



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

DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Juan Manuel Rodríguez Flores
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ FLORES
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

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


Juan Manuel Rodríguez Flores



Guatemala, 20 de febrero de 2012
Ref.EPS.DOC.351.02.12

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 **Juan Manuel Rodríguez Flores** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200620031**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**.

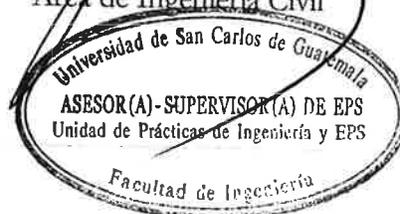
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

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



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



Guatemala,
4 de mayo de 2012

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 LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Manuel Rodríguez Flores, 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 INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



Guatemala,
11 de marzo de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Manuel Rodríguez Flores, 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 INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 15 de marzo de 2013

Ref.EPS.D.241.03.13

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 LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Manuel Rodríguez Flores**, 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. Sigrid Alitz Calderón de León
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigríd Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Juan Manuel Rodríguez Flores, titulado DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

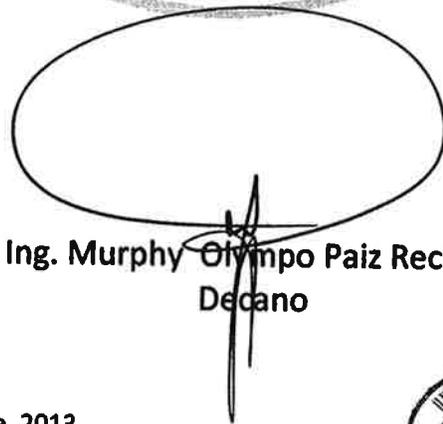


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 255.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Manuel Rodríguez Flores**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 10 de abril de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Víctor Leonel Rodríguez Polanco. Julia Elvira Flores Morales de Rodríguez. Con mucho amor y admiración por el esfuerzo, además del apoyo incondicional que siempre me brindaron para la obtención de este triunfo.

Mis hermanos

Marco Leonel y Mary Triny Rodríguez Flores, para que logren alcanzar todas sus metas y sus vidas estén llenas de éxitos.

Mi tío

Víctor Adolfo Rodríguez P. (q.e.p.d.), ya que fue parte importante en mi vida.

La Facultad de Ingeniería

Con gratitud por la formación profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por las bendiciones recibidas en el transcurso de mi vida y permitirme alcanzar este triunfo.
Mis padres	Por brindarme su apoyo incondicional en todo momento y saber guiarme por el camino de la vida con sus sabios consejos y ser un ejemplo.
Mis hermanos	Por el cariño y comprensión en los momentos más difíciles.
Toda mi familia	Por su aprecio y por el apoyo que siempre me han manifestado.
Ing. Juan Merck	Por brindarme su asesoría y apoyo incondicional.
Mis compañeros y amigos	Por compartir momentos inolvidables, forjando nuestra vida hacia el éxito.
Municipalidad de Usumatlán, Zacapa	Por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Usumatlán.....	1
1.1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.1.2. Localización.....	3
1.1.1.3. Ubicación política.....	3
1.1.1.4. Clima	4
1.1.1.5. Hidrografía.....	5
1.1.1.6. Orografía.....	5
1.1.1.7. Producción agrícola.....	5
1.1.1.8. Población.....	6
1.1.2. Aspectos de infraestructura	7
1.1.2.1. Vías de acceso	7
1.1.2.2. Servicios públicos	7
1.1.2.3. Organización comunitaria	8
1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Usumatlán.....	8
1.2.1. Descripción de las necesidades	8
1.2.2. Análisis y priorización de necesidades	10

2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.....	11
2.1.	Descripción del proyecto	11
2.2.	Levantamiento topográfico	11
2.2.1.	Planimetría	11
2.2.2.	Altimetría	12
2.3.	Partes de un alcantarillado	12
2.3.1.	Colector	12
2.3.2.	Pozos de visita	13
2.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	14
2.4.	Período de diseño	14
2.5.	Población futura	15
2.6.	Determinación de caudales.....	16
2.6.1.	Población tributaria.....	16
2.6.2.	Dotación	16
2.6.3.	Factor de retorno (F_R).....	16
2.6.4.	Caudal sanitario	17
2.6.5.	Caudal domiciliar (Q_{dom})	17
2.6.6.	Caudal industrial (Q_{ind})	18
2.6.7.	Caudal comercial (Q_{com})	18
2.6.8.	Caudal conexiones ilícitas (Q_{ci})	18
2.6.9.	Caudal por infiltración (Q_{inf})	19
2.6.10.	Caudal medio (Q_{med})	19
2.6.11.	Factor de caudal medio (F_{qm})	20
2.6.12.	Factor de Harmond (FH)	20
2.6.13.	Caudal de diseño (q_{dis})	21
2.7.	Fundamento hidráulicos	21
2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales	22

	2.7.2.	Relaciones hidráulicas	23
2.8.		Parámetros de diseño hidráulico	23
	2.8.1.	Coeficiente de rugosidad	23
	2.8.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	24
	2.8.3.	Velocidades máximas y mínimas.....	25
	2.8.4.	Diámetro del colector	26
	2.8.5.	Profundidad del colector	26
	2.8.6.	Profundidad mínima del colector	27
	2.8.7.	Ancho de zanja	27
	2.8.8.	Volumen de excavación.....	28
	2.8.9.	Cotas Invert	29
	2.8.10.	Ubicación de los pozos de visita.....	31
	2.8.11.	Profundidad de los pozos de visita	32
	2.8.12.	Características de las conexiones domiciliarias	33
	2.8.13.	Diseño hidráulico	33
2.9.		Desfogue	37
2.10.		Ubicación.....	37
2.11.		Administración, operación y mantenimiento	37
2.12.		Elaboración de planos	38
2.13.		Elaboración de presupuesto	39
2.14.		Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	41
2.15.		Evaluación socio económica	42
	2.15.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	42
	2.15.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	43
3.		DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA.....	45
	3.1.	Diseño del edificio escolar de dos niveles	45
		3.1.1. Descripción del proyecto	45

3.1.2.	Descripción del área disponible.....	46
3.1.3.	Evaluación de calidad de suelos	46
3.1.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	46
3.1.4.	Normas para diseño de edificios	48
3.1.4.1.	Criterios generales	49
3.1.4.2.	Criterios de conjunto	49
3.1.4.3.	Criterios de iluminación	49
3.1.4.4.	Otros criterios	51
3.1.5.	Diseño arquitectónico	51
3.1.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	52
3.1.5.2.	Distribución de ambientes	52
3.1.5.3.	Alturas del edificio	52
3.1.6.	Selección del sistema a utilizar	52
3.1.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	53
3.1.6.2.	Cargas de diseño	58
3.1.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos.....	58
3.1.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos.....	65
3.1.6.3.	Fuerzas sísmicas	65
3.1.6.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos.....	78
3.1.6.5.	Análisis de marcos dúctiles por un método de análisis estructural	

	numérico (Kanni) y comprobación por medio de software	78
3.1.6.6.	Envolvente de momentos	85
3.1.6.7.	Diagrama de corte y momento.....	88
3.1.6.8.	Diseño de losa	90
3.1.6.9.	Diseño de vigas	103
3.1.6.10.	Diseño de columnas	107
3.1.6.11.	Diseño de gradas.....	122
3.1.6.12.	Diseño de cimientos	128
3.1.7.	Instalaciones.....	154
3.1.7.1.	Drenajes	154
3.1.7.2.	Electricidad	156
3.1.8.	Presupuesto y cronograma.....	158
CONCLUSIONES		161
RECOMENDACIONES		163
BIBLIOGRAFÍA.....		165
APÉNDICES		167
ANEXOS		171

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Usumatlán.....	2
2.	Ubicación política del municipio de Usumatlán	3
3.	Partes de un pozo de visita	13
4.	Sección parcialmente llena.....	24
5.	Profundidad del colector.....	26
6.	Áreas tributarias, planta típica	53
7.	Área tributaria columna critica	56
8.	Área tributaria viga critica	60
9.	Carga viva y muerta, eje C	63
10.	Carga viva y muerta, eje 2.....	64
11.	Planta de centro de masa y rigidez	72
12.	Planta de centro de rigidez.....	74
13.	Fuerza por marco por nivel sentido Y	77
14.	Fuerza por marco por nivel sentido X.....	77
15.	Momento de carga de sismo en vigas, marco crítico X (kg-m).....	79
16.	Momento de carga de sismo en columnas, marco crítico X (kg-m).....	79
17.	Momento de carga viva en vigas, marco crítico X (kg-m).....	80
18.	Momento de carga viva en columnas, marco crítico X (kg-m).....	80
19.	Momento de carga muerta en vigas, marco crítico X (kg-m).....	81
20.	Momento de carga muerta en columnas, marco crítico X (kg-m).....	81
21.	Momento de carga de sismo en vigas, marco crítico Y (kg-m).....	82
22.	Momento de carga de sismo en columnas, marco crítico Y (kg-m).....	82
23.	Momento de carga viva en vigas, marco crítico Y (kg-m).....	83

24.	Momento de carga viva en columnas, marco crítico Y (kg-m)	83
25.	Momento de carga muerta en vigas, marco crítico Y (kg-m).....	84
26.	Momento de carga muerta en columnas, marco crítico Y (kg-m).....	84
27.	Envolvente de momento en vigas, marco crítico X (kg-m)	86
28.	Envolvente de momento en columna, marco crítico X (kg-m).....	86
29.	Envolvente de momento en vigas, marco crítico Y (kg-m)	87
30.	Envolvente de momento en columnas, marco crítico Y (kg-m)	87
31.	Corte último en vigas, marco crítico X (kg-m)	88
32.	Corte último en columnas, marco crítico X (Kg-m).....	89
33.	Corte último en vigas, marco crítico Y (Kg-m).....	89
34.	Corte último en columnas, marco crítico Y (Kg-m).....	90
35.	Planta de distribución de losas	91
36.	Planta de momentos actuantes, nivel 2 sentido x (kg-m).....	94
37.	Planta de momentos actuantes, nivel 2 sentido y (kg-m).....	95
38.	Planta de momentos balanceados, nivel 2 sentido x (kg-m).....	98
39.	Planta de momentos balanceados, nivel 2 sentido y (kg-m).....	99
40.	Detalle de armado final losa segundo nivel.....	102
41.	Detalle de armado de viga sección longitudinal	107
42.	Sección de columna segundo nivel.....	120
43.	Detalle típico de columna.....	121
44.	Dimensión módulo de gradas	123
45.	Distribución de carga y momentos módulo de gradas	124
46.	Detalle típico módulo de gradas.....	127
47.	Detalle de cimiento corrido de sección trapezoidal	129
48.	Corte simple en zapatas	134
49.	Corte punzonante en zapatas	136
50.	Detalle de armado zapata	139
51.	Sección de zapata	140
52.	Fuerzas sobre zapata combinada	140

53.	Distancias hacia el centro geométrico zapata combinada.....	141
54.	Cargas equivalentes en el centro geométrico	143
55.	Presiones sobre el suelo	144
56.	Presiones sobre el cimiento	145
57.	Presión última bajo el cimiento.....	146
58.	Presiones últimas por metro lineal	147
59.	Diagramas de corte y momento	148
60.	Vigas transversales	151
61.	Chequeo por corte simple	152
62.	Detalle de elevación armado de zapata combinada.....	154

TABLAS

I.	Descripción de necesidades.....	9
II.	Coeficiente de rugosidad.....	24
III.	Profundidad mínima del colector	27
IV.	Ancho de zanja.....	28
V.	Presupuesto del alcantarillado sanitario	40
VI.	Tabla 9.5(a) altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas código ACI – 318/99.....	55
VII.	Escala de riesgo sísmico.....	66
VIII.	Valor de k según estructura.....	68
IX.	Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido X.....	75
X.	Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido Y.....	76
XI.	Balance de momentos en losa	96
XII.	Balance de momentos nivel 2	97
XIII.	Presupuesto edificación de dos niveles	159
XIV.	Cronograma de actividades edificación de dos niveles.....	160

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
d	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
b	Ancho del elemento en sección
A	Área
A_s	Área de acero de refuerzo
A_{Stemp}	Área de acero por temperatura
A_v	Área de varilla
A_g	Área gruesa, área total de la sección
A_z	Área zapata
P	Carga aplicada a la columna
P'_o	Carga axial de resistencia de la columna
P_{CR}	Carga crítica de pandeo de Euler
P'_u	Carga de resistencia de la columna
P'_{ux}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x
P'_{uy}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y
P'	Carga de trabajo actuando en la columna
CM	Carga Muerta
CU	Carga Última
CV	Carga Viva
Q	Caudal de infiltración
cm	Centímetro
C	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas

V_{MÁX}	Corte máximo actuante
D	Diámetro de la tubería
di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado
E	Esbeltez de la columna
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
e	Excentricidad
F_{cu}	Factor de carga última
F_{ni}	Fuerza por nivel, en el nivel i
km	Kilómetro
lb	Libras
l/hab/día	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
L_o	Longitud de confinamiento de estribos
δ	Magnificador de momentos
pvc	Material a base de cloruro de polivinilo
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
ml	Metro lineal
m/s	Metros por segundo
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
E_M	Módulo de elasticidad del material
M	Momento
M_b	Momento balanceado
M_d	Momento de diseño (magnificado)
M_{CM}	Momento inducido por la carga muerta
M_{CV}	Momento inducido por la carga viva

M_S	Momento inducido por la fuerza sísmica
$M_{(-)}$	Momento negativo
$M_{(+)}$	Momento positivo
M_x	Momento último actuando en el sentido x
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
S	Pendiente
d	Peralte efectivo del elemento en sección, distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión
PV	Pozo de visita
q	Presión sobre el suelo
q_u	Presión última sobre el suelo
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
V/v	Relación de velocidades
m	Relación entre los claros de la losa a/b
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
V_r	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
R	Rigidez de un elemento
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, evitando grietas, expansión o contracción por temperatura en el concreto.
Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de oxígeno libre.
Aguas residuales	Desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua provenientes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de oxígeno libre.
Azimut	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero determinado astronómicamente, su rango varía de 0° a 360°.
Banco de marca	Punto de altimetría, cuya altura o cota es conocida y se utilizará para determinar alturas o cotas siguientes.

Bases de diseño	Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo al tipo de proyecto.
Carga muerta	Peso constante, soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el uso de la estructura, muebles, maquinaria móvil, etcétera, soportado por el elemento.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
Cimiento corrido	Estructura que sirve de apoyo para muros, transmite estas cargas a las zapatas.
Colector	Sistema conformado por un conjunto de tuberías, pozos de visita, obras y accesorios, que se utilizan para la descarga de las aguas residuales o pluviales.
Columna	Elemento estructural capaz de resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de, por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.

Columna esbelta	Columna en la cual, además de resistir carga axial, también resiste esfuerzos flexionantes debido a la longitud del elemento en relación a su sección transversal.
Compactación	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soportar cargas.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Descarga	Lugar donde se depositan las aguas residuales que provienen de un colector.
Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado.
Desinfección	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua, mediante procesos químicos.
Dotación	Cantidad de agua necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.

Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
Excentricidad	Se produce cuando el centro de masa no coincide con el centro de gravedad, produciendo de esta manera esfuerzos adicionales por torsión.
Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, luego de la aplicación de carga.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.
Pozo de visita	Estructura que sirve para recibir y depositar las aguas residuales entre 2 tuberías. Se utiliza para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.

SEAOC	<i>Structural Engineers Association of California,</i> (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)
Solera	Elemento estructural horizontal, que sirve para darle mayor resistencia a un muro, además de resistir los esfuerzos inducidos en este.
Tramo	Espacio comprendido entre el centro de los pozos de visita.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
Zapata	Estructura cuya función es, transmitir la carga al subsuelo a una presión de acuerdo a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa, presenta un crecimiento poblacional notable, por lo cual en el presente trabajo de investigación se diagnosticaron, analizaron y priorizaron necesidades de servicios básicos y de infraestructura, aportando soluciones de carácter técnico a 2 de ellas, las cuales están contenidas en las fases de investigación y de servicio técnico profesional.

A través de la investigación monográfica y diagnóstico de necesidades de servicios básicos y de infraestructura de la población, se determinaron como prioritarias el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal de Usumatlán y el diseño de la edificación de 2 niveles, para el Instituto Nacional de Educación Básica.

OBJETIVOS

General

Diseñar la edificación de 2 niveles para el Instituto Nacional de Educación Básica, y rediseñar el sistema de alcantarillado sanitario en el municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa.

Específicos

1. Realizar una investigación de carácter monográfico, y un diagnóstico sobre las principales necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa.
2. Capacitar a los miembros del Comité Comunitario de Desarrollo (COCODE) del municipio de Usumatlán, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

La actual realidad nacional amerita el fortalecimiento de un programa como es el Ejercicio Profesional Supervisado, que brinda la oportunidad de proponer solución a problemas en las comunidades más necesitadas, así como complementa la formación académica de los futuros profesionales de la Ingeniería Civil.

Luego de realizar un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa, se priorizaron 2 proyectos; diseño de la edificación de 2 niveles para el Instituto Nacional de Educación Básica y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario de la cabecera municipal de Usumatlán, departamento de Zacapa. En ambos proyectos se realizaron los estudios necesarios, concluyendo en la elaboración de los juegos de planos y presupuestos respectivos, con el objeto que dichos proyectos se puedan ejecutar a corto o mediano plazo y suplan las necesidades de la población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Usumatlán

El pueblo de Usumatlán, no figuró como tal durante el período de la colonia, pues no aparece en el índice alfabético de las ciudades, villas y pueblos del Reino de Guatemala para la administración de Justicia por el Sistema de Jurado; decretado el 27 de agosto de 1836 y adoptado al Código de Livingston, el pueblo de Usumatlán fue adscrito al circuito de Zacapa. Conforme lo indica el Diccionario Geográfico de Guatemala (emitido en marzo de 1981), el significado etimológico del nombre Usumatlán, se encuentra en la voz mexicana Usumatlán quiere decir Paraíso de monos, la cual a su vez se deriva de las también voces mexicanas Uzumatlí, mono (*Alouatta Palliata*) y la desinencia abundancial o terminación flexional tlán.

Su historia es muy antigua, ya que algunos de sus poblados existen desde antes de la venida de los conquistadores españoles, como se comprueba con los sitios arqueológicos de Huijón y Pueblo Viejo, el primero explotado por Edwin M. Shook, Alfred Kidder y A.L. Smith y el segundo, descubierto por Reginaldo Solórzano. Actualmente estos sitios arqueológicos no existen.

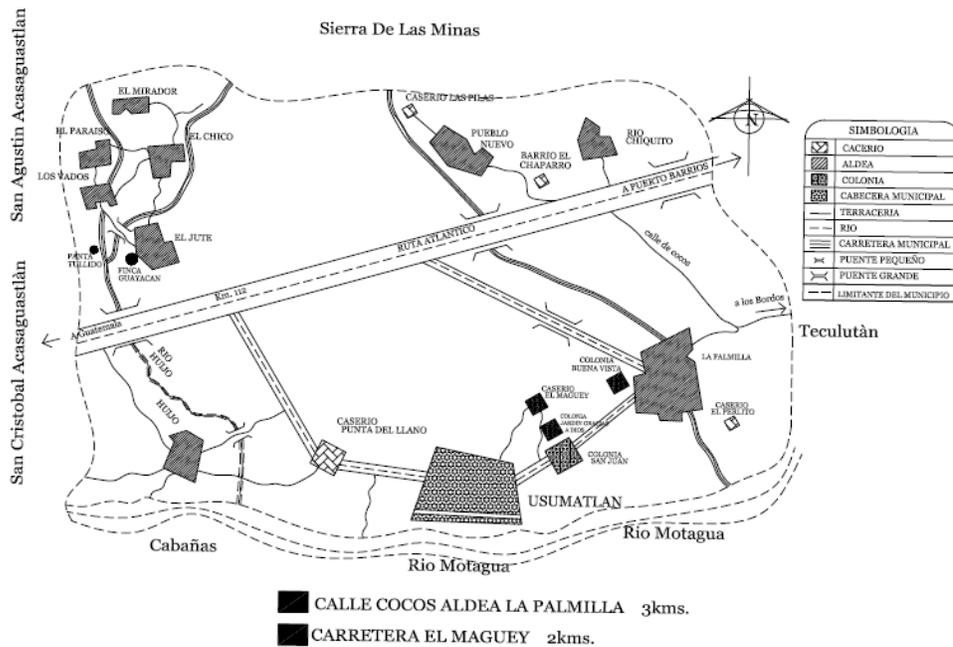
1.1.1. Aspectos físicos

El municipio está conformado por 1 pueblo (Usumatlán, cabecera municipal), 2 colonias, 9 aldeas, 1 caserío, 2 parajes y 2 fincas, los cuales por su ubicación geográfica y características, de estas unidades territoriales, se han formado en cuatro microrregiones.

1.1.1.1. Ubicación

El municipio de Usumatlán pertenece al departamento de Zacapa y se ubica al lado sur de la Sierra de las Minas y al norte del río Motagua, su extensión territorial es de 257 kilómetros cuadrados colinda al norte con Panzós, (Alta Verapaz); al este con Teculután, (Zacapa); al sur con Huité, Cabañas (Zacapa) y El Jícaro (El Progreso); al oeste con San Cristóbal Acasaguastlán, San Agustín Acasaguastlán (El Progreso) y Panzós (Alta Verapaz).

Figura 1. Ubicación del municipio de Usumatlán



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

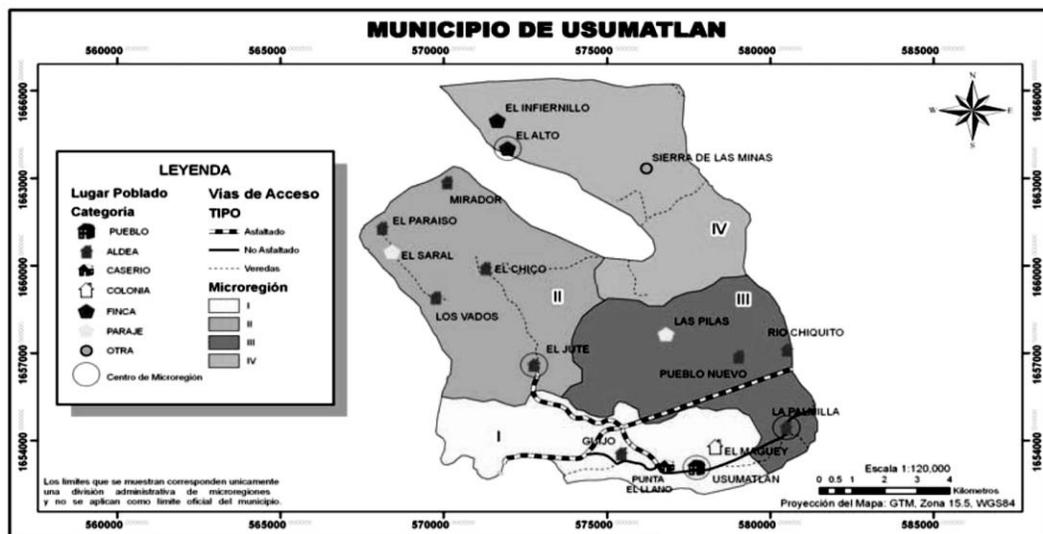
1.1.1.2. Localización

Se localiza entre las coordenadas geográficas: latitud norte 14°56'52" y longitud este 89°46'36"; la cabecera municipal se encuentra a 230 metros sobre el nivel del mar. Se ubica a 39 kilómetros de la cabecera departamental y a 112 de la ciudad capital y 185 kilómetros de la ciudad de Puerto Barrios sobre la carretera ruta al Atlántico.

1.1.1.3. Ubicación política

Las microrregiones formadas por un sistema de análisis de lugares poblados del municipio, además de obedecer a una distribución político administrativa interna, responde al funcionamiento y jerarquía de cada comunidad.

Figura 2. Ubicación política del municipio de Usumatlán



Fuente: Municipalidad de Usumatlán, caracterización del municipio. p. 8.

Según la topografía del territorio, características económicas, conectividad y disponibilidad de servicios, especialmente; salud y educación que se describen a continuación:

- Microregión I: Usumatlán, Punta del Llano, Huijón, El Maguey.
- Microrregión II: El Jute, Los Vados, El Saral, El Paraíso, El Mirador y El Chico.
- Microrregión III: La Palmilla, Pueblo Nuevo, Las Pilas, Río Chiquito.
- Microrregión IV: Sierra de las Minas, El Alto y El Infiernillo.

1.1.1.4. Clima

En el municipio de Usumatlán predominan los climas cálido y seco en las planicies cercanas a la cabecera municipal, mientras que al ir ascendiendo en dirección a la Sierra de Las Minas, el clima tiende a manifestarse como cálido y semi-seco. La temperatura media multianual promedio, es de 28 grados centígrados; con temperaturas máximas promedio anual que pueden alcanzar 33 a 34 grados centígrados; temperatura mínima promedio anual de 21 grados centígrados; temperaturas máximas extremas, que pueden alcanzar los 46 grados centígrados y temperatura mínima extrema hasta de 9,5 grados centígrados; con un viento predominante del este durante todo el año y con una velocidad promedio anual de 4,21 kilómetros por hora (información proporcionada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-).

1.1.1.5. Hidrografía

En el municipio de Usumatlán se definen 4 microcuencas hidrográficas que drenan hacia el río Motagua, con dirección norte - sur, siendo las siguientes:

Huijón, La Palmilla, Uyús y Teculután; siendo las 2 primeras de mayor importancia, debido a su extensión y captación hídrica. Entre los recursos hidrográficos del municipio, están los ríos Motagua, Huijón Jutillo, Palmilla, Amatillal, Chiquito, el Gallal y Uyús; así como las quebradas La Laguna, El Conte, El Mapache, El Repollo, El Maguey, La Leona, La Joya, La Oscurana, Los Jícaros, Lagartillo, Puentes Cuaches, San Carlos y Santa Rosa.

1.1.1.6. Orografía

La topografía del municipio es predominantemente plana en la parte baja, con pendientes moderadas a altas en los cerros y en la Sierra de Las Minas, que van de 15 a 50 por ciento de inclinación, según la clasificación de suelos de Guatemala, en el municipio existen 2 tipos de suelo cívica (poco profundos sobre esquistos, arcillosos y con caliza, característicos de la Sierra de las Minas) y subinal (poco profundos y excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza en un clima cálido seco o húmedo seco, en la parte plana del municipio).

1.1.1.7. Producción agrícola

Las principales actividades agrícolas del municipio son: café, cultivo de melón, sandía, tabaco, tomate, pepino, oca y agricultura de subsistencia (maíz y frijol); los que se utilizan para abastecer los mercados nacionales, locales y

extranjeros, así como para el consumo de la población, en el caso de los granos básicos.

Entre la producción frutícola del municipio, el cultivo de melón abarca el 71,11 por ciento, el cual se produce en el valle del río Motagua; también predomina el limón, mango y la papaya, en menor escala, la uva (artesanal).

En el caso del cultivo de granos básicos, los que predominan son el maíz y el frijol; catalogándose como cultivos de autoconsumo y subsistencia para las familias en pobreza extrema.

La producción forestal de Usumatlán, se ubica principalmente en la Sierra de Las Minas, en áreas privadas, donde se lleva a cabo el manejo y aprovechamiento de los bosques, principalmente de pino; así como viveros para la reforestación de las áreas intervenidas.

La principal actividad pecuaria de Usumatlán, es la crianza de ganado bovino; pero cabe destacar que a nivel doméstico, sus pobladores también realizan la crianza de aves de corral y de marranos, generalmente para el autoconsumo.

1.1.1.8. Población

Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la población del municipio al 2011, es de 10 986 habitantes, de los cuales, el 47 por ciento son hombres y 53 por ciento mujeres, el 100 por ciento de la población se define como ladina. El 61 por ciento se ubica en el área rural, mientras que un 39 por ciento está en el área urbana.

1.1.2. Aspectos de infraestructura

La red vial que conecta a los lugares poblados del municipio, es de 3,2 kilómetros en camino asfaltado, quedando próximos a la ruta al Atlántico CA-9, la cabecera municipal, El Jute, Río Chiquito, La palmilla y Pueblo Nuevo.

1.1.2.1. Vías de acceso

El Mirador, El Chico, El Paraíso y Los Vados, es camino de terracería, aunque eventualmente se brinda mantenimiento y reparación en algunas áreas. Además la microrregión IV, que la integran la finca El Alto, El Infiernillo y Sierra de las Minas, el acceso es por camino de herradura, el cual es transitado únicamente por vehículos de doble tracción.

1.1.2.2. Servicios públicos

Energía eléctrica: el 100 por ciento del municipio cuenta con este servicio, pero existen comunidades en las cuales se debe hacer una ampliación del mismo, para completar el 100 por ciento de cobertura, siendo estas: Los Vados, El Jute, El Paraíso, El Mirador, El Chico y La Palmilla.

Disposición de excretas: el 90 por ciento de las viviendas, poseen sistema de disposición de excretas, ya sea mediante sistemas de alcantarillado sanitario en los principales lugares poblados, así como letrinas en el resto de comunidades rurales, teniendo solo un déficit del 10 por ciento con este servicio.

Servicio de agua: el servicio intradomiciliar en el municipio ha logrado avances significativos; partiendo de un 69 por ciento de cobertura que había en el 2002, hasta alcanzar un 92 por ciento en el 2010, según datos proporcionados por la Oficina Municipal de Planificación (OMP).

Comunicación: cabe destacar que el municipio no cuenta con radiodifusora local y si con señal de otras radiodifusoras que se originan en la capital, Chiquimula y Zacapa. Se cuenta con líneas fijas de telefonía domiciliar en la cabecera municipal, así como una gran cantidad de líneas móviles de telefonía celular y teléfonos tarjeteros con cobertura en gran parte del territorio.

1.1.2.3. Organización comunitaria

En Usumatlán existe 1 Consejo Municipal de Desarrollo Municipal (COMUDE) y 16 Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES).

1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Usumatlán

A continuación se mencionan las necesidades de servicios básicos, además de la infraestructura para el municipio Usumatlán, con este proyecto se pretende mitigar estas necesidades.

1.2.1. Descripción de las necesidades

El municipio de Usumatlán en su casco urbano, cuenta con la mayor parte de servicios esenciales para la población, pero debido a su notable crecimiento poblacional en el casco urbano, se requieren servicios tales como:

Tabla I. **Descripción de necesidades**

NECESIDAD	DESCRIPCIÓN
Drenaje sanitario	Rediseño del sistema de alcantarillado, pues ya presenta problemas a causa de que sobrepasa su vida útil y el número de usuarios.
Ampliación de escuelas	En el casco urbano, el Instituto Nacional de Educación Básica presenta sobre población de alumnos por lo cual se ve necesaria la ampliación de nuevas aulas.
Disposición final de desechos sólidos	Debido al crecimiento poblacional, se están presentando pequeños basureros clandestinos en los alrededores del casco urbano
Tren de aseo	Para evitar la aparición de basureros clandestinos en los alrededores del casco urbano, se necesita un servicio de recolección de basura.
Alumbrado público	El crecimiento poblacional del casco urbano en sus alrededores, demanda la ampliación de alumbrado público.
Transporte	La población necesita que este sea un servicio regular.
Salón de usos múltiples	La población demanda la ampliación y remodelación del mismo.
Mejoramiento de calles	Algunas calles del casco urbano ya empiezan a mostrar deterioro.
Instalaciones deportivas y recreativas	El municipio necesita de dichas instalaciones para recreación de sus habitantes.
Remodelación de parque central	La población demanda una remodelación.

Fuente: elaboración propia.

Estas son las necesidades que se presentan en el área urbana, en el área rural son otras, las cuales ya están siendo atendidas por la municipalidad.

1.2.2. Análisis y priorización de necesidades

El análisis y priorización de necesidades, se realizó considerando los criterios que tanto autoridades municipales como COCODES expusieron, dando como resultado lo siguiente:

- Alcantarillado sanitario
- Ampliación del Instituto Nacional de Educación Básica
- Tren de aseo
- Disposición final de desechos sólidos
- Transporte
- Remodelación de parque central
- Mejoramiento de calles
- Ampliación y remodelación de salón de usos múltiples
- Alumbrado público
- Instalaciones deportivas y recreativas

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE USUMATLÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, red principal y ramales con una longitud total de 6 158,24 metros, con base a especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para un período de diseño de 30 años, este desfogará hacia una planta de tratamiento.

El sistema está integrado por 69 pozos de visita, de altura variable según sea la necesidad y la pendiente del terreno, la tubería es de PVC de 6, 8 y 10 pulgadas Norma ASTM D-3034, la cantidad de usuarios integrados al sistema, es de 2 530 actuales y 6 141 a futuro.

2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó para ubicar la red dentro de las calles, pozos de visita, y en general ubicar todos los puntos de importancia para el diseño del drenaje.

2.2.1. Planimetría

El equipo utilizando fue: teodolito Sokkia TM20H D10127, estadal de aluminio, brújula y plomadas metálicas, el levantamiento de planimetría se realizó por el método de conservación de azimut, con vuelta de campana.

2.2.2. Altimetría

Estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia. La nivelación se realizó considerando los criterios siguientes:

- En todos los cruces de calles.
- A distancias no mayores de 20 metros.
- De todos los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno.
- De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- De las alturas máximas y mínimas del agua en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecta efectuar la descarga.

El equipo que se utilizó fue un nivel de precisión Sokkia, estatal de aluminio de 4 metros y nivel de mano, el procesamiento de datos de este trabajo, se realizó en gabinete, con los datos de campo se calcularon las alturas (cotas) de cada punto.

2.3. Partes de un alcantarillado

Según la topografía del sector, para el diseño del sistema sanitario se realizó el cálculo hidráulico por el método de Manning para tuberías parcialmente llenas por gravedad, funcionando como canales.

2.3.1. Colector

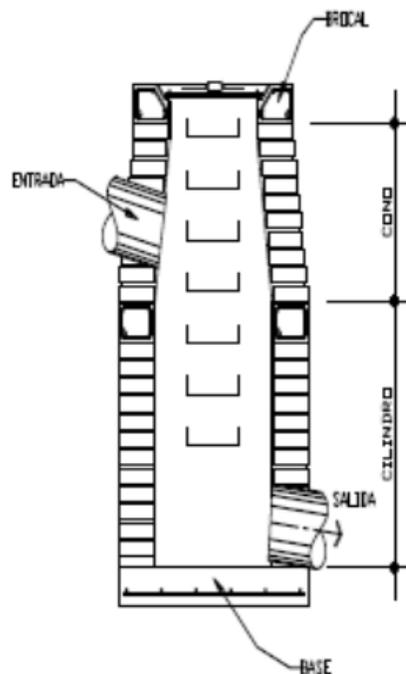
Es el medio por el cual se evacuan y transportan las aguas residuales y desechos generados por la población, lejos de donde se producen, al medio de

las calles, de manera que cada una de las viviendas de esa vía puedan conectarse para la evacuación apropiada de las aguas, este medio puede ser a través de tubería subterránea, éstas deben actuar hidráulicamente como canales abiertos.

2.3.2. Pozos de visita

Se utilizan para limpiar e inspeccionar el funcionamiento de la red, se construyen de ladrillo tayuyo con tapadera y brocal de concreto reforzado, para realizar la inspección o limpieza, los pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de acero generalmente de un diámetro de 5/8 de pulgada y estarán empotrados a las paredes del pozo.

Figura 3. Partes de un pozo de visita



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.3.3. Conexiones domiciliarias

La conexión domiciliar tiene la finalidad de llevar las aguas servidas desde la vivienda o edificio, hacia el colector principal. La conexión domiciliar consta de 2 partes, que son la caja o candela y la tubería secundaria.

Caja o candela, se utiliza para inspeccionar el funcionamiento del sistema y la limpieza del mismo, su función es recibir y enviar las aguas provenientes de la vivienda al colector general, a través de la tubería secundaria. Se utiliza tubería de concreto de 12 pulgadas, colocada verticalmente con tapadera de concreto reforzado.

Tubería secundaria, es la que conecta la candela con la red del colector general, con el propósito de evacuar las aguas provenientes de la vivienda. Se utiliza tubería pvc de 4 pulgadas, con una pendiente mínima de 2 por ciento.

Normalmente en el transcurso de la construcción del sistema de alcantarillado, se deja prevista una conexión en Y o T en cada edificación. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de cualquier objeto que pueda obstruir la tubería, aunque es recomendable unión en Y para que el flujo entre al sistema de una manera menos violenta. Sin embargo, las conexiones en T son más fáciles de instalar.

2.4. Período de diseño

El período de diseño es de 30 años, se adoptó este período de tiempo tomando en cuenta los recursos económicos con los que cuenta el municipio, la vida útil de los materiales, las Normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

Para seleccionar el período de diseño de una obra de ingeniería, deben tomarse en cuenta factores como la vida útil de las estructuras y el equipo competente, tomando en cuenta el desgaste, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planificadas, y la relación anticipada del crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes durante 30 años.

2.5. Población futura

Se utilizó una tasa de crecimiento poblacional del 3 por ciento, según el Centro de Salud del municipio de Usumatlán.

Para encontrar la cantidad de habitantes que utilizará el servicio en el período establecido, se utilizó el método de crecimiento geométrico.

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

$$Pf = 2\,530 * (1 + 0,03)^{30}$$

$$Pf = 6\,141 \text{ habitantes}$$

Donde:

Pf = población futura

Po = población actual

r = tasa de crecimiento

n = período de diseño

2.6. Determinación de caudales

El caudal sanitario está formado por las aguas servidas que provienen de: caudal domiciliar, caudal industrial, caudal comercial, caudal por conexiones ilícitas y caudal de infiltración. A continuación se describe el cálculo de cada uno de ellos.

2.6.1. Población tributaria

Es la población que aporta el caudal en cada tramo del colector principal, esta población se va acumulando. Es decir son parte de las personas con el proyecto.

2.6.2. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a la unidad consumidora. Para este proyecto se utilizó una dotación para aporte de aguas residuales de 200 litros por habitante al día según datos de la Municipalidad de Usumatlán.

2.6.3. Factor de retorno (F_R)

Se determina mediante la consideración de que, el 100 por ciento de agua potable que ingresa a un domicilio, entre el 20 por ciento y el 30 por ciento se utiliza en actividades, las cuales se consume, evapora o se desvía a otros puntos, distinta al 70 por ciento u 80 por ciento restante, que después de ser utilizada por las personas, es desfogada al sistema de alcantarillado. Por ello, a esté porcentaje que retorna se le denomina factor de retorno.

Se aplicará un factor de retorno del 80 por ciento.

2.6.4. Caudal sanitario

Es aquel que calcula las aguas residuales que emana una casa, comercio, industria, etcétera. El caudal que puede transportar el drenaje, está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad que puede llegar a tener el flujo dentro de la tubería. El principio fundamental para el diseño de alcantarillados, es: el drenaje funciona como un canal abierto, es decir que la tubería no funciona a presión.

2.6.5. Caudal domiciliar (Q_{dom})

Son los desechos provenientes de las residencias y provienen de distintos usos; como pueden ser lavado de utensilios de cocina, ropa, ducha, inodoros, etcétera. Los desechos provenientes de este tipo de usos, son los que reciben el nombre de caudal domiciliar, valor necesario para el diseño del alcantarillado sanitario, la cantidad de agua de desecho está relacionada directamente con la dotación, esta debe ser afectada por el factor de retorno. Este caudal se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dot} * \text{No. Hab} * \text{FR}}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

Dot = dotación (l/ha/d)

No. hab = número de habitantes por tramo

FR = factor de retorno

$$Q_{\text{dom}} = \frac{200 \text{ l ha/d} * 6\ 141 \text{ hab} * 0,80}{86\ 400} = 11,37 \text{ l/s}$$

2.6.6. Caudal industrial (Q_{ind})

Es el que proviene de industrias, tales como procesadoras de alimentos, fábricas de textiles, licoreras, etcétera. En este caso no se estima caudal industrial por no existir industrias en la cabecera municipal.

$$Q_{\text{ind}} = 0 \text{ l/s}$$

2.6.7. Caudal comercial (Q_{com})

El caudal comercial es el proveniente de comercios como comedores, restaurantes, hoteles, etcétera. Para el proyecto de la cabecera municipal, este caudal es nulo, ya que los comercios son pequeños y no cuentan con dotación especial, usan la misma del domicilio que alberga el comercio y que sirve de vivienda a sus propietarios.

$$Q_{\text{com}} = 0 \text{ l/s}$$

2.6.8. Caudal conexiones ilícitas (Q_{ci})

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. De acuerdo a las Normas del INFOM, este se puede calcular como el 10 por ciento mínimo del caudal domiciliar, se adoptará un 50 por ciento para este proyecto. Este caudal se expresa de la siguiente forma:

$$Q_{\text{ci}} = 50\% * Q_{\text{dom}}$$

Donde:

Q_{ci} = caudal de conexiones ilícitas (l/s)

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

$Q_{ci} = 0,5 * 11,37 \text{ l/s} = 5,69 \text{ l/s}$

2.6.9. Caudal por infiltración (Q_{inf})

Es considerado como la cantidad de agua que se infiltra o penetra a través de las paredes de la tubería; el cual depende de la profundidad del nivel freático, de la profundidad de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción.

Por ser el material a utilizar de pvc Norma ASTM D-3034, que no permite que se infiltre agua de ningún tipo, no se considera este caudal en el diseño.

$$Q_{inf} = 0 \text{ l/s}$$

2.6.10. Caudal medio (Q_{med})

Es la suma del caudal domiciliar, industrial, comercial, conexiones ilícitas, de infiltración.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{ci} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = 11,37 \text{ lts/seg} + 5,69 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 17,06 \text{ l/s}$$

2.6.11. Factor de caudal medio (F_{qm})

Es la suma del caudal domiciliario, industrial comercial, de conexiones ilícitas, infiltración dividido, entre el número de habitantes a servir por tramo. Dicho factor según INFOM debe encontrarse entre los rangos de 0,002 a 0,005. si el valor es menor al rango, se tomará 0,002 y si fuese mayor se tomara 0,005.

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

Donde:

F_{qm} = factor de caudal medio

Q_{med} = Caudal medio (l/s)

No. hab. = número de habitantes

$$F_{qm} = 17,06 \text{ l/s} / 6\ 141$$

$$F_{qm} = 0,0028$$

2.6.12. Factor de Harmond (FH)

Es un factor llamado también, de flujo instantáneo, que incrementa el caudal debido a la probabilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema simultáneamente en un tramo determinado, lo cual congestionaría el flujo del agua.

También es denominado factor instantáneo, ayuda a determinar el caudal máximo, que puede fluir por las tuberías.

Es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \overline{P/1\,000}}{4 + \overline{P/1\,000}}$$

Donde:

F.H.= factor de Harmond

P. = población acumulada del tramo (unidades de millar)

2.6.13. Caudal de diseño (q_{dis})

Es el que se considera a servir en cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a los datos obtenidos o investigados y aplicados en un período de diseño. 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.

$$q_{dis} = F_{qm} * FH * \text{No. de hab.}$$

Donde:

q_{dis} = caudal de diseño

F_{qm} = factor de caudal medio

FH = factor de Harmond

No. de hab. = número de habitantes

2.7. Fundamento hidráulicos

Para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, como principio fundamental es, que el medio de transporte funcione como

canal abierto, por gravedad y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material, y la pendiente del canal.

Para los sistemas de alcantarillados sanitarios, existen particularidades que se emplean, tales como los canales circulares cerrados; estando la superficie del agua afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones, provocadas por los gases de la materia en descomposición, que dichos caudales transportan.

2.7.1. Ecuación de Manning para flujo de canales

Se basa en condiciones de flujo constante, a pesar de que la mayoría de sistemas de drenaje, funcionan con caudales variables; también se diseña asumiendo que el flujo se conduce a través de canales abiertos, y si esta última condición no se cumple, se dice que la tubería trabaja bajo presión interna.

La ecuación de Manning para conductos circulares es:

$$V = 1/n * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

- V = velocidad (m/s)
- R_h = radio hidráulico
- S = pendiente del canal (m/m)
- N = coeficiente de rugosidad de Manning

Para este proyecto, se tomó $n=0,010$ por ser tubería de pvc conforme normas del INFOM.

2.7.2. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena. De los resultados obtenidos, se construyeron las tablas, utilizando la fórmula de Manning.

La utilización de las tablas, se realiza determinando primero la relación (q/Q). Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda, se ubica la relación (v/V), obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena, se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen, los demás valores de chequeo.

2.8. Parámetros de diseño hidráulico

Según la topografía del sector, para el diseño del sistema sanitario se realizó el cálculo hidráulico por el método de Manning para tuberías parcialmente llenas por gravedad, funcionando como canales.

2.8.1. Coeficiente de rugosidad

Éste depende del material de que esté hecha la tubería, es determinado por medio de pruebas hechas por los fabricantes, este factor describe que tan lisa o tan rugosa es la superficie interna de la tubería. Es proveído por el fabricante, a continuación se presenta una tabla con coeficientes de rugosidad de los materiales más utilizados en el medio.

Tabla II. **Coefficiente de rugosidad**

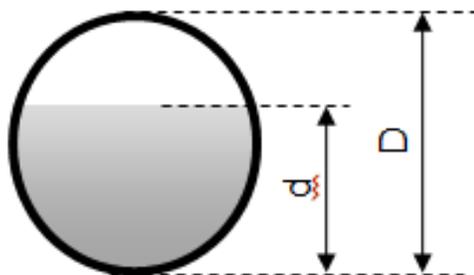
MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “n”
Superficie de mortero de cemento	0,011 – 0,013
Mampostería	0,017 – 0,030
Tubo de concreto Ø < 24”	0,011 – 0,016
Tubo de concreto Ø > 24”	0,013 – 0,018
Tubo de asbesto cemento	0,009 – 0,011
Tubería de pvc	0,006 – 0,011
Tubería HG	0,013 – 0,015

Fuente: elaboración propia.

