



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL
CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ**

Sergio Josue García López

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, mayo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL
CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO JOSUE GARCÍA LÓPEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moises de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de octubre de 2018.

Sergio Josue García López

Guatemala, REF.EPS.D.351.10.2020
22 de octubre de 2020

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Sergio Josué García López, Registro Académico 201404168** y **CUI 2916 21031 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ.**

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



Guatemala, 27 de octubre de 2,020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado la tesis graduación, **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **SERGIO JOSUE GARCÍA LÓPEZ, CUI: 2916210310101**, Registro Académico: **201404168**, quien contó con la asesoría de el **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

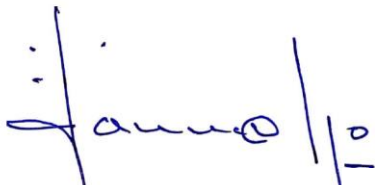
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C

/mrrm.



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. **Juan Carlos Merck Cross** y del Revisor del Departamento de Hidráulica Ing. **Rafael Morales Ochoa**, además como coordinador de estructuras, sobre el trabajo de graduación del estudiante **SERGIO JOSUE GARCÍA LÓPEZ**, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ , da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Armando Fuentes Roca



Guatemala, Enero 2021

/mrrm.

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de enero de 2021
REF.EPS.D.10.01.2021

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Sergio Josué García López, CUI 2916 21031 0101 y Registro Académico 201404168**, 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 por parte del Asesor-Supervisor, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Sergio García López titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca

Director Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, mayo 2021

/mrrm.



DTG. 213.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Josué García López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, mayo de 2021

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Porque Él es quien nos da la vida y nos provee de lo que necesitamos, para sea toda la gloria y honra.
- Mis padres** Sergio García y Maritza López de García, por todo el apoyo y el amor que siempre me dieron a través de cada uno de sus consejos.
- Mis hermanas** María y Zoily García, por ser quienes me apoyaron económica y moralmente durante todos mis ciclos escolares.
- Mis familiares** Por siempre apoyarme y animarme a terminar mis estudios universitarios.
- Mi novia** Gabriela Díaz, por su amor, apoyo y comprensión durante toda mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de obtener formación académica de muy buena calidad.
Facultad de Ingeniería	Por ser el lugar donde aprendí conocimientos para mi crecimiento personal y profesional.
Mis amigos de la Facultad	Allan Dubón, Álvaro Noj, André Martínez, Elmer Vargas, José Arias, Miguel Pirir, Ronal Castellanos, Rony González, Velvet Hernández y William López, por su amistad, apoyo y por los buenos momentos que compartimos juntos durante la carrera universitaria.
Municipalidad de San Lucas Tolimán	Por darme la oportunidad de ejercer mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), periodo en el cual la Dirección Municipal de Planificación (DMP) me brindó su apoyo total.
Mi asesor	Ing. Juan Merck Cos, por todo el apoyo y guía que me brindó durante la realización del EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XXVII
RESUMEN	XXXI
OBJETIVOS.....	XXXIII
INTRODUCCIÓN	XXXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del caserío Totolyá y colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Localización de las comunidades Totolyá y Pampojilá	2
1.1.2.1. Caserío Totolyá	2
1.1.2.2. Colonia Pampojilá	3
1.1.3. Ubicación geográfica	5
1.1.4. Colindancias	6
1.1.4.1. Caserío Totolyá	7
1.1.4.2. Colonia Pampojilá	7
1.1.5. Vías de acceso	7
1.1.5.1. Caserío Totolyá	7
1.1.6. Clima	8
1.1.7. Demografía	9
1.1.8. Vivienda	9
1.1.9. Economía.....	10

	1.1.9.1.	Niveles de pobreza.....	11
1.1.10.		Servicios públicos.....	11
	1.1.10.1.	Educación.....	11
	1.1.10.2.	Salud	13
	1.1.10.3.	Drenaje.....	13
	1.1.10.4.	Agua potable	14
1.1.11.		Caracterización biofísica (medio ambiente).....	14
1.1.12.		Hidrología	16
1.1.13.		Manejo de desechos sólidos	18
1.2.		Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del caserío Totolyá.....	19
	1.2.1.	Descripción de necesidades.....	19
	1.2.2.	Análisis y priorización de necesidades	20
2.		SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	21
2.1.		Diseño de la edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá	21
	2.1.1.	Descripción del proyecto y criterios de diseño	21
		2.1.1.1. Ubicación del terreno	22
	2.1.2.	Estudio del suelo	23
		2.1.2.1. Ensayo triaxial y cálculo del valor soporte	23
		2.1.2.2. Diseño arquitectónico	26
		2.1.2.3. Requerimiento de áreas	26
		2.1.2.4. Distribución de áreas	27
		2.1.2.5. Alturas y cotas.....	28
		2.1.2.6. Selección del sistema estructural	29
	2.1.3.	Análisis estructural	29
		2.1.3.1. Predimensionamiento estructural	29

	2.1.3.1.1.	Losas.....	30
	2.1.3.1.2.	Vigas	32
	2.1.3.1.3.	Columnas	33
2.1.3.2.		Cargas verticales aplicadas a marcos dúctiles con nudos rígidos	35
	2.1.3.2.1.	Integración de carga vertical por método de AGIES	36
	2.1.3.2.2.	Cargas verticales en marcos dúctiles.....	40
	2.1.3.2.3.	Cargas horizontales según método AGIES...	42
	2.1.3.2.4.	Integración de carga horizontal.....	43
2.1.3.3.		Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos	74
2.1.3.4.		Análisis de marcos dúctiles usando mediante el <i>software</i> ETABS 2016.....	75
	2.1.3.4.1.	Análisis de cargas verticales	76
	2.1.3.4.2.	Análisis de cargas horizontales	79
2.1.3.5.		Análisis de marcos dúctiles mediante el método numérico Kani	81
	2.1.3.5.1.	Análisis del método Kani para cargas verticales	94

2.1.3.5.2.	Análisis del método Kani para carga sísmica.....	120
2.1.3.6.	Comparación de resultados entre método numérico de Kani y el <i>software</i> ETABS.....	141
2.1.3.7.	Momentos últimos por envolventes de momentos.....	143
2.1.3.8.	Cortantes últimos por envolventes de cortantes.....	149
2.1.3.9.	Diagramas de momento y cortante últimos.....	154
2.1.3.10.	Diseño estructural	161
2.1.3.10.1.	Losas	162
2.1.3.10.2.	Vigas	197
2.1.3.10.3.	Columnas.....	220
2.1.3.10.4.	Diseño de nudo sísmico.....	259
2.1.3.10.5.	Cimientos	270
2.1.3.10.6.	Gradas	332
2.1.3.11.	Instalaciones eléctricas	342
2.1.3.12.	Instalaciones hidráulicas	344
2.1.3.13.	Instalaciones sanitarias	344
2.1.3.14.	Elaboración de planos constructivos ..	346
2.1.3.15.	Elaboración de presupuesto.....	346
2.1.3.16.	Cronograma de ejecución	349
2.1.3.17.	Evaluación de impacto ambiental.....	349
2.2.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá	350

