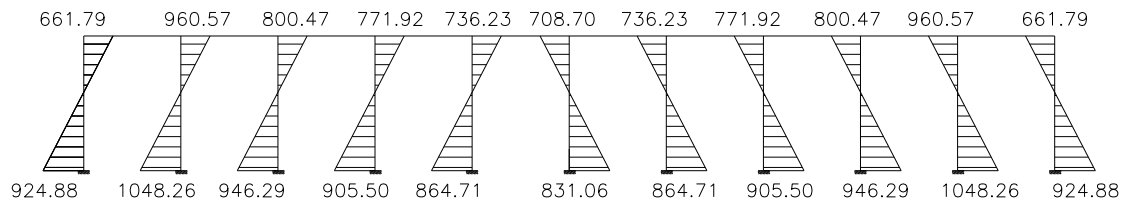
Empleando las combinaciones de las ecuaciones, se calculan todas las envolventes de momentos para marcos dúctiles X e Y, los resultados se presentan en las figuras 27, 28, 29 y 30.



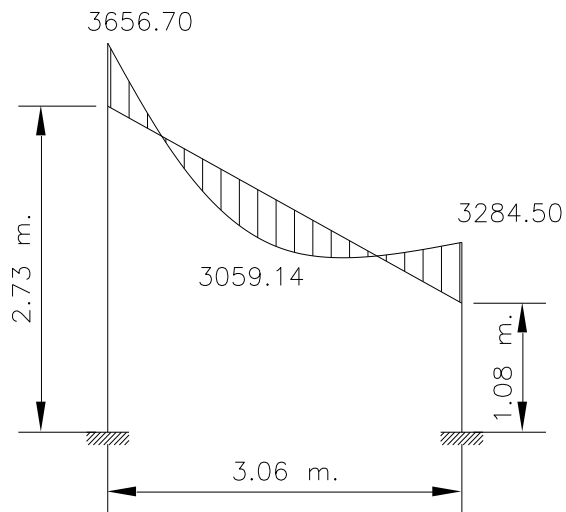
**Figura 27. Diagrama de momentos últimos (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido X**



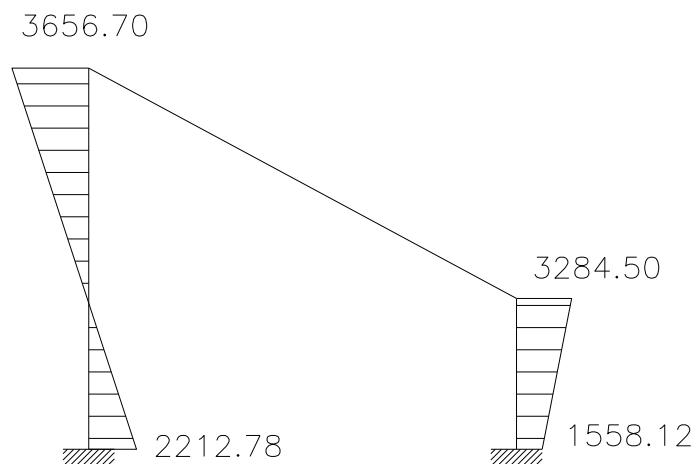
**Figura 28. Diagrama de momentos últimos (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido X**



**Figura 29. Diagrama de momentos últimos (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido Y**

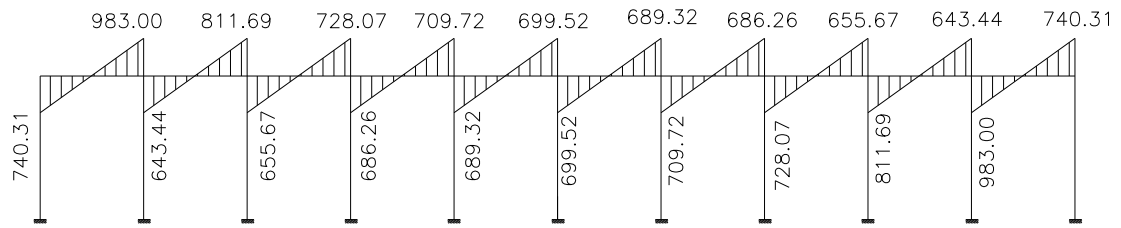


**Figura 30. Diagrama de momentos últimos (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido Y**

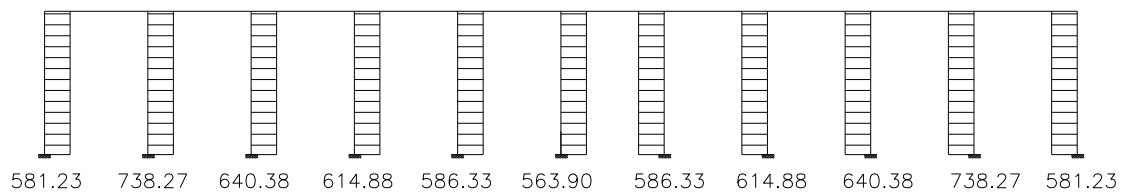


### 2.3.6.2 Diagrama de corte

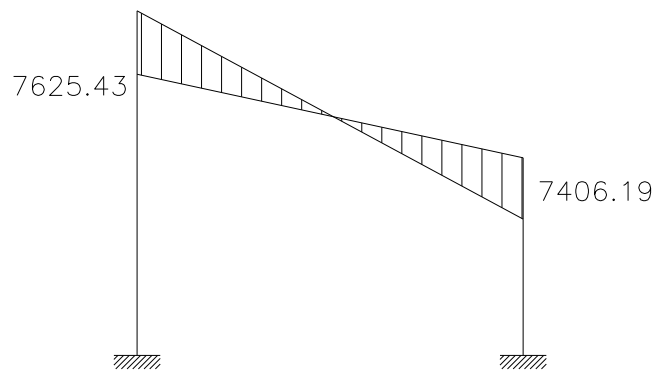
**Figura 31. Diagrama de cortes últimos (kg), vigas, marco dúctil, sentido X**



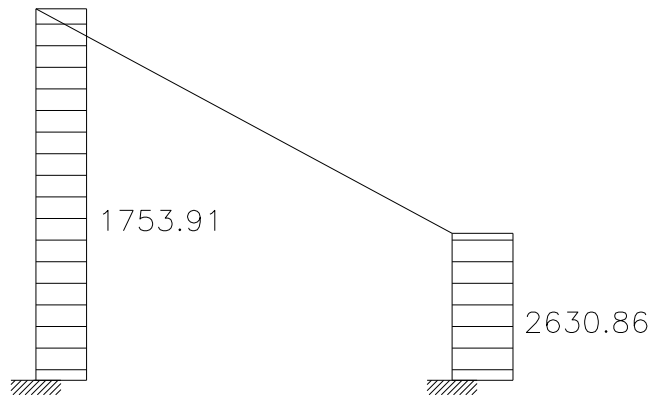
**Figura 32. Diagrama de cortes últimos (kg), columnas, marco dúctil, sentido X**



**Figura 33. Diagrama de cortes últimos (kg), viga, marco dúctil, sentido Y**



**Figura 34. Diagrama de cortes últimos (kg), columnas, marco dúctil, sentido Y**



### **2.3.7 Diseño estructural**

#### **2.3.7.1 Diseño de losas para los asientos**

Espesor de la losa según predimensionamiento  $t = 14 \text{ cm}$

Carga última o de diseño:

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$$CU = 1.4 (W \text{ losa} + W \text{ sobrecarga}) + 1.7 CV$$

$$CU = 1.4 (2400 * 0.10 + 100) + 1.7 (500)$$

$$CU = 1460.40 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño, se toma una franja de 0.74, que corresponde al ancho:

$$CUu = (1460.40 \text{ kg/m}^2) * 0.74 = 1080.696 \text{ kg/m}$$

Momento actuante:

$$M = w * L^2 / 8 = 1080.696 * 2.80^2 / 8 = 1044.01 \text{ kg-m}$$

Calculando peralte efectivo de losa:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 14 - 2.5 - (0.95/2) = 11.025 \text{ cm}$$

Calcular el acero mínimo de la losa:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f'y) * b * d$$

Donde:

$$b = \text{ancho} = 74 \text{ cm.}$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 74 * 11.025 = 4.093 \text{ cm}^2$$

Proponer espaciamiento S, usando varilla No.3, con un área de 0.71 cm<sup>2</sup>

$$4.093 \text{ cm}^2 \text{ -----} 74 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ -----} S$$

$$S = 13 \text{ cm}$$

$$\text{Comprobando } S \text{ máximo} = 3 * t = 3 * 14 = 42 \text{ cm}$$

$$\text{o } S \text{ max.} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Usar } S = 13 \text{ cm}$$

Calcular el momento que resiste el  $A_s$  min.:

$$M_{A_s \text{ min.}} = \phi * \left[ A_s * f'y * \left( d - \left( \frac{A_s * f'y}{1.7 * f'c * b} \right) \right) \right]$$

Donde:

$\phi$  = flexión

b = ancho = 0.90

$$M_{Asmin.} = 0.90 * \left[ 4.093 * 2810 * \left( 11.025 - \left( \frac{4.093 * 2810}{1.7 * 210 * 74} \right) \right) \right]$$

$$M_{Asmin.} = 109615.45 \text{ kg - cm.}$$

$$M_{Asmin.} = 1096.15 \text{ kg - m.}$$

M actuante = 1044.01 kg-m. < M<sub>As min.</sub>

Colocar As mínimo, usar varilla No. 3 @ 13 cm.

En el sentido transversal colocar:

$$As \text{ temperatura} = 0.002 * b * d$$

$$As \text{ temperatura} = 0.002 * 74 * 11.025 = 1.63 \text{ cm}^2$$

Proponer espaciamiento S, usando varilla No.3, con un área de 0.71 cm<sup>2</sup>.

$$1.63 \text{ cm}^2 \text{ -----} 74 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ -----} S$$

$$S = 32 \text{ cm.}$$

Comprobando S máximo = 3\* t = 3 \* 14 = 42 cm

o S max.= 30 cm

Usar S max. = 30 cm

Comprobación por corte:

Corte máximo actuante:

$$V_{\max} = (CUu * L) / 2$$

Donde: CUu = carga última unitaria

L= Longitud de la losa

$$V_{\max.} = (1080.696 * 2.80) / 2 = 1502.16 \text{ kg}$$

Corte máximo resistente:

$$V_r = 45 * t * \sqrt{f'c} =$$

$$V_r = 45 * 14 * \sqrt{210} = 9129.57 \text{ kg}$$

Corte máximo resistente > corte máximo actuante; el peralte de la losa es correcto.

### 2.3.7.2 Diseño de vigas

#### **Sentido X (viga V2):**

Del predimensionamiento estructural se tiene las siguientes medidas de viga:

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Calcular peralte efectivo:

$$d = h - \text{recubrimiento}$$

$$d = 25 - 3 = 22 \text{ cm}$$

Área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min.}} = \frac{14.1}{f'y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 15 * 22 = 1.66 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo:

$$A_{s_{\max.}} = \rho_{\max.} * b * d$$

$$\rho_{\max} = 0.50 * \rho_{\text{balanceado; zona sísmica}}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{f'c}{f'y} * \phi^2 * \left[ \frac{0.003}{0.003 * \frac{f'y}{E_s}} \right]$$

Donde:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ usar } \phi = 0.85$$

$$E_s = 2.3 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{210}{2810} * 0.85^2 * \left[ \frac{0.003}{0.003 * \frac{2810}{2.1 \times 10^6}} \right]$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.03734$$

$$\rho_{\max} = 0.50 * 0.03734 = 0.01866$$

$$A_{s_{\max.}} = 0.01866 * 15 * 22$$

$$A_{s_{\max.}} = 6.15 \text{ cm}^2$$



Área de acero requerida para cada momento actuante:

$$A_s = 0.85 * \frac{f'_c}{f'_y} * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right]$$

Donde:

Mu = momento último (kg – m)

f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

f'y = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

b = 15 cm

d = 22 cm

As = cm<sup>2</sup>

Si:

As < As mínimo; colocar As mínimo

As > As máxima; aumentar el peralte o diseñar viga doblemente reforzada

As < As máximo; es viga simplemente reforzada

En la tabla X se muestra el As requerido, para cada momento actuante:

**Tabla X. Área de acero en viga V2, sentido X**

	<b>Momento Actuante (kg-m)</b>	<b>As. Requerida (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Comprobando rango</b>	<b>Usar As. (cm<sup>2</sup>)</b>
Mu(-)	653.64	1.60	1.60 < 1.66 < 4.76	1.66
Mu(+)	236.57	0.56	0.56 < 1.66	1.66
Mu(-)	662.82	1.62	1.62 < 1.66 < 4.76	1.66

## Requisitos sísmicos para armado

Para la cama superior: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corridas, con el mayor de los siguientes valores; As mínimo o 33% del área de acero calculada para el momento negativo mayor.

- a) As mín. =  $1.66 \text{ cm}^2$
- b) 33%  $M(-) = 0.53 \text{ cm}^2$   
Colocar 2 No. 4 corridos  
As a utilizar =  $2.54 \text{ cm}^2$

Para la cama inferior: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corridas, con el mayor de los siguientes valores; As mínimo, 50% del área de acero calculada para el momento negativo mayor o 50% del área de acero para el momento positivo.

- a) As mín. =  $1.66 \text{ cm}^2$
- b) 50%  $M(-) = 0.81 \text{ cm}^2$
- c) 50%  $M(+) = 0.28 \text{ cm}^2$   
Colocar 2 No. 4 corridos  
As a utilizar =  $2.54 \text{ cm}^2$

## Acero transversal (estribos)

Corte que resiste el concreto:

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

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 15 * 17 = 2154.36 \text{ kg.}$$

Corte actuante tomado del diagrama de cortes, figura 31:

$$V \text{ act.} = 983.00 \text{ kg}$$

$V_r > V \text{ act.}$ ; por lo que se colocaran estribos, usando el espaciamiento máximo.

$$S \text{ max.} = d/2$$

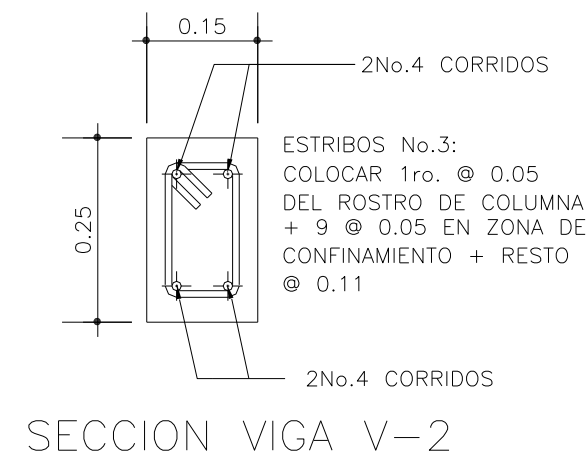
$$S \text{ max.} = 22 / 2 = 11 \text{ cm}$$

Acero transversal en extremos, según el reglamento ACI 319-95, cap. 21.3.3:  $2d = 2 * 22 = 44$ ; se aproximará a 45 cm, tomar el menor de las siguientes condiciones:

- $d/4 = 27 / 4 = 5.5 \approx 5 \text{ cm.}$
- 8 veces el  $\emptyset$  de la varilla menor longitudinal =  $8 * 1.27 = 10.16 \text{ cm}$
- 24 veces  $\emptyset$  varilla de estribo =  $24 * 0.95 = 22.86 \text{ cm}$
- 30 cm

Colocar estribos No. 3, 1ero, a 5 cm del rostro + 9 @ 5 cm + resto @ 11 cm

**Figura 35. Armado final de viga V2, sentido X**



### Sentido Y (viga V1):

Del predimensionamiento estructural se tienen las siguientes dimensiones:

$$b = 18 \text{ cm.}$$

$$h = 30 \text{ cm.}$$

Calcular peralte efectivo:

$$d = h - \text{recubrimiento}$$

$$d = 30 - 3 = 27 \text{ cm.}$$

Área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min.}} = \frac{14.1}{f'y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 18 * 27 = 2.44 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo:

$$A_{s_{\max.}} = \rho_{\max.} * b * d$$

$$\rho_{\max} = 0.50 * \rho_{\text{balanceado}}; \text{ zona sísmica}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{f'c}{f'y} * \phi^2 * \left[ \frac{0.003}{0.003 * \frac{f'y}{Es}} \right]$$

Donde:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ usar } \phi = 0.85$$

$$Es = 2.3 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{210}{2810} * 0.85^2 * \left[ \frac{0.003}{0.003 * \frac{2810}{2.1 \times 10^6}} \right]$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.03734$$

$$\rho_{\max} = 0.50 * 0.03734 = 0.01866$$

$$As_{\max.} = 0.01866 * 18 * 27$$

$$As_{\max.} = 9.07 \text{ cm}^2$$

Área de acero requerida para cada momento actuante:

$$As = 0.85 * \frac{f'c}{f'y} * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

Mu = momento último (kg – m)

f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

f'y = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

b = 18 cm

d = 27 cm

As = cm<sup>2</sup>

En la tabla XI se muestra el As requerido, para cada momento actuante:

**Tabla XI. Área de acero en viga V1, sentido Y**

	<b>Momento Actuante (kg-m)</b>	<b>As. Requerido (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Chequeando rango</b>	<b>Usar As. (cm<sup>2</sup>)</b>
Mu(-)	3656.7	5.92	2.44<5.92<9.07	5.92
Mu(+)	3059.14	4.86	2.44<4.86<9.07	4.86
Mu(-)	3284.5	5.26	2.44<5.26<9.07	5.26

## Requisitos sísmicos para armado

Cama superior:

- a) As mín. =  $2.44 \text{ cm}^2$
- b)  $33\% M(-) = 0.33 * 5.92 = 1.96 \text{ cm}^2$

Usar As min.

Colocar 2 No. 4 corridos; As a utilizar =  $2.54 \text{ cm}^2$

Bastones: diferencia entre el As requerido y As corrido:

$$5.92 - 2.54 = 3.38 \text{ cm}^2$$

Como bastón utilizar 2 No. 5 con un As =  $3.96 \text{ cm}^2$ ; en cada extremo de la viga

Cama inferior:

- a) As mín. =  $2.44 \text{ cm}^2$
- b)  $50\% M(-) = 0.50 * 5.92 = 2.96 \text{ cm}^2$
- c)  $50\% M(+) = 0.50 * 4.86 = 2.43 \text{ cm}^2$

Usar:  $2.96 \text{ cm}^2$

Colocar 2 No. 5 corridos

As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

Bastones: diferencia entre el As requerido y As corrido:

$$4.85 - 3.96 = 0.90 \text{ cm}^2$$

Como bastón utilizar 1 No. 4 con un As =  $1.27 \text{ cm}^2$ ; en el centro de la viga

### Acero transversal (estribos)

Corte que resiste el concreto:

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{210} * 18 * 27 = 3172.79 \text{ kg.}$$

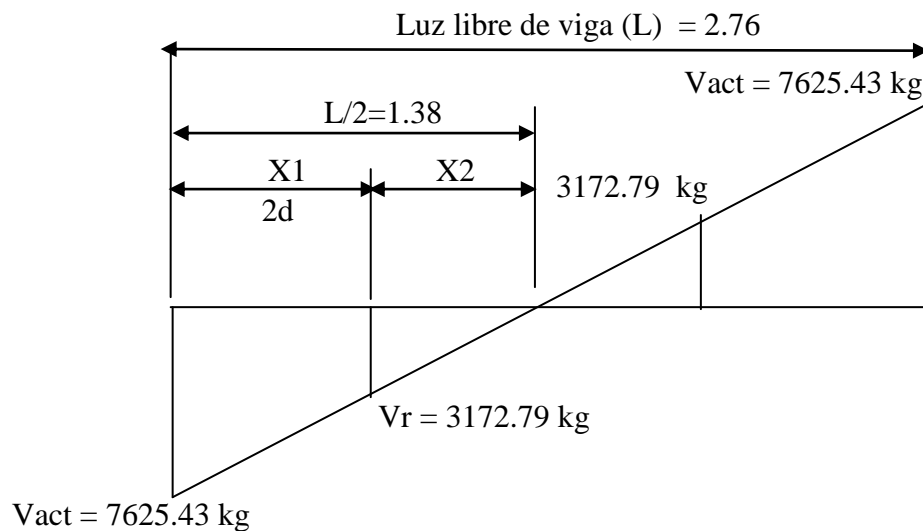
Corte actuante tomado del diagrama de cortes, figura 33:

$$V_{\text{act.}} = 7625.43 \text{ kg.}$$

$V_r < V_{\text{act.}}$ ; necesita refuerzo por corte.

Calcular espaciamiento:

Figura 36. Diagrama de corte actuante y corte resistente



$$\frac{7625.43}{1.39} = \frac{3172.39}{X_2}; \quad X_2 = 0.58 \text{ m}$$

$X1 = 1.39 - 0.58 = 0.81$  m: zona que necesita confinamiento, estribos por corte.