2.8.2. **Sección llena y parcialmente llena**

El principio fundamental de diseño de alcantarillados sanitarios, es que debe funcionar como canal abierto, por lo que el caudal de diseño nunca debe ser mayor que el caudal de sección llena. La relación se debe encontrar en el siguiente rango: $0,10 \leq d/D \leq 0,75$.

Figura 4. **Sección parcialmente llena**



Fuente: elaboración propia.

2.8.3. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo se determina con factores como el diámetro, la pendiente del terreno y el tipo de tubería que se utilizará. Se define por la fórmula de Manning y por las relaciones hidráulicas de v/V , donde v es la velocidad a sección parcialmente llena y V es la velocidad a sección llena.

Según las Normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, las velocidades deben ser mayores de 0,60 metros por segundo para evitar sedimentación dentro de la tubería y taponamiento; y máximo de 2,5 metros por segundo para evitar erosión por fricción de la tubería, los fabricantes sugieren valores entre 0,40 y 4,00 metros por segundo, para tuberías de pvc.

Para el cálculo de la velocidad, se emplea la fórmula de Manning. Pero haciendo algunos arreglos algebraicos y para minimizar trabajo, se creó la fórmula siguiente en sistema internacional, la cual se aplica en este diseño:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- V = velocidad a sección llena (m/s)
- D = diámetro de la sección circular (pulgadas)
- S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)
- n = coeficiente de rugosidad de Manning (0,010 para tubos de pvc)

2.8.4. Diámetro del colector

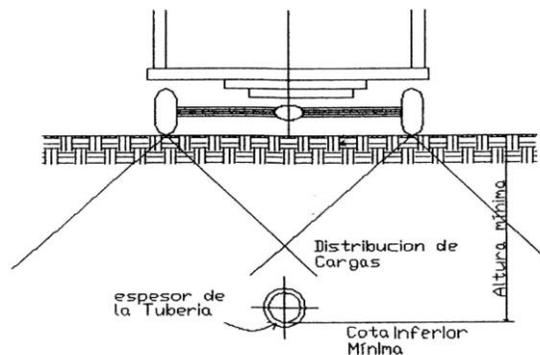
Las Normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8 pulgadas en el caso de tubería de concreto y de 6 pulgadas para tubería de pvc, esto si el sistema de drenaje es sanitario.

Para las conexiones domiciliarias, se puede utilizar un diámetro de 6 pulgadas para tubería de concreto y 4 pulgadas para tubería de pvc, formando un ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal.

2.8.5. Profundidad del colector

La profundidad del colector principal, debe evitar rupturas por el tránsito que circulará sobre el mismo, que permita el 100 por ciento de conexiones domiciliarias, que ofrezca protección de climas extremos y que no ofrezca dificultades constructivas.

Figura 5. Profundidad del colector



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.8.6. Profundidad mínima del colector

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma, en cualquier punto, será determinada con la presente tabla tabulada, con valores de la profundidad mínima para distintos diámetros de tubería de concreto y pvc.

Tabla III. Profundidad mínima del colector

Ø (plg)	6-8	10	12	16	18	20	24	30	36	42	48	60
Tránsito Normal o liviano	1,22	1,28	1,33	1,41	1,50	1,58	1,66	1,84	1,99	2,14	2,25	2,55
Tránsito pesado	1,40	1,48	1,53	1,51	1,70	1,78	1,86	2,04	2,19	2,34	2,45	2,75

Fuente: elaboración propia.

La profundidad mínima para tubería de pvc en cualquier condición de tránsito, es de 1,40 metros.

2.8.7. Ancho de zanja

El ancho de la zanja puede cambiar dependiendo el diámetro de la tubería y la profundidad a la que se debe colocar la misma, debe tener una relación a mayor diámetro, mayor ancho de zanja y a mayor profundidad también mayor ancho de zanja.

En el momento de realizarse la excavación, se debe procurar mantener el ancho de la zanja. Las paredes de la zanja deben quedar a plomo, la tierra debe

de alejarse 0,75 metros de la orilla. Por seguridad debe dejarse tranquilas a cada 5 metros, para evitar derrumbes.

A continuación se presenta una tabla con anchos de zanja recomendables para distintos diámetros de tubería y profundidades de excavación.

Tabla IV. **Ancho de zanja**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanjas		
	Para profundidades hasta 2 mts.	Para profundidades hasta 2 mts.	Para profundidades hasta 2 mts.
4	0,50	0,60	0,70
6	0,55	0,65	0,75
8	0,60	0,70	0,80
10	0,70	0,80	0,80
12	0,80	0,80	0,80
15	0,90	0,90	0,90
18	1,00	1,00	1,10
24	1,10	1,10	1,35

Fuente: elaboración propia.

2.8.8. Volumen de excavación

El volumen de suelo a remover, para colocar la tubería, se calcula a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, que a la vez depende del diámetro de la tubería que se va a instalar y la longitud entre pozos. Se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Vol} = \frac{H1 + H2}{2} * d * AZ$$

Donde:

- Vol = volumen de excavación (m³)
- H1 = altura del primer pozo de visita (m)
- H2 = altura del segundo pozo de visita (m)
- d = distancia entre pozos (m)
- AZ = ancho de zanja (m)

2.8.9. Cotas Invert

Es la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota Invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería, la cual para tubería pvc es de 1,40 metros de profundidad.

Se debe tomar en cuenta para el cálculo de cotas Invert, que la cota Invert de salida de un pozo se coloca:

- Cuando llega una tubería y sale otra del mismo diámetro; la cota Invert de salida es por lo menos 3 centímetros debajo de la cota Invert de entrada.
- Cuando a un pozo entra una tubería y sale otra de diferente diámetro; la cota Invert de salida debe estar como mínimo, la diferencia de diámetros por debajo de la cota Invert de entrada.

- Cuando a un pozo entra más de una tubería y sale una tubería y todas tienen el mismo diámetro; la cota Invert de salida debe estar a 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada más baja.
- Cuando a un pozo llegan 2 o más tuberías y sale una, y son de distinto diámetro; la cota Invert de salida puede ser:
 - Mínimo 3 centímetros con respecto a la tubería que son del mismo diámetro.
 - La diferencia de los diámetros, para las tuberías de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo llega más de una tubería y sale también más de una tubería; la cota Invert puede ser:
 - Solo una tubería que sale, es de seguimiento o de continuidad del flujo, las demás son ramales iniciales.
 - La cota Invert de salida de las tuberías iniciales, debe ser como mínimo $H_{mín}$; que depende del tránsito que va a pasar sobre la tubería.
 - La cota Invert de salida del ramal de seguimiento, se calculará según las especificaciones anteriores.

La fórmula para cotas Invert es:

$$CIS = CT - H_{mín}$$

$$CIE = CIS - \frac{S * D}{100}$$

Donde:

- CIS = cota Invert de salida
- CIE = cota Invert de entrada
- CT = cota del terreno
- S = pendiente de la tubería expresada en porcentaje
- D = distancia entre pozos
- Hmín = altura mínima de la tubería

2.8.10. Ubicación de los pozos de visita

Según las normas del INFOM, se deben diseñar pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- Al inicio de cualquier ramal.
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- Donde exista cambios de diámetro.
- Donde exista cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24 pulgadas.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24 pulgadas.
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

2.8.11. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de los pozos, está definida por la cota Invert de salida, y se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{HPV} = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota Invert de salida del tramo} - 0,15 \text{ de base}$$

Se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Cuando a un pozo de visita llega más de una tubería y sale más de una tubería:
 - Una tubería es de continuidad.
 - La cota Invert de las tuberías de ramales iniciales, debe ser como mínimo la que considere la Hmín.
 - La cota Invert de salida del ramal de seguimiento, se calcula de acuerdo a los incisos anteriores.

- Cuando a un pozo de visita, llegan 2 o más tuberías y sale 1 y son de distinto diámetro:
 - 3 centímetros por debajo de las tuberías que son del mismo diámetro.
 - La diferencia de diámetros con las tuberías de diferente diámetro.
 - Se toma la que de mayor profundidad.

- Cuando a un pozo de visita llega una tubería y sale otra de igual diámetro, la cota Invert como mínimo va a estar 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada.

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra tubería de distinto diámetro, la cota Invert va a ser, como mínimo, la diferencia entre ambos diámetros, por debajo de la cota Invert de entrada.
- Cuando a un pozo de visita entra más de una tubería y sale una tubería todas de igual diámetro, la cota Invert va a ser como mínimo, 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada más profunda.

2.8.12. Características de las conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar, es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda a una alcantarilla común. La conexión domiciliar se hace por medio de la candela, en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal: la tubería entre la candela y el colector principal, debe tener un diámetro mínimo de 4 pulgadas en tubería pvc o 6 pulgadas para tubería de concreto, y debe colocarse con una pendiente mínima del 2 por ciento.

Para este caso, las conexiones domiciliarias tendrán:

- Candela será con tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro
- Colector secundario con tubería pvc, de 4 pulgadas de diámetro.

2.8.13. Diseño hidráulico

El proyecto beneficiará al 100 por ciento de la población actual de la cabecera municipal, y se realizó de acuerdo a las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se utilizaron los siguientes parámetros:

Tipo de sistema	alcantarillado sanitario
Período de diseño	30 años
Población actual	2 530 habitantes
Población futura	6 141 habitantes
Tasa de crecimiento	3.00%
Tipo de tubería	pvc, Norma ASTM D-3034
Conexión domiciliar	Φ4", pendiente mínima 2%
Dotación de agua	200 l/hab/dia
Factor de retorno	80%
Densidad de habitantes/vivienda	5 hab/vivienda
Relación de velocidad	0,60 m/s ≤ v ≤ 2,5 m/s
Relación de tirantes	0,10% ≤ d/D ≤ 0,75 %
Facto de caudal medio	0,002 a 0,005
Coefficiente de rugosidad n para pvc	0,010
Altura mínima de pozo (tráfico pesado)	1,40 m

- Diseño de pv-2 a pv-3

Pendiente del terreno

$$P = \frac{CT \text{ inicial} - CT \text{ final}}{\text{Distancia}} * 100$$

$$P = \frac{100,14 - 100,02}{58,69} * 100 = 0,20 \%$$

Número de habitantes en el tramo

Actuales $9 (5) = 45$ habitantes

Acumulados $9 + 9 = 18 (5) = 90$ habitantes

Número de habitantes a servir

Actuales $18 * (5) = 90$ habitantes

Futuros $P_f = 90 * (1 + 0,030)^{30} = 218$ habitantes

Factor de Harmnond

Actual

$$FH = \frac{18 + \frac{90/1\ 000}{4}}{4 + \frac{90/1\ 000}{4}} = 4,26$$

Futuro

$$FH = \frac{18 + \frac{218/1\ 000}{4}}{4 + \frac{218/1\ 000}{4}} = 4,13$$

Caudal de diseño

Actual $q_{dis} = 4,26 * 0,0028 * 90 = 1,07$ l/s

Futuro $q_{dis} = 4,13 * 0,0028 * 218 = 2,53$ l/s

$\emptyset = 6''$

$S = 1,6 \%$

$$V = \frac{0,03429 * 6^{2/3} * 0,016^{1/2}}{0,01} = 1,43 \text{ m/s}$$

$$A = 5,067 \times 10^{-4} * 6^2 = 0,0182$$

$$Q = V * A = 1,43 * 0,0182 = 26,12$$

Chequeo

$$q/Q_{\text{actual}} = 0,04$$

$$v/V_{\text{actual}} = 0,493076 \quad v = 1,43 * 0,493076 = 0,71 \text{ m/s}$$

$$d/D_{\text{actual}} = 0,139$$

$$q/Q_{\text{futuro}} = 0,09$$

$$v/V_{\text{futuro}} = 0,634871 \quad v = 1,43 * 0,634871 = 0,91 \text{ m/s}$$

$$d/D_{\text{futuro}} = 0,211$$

Cotas invert

$$CIS = CIE - 0,03$$

$$CIS = 98,67 - 0,03 = 98,64$$

$$CIE = CIS - \frac{S * DH}{100}$$

$$CIE = 98,64 - \frac{1,6 * 58,69}{100} = 97,70$$

Altura de pozo inicial

$$CT - CIS = 100,14 - 98,64 = 1,5 \text{ m}$$

Altura de pozo final

$$CT - CIE = 100,02 - 97,70 = 2,32 \text{ m}$$

2.9. Desfogue

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), establece que todo sistema de alcantarillado sanitario, debe poseer un tratamiento antes de la descarga final. Por tal razón es necesario ubicar en un lugar idóneo las aguas tratadas, para lograr mitigar los daños a la naturaleza.

Para este sistema de alcantarillado sanitario, se desfogueará hacia la planta de tratamiento de la cabecera municipal

2.10. Ubicación

De acuerdo con la topografía del área, seleccionar la parte más baja, para que el sistema trabaje por gravedad, a un punto específico, donde se encuentre la descarga.

2.11. Administración, operación y mantenimiento

Consiste en la aplicación de técnicas para mantener el alcantarillado en buenas condiciones, y garantizar el funcionamiento Normal del sistema para el período de diseño al que fue planificado. La responsabilidad del mantenimiento y operación del sistema, será compartida entre la Municipalidad de Usumatlán. El tiempo recomendado para inspeccionar el funcionamiento del sistema debe ser en espacios no mayores a los 3 meses.

A continuación se describen; la inspección y mantenimiento de los elementos del alcantarillado.

- Conexión domiciliar
 - Tapadera de la candela está en mal estado
 - Tubería parcialmente tapada
 - Tubería totalmente tapada
 - Conexiones de agua de lluvia en la tubería

- Línea central
 - Tubería parcialmente tapada
 - Tubería totalmente tapada

- Pozos de visita
 - Acumulación de residuos y lodos
 - Deterioro del pozo
 - Tapadera del pozo en mal estado

2.12. Elaboración de planos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son representaciones gráficas que detallan todas las partes y trabajos a realizar en el proyecto, y que sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes trabajos del mismo. Los planos elaborados son: planta general, planta perfil, detalles de pozos de visita y detalles de conexiones domiciliarias.

Para este proyecto se elaboró un total de 17 planos, los cuales se encuentran en el anexo.

2.13. Elaboración de presupuesto

Es una herramienta de planificación, coordinación y control de funciones, que presenta en términos cuantitativos las actividades a realizar en el proceso constructivo, con el fin de dar el uso más productivo a sus recursos.

Este fue elaborado con base en precios unitarios, aplicando un 35 por ciento de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión, utilidades e imprevistos. Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en los centros de distribución de la región más cercanos y la mano de obra tanto calificada como no calificada, se aplicó la que se asigna para casos similares en la región.

Tabla V. **Presupuesto del alcantarillado sanitario**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EPS INGENIERÍA CIVIL
 EPESISTA: JUAN MANUEL RODRÍGUEZ FLORES
 MUNICIPALIDAD DE USUMATLÁN, ZACAPA
 PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO



RESUMEN DE PRESUPUESTO

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE	COSTO	TOTAL
1	Replanteo topográfico	6,16	km	Q1 620,00	Q9 979,20
2	Excavación	15 462	m ³	Q118,73	Q1 835 803,26
3	Relleno	13 842	m ³	Q39,89	Q552 157,38
4	Tubo de 6" Norma ASTM-3034	4 986	ml	Q180,79	Q901 418,94
5	Tubo de 8" Norma ASTM-3034	468	ml	Q274,83	Q128 620,44
6	Tubo de 10" Norma ASTM-3034	486	ml	Q424,52	Q206 316,72
7	Pozo de visita de 1,40 - 2,00 m	22	Unidad	Q6 647,71	Q146 249,62
8	Pozo de visita de 2,01 - 2,50 m	9	Unidad	Q8 115,92	Q73 043,28
9	Pozo de visita de 2,51 - 3,00 m	4	Unidad	Q10 384,77	Q41 539,08
10	Pozo de visita de 3,01 - 3,50 m	4	Unidad	Q12 054,74	Q48 218,96
11	Pozo de visita de 3,51 - 4,00 m	8	Unidad	Q13 634,57	Q109 076,56
12	Pozo de visita de 4,01 - 4,50 m	8	Unidad	Q14 931,05	Q119 448,40
13	Pozo de visita de 4,51 - 5,00 m	3	Unidad	Q16 401,41	Q49 204,23
14	Pozo de visita de 5,01 - 5,50 m	3	Unidad	Q17 884,64	Q53 653,92
15	Pozo de visita de 5,51 - 6,00 m	2	Unidad	Q19 277,72	Q38 555,44
16	Pozo de visita de 6,01 - 6,50 m	2	Unidad	Q20 670,80	Q41 341,60
17	Pozo de visita de 6,51 - 7,00 m	3	Unidad	Q22 161,55	Q66 484,65
18	Pozo de visita de 7,01 - 7,50 m	1	Unidad	Q23 704,88	Q23 704,88
19	Conexiones domiciliars	506	Unidad	Q1 050,98	Q531 795,88
20	Limpieza final	1 620	m ³	Q54,00	Q87 480,00
COSTO TOTAL					Q5 064 092,44

Fuente: elaboración propia.

2.14. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Impacto ambiental se define como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes producido por los efectos de la acción humana.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es el análisis de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales, que estos están en condiciones de proporcionar.

- Impacto negativo en la ejecución

En el momento de la ejecución del proyecto a desarrollar, se verán repercusiones por efectos negativos en contra del medio ambiente, dentro de los que se pueden citar:

- La degradación de la calidad del agua superficial, debido a erosión durante la construcción o a la descarga excesiva de contaminantes.
- La alteración de las características de las aguas subterráneas, debido a la construcción.
- El aumento en la generación de concentraciones de contaminantes visuales y ruidos en el ambiente.
- Durante la ejecución se tendrá polvo en el ambiente.
- El tránsito vehicular se verá obstruido temporalmente.
- Los ruidos producidos en la construcción.

- Impacto positivo en la ejecución

Dentro de los impactos positivos de mayor relevancia en la ejecución del proyecto se tienen:

- El reacomodamiento del terreno en el camino, bajo el cual se encontrará la tubería del drenaje sanitario.
- El tratamiento de focos de contaminación, mediante la eliminación sustancial de aguas superficiales y estancamientos producidos; que a su vez provocan criaderos de zancudos y enfermedades de tipo gastrointestinal.
- La actividad no afectará a ningún recurso natural, cultural o arqueológico por su ubicación.
- No se produce ningún cambio de uso del suelo, pues el uso sigue siendo el mismo que se tenía anteriormente.

2.15. Evaluación socio económica

Es indispensable realizar un análisis financiero para poder determinar la viabilidad del proyecto a construir. Para esto se utilizaran los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno.

2.15.1. Valor Presente Neto (VPN)

Se utiliza para evaluar alternativas mutuamente excluyentes, consiste en trasladar todo el flujo de efectivo a un presente y evaluar si se recupera la inversión o no, desde el punto de vista rentable.

$$VPN = VP_{\text{beneficios}} - VP_{\text{costos}}$$

Para la anterior fórmula, se tienen 3 resultados posibles:

- Cuando es mayor que cero $VPN > 0$, se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad además de una ganancia que es igual al valor presente.
- Cuando es igual a cero $VPN = 0$, se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada.
- Cuando es menor que cero $VPN < 0$, se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Debido a que el proyecto es de carácter social y es un beneficio para la comunidad, no se contempla algún tipo de utilidad, los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

2.15.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se conoce como tasa de rendimientos y es el interés donde la persona que va a invertir, tiene un equilibrio entre el flujo de ingresos y egresos.

En este caso, el proyecto no es de utilidad económica, ya que es de función social, por lo que no se puede calcular mediante ninguna fórmula.

3. DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA

3.1. Diseño del edificio escolar de dos niveles

El proyecto consiste en diseñar un edificio escolar de 2 niveles, que servirá para albergar a los alumnos del Instituto Nacional de Educación Básica, de la cabecera municipal.

3.1.1. Descripción del proyecto

Contará en el primer nivel con 2 aulas con capacidad para 30 alumnos cada una, en el segundo nivel tendrá 2 aulas con la misma capacidad, pasillo y un módulo de gradas independiente de la estructura. El edificio no contará con servicio sanitario, dado a que el complejo educativo cuenta con ellos. Esta estructura de 2 niveles, vendrá a ampliar las instalaciones del centro educativo.

La estructura del edificio se hará por medio del sistema de marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos y losa tradicional de concreto reforzado, tomando en cuenta el código ACI-318 y las Normas AGIES, los muros de división serán de mampostería de block pómez. La fachada y los acabados seguirán un estilo tradicional de la región.

3.1.2. Descripción del área disponible

El área disponible es de 200 metros cuadrados, la construcción del edificio abarcará un total de 149,9 metros cuadrados, considerando el resto de ésta como área de recreación.

Dada la topografía en el terreno para el edificio, no será necesario hacer ningún tipo de relleno o excavación, puesto que el terreno es plano y adecuado para una edificación, como la que se ha diseñado.

3.1.3. Evaluación de calidad de suelos

Es necesario conocer las características del suelo, para establecer las dimensiones de los cimientos en función del valor soporte, para asegurar que el diseño de la estructura estará bien sustentado sobre sus cimientos.

3.1.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

El ensayo de compresión triaxial, fue realizado en el CII, ver anexo. Los resultados son los siguientes:

Descripción del suelo = limo color café

Ángulo de fricción interna = $22,38^\circ$

Cohesión = $2,55 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$

Peso específico del suelo = $1,42 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$

Desplante = 1,25 m

- Esfuerzo límite

Se determinó por medio de la fórmula del Dr. Karl Terzaghi, siendo esta:

$$q_d = 1,3 * c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,4 * \gamma * B * N'_w$$

Donde:

c' = coeficiente de cohesión del suelo

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ = peso específico del suelo

Z = desplante de cimentación

N'_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

B = base de zapata

N'_w = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Los valores de factores de capacidad, se obtuvieron de la gráfica de curvas de trazo continuo (ver anexo), siendo estos:

$$N'_c = 13,00$$

$$N'_q = 5,00$$

$$N'_w = 1,50$$

Determinando el esfuerzo límite:

$$q_d = 1,3 * c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,4 * \gamma * B * N'_w$$

$$q_d = 1,3 * 2,55 * 13,00 + 1,42 * 1,25 * 5,00 + 0,4 * 1,42 * 1,50 * 1,50$$

$$q_d = 53,25 \text{ ton/m}^2$$

- Valor soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

Donde:

q_d = esfuerzo límite

F.S. = factor de seguridad

Según el Dr. Karl Terzaghi, el mínimo para el factor de seguridad debe ser un valor de 3.

Determinando valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

$$V_s = \frac{53,25}{3}$$

$$V_s = 17,75 \text{ ton/m}^2$$

3.1.4. Normas para diseño de edificios

Se aplicaran los criterios de arquitectura e ingeniería para la distribución de ambientes, forma y función, combinados con normas contenidas en los códigos ACI, AGIES y SEAOC.

También el reglamento que norma la construcción de edificios para educación, del Ministerio de Educación, se aplicó todo lo concerniente a los requisitos que debe cumplir la edificación.

3.1.4.1. Criterios generales

Se tomaran en cuenta las necesidades actuales y futuras que requiere la estructura, ubicación dentro del terreno, iluminación, orientación, relación de ambientes, forma de la estructura, altura del edificio, acabados, altura de ventanas, etcétera.

3.1.4.2. Criterios de conjunto

Para el conjunto arquitectónico, hay que considerar los requisitos que debe cumplir el edificio escolar, para atender a las necesidades de los alumnos, que se espera atender, para este caso se tomaron los criterios de los otros edificios existentes en el complejo educativo.

Se utilizó un sistema de marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos, losa tradicional de concreto reforzado, muros de mampostería reforzada de block pómez.

3.1.4.3. Criterios de iluminación

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

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor la iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.

- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado una mejor iluminación.

Por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial. La iluminación natural; por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos 4 tipos de iluminación, aceptados para los edificios de oficinas, se describen a continuación:

- Iluminación natural unilateral: este caso se da cuando sólo un lado del ambiente tiene ventanas, deben tener un área de 25 a 30 por ciento del área total de pisos; el techo y el muro opuesto a la ventana deben ser claros, y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2,5 veces la altura del muro de ventana.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales al ambiente, las que deben tener un área de iluminación entre 25 por ciento y 30 por ciento del área total de piso.
- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del ambiente, para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 por ciento al 20 por ciento del área total de piso.
- Iluminación artificial: este caso se acepta únicamente cuando sea muy justificado, debe ser difuso, para evitar molestias en la vista, también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.

La iluminación del edificio, es natural bilateral, y artificial a base de lámparas fluorescentes.

3.1.4.4. Otros criterios

Otros criterios muy importantes que se deben considerar, son los siguientes:

- **Criterios de color**
Los colores neutrales, como el blanco, gris, el beige, y el amarillo claro, envían un mensaje de calma y paz al cerebro. Los colores claros hacen que el ambiente parezca más espacioso y cómodo, además influye en el estado de ánimo.
- **Criterios de ventilación**
La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de las actividades educativas.
- **Criterios de orientación**
El proyecto en su eje longitudinal, está orientado de este a oeste.
- **Confort acústico**
Es importante que en un edificio educativo, exista confort acústico, ya que incide en el estado anímico y el grado de concentración de las personas que lo habitan. Para el confort acústico, es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

3.1.5. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico, consiste en darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace

para tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo se deben tomar en cuenta los diferentes criterios, tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

3.1.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio fue ubicado en el complejo educativo, se ubicó en el mismo sentido de los otros edificios; este oeste, para no interferir con las áreas de recreación ya establecidas.

3.1.5.2. Distribución de ambientes

Se distribuyen 2 salones de clases para el segundo nivel, y 2 salones para el primer nivel. Se tomó en cuenta los requerimientos de ambiente y necesidades planteadas por los usuarios, el área del terreno disponible, iluminación, ventilación en cada ambiente y los recursos financieros.

3.1.5.3. Alturas del edificio

El edificio es de 2 niveles, cada nivel tendrá 3 metros de piso a cielo, la altura total será de 6 metros.

3.1.6. Selección del sistema a utilizar

El sistema propuesto de la estructura, es el descrito a continuación:

- Marcos dúctiles con nudos rígidos.
- Muros divisorios de mampostería de block (tabiques).

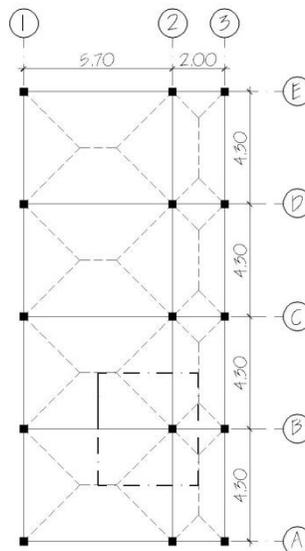
- Losas planas de concreto reforzado.

El peso de la estructura será distribuida al suelo por medio de zapatas aisladas; los muros serán solo para divisiones, por lo que no soportaran cargas y trabajarán independientemente de la estructura, pero también estarán confinados por medio de soleras y columnas, y estarán sustentados por medio de cimiento corrido. Hay que tomar en cuenta que es una construcción permanente, con respecto al tiempo de vida útil que va de 30 a 40 años.

3.1.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

A continuación, se presenta una planta del edificio, que muestra las dimensiones a ejes y las áreas tributarias para los marcos críticos, así también como para la columna crítica.

Figura 6. Áreas tributarias, planta típica



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Predimensionamiento de losa.

Se predimensiona la losa de mayor área. El criterio aplicado, es del perímetro de losa dividido 180.

$$t = \frac{(4,3 * 2 + 5,7 * 2)}{180} = 0,11 \approx 0,12 \text{ m}$$

Se propone losa tradicional con espesor de 12 centímetros para losa de entrepiso, y un espesor de 12 centímetros para losa final.

Predimensionamiento de viga

Un criterio para el predimensionamiento de la viga, es que por cada metro lineal libre de luz, aumentar 8 centímetros de peralte y la base será $\frac{1}{2}$ del peralte.

El ACI 318/99 en el capítulo 9, tabla 9.5(a), ver tabla I, muestra diferentes situaciones para predimensionamiento. Por ser nudos rígidos, tomando un caso crítico, se tomó cuando una viga tiene un extremo continuo.

Solo se calculó la viga crítica, o sea la de mayor longitud para ambos sentidos del edificio, las restantes quedarán con la misma sección.

Tabla VI. **Tabla 9.5(a) altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas código ACI – 318/99**

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: elaboración propia.

Longitud de viga = 5,7 m

$$h_{\text{viga}} = 8\% * \text{Longitud de viga}$$

$$h_{\text{viga}} = 0,08 * 5,7 \text{ m} = 0,46 \text{ m}$$

$$h_{\text{viga}} = \frac{L}{18,5} = \frac{5,7}{18,5} = 0,31 \text{ m}$$

$$h_{\text{promedio}} = \frac{0,31 + 0,46}{2} = 0,385 \text{ m} \quad 0,39 \text{ m}$$

$$b = \frac{h_{\text{promedio}}}{2} = \frac{0,39}{2} = 0,20 \text{ m}$$

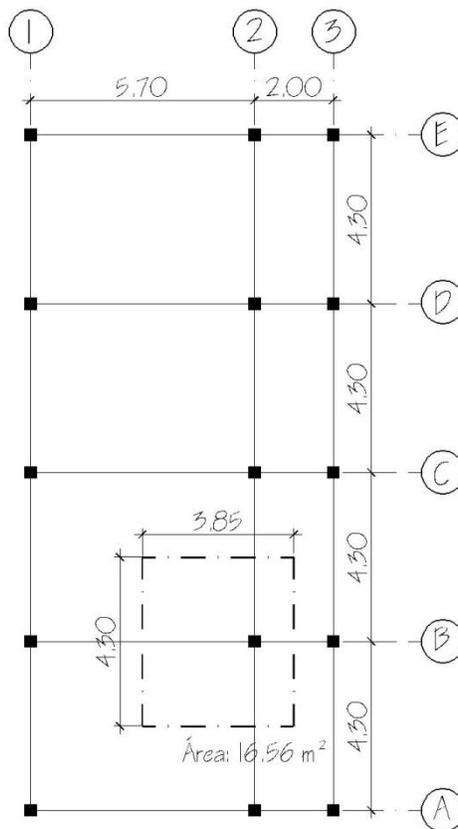
Se propone una sección de viga de 25 cm x 40 cm.

Predimensionamiento de columna

Se aplica lo que establece el código ACI-318-99, capítulo 10. Sustituyendo valores en la ecuación de carga puntual, se obtiene el área gruesa de la columna.

Para guardar simetría en las dimensiones de las columnas, se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga, las dimensiones obtenidas se aplican a todas las columnas.

Figura 7. **Área tributaria columna crítica**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Área tributaria = 16,56 m²

Peso específico del concreto = 2 400 kg/m³

Conociendo estos datos, se obtiene la carga puntal

$$P = \text{PesoEsp.} \cdot A_t = 2\,400 \text{ kg/m}^2 \cdot 16,56 \text{ m}^2 = 39\,744 \text{ kg}$$

Este valor se multiplica por 2 niveles

$$P = 39\,744 \text{ kg} \cdot 2 = 79\,488 \text{ kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntal, se obtiene el área gruesa de la columna.

$$P = 0,80 \left[0,85 \cdot f'_c \cdot A_g + f_y \cdot A_s \right]; \text{ donde : } A_s = \rho \cdot A_g$$
$$A_g = \left[\frac{P}{0,80 \left[0,85 \cdot f'_c \cdot \rho + f_y \cdot \rho \right]} \right]$$

Se usará concreto de $f'_c = 3\,000 \text{ psi} = 210 \text{ kilogramos por centímetro cuadrado}$ y varillas de acero $f_y = 40\,000 \text{ psi} = 2\,810 \text{ kilogramos por centímetro cuadrado}$, y un valor de $\rho =$ cuantía de acero = 1%.

$$A_g = \frac{79\,488}{0,80 \left[0,85 \cdot 210 \cdot (1 \cdot 0,01) + 2\,810 \cdot 0,01 \right]}$$
$$A_g = 485,12 \text{ cm}^2$$

Se propone una sección de 30 cm x 30 cm = 900 centímetros cuadrados > 485,12 centímetros cuadrados pues es la sección mínima para edificios de 2 niveles, según el ACI.

3.1.6.2. Cargas de diseño

Existen varios tipos de cargas a las que son sometidas las estructuras, por lo cual se utilizan distintos métodos para su clasificación.

Las cargas que actúan sobre la estructura, dependiendo de la dirección de aplicación, son las siguientes:

- Cargas verticales
- Cargas horizontales

3.1.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Ante cargas verticales, la restricción al giro de los extremos de las vigas, impuestas por su continuidad con las columnas, hace relativamente rígido el sistema. A continuación se mencionan las cargas actuantes.

- Cargas vivas

Son las cargas de ocupación y equipos móviles. Pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación. La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

- Cargas muertas

Son las cargas permanentes, debidas al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura.

La mayor parte de la carga muerta, es el peso propio de la estructura. Se calculan con buena aproximación, de acuerdo a la conformación de la misma y de los materiales.

Cargas vivas utilizadas (CV)

En techo = 100 kg/m^2

En aulas = 300 kg/m^2

Cargas muertas utilizadas (CM)

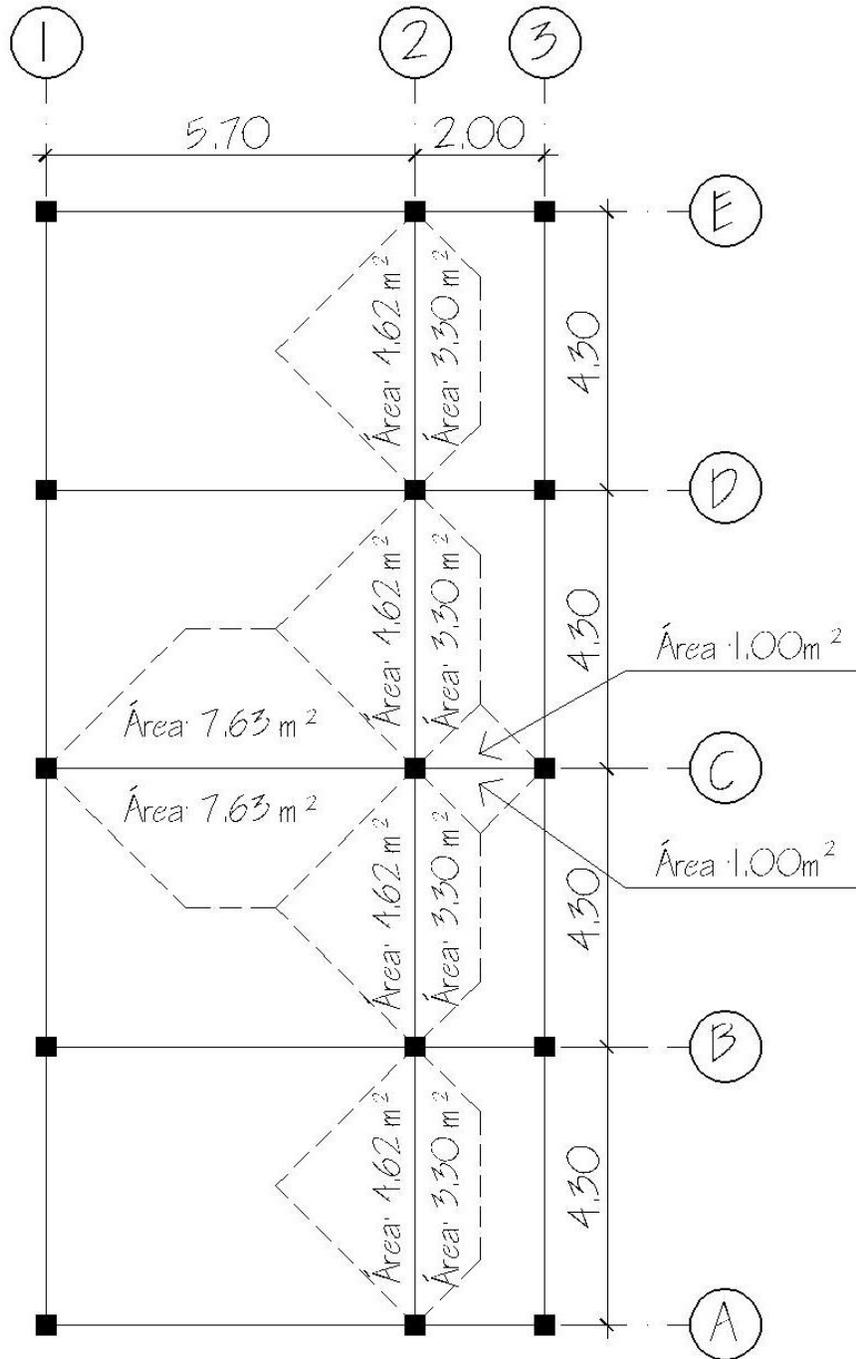
Concreto = $2\,400 \text{ kg/m}^3$

Muro = 150 kg/m^2

Sobre carga primer nivel₁ = 120 kg/m^2

Sobre carga segundo nivel₂ = 100 kg/m^2

Figura 8. Área tributaria viga crítica



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

- Eje C, viga 1-2

Nivel 2

$$CM=W_{losa} + W_{viga} + W_{sc}$$

$$W_{losa}=(15,26*0,12*2\ 400)/5,7= 771,03\text{ kg/m}$$

$$W_{viga}=(0,25*0,40*2\ 400)= 240,00\text{ kg/m}$$

$$W_{sc}=(100*15,26)/5,7= \underline{267,72\text{ kg/m}}$$

$$CM\ TOTAL = 1\ 278,75\text{ kg/m}$$

$$CV=W_{techo}$$

$$W_{techo}=(100*15,26)/5,7= 267,72\text{ kg/m}$$

$$CV\ TOTAL = 267,72\text{ kg/m}$$

Nivel 1

$$CM=W_{losa}+W_{viga}+W_{muro}+W_{sc}$$

$$W_{losa}=(15,26*0,12*2\ 400)/5,7= 771,03\text{ kg/m}$$

$$W_{viga}=(0,25*0,40*2\ 400)= 240,00\text{ kg/m}$$

$$W_{muro}=(150*15,26)/5,7= 401,58\text{ kg/m}$$

$$W_{sc}=(120*15,26)/5,7= \underline{321,26\text{ kg/m}}$$

$$CM\ TOTAL=1\ 733,87\text{ kg/m}$$

$$CV=W_{aulas}$$

$$W_{aulas}=(300*15,26)/5,7= 803,16\text{ kg/m}$$

$$CV\ TOTAL= 803,16\text{ kg/m}$$

- Eje C, Viga 2-3

Nivel 2

$$CM=W_{losa}+W_{viga}+W_{sc}$$

$$W_{losa}=(2*0,12*2\ 400)/2= 288,00\text{ kg/m}$$

$$W_{viga}=(0,25*0,40*2\ 400)= 240,00\text{ kg/m}$$

$$W_{sc}=(100*2)/2=$$

$$\underline{100,00 \text{ kg/m}}$$

$$\text{CM TOTAL}= 628,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV}=W_{\text{techo}}$$

$$W_{\text{techo}}=(100*2)/2=$$

$$100,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV TOTAL}= 100,00 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

$$\text{CM}=W_{\text{losa}}+W_{\text{viga}}+W_{\text{muro}}+W_{\text{sc}}$$

$$W_{\text{losa}}=(2*0,12*2\ 400)/2=$$

$$288,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}}=(0,25*0,40*2\ 400)=$$

$$240,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muro}}=(150*2)/2=$$

$$150,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sc}}=(120*2)/2=$$

$$\underline{120,00 \text{ kg/m}}$$

$$\text{CM TOTAL}= 798,00 \text{ kg/m}$$

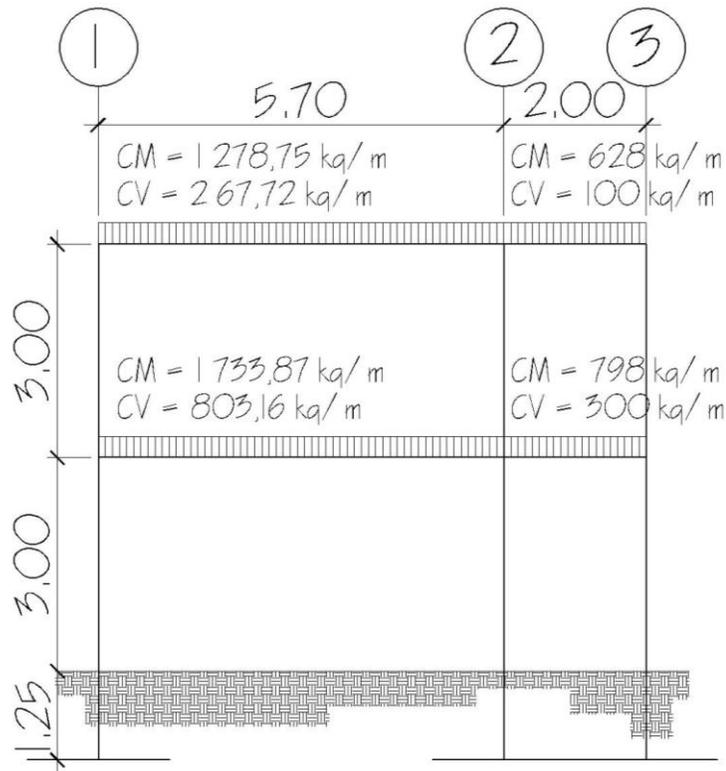
$$\text{CV}=W_{\text{techo}}$$

$$W_{\text{techo}}=(300*2)/2=$$

$$300,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV TOTAL}= 300,00 \text{ kg/m}$$

Figura 9. Carga viva y muerta, eje C



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

- Eje 2, viga A-B

Nivel 2

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{sc}}$$

$$W_{\text{losa}} = (7,92 \cdot 0,12 \cdot 2\ 400) / 4,3 = 530,46 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,25 \cdot 0,40 + 2\ 400) = 240,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sc}} = (100 \cdot 7,92) / 4,3 = \underline{184,19 \text{ kg/m}}$$

$$CM \text{ TOTAL} = 954,65 \text{ kg/m}$$

$$CV = W_{\text{techo}}$$

$$W_{\text{techo}} = (100 \cdot 7,92) / 4,3 = 184,19 \text{ kg/m}$$

CV TOTAL = 184,19 kg/m

Nivel 1

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{muro}} + W_{\text{sc}}$$

$$W_{\text{losa}} = (7,92 * 0,12 * 2\ 400) / 4,3 = 530,46 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,25 * 0,40 * 2\ 400) = 240,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muro}} = (150 * 7,92) / 4,3 = 276,28 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sc}} = (120 * 7,92) / 4,3 = \underline{276,28 \text{ kg/m}}$$

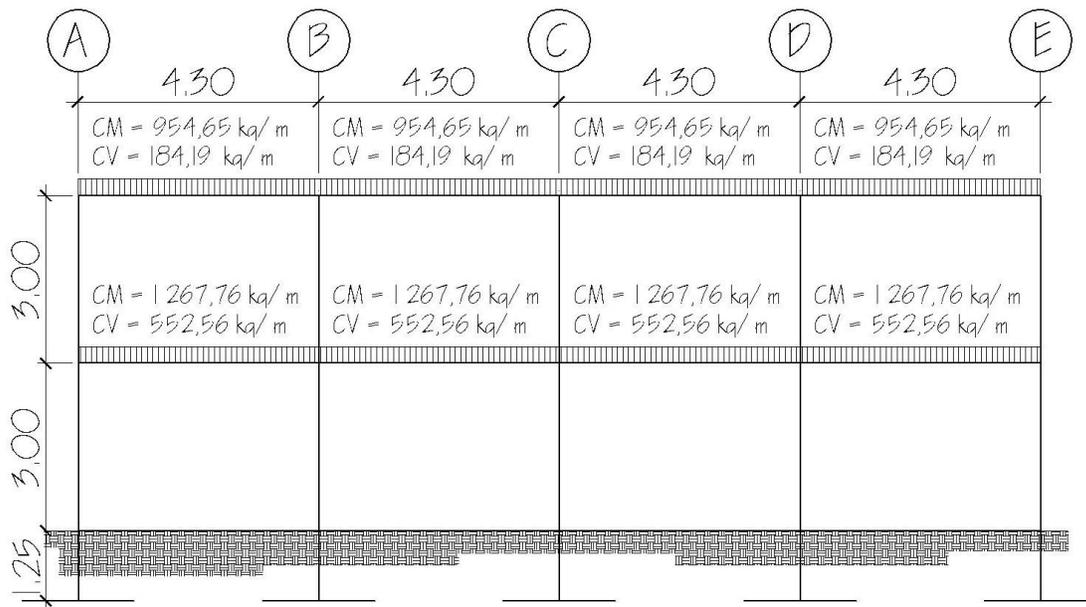
CM TOTAL = 1 267,76 kg/m

$$CV = W_{\text{aulas}}$$

$$W_{\text{aulas}} = (300 * 7,92) / 4,3 = 552,56 \text{ kg/m}$$

CV TOTAL = 552,56 kg/m

Figura 10. Carga viva y muerta, eje 2



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Son las producidas por el viento o por sismo. Este tipo de cargas son dinámicas. En este proyecto se considera con mayor relevancia la fuerza producida por un sismo, teniendo un análisis sísmico, se utilizaran estas fuerzas como cargas laterales estáticas que tendrán el mismo efecto de un sismo.