2.2.1.	Descripción del proyecto	350
2.2.2.	Normas y reglamentos a aplicar	350
2.2.3.	Levantamiento topográfico	351
2.2.3.1.	Planimetría.....	352
2.2.3.2.	Altimetría.....	353
2.2.4.	Descripción del sistema a utilizar.....	353
2.2.5.	Partes del alcantarillado sanitario	354
2.2.5.1.	Colector	354
2.2.5.2.	Pozos de visita.....	355
2.2.5.3.	Conexiones domiciliarias.....	356
2.2.5.4.	Candela	356
2.2.5.5.	Conexión de candela a colector.....	356
2.2.6.	Periodo de diseño.....	357
2.2.7.	Estimación de la población futura	357
2.2.7.1.	Tasa de crecimiento	358
2.2.7.2.	Población actual	358
2.2.7.3.	Población futura.....	358
2.2.8.	Determinación de caudales	358
2.2.8.1.	Dotación	359
2.2.8.2.	Factor de retorno del sistema	359
2.2.8.3.	Caudal sanitario.....	360
2.2.8.3.1.	Caudal medio	360
2.2.8.3.2.	Caudal industrial.....	361
2.2.8.3.3.	Caudal comercial.....	361
2.2.8.3.4.	Caudal por conexiones ilícitas	363
2.2.8.3.5.	Caudal por infiltración .	364
2.2.8.3.6.	Caudal sanitario.....	365

	2.2.8.3.7.	Factor de caudal medio	365
	2.2.8.3.8.	Factor de Harmond	366
	2.2.8.3.9.	Caudal de diseño	367
2.2.9.		Fundamentos hidráulicos	368
	2.2.9.1.	Ecuación de Manning para flujo	369
	2.2.9.2.	Relaciones de diámetro	370
	2.2.9.3.	Relaciones hidráulicas	370
	2.2.9.4.	Diámetro de colector	371
	2.2.9.5.	Profundidad del colector	371
	2.2.9.5.1.	Profundidad mínima del colector	372
	2.2.9.5.2.	Ancho de zanja	372
	2.2.9.5.3.	Volumen de excavación	374
	2.2.9.5.4.	Cotas invert	375
	2.2.9.6.	Ubicación de pozos de visita	376
	2.2.9.7.	Profundidad de pozos de visita	377
2.2.10.		Características de las conexiones domiciliarias	378
2.2.11.		Diseño hidráulico, ejemplo de diseño de un tramo	379
2.2.12.		Propuesta de tratamiento primario	387
	2.2.12.1.	Diseño de fosas sépticas	387
	2.2.12.2.	Desfogue hacia cuerpo receptor	402
2.2.13.		Administración, operación y mantenimiento	402
	2.2.13.1.	Inspección	403
	2.2.13.2.	Limpieza	404
2.2.14.		Elaboración de planos	404
2.2.15.		Elaboración de presupuesto	405

2.2.16.	Cronograma de ejecución.....	406
	CONCLUSIONES	407
	RECOMENDACIONES.....	409
	BIBLIOGRAFÍA.....	411
	APÉNDICES	413
	ANEXOS	433

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del caserío Totolyá	3
2.	Localización de la colonia Pampojilá.....	4
3.	Ubicación del municipio San Lucas Tolimán, Sololá	6
4.	Ubicación precisa del edificio escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá.....	22
5.	Diagrama de capacidad de carga del suelo	24
6.	Planta arquitectónica 1er. nivel	27
7.	Planta arquitectónica 2do. nivel	28
8.	Distribución de losas para según sus dimensiones.....	30
9.	Distribución de cargas de una losa en 2 direcciones	32
10.	Predimensionamiento de vigas	33
11.	Predimensionamiento de columnas	34
12.	Cargas verticales distribuidas en el marco 3.....	41
13.	Cargas verticales distribuidas en el marco C	42
14.	Fuerzas verticales y horizontales de diseño en el marco 3	74
15.	Fuerzas verticales y horizontales de diseño en el marco C	75
16.	Momentos del marco 3 debido a carga muerta, Ton-m.....	76
17.	Momentos del marco 3 debido a carga viva, Ton-m	77
18.	Momentos del marco C debido a carga muerta, Ton-m	78
19.	Momentos del marco C debido a carga viva, Ton-m.....	79
20.	Momentos del marco 3 debido a carga sísmica, Ton-m.....	80
21.	Momentos del marco C por carga sísmica, Ton-m.....	81
22.	Análisis de Kani para carga muerta.....	101

23.	Diagramas de momentos finales por carga muerta en las vigas, marco 3.....	109
24.	Diagramas de momentos finales por carga muerta en columnas, marco 3.....	110
25.	Diagramas de momentos finales por carga viva en las vigas, marco 3.....	111
26.	Diagramas de momentos finales por carga viva en columnas, marco 3.....	112
27.	Diagramas de momentos finales por carga muerta en las vigas, marco C.....	117
28.	Diagramas de momentos finales por carga muerta en columnas, marco C.....	118
29.	Diagramas de momentos finales por carga viva en las vigas, marco C.....	119
30.	Diagramas de momentos finales por carga viva en columnas, marco C.....	120
31.	Análisis de Kani de carga sísmica.....	131
32.	Diagrama de momentos finales de carga sísmica en las vigas, marco 3.....	136
33.	Diagrama de momentos finales de carga sísmica en columnas, marco 3.....	137
34.	Diagramas de momentos finales de carga sísmica en las vigas, marco C.....	140
35.	Diagramas de momentos finales de carga sísmica en columnas, marco C.....	141
36.	Diagrama de momentos últimos en las vigas, marco 3.....	154
37.	Diagrama de momentos últimos en columnas, marco 3.....	155
38.	Diagrama de momentos últimos en las vigas, marco C.....	156
39.	Diagrama de momentos últimos en columnas, marco C.....	157

40.	Diagrama de cortantes últimos en las vigas, marco 3.....	158
41.	Diagrama de cortantes últimos en columnas, marco 3.....	159
42.	Diagrama de cortantes últimos en las vigas, marco C	160
43.	Diagrama de cortantes últimos en columnas, marco C.....	161
44.	Distribución de losas según cargas de servicio.....	163
45.	Momentos positivos y negativos en losas del 1er. nivel.....	181
46.	Momentos balanceados para losas del 1er. nivel (Kg-m).....	191
47.	Diagrama de armado de la losa #3 del primer nivel	196
48.	Diagrama de corte de viga cuando $V_c < V_u$	211
49.	Diseño de armado longitudinal y transversal de la viga 8	217
50.	Diagrama de longitud de desarrollo, extensión de gancho y diámetro de doblez... ..	220
51.	Distribución de columnas y sus áreas tributarias	221
52.	Grado de empotramiento en nodos de la columna No.13 en sentido X.....	229
53.	Grado de empotramiento en nodos de la columna No.13 en sentido Y.....	229
54.	Diagrama de interacción de la columna No.13 del primer nivel	243
55.	Diagrama de interacción de la columna No. 13 del segundo nivel	248
56.	Diseño de refuerzo de acero longitudinal y transversal de la columna típica de los marcos 2 y 3.....	258
57.	Conexiones típicas viga-columna.....	259
58.	Diagrama de presiones mínima y máxima en zapata aislada concéntrica.....	279
59.	Diagrama de cortante simple en una zapata aislada concéntrica.	280
60.	Diagrama de cortante punzonante en una zapata aislada concéntrica.....	284
61.	Diagrama de presión última de diseño sobre la zapata aislada concéntrica en sentido X.....	287