Espaciamiento de estribos con varilla No. 3 para X1:

$$S = \frac{2 * A_v * f' y}{V_{actuante} * b}$$

Donde:

$$A_v = \text{área de varilla} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$V_{actuante} = \text{Esfuerzo de corte actuante}$$

$$V_{actuante} = \frac{V_{actuante}}{b * d}$$

$$V_{actuante} = \frac{7625.43}{18 * 27} = 15.69 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2 * 0.71 * 2810}{15.69 * 18} = 14.12 \text{ cm}$$

Acero transversal en extremos, según el reglamento ACI 319-95, cap. 21.3.3:  $2d = 2 * 27 = 54$ ; se aproximará a 90 cm, para que cubra la distancia X1, para 90 cm tomar el menor de las siguientes condiciones:

- $d/4 = 27 / 4 = 6.75 \approx 6$  cm.
- 8 veces el  $\emptyset$  de la varilla menor longitudinal =  $8 * 1.27 = 10.16$  cm
- 24 veces  $\emptyset$  varilla de estribo =  $24 * 0.95 = 22.86$  cm
- 30 cm



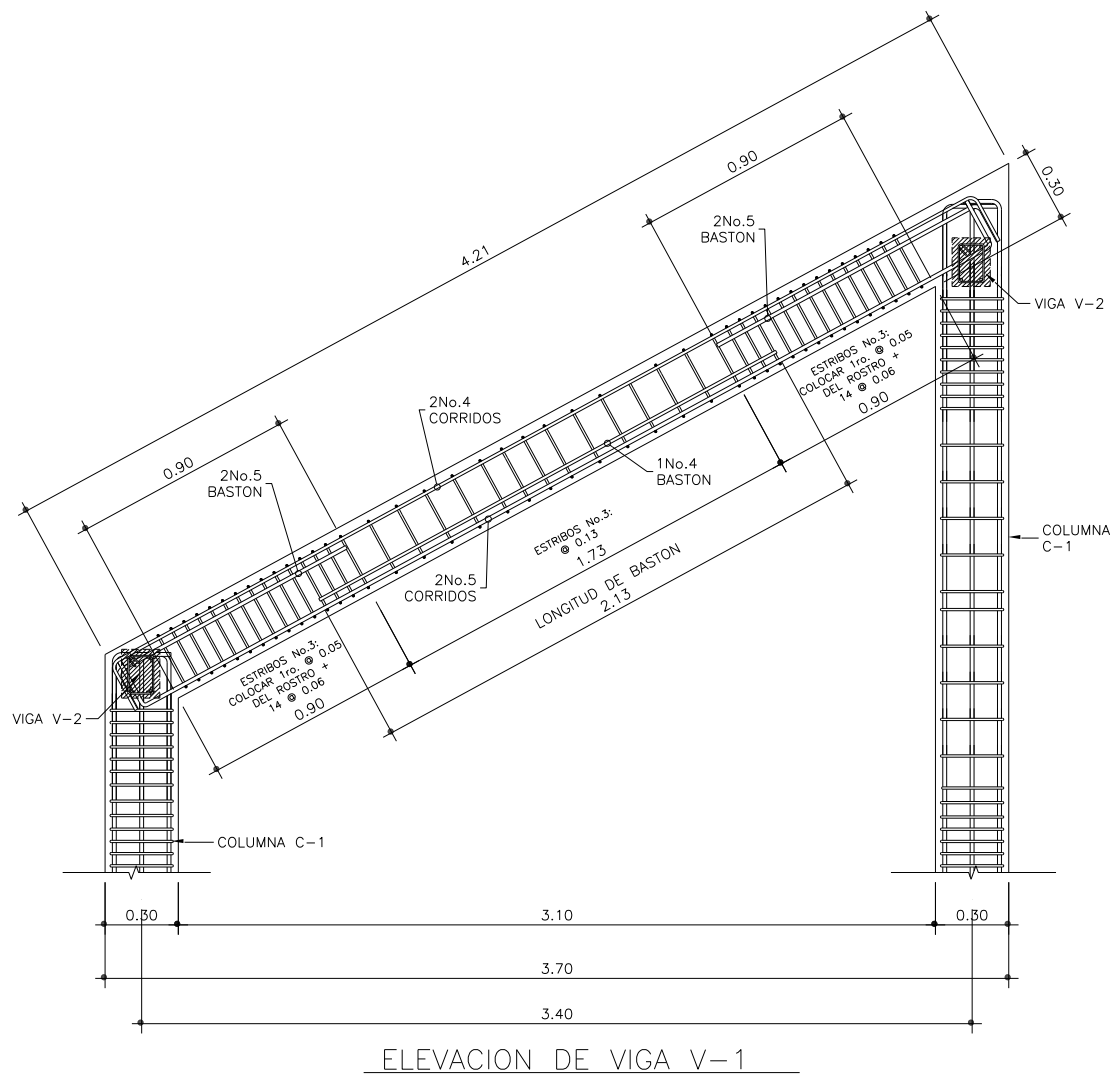
Colocar en 90 cm, estribos No.3 @ 6 cm

Para X2, colocar S máx. < 30 cm.

$$S \text{ máx.} = d / 2 = 27 / 2 = 13.5 \approx 13 \text{ cm}$$

Colocar estribos No. 3, 1ero, a 5 cm del rostro de la columna + 14 @ 6 cm + resto @ 13 cm.

**Figura 37. Armado final de viga V1, sentido Y**



### 2.3.7.3 Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales utilizados primordialmente para soportar cargas de flexocompresión. Las columnas se diseñan por el método de aproximación para el perfil de falla (método de Bresler).

Se deben encontrar la carga axial que actúa en la columna y el momento actuante en el sentido X e Y. La carga axial se calcula con base en el área tributaria, carga muerta y viva. Los momentos se toman de la envolvente de momentos para columnas, sentido X e Y, figura 28 y 30.

Requisitos del ACI 318-95 sección 21.4.1 para columnas:

Área de acero longitudinal

- $A_s \text{ min.} = 0.01 A_g$ .  
 $A_g =$  área gruesa
- $A_s \text{ máx.} = 0.06 A_g$ . (zona sísmica)
- La columna deberá tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinal
- El lado más pequeño de una columna estructural será de 20 cm.
- La sección mínima deberá ser de  $400 \text{ cm}^2$
- El refuerzo transversal (estribos) nunca podrá ser menor que No.3

**Procedimiento a seguir para el diseño de columnas:**

Calcular carga última:

$$\text{Sobrecarga} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 90 \text{ kg/m}^2$$

Del predimensionamiento estructural se tiene la siguiente sección de columna:  $b = 25 \text{ cm}$ ,  $h = 30 \text{ cm}$ .,  $A_g = 750 \text{ cm}^2$

Área tributaria, de la figura 12,  $A_t = 5.52 \text{ m}^2$

$$CU = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$CU = 1.4 ((2400 * 0.14) + 100 + 90) + 1.7 * 500 = 1586.40 \text{ kg/m}^2$$

Calcular factor de carga última (FCU):

$$\text{FCU} = \text{CU total} / (\text{CM} + \text{CV})$$

$$\text{FCU} = 1586.40 / (526 + 500) = 1.55$$

Calcular carga axial:

$$P_u = (\text{área tributaria de columna} * \text{CU total}) + (\text{peso propio vigas} * \text{FCU})$$

$$\text{Peso viga V1} = W_{\text{conc}} * \text{sección viga} * (\text{longitud viga} / 2)$$

$$\text{Peso viga V1} = 2400 * 0.18 * 0.30 * (1.77 / 2) = 114.69 \text{ kg}$$

$$\text{Peso viga V2} = W_{\text{conc}} * \text{sección viga} * \text{longitud viga}$$

$$\text{Peso viga V2} = 2400 * 0.15 * 0.25 * 2.80 = 252 \text{ kg}$$

$$P_u = (5.52 * 1586.40) + ((114.69 + 252) * 1.55) = 9501.25 \text{ kg}$$

Clasificar la columna por su esbeltez E:

Si:

$E < 21$ ; columna corta (no magnificar momentos)

$21 < E < 100$ ; columna intermedia (magnificar momentos)

$E > 100$ ; columna larga (no construir, fallan por pandeo)

$$E = K * L_u / r$$

Donde:  $K$  = factor de longitud efectiva

$L_u$  = longitud de la columna entre apoyos

r = radio de giro de sección transversal, para columna rectangular usar:  $r = 0.30 * \text{lado menor de la sección}$

$$r = 0.30 * 25 = 7.5$$

Coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación:

Extremo superior:

$$\Psi = \frac{\Sigma(E_m * I/L) \text{ columnas}}{\Sigma(E_m * I/L) \text{ vigas}}$$

Donde:  $E_m = 1$  (por ser todo el marco del mismo material)

$I$  = inercia de cada elemento estructural

$L$  = longitud de cada elemento estructural

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

$$I_{\text{col}} = \frac{25 * 30^3}{12} = 56250 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga V1}} = \frac{18 * 30^3}{12} = 40500 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga V2}} = \frac{15 * 25^3}{12} = 19531.25 \text{ cm}^4$$

$$\Psi = \frac{\frac{56250}{273}}{\frac{40500}{3.06} + \left(\frac{19531.25}{2.80}\right) * 2} = 0.75$$

Extremo inferior:

$$\psi = 0; \text{ (por ser empotramiento en la base)}$$

Promedio;

$$\Psi_p = \frac{0.75 + 0}{2} = 0.38$$

Factor de longitud efectiva K:

Para  $\psi_p < 2$ :

$$K = \frac{20 - \Psi_p}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

$$K = \frac{20 - 0.38}{20} * \sqrt{1 + 0.38} = 1.15$$

Sustituir datos para calcular esbeltez:

$$E = K * L_u / r = 1.15 * 273 / 7.5 = 41.92$$

Como:  $21 < 41.92 < 100$ ; (columna intermedia, magnificar momentos)

Magnificación de momentos:

a. Factor de flujo plástico del concreto:

$$B_d = \text{CMU} / \text{CU total}$$

$$B_d = 1.4 * 526 / 1586.40 = 0.46$$

b. EI total del material:

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2.5 * (1 + B_d)}$$

Donde:

$$E_c = 15100 * \sqrt{f'c}$$

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

$$EI = \frac{(15100 * \sqrt{210}) * \left(\frac{25 * 30^3}{12}\right)}{2.5 * (1 + 0.46)}$$

$$EI = 3108235637.32 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

$$EI = 310.82 \text{ ton} \cdot \text{m}^2$$

c. Carga crítica de pandeo de Euler:

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 310.821}{(1.15 * 2.73)^2} = 310.41 \text{ ton.}$$

d. Magnificador de momentos:

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{P_u}{\phi * P_{cr}}\right)} \geq 1$$

Donde:  $\phi = 0.70$ ; (para estribos)

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{9.50}{0.70 * 310.41}\right)} = 1.05$$

e. Momentos de diseño magnificados:

$$M_x = 1048.26 * 1.05 = 1096.20 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_y = 3656.70 * 1.05 = 3823.89 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Refuerzo longitudinal aplicando el método de Bresler:

a. Límites de área de acero en la columna:

$$A_{s \text{ min}} = 0.01 * (25*30) = 7.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max.}} = 0.06 * (25*30) = 45 \text{ cm}^2$$

b. Proponer área de acero:

$$A_s = 2\% A_g$$

$$A_s = 0.02 * (25*30) = 15 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armado propuesto} = 8 \text{ No. 5 con } A_s = 15.84 \text{ cm}^2$$

c. Usar diagramas de interacción para diseño de columnas:

Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{b - 2 * \text{recubrimiento}}{h}$$

$$\gamma_x = \frac{25 - 2 * 3}{25} = 0.76$$

$$\gamma_y = \frac{30 - 2 * 3}{30} = 0.80$$

Valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s * f'_y}{A_g * 0.85 * f'_c}$$

$$\rho_u = \frac{15.84 * 2810}{750 * 0.85 * 210} = 0.33$$

Excentricidades:

$$e_x = M_x / P_u = 1.09 / 9.5 = 0.114 \text{ m.}$$

$$e_y = M_y / P_u = 3.82 / 9.5 = 0.41 \text{ m.}$$

Valor de la diagonal:

$$e_x / h_x = 0.114 / 0.25 = 0.46$$

$$e_y / h_y = 0.41 / 0.30 = 1.37$$

Con el valor de la gráfica, curva y diagonal, buscar en el diagrama de interacción los valores  $K_y$  y  $K_x$ :

$$K_x = 0.45$$

$$K_y = 0.12$$

Los valores de  $K$  se comprobaron a través del programa JC Diseño de concreto, versión 1.01

Resistencia de la columna a una excentricidad dada:

Carga de resistencia de la columna:

$$P'_{ux} = K_x * f'_c * b * h = 0.45 * 210 * 25 * 30 = 70.87 \text{ ton}$$

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h = 0.12 * 210 * 25 * 30 = 18.90 \text{ ton}$$

Carga axial de resistencia para la columna:

$$P'_o = 0.85 * (f'_c * A_g) + (A_s * f'_y)$$

$$P'_o = (0.85 * (210 * 750) + (15.84 * 2810)) = 171.71 \text{ ton}$$

Carga de resistencia de la columna:

$$P'u = \frac{1}{\left(\frac{1}{P'_{ux}}\right) + \left(\frac{1}{P'_{uy}}\right) - \left(\frac{1}{P'_o}\right)}$$

$$P'u = \frac{1}{\left(\frac{1}{70.87}\right) + \left(\frac{1}{18.90}\right) - \left(\frac{1}{171.71}\right)}$$



$$P'u = 16.28 \text{ ton.}$$

$$P_u / 0.70 = 9.5 / 0.70 = 13.57 \text{ ton.}$$

Revisando:  $P'u > P_u$  ; si no aumentar  $A_s$

$$16.28 \text{ ton} > 13.57 \text{ ton. Ok.}$$

### **Acero transversal (estribos):**

Corte que resiste el concreto:

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{210} * 25 * 27 = 4406.64 \text{ kg.}$$

Corte máximo actuante, de la figura 34:

$$V \text{ act.} = 2630.86 \text{ kg.}$$

$V_r > V \text{ act.}$ ; se colocaran estribos a  $S \text{ max.} = d/2$

$$S \text{ max} = 27 / 2 = 13.5 \text{ cm.} \approx 13 \text{ cm.}$$

### **Cálculo de espaciamiento del estribo en zona confinada:**

Longitud de confinamiento:

$$L_o \left[ \begin{array}{l} L_u / 6 = 2.73 / 6 = 0.46 \approx 0.50 \\ \text{Lado menor de la columna} = 0.25 \\ 0.45 \end{array} \right.$$

Tomar el mayor,  $L_o = 0.50$

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0.45 * \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left( 0.85 * \frac{210}{2810} \right)$$

Donde:  $\rho_s = \text{relación volumétrica de la columna} \geq 0.12(f'y / f'c)$

$$\text{área gruesa} = 750 \text{ cm}^2$$

$$\text{área chica} = 24 * 19 = 456 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0.45 * \left( \frac{750}{456} - 1 \right) * \left( 0.85 * \frac{210}{2810} \right) = 0.0184$$

$$\rho_s = 0.0184 \geq 0.008967$$

Calcular espaciamiento de estribos en zona de confinamiento:

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

Donde:

$$A_v = \text{área de la varilla, usando varilla No. 3, } A_s = 0.71 \text{ cm}^2$$

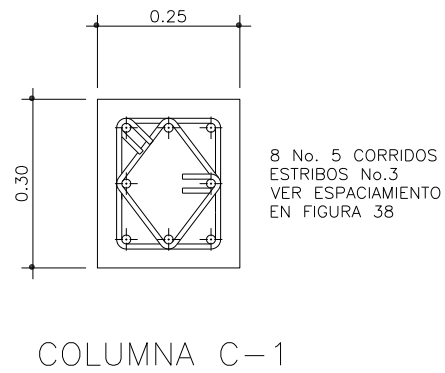
$L_n = \text{longitud no soportada del estribo}$

Si se coloca doble estribo No.3 se tiene:

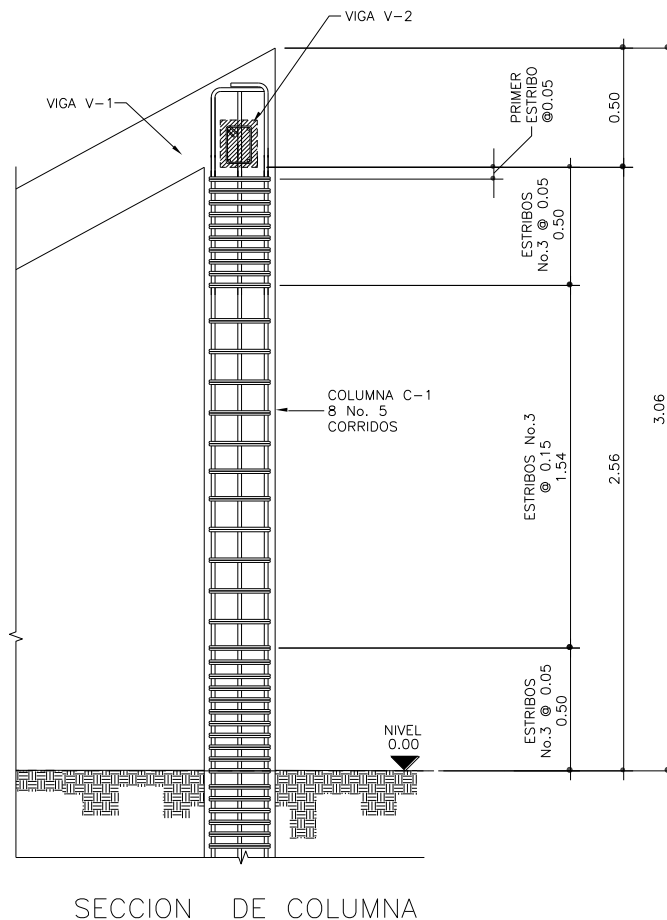
$$S = \frac{4 * 0.71}{0.0184 * 24} = 5.43 \text{ cm.} \approx 5 \text{ cm.}$$

Colocar en zona de confinamiento 10 estribos No. 3 @ 5 cm. + resto @ 15 cm. + colocar estribo 1 estribo No. 3 girado 45° @ 5 cm en zona de confinamiento y @ 15 cm en el resto. En las figuras 38 y 39 se muestra el armado final de la columna y el esquema de espaciamiento de estribos respectivamente.

**Figura 38. Armado final de columna**



**Figura 39. Esquema de espaciamiento de estribos en columna**



### 2.3.7.4 Diseño de cimientos

Los antecedentes a tomar para el diseño de zapatas son las fuerzas y los momentos del análisis estructural, figuras 28 y 30 respectivamente, y los datos del valor soporte del suelo. Los datos a utilizar para el diseño de zapata son:

#### Diseño de zapata tipo Z-2

Datos de diseño:

$f'c =$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f'y =$	2810 kg/cm <sup>2</sup>
$Mux =$	2.21 ton – m
$Muy =$	1.048 ton – m
$Pu =$	9.50 ton.
desplante =	1 m.
$Fcu. =$	1.55
$Vs =$	18 ton/m <sup>2</sup> (Asumido)
$\gamma_s =$	1.4 ton/m <sup>3</sup>
Espesor asumido =	0.30 m
$\gamma_c =$	2.4 ton/m <sup>3</sup>
Sección de columna =	0.25 x 0.30 m.

Cargas de trabajo o de servicio:

$$P' = \frac{Pu}{Fcu} \quad P' = \frac{9.50}{1.55} = 5.53 \text{ ton.}$$

Momentos de trabajo

$$M' = \frac{Mu}{Fcu}$$

$$M'x = 2.21 / 1.55 = 1.29 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M'y = 1.048 / 1.55 = 0.61 \text{ ton} - \text{m}$$

Estimación del área de la zapata:

$$Az = \frac{P' * Fcu}{Vs} \quad Az = \frac{5.53 * 1.55}{18} = 0.53 \text{m}^2$$

$$L = \sqrt{Az} \quad L = \sqrt{0.53} = 0.72 \text{m}$$

Se propone una zapata de 1.55 x 1.55 m

$$\text{Área final de la zapata} = Az = 1.55 * 1.55 = 2.4025 \text{ m}^2$$

Integración de cargas actuantes:

$$P = P' + Ps + P \text{ col} + P \text{ cim}$$

$$Ps = Az * \text{desplante} * \gamma_s = 2.4025 * 1.00 * 1.4 = 3.36 \text{ ton}$$

$$P \text{ col} = \text{sección de col.} * \text{altura} * \gamma_c = 0.25 * 0.30 * 3.73 * 2.4 = 0.67 \text{ ton}$$

$$P \text{ cim} = Az * \text{espesor} * \gamma_c = 2.4025 * 0.30 * 2.4 = 1.73 \text{ ton.}$$

$$P = 5.53 + 3.36 + 0.67 + 1.73 = 11.30 \text{ ton.}$$

Presión sobre el suelo:

$$q = \frac{P}{Az} \pm \left[ \frac{M'x}{Sx} \right] \pm \left[ \frac{M'y}{Sy} \right]$$

$$\text{Donde } S = (1/6) * b * h^2 = (1/6) * (1.55) * (1.55)^2 = 0.62$$

$$q' = \frac{11.30}{2.4025} \pm \left[ \frac{1.29}{0.62} \right] \pm \left[ \frac{0.61}{0.62} \right]$$

$$q \text{ max} = 7.77 \text{ ton / m}^2 < V_s$$

$$q \text{ min} = 1.62 \text{ ton / m}^2 > 0$$

Presión última de diseño:

$$q \text{ dis} = q \text{ max} * \text{FCU} = 7.77 * 1.55 = 13.28 \text{ ton / m}^2$$

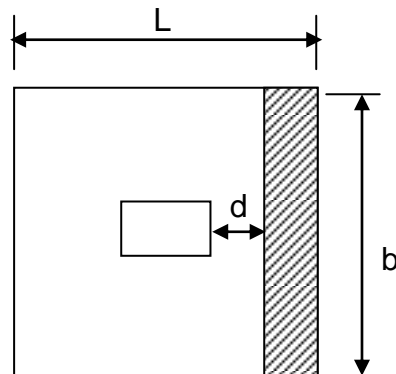
### Comprobación por corte simple:

Cálculo de peralte efectivo:

$$d = t - \text{recub} - \phi/2 = 30 - 7.5 - 1.59/2$$

$$d = 21.70 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

### Figura 40. Comprobación por corte simple



Corte simple actuante, ocurre a una distancia d, del rostro de la columna

$$\text{Área ashurada} = b * (L/2 - \text{col}/2 - d)$$

$$\text{Área ashurada} = 1.55 * (1.55/2 - 0.30/2 - 0.217)$$

$$\text{Área ashurada} = 0.6323 \text{ m}^2$$

$$V \text{ actuante} = \text{área ashurada} * q \text{ diseño}$$

$$V_{\text{actuante}} = 0.6323 * 13.28 = 8.40 \text{ ton}$$

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000}$$

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 155 * 21.70}{1000} \quad V_{\text{resistnete}} = 21.96 \text{ ton.}$$

$V_{\text{resistnete}} > V_{\text{actuante}}$  el peralte asumido resiste el corte simple.

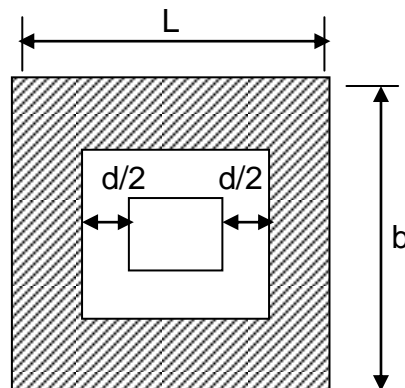
### Comprobación por corte punzonante:

$$V_{\text{act}} = (\text{Área de zapata} - \text{Área punzonada}) * q_{\text{dis.}}$$

$$V_{\text{act}} = 2.82 * 13.28$$

$$V_{\text{act}} = 37.45 \text{ ton}$$

**Figura 41. Comprobación por corte punzonante**



Corte punzonante resistente

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{f'c} * b_0 * d}{1000}$$

Donde  $b_0$  es el perímetro de la sección crítica de punzonamiento

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{210 * 186.80 * 21.70}}{1000}$$

$$V_{\text{resistnete}} = 55.78 \text{ ton.}$$

$V_{\text{resistnete}} > V_{\text{actuante}}$  el peralte si cumple.