3.1.6.3. Fuerzas sísmicas

La carga sísmica depende del peso de la estructura. Se considera que la estructura se mantiene fija en su base, siendo este el punto de aplicación de la fuerza. A esta fuerza se le llama corte basal (V) y ésta es transmitida a los elementos estructurales de forma proporcional a sus rigideces y posición con respecto a su centro de rigidez.

Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. La fórmula propuesta por SEAOC, para obtener la fuerza horizontal total o cortante básico V es:

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

A continuación, se describirá cada uno de los coeficientes mencionados anteriormente.

Z: se le denomina coeficiente de riesgo sísmico, varía según la zona sísmica del globo terráqueo y se divide en 4 zonas.

Tabla VII. **Escala de riesgo sísmico**

Zona sísmica	Riesgo sísmico	Valor z
0	Ausencia total del daño	0,00
1	Consideradas de daños menores, corresponden a la intensidad de V y Vi de la escala Mercali Modificado	0,25
2	Daño moderado, corresponde a la intensidad VII de la escala de Mercali Modificado	0,50
3	Daño mayor, corresponde a la intensidad VIII de la escala de Mercali Modificado	1,00

Fuente: dato obtenido de SEAOC.

Se aplica un valor igual a 1,00.

- I: depende de la importancia o la utilidad que se le vaya a dar a la estructura, después del sismo. Este coeficiente oscila dentro del siguiente rango.

$$1,00 \leq I \leq 1,50$$

Se aplica un valor igual a 1,25.

- C: se conoce también como el coeficiente sísmico = $1/15\sqrt{T}$. T es el período fundamental de vibración de la estructura, en segundos; se obtiene $T = 0,09 \cdot h/\sqrt{b}$, donde h = es la altura de la base al del nivel más alto, b = la dimensión de entepiso, en dirección paralela a las fuerzas aplicadas.

El valor C debe ser menor que 0,12, si resulta mayor que 0,12, se debe usar 0,12. De igual manera el producto de C*S no debe ser mayor que 0,14 o de lo contrario se usará este último.

Sentido x

$$t = \frac{0,09 * 6,00}{7,70} = 0,19$$

$$C = \frac{1}{15 * 0,19} = 0,15$$

Por tanto usar $C_x=0,12$

Sentido Y

$$t = \frac{0,09 * 6,00}{17,20} = 0,13$$

$$C = \frac{1}{15 * 0,13} = 0,18$$

Por tanto usar $C_y=0,12$

S: depende del tipo de suelo a cimentar, este coeficiente oscila dentro del siguiente rango.

$$1,00 \leq S \leq 1,50$$

Se aplica un valor igual a 1,50.

$$C_x * S = 0,12 * 1,50 = 0,18$$

$$\text{Usar } C_x * S = 0,14$$

$$C_y * S = 0,12 * 1,50 = 0,18$$

$$\text{Usar } C_y * S = 0,14$$

K: dependerá del tipo de estructura seleccionado, existen 4 sistemas estructurales k, no debe ser menor que los valores que se darán a continuación.

Tabla VIII. Valor de k según estructura

Tipo	Arreglo resistente	Valor k
1	Edificios con sistema de caja	1,30
2	Edificios con marcos dúctiles	0,67
3	Edificios con marcos dúctiles y sistemas de corte	0,80
4	Edificios o diseños especiales (tipo péndulo o cabezones)	2,00

Fuente: dato obtenido SEAOC.

Se aplica un valor igual a 0,67.

Cálculo del peso de la estructura.

Segundo nivel.

CM

$$\text{Losas} = 2 \cdot 400 \cdot 0,12 \cdot 132,44 = 38 \, 142,72 \text{ kg}$$

$$\text{Viga} = (7,7 \cdot 5 + 17,2 \cdot 3) \cdot 0,25 \cdot 0,40 \cdot 2 \cdot 400 = 21 \, 624,00 \text{ kg}$$

$$\text{Columna} = 0,30 \cdot 0,30 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 15 \cdot 1,5 = 4 \, 860,00 \text{ kg}$$

$$\text{Muro} = (7,7 \cdot 2 + 5,7 + 4,30 \cdot 8) \cdot 3 \cdot 150 = 24 \, 975,00 \text{ kg}$$

$$\text{Sobre carga}_2 = 100,00 \cdot 132,44 = 13 \, 244,00 \text{ kg}$$

$$\text{CV} = 100 \cdot 132,44 \cdot 0,25 = 3 \, 311,00 \text{ kg}$$

$$W_2 = 106 \, 156,72 \text{ kg}$$

Primer nivel.

CM

$$\text{Losas} = 2 \cdot 400 \cdot 0,12 \cdot 132,44 = 38 \, 142,72 \text{ kg}$$

Viga=(7,7*5+17,2*3)*0,25*0,40*2 400=	21 624,00 kg
Columna=0,30*0,30*2 400*15*5,75=	18 630,00 kg
Muro=(7,7*2+5,7+4,30*8)*3*150=	24 975,00 kg
Sobre carga ₁ =120,00*132,44=	15 892,80 kg
CV = 300*132,44*0,25=	9 933,00 kg

$$W_1 = 129 197,52 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = W_1 + W_2$$

$$W_{\text{total}} = 129 197,52 \text{ kg} + 106 156,72 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 235 354,24 \text{ kg}$$

Determinando el corte basal, tanto en el sentido X como en el sentido Y.

$$V_{x,y} = Z * I * C * S * K * W$$

$$V_{x,y} = 1(1,25)(0,14)(0,67)(235 354,24 \text{ kg})$$

$$V_{x,y} = 27 595,28 \text{ kg}$$

Distribución del corte basal por niveles.

Según el método SEAOC, la fuerza lateral total, puede ser distribuida en toda la estructura por medio de la siguiente fórmula:

$$F_i = \frac{V - F_t * W_i * H_i}{W_i * H_i}$$

Donde:

F_i = fuerza de nivel

V = corte basal

F_t = fuerza adicional en la cúspide

W_i = Peso del nivel analizado

H_i = Distancia medida desde nivel de piso a cada nivel

Condiciones a cumplir según método SEAOC

t < 0,25s; F_t = 0

t > 0,25s; F_t = 0,07 * t * V

W₁*H₁ = 129 197,52 kg * 3 m = 387 592,56 kg-m

W₂*H₂ = 106 156,72 kg * 6 m = 636 940,32 kg-m

$$F_{x-y,2} = \frac{27\,595,28 \text{ kg} * 636\,940,32 \text{ kg-m}}{1\,024\,532,88 \text{ kg-m}} = 17\,155,67 \text{ kg}$$

$$F_{x-y,1} = \frac{27\,595,28 \text{ kg} * 387\,592,56 \text{ kg-m}}{1\,024\,532,88 \text{ kg-m}} = 10\,439,61 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco por nivel.

CR = centro de rigidez

CM = centro de masa

E = excentricidad, e_{min} = 0,05*(altura total)

Marco típico sentido X

$$CR_x = \frac{\sum K_i * d}{K_i}$$

$$CR_x = \frac{K \cdot 5.70 + 7.70}{3K} = 4.47 \text{ m}$$

$$CM_x = \frac{D}{2}$$

$$CM_x = \frac{7.70}{2} = 3.85 \text{ m}$$

$$e_x = |CR - CM|$$

$$e_x = |4.47 - 3.85| = 0.62 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 0,05h$$

$$e_{\min} = 0.05 * 7.25 = 0.36$$

$e_x > e_{\min}$ por lo que se considera que existe torsión en el sentido X

Marco típico sentido Y

$$CR_y = \frac{\sum K_i * d}{K_i}$$

$$CR_y = \frac{K \cdot 4.30 + 8.6 + 12.9 + 17.2}{5K} = 8.6 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{D}{2}$$

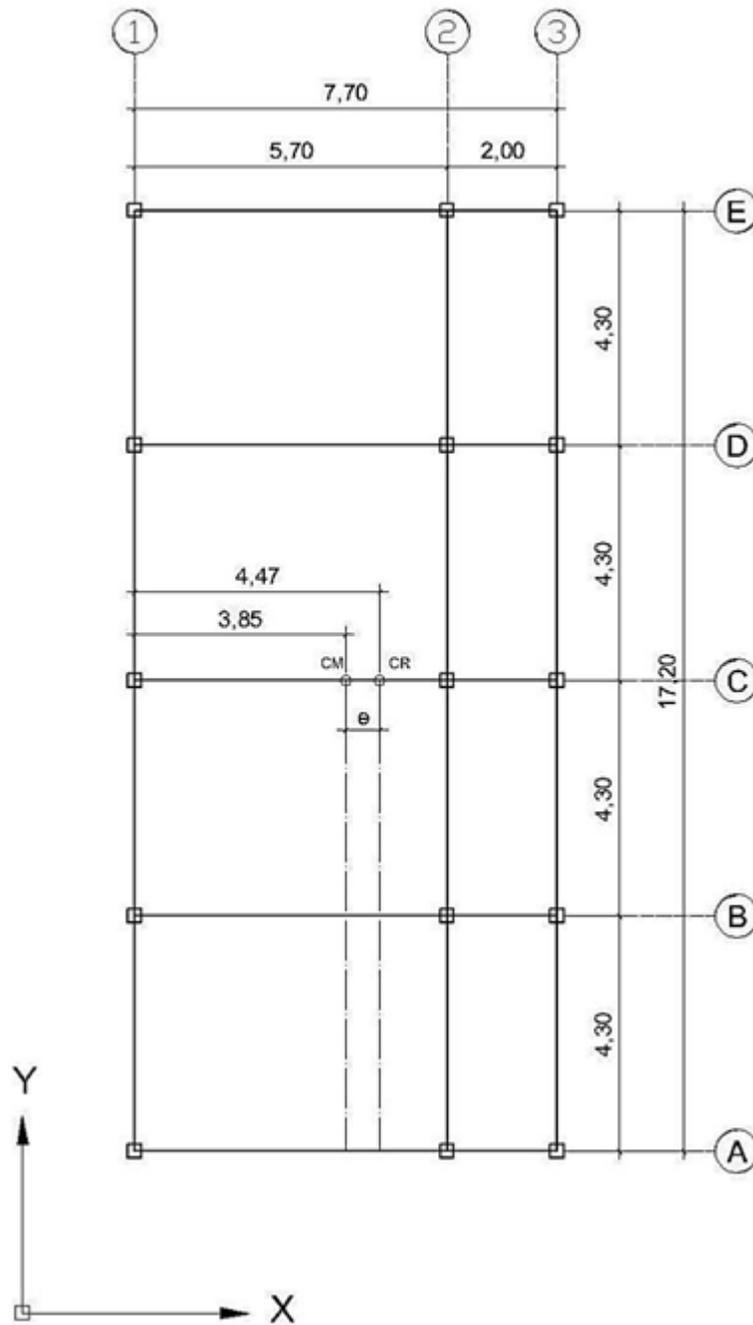
$$CM_y = \frac{17.2}{2} = 8.6 \text{ m}$$

$$e_y = |CR - CM|$$

$$e_y = |8.6 - 8.6| = 0$$

En el sentido X si existe excentricidad; para el cálculo de fuerzas por marco se toma la mayor, $e_x = 0,62 \text{ m}$.

Figura 11. **Planta de centro de masa y rigidez**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

$$FM = FM' \pm FM''$$

$$FM' = \frac{K_i * F_{ni}}{\sum K_i}$$

$$FM'' = \frac{e * F_{ni}}{E_i}$$

$$E_i = \frac{\sum K_i * d_i^2}{K_i * d_i}$$

Donde:

FM = fuerza proporcional a la rigidez

FM' = fuerza de torsión

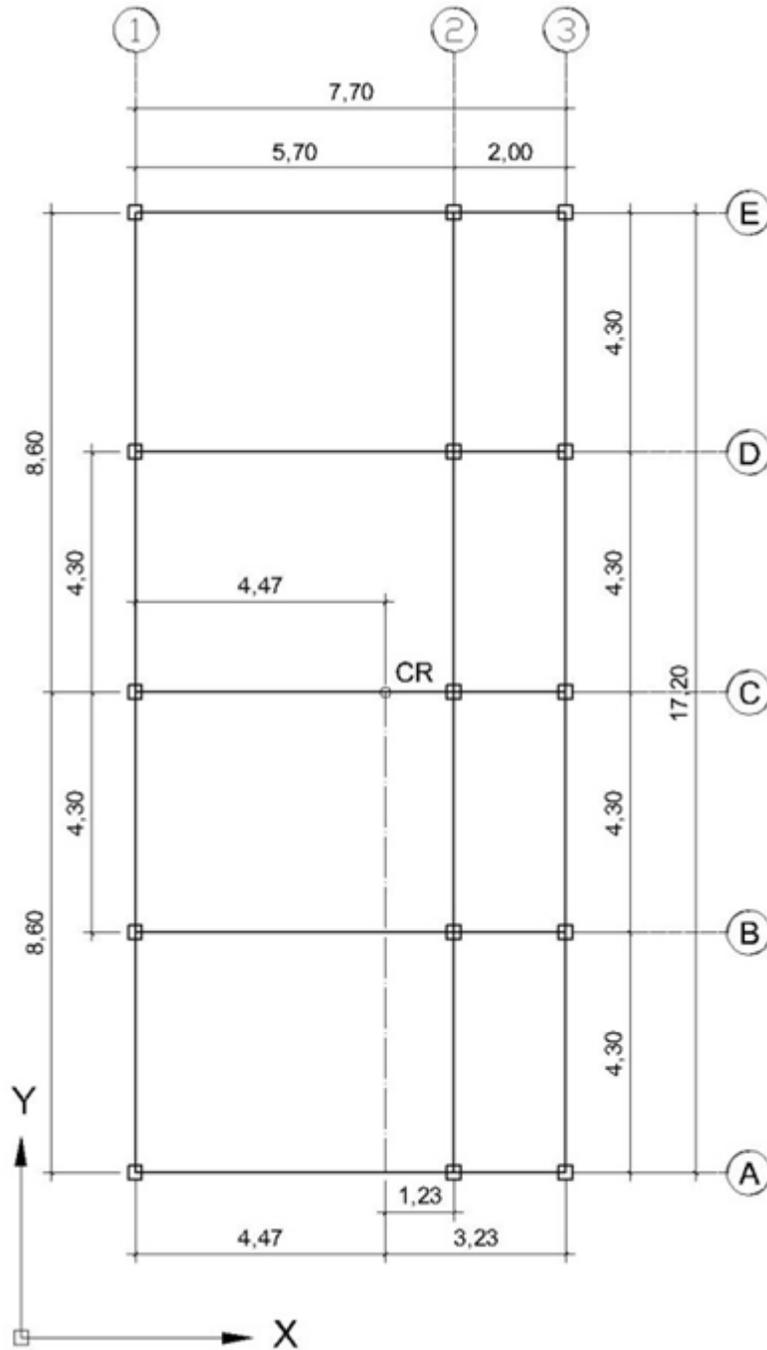
K_i = rigidez de marco $K= 1$ (los elementos son simétricos)

E_i = módulo de rigidez

e = excentricidad

d_i = distancia de CR a marco considerado

Figura 12. Planta de centro de rigidez



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Fuerza por marco, sentido X
(Marco 1)

Nivel 1

$$FM' = \frac{1 \cdot 10\,439,61}{3} = 3\,479,87 \text{ kg} \quad Fm' = \frac{0,62 \cdot 10\,439,61}{\frac{31,93}{-4,47}} = -906,12 \text{ kg}$$

$$FM = 3\,479,87 - (-906,12) = 4\,385,99 \text{ kg}$$

Nivel 2

$$FM' = \frac{1 \cdot 17,155.67}{3} = 5,718.56 \text{ kg}$$

$$FM'' = \frac{0.62 \cdot 17,155.67}{\left[\begin{array}{c} 31.93 \\ -4.47 \end{array} \right]} = -1,489.046 \text{ kg}$$

$$FM = 5,718.56 - -1,489.046 = 7,207.60 \text{ kg}$$

Tabla IX. **Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido X**

MARCO	Ki	di	Kidi	Kidi ²	NIVEL 1			NIVEL 2		
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
1	1	-4,47	-4,47	19,98	3479,87	-906,21	4386,08	5718,56	-1489,20	7207,76
2	1	1,23	1,23	1,51	3479,87	249,36	3729,23	5718,56	409,78	6128,34
3	1	3,23	3,23	10,43	3479,87	654,82	4134,69	5718,56	1076,09	6794,64
	3			31,93						

Fuente: elaboración propia.

Fuerza por marco, sentido Y
(Marco A)

Nivel 1

$$Fm' = \frac{1 \cdot 10 \cdot 439,61}{5} = 2 \, 087,92 \text{ kg}$$

$$FM' = \frac{0 \cdot 10 \cdot 439,61}{\frac{180,83}{8,6}} = 0 \text{ kg}$$

$$FM = 2 \, 087,92 + 0 = 2 \, 087,92 \text{ kg}$$

Nivel 2

$$Fm' = \frac{1 \cdot 17 \cdot 155,67}{5} = 3 \, 431,13 \text{ kg} \quad FM'' = \frac{0 \cdot 17 \cdot 155,67}{\frac{180,83}{8,6}} = 0 \text{ kg}$$

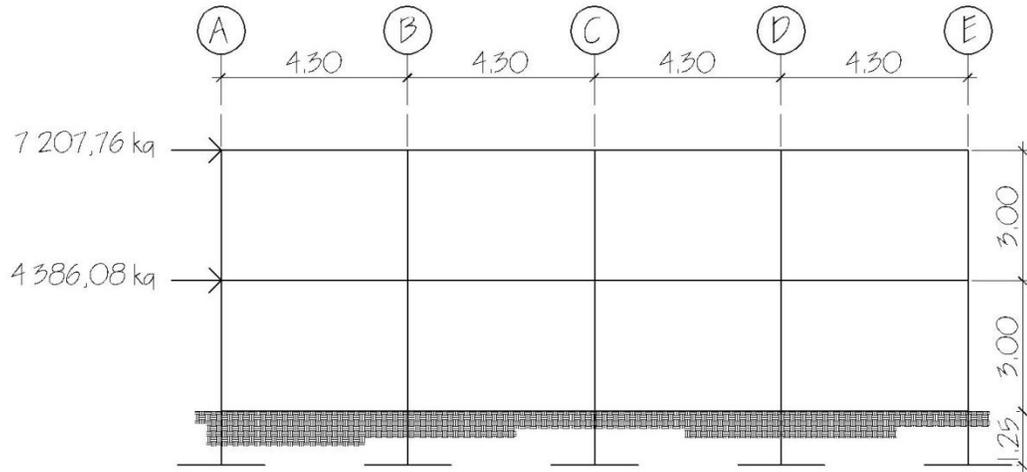
$$FM = 3 \, 431,13 + 0 = 3 \, 431,13 \text{ kg}$$

Tabla X. **Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido Y**

MARCO	Ki	Ki	Kidi	Kidi ²	NIVEL 1			NIVEL 2		
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
A	1	8,6	8,6	73,96	2087,92	0,00	2087,92	3431,13	0,00	3431,13
B	1	4,3	4,3	18,49	2087,92	0,00	2087,92	3431,13	0,00	3431,13
C	1	0	1	1,00	2087,92	0,00	2087,92	3431,13	0,00	3431,13
D	1	-4,3	-4,3	18,49	2087,92	0,00	2087,92	3431,13	0,00	3431,13
E	1	-8,3	-8,3	68,89	2087,92	0,00	2087,92	3431,1	0,00	3431,13
	5			180,83						

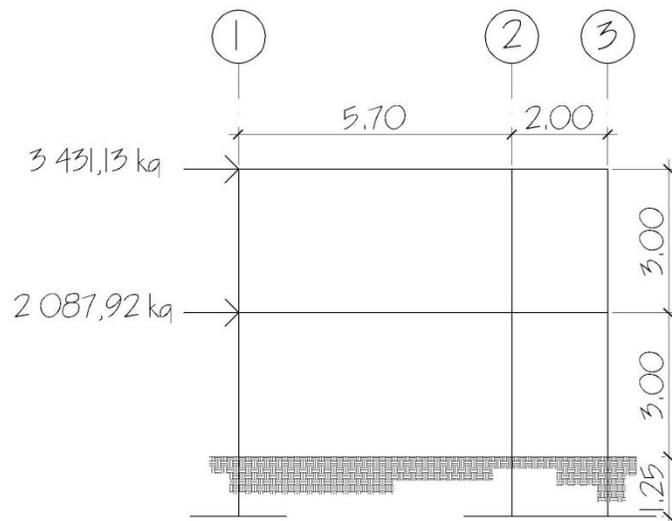
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Fuerza por marco por nivel sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 14. **Fuerza por marco por nivel sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

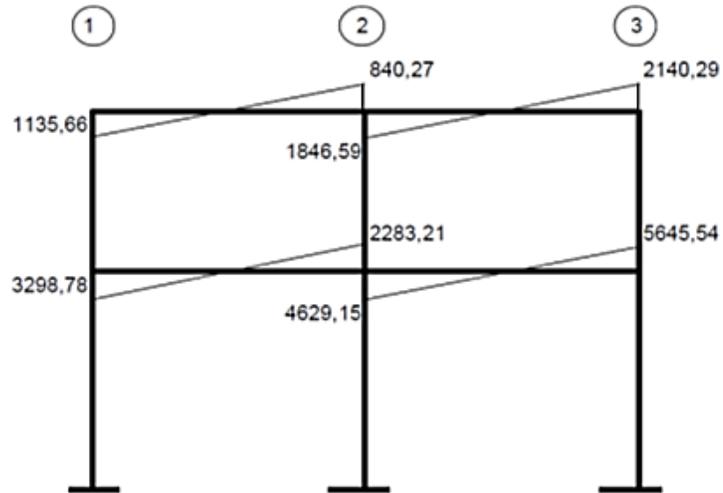
Representa la forma de como las cargas soportan el marco, sirven para hacer el análisis estructural. Por la similitud de los marcos en geometría y de las cargas aplicadas, se analizan únicamente los críticos.

3.1.6.5. Análisis de marcos dúctiles por un método de análisis estructural numérico (Kanni) y comprobación por medio de software

Los análisis se realizaron para los marcos críticos de ambos sentidos. Para el diseño estructural se utilizan los resultados obtenidos del método numérico de Kanni, esto por ser un método más conservador, el análisis se realizó para cada una de las cargas, las cuales son: de sismo, viva y muerta. Para comprobación del análisis estructural se utilizó el software SAP para obtener los momentos en cada uno de los elementos estructurales, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo.

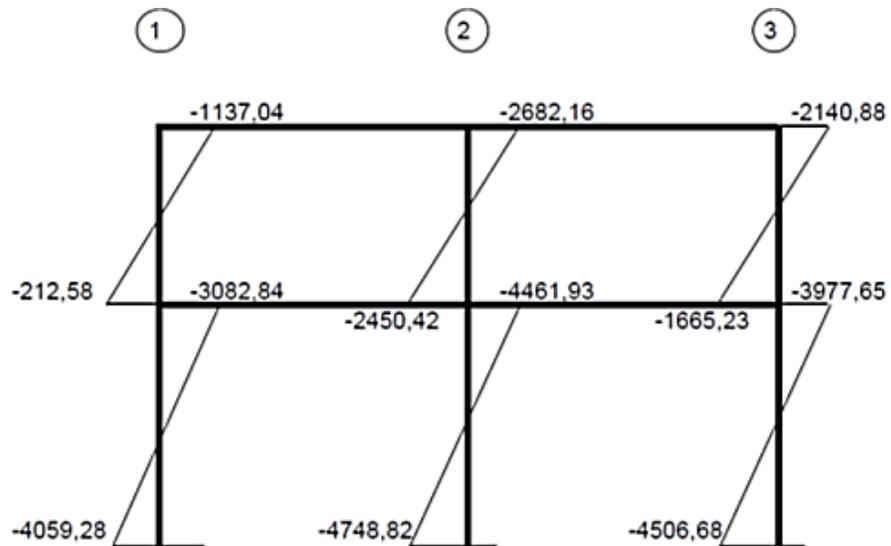
A continuación se muestran las gráficas de cargas distribuidas, momentos para carga muerta, momentos para carga viva y momentos provocados para sismos.

Figura 15. **Momento de carga de sismo en vigas, marco crítico X (kg-m)**



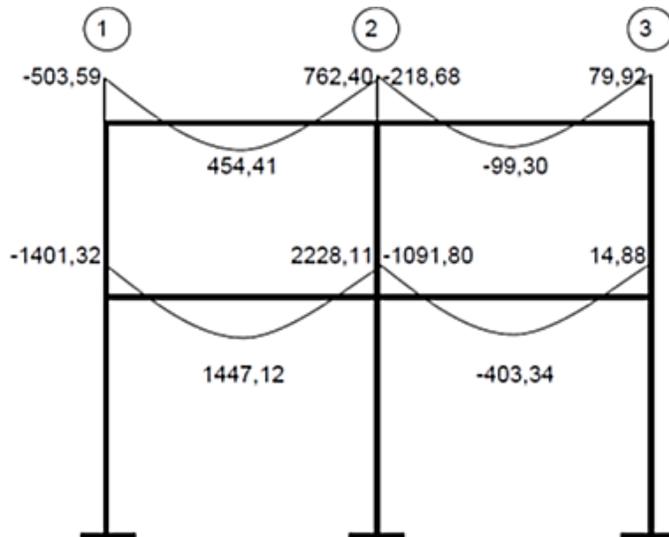
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 16. **Momento de carga de sismo en columnas, marco crítico X (kg-m)**



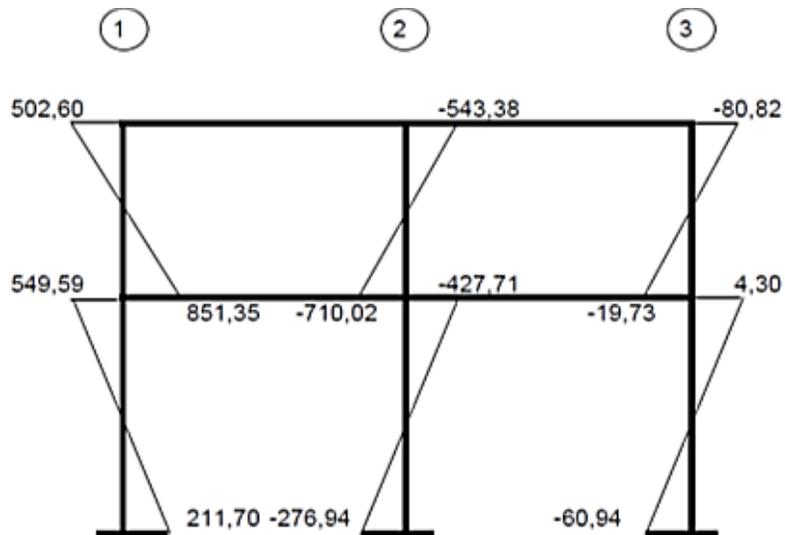
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 17. **Momento de carga viva en vigas, marco crítico X (kg-m)**



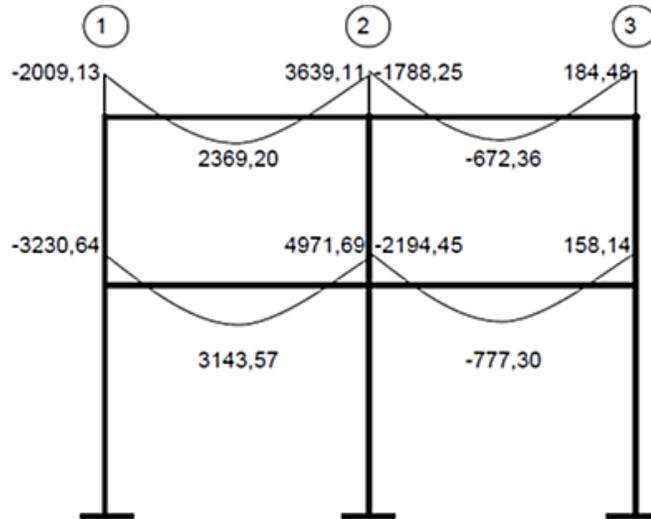
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 18. **Momento de carga viva en columnas, marco crítico X (kg-m)**



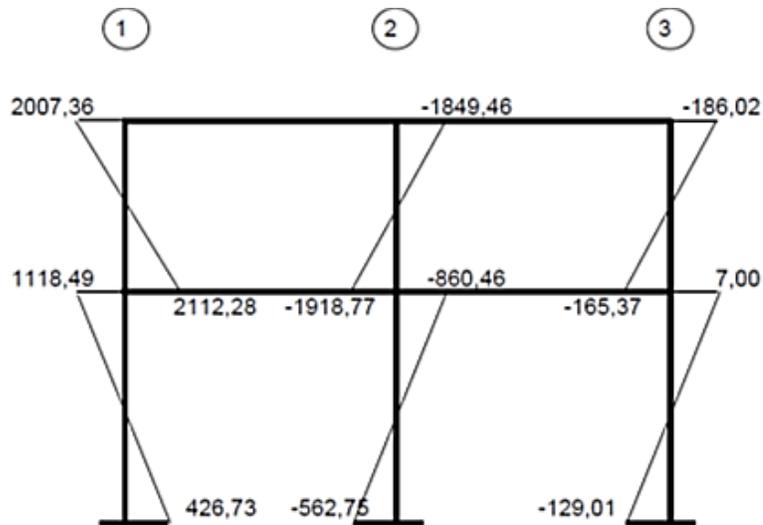
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010..

Figura 19. **Momento de carga muerta en vigas, marco crítico X (kg-m)**



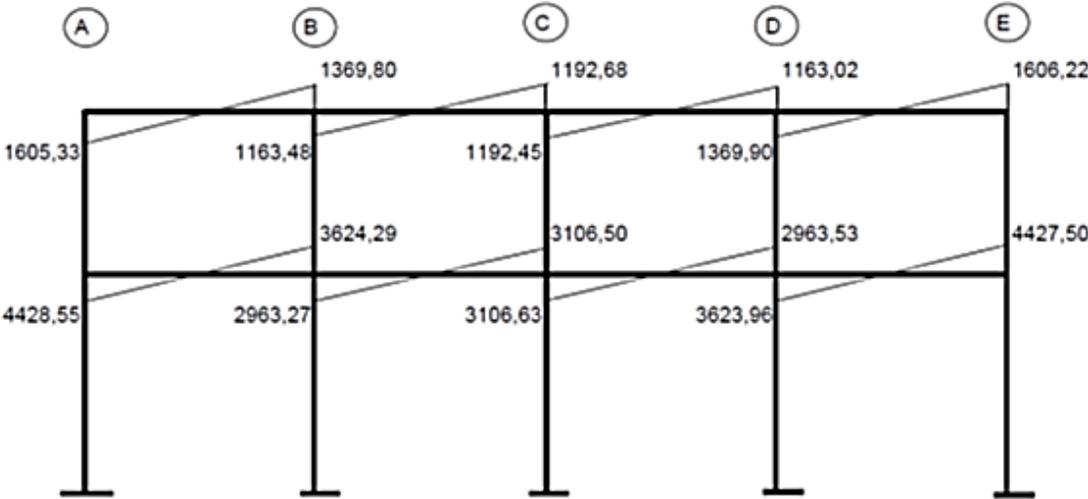
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 20. **Momento de carga muerta en columnas, marco crítico X (kg-m)**



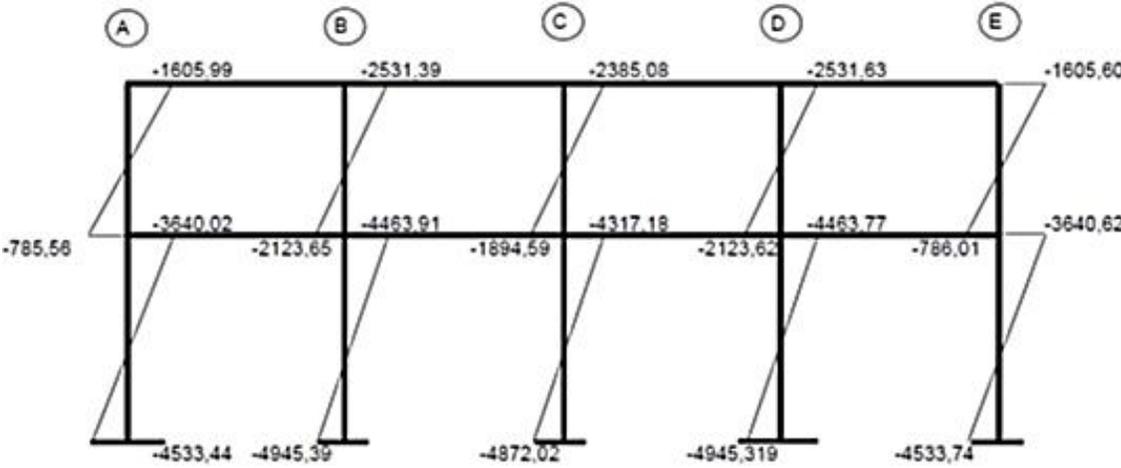
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010..

Figura 21. **Momento de carga de sismo en vigas, marco crítico Y (kg-m)**



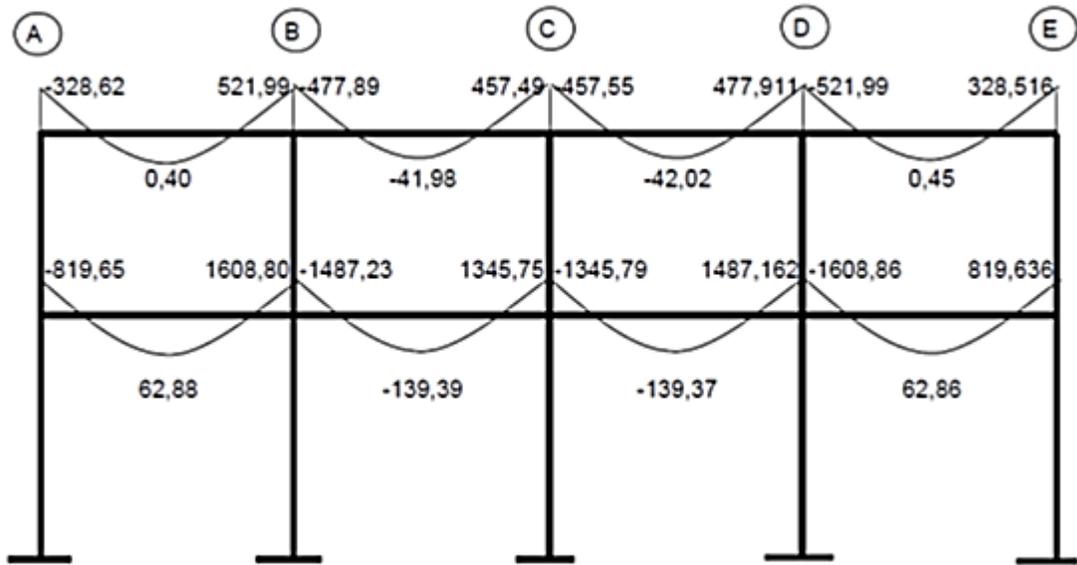
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010..

Figura 22. **Momento de carga de sismo en columnas, marco crítico Y (kg-m)**



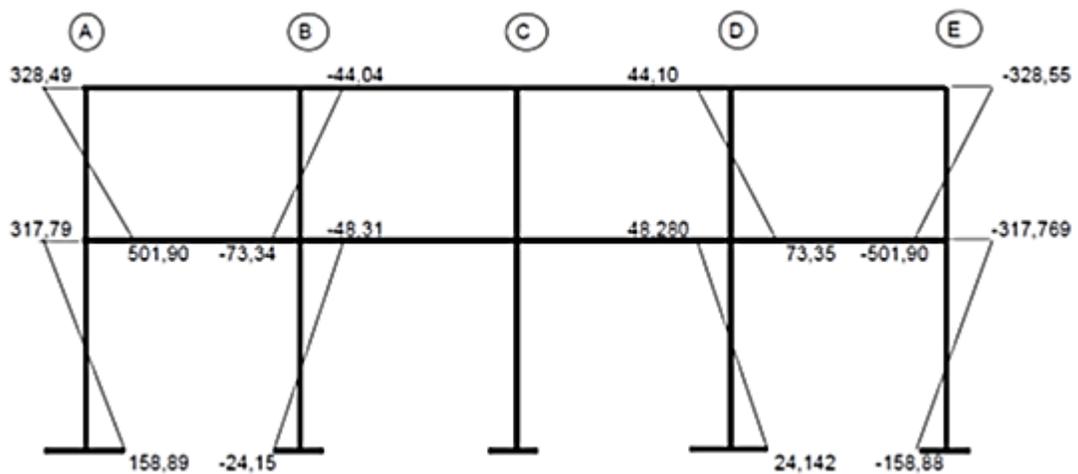
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 23. **Momento de carga viva en vigas, marco crítico Y (kg-m)**



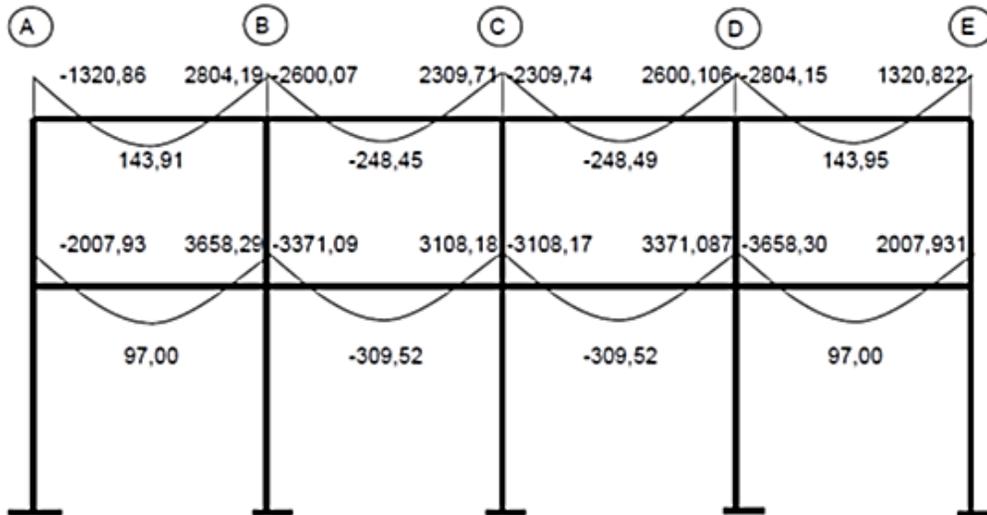
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010..

Figura 24. **Momento de carga viva en columnas, marco crítico Y (kg-m)**



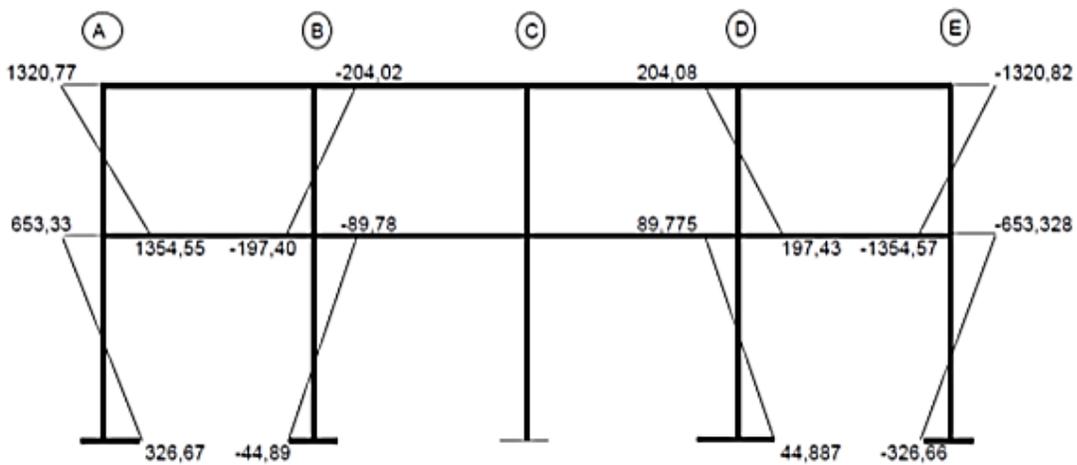
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 25. **Momento de carga muerta en vigas, marco crítico Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 26. **Momento de carga muerta en columnas, marco crítico Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.6. Envolvente de momentos

La envolvente de momento representa el efecto de la superposición de las cargas muerta, viva y sismo; las combinaciones que se utilizan son las propuestas en el código ACI 318-05. Tomándose aquellas que magnifiquen los efectos de las cargas.

Se determina cual es la más crítica, para la cual se diseñará para resistir dicha combinación.

Fórmulas utilizadas para envolvente de momentos

- Para los momentos últimos negativos en vigas y columnas

$$M_{-} = 0,75 * 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV} \pm 1,87M_S$$

- Para los momentos últimos de inversión en vigas

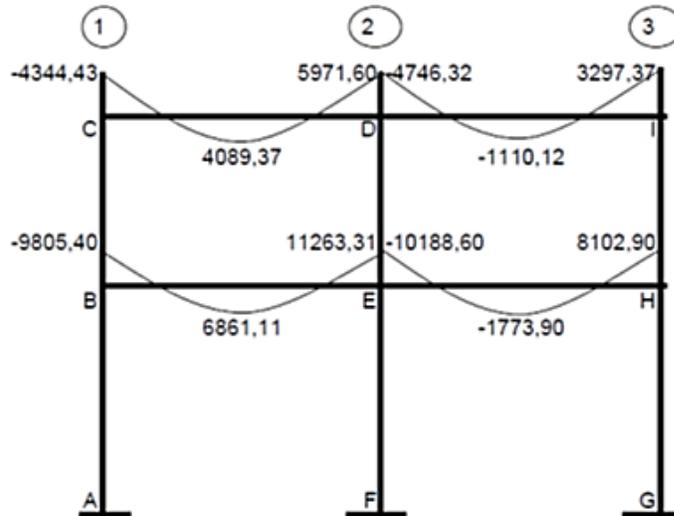
$$M_{-} = 0,90M_{CM} \pm 1,43M_S$$

- Para los momentos últimos positivos en vigas

$$M_{+} = 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV}$$

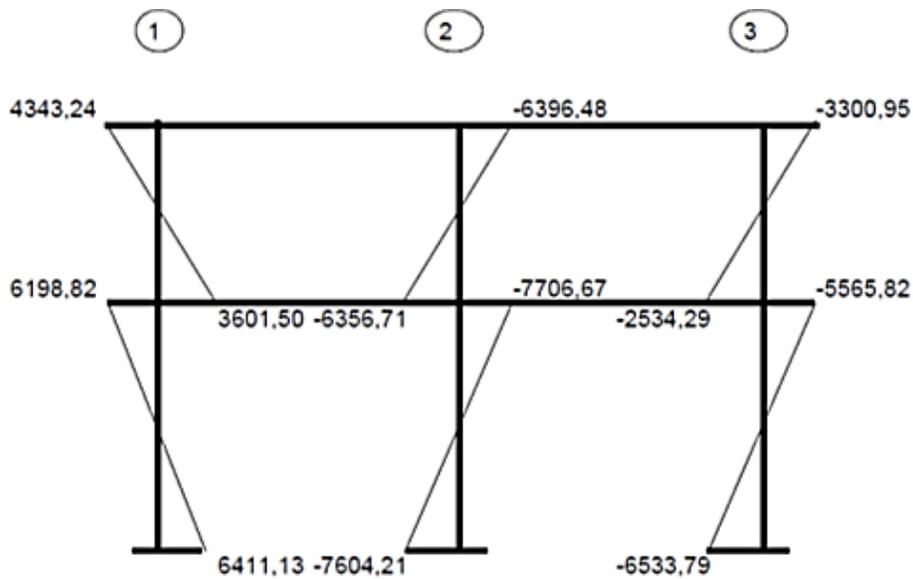
Debe usarse el más crítico de los casos, de todas las combinaciones, la crítica es cuando se agrega el momento de sismo.