62.	Diseño de zapata aislada concéntrica	292
63.	Dimensiones de zapata aislada excéntrica	299
64.	Diagrama de esfuerzos actuantes sobre la zapata aislada excéntrica.....	301
65.	Diagrama de fuerzas actuantes sobre zapata excéntrica	303
66.	Diagrama de cortante simple en una zapata aislada excéntrica.....	319
67.	Diagrama de cortante punzonante en una zapata aislada concéntrica.	323
68.	Diagrama de presión última de diseño sobre la zapata aislada concéntrica en sentido Y.....	326
69.	Diseño de zapata aislada excéntrica	332
70.	Dimensiones propuestas de zanja	373
71.	Dimensiones internas de la fosa séptica.....	393
72.	Diagrama de fuerzas actuantes del muro de gravedad	394
73.	Dimensiones del muro de gravedad	402

TABLAS

I.	Coordenadas del caserío Totolyá	3
II.	Coordenadas de la colonia Pampojilá.....	4
III.	Temperatura según altitud de San Lucas Tolimán, Sololá.....	8
IV.	Censo del municipio San Lucas Tolimán, Sololá	9
V.	Nacimientos en área rural de San Lucas Tolimán según la oficina de Medio Ambiente de la municipalidad	17
VI.	Predimensionamientos de los elementos estructurales	35
VII.	Cargas muertas adicionales	35
VIII.	Cargas vivas de ambientes a utilizar	36
IX.	Integración de carga vertical marco 3.....	40
X.	Integración de carga vertical marco C	40

XI.	Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño.....	47
XII.	Clasificación del tipo de suelo	48
XIII.	Coefficiente de sitio F_A	49
XIV.	Coefficiente de sitio F_V	49
XV.	Tipo de fuente sísmica	50
XVI.	Factor N_a , para periodos cortos de vibración	51
XVII.	Factor N_v , para periodos largos de vibración	51
XVIII.	Factores K_d de acuerdo al nivel de sismo	52
XIX.	Fuerzas sísmicas por nivel.....	58
XX.	Fuerzas sísmicas por marco	58
XXI.	Cálculo de centro de masa.....	60
XXII.	Centro de rigidez nivel 1, sentido X.....	64
XXIII.	Centro de rigidez nivel 2 sentido X.....	65
XXIV.	Centro de rigidez nivel 1 sentido Y.....	65
XXV.	Centro de rigidez nivel 2 sentido Y.....	66
XXVI.	Excentricidades de diseño en dirección Y.....	70
XXVII.	Análisis de torsión dirección Y, nivel 2	70
XXVIII.	Análisis de torsión dirección Y, nivel 1	71
XXIX.	Fuerzas sísmicas de diseño en dirección Y	71
XXX.	Excentricidades de diseño en dirección X.....	72
XXXI.	Análisis de torsión dirección X, nivel 2	72
XXXII.	Análisis de torsión dirección X, nivel 1	73
XXXIII.	Fuerzas sísmicas de diseño en dirección X	73
XXXIV.	Rigideces de vigas, marco 3	85
XXXV.	Rigideces de vigas, marco C.....	86
XXXVI.	Factores de giro del marco 3.....	89
XXXVII.	Factores de giro del marco C	91
XXXVIII.	Momentos fijos de carga muerta del marco 3	95

XXXIX.	Momentos de sujeción de carga muerta del marco 3	96
XL.	Momentos finales en la vigas del marco 3 por carga muerta	105
XLI.	Momentos finales en columnas del marco 3 por carga muerta.....	106
XLII.	Momentos finales en la vigas del marco 3 por carga viva.....	107
XLIII.	Momentos finales en columnas del marco 3 por carga viva	108
XLIV.	Momentos finales en la vigas del marco C por carga muerta	113
XLV.	Momentos finales en columnas del marco C por carga muerta.....	114
XLVI.	Momentos finales en la vigas del marco C por carga viva	115
XLVII.	Momentos finales en columnas del marco C por carga viva.....	116
XLVIII.	Momentos finales en la vigas del marco 3 por carga sísmica.....	134
XLIX.	Momentos finales en columnas del marco 3 por carga sísmica.....	135
L.	Momentos finales en la vigas del marco C por carga sísmica	138
LI.	Momentos finales en columnas del marco C por carga sísmica.....	139
LII.	Momentos últimos de viga G-H, marco 3.....	145
LIII.	Momentos últimos de las vigas en el marco 3	146
LIV.	Momentos últimos de columna G-L, marco 3	147
LV.	Momentos últimos de las columnas en el marco 3	147
LVI.	Momentos últimos de las vigas en el marco C.....	148
LVII.	Momentos últimos de las columnas en el marco C.....	148
LVIII.	Cortantes últimos en la vigas del marco 3	151
LIX.	Cortantes últimos de las columnas del marco 3	152
LX.	Cortantes últimos en la vigas del marco C.....	153
LXI.	Cortantes últimos de las columnas del marco C.....	153
LXII.	Momentos de la losa #7 en ambas direcciones	173
LXIII.	Momentos de la losa 3 en ambas direcciones	177

LXIV.	Chequeo de resistencia de cortante resistente y cortante actuante ...	178
LXV.	Determinación de coeficientes para momentos positivos y negativos en las losas.....	179
LXVI.	Determinación de momentos positivos y negativos en lados continuos de cada losa.....	180
LXVII.	Momentos negativos en lados discontinuos de las losas	180
LXVIII.	Momentos balanceados en losas.....	190
LXIX.	Áreas de refuerzo de acero longitudinal a utilizar en la vigas del marco 3.....	202
LXX.	Áreas de refuerzo de acero longitudinal a utilizar en la vigas del marco C.....	202
LXXI.	Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas segundo nivel, marco 3.....	205
LXXII.	Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas primer nivel, marco 3.....	206
LXXIII.	Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas segundo nivel, marco C.....	207
LXXIV.	Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas primer nivel, marco C.....	208
LXXV.	Resultados de grado de empotramiento en columna No. 13 en ambos sentidos.....	233
LXXVI.	Momentos máximos probables de vigas conectadas a la columna No.11.....	264
LXXVII.	Chequeo de presiones para zapata aislada concéntrica.....	279
LXXVIII.	Esfuerzos actuantes para zapata aislada excéntrica	316
LXXIX.	Momentos actuantes para zapata aislada excéntrica	316
LXXX.	Carga total sobre el suelo y momentos efectivos de la zapata aislada excéntrica.....	317

LXXXI.	Comprobación de momentos actuantes finales de la zapata excéntrica.....	317
LXXXII.	Chequeo de presiones de la zapata aislada excéntrica.....	318
LXXXIII.	Presupuesto de la edificación escolar de dos niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá.....	347
LXXXIV.	Cronograma de ejecución de edificación escolar de dos niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá	349
LXXXV.	Dimensiones propuestas de zanja.....	373
LXXXVI.	Velocidad y caudal a sección llena del tramo PV 27 – PV 29.....	382
LXXXVII.	Medidas internas de la fosa séptica.....	393
LXXXVIII.	Datos para el cálculo del momento resistente del muro de gravedad.....	397
LXXXIX.	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.....	405
XC.	Cronograma de ejecución física del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá	406

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$H_{diamante}$	Altura de diamante de zapata aislada excéntrica (m)
H_{muro}	Altura de muro (m)
H_{nivel}	Altura de nivel (m)
$H_{predimensionamiento}$	Altura de predimensionamiento de la fosa séptica (m)
a	Altura del bloque equivalente de esfuerzos de la viga (cm)
H	Altura del elemento (m)
H'	Altura del elemento libre de la losa (m)
H_{real}	Altura real de la fosa séptica tomando en cuenta un 20 % de altura libre para retención de espumas (m)
H_{util}	Altura útil de la fosa séptica tomando en cuenta la pendiente del fondo de la fosa (m)
A_z	Ancho de zanja (cm)
\varnothing_{suelo}	Ángulo de fricción interna del suelo (°)
ϑ	Ángulo de inclinación propuesto para el diamante (°)
A	Área (m ²)
$A_{achudara}$	Área achurada específica (cm ²)
A_g	Área bruta de la sección transversal del elemento (cm ²)
A_{ch}	Área de la sección transversal de un miembro estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal (cm ²)
A_s	Área de refuerzo de acero del elemento (cm ²)