### Diseño de refuerzo de la base:

$$M_u = W * L^2 / 2$$

Donde :  $W = q$  diseño

$L =$  distancia medida del rostro de la columna al borde de la zapata

$$M_u = 13.28 * 0.65^2 / 2$$

$$M_u = 2.808 \text{ ton} - \text{m} = 2808.42 \text{ kg} - \text{m}$$

Área de acero requerida para momento último:

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{f'_c}{f'_y}\right) * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right]$$

Donde:

$$M_u = 2808.42 \text{ kg} - \text{m}$$

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

$$f'_y = 2810 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$b = 65 \text{ cm}$$

$$d = 21.70 \text{ cm}$$

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



$$A_s = 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right) * \left[ 65 * 21.70 - \sqrt{(65 * 21.70)^2 - \frac{2808.42 * 65}{0.003825 * 210}} \right]$$

As requerido = 5.27 cm<sup>2</sup>

Área de acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f_y) * b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 65 * 21.70$$

$$A_s \text{ min} = 7.07 \text{ cm}^2$$

As min > As requerida, colocar As min.

Espaciamiento entre varilla No.5

$$7.07 \text{ cm}^2 \text{ (As min)} \text{ ----- } 65 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 18.16 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 5 @ 0.18 en ambos sentidos

Cálculo de As por temperatura, cama superior de la zapata:

$$A_s \text{ temp} = 0.002 * b * d$$

$$A_s \text{ temp.} = 0.002 * 100 * 21.70 = 4.34 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varilla No.3

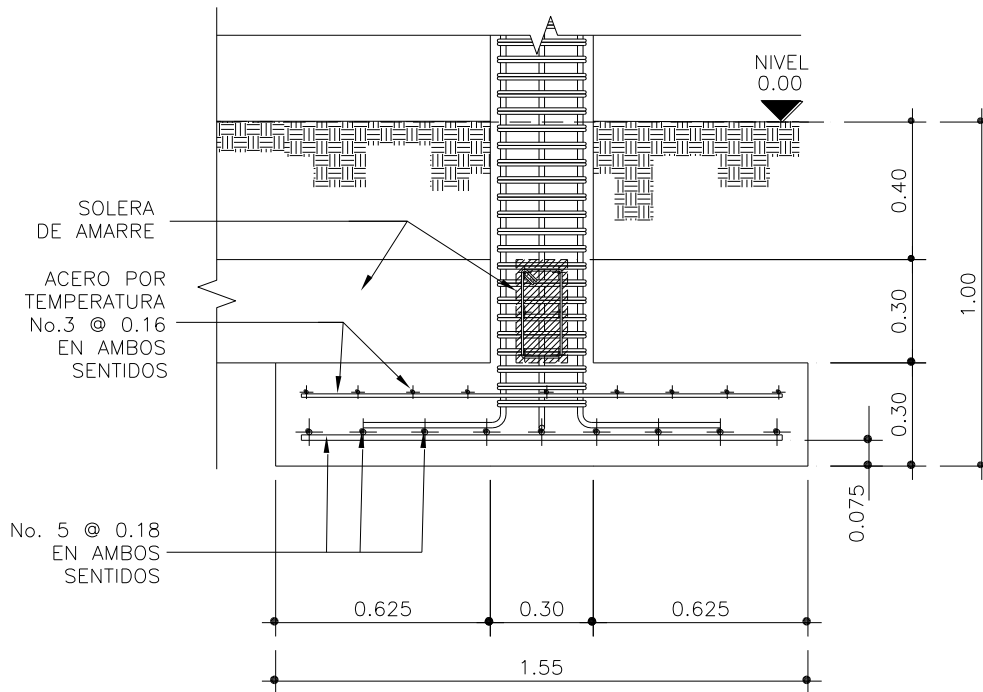
$$4.34 \text{ cm}^2 \text{ (As temp.)} \text{ ----- } 100 \text{ cm.}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 16.35 \text{ cm.} \approx 16 \text{ cm.}$$

El armado será varillas No. 3 @ 0.16 en ambos sentidos

**Figura 42. Armado final de zapata tipo Z-2**



### Diseño de zapata tipo Z-1

Las zapatas de colindancia tienen la particularidad de que las cargas que sobre ellas recaen, lo hacen en forma no concentrada, por lo que se producen momentos de volteo que habrá que contrarrestar. Estas pueden ser medianeras y de esquina.

La base puede ser, rectangular o cuadrada, según el caso. Para este proyecto se utilizó base rectangular. El diseño del diamante se presenta a continuación.

Datos de diseño:

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

$$f'y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Mux =	2.21 ton – m
Muy =	1.048 ton – m
Pu =	9.5 ton.
Desplante =	1 m.
Fcu. =	1.55
Vs =	18 ton/m <sup>2</sup> (asumido)
$\gamma_s$ =	1.4 ton/m <sup>3</sup>
Espesor asumido =	0.30 m
$\gamma_c$ =	2.4 ton/m <sup>3</sup>
Sección de columna =	0.30 x 0.25 m

Cargas de trabajo o de servicio:

$$P' = \frac{P_u}{F_{cu}} \quad P' = \frac{9.5}{1.55} = 5.53 \text{ ton.}$$

Estimación del área de la zapata:

$$A_z = \frac{P' \cdot F_{cu}}{V_s} \quad A_z = \frac{5.55 \cdot 1.55}{18} = 0.95 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{A_z} \quad L = \sqrt{0.95} = 0.97 \text{ m} \quad \text{Se usará una zapata de } 2.50 \times 1.40 \text{ m}$$

$$\text{Área final de la zapata} = 3.50 \text{ m}^2.$$

Integración de cargas actuantes:

$$P = P' + P_s + P_{\text{col}} + P_{\text{cim}}$$

$$P_s = A_z \cdot \text{desplante} \cdot \gamma_s = 3.50 \cdot 1.00 \cdot 1.4 = 4.90 \text{ ton}$$

$$P_{\text{col}} = \text{sección de col.} \cdot \text{altura} \cdot \gamma_c = 0.25 \cdot 0.30 \cdot 3.73 \cdot 2.4 = 0.67 \text{ ton}$$

$$P_{\text{cim}} = A_z \cdot \text{espesor} \cdot \gamma_c = 3.50 \cdot 0.30 \cdot 2.4 = 2.1 \text{ ton.}$$

$$P = 9.5 + 4.90 + 0.67 + 2.1 = 17.17 \text{ ton.}$$

La carga P centrada en la columna, se encuentra a una distancia del centro de la zapata de:

$$e = \frac{L}{2} - \frac{h_{col}}{2} \quad e = \frac{1.40}{2} - \frac{0.30}{2} = 0.55\text{m}$$

Por ser una zapata colindante, la carga es excéntrica, por la tanto la compresión y tensión máxima, se calculará con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{Pt}{Az} * \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{L} \right]$$

Compresión máxima:

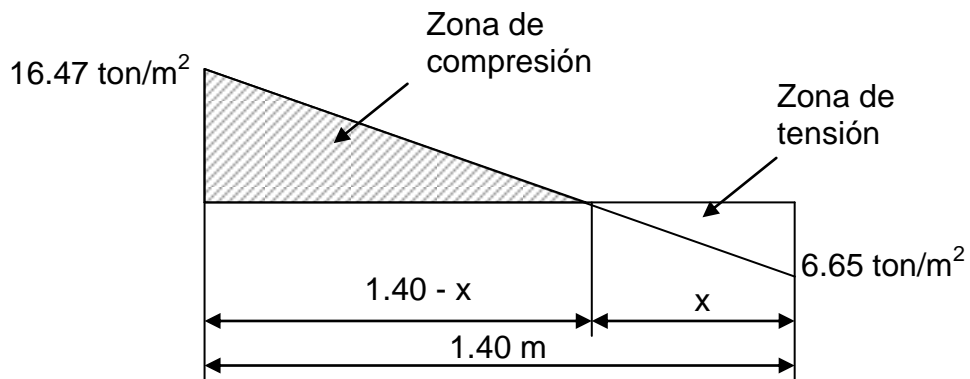
$$\sigma_c = \frac{17.17}{3.50} * \left[ 1 + \frac{6 * 0.55}{1.4} \right] \quad \sigma_c = 16.47 \text{ ton/m}^2$$

Tensión máxima

$$\sigma_t = \frac{17.17}{3.50} * \left[ 1 - \frac{6 * 0.55}{1.40} \right] \quad \sigma_t = -6.65 \text{ ton/m}^2$$

En la figura 43 se representan estos esfuerzos.

**Figura 43. Esfuerzos en el terreno**



El punto donde cambia el esfuerzo de compresión al de tensión, se encuentra a una distancia  $x$ , aplicando relación de triángulos:

$$\frac{16.47}{1.40 - x} = \frac{6.65}{x} \quad X = 0.403 \text{ m}$$

Para efectuar el cálculo de la zapata, se tendrá que considerar la parte del diagrama que se encuentra a compresión, ver figura 43.

Esfuerzo en el eje de inversión por relación de triángulos

$$\frac{16.47}{(1.40 - 0.403)} = \frac{Y}{((1.40 - 0.403 - 0.30)/2)}$$

$$Y = 5.75 \text{ ton/m}^2$$

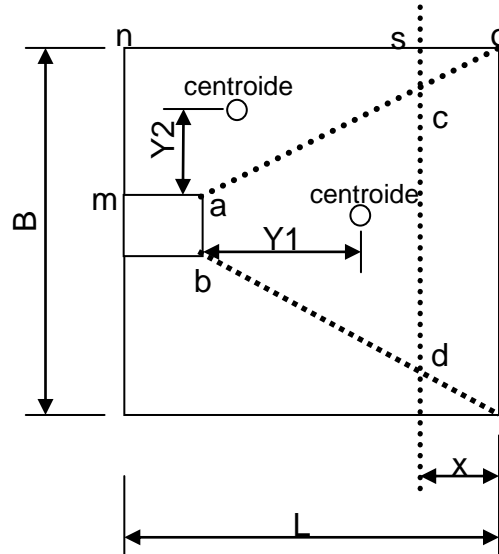
Altura del diamante:

Se asume una inclinación de  $30^\circ$

$$h = \tan 30^\circ * (L - col)$$

$$h = \tan 30^\circ * (1.40 - 0.30) = 0.485 \approx 50 \text{ cm.}$$

**Figura 44. Análisis de zapata**



La resultante de los esfuerzos en el trapecio abcd, será:

$$p_1 = \sigma_{\text{eje}} \left[ \frac{ab + cd}{2} \right] * h \qquad p_1 = 5.75 \left[ \frac{0.25 + 1.644}{2} \right] * 0.697$$

$$p_1 = 3.8 \text{ ton.}$$

La fuerza P1 está aplicada en el centro de gravedad del trapecio abcd, cuya distancia a la sección ab es:

$$y_1 = \frac{h}{3} * \left[ \frac{2 * cd + ab}{ab + cd} \right] \qquad y_1 = \frac{0.697}{3} * \left[ \frac{2 * 1.644 + 0.25}{1.644 + 0.25} \right]$$

$$y_1 = 0.434 \text{ m}$$

El momento producido por la fuerza p1 con respecto a ab es:

$$M1 = p1 * y1$$

$$M1 = 3.8 * 0.434$$

$$M1 = 1.6492 \text{ ton-m.}$$

En la dirección del lado B, hay que considerar la compresión entre el plano exterior y la línea neutra:

$$\sigma = 16.47 \text{ ton/m}^2$$

Este esfuerzo está repartido en la superficie macsn, cuya área es:

$$A_2 = ma * \left[ \frac{B - ab}{2} \right] + \left[ \frac{(B - ab) + (B - cd)}{4} \right] * h$$

$$A_2 = 0.30 * \left[ \frac{2.50 - 0.25}{2} \right] + \left[ \frac{(2.50 - 0.25) + (2.50 - 1.644)}{4} \right] * 0.697$$

$$A_2 = 0.879 \text{ m}^2$$

La resultante P2, aplicada en el centro de gravedad de la superficie macsn es:

$$P2 = \sigma * A_2$$

$$P2 = 16.47 * 0.879 = 14.47 \text{ ton.}$$

Encontrando el centro de gravedad de la superficie macsn:

$$y_2 = \frac{h}{3} * \left[ \frac{2 * on + ma}{ma + on} \right] \quad y_2 = \frac{1.125}{3} * \left[ \frac{2 * 1.40 + 0.30}{0.30 + 1.40} \right]$$

$$y_2 = 0.684 \text{ m}$$

El momento provocado por la fuerza P2 será:

$$M2 = P2 * y_2$$

$$M2 = 14.47 * 0.684 = 9.90 \text{ ton-m}$$

Para el cálculo de refuerzo se toma el momento mayor, en este caso es M2.

Calcular el acero por temperatura para la parte superior de la zapata:

$$A_s \text{ temperatura} = 0.002 * b * d$$

$$A_s \text{ temperatura} = 0.002 * 137.50 * (0.50 / 2)$$

$$A_s \text{ temperatura} = 6.87 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varilla No.4,  $A_s = 1.27 \text{ cm}^2$

$$6.87 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad S$$

$$S = 14.22 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 4 @ 0.14

### Comprobación por corte simple:

Recubrimiento                      7.5cm

Espesor asumido                      30 cm

Diámetro de barra asumido              No. 5

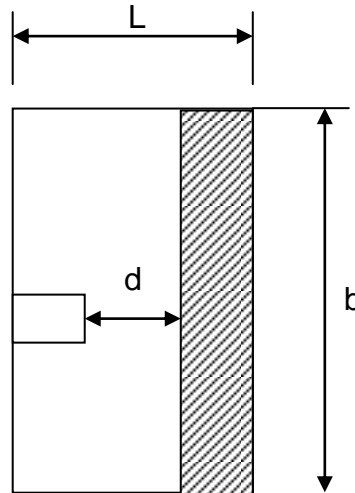
Cálculo de peralte efectivo:

$$d = t - \text{recub} - \phi/2 = 30 - 7.5 - 1.59/2$$

$$d = 21.70 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \quad \text{ok}$$



**Figura 45. Comprobación por corte simple**



$$\text{Área ashurada} = b * (L - c_o - d)$$

$$\text{Área ashurada} = 2.50 * (1.40 - 0.30 - 0.217)$$

$$\text{Área ashurada} = 2.20 \text{ m}^2$$

$$q \text{ diseño} = 5.75 \text{ ton/m}^2$$

Corte actuante:

$$V \text{ actuante} = \text{área ashurada} * q \text{ diseño}$$

$$V \text{ actuante} = 2.20 * 16.47 = 12.65 \text{ ton}$$

Corte resistente

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000}$$

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 250 * 21.70}{1000} \quad V_{\text{resistnete}} = 35.41 \text{ ton.}$$

$$V_{\text{resistnete}} > V_{\text{actuante}} \text{ el peralte asumido resiste el corte simple}$$

### Revisión por punzonamiento:

Para el corte por punzonamiento, se tomará como espesor total el promedio de la suma de altura del diamante más el espesor por corte simple.

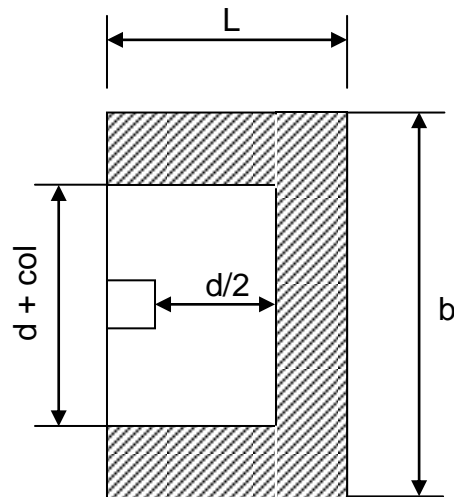
$$t_{\text{total}} = \frac{t_{\text{diamante}} + t_{\text{cortesimple}}}{2}$$
$$t_{\text{total}} = \frac{0.50 + 0.30}{2} = 0.40 \text{ m}$$

Cálculo de peralte efectivo:

$$d = t - \text{recub} - \phi/2 = 40 - 7.5 - 1.59/2$$

$$d = 31.70 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

**Figura 46. Comprobación por corte punzonante**



Corte punzonante actuante:

$$V_{act} = (\text{Área de zapata} - \text{Área punzonada}) * q_{dis.}$$

$$V_{act} = 3.34 * 16.47$$

$$V_{act} = 55.00 \text{ ton}$$

Corte punzonante resistente:

$$V_{resistneta} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{f'c} * b_0 * d}{1000}$$

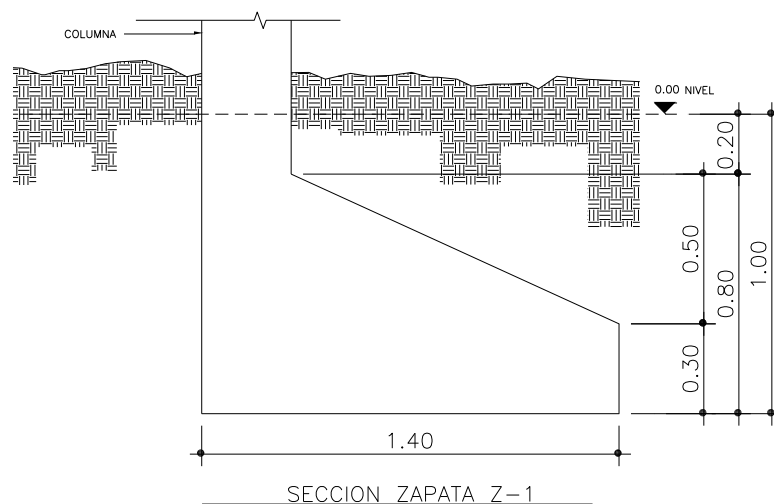
Donde  $b_0$  es el perímetro de la sección crítica de punzonamiento

$$V_{resistneta} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * 158.4 * 31.705}{1000}$$

$$V_{resistneta} = 65.56 \text{ ton.}$$

$V_{resistneta} > V_{actuante}$  el peralte si cumple

**Figura 47. Medidas finales de zapata Z-1**



### Diseño de refuerzo de la base:

Momentos de diseño, se tomaron los que se obtuvieron del análisis de la zapata diamantada.

$$M_{ux} = 1.65 \text{ ton} - \text{m}$$

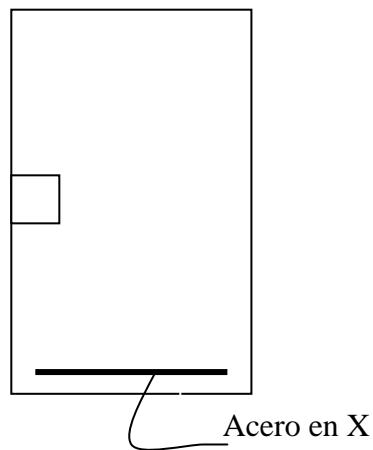
$$M_{uy} = 9.90 \text{ ton} - \text{m}$$

### Acero en el sentido "X"

$$M_{ux} = 1.65 \text{ ton} - \text{m} = 1650 \text{ kg} - \text{m}$$

$$d = 31.705 \text{ cm}$$

**Figura 48. Posición del acero de refuerzo en sentido X**



Calcular acero requerido:

$$A_s = 0.85 * \left( \frac{f'_c}{f'_y} \right) * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right]$$

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right) * \left[ 100 * 31.705 - \sqrt{(100 * 31.705)^2 - \frac{1650 * 100}{0.003825 * 210}} \right]$$

As requerido = 3.04 cm<sup>2</sup>

Calcular acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f_y) * b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 100 * 31.705$$

$$A_s \text{ min} = 15.90 \text{ cm}^2$$

As min > As requerido, colocar As min.

Espaciamiento entre varilla No.5, As = 1.98 cm<sup>2</sup>

$$15.90 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 12.44 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

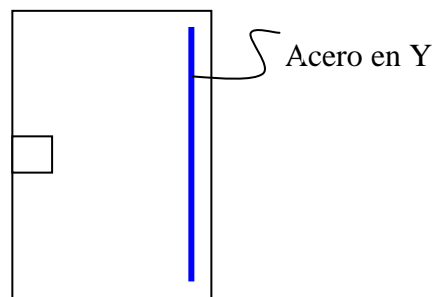
El armado será varillas No. 5 @ 0.12

### Acero en el sentido "Y"

$$M_{uy} = 4.95 \text{ ton} - \text{m} = 4950 \text{ kg} - \text{m}$$

$$d = 31.70 \text{ cm}$$

**Figura 49. Posición del acero de refuerzo en sentido Y**



Calcular  $A_s$  requerido:

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{f'_c}{f'_y}\right) * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right]$$

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right) * \left[ 100 * 31.705 - \sqrt{(100 * 31.705)^2 - \frac{9900 * 100}{0.003825 * 210}} \right]$$

$A_s$  requerido = 12.75 cm<sup>2</sup>

Calcular el acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f'_y) * b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 100 * 31.705$$

$$A_s \text{ min} = 15.90 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ min} > A_s$  requerida, colocar  $A_s \text{ min}$ .