Figura 27. **Envolvente de momento en vigas, marco crítico X (kg-m)**



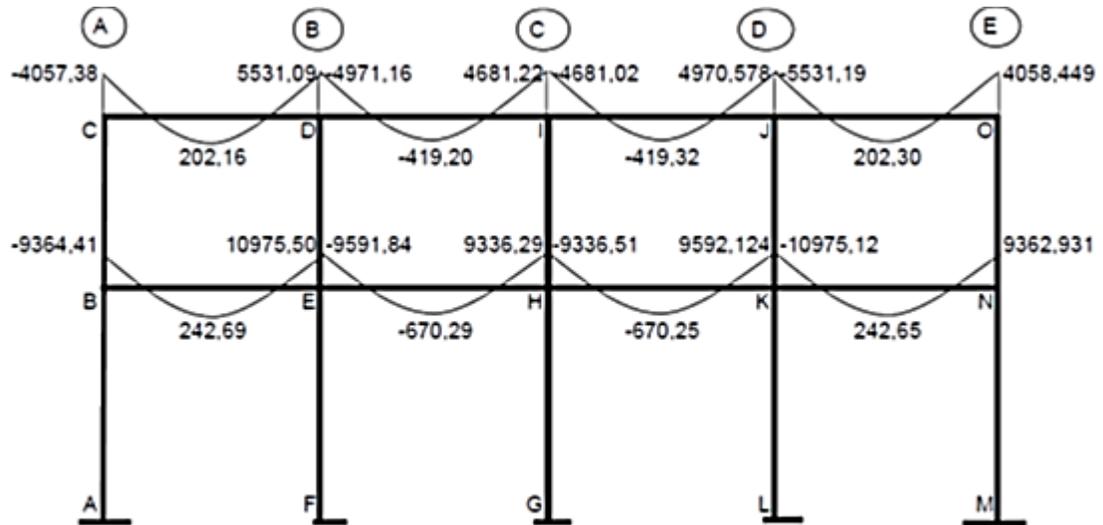
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 28. **Envolvente de momento en columna, marco crítico X (kg-m)**



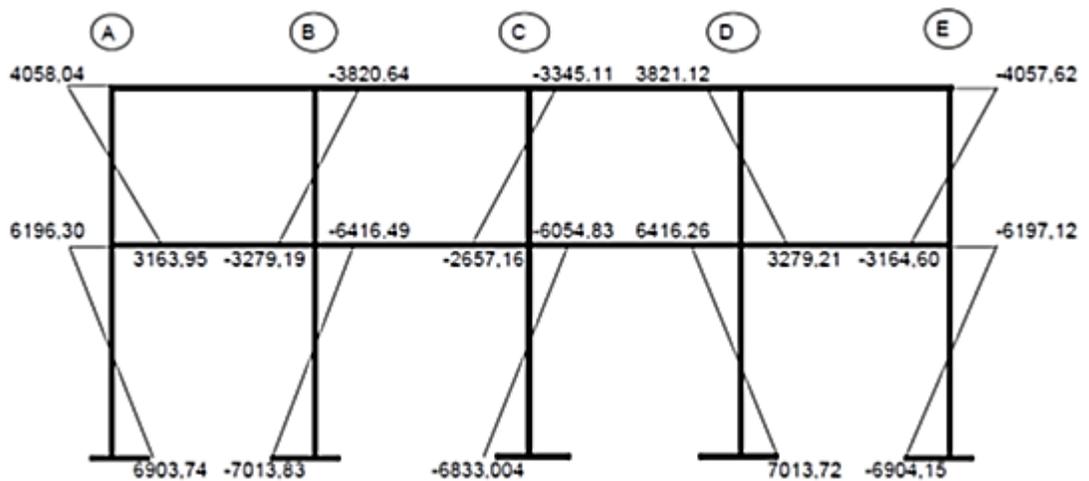
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 29. **Envolvente de momento en vigas, marco crítico Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 30. **Envolvente de momento en columnas, marco crítico Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.7. Diagrama de corte y momento

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos, se obtienen de las siguientes ecuaciones.

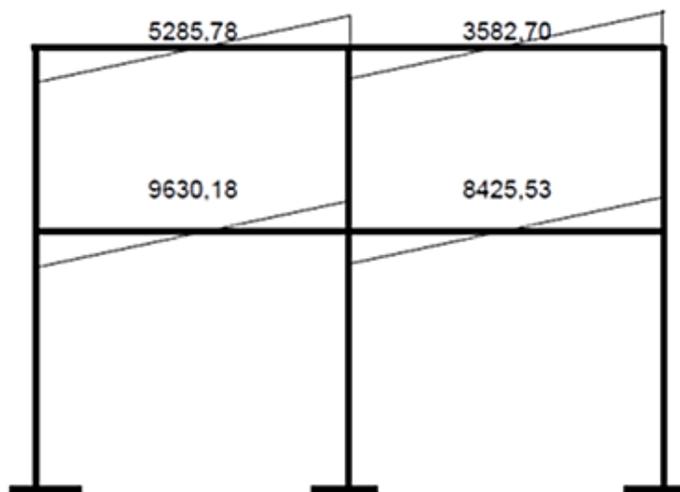
- Corte en vigas

$$V_v = 0,75 * \left[\frac{1,4 W_{CM} * L}{2} + \frac{1,7 W_{CV} * L}{2} + \frac{1,87 \sum M_s}{L} \right]$$

- Corte en columnas

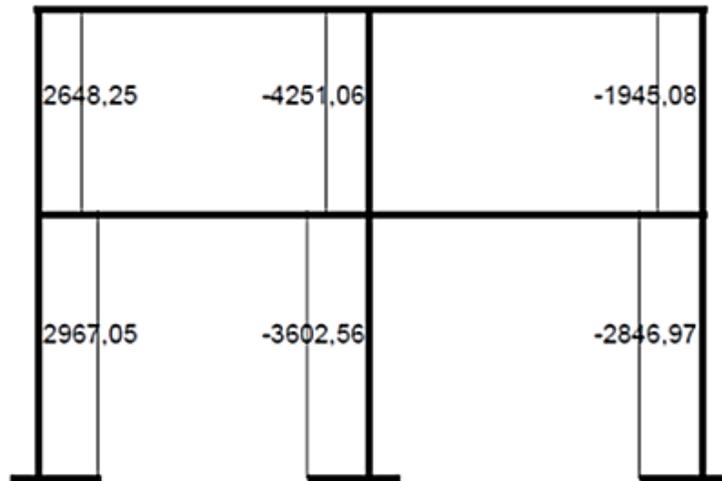
$$V_c = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Figura 31. Corte último en vigas, marco crítico X (kg-m)



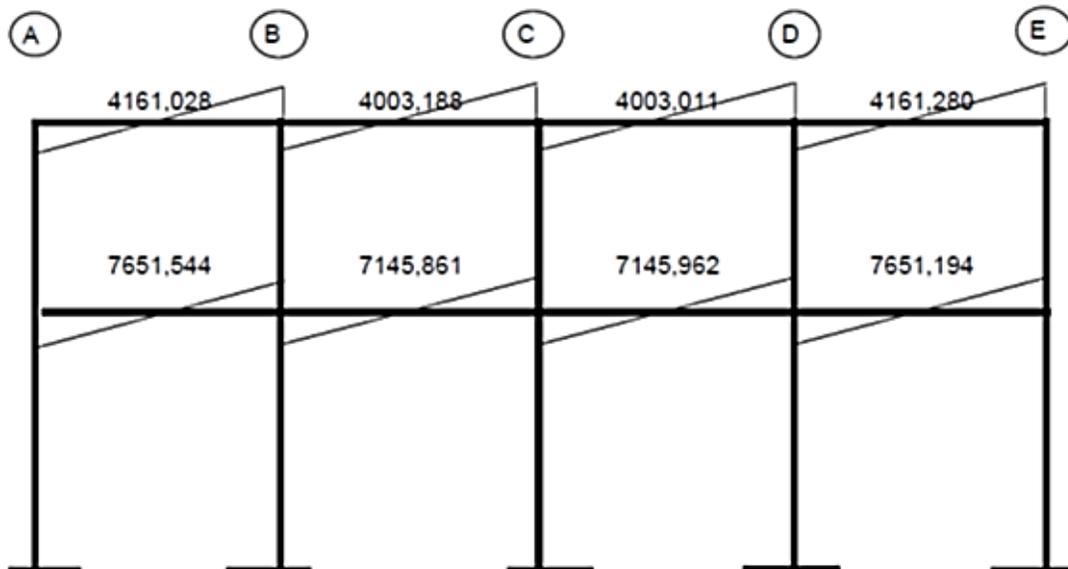
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 32. **Corte último en columnas, marco crítico X (kg-m)**



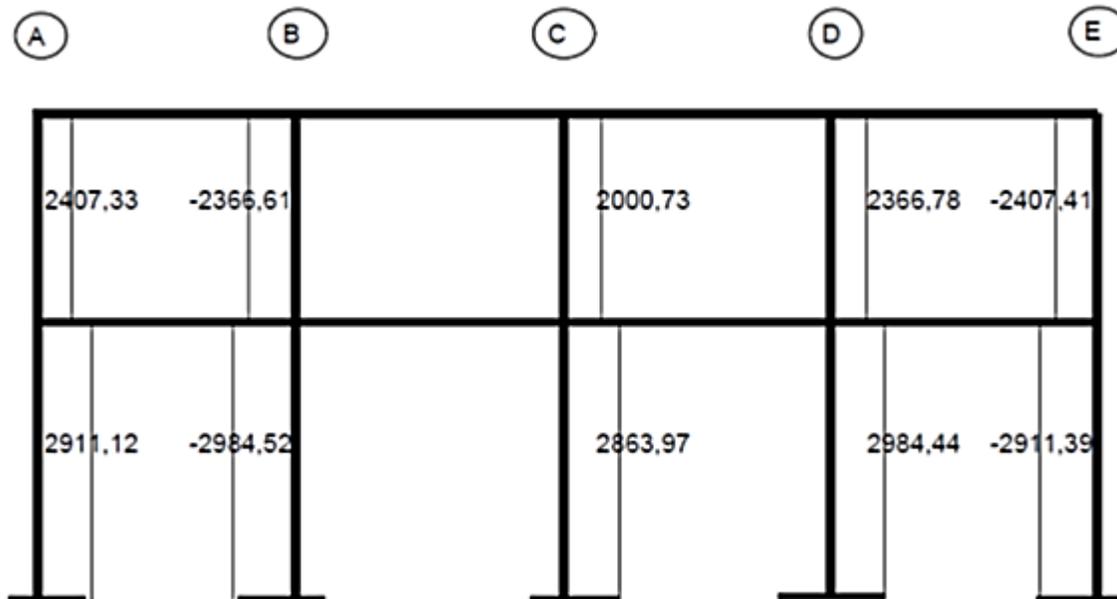
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 33. **Corte último en vigas, marco crítico Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 34. Corte último en columnas, marco crítico Y (kg-m)



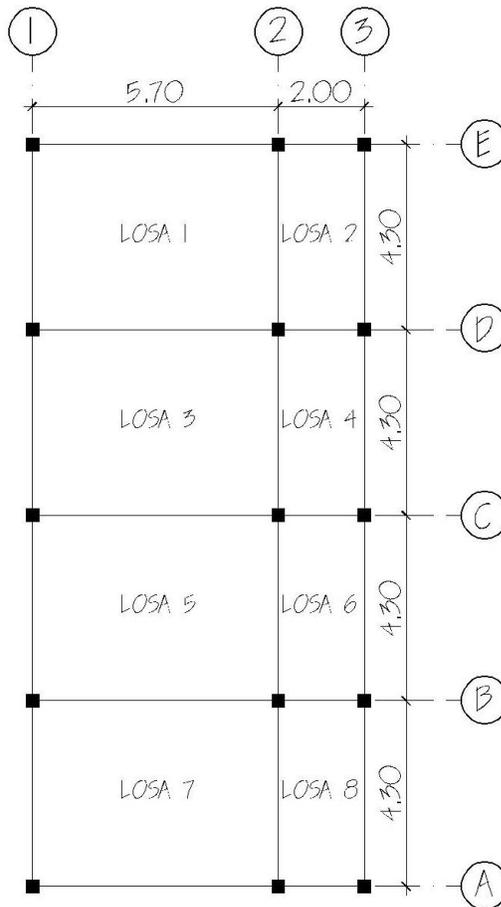
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.8. Diseño de losa

Son elementos estructurales que funcionan como cubiertas o techos, pudiendo trabajar en 1 o 2 sentidos, esto se determina dividiendo el lado corto entre el lado largo, cuyo resultado si es mayor de 0,5 se trabajará en 2 sentidos, en el caso contrario trabajarlo en 1 sentido.

A continuación se identifican las losas de ambos niveles:

Figura 35. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Para el diseño de las losas se aplicó el método 3 del ACI.

Diseño de losa segundo nivel.

- Determinar cómo trabaja la losa.
A = lado menor
B = lado mayor

$m = A/B > 0,5$ trabaja en dos sentidos.

Losa 1,3,5,7.

$m = 4,3/5,7 = 0,75$ trabaja en dos sentidos

Losa 2,4,6,8.

$M = 2/4,3 = 0,47$ trabaja en un sentido.

Por diseño se considera como una losa en 2 sentidos por estar apoyada en los 4 extremos.

- Determinar espesor de losa

$$t = \text{perímetro}/180$$

Losa 1,3,5,7.

$$t = 5,70+5,70+4,30+4,30/180 = 0,11 \text{ m}$$

Losa 2,4,6,8.

$$t = 2,00+2,00+4,30+4,30/180 = 0,07 \text{ m}$$

usar $t = 0,12 \text{ m}$

- Integración de cargas

CM

$$\text{losa} = 2\,400 \cdot 0,12 = 288,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{sobre carga} = \underline{100,00 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{CM TOTAL} = 388,00 \text{ kg/m}^2$$

CV

$$\text{techos} = 100,00 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última

$$CU = 1,4 CM + 1,7 CV$$

Losa 1,2,3,4,5,6,7,8.

$$CU = 1,4 (388,00 \text{ kg/m}^2) + 1,7 (100,00 \text{ kg/m}^2) = 713,20 \text{ kg/m}$$

$$CM_U = 1,4(388 \text{ kg/m}^2) = 543,20 \text{ kg/m}$$

$$CV_U = 1,7 (100) = 170,00 \text{ kg/m}$$

- Momentos actuantes

Donde:

C = coeficiente de tablas

A = dimensión del lado corto

B = dimensión del lado largo

$$M_{A(-)} = C * CU * A^2$$

$$M_{A(+)} = C * CM_U * A^2 + C * CV_U * A^2$$

$$M_{B(-)} = C * CU * B^2$$

$$M_{B(+)} = C * CM_U * B^2 + C * CV_U * B^2$$

Losa 1 y 7 (caso 4, m = 0,75).

$$M_{A(-)} = 0,076 * 713,20 * (4,30)^2 = 1\ 002,22 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,043 * 543,20 * (4,30)^2 + 0,052 * 170,00 * (4,30)^2 = 595,33 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,024 * 713,20 * (5,70)^2 = 556,12 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,013 * 543,20 * (5,70)^2 + 0,016 * 170,00 * (5,70)^2 = 317,80 \text{ kg-m}$$

Losa 3 y 5 (caso 9, m = 0,75).

$$M_{A(-)} = 0,078 * 713,20 * (4,30)^2 = 1\ 028,59 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,031 * 543,20 * (4,30)^2 + 0,046 * 170,00 * (4,30)^2 = 455,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,014 * 713,20 * (5,70)^2 = 324,41 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,007*543,20*(5,70)^2 + 0,013*170,00*(5,70)^2 = 195,34 \text{ kg-m}$$

Losa 2 y 8 (caso 4, m = 0,50).

$$M_{A(-)} = 0,094*713,20*(2,00)^2 = 268,16 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,059*543,20*(2,00)^2 + 0,077*170,00*(2,00)^2 = 180,56 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,006*713,20*(4,30)^2 = 79,12 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004*543,20*(4,30)^2 + 0,005*170,00*(4,30)^2 = 55,89 \text{ kg-m}$$

Losa 4 y 6 (caso 8, m = 0,50).

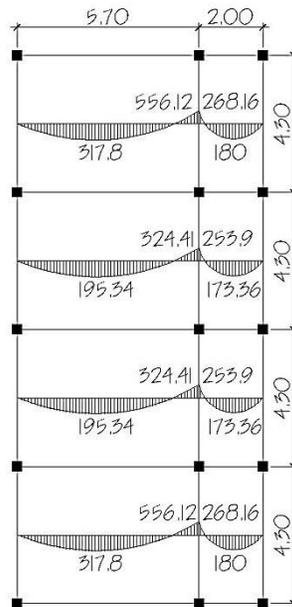
$$M_{A(-)} = 0,089*713,20*(2,00)^2 = 253,90 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,056*543,20*(2,00)^2 + 0,076*170,00*(2,00)^2 = 173,36 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01*713,20*(4,30)^2 = 131,87 \text{ kg-m}$$

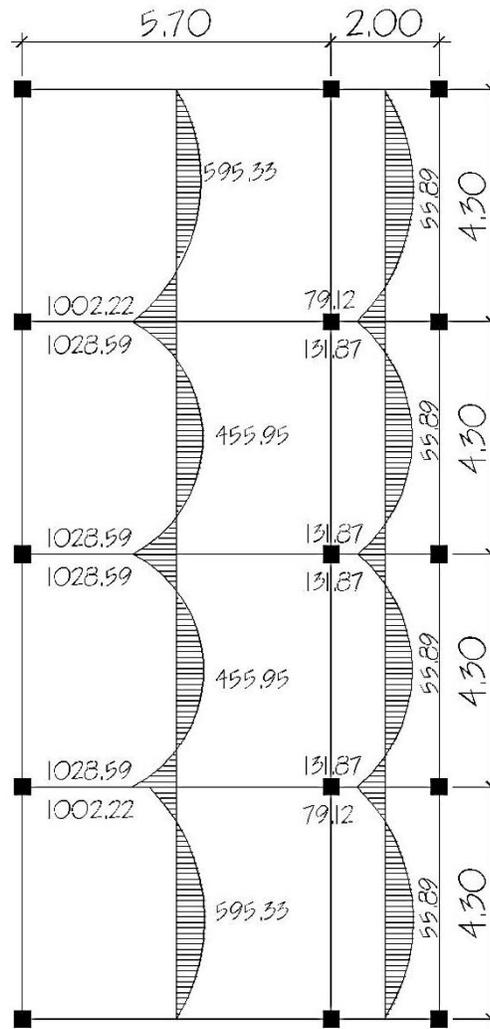
$$M_{B(+)} = 0,004*543,20*(4,30)^2 + 0,005*170,00*(4,30)^2 = 55,89 \text{ kg-m}$$

Figura 36. **Planta de momentos actuantes, nivel 2 sentido x (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 37. **Planta de momentos actuantes, nivel 2 sentido y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

- Balance de momentos

Cuando 2 losas comparten un lado en común y en el mismo ambas presentan diferencia de momentos actuantes, deben balancearse aplicando el siguiente criterio:

Si $0,80 * M_{mayor} \leq M_{menor}$; entonces $MB = (M_{mayor} + M_{menor})/2$

Si $0,80 * M_{mayor} > M_{menor}$; entonces $MB =$ proporcional a su rigidez

Balance de momentos en Losa 1 y 2

$$M1 = 556,12 \text{ kg-m}$$

$$M2 = 269,16 \text{ kg-m}$$

$0,8 * 556,12 = 449,90 > 268,16$ por lo que el balance se hace por rigideces.

$$K1 = \frac{1}{L_1} \qquad K2 = \frac{1}{L_2}$$

$K1, K2 =$ las rigideces de las losas a y b

$L_1, L_2 =$ longitudes de losa consideradas

$D1, D2 =$ los factores de distribución de las losas a y b

$dM = M_{mayor} - M_{menor}$

Donde:

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2} \qquad D2 = \frac{K2}{K1 + K2}$$

Para realizar la distribución, se efectúa según el cálculo de la tabla siguiente:

Tabla XI. **Balance de momentos en losa**

D1	D2
M1	M2
- D1*dM	-D2*dM
MB	MB

Fuente: elaboración propia.

Donde:

MB = Momento balanceado

$$K_1 = \frac{1}{5,7} = 0,18$$

$$K_2 = \frac{1}{2,00} = 0,5$$

$$D_1 = \frac{0,18}{0,18 + 0,5} = 0,26$$

$$D_2 = \frac{0,5}{0,18 + 0,5} = 0,74$$

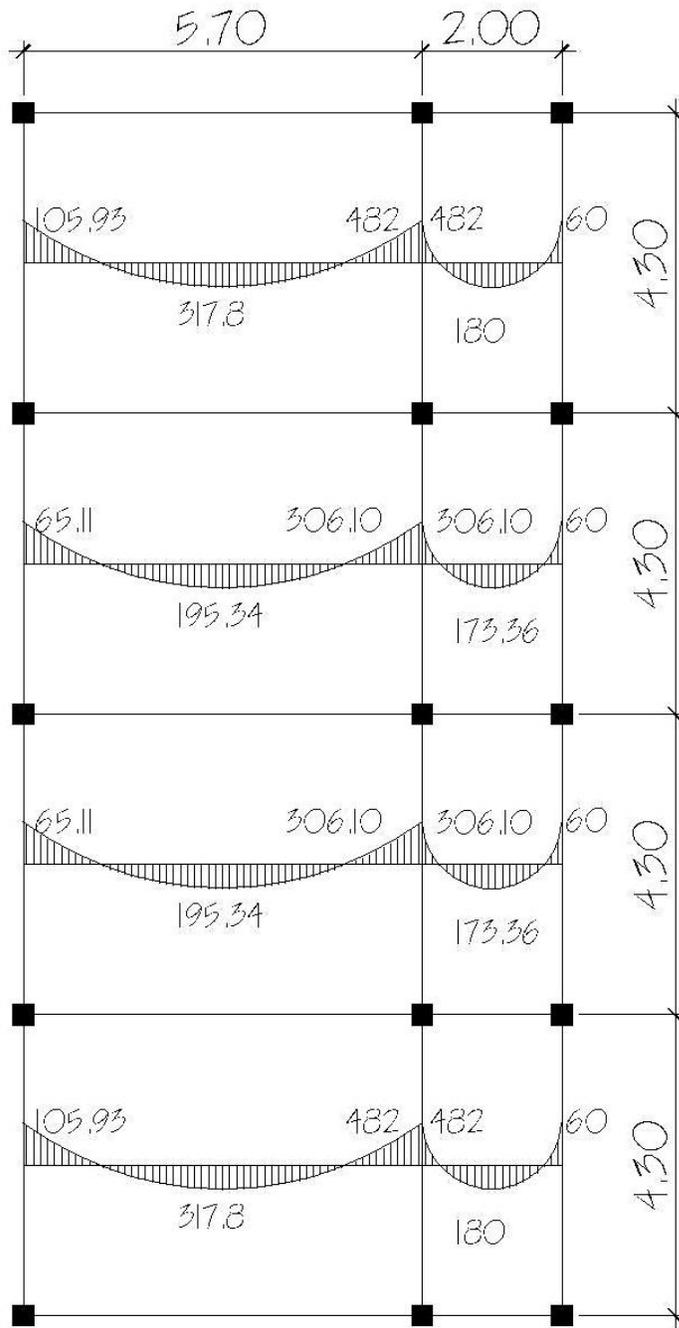
$$dM = 556,12 - 268,16 = 287,96$$

Tabla XII. **Balance de momentos nivel 2**

0,26	0,74
556,12	268,16
-74.87	213,09
482 kg-m	482 kg-m

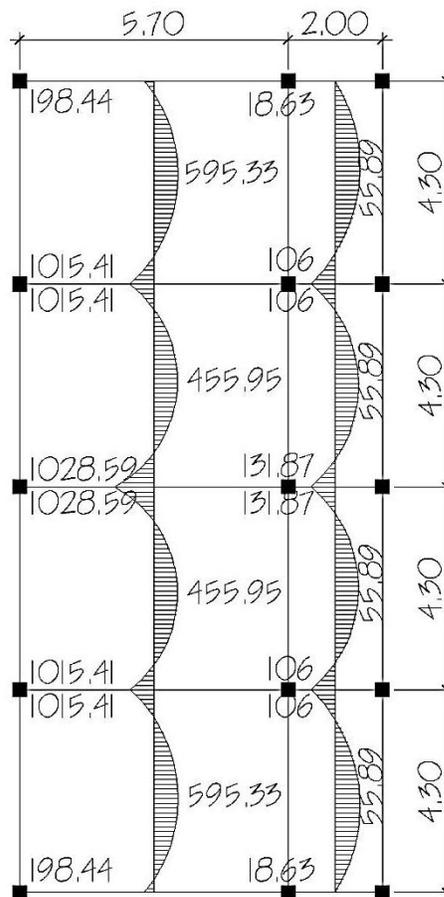
Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Planta de momentos balanceados, nivel 2 sentido x (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 39. **Planta de momentos balanceados, nivel 2 sentido y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

- Diseño de armado de losa

Primero, se debe establecer el acero mínimo y el momento que resiste, para luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al mínimo.

Datos:

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

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

$$b = 100 \text{ cm (franja para un metro)}$$

$$t = 12 \text{ cm}$$

$$r = 2,5 \text{ cm}$$

Peralte

$$d = t - r - \phi / 2$$

$$d = 12 - 2,5 - (0,95/2) = 9 \text{ cm}$$

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,10}{2810,00} * 100,00 * 9,00$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$S = \text{Área de acero hierro No.3} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 0,71 * \frac{100}{4,52}$$

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

Usar No.3 @ 15 cm.

Espaciamiento máximo

$$S_{\text{máx}} = 2 * t$$

$$S_{\text{máx}} = 2 * 12,00$$

$$S_{\text{máx}} = 24,00 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{As_{\min}} = \phi * As * fy * d - \frac{As * fy}{1,7 * f_c * b}$$

$$M_{As_{\min}} = 0,90 * 4,52 * 2810,00 * 9,00 - \frac{4,52 * 2810,00}{1,7 * 210,00 * 100,00}$$

$$M_{As_{\min}} = 988,13 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Para los momentos menores o iguales que resiste el área de acero mínimo, se usará hierro No. 3 @ 15 centímetros, y para los momentos mayores que resiste el área de acero mínimo se procede de la siguiente manera.

$$As = b * d - \frac{b * d^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}}{0,003825 * f_c} * \frac{0,85 * f_c}{fy}$$

$$As = 100 * 9 - \frac{100 * 9^2 - \frac{1029 * 100}{0,003825 * 210}}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$As = 4,72 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$S = \text{Área de acero hierro No.3} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero}}$$

$$S = 0,71 * \frac{100}{4,72}$$

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

Usar No. 3 @ 15 cm

La losas del segundo nivel, será armada con varillas No.3 @ 0,15 m, en ambos sentidos.

- Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\max} = \frac{CU * L}{2} = \frac{713,20 * 5,7}{2} = 2 032,62 \text{ kg}$$

- Cálculo del corte máximo resistente

$$V_r = \phi \bar{f}_c * b * d$$

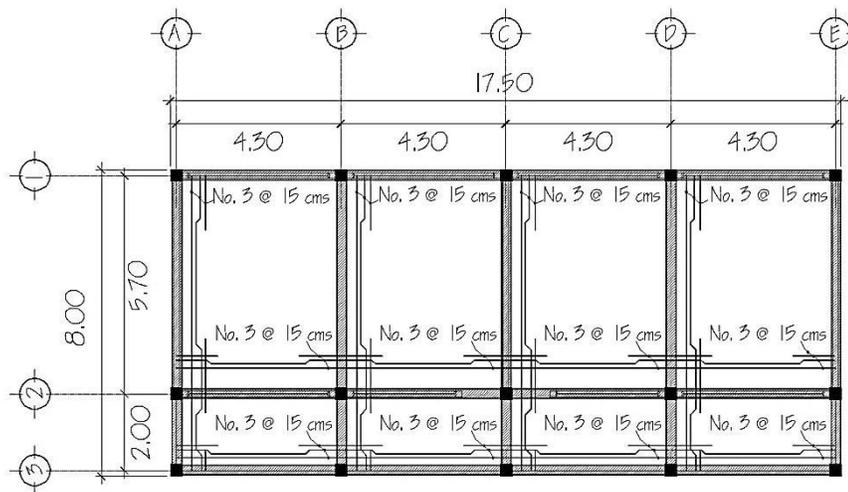
$$V_r = 0,85 \cdot 210 * 100 * 9 = 11 085,90 \text{ kg}$$

Comparar V_r con V_{\max}

Si $V_r > V_{\max}$, el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar t.

Como $V_r > V_{\max}$ el espesor es adecuado.

Figura 40. **Detalle de armado final losa segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

En el caso de la losa del primer nivel, el procedimiento es similar al anterior, variando los datos de carga viva, carga muerta y el armado final.

3.1.6.9. Diseño de vigas

Las vigas son los elementos horizontales que reciben las cargas de las losas y las transmiten a las columnas, estas trabajan fundamentalmente a flexión, serán diseñadas por el método de resistencia última, que se basa en la suposición de que los elementos fallan cuando alcanzan su resistencia última, utilizando cargas factorizadas y reduciendo la resistencia de los materiales por medio del factor de reducción Φ .

La viga que se diseña a continuación, está ubicada en el segundo nivel del marco típico en el sentido X del eje 1 al eje 2. Los datos tomados del análisis estructural, se muestran en la figura 40. En esta gráfica se incluyen los momentos positivos, negativos, así también los cortes últimos.

Datos:

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

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

$$\text{Sección de viga} = 25\text{cm} \times 40\text{cm}$$

$$\text{recubrimiento} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{peralte efectivo} = 36\text{cm}$$

$$M(-)_1 = 4\,344,43 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = 4\,089,37 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_2 = 5\,971,60 \text{ kg-m}$$

- Límites de acero

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{2\,810,00} * 25,00 * 36,00$$

$$A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,85 \frac{\beta * f'_c}{f_y} * \frac{6\,090}{6\,090 + f_y} = 0,85 \frac{0,85 * 210}{2\,810} * \frac{6\,090}{6\,090 + 2\,810} = 0,0369$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * 0,0369 * 25 * 36$$

$$A_{s_{\max}} = 16,61 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo longitudinal

Con los momentos dados, se determinan las áreas de acero, utilizando la siguiente ecuación.

$$A_s = b * d - \sqrt{b * d^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} * \frac{0,85 * f_c}{f_y}$$

$$M(-)_1 = 4,99 \text{ cm}^2$$

$$M(+) = 4,68 \text{ cm}^2$$

$$M(-)_2 = 6,99 \text{ cm}^2$$

El capítulo 21 del código ACI 318, da los siguientes parámetros para calcular el refuerzo corrido y los bastones:

Para la cama superior, colocar 2 varillas corridas como mínimo, se deberá de considerar el $A_{s_{\min}}$ y el 33 por ciento del área de acero del momento negativo mayor, se aplicará el área de acero mayor y se propondrá un armado para ésta.

Para la cama inferior, colocar 2 varillas corridas como mínimo, se considerará el $A_{s_{\min}}$, el 50 por ciento del área de acero del momento negativo mayor y el 50 por ciento del área de acero para el momento positivo mayor, de igual manera se aplicará el área de acero mayor y se propondrá un armado que cubra dicha área.

- Cama superior

$$\left. \begin{array}{l} A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2 \\ 33\% A_s(-) \text{ mayor} = 0,33 * 6,99 \text{ cm}^2 = 2.31 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Se coloca el mayor} \\ A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Armado propuesto 2 varillas No. 6 corridas = 5,70 cm².

- Cama inferior

$$\left. \begin{array}{l} A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2 \\ 50\% A_s(-) \text{ mayor} = 0,50 * 6,99 \text{ cm}^2 = 3,50 \text{ cm}^2 \\ 50\% A_s(+) = 0,50 * 4,68 \text{ cm}^2 = 2,34 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Se coloca el mayor} \\ A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Armado propuesto 2 varillas No. 6 corridas = 5,70 cm²

- Acero transversal

Luego de calcular el armado por flexión, se calcula el refuerzo para resistir los esfuerzos de corte sobre la viga (estribos), para lo cual se recurre al diagrama de corte de la viga.

Cálculo de corte resistente

$$V_{res} = \phi * 0,53 * \overline{f'_c} * b * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \overline{210,00} * 25,00 * 36,00$$

$$V_{res} = 5\ 875,53 \text{ kg}$$

Corte actuante

$$V_{act} = 5\ 285,78 \text{ kg}$$

Si $V_{act} > V_{res}$, colocar estribos por corte en zona confinada.

Si $V_{act} < V_{res}$, colocar estribos a $S_{m\acute{a}x}$.

En este caso $V_{res} > V_{act}$ por lo que se colocan estribos a $S_{m\acute{a}x}$.

- Espaciamiento máximo

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{36,00}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 18,00 \text{ cm}$$

Para estructuras a base de marcos dúctiles con nudos rígidos, se colocan estribos en los extremos de la viga, según requerimiento de la sección 21.3.3.2 del código ACI 318, en una longitud igual a 2d.

El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento, no debe exceder de:

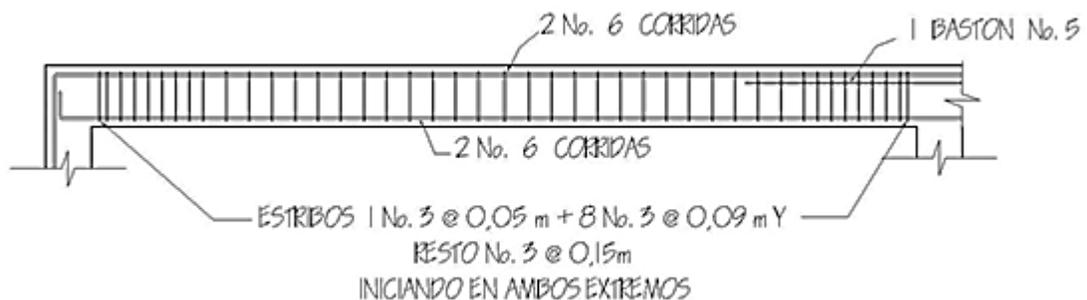
- $d/4 = 9,00 \text{ cm}$
- 8 veces el diámetro de la varilla longitudinal más pequeña = 15,24 cm
- 25 veces el diámetro del estribo cerrado de confinamiento = 23,81 cm
- 30 cm

De los anteriores, se debe escoger el menor.

$$L_{\text{confinamiento}} = 2d = 72 \text{ cm}$$

El armado de estribos final para la viga, es el siguiente: el primer estribo No. 3 a 0,05 m + 8 estribos + No. 3 a 0,09 m en zona confinada en ambos extremos y el resto @ 0,15 metros en zona no confinada. Ver figura, sección longitudinal de viga.

Figura 41. **Detalle de armado de viga sección longitudinal**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.10. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes.

Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por el área tributaria. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los 2 momentos actuantes en extremos de ésta. Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos.

El diseño resultante para cada columna, es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas de la edificación escolar.

Diseño de columna de segundo nivel

Datos:

Sección de columna = 30 cm x 30 cm

Sección de viga = 25 cm x 40 cm

Longitud de columna = 2,60 m

Área tributaria de columna = 16,56 m²

$M_x = 6\,396,48 \text{ kg-m}$

$M_y = 4\,058,04 \text{ kg-m}$

$V_{\max} = 4\,2561,06 \text{ kg}$

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

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

recubrimiento = 3 cm

Carga axial

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

$CU = 1,4(338) + 1,7(100) = 713,20 \text{ kg/m}^2$

Factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM+CV} = \frac{713,20}{388+100} = 1,46$$

Peso de vigas

$$P_v = b \cdot h \cdot \gamma_{con} \cdot L$$

$$P_v = 0,25 \cdot 0,40 \cdot 2400 \cdot 8,15 = 1956 \text{ kg}$$

Carga axial última

$$P_u = A_{triburatia} \cdot CU + P_v \cdot F_{cu}$$

$$P_u = 16,56(713,20) + 1956(1,46)$$

$$P_u = 14666,35 \text{ kg}$$

Las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, y determinar su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas con base a esto.

- Columnas cortas ($E < 22$)
Diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.
- Columnas intermedias ($22 > E > 100$)
Diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$)
No construirlas.

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ).

Sentido x.

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

$$I_{col} = \frac{1}{12} * 30 * 30^3 = 67\,500$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * 25 * 40^3 = 133\,333,33$$

$$K = \frac{I}{L}$$

$$K_{col} = \frac{67\,500}{300} = 225$$

$$K_{viga1} = \frac{133\,333,33}{570} = 233,92$$

$$K_{viga2} = \frac{133\,333,33}{200} = 666,67$$

Extremo superior

$$\Psi_a = \frac{k_{col}}{k_{vig}}$$

$$\Psi_a = \frac{225}{233,92 + 666,67}$$

$$\Psi_a = 0,25$$

Extremo inferior

$$\Psi_b = \frac{k_{col}}{k_{vig}}$$

$$\Psi_b = \frac{225 + 225}{233,92 + 666,67}$$

$$\Psi_b = 0,50$$

Promedio

$$\Psi_p = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

$$\Psi_p = \frac{0,25 + 0,50}{2}$$

$$\Psi_p = 0,38$$

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p < 2$

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

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p > 2$

$$k = 0,9 * \frac{1}{1 + \Psi_p}$$

Debido a que $\Psi_p < 2$

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

$$k = \frac{20 - 0,38}{20} * \frac{1}{1 + 0,38}$$

$$k = 1,15$$

Esbeltez en columna

$$E = \frac{k * L_u}{0,3 * lado}$$

$$E = \frac{1,15 * 2,60}{0,3 * 0,3}$$

$E = 33,22 > 22$ se clasifica como columna intermedia.

Sentido y.

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

$$I_{col} = \frac{1}{12} * 30 * 30^3 = 67\ 500$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * 25 * 40^3 = 133\ 333,33$$

$$K = \frac{I}{L}$$

$$K_{col} = \frac{67\ 500}{300} = 225$$

$$K_{viga1} = \frac{133\ 333,33}{430} = 310,08$$

Extremo superior

$$\Psi_a = \frac{k_{col}}{k_{vig}}$$

$$\Psi_a = \frac{225}{310,08 + 310,08}$$

$$\Psi_a = 0,36$$

Extremo inferior

$$\Psi_b = \frac{k_{col}}{k_{vig}}$$

$$\Psi_b = \frac{225 + 225}{310,08 + 310,08}$$

$$\Psi_b = 0,73$$

Promedio

$$\Psi_p = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

$$\Psi_p = \frac{0,36 + 0,73}{2}$$

$$\Psi_p = 0,55$$

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p < 2$

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

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p > 2$

$$k = 0,9 * \frac{1}{1 + \Psi_p}$$

Debido a que $\Psi_p < 2$

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

$$k = \frac{20 - 0,55}{20} * \frac{1}{1 + 0,55}$$

$$k = 1,21$$

Esbeltez en columna

$$E = \frac{k * L_u}{0,3 * lado}$$

$$E = \frac{1,21 * 2,60}{0,3 * 0,3}$$

$$E = 34,96 > 22 \text{ se clasifica como columna intermedia.}$$

- Magnificación de momentos

Para un análisis estructural convencional de primer orden, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos lateral de los miembros, es necesario modificar los valores calculados, con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI – 318 de magnificación de momentos.

$$\beta_d = \frac{1,4 \text{ CMu}}{\text{CU}}$$

$$\beta_d = \frac{1,4(388)}{713,20}$$

$$\beta_d = 0,76$$

$$E_c = 15\,100 * \overline{f'_c}$$

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

$$EI = \frac{E_c * I_{col}}{2,5 * \beta_d + 1}$$

$$EI = \frac{15\,100,00 * \overline{210,00} * \frac{1}{12} * 30 * 30^3}{2,5 * 0,76 + 1}$$

$$EI = 3,36E^9 \text{ kg*cm}^2$$

$$EI = 336 \text{ ton*m}^2$$

Carga crítica de pandeo por Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{k * L_u^2}$$

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 * 336}{1,15 * 2,60^2}$$

$$P_{crx} = 370,93 \text{ ton}$$

$$P_{cry} = \frac{\pi^2 * 336}{1,21 * 2,60^2}$$

$$P_{cry} = 335,05 \text{ ton}$$

- Magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}}$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{14,67}{0,70 * 370,93}}$$

$$\delta_x = 1,06$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{14,67}{0,70 * 335,05}}$$

$$\delta_y = 1,07$$

- Momentos de diseño

$$Md_x = \delta_x * M_x$$

$$Md_x = 1,06 * 6 396,48$$

$$Md_x = 6 780,27 \text{ kg*m}$$

$$Md_y = \delta_y * M_y$$

$$Md_y = 1,07 * 4 058,04$$

$$Md_y = 4 342,10 \text{ kg*m}$$

- Acero longitudinal por el método Bresler:

Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo y que produce resultados satisfactorios. Consiste en aproximar el valor $1/P'u$, a través de un punto del plano; determinado por 3 valores: carga axial pura ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ux$) y carga de falla para una excentricidad e_y ($P'uy$).

- Límites de acero

Según ACI – 318, el área de acero en una columna, debe estar dentro de los siguientes límites $1\% A_g < A_s < 6\% A_g$, en zona sísmica.

$$A_{s_{\min}} = 0,01 * \text{Área de sección}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,01 * 30 * 30$$

$$A_{s_{\min}} = 9,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,06 * \text{Área de sección}$$

$$A_{s_{\max}} = 0,06 * 30 * 30$$

$$A_{s_{\max}} = 54,00 \text{ cm}^2$$

- Armado propuesto y área de acero equivalente
8 No. 6 = 22,80 cm²

Valores de la gráfica

$$y = x = \frac{b - 2rec}{h} = \frac{0,30 - 2(0,03)}{0,30} = 0,80$$

Valores de la curva

$$\rho = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot A_g} = \frac{22,80 \cdot 2810}{0,85 \cdot 210 \cdot 900} = 0,40$$

Excentricidades

$$e_x = \frac{M_{d_x}}{P_u}$$

$$e_x = \frac{6780,27}{14666,35}$$

$$e_x = 0,46 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{d_y}}{P_u}$$

$$e_y = \frac{4342,10}{14666,35}$$

$$e_y = 0,30 \text{ m}$$

Diagonales

$$e_x \cdot h_x = 0,46 \cdot 0,30$$

$$e_x \cdot h_x = 1,53$$

$$e_y \cdot h_y = 0,30 \cdot 0,30$$

$$e_y \cdot h_y = 1$$

Valores obtenidos de las gráficas (ver anexo 2).

$$K_x = 0,12$$

$$K_y = 0,22$$

Cargas

$$P'_{ux} = k_x \cdot f'_c \cdot b \cdot h$$

$$P'_{ux} = 0,12 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 22\ 680 \text{ kg}$$

$$P'_{uy} = k_y \cdot f'_c \cdot b \cdot h$$

$$P'_{uy} = 0,22 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 41\ 580 \text{ kg}$$

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

$$P'_o = 0,70 \cdot (0,85 \cdot 210 \cdot (900 - 22,80) + 22,80 \cdot 2\ 810) = 154\ 453,74 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{134\ 190,00} + \frac{1}{22\ 680,00} - \frac{1}{170\ 792,94}}$$

$$P'_u = 21\ 887,21 \text{ kg}$$

$P'_u > P_u$ el armado propuesto es correcto.

Acero transversal (estribos)

Además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan, su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d/2$

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos a corte

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \overline{f_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \overline{210,00} * 30,00 * 27,00$$

$$V_r = 5\,287,98 \text{ kg}$$

$$V_u = 4\,251,06 \text{ kg}$$

$$V_r > V_u$$

$$S = d/2 = 27/2 = 13,50 \text{ cm}$$

Los estribos se colocaran a cada 13,00 centímetros con varillas No.3, se utilizarán los requerimientos del ACI – 318. La longitud de confinamiento, se escoge entre la mayor de las siguientes opciones:

- $Lu/6 = 2,60/6 = 0,43 \text{ cm}$
- Lado mayor de la sección de columna = 30,00 cm
- 45 cm

Se utilizará una longitud de confinamiento igual a 50,00 cm

Relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 * \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 * 0,85 * \frac{f_c}{f_y}$$

$$\rho_s = 0,45 * \frac{30,00 * 30,00}{24,00 * 24,00} - 1 * 0,85 * \frac{210,00}{2\,810,00}$$

$$\rho_s = 0,0161$$

Determinando chequeo de relación volumétrica

$$\rho_s > 0,12 * \frac{f_c}{f_y}$$

$$\rho_s > 0,12 * \frac{210,00}{2810,00}$$

$$\rho_s > 0,0080$$

Cálculo del espaciamiento según cuantía volumétrica con hierro No. 3:

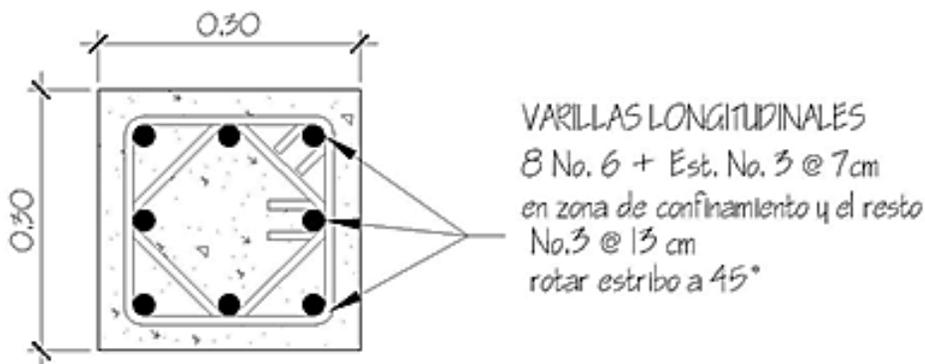
$$S = \frac{4 * A_v}{\rho_s * L_n}$$

$$S = \frac{4 * 0,71}{0,0161 * 24,00}$$

$$S = 7,39 \text{ cm}$$

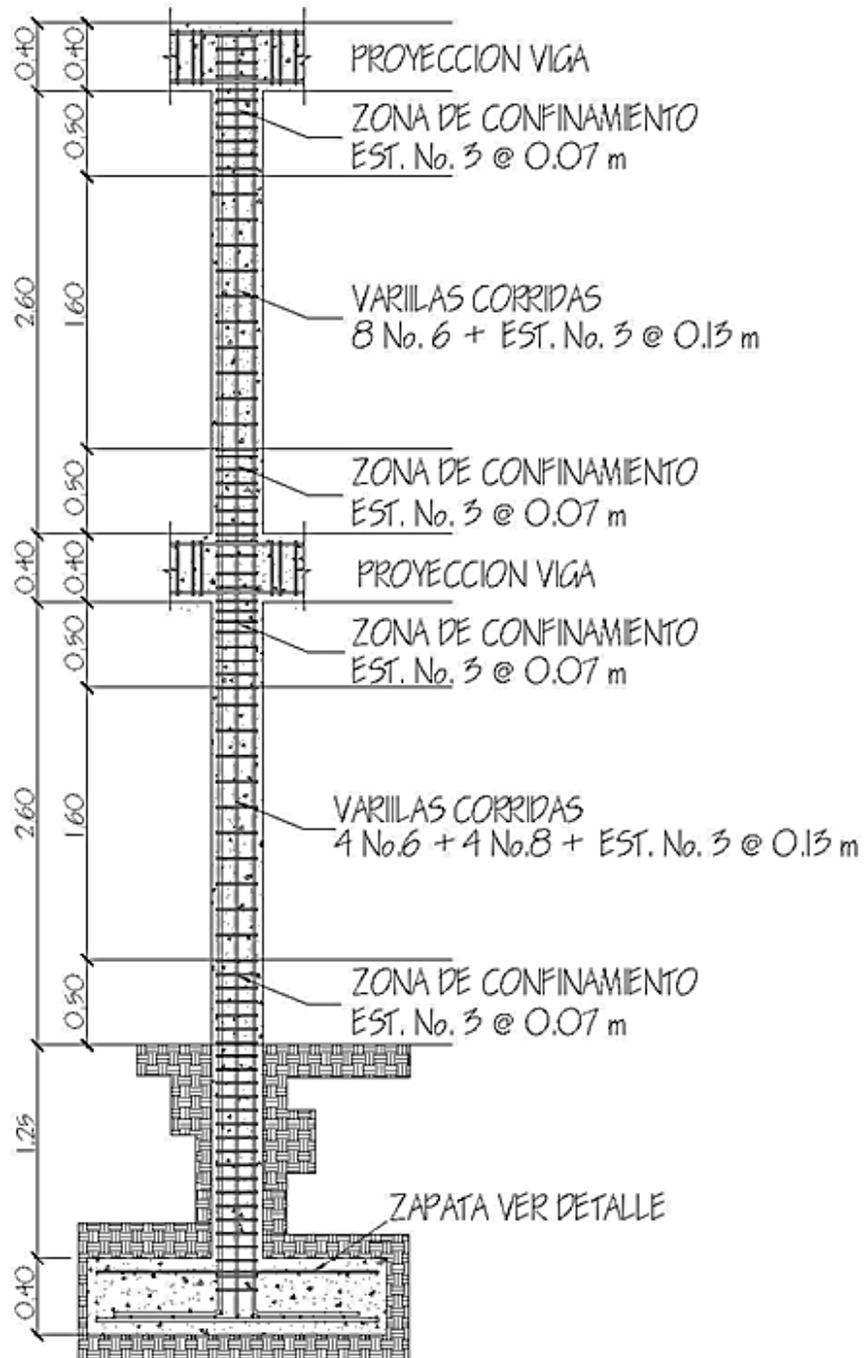
Por tener varillas en las caras de la columna, se colocarán estribos rotados a 45 grados, según ACI – 318. Por tener doble estribo en zona confinada, el espaciamiento se adopta de 7 centímetros en la zona confinada.