$A_{S_{requerida}}$	Área de refuerzo de acero requerida del elemento dado un momento actuante (cm ²)
A_j	Área efectiva del nudo sísmico (cm ²)
$A_{S_{min}}$	Área mínima de refuerzo de acero del elemento (cm ²)
$A_{S_{real}}$	Área real de refuerzo de acero del elemento (cm ²)
A_t	Área tributaria (m ²)
B	Base del elemento (m)
b_j	Base efectiva del nudo sísmico (cm)
b	Base inferior del elemento (cm)
$B_{unitaria}$	Base unitaria de un metro (cm)
P_o	Carga axial resistente de la columna (Ton)
P'	Carga axial total efectiva (Ton)
P_s	Carga axial total sobre el suelo (Ton)
P_U	Carga axial última del nivel sobre la columna (Ton)
P_c	Carga crítica de pandeo de la columna (Ton)
SC y AC	Carga de sobrecarga y acabados (Kg/m ²)
CM	Carga muerta (Kg/m ²)
W_{CM}	Carga muerta distribuida (Kg/m)
P'_X	Carga resistente debido a excentricidad en X de la columna (Ton)
P'_Y	Carga resistente debido a excentricidad en Y de la columna (Ton)
CU	Carga última del elemento (Kg/m ²)
q_{ultima}	Carga última del suelo (Ton/m ²)
$q_{perm(neta)}$	Carga última neta del suelo (Ton/m ²)
P'_U	Carga última resistente de la columna (Ton)
CV	Carga viva (Kg/m ²)
W_{CV}	Carga viva distribuida (Kg/m)

$Q_{manning}$	Caudal a sección llena del colector (L/s)
$q_{comercial}$	Caudal comercial (L/s)
q_{CI}	Caudal de conexiones ilícitas (L/s)
Q_{dis}	Caudal de diseño (L/s)
q_{inf}	Caudal de infiltración (L/s)
$q_{industrial}$	Caudal industrial (L/s)
q_m	Caudal medio (L/s)
Q_s	Caudal sanitario (L/s)
Cm_X	Centro de masa de la estructura en sentido X (m)
Cm_Y	Centro de masa de la estructura en sentido Y (m)
CR_X	Centro de rigidez de la estructura en sentido X (m)
CR_Y	Centro de rigidez de la estructura en sentido Y (m)
C_{VX}	Coefficiente de distribución de fuerzas sísmicas por nivel
N_a	Coefficiente de proximidad de las amenazas especiales para periodos de vibración cortos
N_V	Coefficiente de proximidad de las amenazas especiales para periodos de vibración largos
$n_{manning}$	Coefficiente de rugosidad de Manning
F_a	Coefficiente de sitio para periodos de vibración cortos
F_V	Coefficiente de sitio para periodos de vibración largos
C_{neg}	Coefficiente para momentos negativos en losas
C_{dl}	Coefficiente para momentos positivos en losas debido a carga muerta
C_{ll}	Coefficiente para momentos positivos en losas debido a carga viva
C_s	Coefficiente sísmico
C'	Cohesión del suelo (Ton/m ²)

C_{esc}	Contrahuella de escalones (cm)
V_{act}	Cortante actuante sobre el nudo sísmico (Kg)
V_{col}	Cortante de la columna calculado en base a los momentos máximos probables de vigas (Kg)
$V_{punzonante}$	Cortante punzonante actuante sobre la zapata (Ton)
V_c	Cortante resistente del elemento de concreto (Ton)
V_{simple}	Cortante simple actuante sobre la zapata (Ton)
V_u	Cortante último del elemento (Ton)
V_s	Corte basal (Ton)
CT	Cota del terreno (m)
CI_E	Cota invert de entrada del pozo de visita (m)
CI_S	Cota invert de salida del pozo de visita (m)
ρ_{max}	Cuantía de refuerzo de acero máxima del elemento
$\rho_{temperatura}$	Cuantía de refuerzo de acero por temperatura
ρ	Cuantía de refuerzo de acero utilizada del elemento
ρ_μ	Curva del diagrama de interacción de la columna
D_f	Desplante de la cimentación (m)
\emptyset	Diámetro (cm)
\emptyset_{est}	Diámetro del refuerzo de acero transversal (cm)
\emptyset_{var}	Diámetro del refuerzo longitudinal de acero (cm)
Y_2	Distancia al centro de gravedad del área ABCD (m)
Y_1	Distancia al centro de gravedad del área XDYZ (m)
$D_{H\text{ pozos}}$	Distancia horizontal entre pozos de visita (m)
Dot	Dotación (L/hab/día)
E	Esbeltez de la columna
σ_c	Esfuerzo máximo de compresión de zapata excéntrica sobre el suelo (Ton/m ²)

σ_T	Esfuerzo máximo de tensión de zapata excéntrica sobre el suelo (Ton/m ²)
T_u	Esfuerzo mayorado de tensión del refuerzo superior de acero de la viga sobre el nudo sísmico (Kg)
σ_{neutro}	Esfuerzo neutro de zapata excéntrica sobre el suelo (Ton/m ²)
σ_{Y1}	Esfuerzo perpendicular a Y_1 (Ton/m ²)
S	Espaciamiento del refuerzo de acero (cm)
S_{max}	Espaciamiento máximo del refuerzo de acero (cm)
t_{losa}	Espesor de losa (m)
t_{esc}	Espesor de losa de escalera (m)
t_{zapata}	Espesor de zapata (m)
$e_{accidental}$	Excentricidad accidental según la longitud de la estructura (m)
e	Excentricidad causada por un momento sobre una carga axial (cm)
e'	Excentricidad de carga última efectiva (m)
$e_{calculada}$	Excentricidad entre el centro de masa y centro de rigidez (m) ²
F_{CU}	Factor de carga última
f_{qm}	Factor de caudal medio
ν_{ik}	Factor de corrimiento de la columna ik
K_d	Factor de determinación de los niveles de diseño
D_2	Factor de distribución del momento mayor de losa
D_1	Factor de distribución del momento menor de losa
μ_{ik}	Factor de giro del elemento ik
FH	Factor de Harmond
k_l	Factor de longitud efectiva de la columna

δ_s	Factor de modificación de momento para columnas intermedias
λ	Factor de modificación Lamda
ϕ	Factor de reducción de resistencia
R	Factor de reducción de respuesta sísmica (s)
F_r	Factor de reducción del diagrama de interacción de la columna
FR	Factor de retorno
FS	Factor de seguridad
K'	Factor del diagrama de interacción de la columna
R'	Factor R' del diagrama de interacción de la columna
k	Factor unitario según el periodo de vibración empírico
Ψ_e, Ψ_c, Ψ_r	Factores de modificación para la longitud de desarrollo
Fa	Fuerza actuante del suelo sobre el muro de gravedad (Ton)
N_U	Fuerza axial mayorada de la columna (Kg)
$Q_{nivel i}$	Fuerza cortante de piso del nivel i (Ton)
F_R	Fuerza resistente al deslizamiento (Ton)
P_2	Fuerza resultante sobre área ABCD (Ton)
P_1	Fuerza resultante sobre área XDYZ (Ton)
$F_{diseño X,Y}$	Fuerza sísmica de diseño en marcos X y Y (Ton)
$F_{sismica X,Y}$	Fuerza sísmica en marcos X y Y (Ton)
$F_{sismica}$	Fuerza sísmica por nivel (Ton)
$F_{torsionante X,Y}$	Fuerza torsionante en marcos X y Y (Ton)
H_{esc}	Huella de escalones (cm)
I_o	Índice de sismicidad
S_{cr}, S_{1r}	Índices de amenaza sísmica (g)
I	Inercia de la sección transversal del elemento cm^4
M''_{ik}	Influencia de desplazamiento del elemento ik (Ton-m)