Espaciamiento entre varilla No.5,  $A_s = 1.98 \text{ cm}^2$

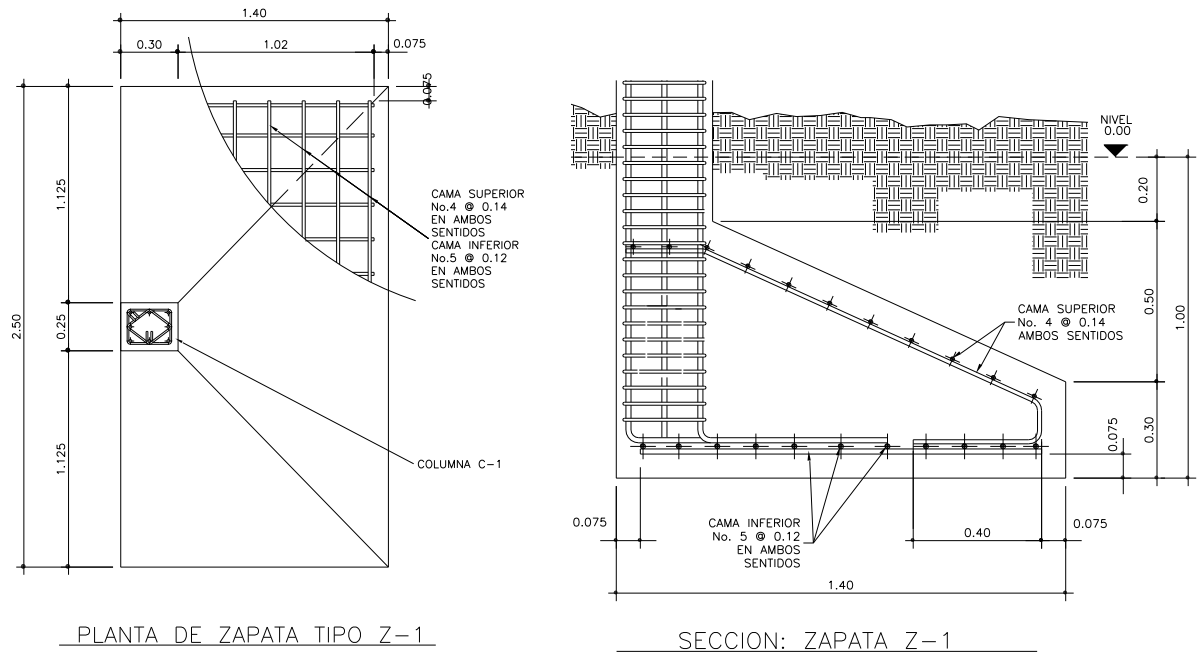
$$15.90 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} S$$

$$S = 12.44 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 5 @ 0.12

**Figura 50. Detalle de zapata Z-1**



### 2.3.8 Presupuesto

Se aplicó el procedimiento del caso del proyecto alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas

**Tabla XII. Presupuesto del graderío**

**PRESUPUESTO INTEGRADO**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**E.P.S. INGENIERÍA CIVIL**

**MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA**

**PROYECTO: GRADERÍO PARA LA CANCHA DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA.**



No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P / U.	TOTAL
1	Trazo y nivelación	1	global	Q 2,473.61	Q 2,473.61
2	Zapata Z-1	5	U	Q 5,090.94	Q 25,454.72
3	Zapata Z-2	17	U	Q 2,134.52	Q 36,286.87
4	Solera de amarre	64.4	ml	Q 171.69	Q 11,057.09
5	Columna C-1	58.63	u	Q 1,157.71	Q 67,876.62
6	VigA V-1	46.31	ml	Q 531.13	Q 24,596.71
7	Viga V-2	48.5	ml	Q 338.56	Q 16,420.30
8	Losetas	91.29	m2	Q 450.03	Q 41,083.39
9	Contrahuella	43.7	m2	Q 263.75	Q 11,526.04
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 236,775.34</b>



### **2.3.9 Planos**

Se elaboraron los siguientes planos, para la construcción del graderío:

- Plano topográfico de conjunto y planta acotada
- Plano de cimentación y especificaciones
- Plano estructura de losa, vigas y detalles

## **2.4 Diseño de la cubierta de la cancha de basket ball.**

### **2.4.1 Descripción del proyecto**

El diseño de la cubierta será destinado para la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica, tendrá un área de 756 m<sup>2</sup>, la cubierta será curva tipo EMCO, estará soportado por columnas de 25 x 35 cm, y una viga canal donde se fijará la cubierta y a la vez servirá para encausar el agua de lluvia.

### **2.4.2 Localización**

La cubierta se construirá en la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica.

### **2.4.3 Selección del tipo de techo a utilizar**

El techo que utilizará la estructura, será una cubierta curva formada por paneles estructurales auto-engrapables de lámina de acero, recubierta con aleación de aluminio y zinc (aluzinc), fabricada por la empresa EMCO.

### **2.4.4 Análisis estructural**

- **Predimensionamiento estructural**

**a. Viga:**

Para una viga con ambos extremos continuos:

$$t_{\text{viga}} = \text{luz} / 21 \quad t_{\text{viga}} = 5.70 / 21 \quad t_{\text{viga}} = 0.274 \text{ m.}$$

se tomará un peralte  $d = 0.35 \text{ m.}$

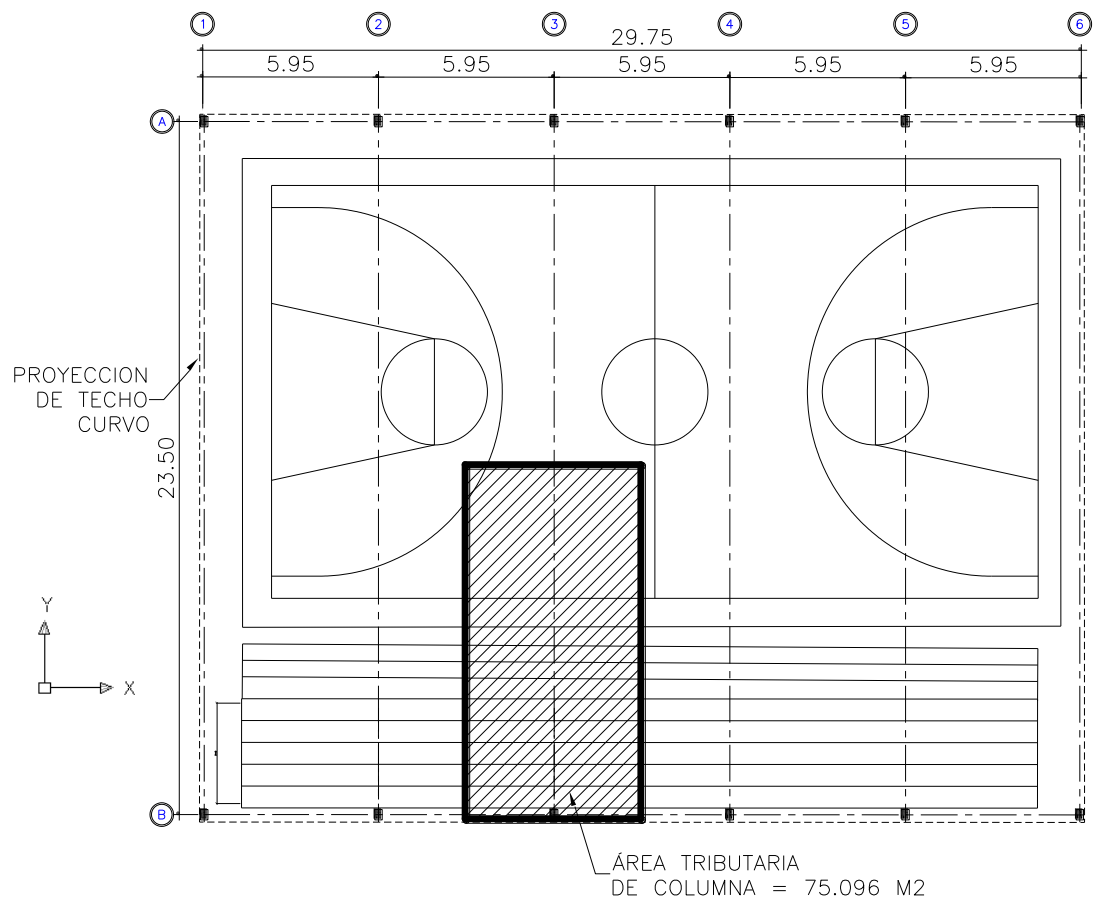
base de la viga  $0.40d < b < 0.60d$

entonces se tiene los siguientes límites para la base

$12.80 \text{ cm} < b < 19.20 \text{ cm}$

la sección final de la viga será de  $20 \times 35 \text{ cm}$ .

**Figura 51. Planta acotada, cancha de basket ball**



- b. Columna:** El peso del techo según los datos proporcionados por la empresa EMCO es de  $13.70 \text{ kg/m}^2$ , el área tributaria mostrada en la figura 51 es de  $75.096 \text{ m}^2$ .

$$P = 0.8 \cdot (0.225 \cdot f'c \cdot Ag + Fy \cdot As)$$

Donde:

$$P = \text{Área tributaria} \cdot \text{peso de la cubierta} = 75.096 \cdot 13.70 = 1028.82 \text{ kg.}$$

Ag = Área gruesa

As = Área de acero

$$1\% Ag < As < 8\% Ag$$

Usando un área de acero de 0.01% Ag, queda:

$$1028.82 = 0.80 (0.225 \cdot 210 \cdot Ag + 2810 \cdot 0.01 Ag)$$

$$Ag = 133.60 \text{ cm}^2$$

El ACI establece como lado mínimo de una columna estructural 20 cm, por lo que se tendrá un área gruesa mínima de 400 cm<sup>2</sup>.

El área gruesa obtenida es menor al área mínima, por lo tanto se asumirá una sección de:

$$25 \cdot 35 = 875 \text{ cm}^2$$

- **Cargas aplicadas a marcos dúctiles**

### **Cargas verticales**

Carga muerta:

$$\text{Peso de la cubierta} = 13.70 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso del concreto} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Carga viva

Según EMCO considerar:

$$\text{Carga viva} = 39.12 \text{ kg/m}^2$$

### **Sentido X.**

$$CM = W \text{ cubierta} + W \text{ vigas}$$

$$W \text{ cubierta} = (\text{Área total} / 2) * \text{peso de la cubierta} / L$$

$$W \text{ cubierta} = (756 / 2) * 13.70 / 30 = 172.62 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ vigas} = \text{Sección viga} * W \text{ conc}$$

$$W \text{ vigas} = 0.20 * 0.35 * 2400 = 168 \text{ kg/m}$$

$$CM = 172.62 + 168 = 340.62 \text{ kg/m.}$$

$$CV = (A \text{ total} / 2) * \text{carga viva} / L \text{ viga}$$

$$CV = (756 / 2) * 39.12 / 30 = 492.12 \text{ kg/m}$$

### **Sentido Y:**

En el sentido Y, no se integraran cargas verticales, ya que la cubierta es autoportante, por lo que no se analizaran marcos en este sentido.

- **Cargas horizontales**

Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas a la estructura, se utilizó el método SEAOC, el cual se describe a continuación:

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

Para estructuras de un nivel, la combinación de factores ZICKS es 0.1, tomando el 10% del peso total de la estructura, por lo que el valor del corte basal V será:

$$V = 0.10 * W$$

$$W = W \text{ cubierta} + W \text{ vigas} + W \text{ columnas} + 0.25 * \text{carga viva}$$

$$W \text{ cubierta} = \text{área total} * \text{peso cubierta}$$

$$W \text{ losa} = 756 * 13.70 = 10357.20 \text{ kg}$$

$$W \text{ viga} = W \text{ conc} * \text{sección viga} * L \text{ viga} * \text{No. vigas}$$

$$W \text{ viga} = 2400 * 0.20 * 0.35 * 30 * 2 = 10080 \text{ kg}$$

$$W \text{ columnas} = W \text{ conc} * \text{sección columna} * L \text{ col.} * \text{No. col}$$

$$W \text{ columnas} = 2400 * 0.25 * 0.35 * 5.70 * 12 = 12600 \text{ kg}$$

$$25\% \text{ de carga viva} = 0.25 * CV * \text{área total}$$

$$= 0.25 * 39.12 * 756 = 7393.68 \text{ kg}$$

$$W = 10357.20 + 10080 + 12600 + 7393.68$$

$$W = 40430.88 \text{ kg}$$

Sustituir datos:

$$V = 0.10 * 40430.88 = 4043.09 \text{ kg}$$

### **Fuerza por marco**

#### **Sentido X**

Son 2 marcos los que soportan la cubierta:

$$F = V / 2$$

$$F = 4043.09 / 2 = 2021.54 \text{ kg}$$

#### **Sentido Y**

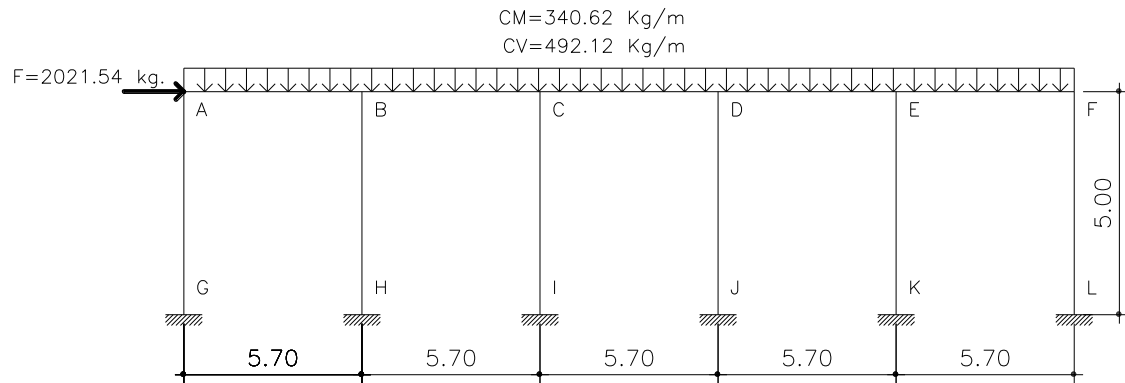
En el sentido X se tienen 6 columnas:

$$F = V / 6$$

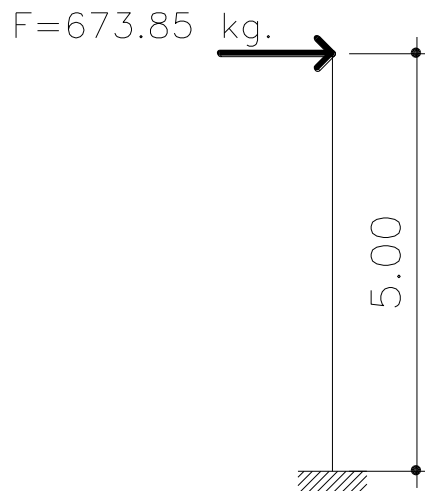
$$F = 4043.09 / 6 = 673.85 \text{ kg}$$

A continuación se presentan los modelos matemáticos de los marcos, con sus respectivas cargas horizontales y verticales.

**Figura 52. Cargas aplicadas al marco, sentido X**



**Figura 53. Carga horizontal aplicada a columna, sentido Y**



- **Análisis de marco**
  - **Diagrama de momentos**

Para hallar las fuerzas internas se utilizó el método de Kani, el cual se confrontó con los resultados obtenidos con el programa ETABS.

Después del análisis estructural, se procedió a calcular la envolvente de momentos, que es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir, al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y carga sísmica

El análisis consistirá en llevar a cabo el cálculo de las fuerzas correspondientes, para cada una de las cinco combinaciones de cargas a las que será sometido cada marco. Las cargas incluidas serán uniformemente distribuidas y puntuales.

#### **Combinación de cargas**

$$C1 = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$C2 = 0.75 ( 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} + 1.87 \text{ CS})$$

$$C3 = 0.75 (1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} - 1.87 \text{ CS})$$

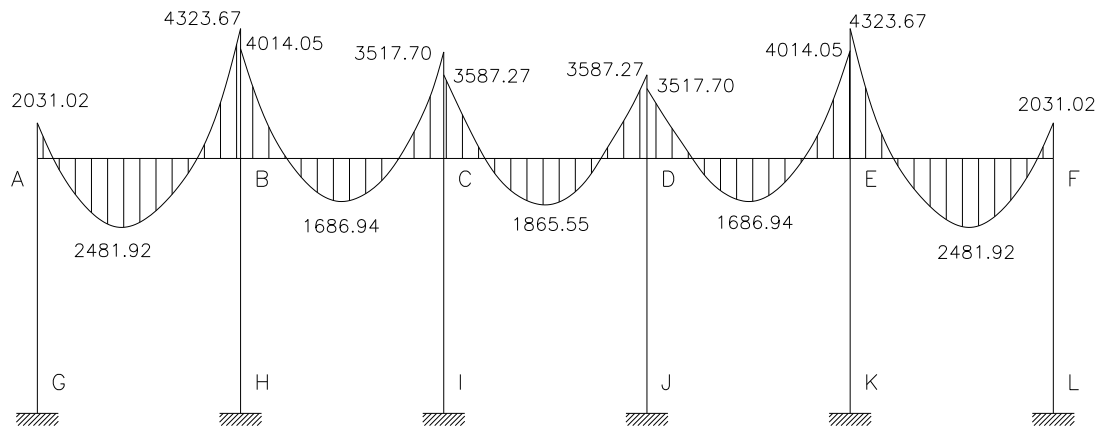
$$C4 = 0.90 \text{ CM} + 1.4 \text{ CS}$$

$$C5 = 0.90 \text{ CM} - 1.4 \text{ CS}$$

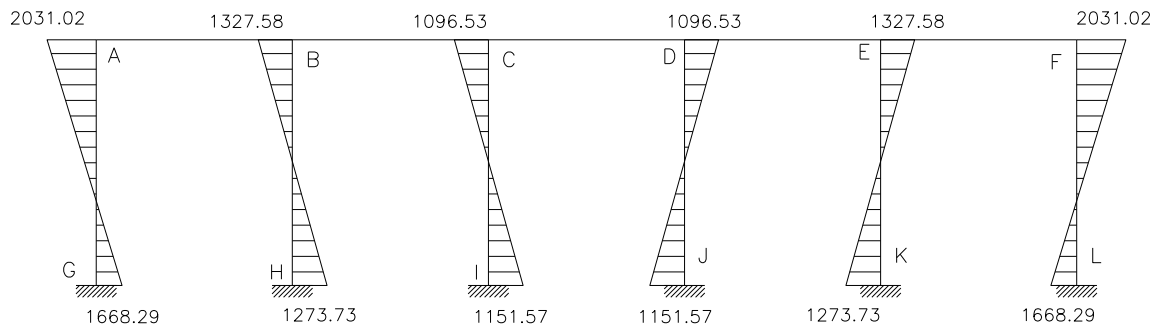
Empleando las combinaciones de las ecuaciones, se calculan todas las envolventes de momentos para marcos dúctiles X e Y, los resultados se muestran en las figuras 54, 55 y 56.



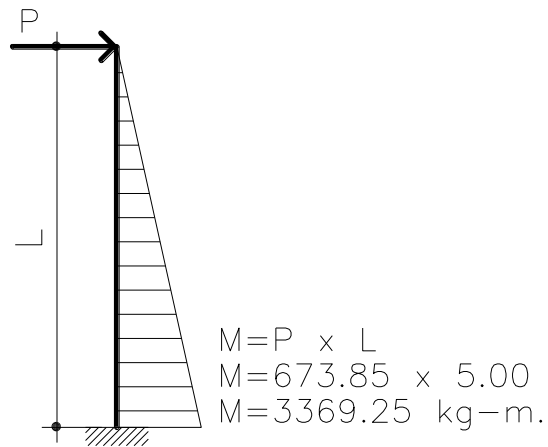
**Figura 54. Diagrama de momentos últimos (kg-m), vigas, marco dúctil, sentido X**



**Figura 55. Diagrama de momentos últimos (kg-m), columnas, marco dúctil, sentido X**

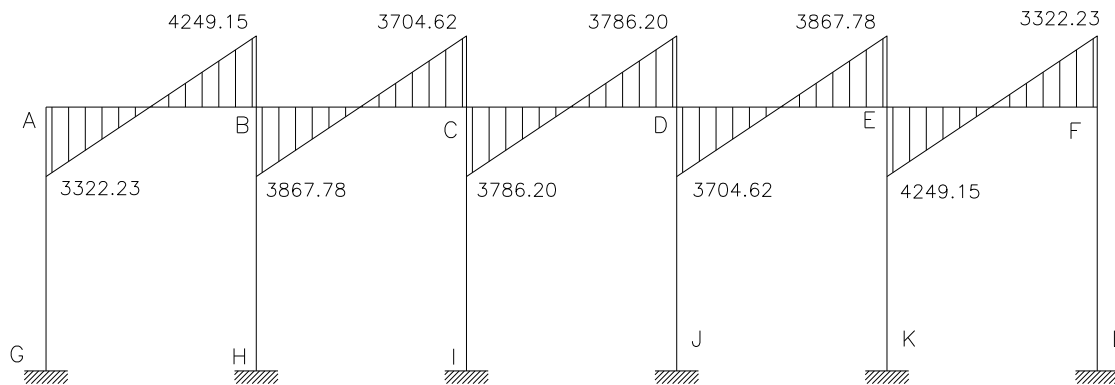


**Figura 56. Diagrama de momento último (kg-m), columna, sentido Y**

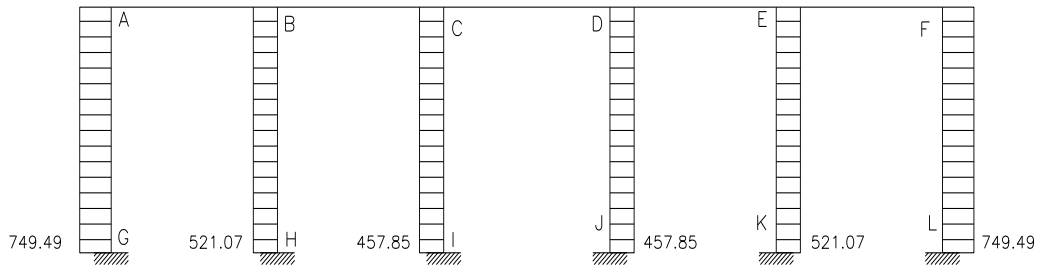


○ **Diagrama de corte**

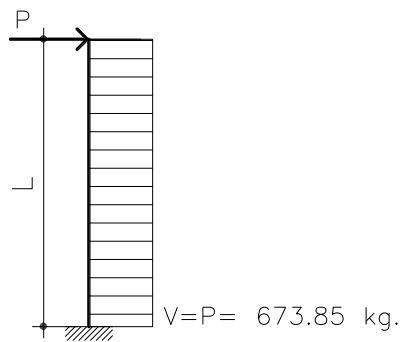
**Figura 57. Diagrama de cortes últimos (kg), vigas, marco dúctil, sentido X**



**Figura 58. Diagrama de cortes últimos (kg), columnas, marco dúctil, sentido X**



**Figura 59. Diagrama de corte último (kg), columna, sentido Y**



#### 2.4.5 Diseño estructural según el tipo de techo seleccionado

- **Diseño de la cubierta**

La materia prima consiste en rollos de lámina de acero, de calidad estructural, recubierta con aluzinc (una aleación de aluminio y zinc) que es resistente a la corrosión, lo que da un resultado de durabilidad por más tiempo.

El ancho a cubrir y las cargas a las que estará sometida, definen los espesores de lámina que se utilizará en cada caso, los que equivalen a lo que comercialmente se conoce como calibres, para este proyecto la empresa EMCO recomienda utilizar un calibre 24, haciendo notar que esta lámina es de acero estructural.