Figura 42. **Sección de columna segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 43. Detalle típico de columna



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.6.11. Diseño de gradas

El módulo de gradas, se diseñó como una estructura independiente de los marcos, esto con el fin de que al momento que ocurra un sismo, ésta no se vea afectada por las acciones de la estructura. Una escalera debe ser cómoda y segura, dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella.

La huella y la contra huella deben cumplir con los siguientes criterios:

$$c < 20,00 \text{ cm}$$

$$h > c$$

$$2 * c + h < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$c + h = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}$$

$$c * h = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

Donde:

c = contra huellas

h = huellas

Número de escalones mínimos

$$h/c = 3,00/0,15 = 20 \text{ escalones}$$

Se tomaron 10 contrahuellas antes del descanso

Número de huellas

$$\text{No. De contrahuellas} - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ huellas}$$

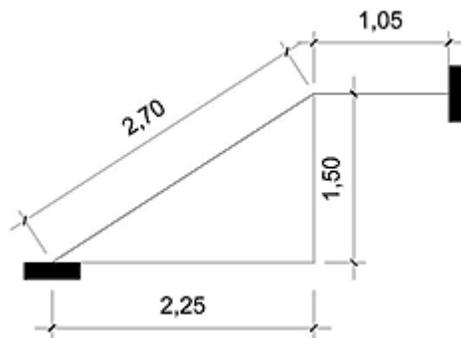
Por lo tanto se obtiene:

10 contrahuellas de 15 cm

9 huellas de 25 cm

Por ser una losa que se encuentra simplemente apoyada en 2 extremos, se considerara como losa en un sentido.

Figura 44. **Dimensión módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Longitud de losa

$$\text{Longitud} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Longitud} = \sqrt{2,25^2 + 1,50^2}$$

$$\text{Longitud} = 2,70 \text{ m}$$

Espesor de losa

$$t = L/24$$

$$t = 2,70/24 = 0,12 \text{ m}$$

Integración de cargas

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

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

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

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

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

CM

Peso propio de la escalera

$$P_c = t \cdot \frac{c}{2} = 2\,400 \cdot 0,12 - \frac{0,15}{2} + 100 = 568 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{TOTAL CM} = 568 \text{ kg/m}^2$$

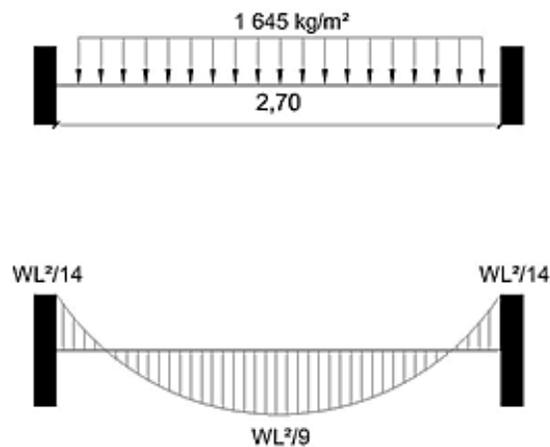
CV

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

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

$$\text{CU} = 1,4 (568) + 1,7 (500) = 1\,645 \text{ kg/m}^2$$

Figura 45. **Distribución de carga y momentos módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{w \cdot L^2}{9} = \frac{1\,645 \cdot 2,70^2}{9} = 1\,332 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{w \cdot L^2}{14} = \frac{1\,645 \cdot 2,70^2}{14} = 857 \text{ kg-m}$$

Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} \cdot b \cdot d$$

Donde:

f_y = límite de fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\,810,00} \cdot 100,00 \cdot 9,50$$

$$A_{s_{\min}} = 4,77 \text{ cm}^2$$

Área de acero

$$A_s = b \cdot d - \frac{b \cdot d^2}{0,003825 \cdot f_c} \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y}$$

Donde:

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

M = momento analizado

f'c = resistencia a la compresión del concreto

fy = límite de fluencia del acero

$$As(+)= 100,00 * 9,50 - \frac{100,00 * 9,50^2}{0,003825 * 210,00} * \frac{0,85 * 210,00}{2810,00}$$

$$As + = 5,83 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento para momento positivo con hierro No.3

$$S = \text{Área de acero hierro No.3} * \frac{\text{Franja unitaria}}{As(+)}$$

$$S = 0,71 * \frac{100,00}{5,83}$$

$$S = 12,17 \text{ cm}$$

Usar hierro No.3 @ 12 cm

$$As(-)= 100,00 * 9,50 - \frac{100,00 * 9,50^2}{0,003825 * 210,00} * \frac{0,85 * 210,00}{2810,00}$$

$$As - = 4,77 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento para momento negativo con hierro No.3

$$S = \text{Área de acero hierro No.3} * \frac{\text{Franja unitaria}}{As(+)}$$

$$S = 0,71 * \frac{100,00}{4,77}$$

3.1.6.12. Diseño de cimientos

El cimiento corrido para los muros, se calcula como una franja unitaria; se diseñaran para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas y proporcionar un empotramiento de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos.

Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se diseña un cimiento tipo trapezoidal, según las Normas de AGIES capítulo 5 especificaciones para cimentación, el cual funciona a la vez como solera de humedad, capaz de resistir las fuerzas de corte y momento producidos por sismos en dirección perpendicular al plano del muro, teniendo las dimensiones siguientes:

$$B = 30 \text{ cm}$$

$$b = 16 \text{ cm}$$

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

Donde:

B = base mayor

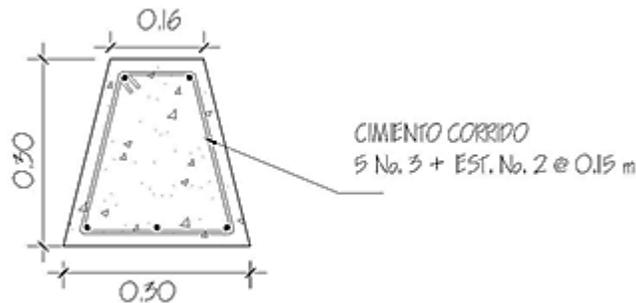
b = base menor

h = altura

El refuerzo a utilizar es el siguiente:

5 varillas No 3 longitudinales, estribos No 2 @ 15 cm

Figura 47. **Detalle de cimiento corrido de sección trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

En este proyecto, se utilizarán zapatas concéntricas, para cargar las columnas, y cimiento corrido para cargar los muros de mampostería. Las zapatas son miembros estructurales que se usan para soportar columnas y muros, para transmitir sus cargas al suelo subyacente. El material más adecuado, es el concreto reforzado, se utilizan para edificios de concreto reforzado, de acero estructural, puentes, torres y otras estructuras.

Datos:

$$M_x = 8,63 \text{ Ton-m}$$

$$M_y = 8 \text{ Ton-m}$$

$$PU = 36,21 \text{ Ton}$$

$$FCU = 1,53$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,42 \text{ Ton/m}^3$$

$$P_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_s = 17,75 \text{ Ton/m}^2$$

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

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

Cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{FCU}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{FCU}$$

Donde:

P_u = carga axial última

FCU = factor de carga última

M_x = momento en el sentido x

M_y = momento en el sentido y

$$P'_t = \frac{36,21}{1,53}$$

$$P'_t = 23,67 \text{ ton}$$

$$M'_{tx} = \frac{8,63}{1,53}$$

$$M'_{tx} = 5,64 \text{ ton*m}$$

$$M'_{ty} = \frac{8,00}{1,53}$$

$$M'_{ty} = 5,23 \text{ ton*m}$$

Predimensionamiento de área de zapata.

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * P'_t}{V_s}$$

Donde:

P'_t = carga de trabajo

V_s = valor soporte del suelo

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * 23,67}{17,75}$$

$$A_{zapata} = 2 \text{ m}^2$$

Se propone utilizar una zapata cuadrada de 2m; $A_{zapata} = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$.

- Revisión de presión sobre el suelo

Luego de haber dimensionado la zapata, se procede a calcular la carga máxima admisible, la cual debe ser menor que el valor soporte del suelo y mayor que cero, si se supone que las presiones están linealmente distribuidas.

$$q = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} + \frac{M'_{tx}}{S_x} + \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Donde:

P_{sz} = carga sobre zapata

A_{zapata} = área de zapata

M'_{tx} = momento de trabajo en sentido x

M'_{ty} = momento de trabajo en sentido y

S_x = factor en el sentido x

S_y = factor en el sentido y

Carga sobre zapata

$$P_{sz} = P't + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

Donde:

$P't$ = carga de trabajo

$P_{columna}$ = peso debido a la columna

P_{suelo} = peso debido al suelo

$P_{cimiento}$ = pesos debido al cimiento

$$P_{sz} = 23,67 + (0,30)^2(2,40)(4,25) + 4(1,25)(1,42) + 4(0,40)(2,40)$$

$$P_{sz} = 35,53 \text{ Ton}$$

Presión máxima sobre el suelo

$$q_{\text{máx}} = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} + \frac{M'_{tx}}{\frac{b * h^2}{6}} + \frac{M'_{ty}}{\frac{b * h^2}{6}}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{35,53}{4} + \frac{5,64}{\frac{2 * 2^2}{6}} + \frac{5,23}{\frac{2 * 2^2}{6}}$$

$$q_{\text{máx}} = 17,06 \text{ ton/m}^2 < \text{Valor soporte}$$

Presión mínima sobre el suelo

$$q_{\text{min}} = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} - \frac{M'_{tx}}{\frac{b * h^2}{6}} - \frac{M'_{ty}}{\frac{b * h^2}{6}}$$

$$q_{\text{min}} = \frac{35,53}{4} - \frac{5,64}{\frac{2 * 2^2}{6}} - \frac{5,23}{\frac{2 * 2^2}{6}}$$

$$q_{\text{min}} = 0,71 \text{ ton/m}^2 > 0,00$$

De los resultados obtenidos, se puede observar que la carga máxima es menor que el valor soporte del suelo y la carga mínima es mayor que cero, por lo que las dimensiones son correctas.

La presión del suelo, en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de la misma, para el diseño se determina una presión constante; se realiza el diseño con la carga máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{máx}} * \text{FCU}$$

Donde:

$q_{\text{máx}}$ = carga máxima admisible

FCU = factor de carga ultima

$$q_{\text{diseño}} = 17,06 * 1,53 = 26,1 \text{ Ton/m}^2$$

Espesor de la zapata

Dimensionada el área, se procede a determinar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 7,50 centímetros, y que el peralte efectivo sea mayor de 15,00 centímetros más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte, para este caso será de 40,00 centímetros.

Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2}$$

Dónde:

t = espesor asumido

rec = recubrimiento

Determinar peralte efectivo con hierro No.6.

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2}$$

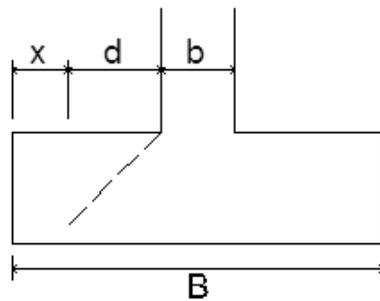
$$d = 40,00 - 7,50 - \frac{1,91}{2}$$

$$d = 31,55 \text{ cm}$$

Corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 48. **Corte simple en zapatas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Distancia x :

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

Donde:

B = base de la zapata

b = base de la columna

d = distancia igual al peralte efectivo

Determinando distancia x:

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{2,00}{2} - \frac{0,30}{2} - \frac{31,55}{100}$$

$$x = 0,53 \text{ m}$$

Corte actuante:

$$V_{\text{act-sim}} = A_{\text{act-sim}} * q_{\text{diseño}}$$

Donde:

$A_{\text{act-sim}}$ = área actuante al corte simple

$q_{\text{diseño}}$ = carga de diseño

$$V_{\text{act-sim}} = (2,00 * 0,53) * 26,10$$

$$V_{\text{act-sim}} = 27,67 \text{ Ton}$$

Corte resistente

$$V_{\text{res-sim}} = \phi * 0,53 * \overline{f_c} * b * d$$

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 0,53 * \overline{210,00} * 200 * 31,00$$

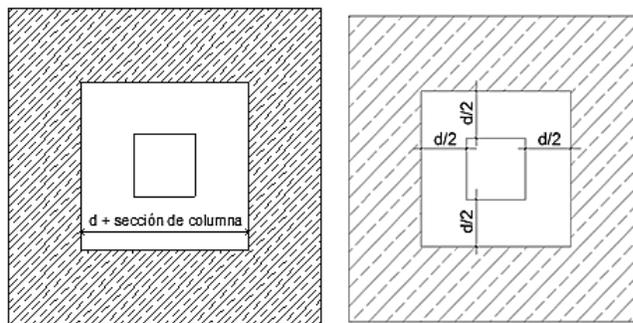
$$V_{\text{res-sim}} = 41,19 \text{ Ton}$$

Con los resultados anteriores, se demuestra que la condición si cumple; el corte actuante es menor que el corte resistente.

- Corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d / 2$, del perímetro de la columna.

Figura 49. **Corte punzonante en zapatas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

$$b_o = 4 (c+d) = 4(30+31,55)$$

- Corte actuante

$$V_{\text{act-pun}} = q_{\text{diseño}} (A_{\text{zapata}} - (c+d)^2)$$

Donde:

$V_{\text{act-pun}}$ = corte actuante punzonante

A_{zapata} = área de zapata

$q_{\text{diseño}}$ = carga de diseño

$$V_{\text{act-pun}} = 26,10 * (2^2 - 0,61)^2$$

$$V_{\text{act-pun}} = 94.51 \text{ Ton}$$

- Corte resistente

$$V_{\text{res-pun}} = \phi * 1,06 * \overline{f'_c} * b_o * d$$

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 1,06 * \overline{210,00} * 246,20 * 31,55$$

$$V_{\text{res-sim}} = 101,42 \text{ Ton}$$

Diseño del refuerzo.

El empuje hacia arriba del suelo, produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero, para soportar los esfuerzos inducidos.

Momento último:

$$M_u = \frac{q_{\text{diseño}} * L^2}{2}$$

Donde:

$q_{\text{diseño}}$ = carga de diseño

L = distancia de extremo de la columna hacia borde de zapata

$$M_u = \frac{26,10 * \frac{2,00}{2} - \frac{0,30}{2}^2}{2}$$

$$M_u = 9,43 \text{ Ton*m}$$

Área de acero:

$$A_s = b * d - \sqrt{b * d^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_s = 100,00 * 31,55 - \frac{100,00 * 31,55^2 - \frac{9\,430,00 * 100,00}{0,003825 * 210,00} * \frac{0,85 * 210,00}{2\,810,00}}$$

$$A_s = 12,19 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínima:

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{2\,810,00} * 100,00 * 31,55$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 15,83 \text{ cm}^2$$

Como $A_s < A_{s_{\text{mín}}}$ colocar $A_{s_{\text{mín}}}$

Debido a que el área de acero mínima es mayor que el área de acero que requiere el momento último, se aplicará para el diseño el área de acero mínima.

Espaciamiento para área de acero mínima, utilizando hierro No. 6.

$$S = \text{Área de acero hierro No.6} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 2,85 * \frac{100,00}{15,56}$$

$$S = 18,32 \text{ cm}$$

Se colocará hierro No. 6 @ 0,18 m.

Área de acero por temperatura

Se colocará en la cama superior

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * 100,00 * 40,00$$

$$A_{s_{tem}} = 8,00 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento para área de acero por temperatura, utilizando hierro No. 6.

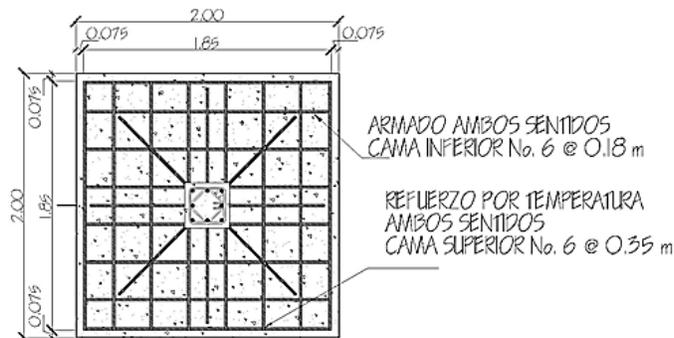
$$S = \text{Área de acero hierro No.6} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero por temperatura}}$$

$$S = 2,85 * \frac{100,00}{8,00}$$

$$S = 35,63 \text{ cm}$$

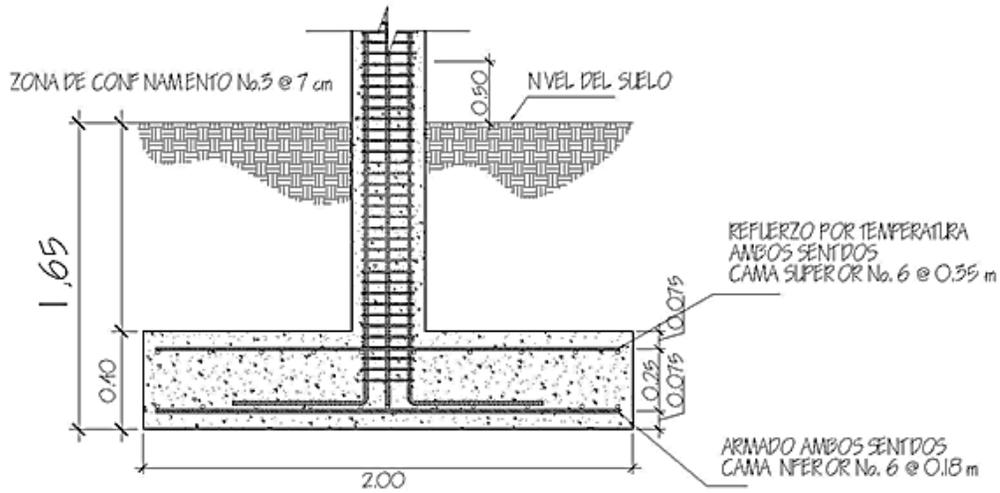
Se colocará hierro No. 6 @ 0,35 m

Figura 50. **Detalle de armado zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

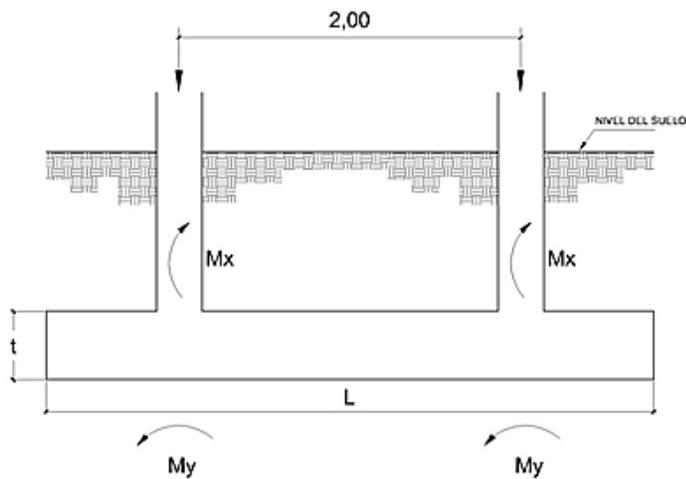
Figura 51. **Sección de zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Diseño de zapata combinada.

Figura 52. **Fuerzas sobre zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Datos:

$$FCU = 1,53$$

$$PU = 36,21 \text{ Ton}$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,42 \text{ Ton/m}^3$$

$$P_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

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

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

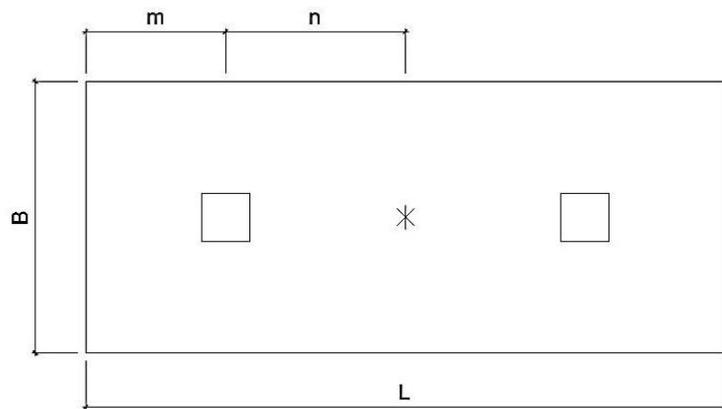
$$V_s = 17,75 \text{ Ton/m}^2$$

$$M_x = 8,63 \text{ Ton-m}$$

$$M_y = 8,00 \text{ Ton-m}$$

Haciendo el cimiento rectangular y tomando como base la distancia entre columnas, se tiene que:

Figura 53. Distancias hacia el centro geométrico zapata combinada



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Donde:

$$L = 2 m + n \qquad b = R / q * L$$

$$R = P_1 + P_2 \qquad q = V_s$$

Cargas de trabajo:

$$P't = \frac{PU}{FCU} = \frac{36,21}{1,53} = 23,67$$

$$Mdx = \frac{Mx}{FCU} = \frac{8,63}{1,53} = 5,64$$

$$Mdy = \frac{My}{FCU} = \frac{8,00}{1,53} = 5,23$$

Se asume $m = 1$

$$n = 1$$

$$L = 2(1+1) = 4m$$

$$b = (23,67+23,67) / (4*17,75) = 0,67 \text{ m}$$

$$A = 2 * 4 = 8m^2$$

Área de zapata:

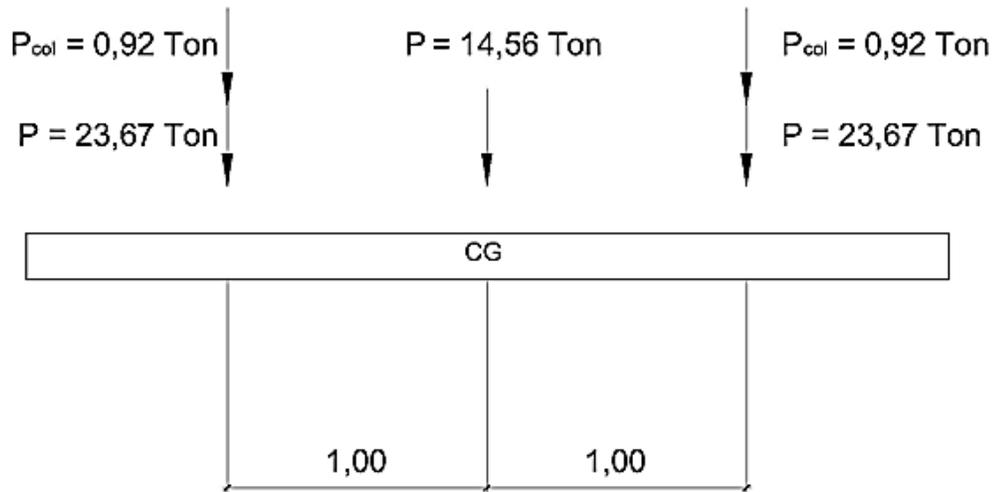
$$P_{col.} = (0,30*0,30*4,25)*2,40 = 0,92 \text{ Ton}$$

$$P_{Suelo} = 1,42*8,00 = 11,36 \text{ Ton}$$

$$P_{cimiento} = 0,40 * 8,00 = 3,20 \text{ Ton}$$

$$P_{cimiento} + P_{suelo} = 14,56 \text{ Ton}$$

Figura 54. Cargas equivalentes en el centro geométrico



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

$$P_{CG} = (0,92 \cdot 2,00) + (23,67 \cdot 2,00) + 14,56 = 63,74 \text{ Ton}$$

$$M_{CGX} = -5,64 - 1 \cdot (0,92 + 23,67) + 1 \cdot (0,92 + 23,67) - 5,64 = -11,28 \text{ Ton}$$

$$M_{CGY} = -5,23 - 1 \cdot (0,92 + 23,67) + 1 \cdot (0,92 + 23,67) - 5,23 = -10,46 \text{ Ton}$$

Presiones sobre el suelo

$$S = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

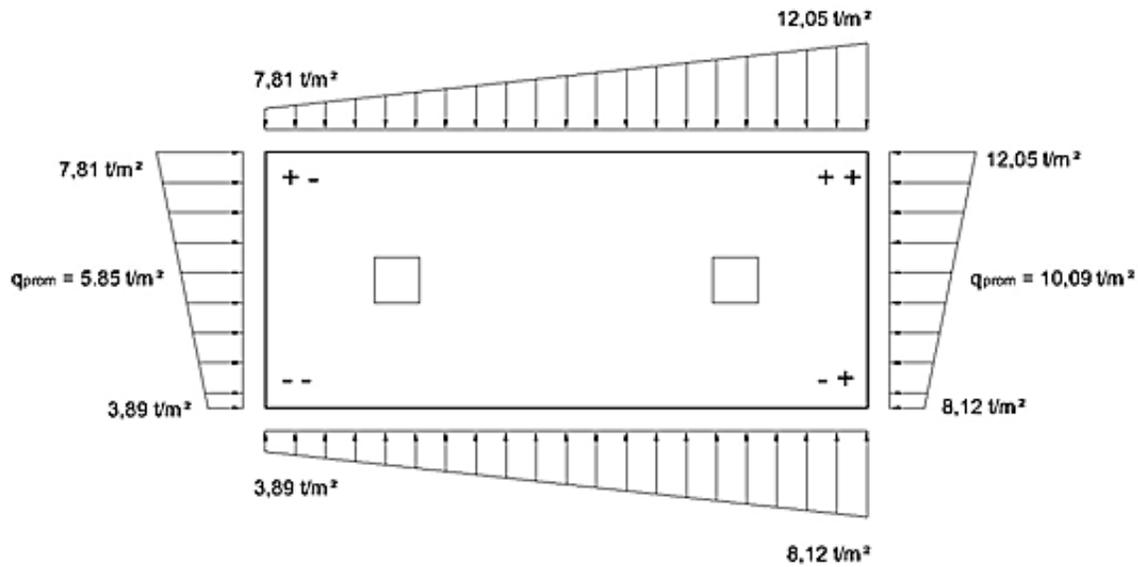
$$S = 1/6 \cdot 2 \cdot 4^2 = 5,33$$

$$q = P_{CG}/A_z \pm M_{CG}/S$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{63,74}{8,00} + \frac{11,28}{5,33} + \frac{10,46}{5,33} = 12,05 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} < V_s$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{63,74}{8,00} - \frac{11,28}{5,33} - \frac{10,46}{5,33} = 3,89 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} > 0$$

Figura 55. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

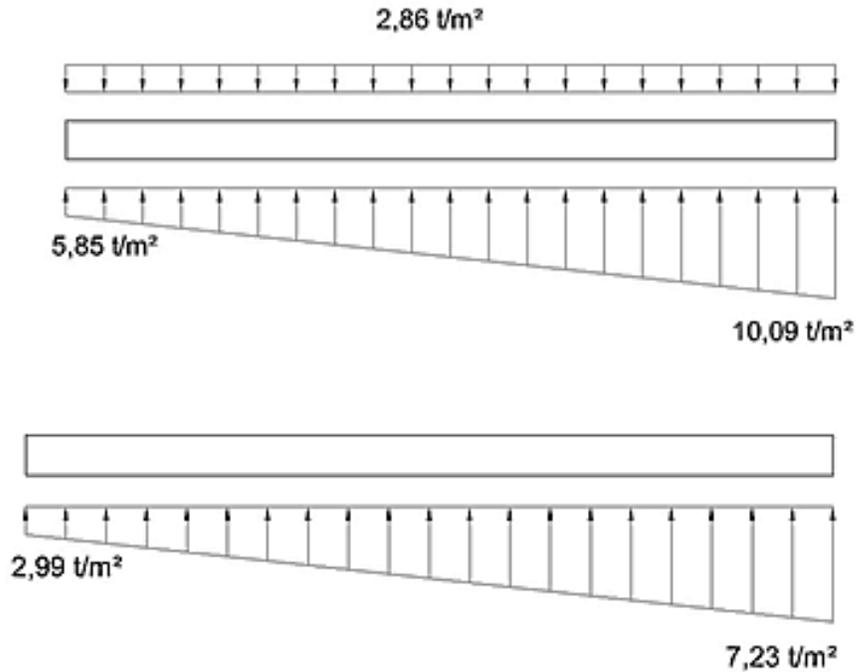
Presiones del suelo y cimiento.

$$q_s = \text{Desplante} * \gamma_{\text{suelo}} = 1,25 * 1,42 = 1,78 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} = t * \gamma_{\text{con.}} = 0,45 * 2,40 = 1,08 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_s + q_{\text{cim.}} = 2,86 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 56. **Presiones sobre el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Las presiones últimas de diseño, serán $q_{\text{diseño}} = \text{FCU} * q$, las presiones últimas por metro lineal, se obtiene de $w = b * q_{\text{diseño}}$, para $b =$ ancho de cimiento $b = 2 \text{ m}$

$$P_u = \text{FCU} * q_{\text{diseño}}$$

$$\text{Para } q = 2,99 \quad q_{\text{diseño}} = 1,53 * 2,99 = 4,57 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Para } q = 7,23 \quad q_{\text{diseño}} = 1,53 * 7,23 = 11,06 \text{ Ton/m}^2$$

Se encuentra una expresión para cualquier distancia x , una presión dada por relación de triángulos.

$$\frac{4,00}{11,06 - 4,57} = \frac{x}{q_{dx} - 4,57}$$

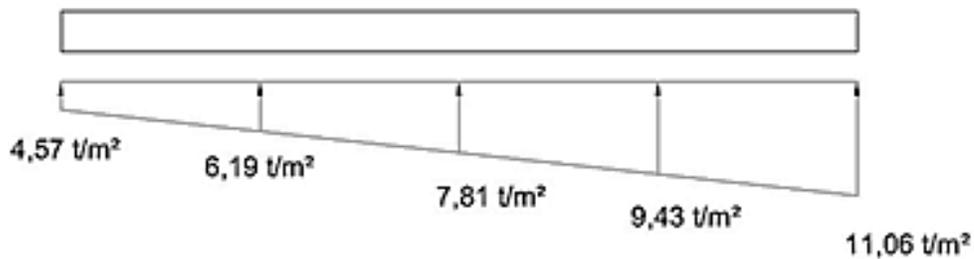
$$q_{dx} = 1,62x + 4,57$$

para $x = 1$, $q_{dx} = 1,62 (1) + 4,57 = 6,19 \text{ Ton/m}^2$

para $x = 2$, $q_{dx} = 1,62 (2) + 4,57 = 7,81 \text{ Ton/m}^2$

Para $x = 3$, $q_{dx} = 1,62 (3) + 4,57 = 9,43 \text{ Ton/m}^2$

Figura 57. **Presión última bajo el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $w = b * q_{diseño}$

$$Q_{diseño} = 4,57 \text{ Ton/m}^2$$

$$w = 2 (4,57) = 9,14 \text{ Ton/m}$$

$$Q_{diseño} = 6,19 \text{ Ton/m}^2$$

$$w = 2 (6,19) = 12,38 \text{ Ton/m}$$

$$Q_{diseño} = 7,81 \text{ Ton/m}^2$$

$$w = 2 (7,81) = 15,62 \text{ Ton/m}$$

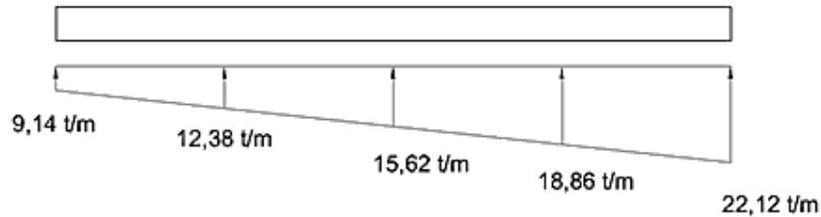
$$Q_{diseño} = 9,43 \text{ Ton/m}^2$$

$$w = 2 (9,43) = 18,86 \text{ Ton/m}$$

$$Q_{diseño} = 11,06 \text{ Ton/m}^2$$

$$w = 2 (11,06) = 22,12 \text{ Ton/m}$$

Figura 58. Presiones últimas por metro lineal



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

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

$$W_x = 3,25x + 9,14$$

Diagramas de corte y momento:

$$V_{ab} = (9,14 + 12,38) \cdot 1/2 = 10,76 \text{ Ton}$$

$$V_b = V_{ab} - 36,21 = 10,76 - 36,21 = -25,45 \text{ Ton}$$

$$V_{bc} = V_b + 12,38y + 3,25y^2, \text{ cuando } V_{bc} = 0, y = 1,48$$

$$w_x = 9,14 + 3,25x \rightarrow x = 1 + 1,48 = 2,48 \text{ m}$$

$$w = 9,14 + 3,25(2,48) = 17,20 \text{ Ton/m}$$

$$V_{cd} = (18,86 + 22,12) \cdot 1/2 = 20,49 \text{ Ton}$$

$$V_c = 36,21 - 20,49 = 15,72 \text{ Ton}$$

$$M_{ab} = \frac{9,14 \cdot 1^2}{2} + \frac{1}{3} \cdot 3,25 \cdot 1^2 = 5,65 \text{ Ton-m}$$

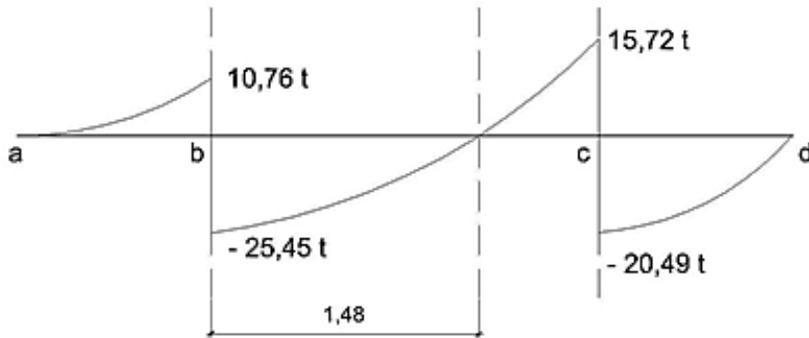
$$M_{\text{máx}} = 5,64 + \frac{12,38 \cdot 1,48^2}{2} + \frac{17,20 - 12,38 \cdot 1,48^2}{2} \cdot (1/3) - 25,45 \cdot 1,48$$

$$M_{\text{máx}} = -16,71 \text{ Ton-m}$$

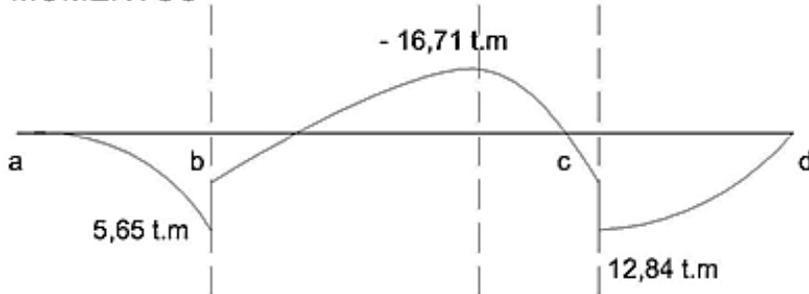
$$M_{\text{cd}} = \frac{24,59 \cdot 1^2}{2} + \frac{3,25 \cdot 1^2}{2} = * (2/3) = 12,84 \text{ Ton-m}$$

Figura 59. Diagramas de corte y momento

CORTES



MOMENTOS



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Chequeo por corte

$t = 0,45 \text{ m}$ y \emptyset No. 6

$\text{rec} = 7,50 \text{ cm}$

$d = 45 - 7,50 - 1 (1,91/2) = 36,55 \text{ cm}$

$$V_r = \phi * 0,53 * \overline{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \overline{210} * 200 * 36,55 = 47,72 \text{ Ton}$$

$$V_{\text{m}\acute{a}\text{x}} = 25,45 \text{ Ton}$$

$V_{\text{m}\acute{a}\text{x}} < V_r$, si resiste el corte.

Chequeo por corte punzonante

$$d = 36,55 \rightarrow 4 * (30 + d) = 266,20 \text{ cm}$$

$$V_r = \phi * 1,06 * \overline{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \overline{210} * 266,20 * 36,55 = 127,03 \text{ Ton}$$

$$V_{\text{act}} = PU - q_c * A_{\text{pz}} = 36,21 - 9,43 * (0,6655)^2 = 32,03 \text{ Ton}$$

$V_{\text{act}} < V_r$, si resiste el punzonamiento.

Chequeo por flexi3n

Refuerzo m3nimo

$$A_{s_{\text{m}\acute{i}\text{n}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{m}\acute{i}\text{n}}} = \frac{14,1}{2810,00} * 100,00 * 36,55$$

$$A_{s_{\text{m}\acute{i}\text{n}}} = 18,34 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo en el ancho de 2 m

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810,00} * 200,00 * 36,55$$

$$A_{s_{\min}} = 36,68 \text{ cm}^2$$

Momento que resiste.

$$M_{As_{\min}} = \phi \quad A_s * f_y \quad d - \frac{A_s * f_y}{1,70 * f'_c * b}$$

$$M_{As_{\min}} = 0,90 \quad 36,68 * 2810 \quad 36,55 - \frac{36,68 * 2810}{1,70 * 210 * 200}$$

$$M_{As_{\min}} = 32,57 \text{ Ton-m}$$

$$S = \frac{2,85 * 200}{36,38} = 15,54 \text{ cm}^2$$

Se utilizará No.6 @ 15 cm.

Para el M_{\max} se encuentra el momento faltante.

$$M_f = M_{\max} - M_R = 32,57 - 16,71 = 18,86 \text{ Ton-m}$$

Cálculo de área de acero para el momento máximo

$$A_s = b * d - \frac{b * d^2}{0,003825 * f'_c} * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_s = 200 * 36,55 - \frac{200 * 36,55^2}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 17,49 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 * 200}{17,49} = 32,59 \text{ cm}$$

Se utilizará No. 6 @ 32 cm

Acero por temperatura

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * t$$

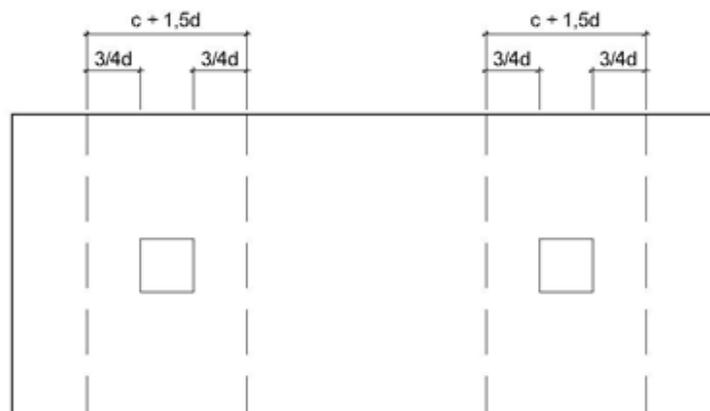
$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 400 * 45 = 36,00 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 * 400}{36,00} = 31,66 \text{ cm}$$

Se utilizara No.6 @ 31 cm.

Vigas transversales

Figura 60. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Asumiendo un ancho de viga de $(c + 1,5d)$, se chequeará bajo la columna crítica 1 y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

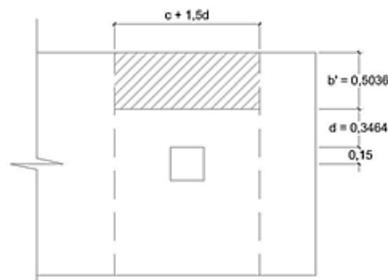
$$d_{y-y} = d_{x-x} - \frac{\phi x}{2} - \frac{\phi y}{2} \rightarrow 36,55 - \frac{1,91}{2} - \frac{1,91}{2} = 34,64 \text{ cm}$$

$$c + 1,5 d = (30 + 1,50 (34,64)) = 81,96 \text{ cm}$$

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

$$q_d = \frac{PU}{b * c + 1,50 * d} = \frac{36,21}{2 * (0,8196)} = 22,09 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 61. **Chequeo por corte simple**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

$$V_{act} = q_d * b' * (c + 1,50 d)$$

$$V_{act} = 22,09 * 0,5036 * 0,8196$$

$$V_{act} = 9,12 \text{ Ton}$$

$$V_r = \phi * 0,53 * \overline{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \overline{210} * 34,64 * 81,96 = 18,53 \text{ Ton}$$

$V_r > V_{act}$, si chequea por corte simple.

Chequeo por flexión

$$M_{act} = \frac{q_d * b^2}{2}$$

$$M_{act} = \frac{22,09 * 0,85^2}{2} = 7,98 \text{ Ton}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2810,00} * 85,00 * 34,64$$

$$A_{s_{min}} = 14,77 \text{ cm}^2$$

$$A_s = b * d - \frac{b * d^2}{0,003825 * f_c} * \frac{0,85 * f_c}{f_y}$$

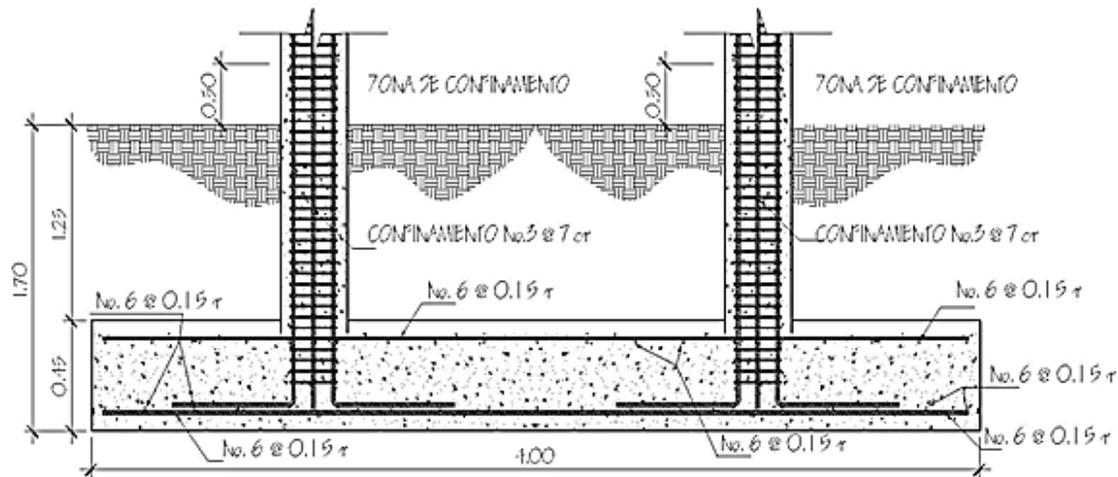
$$A_s = 85 * 34,64 - \frac{85 * 34,64^2}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 9,34 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 * 81,96}{14,77} = 15,81 \text{ cm}$$

Usar No.6 @ 15 cm

Figura 62. Detalle de elevación armado de zapata combinada



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.1.7. Instalaciones

El diseño cuenta únicamente con alcantarillado pluvial, debido a que el edificio escolar se encuentra en un complejo educativo, el cual ya cuenta con servicios sanitarios. El objetivo del drenaje pluvial, es la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial.