M'_{ik}	Influencia de giro del nudo i al nudo k (Ton-m)
l_a	Lado corto de la losa (m)
l_b	Lado largo de la losa (m)
l_o	Longitud de confinamiento de la columna (cm)
l_{dh}	Longitud de desarrollo del refuerzo longitudinal de acero (cm)
Lejes x	Longitud de ejes en sentido X (m)
Lejes y	Longitud de ejes en sentido Y (m)
l_U	Longitud de la columna analizada (cm)
L	Longitud del elemento (m)
msnm	Metros sobre el nivel del mar (m)
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
G	Módulo de rigidez
S_X	Módulo de sección en sentido X (m ³)
S_Y	Módulo de sección en sentido Y (m ³)
M_{act}	Momento actuante (Kg-m)
M_{Y1}	Momento actuante debido a P_1 (Ton-m)
M_{Y2}	Momento actuante debido a P_2 (Ton-m)
M'_X	Momento actuante final en sentido X (Ton-m)
M'_Y	Momento actuante final en sentido Y (Ton-m)
M_b	Momento balanceado de la losa (Kg-m)
ME_{ik}	Momento de empotramiento de la barra ik en el nudo i (Ton-m)
MF_{ik}	Momento de final de la barra ik en el nudo i (Ton-m)
$M_{nivel i}$	Momento de piso del nivel i (Ton-m)
\overline{MS}_i	Momento de sujeción en el nudo i (Ton-m)
M_{TX}	Momento efectivo en sentido X (Ton-m)
M_{TY}	Momento efectivo en sentido Y (Ton-m)
M_X	Momento magnificado en sentido X (Ton-m)

M_Y	Momento magnificado en sentido Y (Ton-m)
M_{MP}	Momento máximo probable de la columna (Kg-m)
M_{PR}	Momento máximo probable de la viga (Kg-m)
M_2	Momento mayor para balance de momentos de losa (Kg-m)
M_s	Momento mayorado en el extremo del miembro a compresión, que causa desplazamiento lateral (Ton-m)
M_{ns}	Momento mayorado en el extremo del miembro a compresión, que no causa desplazamiento lateral (Ton-m)
M_1	Momento menor para balance de momentos de losa (Kg-m)
M_{neg}	Momento negativo de la losa (Kg-m)
M_{pos}	Momento positivo de la losa (Kg-m)
M_R	Momento resistente del área real de refuerzo de acero del elemento (Kg-m)
M_{viga}	Momento transferido de la viga hacia el nudo sísmico (Ton-m)
M_u	Momento último del elemento (Ton-m)
M_{col}	Momentos máximos probables transferidos de las columnas hacia el nudo sísmico (Ton-m)
$M(+)_ik$	Momentos positivos al centro de la viga ik (Ton-m)
NPS	Nivel de protección sísmica
S_t	Pendiente de la superficie o terreno (%)
S_{col}	Pendiente del colector del tramo analizado (%)
d'	Peralte efectivo del elemento (cm)
B_0	Perímetro punzonante de la zapata (cm)
n	Periodo de diseño (años)

T_a	Periodo de vibración empírico (s)
T_s	Periodo expresado en segundos que separa los periodos cortos de los largos (s)
W_{nivel}	Peso de nivel (Ton)
$PU_{concreto}$	Peso específico del concreto (Kg/m ³)
$PU_{ciclopeo}$	Peso específico del concreto ciclópeo (Kg/m ³)
γ_s	Peso específico del suelo (Ton/m ²)
PP	Peso propio del elemento (Kg/m ²)
P_{γ_s}	Peso propio del suelo (Ton)
P_{actual}	Población actual (Hab)
P_f	Población futura (Hab)
K_A	Presión activa del suelo
q_{max}	Presión máxima ejercida de la cimentación hacia el suelo (Ton/m ²)
q_{min}	Presión mínima ejercida de la cimentación hacia el suelo (Ton/m ²)
$q_{diseño}$	Presión última de diseño (Ton/m ²)
h_j	Profundidad efectiva del nudo sísmico (cm)
r	Radio de giro de la columna (cm)
Rh	Radio hidráulico del colector (m)
Rec	Recubrimiento de concreto para el refuerzo longitudinal del elemento (cm)
γ	Relación entre la altura del núcleo de la columna y las dimensiones de la sección transversal de la columna
E_i	Relación entre la rigidez de cada marco y su distancia perpendicular a la fuerza sísmica actuante (m)
β_{dns}	Relación utilizada para calcular la reducción de rigidez de las columnas debido a cargas axiales permanentes
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm ²)

f_y	Resistencia a la fluencia del refuerzo no preesforzado (Kg/cm ²)
f_{yt}	Resistencia específica a la fluencia f_y del refuerzo transversal (Kg/cm ²)
V_n	Resistencia nominal de cortante del nudo sísmico (Kg)
K	Rigidez del elemento (cm ⁻¹)
$(EI)_{eff}$	Rigidez efectiva a flexión de la columna
$e_{diseño}$	Sumatoria de excentricidad calculada y excentricidad accidental (m)
$r\%$	Tasa de crecimiento (%)
T_M	Tiempo de mantenimiento (años)
T_R	Tiempo de retención de lodos (horas)
$V_{manning}$	Velocidad a sección llena del colector (L/s)
VS	Valor soporte del suelo (Ton/m ²)
$VS_{efectivo}$	Valor soporte efectivo del suelo (Ton/m ²)
Vol	Volumen (m ³)
V	Volumen de fosa séptica (L)
V_{liq}	Volumen de líquidos en fosa séptica (L)
V_{lodos}	Volumen de lodos en fosa séptica (L)
\hat{X}	Zona de la viga donde $V_U > V_C$ (m)
X'	Zona de la viga donde $V_U < V_C$ (m)

GLOSARIO

Acabados	Representa el conjunto de decoraciones o detalles que se hace sobre la obra gris para proporcionar una mejor apariencia de la estructura, entre los acabados comunes están: repello, cernido, colocación de pisos, instalaciones eléctricas, entre otros.
ACI 318S-14	Código de construcción para concreto estructural del Instituto Americano del Concreto (<i>American Concrete Institute</i>).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
AMSCLAE	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno.
Arriostramiento	Es la capacidad suministrada a una estructura de marcos estructurales, con la finalidad de absorber las fuerzas laterales, limitando de esta manera la ductilidad de la estructura.
Caudal	Cantidad de agua transportada de un punto a otro, por medio de un ducto en una unidad de tiempo.