- **Luces y flechas permisibles**

A nivel general, las luces y flechas permisibles son:

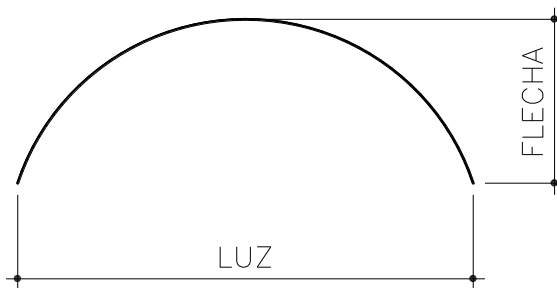
Luz mínima: 2.00 m.

Luz máxima: 30.00 m.

Relación flecha / Luz min. 1/10

Relación flecha / Luz máx 1/2

**Figura 60. Diagrama de relación flecha / luz**



Cálculo de flecha:

EMCO recomienda para la flecha 1/6 de la luz, el valor de flecha obtenido, deberá estar dentro del rango 1/10 a 1/2 de la relación flecha-luz

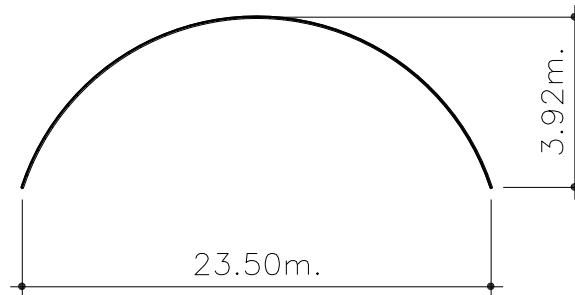
$$F = Luz / 6$$

$$F = 23.50 / 6 = 3.92 \text{ m}$$

Comprobación:

Flecha / Luz =  $3.92 / 23.50 = 0.16$ , si se encuentra dentro del rango.

**Figura 61. Medidas finales de la cubierta**



- **Diseño de viga canal**

Del predimensionamiento estructural se tiene las siguientes medidas de viga:

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

Calcular peralte efectivo:

$$d = h - \text{recubrimiento}$$

$$d = 35 - 3 = 32 \text{ cm.}$$

Área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min.}} = \frac{14.1}{f'y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 20 * 32 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo:

$$A_{s_{\max.}} = \rho_{\max.} * b * d$$

$$\rho_{\max} = 0.50 * \rho_{\text{balanceado}}; \text{ zona sísmica}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{f'c}{f'y} * \phi^2 * \left[ \frac{0.003}{0.003 * \frac{f'y}{Es}} \right]$$

Donde:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ usar } \phi = 0.85$$

$$Es = 2.3 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{210}{2810} * 0.85^2 * \left[ \frac{0.003}{0.003 * \frac{2810}{2.1 \times 10^6}} \right]$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.03734$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.50 * 0.03734 = 0.01866$$

$$As_{\text{max.}} = 0.01866 * 20 * 32$$

$$As_{\text{max.}} = 11.58 \text{ cm}^2$$

Área de acero requerida para cada momento actuante:

$$As = 0.85 * \frac{f'c}{f'y} * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

Mu = momento último (kg – m)

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

$$f'y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 32 \text{ cm}$$

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

Si:

$A_s < A_{s \text{ m\u00ednimo}}$ ; colocar  $A_{s \text{ m\u00ednimo}}$

$A_s > A_{s \text{ m\u00e1xima}}$ ; aumentar el peralte dise\u00f1ar viga doblemente reforzada

$A_s < A_{s \text{ m\u00e1ximo}}$ ; es viga simplemente reforzada

En la tabla XIII se muestra el  $A_s$  requerido para cada momento actuante:

**Tabla XIII. \u00c1rea de acero requerido para momentos \u00faltimos negativos**

Tramo	Mu (kg-m)	As. Requerido (cm <sup>2</sup> )	Comprobando rango	Usar As (cm <sup>2</sup> )
Mab = Mef	2031.02	2.68	2.68<3.11	3.11
Mba = Mef	4323.67	5.96	3.11<5.96<11.58	5.96
Mbc = Med	4014.05	5.50	3.11<5.50<11.58	5.50
Mcb = Mde	3517.7	4.77	3.11<4.77<11.58	4.77
Mcd = Mdc	3587.27	4.87	3.11<4.87<11.58	4.87

**Tabla XIV. \u00c1rea de acero requerido para momentos \u00faltimos positivos**

Tramo	Mu (kg-m)	As. Requerido (cm <sup>2</sup> )	Comprobando rango	Usar As (cm <sup>2</sup> )
Mab = Mfe	2481.92	3.30	3.11<3.30<11.58	3.30
Mbc = Mde	1686.94	2.21	2.21<3.11	3.11
Mcd	1865.55	2.45	2.45<3.11	3.11

## Requisitos sísmicos para armado

Cama superior:

### Tramo A – B = F - E

- a) As mín. =  $3.11 \text{ cm}^2$
- b)  $33\% M(-) = 0.33 * 5.92 = 1.96 \text{ cm}^2$   
Usar As mín.  
Colocar 2 No. 5 corridos;  
As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

### Tramo B – C = D – E

- a) As mín. =  $3.11 \text{ cm}^2$
- b)  $33\% M(-) = 0.33 * 5.50 = 1.96 \text{ cm}^2$   
Usar As mín.  
Colocar 2 No. 5 corridos;  
As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

### Tramo C – D

- c) As mín. =  $3.11 \text{ cm}^2$
- d)  $33\% M(-) = 0.33 * 4.88 = 1.60 \text{ cm}^2$   
Usar As mín.  
Colocar 2 No. 5 corridos;  
As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

Cama inferior:

### Tramo A – B = F - E

- a) As mín. =  $3.11 \text{ cm}^2$



b)  $50\% M(-) = 0.50 * 3.30 = 1.65 \text{ cm}^2$

c)  $50\% M(+) = 0.50 * 5.97 = 2.98 \text{ cm}^2$

Usar As mínimo

Colocar 2 No. 5 corridos

As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

### **Tramo B – C = D - E**

a) As mín. =  $3.11 \text{ cm}^2$

b)  $50\% M(-) = 0.50 * 5.50 = 2.75 \text{ cm}^2$

c)  $50\% M(+) = 0.50 * 2.21 = 1.10 \text{ cm}^2$

Usar As mínimo

Colocar 2 No. 5 corridos

As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

### **Tramo C – D**

a) As mín. =  $3.11 \text{ cm}^2$

b)  $50\% M(-) = 0.50 * 4.88 = 2.44 \text{ cm}^2$

c)  $50\% M(+) = 0.50 * 2.45 = 1.23 \text{ cm}^2$

Usar As mínimo

Colocar 2 No. 5 corridos

As a utilizar =  $3.96 \text{ cm}^2$

### **Bastones cama superior en los apoyos:**

Diferencia entre el As requerido y As corrido:

### **Tramo A – B = F - E**

En nudo A y E

No necesita bastones, el As corrido cubre el As requerido

En nudo B y F

$$3.96 - 5.97 = 2.01 \text{ cm}^2, \text{ colocar 2 No. 4, } A_s = 2.54 \text{ cm}^2$$

### **Tramo B – C = D - E**

En nudo B y C

$$5.50 - 3.96 = 1.54 \text{ cm}^2, \text{ colocar 1 No. 5, } A_s = 1.98 \text{ cm}^2$$

En nudo D y E

$$4.77 - 3.96 = 0.82 \text{ cm}^2, \text{ colocar 1 No. 4, } A_s = 1.27 \text{ cm}^2$$

### **Tramo C – D**

En C y D

$$4.87 - 3.96 = 0.92 \text{ cm}^2, \text{ colocar 1 No. 4, } A_s = 1.27 \text{ cm}^2$$

### **Bastones cama inferior al centro:**

No se colocaran bastones al centro, el  $A_s$  positivo es inferior al  $A_s$  mínimo.

### **Acero transversal (estribos)**

Corte que resiste el concreto:

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{210} * 20 * 32 = 4047.59 \text{ kg}$$

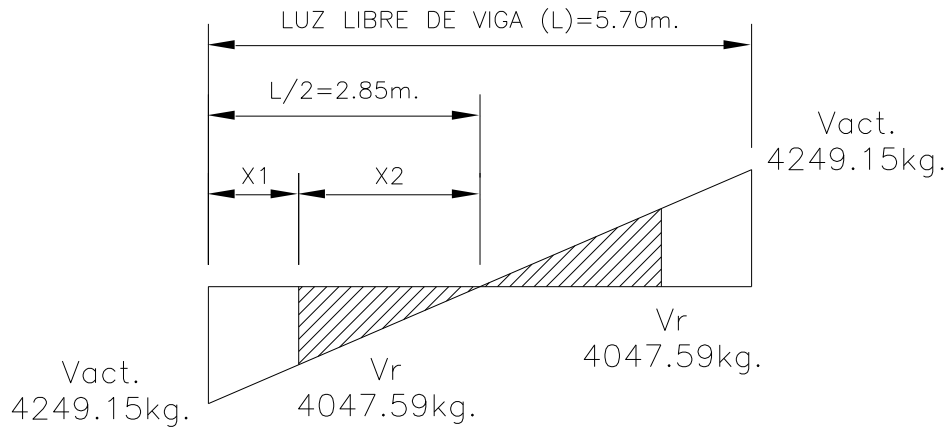
Corte máximo actuante tomado del diagrama de cortes, figura 44:

$$V_{\text{act.}} = 4249.15 \text{ kg}$$

$V_r < V_{\text{act.}}$ ; necesita refuerzo por corte.

**Calcular espaciamiento:**

**Figura 62. Diagrama de corte actuante y corte resistente**



$$\frac{4249.15}{2.85} = \frac{4047.59}{X2}; \quad X2 = 2.71 \text{ m.}$$

$$X1 = 2.85 - 2.71 = 0.14 \text{ m.}$$

Espaciamiento de estribos con varilla No. 3 para X1:

$$S = \frac{2 * Av * f'y}{v_{actuante} * b}$$

Donde:

$$Av = \text{área de varilla} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$v_{actuante} = \text{esfuerzo de corte actuante}$$

$$v_{actuante} = \frac{V_{actuante}}{b * d}$$

$$v_{actuante} = \frac{4249.15}{20 * 32} = 6.63 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2 * 0.71 * 2810}{6.63 * 20} = 30 \text{ cm.} > S \text{ máx.}$$

Acero transversal en extremos, según el reglamento ACI 319-95, cap. 21.3.3:

Para  $2d = 2 * 32 = 64 \approx 70$  cm, tomar el menor de las siguientes condiciones:

- $d/4 = 32 / 4 = 8$  cm
- 8 veces el  $\emptyset$  de la varilla menor longitudinal =  $8 * 1.27 = 10.16$  cm
- 24 veces  $\emptyset$  varilla de estribo =  $24 * 0.95 = 22.86$  cm
- 30 cm

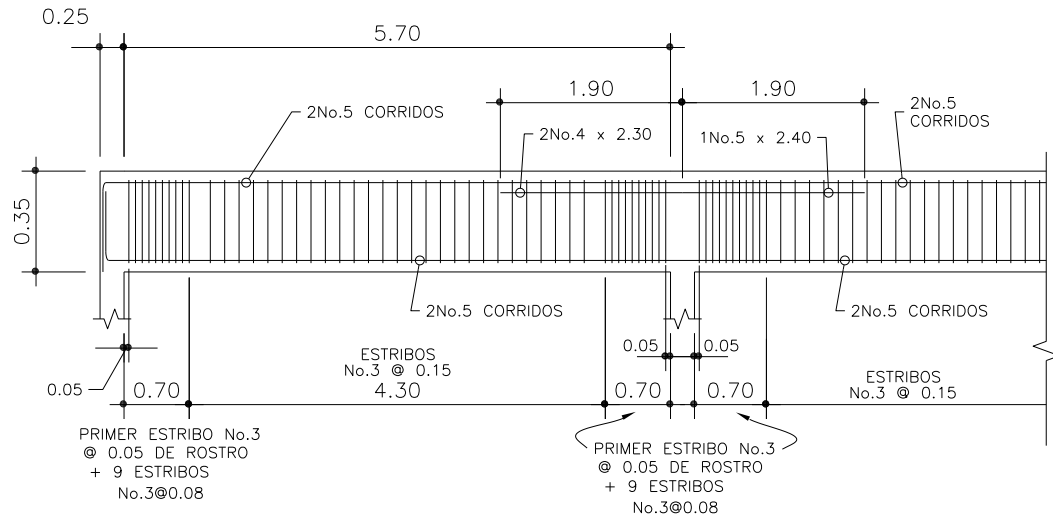
Colocar en 70 cm, estribos No.3 @ 8 cm

Para X2, colocar S máx. < 30 cm

$$S \text{ máx.} = d / 2 = 32 / 2 = 16 \approx 16 \text{ cm}$$

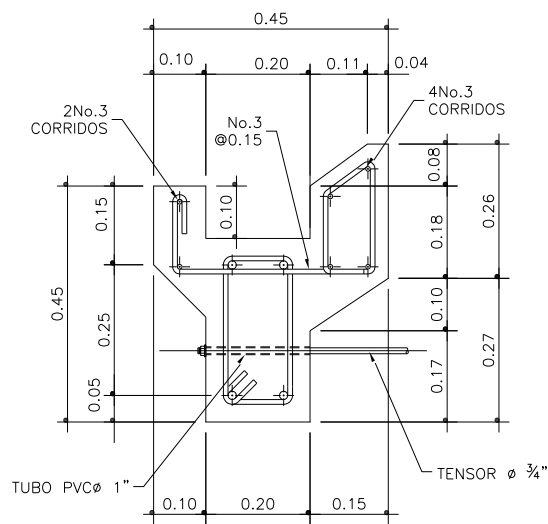
Colocar estribos No. 3, 1ero, a 5 cm del rostro + @ 8 cm+resto @ 15 cm.

**Figura 63. Armado final de viga, tramo A – B**



FLFVACION VIGA

**Figura 64. Detalle de canal**



DETALLE DE CANAL

- **Diseño de columnas**

Los momentos se toman de la envolvente de momentos para columnas, sentido X e Y, figura 55 y 56.

Requisitos del ACI 318-95 sección 21.4.1 para columnas:

Área de acero longitudinal

- As min. = 0.01 Ag.  
Ag = área gruesa
- As máx. = 0.06 Ag. (zona sísmica)
- La columna deberá tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinal
- El lado más pequeño de una columna estructural será de 20 cm.
- La sección mínima deberá ser de 400 cm<sup>2</sup>
- El refuerzo transversal (estribos) nunca podrá ser menor que No.3

**Procedimiento a seguir para el diseño de columnas:**

Calcular carga última:

Del predimensionamiento estructural se tiene la siguiente sección de columna: b = 25 cm., h = 35 cm., Ag = 875 cm<sup>2</sup>

Área tributaria, de la figura 51 se tiene At = 75.096 m<sup>2</sup>

$$CU = 1.4 CM + 1.7CV$$

$$CU = 1.4 (13.70) + 1.7 * (39.12) = 85.68 \text{ kg/m}^2$$

Calcular factor de carga última (FCU):

$$FCU = CU \text{ total} / (CM + CV)$$

$$FCU = 85.68 / (13.70 + 39.12) = 1.62$$

Calcular carga axial:

$$P_u = (\text{área tributaria de columna} * CU \text{ total}) + (\text{peso propio vigas} * FCU)$$

$$\text{Peso viga V1} = W \text{ conc} * \text{sección viga} * (\text{longitud viga})$$

$$\text{Peso viga V1} = 2400 * 0.20 * 0.35 * 5.95 = 499.80 \text{ kg}$$

$$P_u = (75.096 * 85.68) + (999.60 * 1.55) = 8462.12 \text{ kg}$$

Clasificar la columna por su esbeltez E:

Si:

$E < 21$ ; columna corta (no magnificar momentos)

$21 < E < 100$ ; columna intermedia (magnificar momentos)

$E > 100$ ; columna larga (no construir, fallan por pandeo)

$$E = K * L_u / r$$

Donde:  $K$  = factor de longitud efectiva

$L_u$  = longitud de la columna entre apoyos

$r$  = radio de giro de sección transversal, para columna rectangular usar:  $r = 0.30 * \text{lado menor de la sección}$

$$r = 0.30 * 25 = 7.5$$

Coefficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación:

Extremo superior:

$$\Psi = \frac{\sum (E_m * I / L) \text{ columnas}}{\sum (E_m * I / L) \text{ vigas}}$$

Donde:  $E_m = 1$  (por ser todo el marco del mismo material)

$I$  = inercia de cada elemento estructural

$L$  = longitud de cada elemento estructural

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

$$I_{\text{col}} = \frac{25 \cdot 35^3}{12} = 89322.92 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{20 \cdot 35^3}{12} = 71458.33 \text{ cm}^4$$

$$\Psi = \frac{89322.92}{500 \left( \frac{71458.33}{595} \right)^2} = 0.38$$

Extremo inferior:

$$\psi = 0; \text{ (por ser empotramiento en la base)}$$

Promedio;

$$\Psi_p = \frac{0.38 + 0}{2} = 0.19$$

Factor de longitud efectiva K:

Para  $\psi_p < 2$ :

$$K = \frac{20 - \Psi_p}{20} \cdot \sqrt{1 + \Psi_p}$$

$$K = \frac{20 - 0.19}{20} \cdot \sqrt{1 + 0.19} = 1.08$$

Sustituir datos para calcular esbeltez:

$$E = K \cdot L_u / r = 1.08 \cdot 500 / 7.5 = 70$$

Como:  $21 < 70 < 100$ ; (columna intermedia, magnificar momentos)



Magnificación de momentos:

- a. Factor de flujo plástico del concreto:

$$Bd = CMU / CU \text{ total}$$

$$Bd = 1.4 * 13.70 / 85.68 = 0.22$$

- b. EI total del material:

$$EI = \frac{Ec * I_g}{2.5 * (1 + Bd)}$$

Donde:

$$Ec = 15100 * \sqrt{f'c}$$

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

$$EI = \frac{(15100 * \sqrt{210}) * \left( \frac{25 * 35^3}{12} \right)}{2.5 * (1 + 0.22)}$$

$$EI = 6408400579 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

$$EI = 640.84 \text{ ton} \cdot \text{m}^2$$

- c. Carga crítica de pandeo de Euler:

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 640.84}{(1.08 * 5)^2} = 216.90 \text{ ton.}$$

d. Magnificador de momentos:

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{P_u}{\phi * P_{cr}} \right)} \geq 1$$

Donde:  $\phi = 0.70$ ; (para estribos)

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{8.462}{0.70 * 216.90} \right)} = 1.06$$

e. Momentos de diseño magnificados:

$$M_x = 2031.02 * 1.06 = 2152.88 \text{ kg} - \text{m} .$$

$$M_y = 3369.25 * 1.06 = 3571.41 \text{ kg} - \text{m} .$$

Refuerzo longitudinal aplicando el método de Bresler:

d. Límites de área de acero en la columna:

$$A_{s \text{ min}} = 0.01 * (25 * 35) = 8.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max.}} = 0.06 * (25 * 35) = 52.5 \text{ cm}^2$$

e. Proponer área de acero:

$$A_s = 2\% A_g$$

$$A_s = 0.02 * (25 * 30) = 15 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armado propuesto} = 8 \text{ No. 5 con } A_s = 15.84 \text{ cm}^2$$

f. Usar diagramas de interacción para diseño de columnas:

Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{b - 2 * \text{recubrimiento}}{h}$$

$$\gamma_x = \frac{25 - 2 * 3}{25} = 0.76$$

$$\gamma_y = \frac{35 - 2 * 3}{35} = 0.83$$

Valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s * f'_y}{A_g * 0.85 * f'_c}$$

$$\rho_u = \frac{15.84 * 2810}{875 * 0.85 * 210} = 0.28$$

Excentricidades:

$$e_x = M_x / P_u = 2.031 / 8.46 = 0.24 \text{ m.}$$

$$e_y = M_y / P_u = 3.57 / 8.46 = 0.42 \text{ m.}$$

Valor de la diagonal:

$$e_x / h_x = 0.24 / 0.25 = 0.96$$

$$e_y / h_y = 0.42 / 0.35 = 1.20$$

Con el valor de la gráfica, curva y diagonal, buscar en el diagrama de interacción los valores  $K_y$  y  $K_x$ :

$$K_x = 0.15$$

$$K_y = 0.13$$

Los valores de  $K$  se comprobaron a través del programa JC Diseño de concreto, versión 1.01

Resistencia de la columna a una excentricidad dada:

Carga de resistencia de la columna:

$$P'_{ux} = K_x * f'_c * b * h = 0.15 * 210 * 25 * 35 = 27.56 \text{ ton}$$

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h = 0.13 * 210 * 25 * 35 = 23.88 \text{ ton.}$$

Carga axial de resistencia para la columna:

$$P'_o = 0.85 * (f'_c * A_g) + (A_s * f'_y)$$

$$P'_o = (0.85 * (210 * 875) + (15.84 * 2810)) = 194.02 \text{ ton.}$$

Carga de resistencia de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\left(\frac{1}{P'_{ux}}\right) + \left(\frac{1}{P'_{uy}}\right) - \left(\frac{1}{P'_o}\right)}$$

$$P'_u = \frac{1}{\left(\frac{1}{27.56}\right) + \left(\frac{1}{23.88}\right) - \left(\frac{1}{194.02}\right)}$$

$$P'_u = 14.08 \text{ ton.}$$

$$P_u / 0.70 = 8.462 / 0.70 = 12.08 \text{ ton.}$$

Revisando:  $P'_u > P_u$  ; si no aumentar  $A_s$

14.08 ton > 12.08 ton. Ok.