3.1.7.1. Drenajes

Estimando una frecuencia de ocurrencia de 20 años, y tiempo de concentración de 5 minutos el cálculo de la intensidad de lluvia se utiliza la formula siguiente.

$$I = \frac{A}{t + B}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia en mm/h

t = tiempo de concentración en minutos

A = parámetros de ajuste

B = parámetros de ajuste

$$I = \frac{844}{5 + 7}$$

$$I = 70,33 \text{ mm/h}$$

Los parámetros de ajuste A y B corresponden a la estación meteorológica más cercana, siendo en este caso la del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.

Por ser una superficie impermeable de techos, se estimará una C (relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área) de 1, debido a que hay un 0 por ciento de infiltración. El área a drenar por cada bajada será de 35 centímetros cuadrados o 0,0035 hectáreas, el cual es una cuarta parte del área total a drenar, el caudal es calculado de la siguiente manera.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia

A = área a drenar

$$Q = \frac{1 * 70,33 * 0,0035}{360}$$

$$Q = 0,000683 \text{ m}^3/\text{s} = 0,68 \text{ l/s}$$

Ahora se calcula el diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Manning. Utilizando tubería pvc con un coeficiente de rugosidad de 0,009 y una pendiente de 1 por ciento.

$$D = \frac{691\ 000 * Q * n^{3/8}}{S^{1/2}}$$

Donde:

Q = caudal

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente

$$D = \frac{691\ 000 * 0,000683 * 0,009^{3/8}}{0,01^{1/2}}$$

$$D = 6,28 \text{ cm} = 2.47''$$

Se recomienda utilizar tubería pvc de 3 pulgadas de diámetro.

3.1.7.2. Electricidad

La instalación de iluminación cuenta con un circuito en el primer nivel y un circuito para el segundo nivel, calculado de la siguiente manera:

Las lámparas de iluminación serán de 2 tubos de 40 *watts* cada tubo y las plafoneras será con bombilla incandescente de 80 *watts* cada una y un voltaje de 110 voltios.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{unidades} * \text{watts por unidad}}{\text{voltaje}}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{(8 * 80) + (4 * 80)}{110}$$

$$\text{Intensidad} = 8,73 \text{ amperios}$$

La intensidad la incrementamos por seguridad en un 40 por ciento

$$\text{Intensidad} = 8,73 \text{ amp.} * 1,40 = 12,22 \text{ amperios}$$

Con un cable calibre 12 AWG. Se debe de colocar un *flip-on* con un amperaje máximo de 20 amperios. Con el cual se cubre la demanda para este circuito.

La caída de tensión se calcula multiplicando un factor de caída de tensión en función del calibre del cable (en este caso 1,03), por la intensidad, por la distancia más larga (en metros), todo esto dividido 100. El resultado debe ser menor a 3, si es mayor a 3, se debe aumentar el calibre del cable o reacondicionar el sistema.

$$\text{C.T.} = \frac{1,03 * 8,73 * 10}{100} = 0,83$$

Para la instalación de fuerza, cuenta 2 circuitos en el primer nivel y 2 circuitos para el segundo nivel, calculado de la siguiente manera.

El tomacorriente simple se toma como 150 *watts* y los dobles 300 *watts*, con este dato se calcula la intensidad.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{unidades} * \text{watts por unidad}}{\text{voltaje}}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{5 * 300}{110}$$

$$\text{Intensidad} = 13,64 \text{ amperios}$$

La intensidad la incrementamos por seguridad en un 40 por ciento

$$\text{Intensidad} = 13,64 \text{ amp.} * 1,40 = 19,10 \text{ amperios}$$

Con un cable calibre 12 AWG. Se debe de colocar un *flip-on* con un amperaje máximo de 20 amperios. Con el cual se cubre la demanda para este circuito.

La caída de tensión la calculamos como se hizo anteriormente.

$$\text{C.T.} = \frac{1,03 * 13,64 * 15}{100} = 2,11$$

En base a lo calculado anteriormente, se tendrá un total de 6 circuitos, 2 circuitos de iluminación y 4 circuitos de fuerza. Cada circuito se empleara un *flip-on* de 20 amperios y cable calibre 12 AWG.

3.1.8. Presupuesto y cronograma

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios del caso del proyecto desarrollado anteriormente, en cuanto a indirectos se aplicó el 35 por ciento.

Tabla XIII. Presupuesto edificación de dos niveles

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EPS INGENIERÍA CIVIL
 EPESISTA: JUAN MANUEL RODRÍGUEZ FLORES
 MUNICIPALIDAD DE USUMATLÁN, ZACAPA
 PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES



RESUMEN DE PRESUPUESTO

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO	TOTAL
1	Nivelación y trazo	140	M2	Q10,40	Q1 456,00
2	Zapata tipo z1	5	Unidad	Q6 802,49	Q34 012,45
3	Zapata tipo z2	5	Unidad	Q16 667,34	Q83 336,70
4	Cimiento corrido	51	MI	Q272,51	Q13 898,01
5	Solera de humedad	38,6	MI	Q203,89	Q7 870,15
6	Solera intermedia	87,6	MI	Q204,32	Q17 898,43
7	Solera de remate	32,4	MI	Q204,34	Q6 620,62
8	Levantado de muro	80,28	M2	Q152,58	Q12 249,12
9	Columna tipo c1	15	Unidad	Q4 878,03	Q73 170,45
10	Columna tipo c2	50	Unidad	Q637,63	Q31 881,50
11	Columna tipo c3	15	Unidad	Q3 331,94	Q49 979,10
12	Viga tipo v1	5	Unidad	Q3 948,02	Q19 740,10
13	Viga tipo v2	5	Unidad	Q1 592,51	Q7 962,55
14	Viga tipo v3	5	Unidad	Q3 986,48	Q19 932,40
15	Viga tipo v4	5	Unidad	Q1 993,97	Q9 969,85
16	Viga tipo v5	6	Unidad	Q2 571,90	Q15 431,40
17	Viga tipo v6	6	Unidad	Q2 571,90	Q15 431,40
18	Viga tipo v7	6	Unidad	Q3 806,82	Q22 840,92
19	Viga tipo v8	6	Unidad	Q3 806,82	Q22 840,92
20	Losa primer nivel	140	M2	Q721,97	Q101 075,80
21	Losa segundo nivel	140	M2	Q699,39	Q97 914,60
22	Tallado de vigas y columnas	302,28	M2	Q43,49	Q13 146,16
23	Acabado de losa	280	M2	Q47,22	Q13 221,60
24	Instalaciones eléctricas "iluminación"	1	Global	Q13 750,00	Q13 750,00
25	Instalaciones eléctricas "fuerza"	1	Global	Q11 000,00	Q11 000,00
26	Puertas	4	Unidad	Q1 925,00	Q7 700,00
27	Ventanas	77,28	M2	Q165,00	Q12 751,20
28	Piso	280	M2	Q191,56	Q53 636,80
29	Modulo de gradas	9,9	M2	Q988,57	Q9 786,84
30	Drenaje pluvial	1	Global	Q7 178,79	Q7 178,79
31	Limpieza final	1	Global	Q2 316,14	Q2 316,14

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Q810 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Cronograma de actividades edificación de dos niveles



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EPS INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: JUAN MANUEL RODRÍGUEZ FLORES
 MUNICIPALIDAD DE USUMATLÁN, ZACAPA
 PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9
Nivelación y trazo	█								
Zapata tipo z1	█	█							
Zapata tipo z2	█	█							
Cimiento corrido	█	█							
Solera de humedad					█				
Solera intermedia		█							
Solera de remate		█							
Levantado de muro		█							
Columna tipo c1		█							
Columna tipo c2		█							
Columna tipo c3		█							
Viga tipo v1						█	█		
Viga tipo v2						█	█		
Viga tipo v3									
Viga tipo v4									
Viga tipo v5									
Viga tipo v6									
Viga tipo v7									
Viga tipo v8									
Losa primer nivel									
Losa segundo nivel									
Tallado de vigas y columnas									
Acabado de losa									
Instalaciones eléctricas "iluminación"									
Instalaciones eléctricas "fuerza"									
Puertas									
Ventanas									
Piso									
Modulo de gradas									
Drenaje pluvial									
Limpieza final									

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se diseñaron 2 proyectos bajo el diagnóstico obtenido de las necesidades de servicios básicos de la comunidad. Logrando así presentar este informe de conocimientos teóricos y aplicación de criterios, para dar soluciones.
2. El sistema de alcantarillado sanitario de la cabecera municipal del municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa tiene una longitud de 6,16 kilómetros y utilizará tubos pvc de 6, 8 y 10 pulgadas por las razones siguientes: facilidad y rapidez en su instalación, permite que la ejecución del proyecto se realice en un menor tiempo, el transporte y manipulación no requiere de equipo especial lo cual hace su costo más barato respecto a la tubería de concreto.
3. La tubería debe cumplir con la Norma ASTM D-3034. Este proyecto mejorará la calidad de vida para sus 6 141 habitantes, evitando la proliferación de focos de contaminación y enfermedades conduciendo los desechos hacia un lugar adecuado para su disposición el cual recibirá un tratamiento primario para aguas servidas antes de su descarga final al río Motagua. El sistema de alcantarillado sanitario fue diseñado cumpliendo las normas de diseño del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM).

4. Cabe mencionar que debido a que el proyecto de alcantarillado sanitario es de carácter social y es un beneficio para la comunidad, hace que no sea rentable para el inversionista, quien en este caso es el Estado quien asumirá los gastos del mismo. La construcción de este proyecto es una necesidad básica e importante para los habitantes de la cabecera municipal de Usumatlán.
5. La edificación de 2 niveles para el Instituto Nacional de Educación Básica del municipio de Usumatlán, emplea un sistema constructivo que es primera vez que se realiza en el municipio, por lo que no se encuentran casos análogos del mismo. La utilización de un sistema estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos y losas planas de concreto reforzado en el diseño de la edificación, la hace una estructura sismo resistente, ya que se utilizó el método SEAOC, que considera los efectos laterales que el sismo causa a la estructura.
6. La verificación de resultado de software SAP2000 contra el método de Kanni en el análisis estructural da como prueba la exactitud que posee. Se determinó el cálculo estructura de este sistema en un tiempo más rápido y con datos más exactos, por eso es necesario la utilización del software.
7. El Ejercicio Profesional Supervisado complementa la formación profesional del estudiante, ya que proporciona la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica, adquiriendo confianza y criterio para el desempeño de la profesión.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Usumatlán

1. Una vez construido el sistema de alcantarillado sanitario, se debe implementar un plan de mantenimiento, principalmente después de la época de lluvia; puesto que conforme el tiempo transcurra, se irán acumulando sólidos o basura en el fondo de la tubería, colectores y pozos de visita.
2. Garantizar la supervisión técnica y control de calidad de los materiales, durante la ejecución del proyecto, estos a través de un profesional de la Ingeniería Civil.
3. Es necesario que en todo proyecto, se efectúen estudios de suelos, para determinar las capacidades de resistencia de las cargas impuestas y si hay que darle algún tratamiento para mejorar su capacidad o emplear algún otro método constructivo.
4. Actualizar el presupuesto antes de las cotizaciones o contrataciones, ya que tanto los salarios como los materiales están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la económica.
5. No hacer cambios a los planos y especificaciones de los proyectos, sin previa consulta y aprobación del diseñador.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Código ACI 318-99: Código de diseño de hormigón armado y comentarios*. Estados Unidos: ACI, 1999. 576 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2002. 500 p.
3. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 13a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 772 p.

APÉNDICES

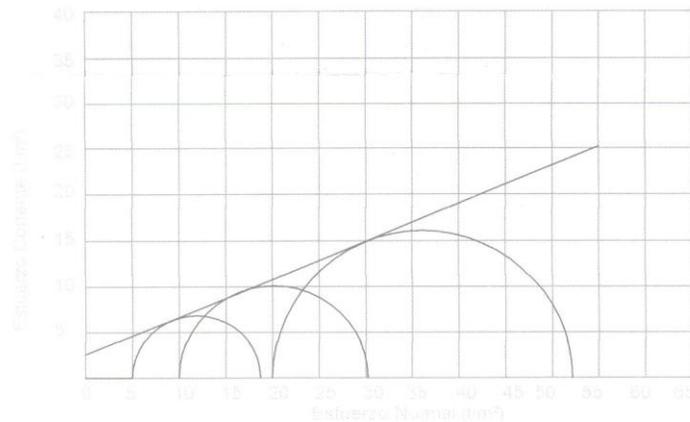
Apéndice 1. **Ensayo de compresión triaxial**



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No. 284 S.S. O.T.: 27,438

INTERESADO: Juan Manuel Rodríguez Flores
PROYECTO: EPS-Diseño de la edificación de dos niveles para el Instituto de Educación Básica.
UBICACIÓN: Municipio de Usumatlan, Departamento de Zacapa.
Fecha: 14 de octubre de 2010.
pozo: 1 Profundidad: 1.25 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 22.38^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 2.55 \text{ t/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Limo color café
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (t/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(t/m ²)	13.71	20.24	32.51
PRESION INTERSTICIAL u(t/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3.0	6.0	10.5
DENSIDAD SECA (t/m ³)	1.17	1.17	1.17
DENSIDAD HUMEDA (t/m ³)	1.42	1.42	1.42
HUMEDAD (%H)	23.4	23.4	23.4



Atentamente,

Vo. Bo.

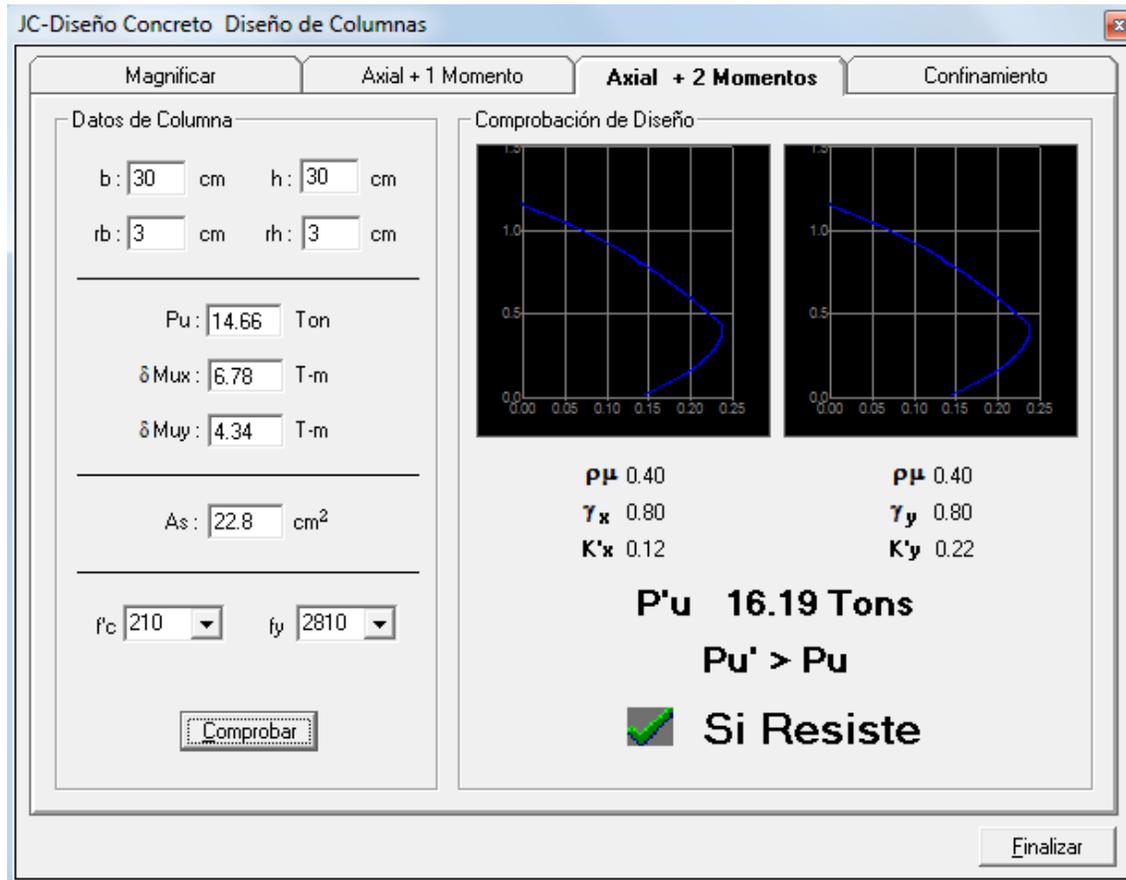
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 2. Diagramas de iteración para columnas esbeltas



Fuente: Julio Corado Franco, Programa para el diseño completo de marcos de concreto reforzado, Jc Diseño Concreto. Facultad de ingeniería USAC, 1998.

ANEXOS

Anexo 1. **Resumen general del método de Kanni**

A continuación se presenta el proceso completo del análisis estructural por el método de Kanni, aplicado al marco típico del sentido Y, bajo carga carga muerta.

- Momentos fijos o de empotramiento perfecto (MF_{ik}): en los elementos que se hallan sometido a cargas intermedias, surgen unos momentos para anular los giros que producirían tales cargas si los extremos pudiesen rotar libremente, éstos son los llamados momentos de empotramiento, y se calculan de la siguiente manera.

$$MF_{ik} = \frac{WL^2}{12} \quad (\text{Para carga linealmente distribuida})$$

$$MF_{CD} = MF_{DC} = \frac{(954,65)(4,3)^2}{12} = \pm 2406,514 \text{ kg-m}$$

$$MF_{BE} = MF_{EB} = \frac{(1267,76)(4,3)^2}{12} = \pm 3195,812 \text{ kg-m}$$

$$MF_{DI} = MF_{ID} = \frac{(954,65)(4,3)^2}{12} = \pm 2406,514 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EH} = MF_{HE} = \frac{(1267,76)(4,3)^2}{12} = \pm 3195,812 \text{ kg-m}$$

$$MF_{JO} = MF_{OJ} = \frac{(954,65)(4,3)^2}{12} = \pm 2406,514 \text{ kg-m}$$

$$MF_{KN} = MF_{NK} = \frac{(1267,76)(4,3)^2}{12} = \pm 3195,812 \text{ kg-m}$$

$$MF_{IJ} = MF_{JI} = \frac{(954,65)(4,3)^2}{12} = \pm 2406,514 \text{ kg-m}$$

$$MF_{HK} = MF_{KH} = \frac{(1267,76)(4,3)^2}{12} = \pm 3195,812 \text{ kg-m}$$

- Momentos de sujeción (M_s): éstos se calculan cuando hay cargas verticales, se aplican en los nudos en donde concurren varios momentos

fijos. En los nudos en donde solamente concurre un momento fijo, éste será igual al momento de sujeción.

$$M_S = MF_{ik}$$

$$\text{NUDO B: } M_S = MF_{BE} = -3195,812 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO C: } M_S = MF_{CD} = -2406,514 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO D: } M_S = MF_{DC} + MF_{DI} = 2406,514 - 2406,514 = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO I: } M_S = MF_{ID} + MF_{IJ} = 2406,514 - 2406,514 = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO J: } M_S = MF_{IJ} + MF_{JO} = 2406,514 - 2406,514 = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO O: } M_S = MF_{OJ} = 240,514 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO E: } M_S = MF_{EB} + MF_{EH} = 3195,812 - 3195,812 = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO H: } M_S = MF_{HE} + MF_{HK} = 3195,812 - 3195,812 = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO K: } M_S = MF_{KH} + MF_{KN} = 3195,812 - 3195,812 = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{NUDO N: } M_S = MF_{NK} = 3195,812 \text{ kg-m}$$

- Rigideces de los elementos (K_{ik}): la rigidez es la medida de la capacidad de un elemento para oponerse al giro de uno de sus extremos cuando se

le aplica en él un momento. Se calcula de la siguiente manera en función de su rigidez relativa:

$$K_{ik} = \frac{I}{L}$$

Donde:

I = inercia relativa del elemento ($b \cdot h^3$) / 12 = 1 por simetría para columnas

L = longitud del elemento

$$K_{CD} = K_{BE} = K_{DI} = K_{EH} = K_{IJ} = K_{HK} = K_{JO} = K_{KN} = 1,9753 / 4,3 = 0,459374$$

$$K_{AB} = K_{EF} = K_{GH} = K_{KL} = K_{MN} = 1 / 4,25 = 0,235294$$

$$K_{BC} = K_{DE} = K_{HI} = K_{JK} = K_{NO} = 1 / 3 = 0,333333$$

- Factores de corrimiento (V_{ik}): éstos se dan cuando existe desplazamiento de los nudos de las columnas debido a carga lateral, o algún tipo de antisimetría estructural, de cargas o de apoyos. Se calcula solamente a las columnas de cada nivel, de la siguiente manera:

$$V_{ik} = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{ik}}{K_{ik}} \right)$$

$$V_{BC} = V_{DE} = V_{HI} = V_{JK} = V_{NO} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,333333}{0,333333 + 0,333333 + 0,333333 + 0,333333 + 0,333333} \right) = 0,300$$

$$V_{AB} = V_{EF} = V_{GH} = V_{KL} = V_{MN} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,235294}{0,235294 + 0,235294 + 0,235294 + 0,235294 + 0,235294} \right) = 0,300$$

- Factores de giro (μ_{ik}) o coeficientes de reparto: éstos se dan en todos los elementos, en las zapatas por definición $\mu_{ik} = 0$, y para el resto de los elementos se calcula de la siguiente manera:

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{ik}}{K_{ik}} \right)$$

$\mu_A = \mu_F = \mu_G = \mu_L = \mu_M = 0$ (en las zapatas los coeficientes de reparto = 0)

NUDO B:

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,235294+0,333333} = -0,22343$$

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} \frac{0,235294}{0,459374+0,235294+0,333333} = -0,11444$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,235294+0,333333} = -0,16213$$

NUDO C:

$$\mu_{CD} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,333333} = -0,28975$$

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,333333} = -0,21025$$

NUDO D:

$$\mu_{DI} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333} = -0,18344$$

$$\mu_{DE} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,459374+0,333333} = -0,13311$$

$$\mu_{DC} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333} = -0,18344$$

NUDO E:

$$\mu_{ED} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,333333+0,235294+0,459374+0,459374} = -0,11205$$

$$\mu_{EF} = -\frac{1}{2} \frac{0,235294}{0,333333+0,235294+0,459374+0,459374} = -0,07910$$

$$\mu_{EB} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,333333+0,235294+0,459374+0,459374} = -0,15442$$

$$\mu_{EH} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,333333+0,235294+0,459374+0,459374} = -0,15442$$

NUDO I:

$$\mu_{ID} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,333333+0,459374+0,459374} = -0,18344$$

$$\mu_{IJ} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,333333+0,459374+0,459374} = -0,18344$$

$$\mu_{IH} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,333333+0,459374+0,459374} = -0,13311$$

NUDO H:

$$\mu_{HE} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,15442$$

$$\mu_{HK} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,15442$$

$$\mu_{HI} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,11205$$

$$\mu_{HG} = -\frac{1}{2} \frac{0,235294}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,07910$$

NUDO J:

$$\mu_{JI} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333} = -0,18344$$

$$\mu_{JO} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333} = -0,18344$$

$$\mu_{JK} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,459374+0,333333} = -0,13311$$

NUDO K:

$$\mu_{KH} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,15442$$

$$\mu_{KN} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,15442$$

$$\mu_{KH} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,11205$$

$$\mu_{KH} = -\frac{1}{2} \frac{0,235294}{0,459374+0,459374+0,333333+0,235294} = -0,07910$$

NODU O:

$$\mu_{OJ} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,333333} = -0,28975$$

$$\mu_{ON} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,333333} = -0,21025$$

NUDO N:

$$\mu_{NK} = -\frac{1}{2} \frac{0,459374}{0,459374+0,333333+235294} = -0,22343$$

$$\mu_{NO} = -\frac{1}{2} \frac{0,333333}{0,459374+0,333333+235294} = -0,16213$$

$$\mu_{NK} = -\frac{1}{2} \frac{0,235294}{0,459374+0,333333+235294} = -0,11444$$

Se adoptó la siguiente secuencia de recorrido de los nodos: B → C → D
→ I → J → O → M → K → H → E

Influencias de giro(M'_{ik}) Primera iteración

NUDO B:

$$M'_{BC} = -3195,812 * -0,16213 = 518,127$$

$$M'_{BA} = -3195,812 * -0,11444 = 365,737$$

$$M'_{BE} = -3195,812 * -0,22343 = 714,042$$

NUDO C:

$$M'_{CB} = (-2406,514+815,127)*-0,21025 = 397,033$$

$$M'_{CD} = (-2406,514+815,127)*-0,28975 = 547,160$$

NUDO D:

$$M'_{DC} = (0+547,160)*-0,18344 = -100,373$$

$$M'_{DE} = (0+547,160)*-0,13311 = -72,833$$

$$M'_{DI} = (0+547,160)*-0,18344 = -100,373$$

NUDO I:

$$M'_{ID} = (0-100,373)*-0,18344 = 18,413$$

$$M'_{IH} = (0-100,373)*-0,13311 = 13,631$$

$$M'_{IJ} = (0-100,373)*-0,18344 = 18,413$$

NUDO J:

$$M'_{JI} = (0+18,413)*-0,18344 = -3,378$$

$$M'_{JK} = (0+18,413)*-0,13311 = -2,451$$

$$M'_{JO} = (0+18,413)*-0,18344 = -3,378$$

NODO O:

$$M'_{OJ} = (2406,514-3,378)*-0,28975 = -696,309$$

$$M'_{ON} = (2406,514-3,378)*-0,21025 = -505,259$$

NUDO N:

$$M'_{NO} = (3195,812-505,259)*-0,16213 = -436,211$$

$$M'_{NK} = (3195,812-505,259)*-0,22343 = -601,152$$

$$M'_{NM} = (3195,812-505,259)*-0,11444 = -307,914$$

NUDO K:

$$M'_{KJ} = (0-601,152-2,451)*-0,11205 = 67,636$$

$$M'_{KH} = (0-601,152-2,451)*-0,15442 = 93,211$$

$$M'_{KL} = (0-601,52-2,451)*-0,07910 = 47,743$$

$$M'_{KN} = (0-601,52-2,451)*-0,15442 = 93,211$$

NUDO H:

$$M'_{HI} = (0+93,211+13,361)*-0,11205 = -11,942$$

$$M'_{HE} = (0+93,211+13,361)*-0,15442 = -16,457$$

$$M'_{HG} = (0+93,211+13,361)*-0,07910 = -8,430$$

$$M'_{HK} = (0+93,211+13,361)*-0,15442 = -16,457$$

NUDO E:

$$M'_{ED} = (0-16,457-72,833+714,042)*-0,11205 = -70,006$$

$$M'_{EB} = (0-16,457-72,833+714,042)*-0,15442 = -96,477$$

$$M'_{EF} = (0-16,457-72,833+714,042)*-0,07910 = -49,416$$

$$M'_{EH} = (0-16,457-72,833+714,042)*-0,15442 = -96,477$$

COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

$$(397,033+518,127-72,833-70,006+13,361-11,942-2,451+67,636-505,259-436,211)*-0,30 = 30,764$$

COLUMNAS PRIMER NIVEL

$$(365,737-49,416-8,430+47,743-307,914) = -14.316$$

En este trabajo se detallan únicamente los cálculos para una iteración, debe realizarse el mismo proceso hasta tener la exactitud deseada. El método se resume de la manera siguiente.

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (M_{ik})

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

Viga

$$M_{DI} = -2406,514 + (2 \cdot -96,768) - 0,018 = -2600,067$$

$$M_{ID} = 2406,514 + (2 \cdot -96,768) - 0,018 = -2309,710$$

Columna

$$M_{ED} = 2 \cdot -63,594 - 70,217 + 0,003 = -197,402$$

$$M_{DE} = 2 \cdot -70,217 - 63,594 + 0,003 = -204,025$$

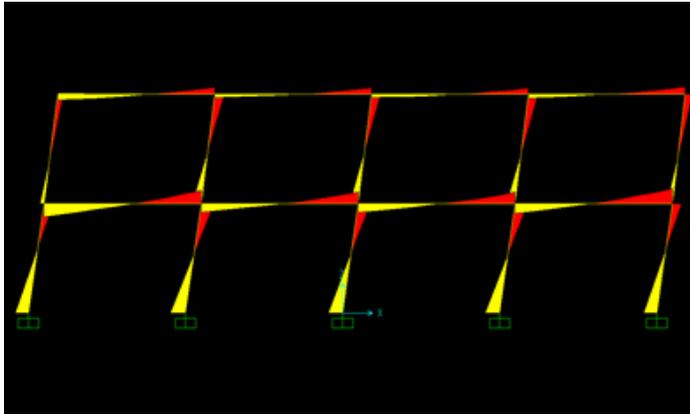
- Momentos en el centro de las vigas

$$M_{ik} = \frac{\omega L^2}{8} - \frac{M_{ik(-)} + M_{ki(-)}}{2}$$

$$M_{DI} = \frac{954,650 \cdot (4,30)^2}{8} - \frac{-1 \cdot -2600,067 + 2309,710}{2} = -248,454$$

Anexo 3. **Comprobación de análisis estructural por medio de software de SAP**

Momentos de carga de sismo en vigas y columnas, marco critico Y.

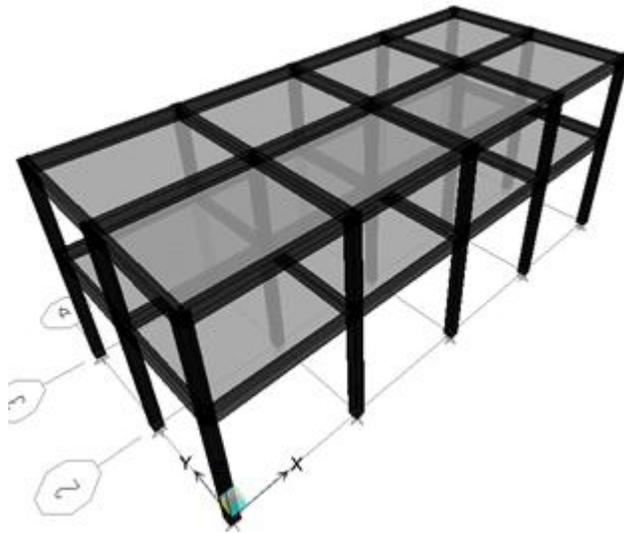


Momento de carga muerta viga B – C segundo nivel, marco critico Y

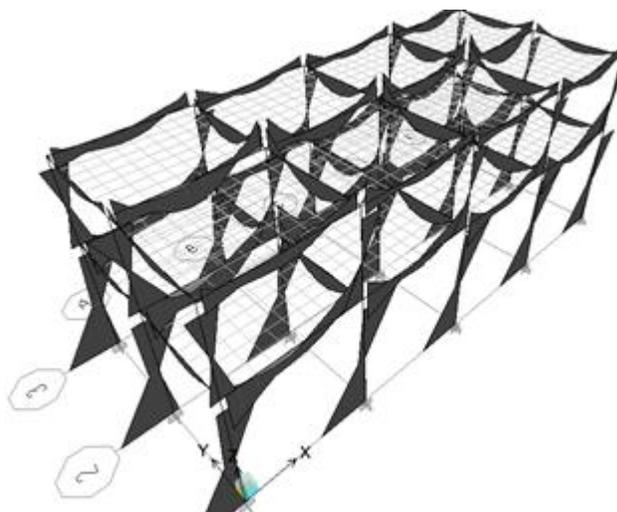


Anexo 4. **Comprobación de análisis estructural por medio de software de ETABS**

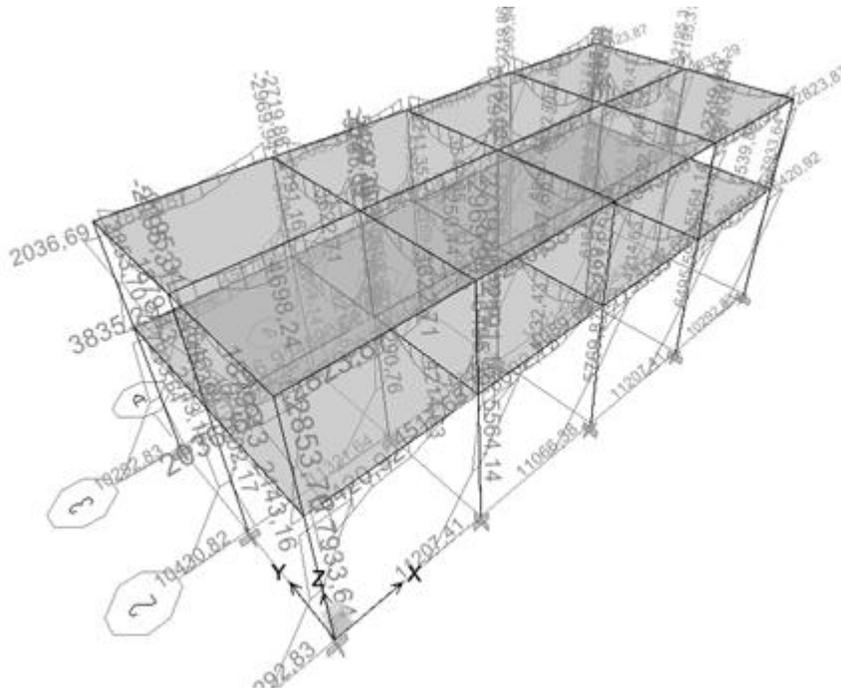
Vista general en 3D de toda la estructura



Envolvente de momentos 3D de toda la estructura



Envolvente de momentos 3D de toda la estructura



Anexo 5. Cuadro resumen de armado de vigas

SENTIDO X						
SEGUNDO NIVEL						
VIGA	MOMENTO Kg-m	AS cm2	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL	
			CORRIDO	BASTONES		
12	M-1	4 344,43	4,99	2 No. 6	0	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No.3 @ 15 cm
	M+	4 089,37	4,68	2 No. 6	0	
	M-2	5 971,60	6,99	2 No. 6	1 No. 5	
23	M-1	4 746,32	5,48	2 No. 6	0	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No.3 @ 15 cm
	M+	1 110,12	1,23	2 No. 6	0	
	M-2	3 297,37	3,74	2 No. 6	0	
PRIMER NIVEL						
12	M-1	9 805,40	12,04	2 No. 6	3 No. 6	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm + 3 No. 3 @ 15 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	6 861,11	8,11	3 No. 6	0	
	M-2	11 263,31	14,11	2 No. 6	3 No. 6	
23	M-1	10 188,60	12,57	2 No. 6	3 No. 6	2 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm + 3 No. 3 @ 15 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	1 773,90	1,98	3 No. 6	0	
	M-2	8 102,90	9,73	2 No. 6	2 No. 6	

SENTIDO Y						
SEGUNDO NIVEL						
VIGA	MOMENTO Kg-m	AS cm2	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL	
			CORRIDO	BASTONES		
AB	M-1	4 057,38	4,65	2 No. 6	0	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	202,16	0,22	2 No. 6	0	
	M-2	5 531,09	6,44	2 No. 6	1 No. 4	
BC	M-1	4 971,16	5,75	2 No. 6	1 No. 4	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	419,20	0,46	2 No. 6	0	
	M-2	4 681,22	5,40	2 No. 6	0	
CD	M-1	4 681,02	5,40	2 No. 6	0	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	419,32	0,46	2 No. 6	0	
	M-2	4 970,58	5,75	2 No. 6	1 No. 4	
DE	M-1	5 531,19	6,44	2 No. 6	1 No. 4	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	202,30	0,22	2 No. 6	0	
	M-2	4 058,45	4,65	2 No. 6	0	
PRIMER NIVEL						
AB	M-1	9 364,41	11,43	2 No. 6	3 No. 6	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	242,69	0,27	3 No. 6	0	
	M-2	10 975,50	13,70	2 No. 6	3 No. 6	
BC	M-1	9 591,84	11,74	2 No. 6	3 No. 6	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	670,29	0,74	3 No. 6	0	
	M-2	9 336,29	11,39	2 No. 6	2 No. 6	
CD	M-1	9 336,51	11,40	2 No. 6	2 No. 6	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	670,25	0,74	3 No. 6	0	
	M-2	9 592,12	11,74	2 No. 6	3 No. 6	
DE	M-1	10 975,12	13,70	2 No. 6	3 No. 6	1 No. 3 @ 5 cm + 8 No. 3 @ 9 cm y resto No. 3 @ 18 cm
	M+	242,65	0,27	3 No. 6	0	
	M-2	9 362,93	11,43	2 No. 6	3 No. 6	

Continuación del Anexo 6.

I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA			
I.2. Información legal:			
A) Nombre del Proponente o Representante Legal: MUNICIPALIDAD DE USUMATLÁN, ZACAPA			
<hr/>			
B) De la empresa:			
Razón social:			
<hr/>			
Nombre Comercial:			
<hr/>			
No. De Escritura Constitutiva: _____			
Fecha de constitución: _____			
Patente de Sociedad	Registro No. _____	Folio No. _____	Libro No. _____
Patente de Comercio	Registro No. _____	Folio No. _____	Libro No. _____
No. De Finca _____	Folio No. _____	Libro No. _____	
Número de Identificación Tributaria (NIT): 615674-6			

Continuación del Anexo 6.

79572727	79572727	municipalidadusumatlan@yahoo.com						
<p>I.3 Teléfono _____ Fax _____ Correo electrónico: _____</p>								
<p>I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto:</p> <p>Cabecera Municipal, Usumatlán, Zacapa</p> <p>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td style="text-align: center;">N 14°45'18</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td style="text-align: center;">W 89°52'26</td> </tr> </tbody> </table>			Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84		N 14°45'18		W 89°52'26
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84							
	N 14°45'18							
	W 89°52'26							
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)</p> <p>USUMATLÁN, ZACAPA</p>								
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo</p>								

Continuación del Anexo 6.

II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades a realizar - Insumos necesarios - Maquinaria - Otros de relevancia <p>** Adjuntar planos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades o procesos - Materia prima e insumos - Maquinaria - Productos y subproductos (bienes o servicios) - Horario de trabajo - Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> - acciones a tomar en caso de cierre
II.3 Área		
		200.00 M2
a) Área total de terreno en m2: _____		
		149.90 M2
b) Área de ocupación del proyecto en m2: _____		
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
Camino rural 52 mts.		Centro educativo
NORTE: _____	SUR: _____	
Propiedad Privada		Propiedad Privada.
ORIENTE: _____	PONIENTE: _____	
<p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p>		

Continuación del Anexo 6.

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Camino asfaltado	NORTE	52 MTS.
Aulas existentes	SUR	15 MTS.
Vivienda	ORIENTE	10 MTS.
Vivienda	PONIENTE	25 MTS.

II.5 Dirección del viento:

DE NORTE A SUR

II.7 Datos laborales

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

15

15

b) Número de empleados por jornada _____ Total empleados _____

c) otros datos laborales, especifique

Continuación del Anexo 6.

II. PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO....							
	Tipo	Si/no	Cantidad/(mes, día, hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u Observaciones	Forma de Almacenamiento
Agua	servicio público	si	200 lt/hab/día	Comunidad	Público	Se utiliza el servicio público del agua para las diferentes fases del proyecto.	Tonel.
	pozo	no					
	agua superficial	no					
	otro	no					
Combustibles*	gasolina	no					
	diesel	no					
	bunker	no					
	glp	no					
	Otro	no					
Lubricantes	Solubles	no					
	No Solubles	no					
Refrigerantes		no					
Otros		no					
<p>*NOTA: Se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenamiento de combustibles, adjuntar copia.</p>							
III. TRANSPORTE							
<p>III. 1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos _____</p> <p>b) Tipo de Vehículo _____</p> <p>c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa _____</p>							
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECT, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD							
<p style="text-align: center;">III. TRANSPORTE</p>							

Continuación del Anexo 6.

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

- a) Número de vehículos: 2 TIPO CAMINO
- b) Tipo de vehículo: TIPO CAMION
- c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: 25 M2

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

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

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

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Polvo	En el área del proyecto	Se rociara agua en el lugar del proyecto previo a realizar actividades
		Ruido	Se generara ruido en pequeña escala derivados del uso de la mezcladora, vibrador de concreto y los trabajos propios de albañilería	En el área del proyecto	Para evitar el ruido de aparatos empleados en la construcción se tomaran medidas muy útiles en la elaboración del proyecto.
		Vibraciones	No aplica	No aplica	No aplica
		Olores	No aplica	No aplica	No aplica

Continuación del Anexo 6.

	Agua	Abastecimiento de agua	El agua será obtenida del servicio de la comunidad	En el área del proyecto	El agua será utilizada solamente en actividades evitando el desperdicio de la misma
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Estas aguas no son útiles para la preparación de los materiales de construcción.	No aplica	No aplica
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	No aplica	No aplica	No aplica
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	No aplica	No aplica	No aplica
		Agua de lluvia	No aplica	No aplica	No aplica
	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Bolsas de cemento, cal, residuos de madera	Serán colocados en lugares específicos para evitar contaminación	Relleno sanitario autorizado por la comunidad
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	No aplica	No aplica	No aplica

Continuación del Anexo 6.

		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	No aplica	No aplica	No aplica
		Modificación del relieve o topografía del área	No aplica	No aplica	No aplica
	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	No aplica	No aplica	No aplica
		Fauna (animales)	No aplica	No aplica	No aplica
		Ecosistema	No aplica	No aplica	No aplica
	Visual	Modificación del paisaje	No aplica	No aplica	No aplica
	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	No aplica	No aplica	No aplica
	Otros	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

Continuación del Anexo 6.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA
<p>CONSUMO</p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____</p> <p>V. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____</p> <p>b) Sistema privado La Energía a utilizar dentro del proyecto será de interés privada, ya que en el area de trabajo no cuenta con un cable de alta tensión. _____</p> <p>c) generación propia _____</p> <hr/> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Recomendarle a la empresa constructora el ahorro de energía, esto debido al incremento del suministro.</p>
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD
<p>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>
<p>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué? Ninguna clase de peligro para los trabajadores y demás vecinos de la comunidad donde se realizara el proyecto antes descrito. _____</p> <p>_____</p>

Continuación del Anexo 6.

VI.3 riesgos ocupacionales:

Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores

La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores

La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores

No existen riesgos para los trabajadores

Ampliar información:

VI.4 Equipo de protección personal

VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (x) NO ()

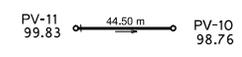
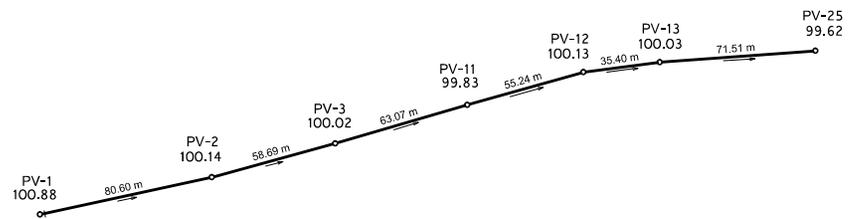
VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

Cascos, guantes, mascarillas etc.

VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

En el caso de los obreros deberán utilizar durante la ejecución del proyecto la protección necesaria

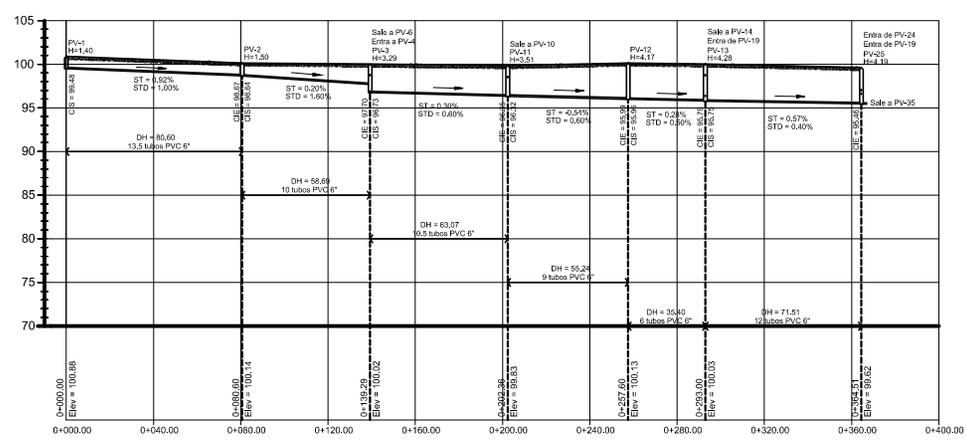
Anexo 7. **Planos constructivos**



PLANTA

(PV I A PV-25) (PV II A PV-10)

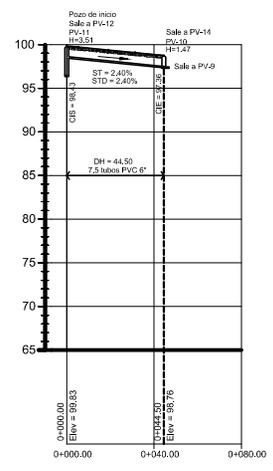
ESCALA: 1:1000



PERFIL

(PV I A PV-25) (PV II A PV-10)

ESCALA: 1:1000
ESCALA VERTICAL: 1:50



NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

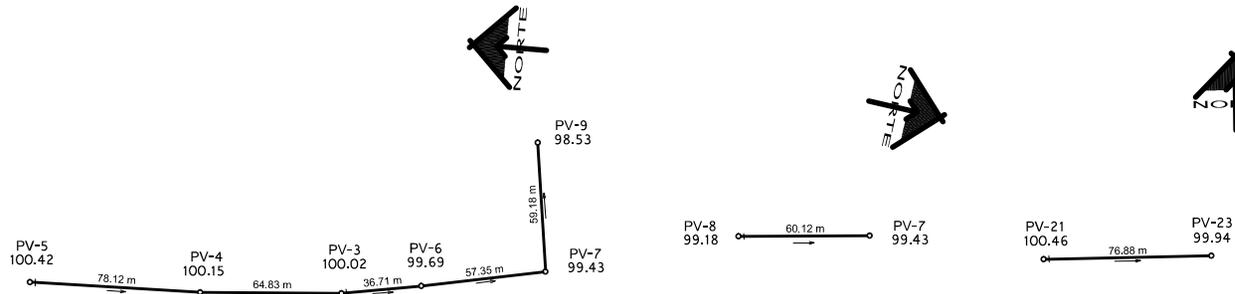
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL CAMPUS DE LA CAJA

PROFESOR: DR. JUAN CARLOS GONZÁLEZ

ESTUDIANTE: JUAN PABLO

FECHA: 11/03/2024

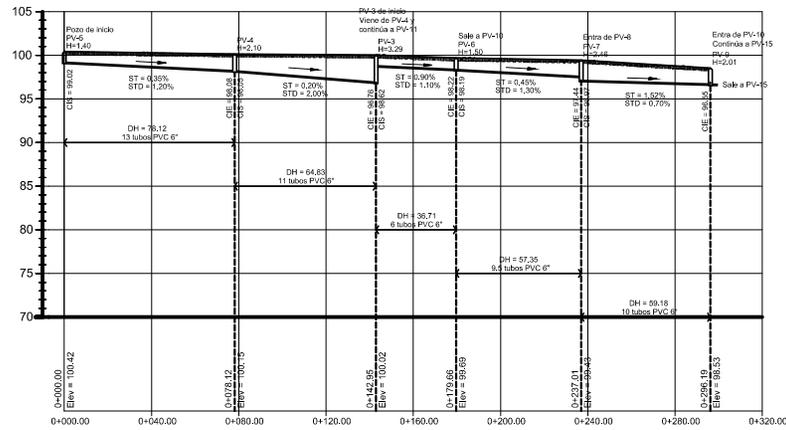
PÁGINA: 2 / 17



PLANTA

(PV-5 A PV-9) (PV-8 A PV-7) (PV-21 A PV-23)

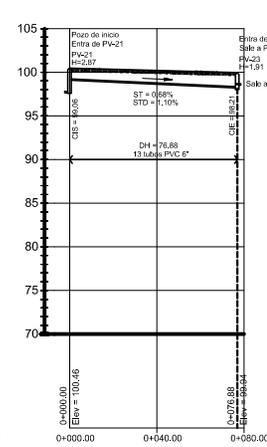
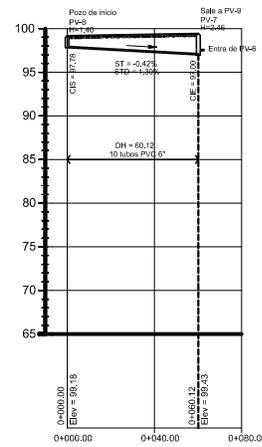
ESCALA: 1:1000



PERFIL

(PV-5 A PV-9) (PV-8 A PV-7) (PV-21 A PV-23)

ESCALA: 1:1000



NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	PERFIL DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Estructuras y Obras de Arte

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

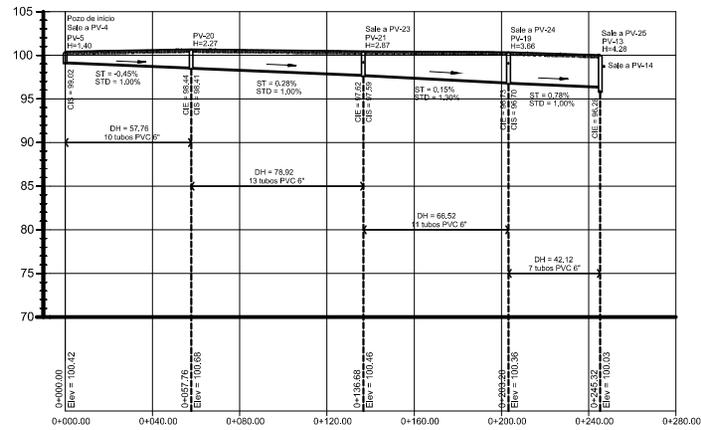
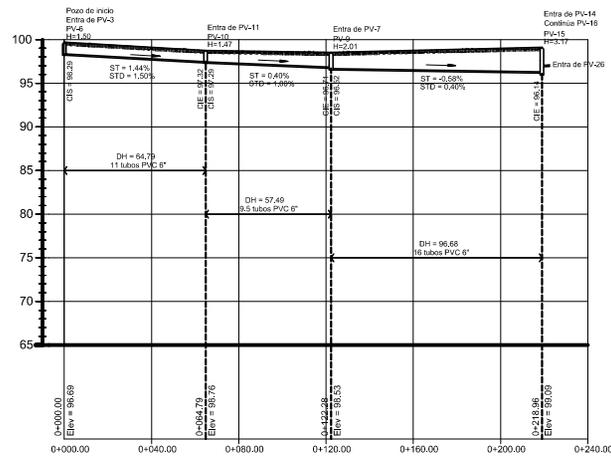
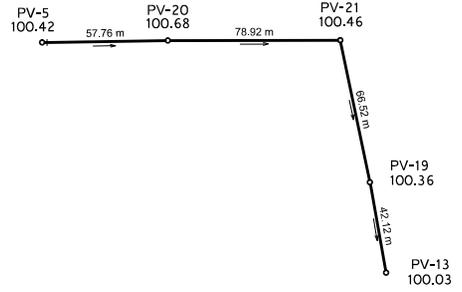
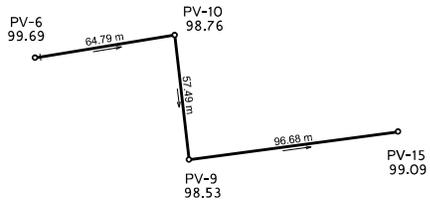
FECHA: 15/05/2024

ESCALA: 1:1000

HOJA No. 3 / 17

PLANTA

(PV-6 A PV-15) (PV-9 A PV-15)



PERFIL

(PV-6 A PV-15) (PV-9 A PV-15)

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000
ESCALA VERTICAL: 1:50

NOMENCLATURA

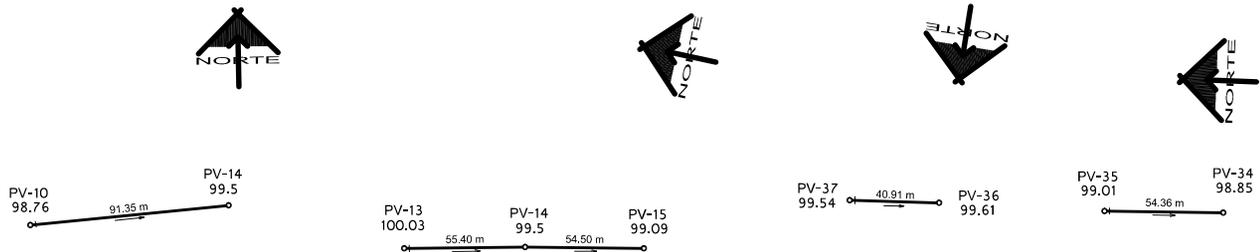
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ejercicio Profesional Supervisado

Nombre: [] Matrícula: []
 Nombre: [] Matrícula: []
 Nombre: [] Matrícula: []

Proyecto: []
 Contenido: []
 Fecha: []

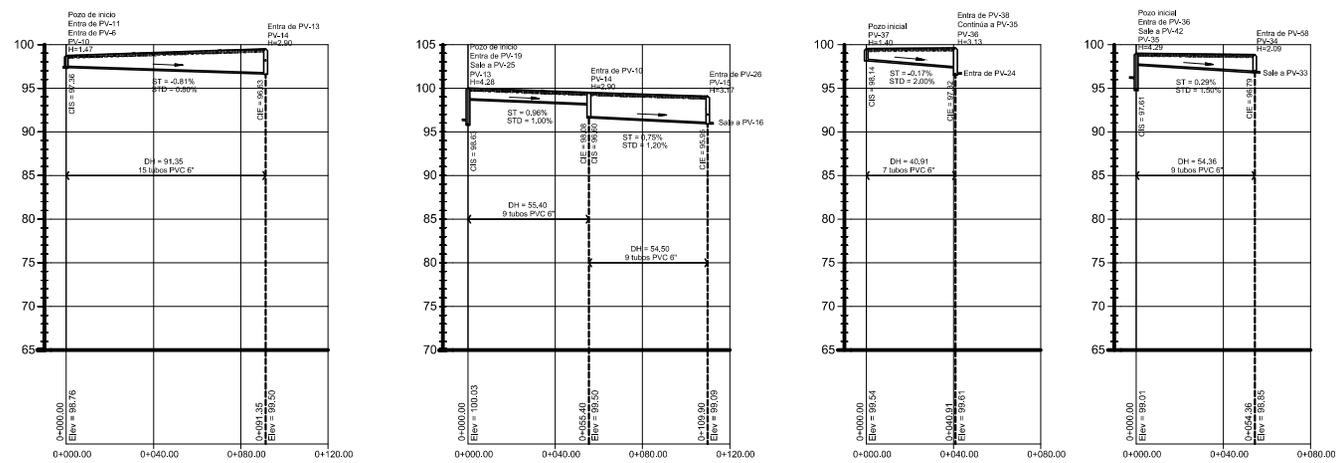
INFORMACIÓN
 No. de Hoja: 4 / 17



PLANTA

(PV-10 A PV-14) (PV-13 A PV-15) (PV-37 A PV-36) (PV-35 A PV-34)

ESCALA: 1:1000



PERFIL

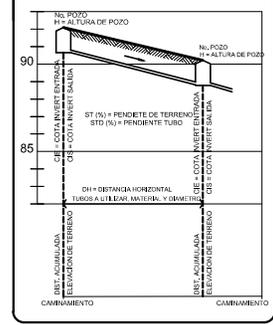
(PV-10 A PV-14) (PV-13 A PV-15) (PV-37 A PV-36) (PV-35 A PV-34)

ESCALA: 1:1000

ESCALA VERTICAL: 1:50

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—/—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—/—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Estructuras Profesionales Superiores

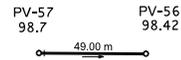
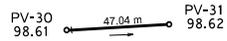
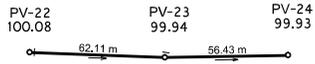
INGENIERO DE SANITARIAS Y DRENAJES
 ESCUELA DE INGENIEROS DE SANITARIAS Y DRENAJES

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA EL COMPLEJO EDUCATIVO DE LA ESCUELA DE INGENIEROS DE SANITARIAS Y DRENAJES

Curso: PUNTA PERU

FECHA DE ENTREGA: 15/05/2023

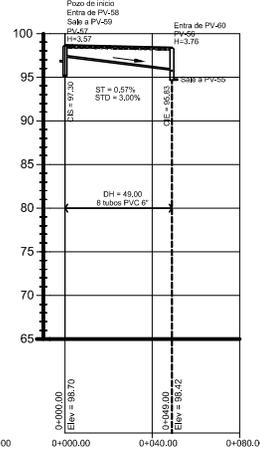
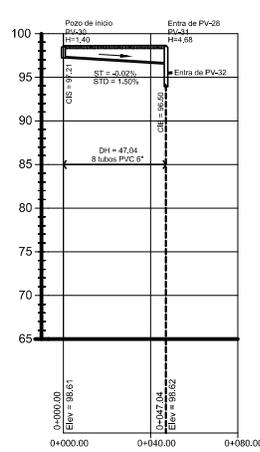
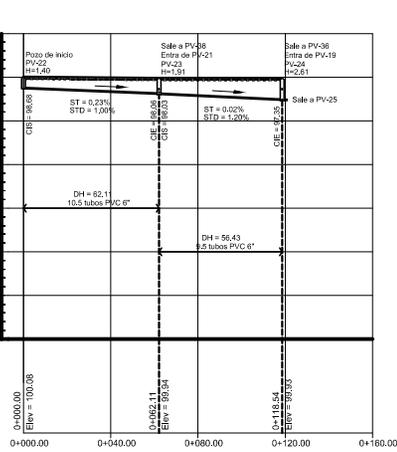
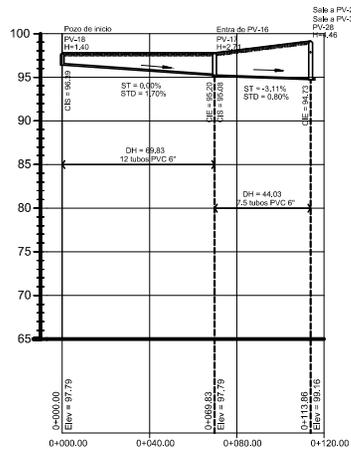
INICIAL No. 5/17



PLANTA

(PV-18 A PV-25) (PV-22 A PV-24) (PV-30 A PV-31) (PV-57 A PV-56)

ESCALA: 1:1000



PERFIL

(PV-18 A PV-25) (PV-22 A PV-24) (PV-30 A PV-31) (PV-57 A PV-56)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA	
	POZO DE VISITA
	RAMAL DE DRENAJE
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA (P.V.)
	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
	POZO DE VISITA

--

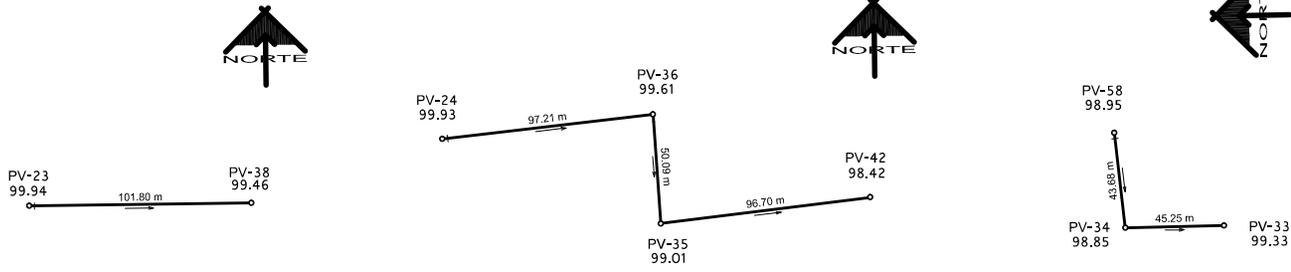
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Estructuras Profesionales Superiores

WILFREDO ESTUARDO ARI
 INGENIERO DE OBRAS

Proyecto: DISEÑO DE LA OBRERA PARA EL DRENAJE DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS

Contenido: PLANTA PERIL

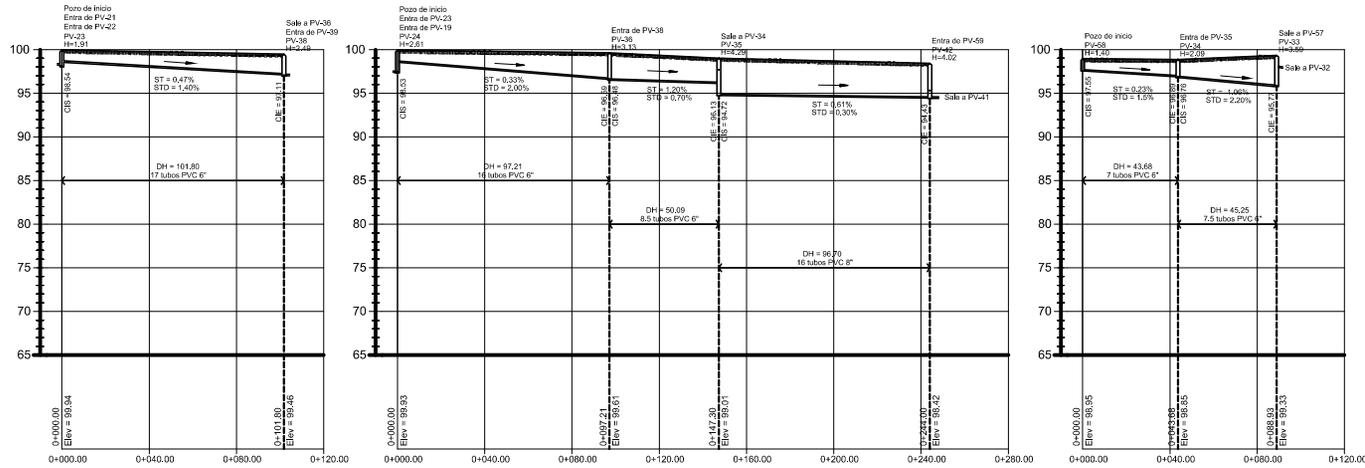
Hoja No: 7 / 17



PLANTA

(PV-23 A PV-25) (PV-24 A PV-42) (PV-58 A PV-59)

ESCALA: 1:1000



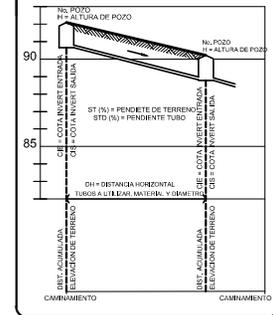
PERFIL

(PV-23 A PV-25) (PV-24 A PV-42) (PV-58 A PV-59)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA

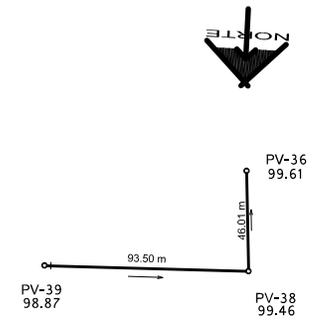
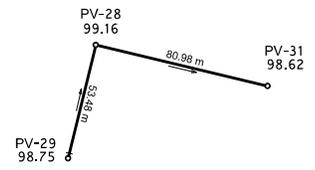
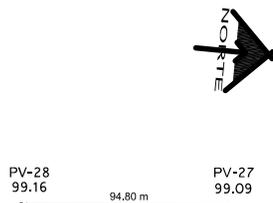
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—/—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—/—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Especialidad: Profesional Superior



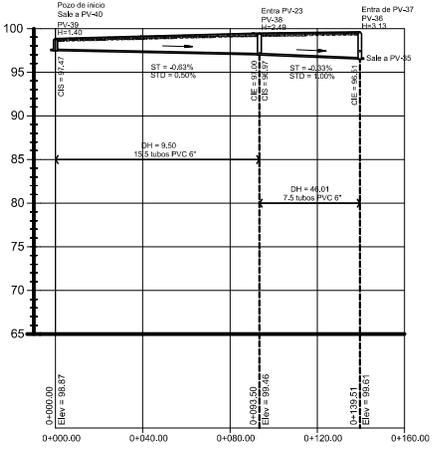
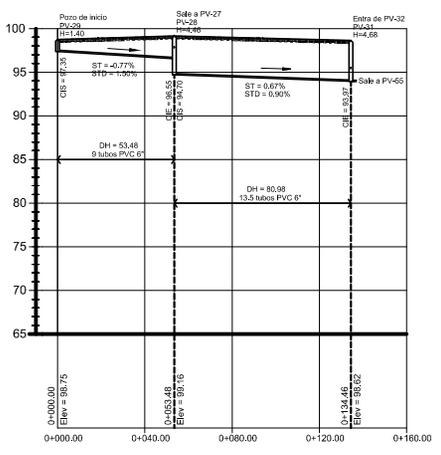
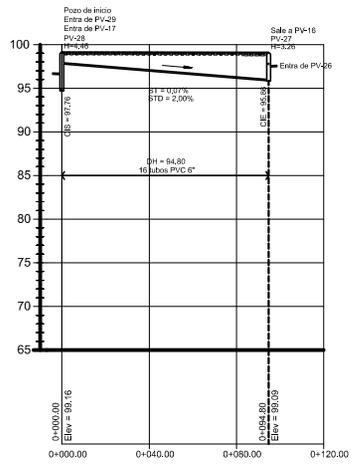
Proyecto: **MANUAL DE DRENAJE PARA EL COMPLEJO EDUCATIVO**
 Fecha: **11/12/2020**
 Autor: **JUAN PABLO**
 Escala: **1:1000**
 Hoja No: **8 / 17**



PLANTA

(PV-28 A PV-27) (PV-29 A PV-31) (PV-39 A PV-36)

ESCALA: 1:1000



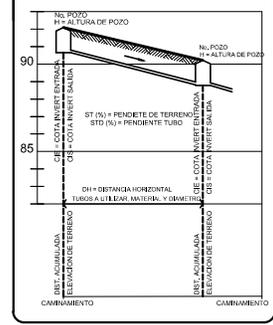
PERFIL

(PV-28 A PV-27) (PV-29 A PV-31) (PV-39 A PV-36)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—/—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—/—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

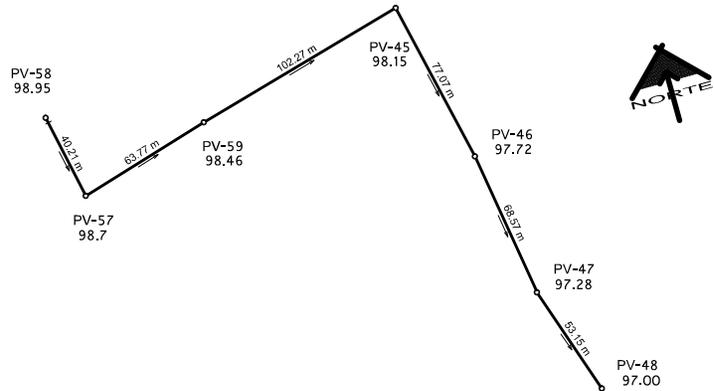
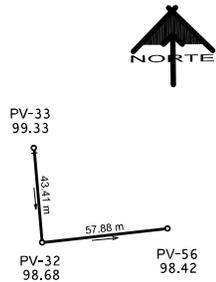
PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PARA EL COMPLEJO EDUCATIVO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FECHA: 11/03/2024

ALUMNO: JUAN PABLO GARCÍA

PROFESOR: DR. JOSÉ ANTONIO GARCÍA

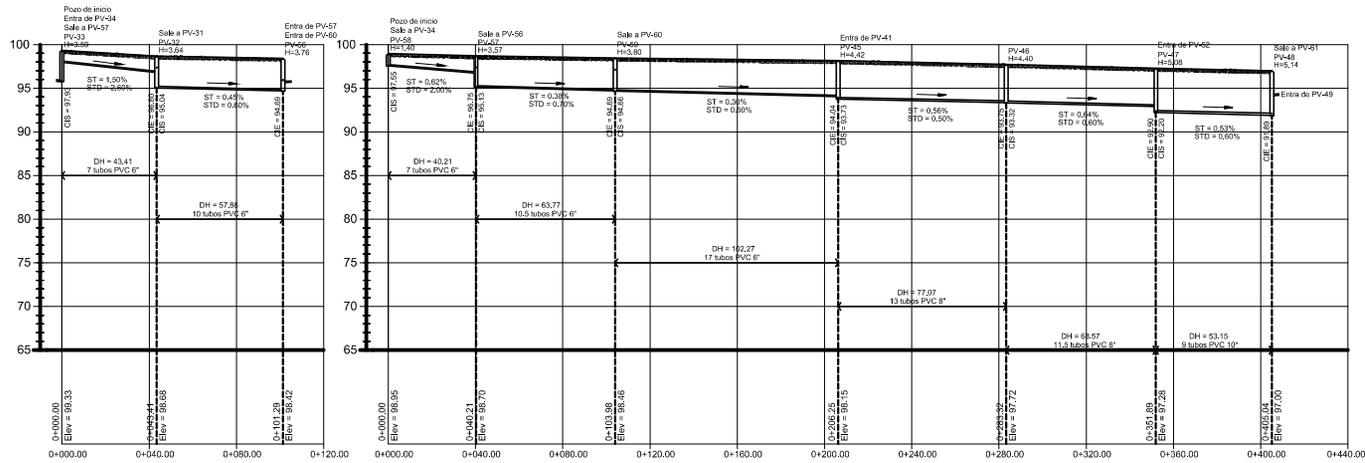
HOJA No. 10 / 17



PLANTA

(PV-33 A PV-56) (PV-58 A PV-48)

ESCALA: 1:1000



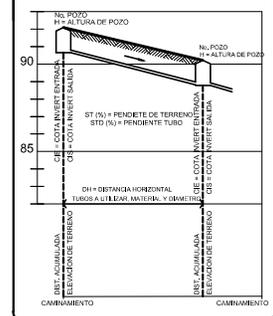
PERFIL

(PV-33 A PV-56) (PV-58 A PV-48)

ESCALA: 1:1000
ESCALA VERTICAL: 1:500

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Estructuras y Profesional Supervisado

INSTITUTO DE ESTUDIOS AVANZADOS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA UN COMPLEJO RESIDENCIAL

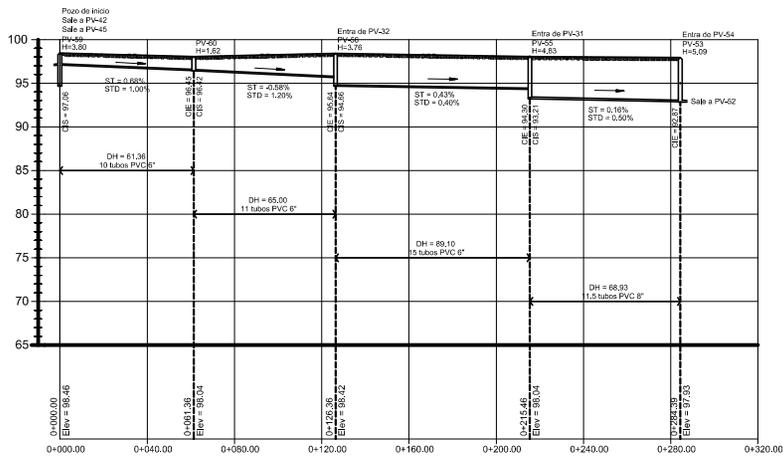
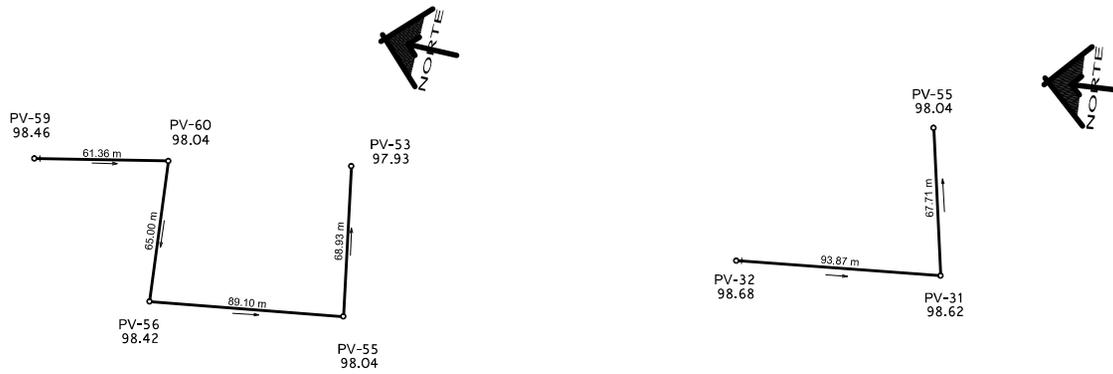
Contenido: PLANTA DEL DISEÑO

Fecha: 11/17

HOJA No. 11/17

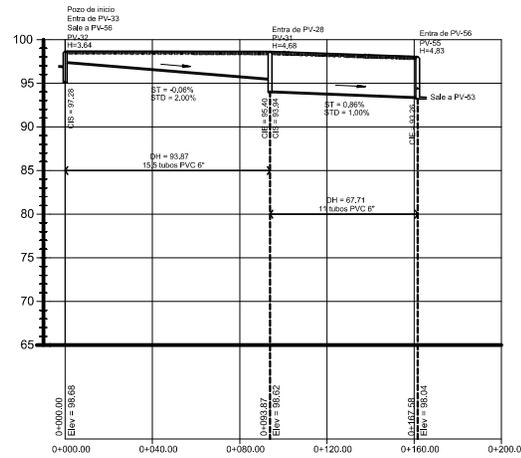
PLANTA

(PV-59 A PV-55) (PV-52 A PV-55)



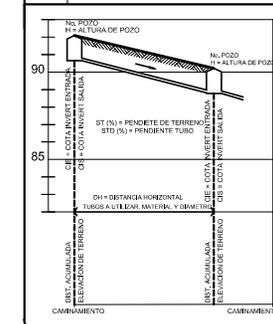
PERFIL

(PV-59 A PV-55) (PV-52 A PV-55)



NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC . NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



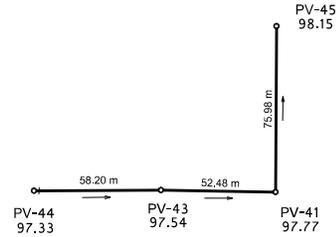
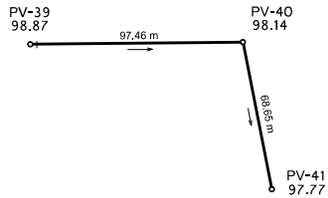
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Estructuras y Obras de Arte

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE DEL CARRILLO DE LA ZONA DE LA ZARZA

PROFESOR: DR. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ

ESTUDIANTE: JUAN JOSÉ GONZÁLEZ

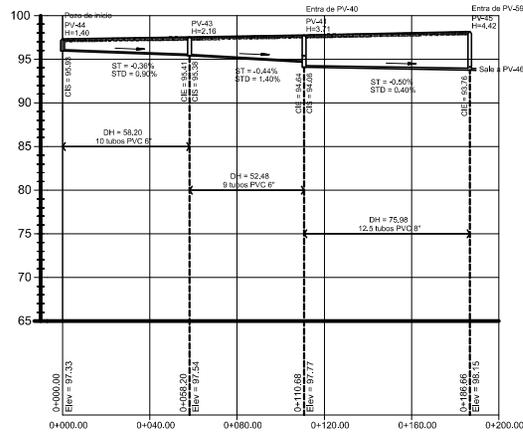
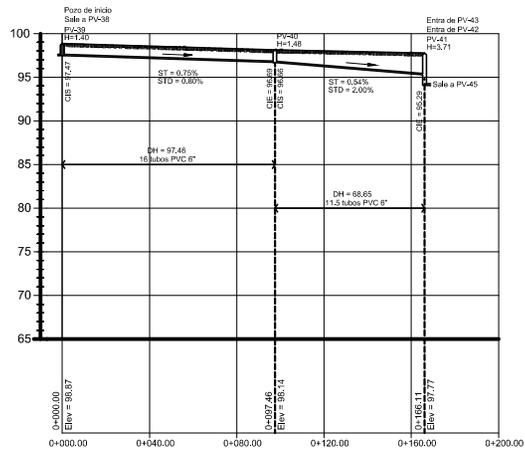
FECHA: 12/17



PLANTA

(PV-39 A PV-4) (PV-44 A PV-45)

ESCALA: 1:1000



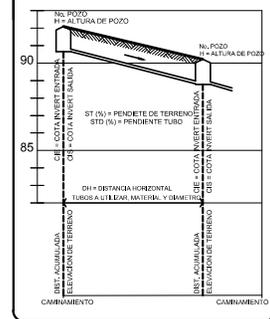
PERFIL

(PV-39 A PV-4) (PV-44 A PV-45)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA

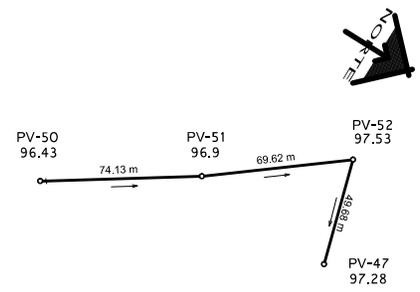
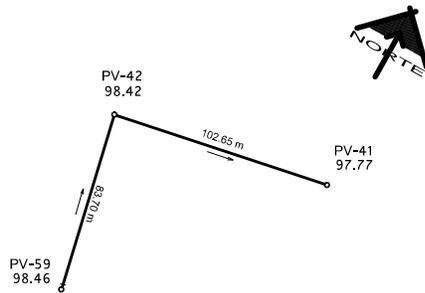
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—/—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
— —	POZO DE VISITA (P.V.)
— —	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR



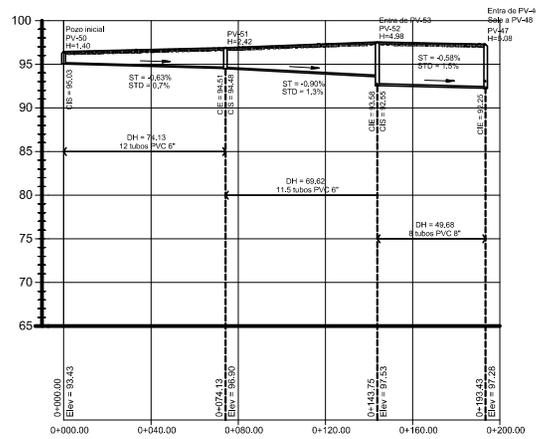
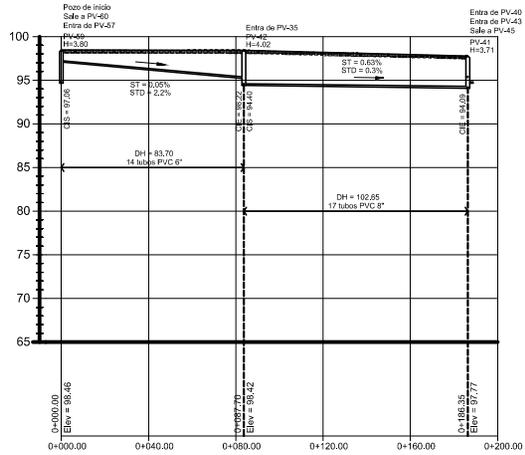
PROYECTO:	WHIPAC (ESTADOS UNIDOS) - CANTON DE LA CAYA	FECHA:	2018
PROYECTANTE:	INGENIERO ALVARO GUERRA AGUIRRE	ESCALA:	1:1000
CONSEJO:	PLANEA PERI	HOJA No:	13/17
ELABORADO POR:	INGENIERO ALVARO GUERRA AGUIRRE	REVISADO POR:	INGENIERO ALVARO GUERRA AGUIRRE



PLANTA

(PV-59 A PV-41) (PV-50 A PV-47)

ESCALA: 1:1000



PERFIL

(PV-59 A PV-41) (PV-50 A PV-47)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—/—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
— —	POZO DE VISITA (P.V.)
— —	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

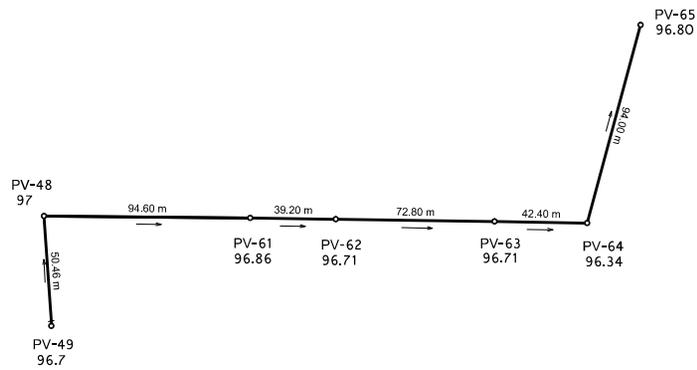
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR

ALFONSO DE LA CRUZ
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DEL CARRILLO DE LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

FECHA: 11/03/2024

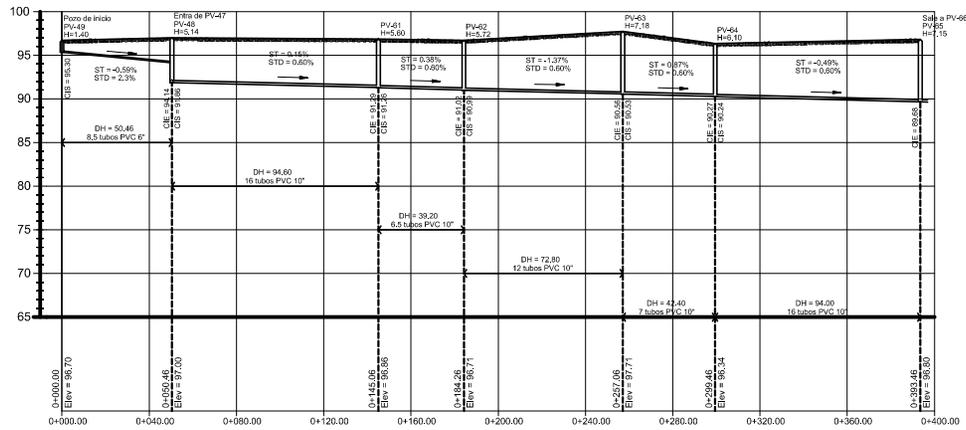
HOJA No. 14/17



PLANTA

(PV-49 A PV-65)

ESCALA: 1:1000



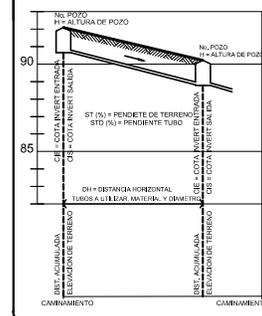
PERFIL

(PV-49 A PV-65)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—/—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—○—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC - NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

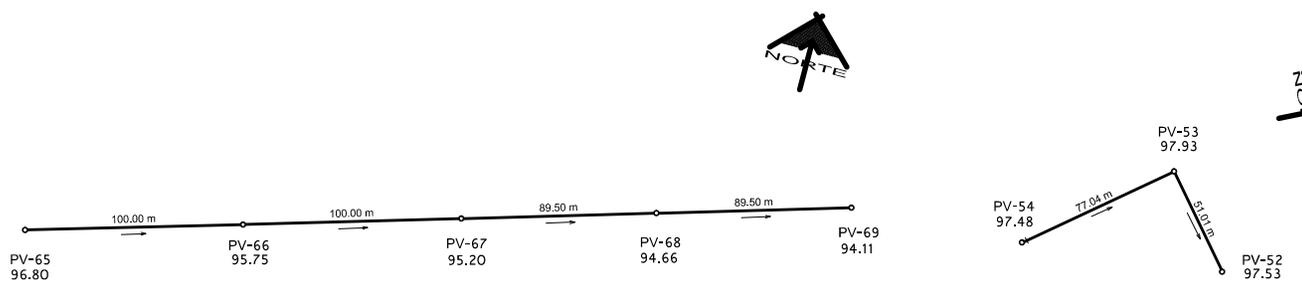


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PARA EL COMPLEJO EDUCATIVO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

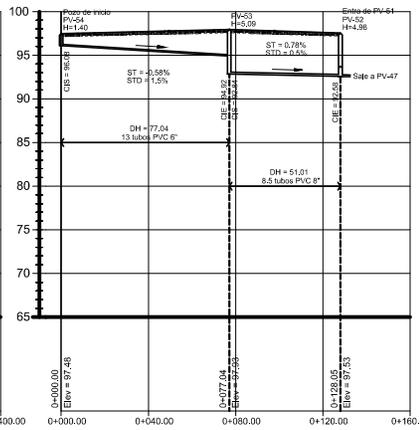
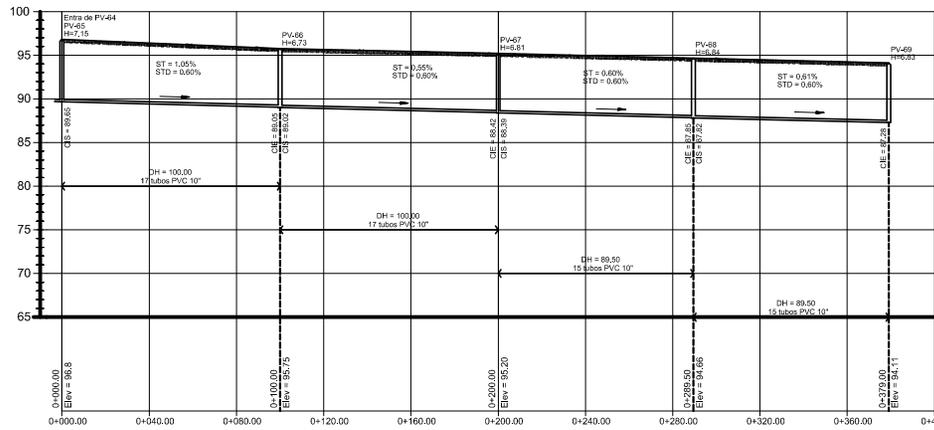
FECHA: 15/07/2022

HOJA 17



PLANTA

(PV-65 A PV-69) (PV-54 A PV-52)

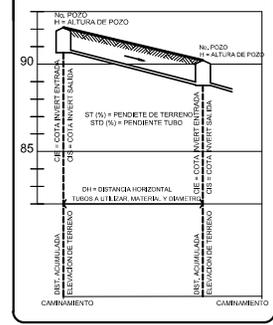


PERFIL

(PV-65 A PV-69) (PV-54 A PV-52)

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC . NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA



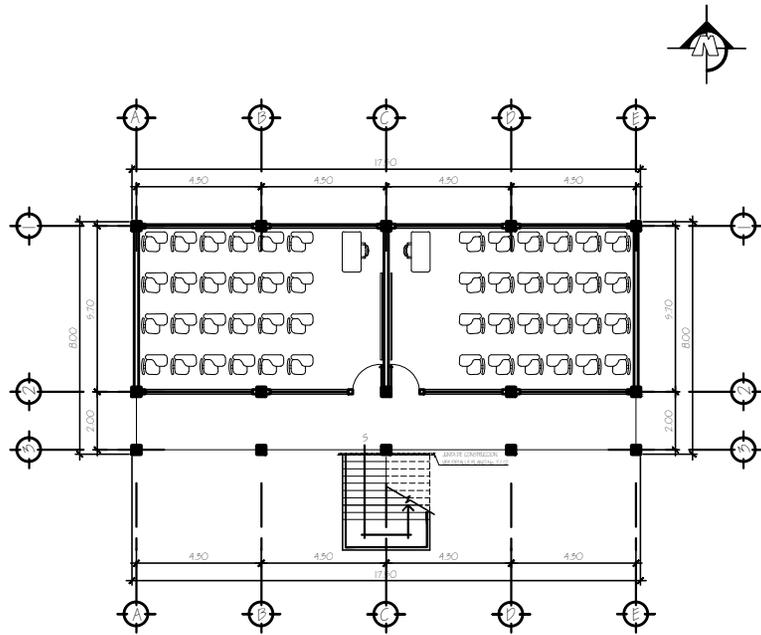
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Estructuras y Obras de Arte

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE DEL CARRILLO DE LA ZONA DE LA ZARZA

FECHA: 15/05/2018

ESCALA: 1:500

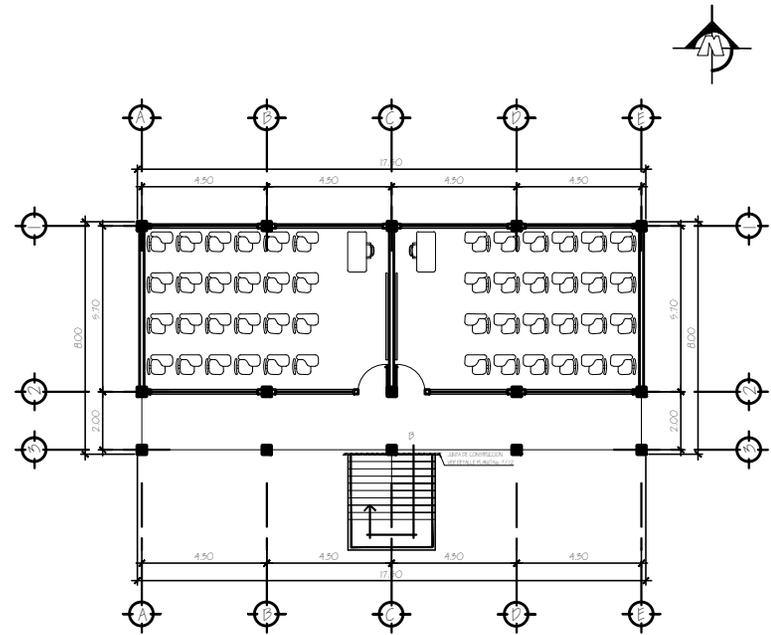
HOJA No. 16/17



PLANTA AMUEBLADA

PRIMER NIVEL

ESC. 1:75



PLANTA AMUEBLADA

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE USUMATLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPAN

PROYECTO: EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO
NACIONAL DE EDUCACION BASICA