Carga muerta	Es el conjunto de cargas permanentes en una estructura, siendo esta el peso propio de la misma.
Carga viva	Es la carga no permanente en una estructura, la cual depende de la capacidad de personas o bien la condición de uso del ambiente.
Carga sísmica	Fuerzas laterales sobre la estructura debido a la acción de un sismo.
CONALFA	Comité Nacional de Alfabetización.
Concreto reforzado	Es el conjunto de concreto (Mezcla de arena, grava y cemento) y un refuerzo de acero para una mejor trabajabilidad ante esfuerzos de compresión y tensión sobre el elemento estructural.
Concreto ciclópeo	Es el concreto compuesto de arena, piedra bola y cemento, utilizado para elementos sometidos solamente bajo esfuerzos de compresión.
Confinamiento	Refuerzo transversal de un elemento estructural dentro de una zona medida desde el nudo hacia el centro de la longitud del elemento con el objetivo de proporcionar una resistencia mayor al cortante.
Desplante	Distancia vertical medida desde la superficie hacia el fondo de la cimentación utilizada.

Ductilidad	Es la propiedad de un elemento sometido a una fuerza, que posee la capacidad de deformarse sin presentar ruptura alguna.
Esbeltez	Es la relación entre la base de la sección transversal de un elemento, respecto a la altura de este.
Espaciamiento	Es la distancia a la cual se deben colocar los refuerzos transversales de un elemento.
ETABS	<i>Software</i> utilizado para el análisis y diseño estructurales de edificaciones.
Fluencia	Es la propiedad de los materiales al sobrepasar su límite de elasticidad, por lo cual las deformaciones se vuelven permanentes.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Marcos estructurales	Sistema estructural compuesto por losas, vigas y columnas las cuales resisten el conjunto de cargas muertas, vivas y sísmicas.
MINEDUC	Ministerio de Educación.
Nudo	Intercepción de las columnas con las vigas, estos pueden ser interiores, exteriores y de esquina.

Recubrimiento

Es la distancia medida desde el refuerzo de acero y la cara exterior de la superficie de concreto, con el fin de proteger al refuerzo de acero de la oxidación, abrasión y del fuego.

Sobrecarga

Cargas adicionales colocadas a una estructura, con la intención de dar mayor seguridad a la estructura, evitando así que la estructura colapse por cargas imprevistas.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se realizó en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, y consistió en la propuesta de diseño de dos proyectos identificados como: diseño de una edificación escolar de dos niveles en el caserío Totolyá y de un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, que tienen como objetivo mejorar el desarrollo rural del municipio.

Este trabajo de graduación consta de dos capítulos que contienen el estudio técnico de los proyectos mencionados anteriormente; el primer capítulo contiene la fase de investigación, los datos obtenidos del municipio de San Lucas Tolimán, entre ellos, la ubicación geográfica, las vías de acceso, la demografía, vivienda, economía, servicios públicos, caracterización biofísica, hidrología, entre otras, y el diagnóstico de necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura.

En el segundo capítulo se detalla el estudio técnico de cada uno de los proyectos, este capítulo está dividido en dos partes: la primera contiene el diseño de la edificación escolar de dos niveles por construir en el caserío Totolyá; la segunda, el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Pampojilá; en ambas partes se detallan los conceptos y procedimientos necesarios para el diseño de la estructura y del sistema de alcantarillado, respectivamente.

Por último, también se agregan en este trabajo de graduación las conclusiones, las recomendaciones, la bibliografía, los apéndices y los anexos.

OBJETIVOS

General

Diseñar la edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá y del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.

Específicos

1. Determinar la información demográfica del caserío Totolyá y la colonia Pampojilá del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.
2. Realizar un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura de las comunidades en estudio.
3. Realizar diseño estructural de la edificación escolar aplicando las normas y reglamentos vigentes.
4. Realizar el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario aplicando las normas de Instituto de Fomento Municipal (INFOM).
5. Contribuir al mejoramiento de calidad de vida de ambas comunidades, dando un mejor lugar para la educación y ayudando a la salud contra enfermedades gastrointestinales.

6. Brindar capacitación a las comunidades sobre los mantenimientos necesarios en los proyectos a realizar.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene como objetivo brindar un aporte al país, mediante la realización de diseños de proyectos enfocados en la mejora del desarrollo municipal, con prioridad en satisfacer las necesidades básicas del municipio escogido, de acuerdo con la formación recibida en la carrera universitaria del estudiante.

El departamento de Sololá está integrado por 19 municipios, uno de los cuales es San Lucas Tolimán, que rodea el lago de Atitlán. Este municipio presenta necesidades básicas específicas, tanto en el casco urbano como en el área rural. En conjunto con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de San Lucas Tolimán se realizó un diagnóstico de necesidades, servicios básicos e infraestructura. Con la ayuda de este diagnóstico se determinó que las necesidades que debían satisfacerse eran el servicio básico de saneamiento y la infraestructura de un establecimiento educativo.

Por lo tanto, se planteó la propuesta del diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá. Por la topografía de la comunidad fue necesario dividirla en 3 redes. También se propuso el diseño de una edificación escolar de 2 niveles en el caserío Totolyá, cuya construcción fue 182,39 metros cuadrados por nivel.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del caserío Totolyá y colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.

A continuación, se presenta la información monográfica de las comunidades del caserío Totolyá y de la colonia Pampojilá del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá; Esto con el fin de determinar las necesidades básicas en cada una de las comunidades siendo estas el diseño de la edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá y el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá.

1.1.1. Aspectos generales

El municipio de San Lucas Tolimán del departamento de Sololá aparece escrito en el anexo de la diócesis de Goathemala por el arzobispo Pedro Cortez y Larraz de la parroquia de municipio Santiago Atitlán en el año 1 770.

La referencia más antigua de la existencia del municipio de San Lucas Tolimán se encuentra en la “Descripción de la Provincia de Zapotitlán y Suchitepéquez”, escrita por el alcalde mayor de dicha provincia Juan de Estrada, en 1579 menciona al pueblo de Tuliman y señaló que su nombre proviene de la planta Tul que crece a las orillas del lago de Atitlán. Se cree que el origen de este municipio es prehispánico y se constituyó alrededor del año 1 540 cuando fue realizada la reducción y concentración de los indígenas los cuales fueron denominados como “pueblos indios”.

Al nombre San Lucas Tolimán, se le identifican dos significados, el primero es “Tuliman” que significa “Lugar donde se cosecha el Tul” y el segundo es “Toloman” que significa “jefe de los Toltecas”

Con relación al lago este sube su caudal cada 50 años, antes se llamaba laguna de Panajachel y poseía una gran cantidad de peces (repesca, balsera, guapote, barcina, entre otros) aunque con el pasar del tiempo estas especies se han extinguido.

El municipio cuenta con 38 comunidades, en el casco urbano se tienen 2 barrios, 4 cantones, 4 sectores, 8 colonias, 1 paraje y 2 caseríos; en el área rural se tienen 1 aldea, 1 cantón, 1 caserío, 7 comunidades, 2 parcelamientos, 2 colonias y 3 fincas.

1.1.2. Localización de las comunidades Totolyá y Pampojilá

A continuación se detallará la localización de las comunidades del caserío Totolyá y de la colonia Pampojilá del municipio de San Lucas Tolimán.

1.1.2.1. Caserío Totolyá

El caserío Totolyá se localiza en el área rural del municipio, ubicado a una distancia de 12 kilómetros del casco urbano de San Lucas Tolimán, La distancia hacia la ciudad capital es de 145 kilómetros por la costa sur, el caserío se encuentra a una altitud promedio de 1 550 metros sobre el nivel del mar.

Para obtener la localización exacta del caserío Totolyá se utilizará el programa Google Earth para obtener las coordenadas donde encuentra dicho caserío, siendo estas las siguientes:

Tabla I. **Coordenadas del caserío Totolyá**

Latitud	14°34'45,54"N
Longitud	91° 7'39,12"O

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. **Localización del caserío Totolyá**



Fuente: elaboración propia, utilizando Google Earth.