### Acero transversal (estribos):

Corte que resiste el concreto:

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{210} * 25 * 27 = 4406.64 \text{ kg}$$

Corte máximo actuante, de la figura 58:

$$V \text{ act.} = 749.49 \text{ kg}$$

$V_r > V \text{ act.}$ ; se colocaran estribos a  $S_{\text{max.}} = d/2$

$$S_{\text{max}} = 32 / 2 = 16 \text{ cm.} \approx 15 \text{ cm.}$$

### **Cálculo de espaciamiento del estribo en zona confinada:**

Longitud de confinamiento:

$$L_o \begin{cases} L_u / 6 = 5 / 6 = 0.83 \approx 0.85 \\ \text{Lado menor de la columna} = 0.25 \\ 0.45 \end{cases}$$

Tomar el mayor,  $L_o = 0.85$

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0.45 * \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left( 0.85 * \frac{210}{2810} \right)$$

Donde:  $\rho_s$  = relación volumétrica de la columna  $\geq 0.12(f_y / f_c)$

$$\text{área gruesa} = 750 \text{ cm}^2$$

$$\text{área chica} = 24 * 19 = 456 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0.45 * \left( \frac{875}{551} - 1 \right) * \left( 0.85 * \frac{210}{2810} \right) = 0.0168$$

$$\rho_s = 0.0168 \geq 0.008967$$

Calcular espaciamiento de estribos en zona de confinamiento:

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

Donde:

$A_v$  = área de la varilla, usando varilla No. 3,  $A_s = 0.71 \text{ cm}^2$

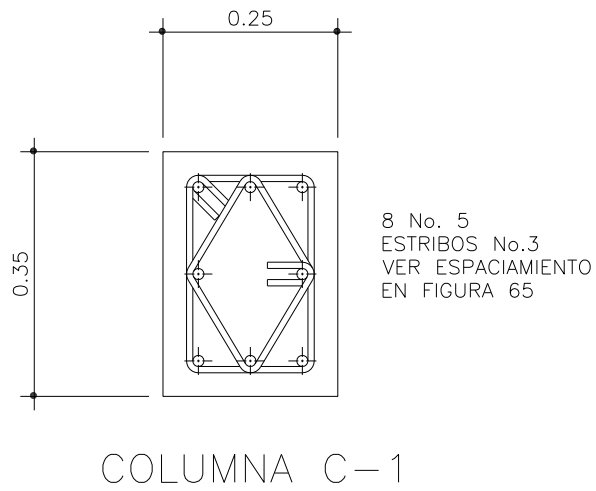
$L_n$  = longitud no soportada del estribo

Si se coloca doble estribo No.3 se tiene:

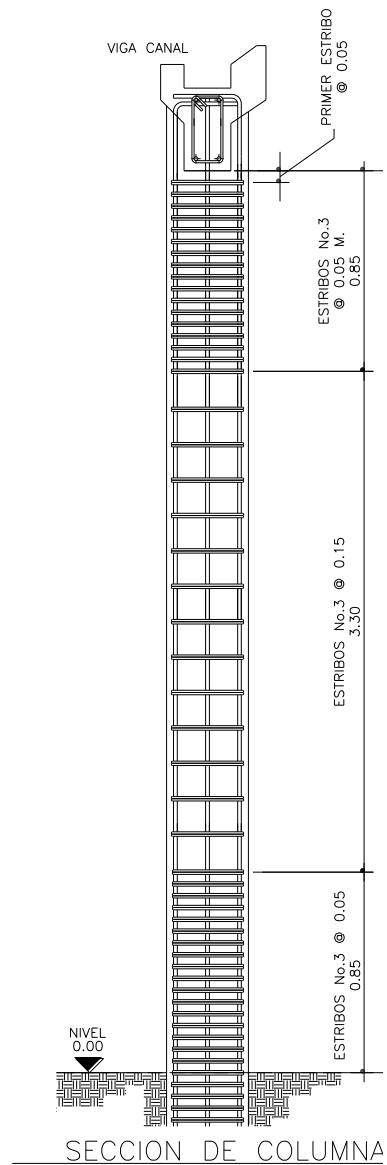
$$S = \frac{4 * 0.71}{0.0168 * 29} = 5.82 \text{ cm} \approx 5 \text{ cm}$$

Colocar en zona de confinamiento 17 estribos No. 3 @ 5 cm. + resto @ 15 cm. + colocar 1 estribo No. 3 girado 45° @ 5 cm en zona de confinamiento y @ 15 cm en el resto. En las figuras 65 y 66 se muestra el armado final de la columna y el esquema de espaciamiento de estribos respectivamente.

**Figura 65. Armado final de columna**



**Figura 66. Esquema de espaciamiento de estribos en columna**



- **Diseño de cimientos**

Los antecedentes a tomar para el diseño de zapatas son las fuerzas y los momentos del análisis estructural, figuras 55 y 56 respectivamente, y los datos del valor soporte del suelo. Los datos a utilizar para el diseño de zapata son:

## Diseño de zapata tipo Z-2

Datos de diseño:

$f'c =$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f'y =$	2810 kg/cm <sup>2</sup>
Mux =	3.37 ton – m
Muy =	1.67 ton – m
Pu =	8.46 ton
desplante =	1 m.
Fcu. =	1.62
Vs =	18 ton/m <sup>2</sup> (Asumido)
$\gamma_s =$	1.4 ton/m <sup>3</sup>
Espesor asumido =	0.30 m
$\gamma_c =$	2.4 ton/m <sup>3</sup>
Sección de columna =	0.25 x 0.35 m

Cargas de trabajo o de servicio:

$$P' = \frac{Pu}{Fcu} \quad P' = \frac{8.46}{1.62} = 5.20 \text{ ton.}$$

Momentos de trabajo

$$M' = \frac{Mu}{Fcu}$$

$$M'x = 3.37 / 1.62 = 2.08 \text{ ton – m}$$

$$M'y = 1.67 / 1.62 = 1.03 \text{ ton – m}$$



Estimación del área de la zapata:

$$Az = \frac{P' * F_{cu}}{V_s} \quad Az = \frac{5.20 * 1.62}{18} = 0.46 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{Az} \quad L = \sqrt{0.46} = 0.684 \text{ m}$$

Se propone una zapata de 1.70 x 1.70 m

$$\text{Área final de la zapata} = Az = 1.70 * 1.70 = 2.89 \text{ m}^2$$

Integración de cargas actuantes:

$$P = P' + P_s + P_{\text{col}} + P_{\text{cim}}$$

$$P_s = Az * \text{desplante} * \gamma_s = 2.89 * 1.00 * 1.4 = 4.046 \text{ ton}$$

$$P_{\text{col}} = \text{sección de col.} * \text{altura} * \gamma_c = 0.25 * 0.35 * 6.00 * 2.4 = 1.26 \text{ ton}$$

$$P_{\text{cim}} = Az * \text{espesor} * \gamma_c = 2.89 * 0.30 * 2.4 = 2.08 \text{ ton}$$

$$P = 5.20 + 4.046 + 1.26 + 2.08 = 12.58 \text{ ton}$$

Presión sobre el suelo:

$$q = \frac{P}{Az} \pm \left[ \frac{M'_x}{S_x} \right] \pm \left[ \frac{M'_y}{S_y} \right]$$

$$\text{Donde } S = (1/6) * b * h^2 = (1/6) * (1.70) * (1.70)^2 = 0.818$$

$$q' = \frac{12.58}{2.89} \pm \left[ \frac{2.08}{0.818} \right] \pm \left[ \frac{1.03}{0.818} \right]$$

$$q_{\max} = 8.15 \text{ ton / m}^2 < V_s$$

$$q_{\min} = 0.55 \text{ ton / m}^2 > 0$$

Presión última de diseño:

$$q_{\text{dis}} = q_{\max} * \text{FCU} = 8.15 * 1.62 = 13.21 \text{ ton / m}^2$$

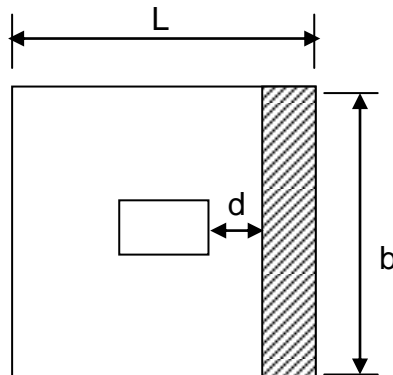
### Comprobación por corte simple:

Calculo de peralte efectivo:

$$d = t - \text{recub} - \phi/2 = 30 - 7.5 - 1.59/2$$

$$d = 21.70 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

### Figura 67. Comprobación por corte simple



Corte simple actuante, ocurre a una distancia  $d$ , del rostro de la columna

$$\text{área ashurada} = b * (L/2 - \text{col}/2 - d)$$

$$\text{área ashurada} = 1.70 * (1.70/2 - 0.35/2 - 0.217)$$

$$\text{área ashurada} = 0.778 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{actuante}} = \text{área ashurada} * q_{\text{diseño}}$$

$$V_{\text{actuante}} = 0.778 * 13.21 = 10.28 \text{ ton}$$

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000}$$

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 170 * 21.70}{1000} \quad V_{\text{resistnete}} = 24.09 \text{ ton.}$$

$V_{\text{resistnete}} > V_{\text{actuante}}$  el peralte asumido resiste el corte simple.

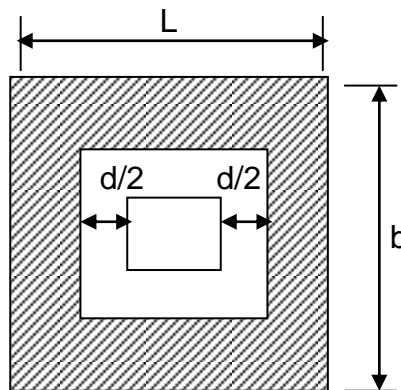
### Comprobación por corte punzonante:

$V_{\text{act}} = (\text{área de zapata} - \text{área punzonada}) * q_{\text{dis.}}$

$$V_{\text{act}} = (2.89 * 0.26) * 13.21$$

$$V_{\text{act}} = 34.74 \text{ ton}$$

**Figura 68. Comprobación por corte punzonante**



Corte punzonante resistente

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{f'c} * b_0 * d}{1000}$$

Donde  $b_0$  es el perímetro de la sección crítica de punzonamiento

$$V_{\text{resistnete}} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{210 * 206.8 * 21.70}}{1000}$$

$$V_{\text{resistnete}} = 58.61 \text{ ton.}$$

$V_{\text{resistnete}} > V_{\text{actuante}}$  el peralte si cumple.

### Diseño de refuerzo de la base:

$$M_u = W * L^2 / 2$$

Donde :  $W = q$  diseño

$L =$  distancia medida del rostro de la columna al borde de la zapata

$$M_u = 13.21 * 0.675^2 / 2$$

$$M_u = 3.009 \text{ ton} - \text{m} = 3009.24 \text{ kg} - \text{m}$$

Área de acero requerida para momento último:

$$A_s = 0.85 * \left( \frac{f'_c}{f'_y} \right) * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right]$$

Donde:

$$M_u = 3009.24 \text{ kg} - \text{m}$$

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

$$f'_y = 2810 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$b = 67.5 \text{ cm}$$

$$d = 21.70 \text{ cm}$$

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

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right) * \left[ 67.5 * 21.70 - \sqrt{(67.5 * 21.70)^2 - \frac{3009.24 * 67.5}{0.003825 * 210}} \right]$$

$$A_s \text{ requerida} = 5.65 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f_y) * b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 67.5 * 21.70$$

$$A_s \text{ min} = 7.35 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ min} > A_s \text{ requerida}$ , colocar  $A_s \text{ mín.}$

Espaciamiento entre varilla No.5

$$7.35 \text{ cm}^2 \text{ (} A_s \text{ min)} \text{ ----- } 67.5 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 18.16 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 5 @ 0.18 en ambos sentidos

Cálculo de  $A_s$  por temperatura cama superior de la zapata:

$$A_s \text{ temp.} = 0.002 * b * d$$

$$A_s \text{ temp.} = 0.002 * 100 * 21.70 = 4.34 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varilla No.3

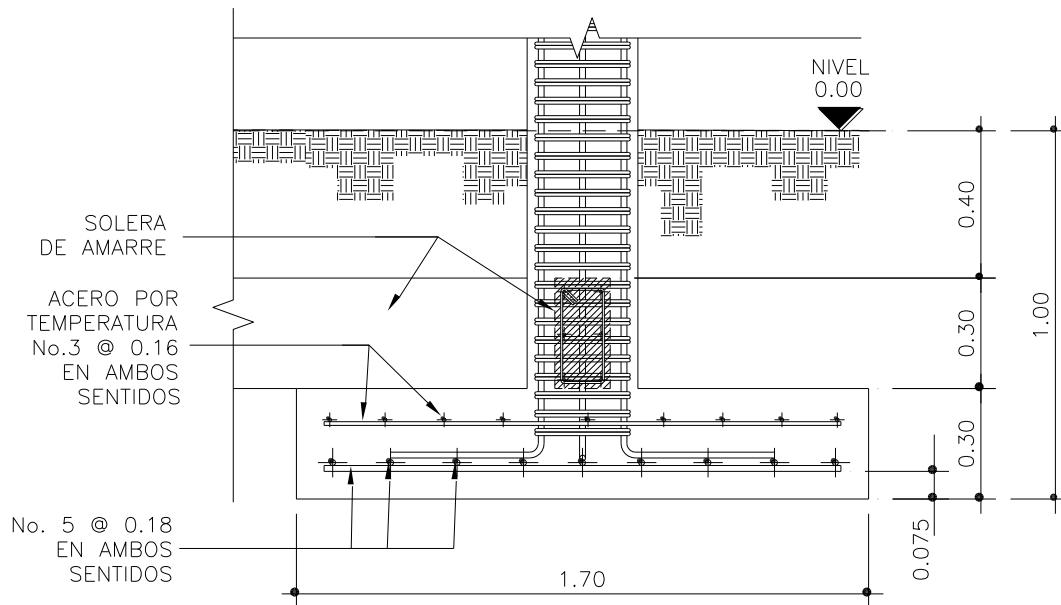
$$4.34 \text{ cm}^2 \text{ (} A_s \text{ temp.)} \text{ ----- } 100 \text{ cm.}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 16.35 \text{ cm.} \approx 16 \text{ cm.}$$

El armado será varillas No. 3 @ 0.16 en ambos sentidos

**Figura 69. Armado final de zapata tipo Z-2**



### Diseño de zapata tipo Z-1

Por ser colindante la zapata es excéntrica de base. El diseño del diamante se presenta a continuación.

#### Datos de diseño

$f'c =$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f'y =$	2810 kg/cm <sup>2</sup>
$P_u =$	8.462 ton.
Desplante =	1 m.
$F_{cu} =$	1.55
$V_s =$	18 ton/m <sup>2</sup> (asumido)
$\gamma_s =$	1.4 ton/m <sup>3</sup>
Espesor asumido =	0.30 m

$$\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Sección de columna} = 0.25 \times 0.35 \text{ m.}$$

Cargas de trabajo o de servicio:

$$P' = \frac{P_u}{F_{cu}} \quad P' = \frac{8.462}{1.62} = 5.20 \text{ ton.}$$

Estimación del área de la zapata:

$$A_z = \frac{P' \cdot F_{cu}}{V_s} \quad A_z = \frac{5.20 \cdot 1.62}{18} = 0.46 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{A_z} \quad L = \sqrt{0.46} = 0.684 \text{ m se usará una zapata de } 2.15 \times 1.30 \text{ m}$$

$$\text{Área final de la zapata} = 2.795 \text{ m}^2.$$

Integración de cargas actuantes:

$$P = P' + P_s + P_{\text{col}} + P_{\text{cim}}$$

$$P_s = A_z \cdot \text{desplante} \cdot \gamma_s = 2.795 \cdot 1.00 \cdot 1.4 = 3.91 \text{ ton}$$

$$P_{\text{col}} = \text{sección de col.} \cdot \text{altura} \cdot \gamma_c = 0.25 \cdot 0.35 \cdot 6.00 \cdot 2.4 = 1.26 \text{ ton}$$

$$P_{\text{cim}} = A_z \cdot \text{espesor} \cdot \gamma_c = 2.795 \cdot 0.30 \cdot 2.4 = 2.01 \text{ ton}$$

$$P = 8.462 + 3.91 + 1.26 + 2.01 = 15.61 \text{ ton}$$

La carga P, centrada en la columna se encuentra a una distancia del centro de la zapata de:

$$e = \frac{L}{2} - \frac{h_{\text{col}}}{2} \quad e = \frac{1.30}{2} - \frac{0.35}{2} = 0.475 \text{ m}$$

Por ser una zapata colindante la carga es excéntrica, la compresión y tensión máxima se calculará con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{Pt}{Az} * \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{L} \right]$$

Compresión máxima:

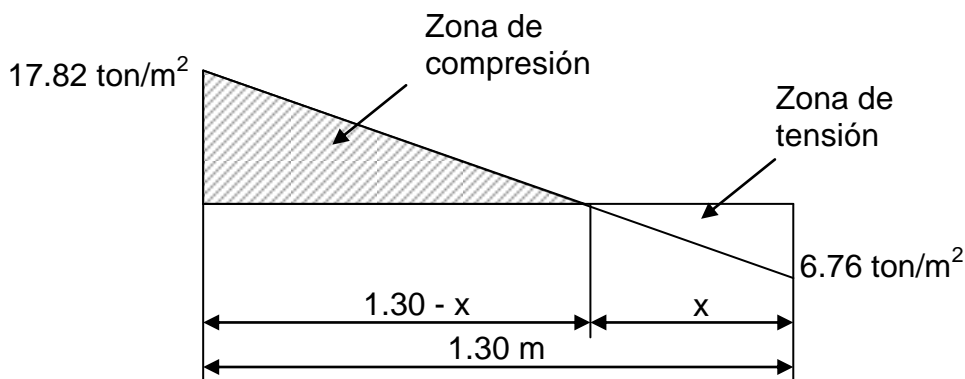
$$\sigma_c = \frac{15.61}{2.795} * \left[ 1 + \frac{6 * 0.475}{1.30} \right] \quad \sigma_c = 17.82 \text{ ton/m}^2$$

Tensión máxima

$$\sigma_t = \frac{15.61}{2.795} * \left[ 1 - \frac{6 * 0.475}{1.30} \right] \quad \sigma_t = -6.76 \text{ ton/m}^2$$

En la figura 70 se representan estos esfuerzos.

**Figura 70. Esfuerzos en el terreno**



El punto donde cambia el esfuerzo de compresión al de tensión, se encuentra a una distancia x, aplicando relación de triángulos:



$$\frac{17.82}{1.30 - x} = \frac{6.76}{x} \quad X = 0.354 \text{ m}$$

Para efectuar el cálculo de la zapata, se tendrá que considerar la parte del diagrama que se encuentra a compresión, ver figura 70.

Esfuerzo en el eje de inversión por relación de triángulos

$$\frac{17.82}{(1.30 - 0.354)} = \frac{Y}{((1.30 - 0.354 - 0.35)/2)}$$

$$Y = 5.62 \text{ ton/m}^2$$

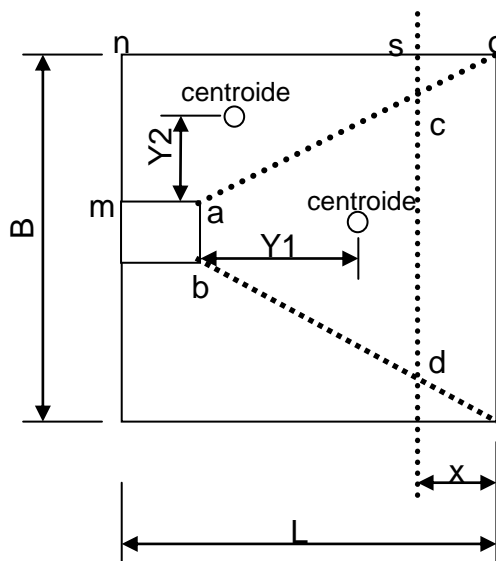
Altura del diamante:

Se asume una inclinación de  $30^\circ$

$$h = \tan 30^\circ * (L - \text{col})$$

$$h = \tan 30^\circ * (1.30 - 0.335) = 0.485 \approx 50 \text{ cm.}$$

**Figura 71. Análisis de zapata**



La resultante de los esfuerzos en el trapecio abcd será:

$$p_1 = \sigma_{\text{eje}} \left[ \frac{ab + cd}{2} \right] * h \qquad p_1 = 5.62 \left[ \frac{0.25 + 1.442}{2} \right] * 0.596$$

$$p_1 = 2.83 \text{ ton.}$$

La fuerza P1, está aplicada en el centro de gravedad del trapecio abcd, cuya distancia a la sección ab es:

$$y_1 = \frac{h}{3} * \left[ \frac{2 * cd + ab}{ab + cd} \right] \qquad y_1 = \frac{0.596}{3} * \left[ \frac{2 * 1.442 + 0.25}{1.442 + 0.25} \right]$$

$$y_1 = 0.368 \text{ m}$$

El momento producido por la fuerza p1 con respecto a ab es:

$$M1 = p1 * y1$$

$$M1 = 2.83 * 0.368$$

$$M1 = 1.05 \text{ ton-m.}$$

En la dirección del lado B, hay que considerar la compresión entre el plano exterior y la línea neutra:

$$\sigma = 17.82 \text{ ton/m}^2$$

Este esfuerzo está repartido en la superficie macsn, cuya área es:

$$A_2 = ma * \left[ \frac{B - ab}{2} \right] + \left[ \frac{(B - ab) + (B - cd)}{4} \right] * h$$

$$A_2 = 0.35 * \left[ \frac{2.15 - 0.25}{2} \right] + \left[ \frac{(2.15 - 0.25) + (2.15 - 1.442)}{4} \right] * 0.596$$

$$A2 = 0.721 \text{ m}^2$$

La resultante P2, aplicada en el centro de gravedad de la superficie macsn es:

$$P2 = \sigma * A_2$$

$$P2 = 17.82 * 0.721 = 12.84 \text{ ton.}$$

Encontrando el centro de gravedad de la superficie macsn:

$$y_2 = \frac{h}{3} * \left[ \frac{2 * on + ma}{ma + on} \right] \qquad y_2 = \frac{0.95}{3} * \left[ \frac{2 * 1.30 + 0.35}{0.35 + 1.30} \right]$$

$$y_2 = 0.567\text{m}$$

El momento provocado por la fuerza P2 será:

$$M2 = P2 * y_2$$

$$M2 = 12.84 * 0.567 = 7.28 \text{ ton-m}$$

Para el cálculo de refuerzo se toma el momento mayor, en este caso es M2.