ESCALA
INDICADA

CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA

II

DISEÑO:
JUAN RODRIGUEZ

DESEÑO:
JUAN RODRIGUEZ

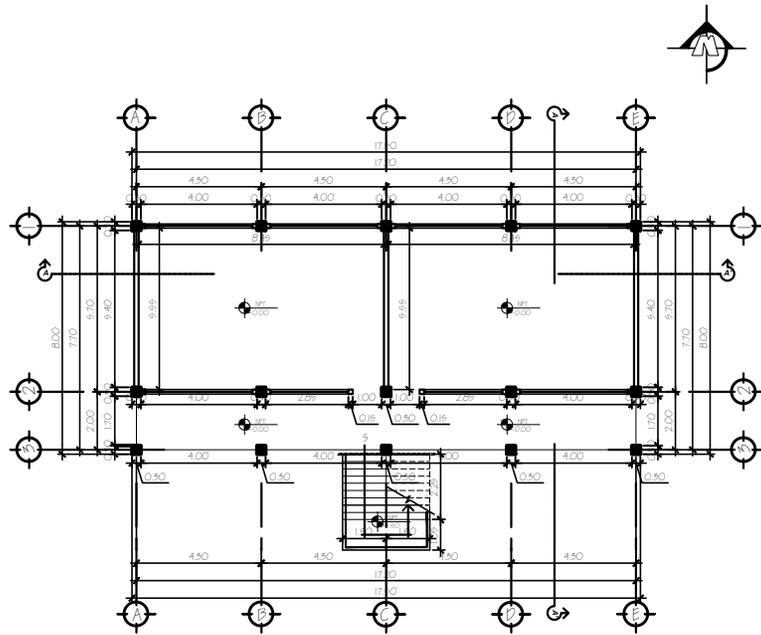
VALIDADO:
JUAN RODRIGUEZ

FECHA:
JUNIO 2011

OCORRIBRE GONZALEZ
ALVARO

ING. JUAN WILLY
GONZALEZ

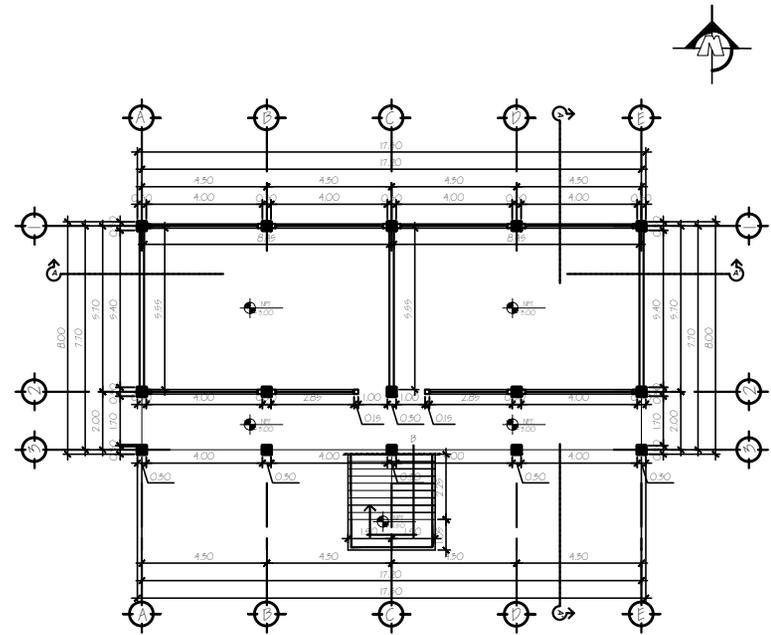
PAGINA
1/12



PLANTA ACOTADA

PRIMER NIVEL

ESC. 1:75



PLANTA ACOTADA

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE USUMATLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

PROYECTO: EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO
NACIONAL DE EDUCACION BASICA

ESCALA:
INDICADA

CONTENIDO: PLANTA ACOTADA

II

SEÑAL:
JUAN RODRIGUEZ

TITULO:
JUAN RODRIGUEZ

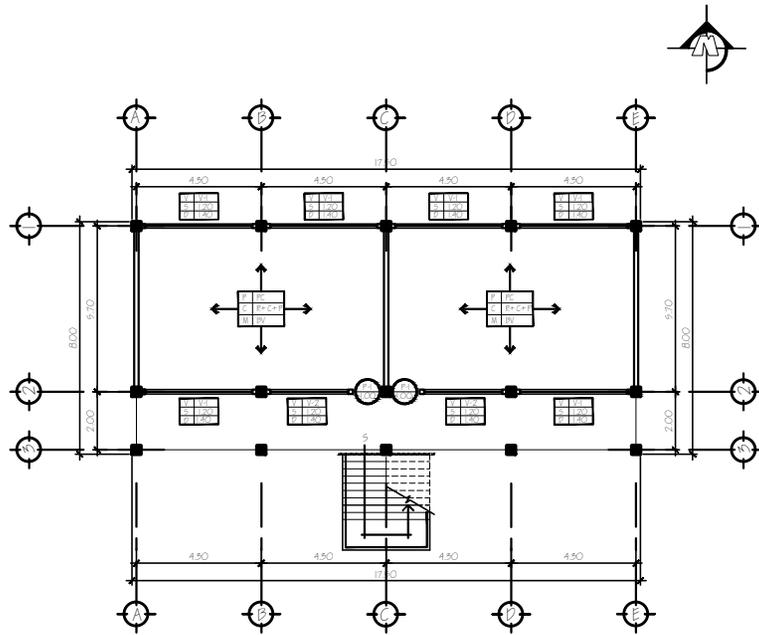
TALLER:
JUAN RODRIGUEZ

FECHA:
JUNIO 2011

PAGINA:
2/12

OCORRIBRE GONZALEZ
ALVARO

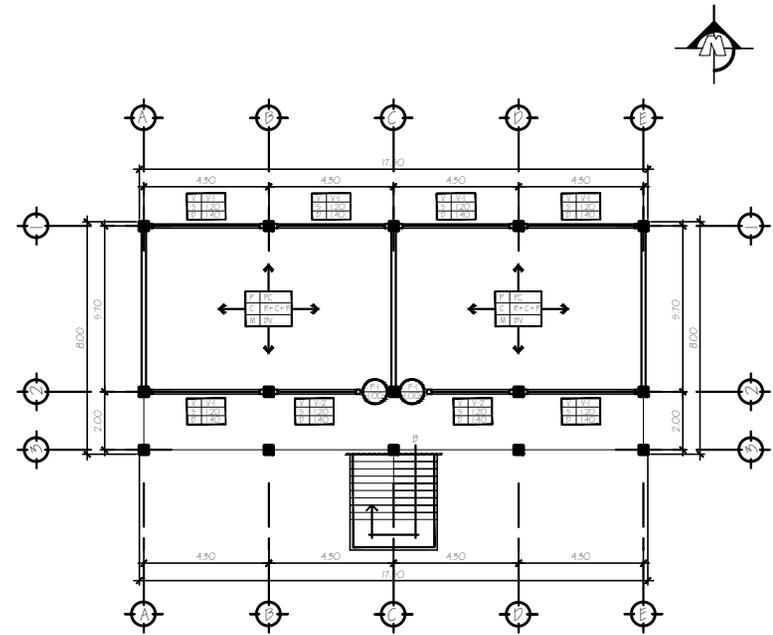
NO. JUN. 2011
63502703



PLANTA DE ACABADOS

PRIMER NIVEL

ESC. 1:75



PLANTA DE ACABADOS

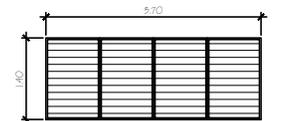
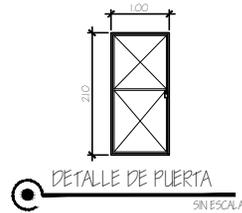
SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75

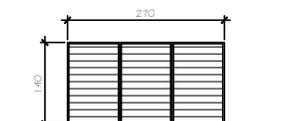
SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
	INDICA ACABADO EN PISO, CIELO Y MURO
	INDICA TIPO DE VENTANA, SILLAR Y DINTEL
	INDICA TIPO DE PUERTA Y ANCHO DE VANO
PC	PISO CERAMICO
BV	BLOQUE VIDRO
E+C+P	REPELLO + CERRADO + FINISRA

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	DINTEL	ANCHO	UNIDADES	MATERIALES
V-1	1.20m	3.70 m	12	ALUMINO + VIDRO
V-2	1.20m	2.70 m	4	ALUMINO + VIDRO

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	DINTEL	ANCHO	UNIDADES	MATERIALES
P-1	2.10m	1.00 m	4	Metalica



DETALLE DE VENTANA V-1
SIN ESCALA



DETALLE DE VENTANA V-2
SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE USulutlan
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

PROYECTO: EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA

ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS

SEÑOR: JUAN RODRIGUEZ

SEÑORA: JUAN RODRIGUEZ

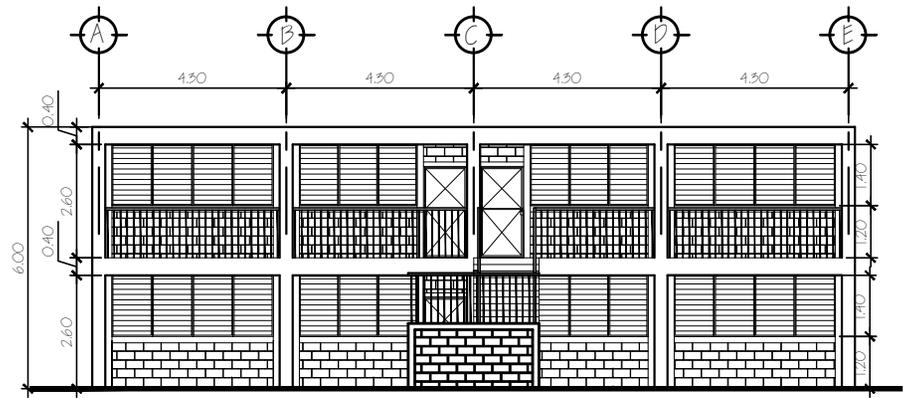
CALCULO: JUAN RODRIGUEZ

FECHA: JUNIO 2011

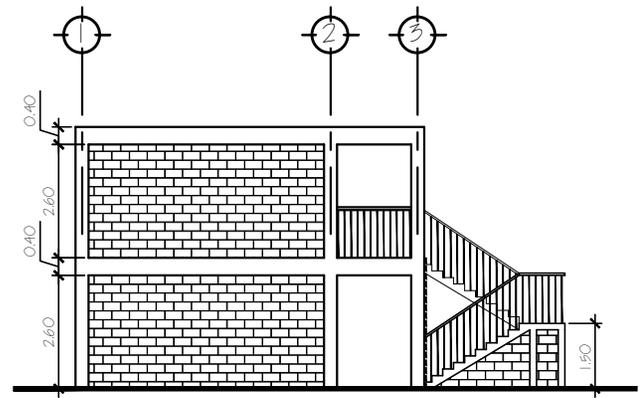
PAGINA: 3/12

CONSTRUCCION GONZALEZ ALVARO

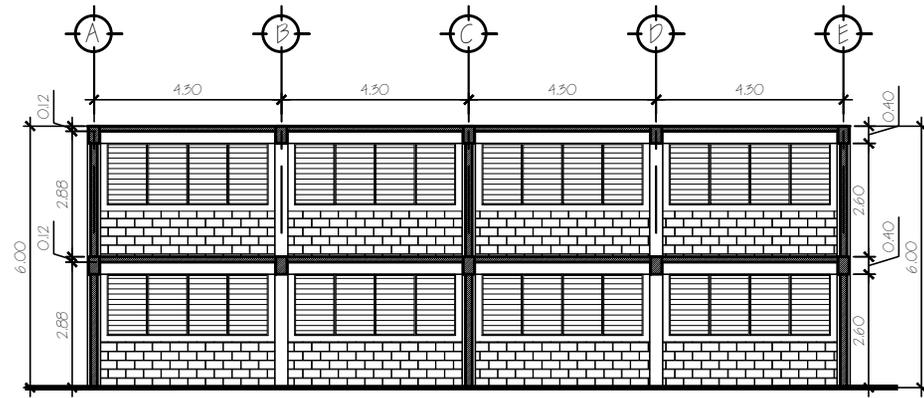
ING. JUAN WILLY GONZALEZ



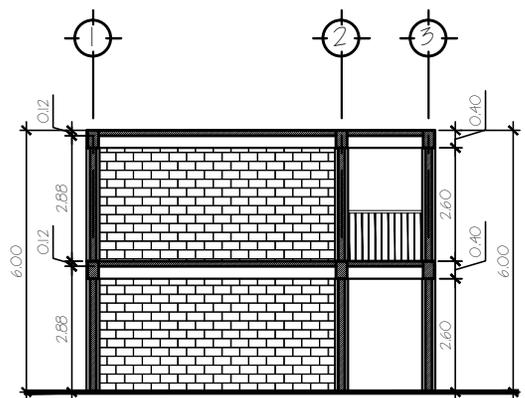
ELEVACION NORTE
ESC. 1:50



ELEVACION ESTE
ESC. 1:50

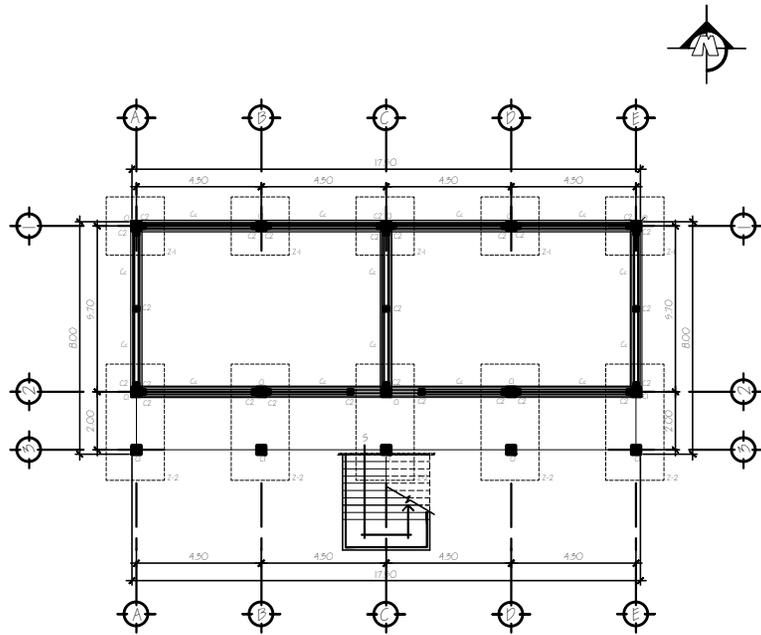


SECCION A-A'
ESC. 1:50



SECCION B-B'
ESC. 1:50

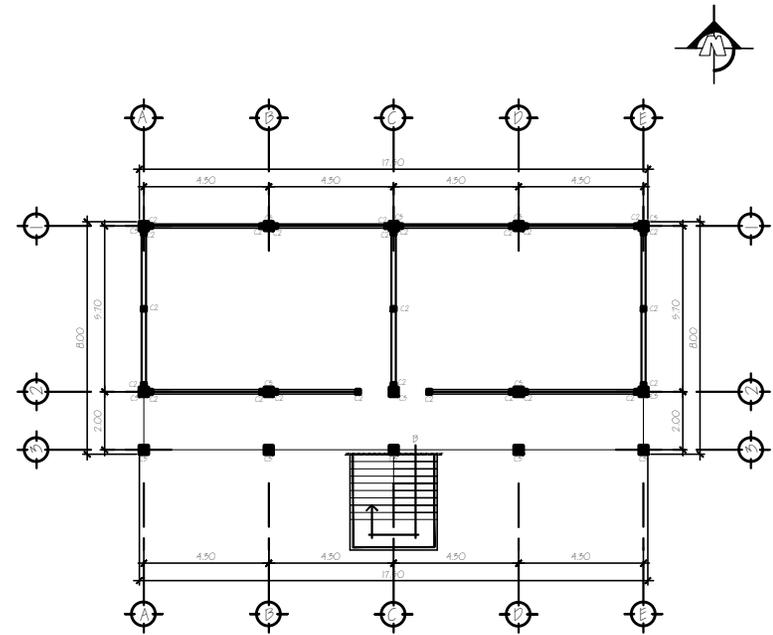
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE USUMATLAN			
DEPARTAMENTO DE ZACAPA			
PROYECTO:	EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	ELEVACIONES Y SECCIONES	II	III
SEÑOR:	JUAN RODRIGUEZ	TITULO:	JUAN RODRIGUEZ
		LUGAR:	JUAN RODRIGUEZ
		FECHA:	JUNIO 2011
		HORA:	4/12
DISEÑADO POR: GONZALEZ		REV. JUN. 2011	
ALCALDE		SECRETARIO	



PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS

PRIMER NIVEL

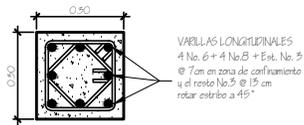
ESC. 1:75



PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS

SEGUNDO NIVEL

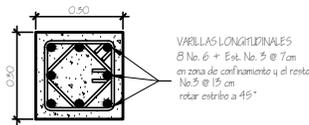
ESC. 1:75



VALLAS LONGITUDINALES
4 No. 6 + 4 No. 5 + Est. No. 5
@ 7cm en zona de confinamiento
y el resto No. 5 @ 15 cm
rotar estribo a 45°

COLUMNA C1

ESC. 1:75



VALLAS LONGITUDINALES
8 No. 6 + Est. No. 3 @ 7cm
en zona de confinamiento y el resto
No. 3 @ 15 cm
rotar estribo a 45°

COLUMNA C3

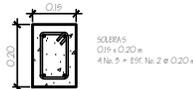
ESC. 1:75



COLUMNA C2
4 No. 3 + Est. No. 2 @ 0.15 m

COLUMNA C2

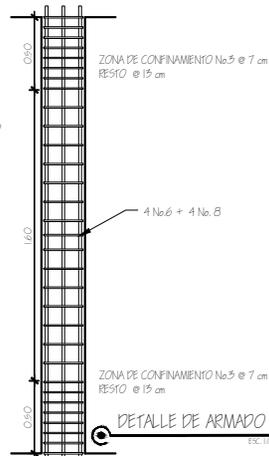
ESC. 1:75



SOLERAS
0.15 x 0.20 m
4 No. 3 + Est. No. 2 @ 0.20 m

SOLERAS

ESC. 1:75



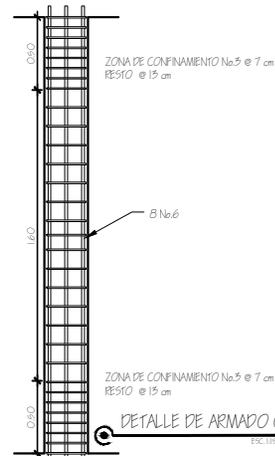
ZONA DE CONFINAMIENTO No. 5 @ 7 cm
RESTO @ 15 cm

4 No. 6 + 4 No. 8

ZONA DE CONFINAMIENTO No. 5 @ 7 cm
RESTO @ 15 cm

DETALLE DE ARMADO C1

ESC. 1:75



ZONA DE CONFINAMIENTO No. 5 @ 7 cm
RESTO @ 15 cm

8 No. 6

ZONA DE CONFINAMIENTO No. 5 @ 7 cm
RESTO @ 15 cm

DETALLE DE ARMADO C3

ESC. 1:75

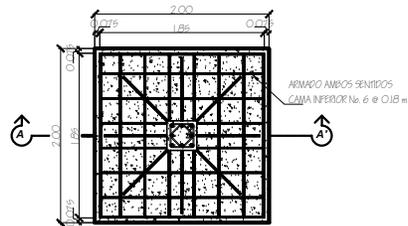


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE USUMUTLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

PROYECTO:	EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS	II	III
DISEÑO:	LUAN RODRIGUEZ	REVISOR:	LUAN RODRIGUEZ
FECHA:	JUNIO 2011	NO. DE HOJAS:	5/12

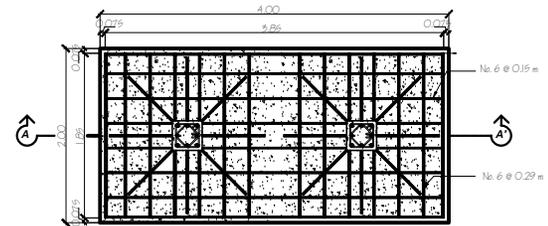
CONSTRUCION GONZALEZ

NO. DE HOJAS



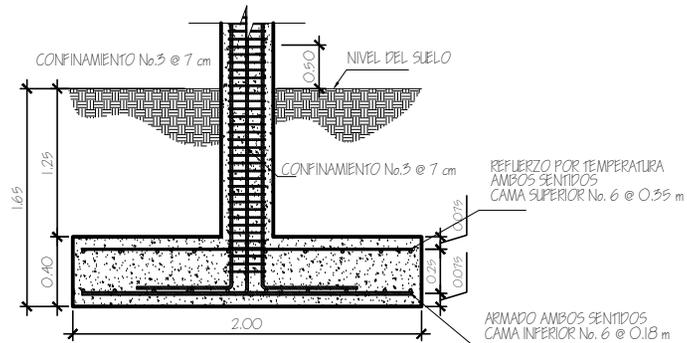
PLANTA ZAPATA Z-1

ESC. 1:25



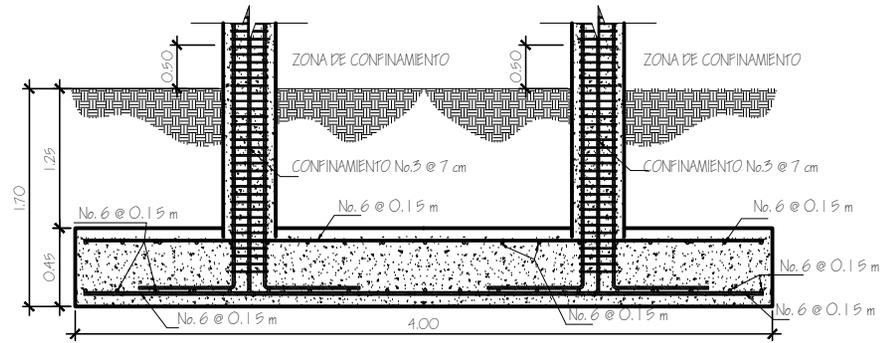
PLANTA ZAPATA Z-2

ESC. 1:25



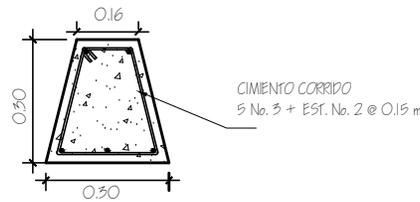
SECCION ZAPATA Z-1

ESC. 1:12.5



SECCION ZAPATA Z-2

ESC. 1:12.5



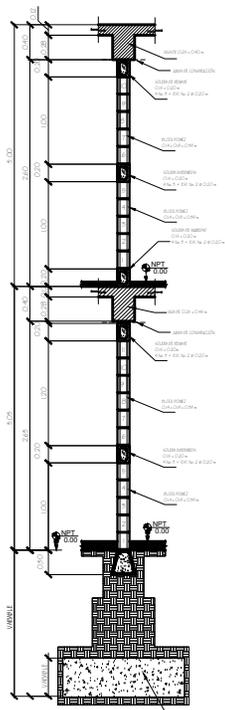
SECCION TIPICA CIMENTO CORRIDO
SECCION TRAPEZOIDAL

SIN ESCALA

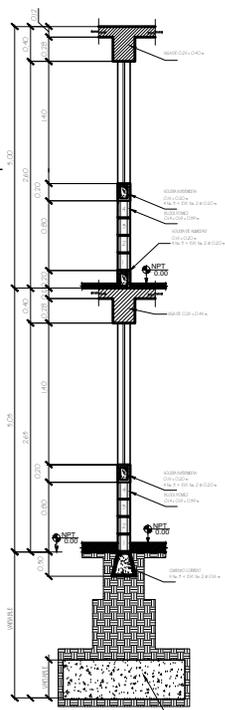


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE USUMATLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

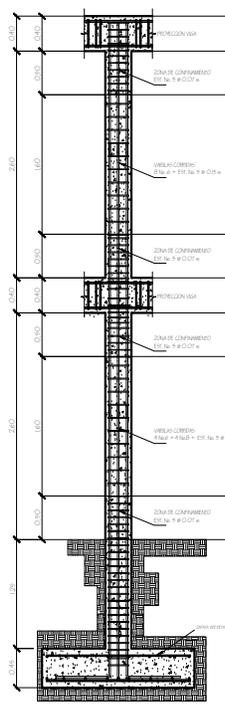
PROYECTO:	EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	DETALLES DE CIMENTACION		
DISEÑO:	JUAN RODRIGUEZ	REVISOR:	JUAN RODRIGUEZ
FECHA:	JUNIO 2011	HOJA:	6/12
DISEÑADO POR: GONZALEZ GONZALEZ		REVISADO POR: GONZALEZ GONZALEZ	



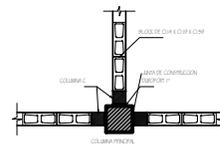
DETALLE TÍPICO DE MURO
ESC. 1:25



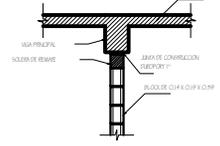
DETALLE TÍPICO DE MURO
ESC. 1:25



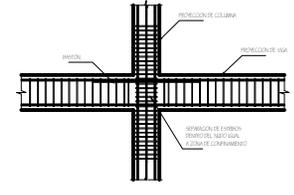
DETALLE TÍPICO ARMADO DE COLUMNA
ESC. 1:25



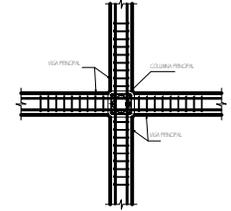
DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
ESC. 1:25



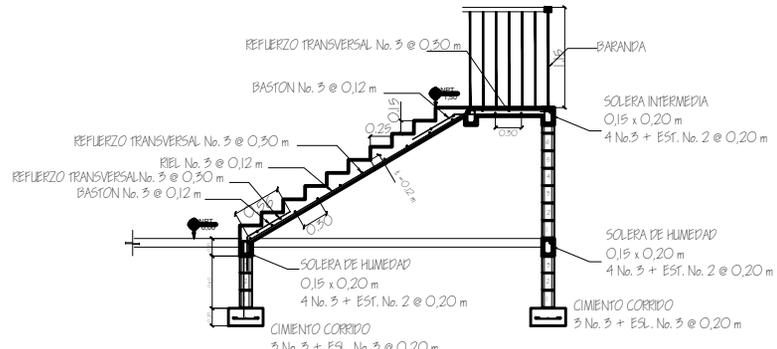
DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
ESC. 1:25



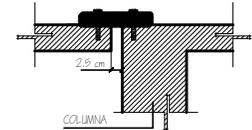
DETALLE VIGA-COLUMNA
ESC. 1:25



PLANTA VIGA-COLUMNA
ESC. 1:25



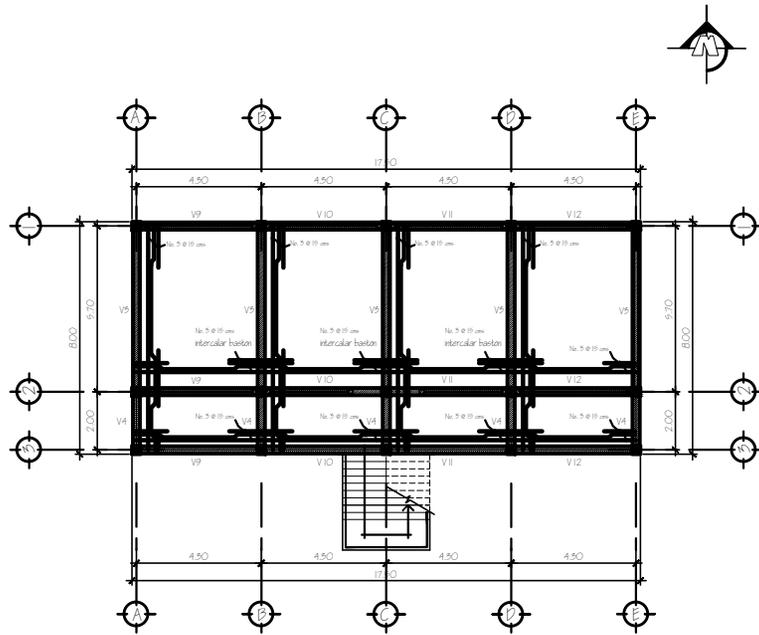
DETALLE GRADAS
ESC. 1:25



DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
MÓDULO DE GRADAS
ESC. 1:25



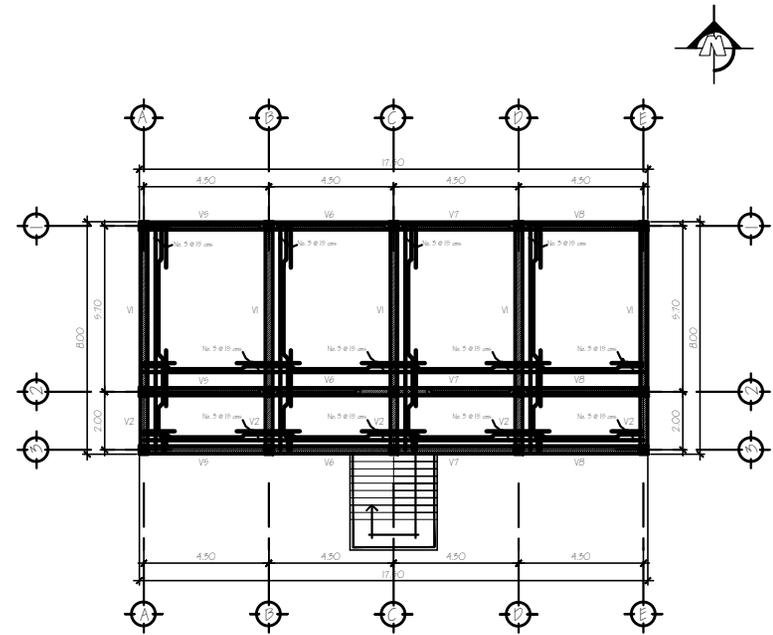
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE USulutlán DEPARTAMENTO DE ZACAPÁN			
PROYECTO:	EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANO DE DETALLES Y SECCION DE MUROS	U	P
OPERA:	JUAN RODRIGUEZ	PROYECTO:	JUAN RODRIGUEZ
		FECHA:	JUNIO 2011
		HOJA:	7 / 12
CONTRATE: GONZALEZ	ALCALDE:	NO. JUN. INGEN. SUPERVISADO:	



PLANTA DE LOSA

PRIMER NIVEL

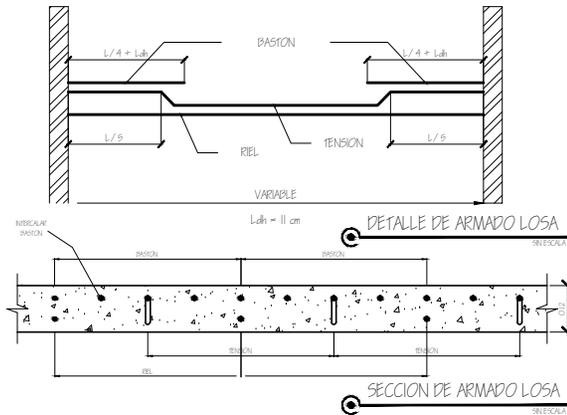
ESC. 1:75



PLANTA DE LOSA

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75



Longitud de Desarrollo Minima en Cm.			
Varilla No.	Lah **	2.5 x Lah **	5.5 x Lah **
3	11	27	58
4	14	36	80
5	18	46	85
6	22	54	78

- Cap. 21-5(B)-99.
1. Columnas, Vigas, Losas y Columnas.
 2. Slabsas rectas si el espesor del concreto es > 0.50 m.
Columnas, Vigas, Losas y Columnas.
 3. Partes rectas si el espesor del concreto es < 0.50 m.
Columnas.

RECURRIMIENTOS	
VIGAS	4.00 cm
COLUMNAS	5.00 cm
LOSAS	2.50 cm
CIMENTOS	7.5 cm



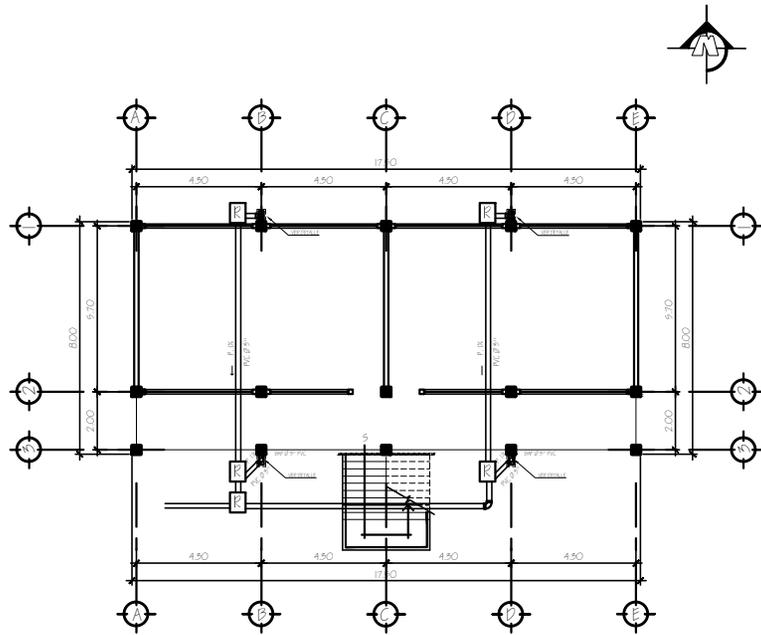
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE USUMATLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

PROYECTO:	EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE VIGAS Y LOSAS	II	III
SENO:	JUAN RODRIGUEZ	FECHA:	JUNIO 2011
FECHA:	JUNIO 2011	NO. DE VIGAS:	9/12

CONTRATE GONZALEZ

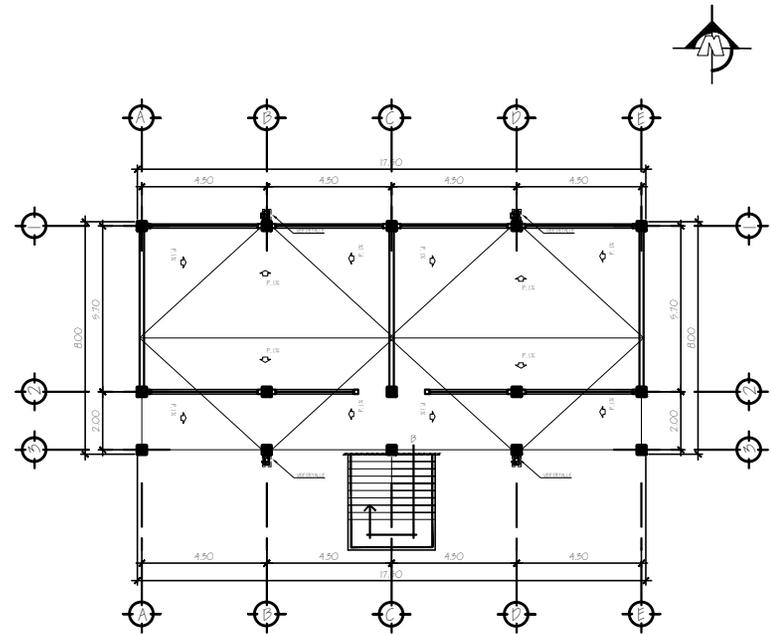
NO. DE VIGAS



PLANTA DRENAJE PLUVIAL

PRIMER NIVEL

ESC. 1:75

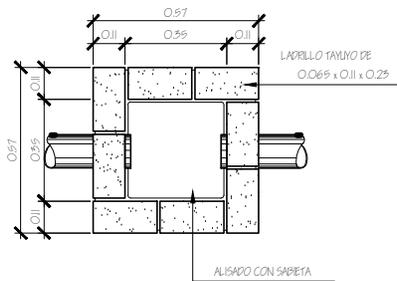


PLANTA DRENAJE PLUVIAL

SEGUNDO NIVEL

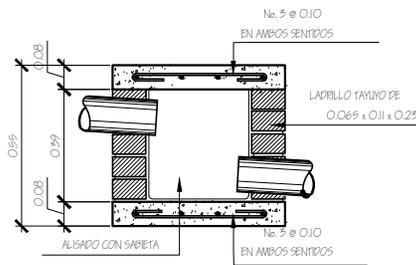
ESC. 1:75

SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
	TUBO DE 5"
	CODO 90° VERTICAL
	CODO 90° HORIZONTAL
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL
	PENDIENTE Y DIRECCION
	CAJA DE REGISTRO



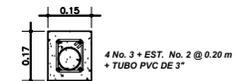
PLANTA CAJA DE REGISTRO

Sin Escala



SECCION CAJA DE REGISTRO

Sin Escala



DETALLE DE COLUMNA PARA TUBERIA

Sin Escala



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE USulutlan
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

PROYECTO: EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA

ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

SENO: JUAN RODRIGUEZ

TITULO: JUAN RODRIGUEZ

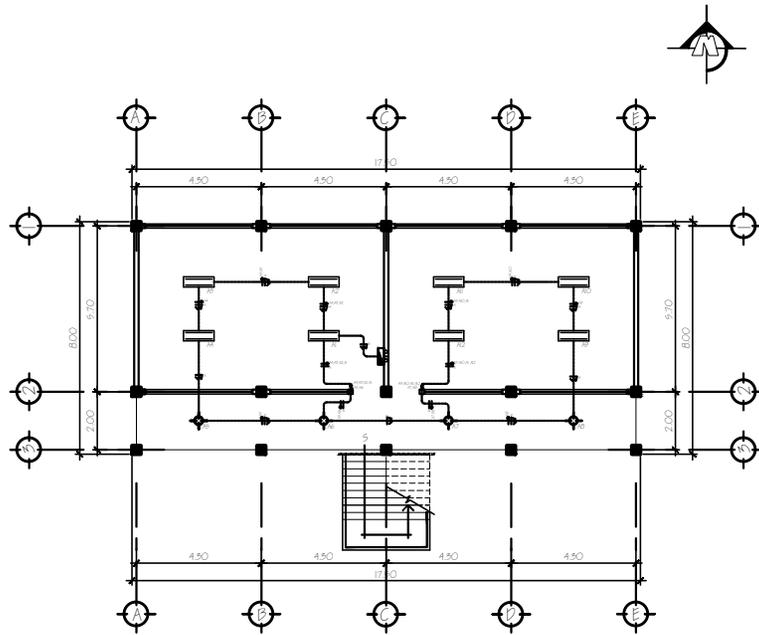
CALCULO: JUAN RODRIGUEZ

FECHA: JUNIO 2011

HORA: 10/12

CONSTRUCION GONZALEZ

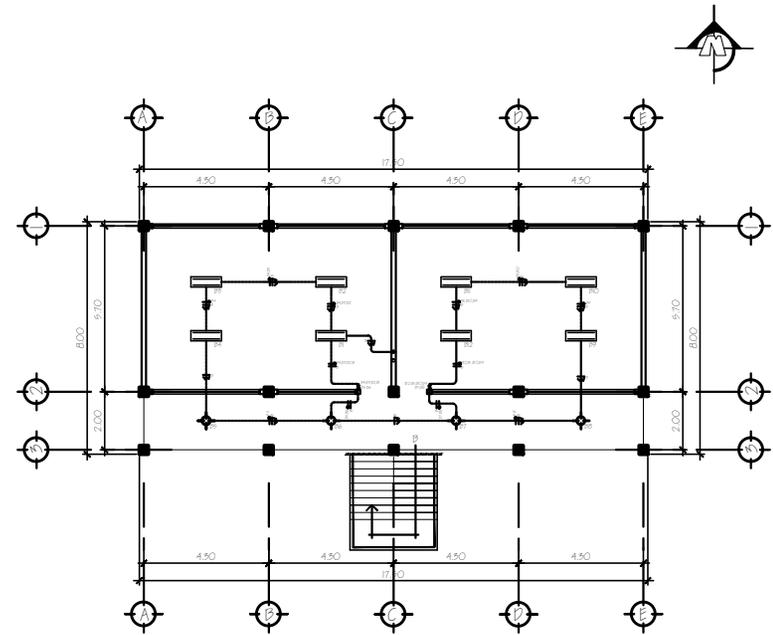
ING. JUAN WELBY GONZALEZ



PLANTA ILUMINACION

PRIMER NIVEL

ESC. 1:75



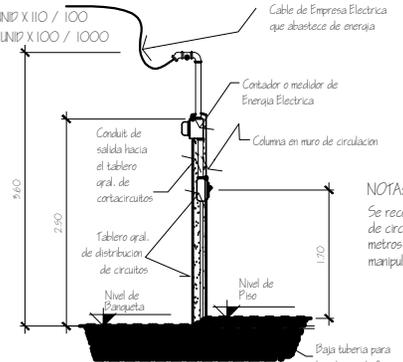
PLANTA ILUMINACION

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75

SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LAMPARA DE CIELO
	LAMPARA INDUSTRIAL 2 x 40
	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4"
	LINEA VIVA - Calibre 12
	RETORNO - Calibre 12
	LINEA NEUTRA - Calibre 12
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.

KW = # UNID X 110 / 100
AMP = # UNID X 100 / 1000



DETALLE ACOMETIDA
ELECTRICA TIPO RESIDENCIAL

Sin Escala

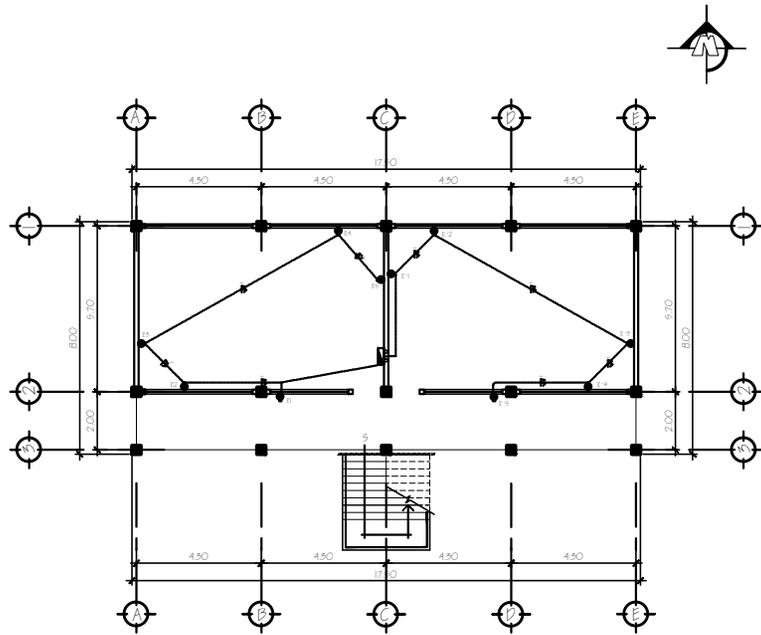
NOTA:

Se recomienda que el tablero general de distribucion de circuitos sea colocado a una altura de 1.50 mts. a 1.70 mts sobre el nivel de piso, para evitar que niños manipulen los flip-prones o corta circuitos



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE USUMUTLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

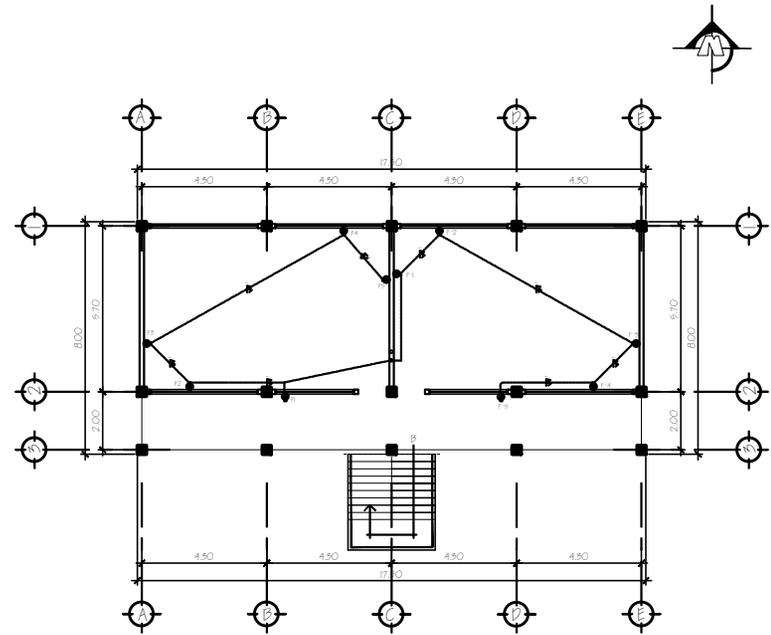
PROYECTO:	EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE ILUMINACION	II	III
OPERA:	JUAN RODRIGUEZ	FECHA:	JUNIO 2011
PROFESOR:	JUAN RODRIGUEZ	ALCALDE:	JUAN RODRIGUEZ
CONTROLE GONZALEZ	ALCALDE	NO. UNIV. MED. GONZALEZ	HORA: 11/12



PLANTA FUERZA

PRIMER NIVEL

ESC. 1:75

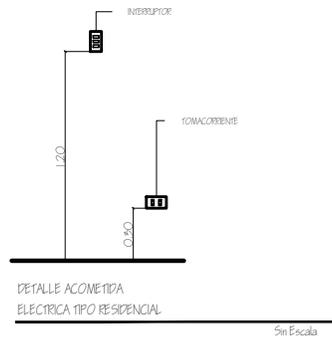


PLANTA FUERZA

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75

SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TOMACORRIENTE DOBLE II OV H=0.30MT
	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4"
	LINEA VIVA -Calibre 12
	LINEA NEUTRA -Calibre 12



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE USUMATLAN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

PROYECTO: EDIFICACION DE DOS NIVELES INSTITUTO
NACIONAL DE EDUCACION BASICA

ESCALA:
INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA

DISEÑO:
JUAN RODRIGUEZ

DESEÑO:
JUAN RODRIGUEZ

VALIDADO:
JUAN RODRIGUEZ

FECHA:
JUNIO 2011

FECHA:
12/12

OCORRIBRE GONZALEZ
ALVARO

ING. JUAN WELBY
GONZALEZ