1.1.2.2. **Colonia Pampojilá**

La colonia Pampojilá se localiza en el área rural del municipio, ubicado a una distancia de 4 Kilómetros del casco urbano de San Lucas Tolimán, La distancia hacia la ciudad capital es de 148 Kilómetros por la costa sur, la colonia

Pampojilá se encuentra a una altitud promedio de 1 600 metros sobre el nivel del mar.

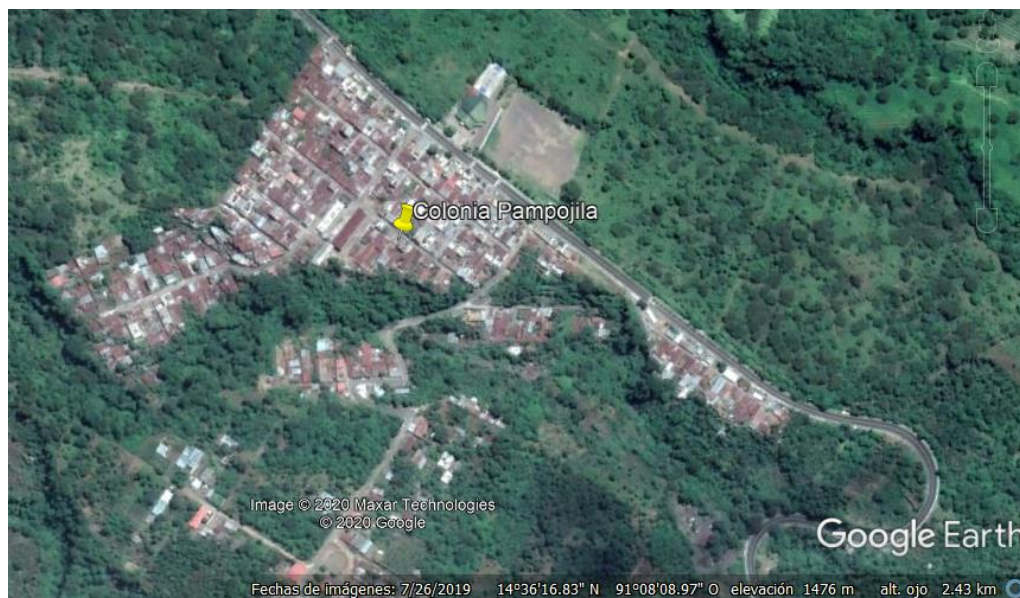
Para obtener la localización de la colonia Pampojilá también se utilizará el programa Google Earth para obtener las coordenadas donde encuentra dicha colonia, siendo estas las siguientes:

Tabla II. **Coordenadas de la colonia Pampojilá**

Latitud	14°36'16,07"N
Longitud	91° 8'8,29"O

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Localización de la colonia Pampojilá**



Fuente: elaboración propia, utilizando Google Earth.

1.1.3. Ubicación geográfica

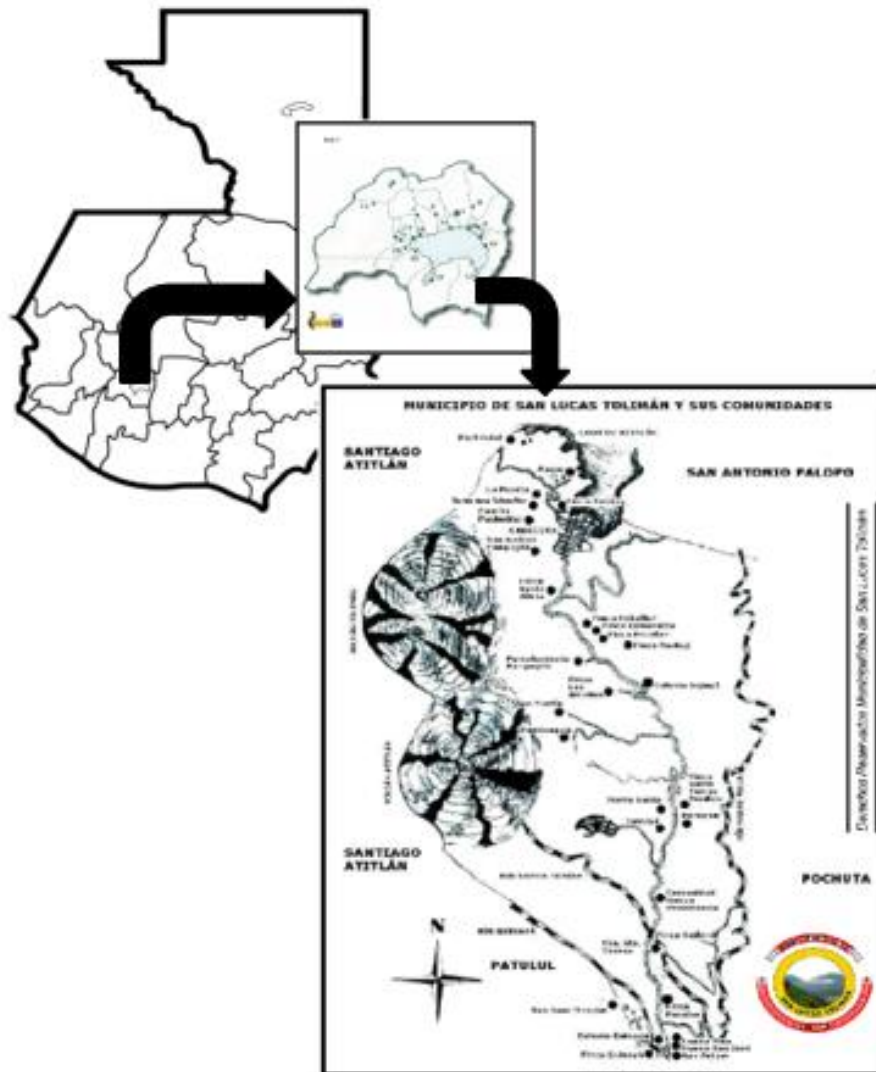
El municipio de San Lucas Tolimán, este situado al occidente de la República de Guatemala, dentro del departamento de Sololá, a una distancia promedio de 153 kilómetros por vía Chimaltenango y Godínez o a una distancia promedio de 155 kilómetros por vía Escuintla y Cocales.

Las colindancias del municipio son las siguientes:

- Al norte colinda con el lago de Atitlán y el municipio de San Antonio Palopó, Sololá.
- Al sur colinda con el municipio Patulul, Suchitepéquez
- Al este colinda con los municipios de Chimaltenango, Pochuta, y Patzún
- Al oeste colinda con el municipio de Santiago Atitlán, Sololá

El municipio de San Lucas Tolimán tiene una extensión territorial de aproximadamente 116 kilómetros cuadrados.

Figura 3. **Ubicación del municipio San Lucas Tolimán, Sololá**



Fuente: CUJ, Robetro, *Ubicación del pueblo*, <http://muni-toliman.blogspot.com/2012/04/ubicacion-de-san-lucas-toliman.html>. Consulta: octubre de 2019.