Calcular el acero por temperatura para la parte superior de la zapata:

$$As_{\text{temperatura}} = 0.002 * b * d$$

$$As_{\text{temperatura}} = 0.002 * 120 * (55 / 2)$$

$$As_{\text{temperatura}} = 6.60 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varilla No.4,  $As = 1.27 \text{ cm}^2$

$$6.60 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad 120 \text{ cm}$$

$$1.27\text{cm}^2 \quad \text{-----} \quad S$$

$$S = 19.24 \text{ cm} \approx 19 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 4 @ 0.19

### Comprobación por corte simple:

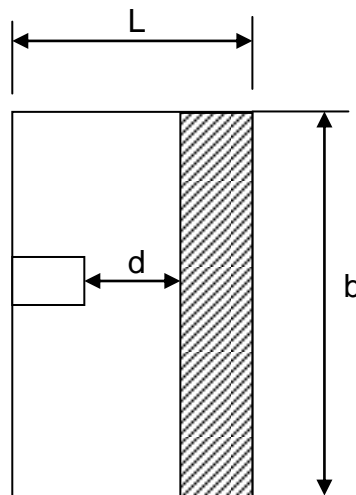
Recubrimiento	7.5cm
Espesor asumido	30 cm
Diámetro de barra asumido	No. 5

Cálculo de peralte efectivo:

$$d = t - \text{recub} - \phi/2 = 30 - 7.5 - 1.59/2$$

$$d = 21.70 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

**Figura 72. Comprobación por corte simple**



$$\text{área ashurada} = b * (L - \text{col} - d)$$

$$\text{área ashurada} = 2.15 * (1.30 - 0.35 - 0.217)$$

$$\text{área ashurada} = 1.57 \text{ m}^2$$

$$q \text{ diseño} = 17.82 \text{ ton/m}^2$$

Corte actuante:

$$V_{\text{actuante}} = \text{área asurada} * q_{\text{diseño}}$$

$$V_{\text{actuante}} = 1.57 * 17.82 = 28.08 \text{ ton}$$

Corte resistente

$$V_{\text{resistente}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000}$$

$$V_{\text{resistente}} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 215 * 21.70}{1000} \quad V_{\text{resistente}} = 30.45 \text{ ton.}$$

$$V_{\text{resistente}} > V_{\text{actuante}} \text{ el peralte asumido resiste el corte simple}$$

**Comprobación por corte punzonante:**

Para el corte por punzonamiento, se tomará como espesor total, el promedio de la suma de altura del diamante más el espesor por corte simple.

$$t_{\text{total}} = \frac{t_{\text{diamante}} + t_{\text{cortesimple}}}{2}$$

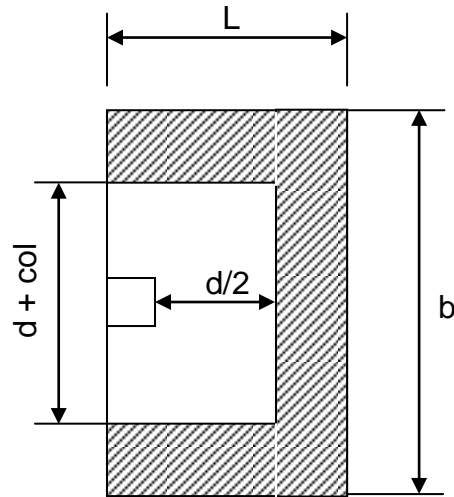
$$t_{\text{total}} = \frac{0.40 + 0.30}{2} = 0.35 \text{ m}$$

Cálculo de peralte efectivo:

$$d = t - \text{recub} - \phi/2 = 35 - 7.5 - 1.59/2$$

$$d = 26.70 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

**Figura 73. Comprobación por corte punzonante**



Corte punzonante actuante:

$$V_{act} = (\text{área de zapata} - \text{área punzonada}) * q \text{ dis.}$$

$$V_{act} = 3.34 * 17.82$$

$$V_{act} = 45.97 \text{ ton}$$

Corte punzante resistente:

$$V_{resistnete} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{f'c} * b_0 * d}{1000}$$

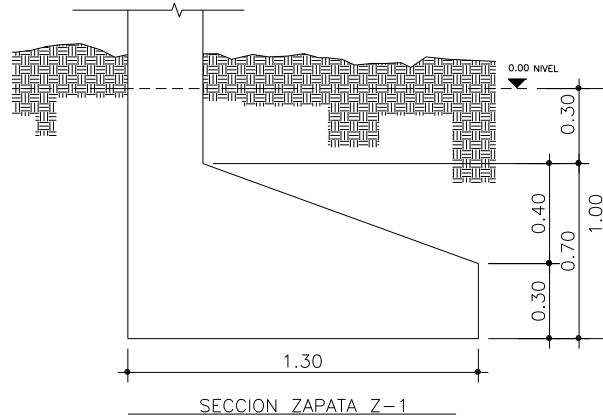
Donde  $b_0$  es el perímetro de la sección crítica de punzonamiento

$$V_{resistnete} = \frac{0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * 148.42 * 26.70}{1000}$$

$$V_{resistnete} = 51.76 \text{ ton.}$$

$$V_{resistnete} > V_{actuante} \text{ el peralte si cumple.}$$

**Figura 74. Medidas finales de zapata Z-1**



**Diseño de refuerzo de la base:**

Momentos de diseño:

$$M_{ux} = 1.05 \text{ ton} - \text{m}$$

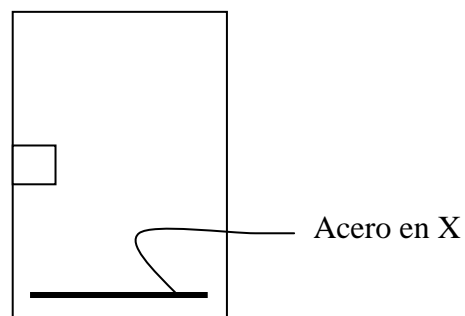
$$M_{uy} = 7.28 \text{ ton} - \text{m}$$

**Acero en el sentido "X"**

$$M_{ux} = 1.05 \text{ ton} - \text{m} = 1050 \text{ kg} - \text{m}$$

$$d = 26.70 \text{ cm}$$

**Figura 75. Posición del acero de refuerzo en sentido X**



Calcular acero requerido:

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

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right) * \left[ 100 * 26.70 - \sqrt{(100 * 26.7)^2 - \frac{1050 * 100}{0.003825 * 210}} \right]$$

$$A_s \text{ requerido} = 1.56 \text{ cm}^2$$

Calcular acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f_y) * b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 100 * 26.70$$

$$A_s \text{ min} = 13.40 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ min} > A_s \text{ requerido}$ , colocar  $A_s \text{ min}$ .

Espaciamiento entre varilla No.5,  $A_s = 1.98 \text{ cm}^2$

$$13.40 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 14.70 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 5 @ 0.14

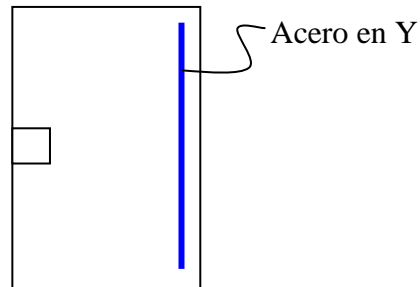
**Acero en el sentido "Y"**

$$M_{uy} = 7.28 \text{ ton} - \text{m} = 7280 \text{ kg} - \text{m}$$

$$d = 26.70 \text{ cm}$$



**Figura 76. Posición del acero de refuerzo en sentido Y**



Calcular  $A_s$  requerido:

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{f'_c}{f'_y}\right) * \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right]$$

$$A_s = 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right) * \left[ 100 * 26.70 - \sqrt{(100 * 26.70)^2 - \frac{7280 * 100}{0.003825 * 210}} \right]$$

$$A_s \text{ requerido} = 11.14 \text{ cm}^2$$

Calcular el acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = (14.1 / f'_y) * b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14.1 / 2810) * 100 * 26.70$$

$$A_s \text{ min} = 13.40 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ min} > A_s \text{ requerida}$ , colocar  $A_s \text{ min}$ .

Espaciamiento entre varilla No.5,  $A_s = 1.98 \text{ cm}^2$

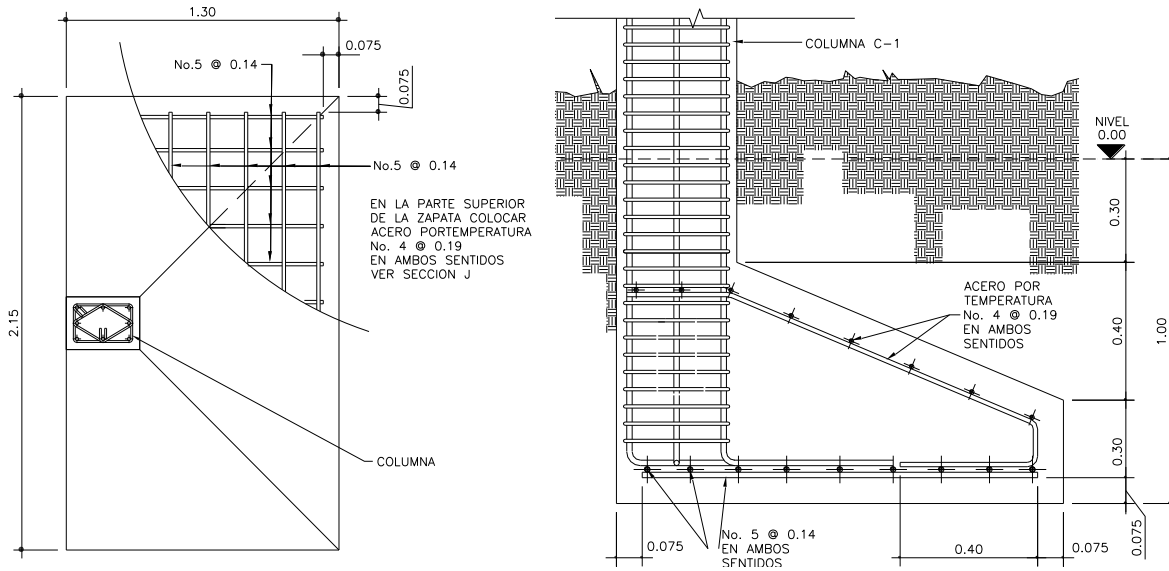
$$13.40 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} S$$

$$S = 14.70 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

El armado será varillas No. 5 @ 14 cm.

**Figura 77. Detalle de zapata Z-1**



### 2.4.6 Presupuesto

Se aplicó el procedimiento del caso del proyecto alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas.

**Tabla XV. Presupuesto de la cubierta de la cancha de basket ball**

**PRESUPUESTO INTEGRADO**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**E.P.S. INGENIERÍA CIVIL**

**MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA**

**PROYECTO: CUBIERTA DE LA CANCHA DE BASKET BALL DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA.**



<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>P / U.</b>	<b>TOTAL</b>
1	Trazo y nivelación	1	global	Q 4,430.53	Q 4,430.53
2	Zapata Z-1	5	U	Q 4,090.42	Q 20,452.08
3	Zapata Z-2	7	U	Q 2,512.20	Q 17,585.41
4	Solera de amarre	60	ml	Q 184.28	Q 11,057.09
5	Columna C-1	12	u	Q 6,029.66	Q 72,355.88
6	Viga canal	60	ml	Q 696.61	Q 41,796.68
7	Drenaje Pluvial	1	global	Q 15,892.24	Q 15,892.24
8	Techo curvo calibre 26	1	global	Q 308,545.54	Q 308,545.54
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 492,115.45</b>

### **2.4.7 Planos**

Se elaboraron los siguientes planos:

- Planta acotada
- Plano de elevación y sección
- Plano de cimentación y especificaciones
- Plano estructura de cubierta y vigas
- Plano de instalación de drenaje pluvial

## CONCLUSIONES

1. Con la construcción del alcantarillado sanitario se estará beneficiando directamente a 375 habitantes del barrio Las Estrellas, a un costo de Q. 365,297.4, por cuanto se eliminarían los focos de contaminación, provocados por el flujo de aguas servidas a flor de tierra en las calles.
2. La construcción del muro de contención tendrá un costo de Q. 911,514.12, beneficiando directamente a la población estudiantil del Instituto Nacional de Educación Básica, ya que resguardará la seguridad al no permitir la circulación a orillas de la carretera Interamericana.
3. La construcción del graderío y la cubierta para la cancha de basket ball del Instituto Nacional de Educación Básica tendrá un beneficio directo a 600 estudiantes, a un costo de Q. 728,890.79, ya que contarán con un lugar apropiado para las actividades cívicas y deportivas.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado es importante para el desarrollo del estudiante de ingeniería civil, ya que a través de su desarrollo se amplían los conocimientos teóricos y prácticos, así como permite su aplicación a proyectos y situaciones reales. Además, el E.P.S. da la oportunidad de aportar soluciones factibles a las dificultades presentadas.



## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Barberena, Santa Rosa:

1. Desarrollar un programa de educación sanitaria a los usuarios del proyecto alcantarillado sanitario para el barrio Las Estrellas, con el fin de darle un buen uso al sistema.
2. Supervisar la ejecución de cada uno de los proyectos, para así garantizar la calidad de la obra y cumplir con los requerimientos de diseño especificados.
3. Actualizar los precios de materiales y de mano de obra, previo a la contratación de los proyectos, pues en la elaboración del presupuesto fueron tomados precios al momento del diseño.
4. Realizar la gestión financiera para lograr la construcción de estos cuatro proyectos.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. Normas Estructurales de Diseño y Construcción recomendadas para la República de Guatemala, Guatemala, 2002.
2. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio, Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2, Tesis Ing. Civil, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 1989.
3. Código de Diseño de Hormigón Armado, basado en el código ACI 318-95. Comisión de Diseño Estructural de Hormigón Armado. Chile, 2000.
4. Crespo Villalaz, Carlos, Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 4ª. Edición. México: Editorial Limusa. 1999.
5. Curso de Concreto Armado 2. Apuntes de curso, Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2001.
6. Curso de Diseño Estructural. Apuntes de curso, Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2001.
7. Durman Esquivel, Manuel. Técnico General. Folleto de información técnica de tubería P.V.C. Guatemala.

8. Guevara González Elmer Augusto. Diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea Los Jocotes, municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz Tesis Ing. Civil Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001.
9. INFOM. Normas Generales para Diseños de Alcantarillado Guatemala 2001.
10. Jadenon Vinicio Cabrera Seis. Guía Teórica y práctica del Curso de Cimentaciones 1. Tesis Ing. Civil Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994.

## ANEXO

**Tabla XVI. Valor soporte admisible, según tipo de suelo**

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

Fuente: tesis de Cabrera Seis Jadenon, facultad de ingeniería USAC, tabla 2.5.1 Valor soporte admisible, según tipo de suelo. Pág. 44





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA  
EN SISTEMAS DE TRANSMISION  
DE ENERGIA ELECTRICAS

PROYECTO: **PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION DE 138 KV EN EL MUNICIPIO DE BOYACAS**

FECHA: **15/05/2018**

ESCUELA: **BOYACAS**

PROFESOR: **DR. JUAN CARLOS GONZALEZ**

ESTUDIANTE: **ANDREA MARCELA GONZALEZ**

GRUPO: **10**

CONTENIDO: **PLANTA Y PERFIL DEL EJEMPLO DE PV-1 A PV-6**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA  
EN SISTEMAS DE TRANSMISION  
DE ENERGIA ELECTRICAS

PROYECTO: **PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION DE 138 KV EN EL MUNICIPIO DE BOYACAS**

FECHA: **15/05/2018**

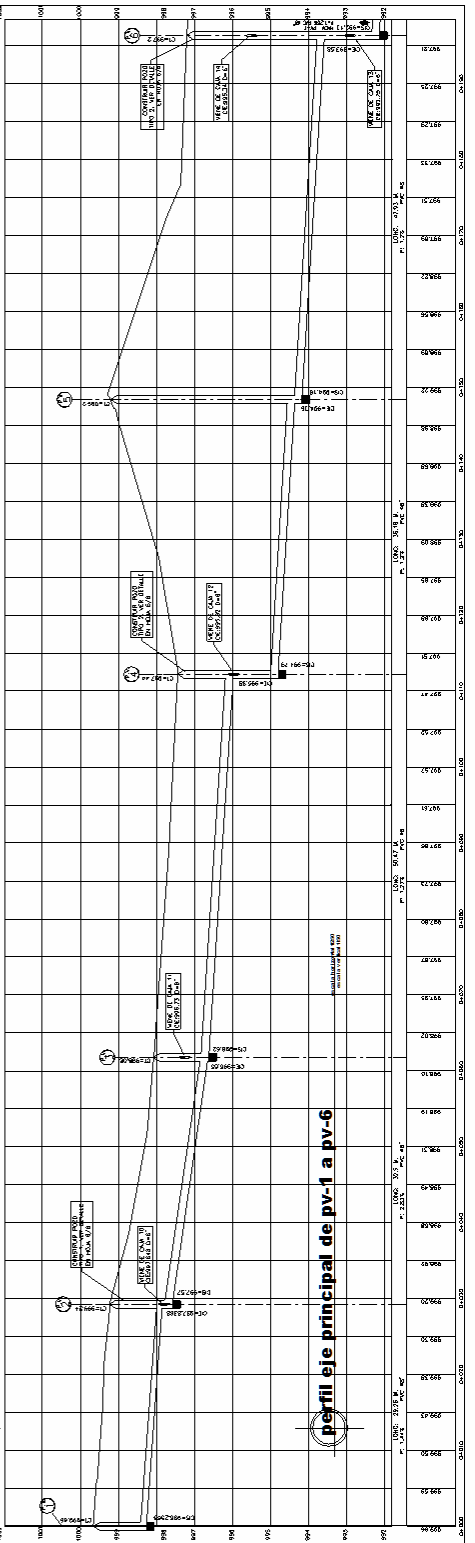
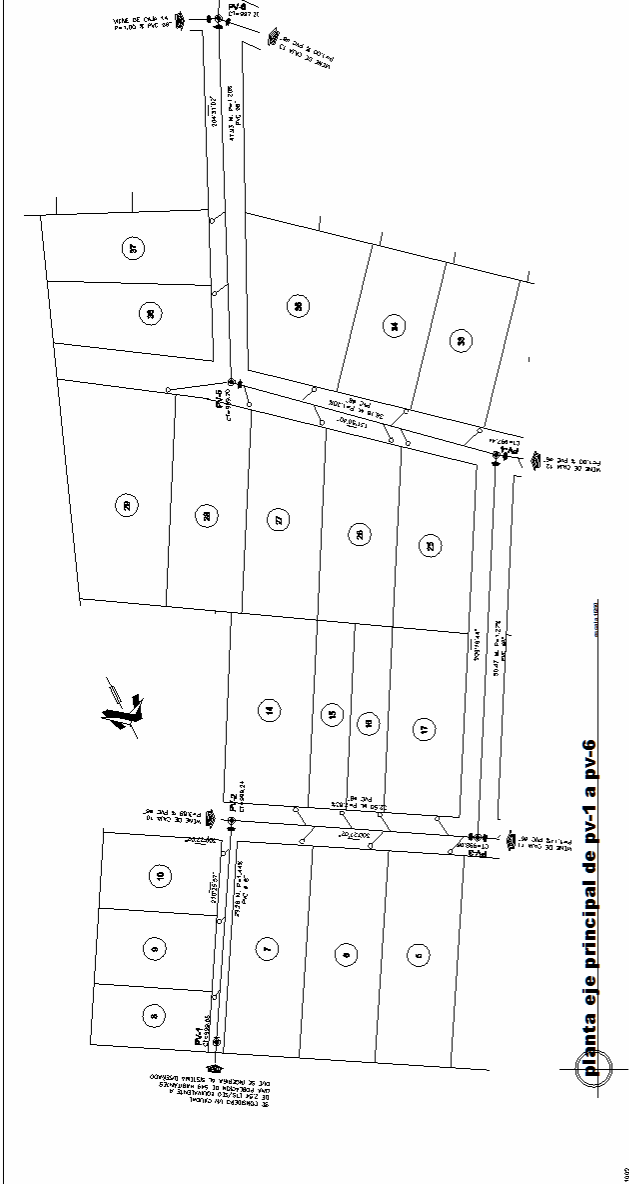
ESCUELA: **BOYACAS**

PROFESOR: **DR. JUAN CARLOS GONZALEZ**

ESTUDIANTE: **ANDREA MARCELA GONZALEZ**

GRUPO: **10**

SIMBOLICO	DESCRIPCION
1	ALCANTARILLA
2	ALCANTARILLA
3	ALCANTARILLA
4	ALCANTARILLA
5	ALCANTARILLA
6	ALCANTARILLA
7	ALCANTARILLA
8	ALCANTARILLA
9	ALCANTARILLA
10	ALCANTARILLA
11	ALCANTARILLA
12	ALCANTARILLA
13	ALCANTARILLA
14	ALCANTARILLA
15	ALCANTARILLA
16	ALCANTARILLA
17	ALCANTARILLA
18	ALCANTARILLA
19	ALCANTARILLA
20	ALCANTARILLA
21	ALCANTARILLA
22	ALCANTARILLA
23	ALCANTARILLA
24	ALCANTARILLA
25	ALCANTARILLA
26	ALCANTARILLA
27	ALCANTARILLA
28	ALCANTARILLA
29	ALCANTARILLA
30	ALCANTARILLA
31	ALCANTARILLA
32	ALCANTARILLA
33	ALCANTARILLA
34	ALCANTARILLA
35	ALCANTARILLA
36	ALCANTARILLA
37	ALCANTARILLA
38	ALCANTARILLA
39	ALCANTARILLA
40	ALCANTARILLA
41	ALCANTARILLA
42	ALCANTARILLA
43	ALCANTARILLA
44	ALCANTARILLA
45	ALCANTARILLA
46	ALCANTARILLA
47	ALCANTARILLA
48	ALCANTARILLA
49	ALCANTARILLA
50	ALCANTARILLA
51	ALCANTARILLA
52	ALCANTARILLA
53	ALCANTARILLA
54	ALCANTARILLA
55	ALCANTARILLA
56	ALCANTARILLA
57	ALCANTARILLA
58	ALCANTARILLA
59	ALCANTARILLA
60	ALCANTARILLA
61	ALCANTARILLA
62	ALCANTARILLA
63	ALCANTARILLA
64	ALCANTARILLA
65	ALCANTARILLA
66	ALCANTARILLA
67	ALCANTARILLA
68	ALCANTARILLA
69	ALCANTARILLA
70	ALCANTARILLA
71	ALCANTARILLA
72	ALCANTARILLA
73	ALCANTARILLA
74	ALCANTARILLA
75	ALCANTARILLA
76	ALCANTARILLA
77	ALCANTARILLA
78	ALCANTARILLA
79	ALCANTARILLA
80	ALCANTARILLA
81	ALCANTARILLA
82	ALCANTARILLA
83	ALCANTARILLA
84	ALCANTARILLA
85	ALCANTARILLA
86	ALCANTARILLA
87	ALCANTARILLA
88	ALCANTARILLA
89	ALCANTARILLA
90	ALCANTARILLA
91	ALCANTARILLA
92	ALCANTARILLA
93	ALCANTARILLA
94	ALCANTARILLA
95	ALCANTARILLA
96	ALCANTARILLA
97	ALCANTARILLA
98	ALCANTARILLA
99	ALCANTARILLA
100	ALCANTARILLA





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

PROYECTO: **REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA LA ESTACION UNIVERSITARIA**

USUARIO: **INGENIERIA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES**

FECHA: **15/05/2018**

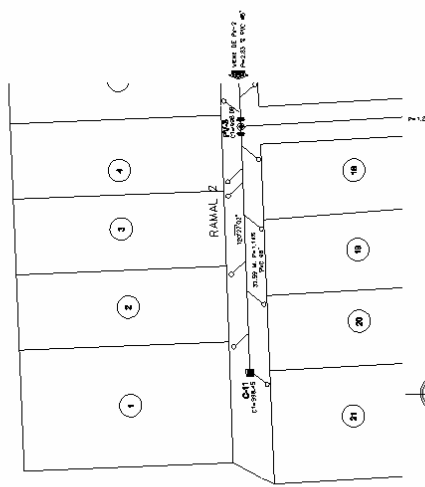
PROFESOR: **ING. JUAN CARLOS GONZALEZ**

ESTUDIANTE: **ING. JUAN CARLOS GONZALEZ**

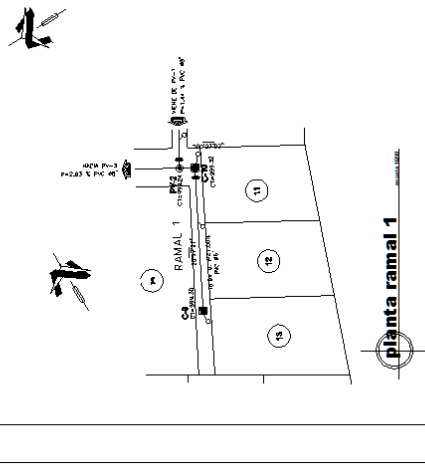
GRUPO: **4**

NUMERO: **6**

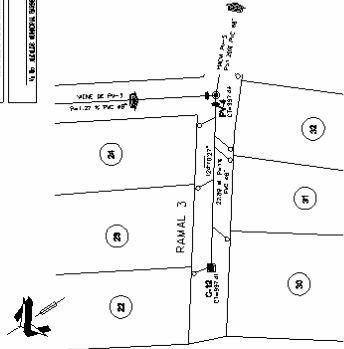
ABRIGADO	ABRIGADO
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100



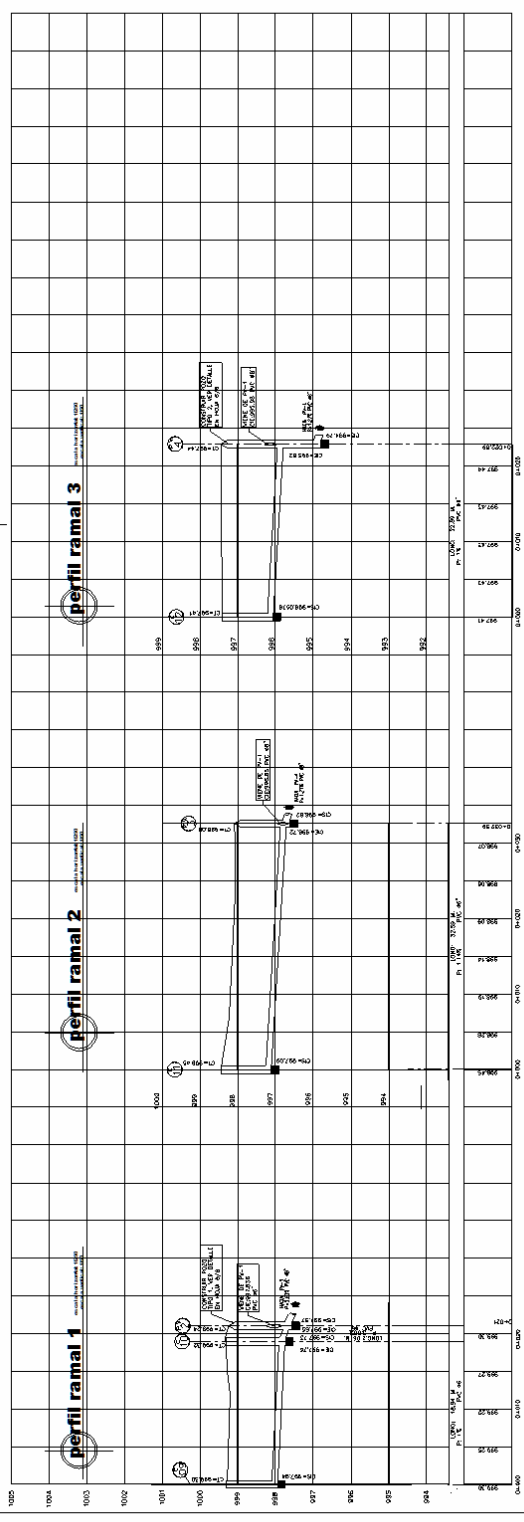
planta ramal 1



planta ramal 2



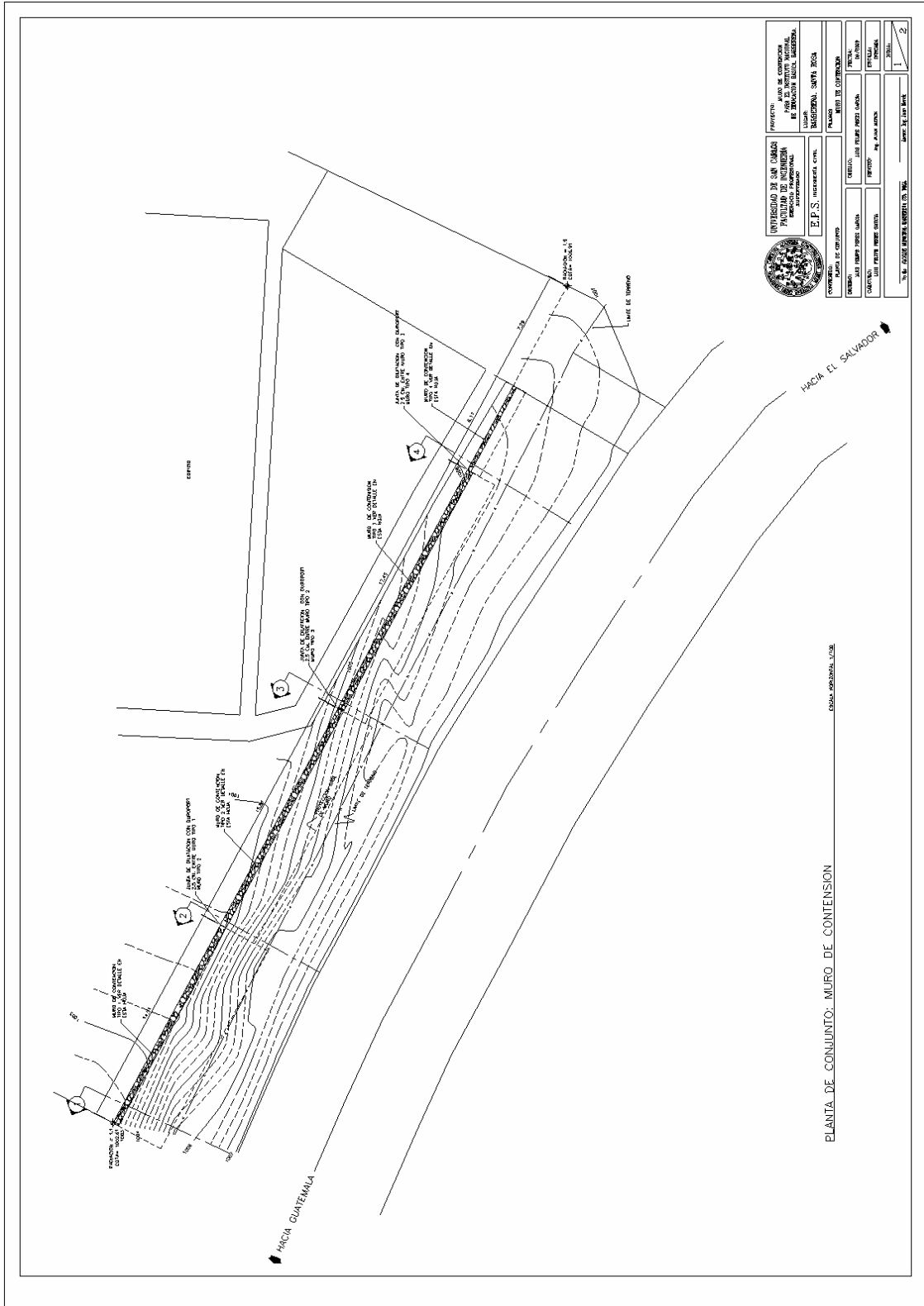
planta ramal 3






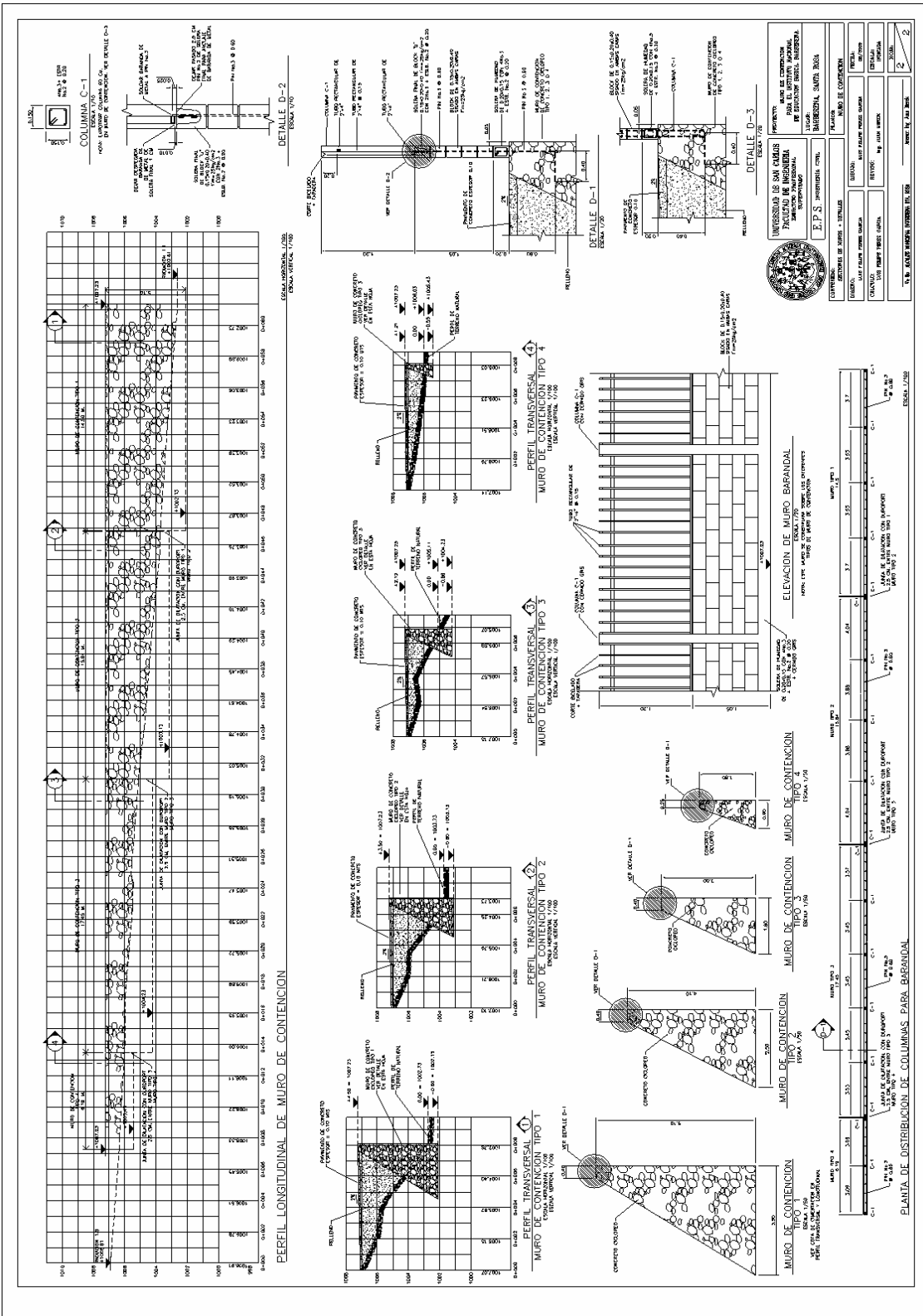






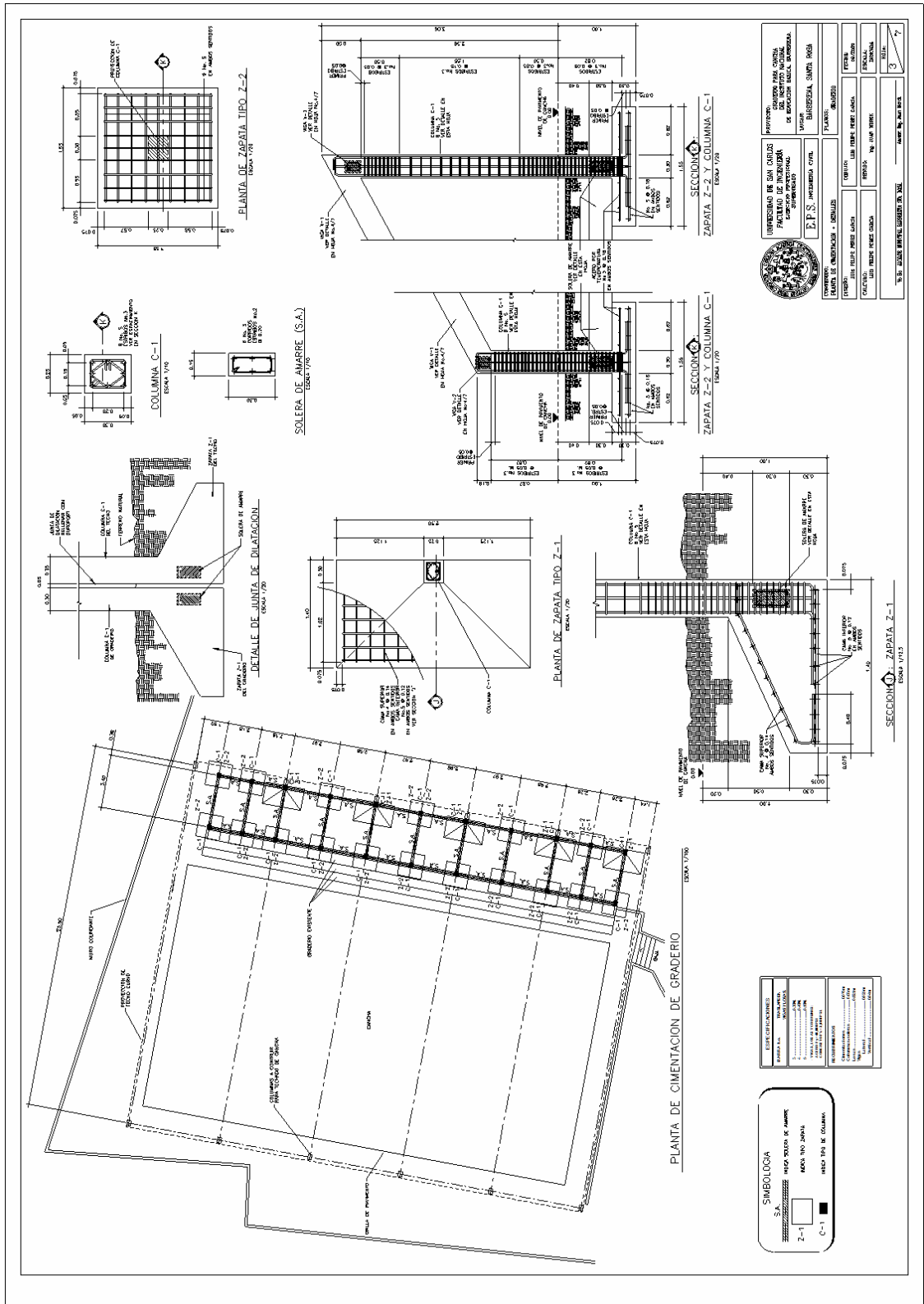
		Proyecto: <b>ANÁLISIS DE COMPRESIÓN PARA EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b> CARRERA: <b>INGENIERÍA CIVIL</b> INSTITUCIÓN: <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS</b>	
Universidad de San Carlos Facultad de Ingeniería Ingeniería Civil		Materia: <b>MUROS DE CONTENCIÓN</b> Tema: <b>MUROS DE CONTENCIÓN</b> Profesor: <b>DR. JOSÉ ANTONIO</b> Alumno: <b>DR. JOSÉ ANTONIO</b>	
Nombre: <b>DR. JOSÉ ANTONIO</b> Matrícula: <b>123456789</b> Fecha: <b>15/05/2023</b>		Fecha: <b>15/05/2023</b> Hora: <b>10:00 AM</b> Lugar: <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS</b>	
No. de Hoja: <b>1</b> Total de Hojas: <b>2</b>		No. de Hoja: <b>1</b> Total de Hojas: <b>2</b>	

PLANTA DE CONJUNTO: MURO DE CONTENCIÓN

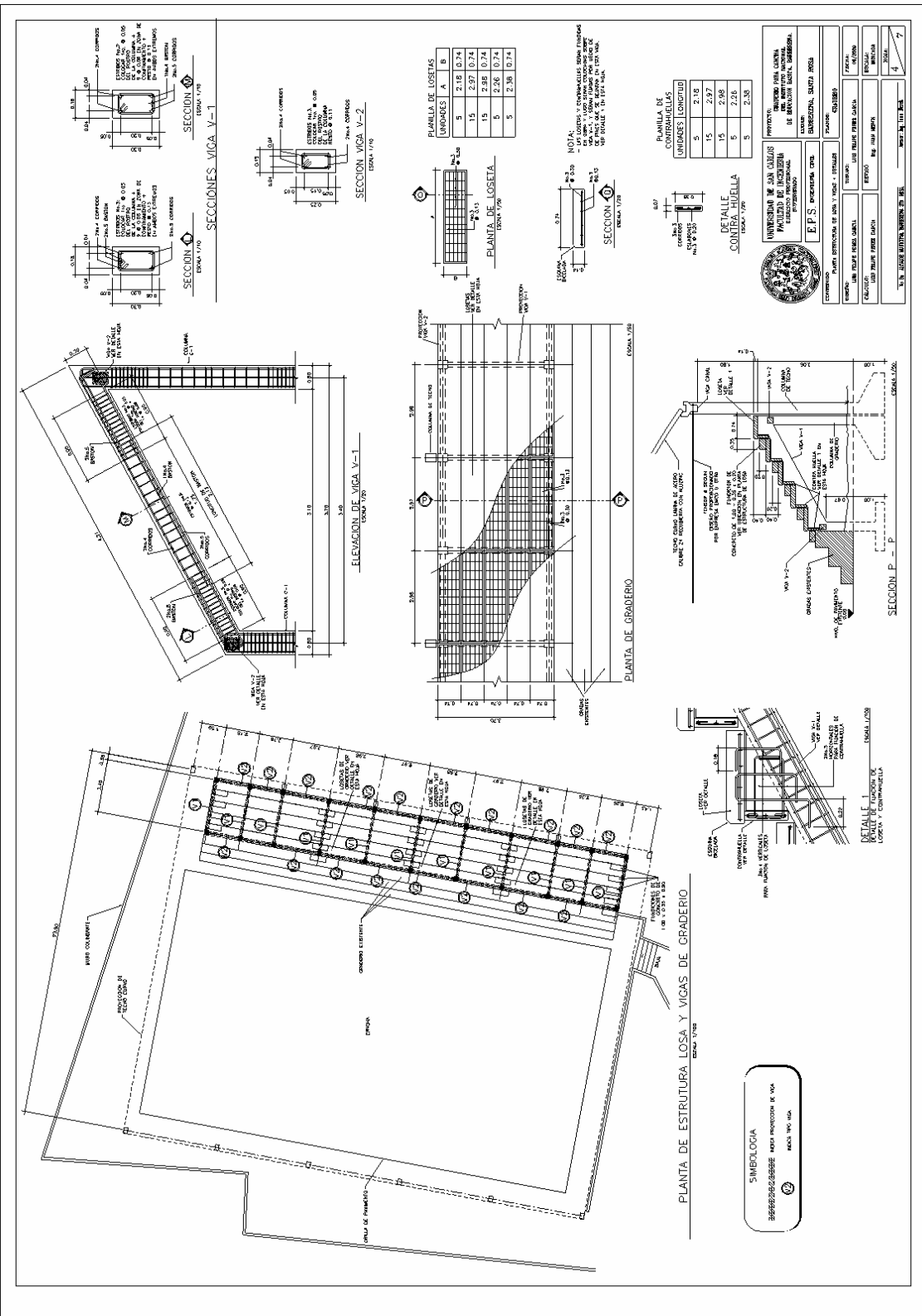








<b>SIMBOLICO</b> S.A.  SOLETA DE ANILLO Z-1  ZAPATA TIPO Z-1 C-1  COLUMNA TIPO C-1		<b>LEGENDARIO</b> DESCRIPCION: MATERIAL: ESPESOR: DENSIDAD: UNIDAD: OBSERVACIONES:
INSTITUCION: E. P. S. INGENIERIA CIVIL	PROFESOR: INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD SANTA ROSA
CLIENTE: MUNICIPIO DE SAN CARLOS	DISEÑADOR: INGENIERO CIVIL	PLANTILLA: INGENIERIA
COORDINADOR: INGENIERO CIVIL	REVISOR: INGENIERO CIVIL	FECHA: 15/05/2018
APROBADO: INGENIERO CIVIL	EMISOR: INGENIERO CIVIL	HOJA: 3
TITULO: DISEÑO DE CIMENTACION DE UN GRADERIO		ESCALA: 1/20



**SIMBOLOGIA**

LOSA DE CONCRETO  
 BARRA DE ACERO  
 COLUMNA DE CONCRETO  
 VIGA DE CONCRETO  
 ESCALERA

**INVERSIONES DE SAN JUAN**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA CIVIL  
E.P.S. ESCUELA POLITECNICA DEL QUINDIA

**PROYECTO:** PASADIZO PARA EL PASAJE DE VEHICULOS EN LA AVENIDA DE SAN JUAN, SAN JUAN DE LOS RIOS.

**FECHA:** 2018

CONSTRUCCION	PLAN DE ESTRUCTURA DE LOSA Y VIGAS	ESCALA	1/20
PROYECTO	INGENIERO CIVIL	FECHA	2018
CLIENTE	INVERSIONES DE SAN JUAN	PROYECTO	INGENIERIA CIVIL
PROYECTO	INGENIERIA CIVIL	FECHA	2018
CLIENTE	INVERSIONES DE SAN JUAN	PROYECTO	INGENIERIA CIVIL
PROYECTO	INGENIERIA CIVIL	FECHA	2018