1.1.4. **Colindancias**

A continuación se detallarán las colindancias del caserío Totolyá y de la colonia Pampojilá:

1.1.4.1. Caserío Totolyá

Las colindancias del caserío son las siguientes:

- Al norte colinda con la finca Santo Tomás Perdido
- Al sur colinda con la comunidad Nueva Providencia
- Al este colinda con la finca Santo Tomás Perdido
- Al oeste colinda con la comunidad El Porvenir

1.1.4.2. Colonia Pampoijlá

Las colindancias de la colonia son las siguientes:

- Al norte colinda con la finca Pampoijlá
- Al sur colinda con la finca Las Amalias
- Al este colinda con la finca Santo Tomás Pachuj
- Al oeste colinda con las parcelas con cafetales

1.1.5. Vías de acceso

A continuación se detallarán las vías de acceso existentes para el caserío Totolyá y de la colonia Pampoijlá.

1.1.5.1. Caserío Totolyá

Para llegar al caserío Totolyá o a la colonia Pampoijlá desde la Ciudad Capital se pueden tomar la carretera interamericana pasando por San Lucas, Chimaltenango, Tecpán y Godínez, siendo esta ruta de carretera asfaltada, la cual es transitable todo el año.

También es posible llegar por la costa sur, entrando por Cocalees llegando al caserío Totolyá o a la colonia Pampojilá, ubicadas a 145 y 148 kilómetros, respectivamente, de la ciudad Capital.

1.1.6. Clima

En el municipio de San Lucas Tolimán están presentes dos unidades bioclimáticas: en la parte baja del municipio con una altitud entre 800 y 1 500 metros sobre el nivel del mar se tiene el bosque muy húmedo subtropical cálido (b.m.h.s.c.) y en la parte alta del municipio con una altitud entre 1 500 y 2 400 metros sobre el nivel del mar se tiene el bosque húmedo montano bajo subtropical (b.h.m.b.s.).

También las temperaturas cambian a lo largo del territorio del municipio, como se muestra a continuación:

Tabla III. **Temperatura según altitud de San Lucas Tolimán, Sololá**

Altitud (msnm)	Temperatura (°C)
800 - 1 200	24 – 30
1 200 - 2 400	18 – 24

Fuente: elaboración propia.

En el municipio de San Lucas Tolimán, según el personal del Comité Nacional de Alfabetización (CONALFA) de San Lucas Tolimán, en la estación meteorológica El Capitán, se presentan tres épocas en el año:

- Invierno: mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre
- Verano: noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril
- Heladas: noviembre, diciembre y enero

1.1.7. Demografía

Para la demografía del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá; Se deberá recurrir al Censo XI del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE) realizado en el año 2002 se tienen los siguientes datos.

Tabla IV. **Censo del municipio San Lucas Tolimán, Sololá**

Hombres	Mujeres	Población total
10 680	10 775	21 455

Fuente: Censo XI, INE, año 2002.

Teniendo así que la población del municipio de San Lucas Tolimán está conformada 50,22 % por mujeres y 49,78 por hombres, en cuanto a edades, se tiene que la población del municipio es joven ya que según la Dirección Municipal de Planificación (DMP) se tiene un 57 % de población menor a 20 años y únicamente se tiene 9 % de población mayor a 49 años.

También se tienen 2 etnias en el municipio, dentro de las cuales se tiene que 92 % de la población es indígena, perteneciente a la etnia maya Kaqchikel estos habitan tanto en el área rural como en el casco urbano y un 8 % de etnia ladina o mestiza que habita directamente en el casco urbano.

1.1.8. Vivienda

Habiendo realizado visitas de campo a las comunidades del caserío Totolyá y la colonia Pampojilá, se pudo observar que la mayoría de las viviendas son construidas con mampostería de Block utilizando una configuración de tipo Cajón y algunas otras construidas con madera, las viviendas tienen techos de lámina galvanizada o con terraza de concreto.

También se observó que alrededor del 30 % de las viviendas poseen dos o tres niveles, siendo el resto de ellas de un solo nivel, las viviendas en su mayoría contaban con ambientes de Sala, Comedor, Cocina, Dormitorios y servicios sanitarios, estas viviendas suelen contar con pisos de concreto o piso cerámico, habiendo únicamente un 5 % de las viviendas de la colonia Pampojilá con suelos de tierra.

1.1.9. Economía

En el sur del municipio siempre ha predominado la agricultura especialmente el cultivo de café, maíz y frijol, también se cultivan en menor escala frutos y verduras como el aguacate, tomate, güisquil, jocote y chile pimiento. El 54 % de los pequeños agricultores se dedican a la producción del maíz y frijol para autoconsumo de sus viviendas, la cosecha sobrante la venden en pequeñas porciones o es almacenada para casos de emergencia. El producto que se comercializa a gran escala es el café a través de intermediarios los cuales determinan el precio obteniendo ganancias mayores que las ganancias de los agricultores.

En el casco urbano la economía depende mucho de comercios como abarroterías, ferreterías, panaderías, hoteles, navieras y mercados. Otra fuente de ingreso de los pobladores del municipio es la crianza de animales tanto

terrestres como acuáticos y la artesanía que es vendida en su gran mayoría a los turistas que visitan el casco urbano.

1.1.9.1. Niveles de pobreza

Los índices de pobreza son parámetros estadísticos desarrollados por la organización de las naciones unidas para medir los niveles de vida en comparación con el índice de desarrollo humano.

Según los datos del PMD en el municipio de San Lucas Tolimán existen 2 niveles de pobreza los cuales son los siguientes:

- Pobreza: el índice de pobreza del municipio es de 76,41 %.
- Pobreza extrema: el índice de pobreza extrema del municipio es de 26,97 % debido que estas personas tienen ingresos provenientes de la agricultura.

1.1.10. Servicios públicos

El municipio cuenta con algunos servicios públicos los cuales son proporcionados a la población, es necesario resaltar que no todas las comunidades poseen el conjunto de los servicios públicos enunciados a continuación, por lo cual fue necesario realizar un diagnóstico de necesidades para la determinación de los diseños de proyectos de este municipio.

1.1.10.1. Educación

Actualmente, en el municipio de San Lucas Tolimán, las comunidades que ofrecen servicio público de educación son las siguientes:

- Nivel preprimario y primario
 - comunidad San Juan
 - paraje Pacoc
 - caserío Totolyá
 - colonia Xejuyú
 - San Lucas Tolimán
 - aldea Tzalamabaj
 - cantón La Cruz
 - colonia Pampojilá
 - comunidad El Porvenir
 - Santa Cruz Quixayá
 - aldea Pachitulul
 - cantón San Martín
 - aldea Panimaquip
 - comunidad K'ak'ak K'aslen
 - comunidad Nueva providencia
 - cantón Pachojilá
 - colonia San Andrés
 - colonia La Esperanza

- Nivel básico
 - San Lucas Tolimán
 - cantón Pachojilá
 - colonia Pampojilá
 - comunidad de Tierra Santa

- Nivel diversificado
 - San Lucas Tolimán
 - colonia Pampojilá

En el caserío Totolyá se cuenta con 15 estudiantes de nivel preprimario y con 85 estudiantes de nivel primario y 26 estudiantes de nivel básico los cuales reciben su educación escolar con una limitación de espacio al contar únicamente con 3 salones de clases.

1.1.10.2. Salud

Según el Plan de Desarrollo Municipal (PDM), el servicio básico de salud en el municipio de San Lucas Tolimán es estable, lo cual puede notarse con la tasa de morbilidad y mortalidad, actualmente solo el casco municipal cuenta con este servicio teniendo de forma gratuita dos centros de salud los cuales cuentan con personal capacitado para tratar a los pacientes, pero este carece de medicinas para los mismos. También se cuenta con el hospital Obras Sociales Gregorio Schaeffer, el cual atiende durante las 24 horas, aunque este servicio tiene un costo moderado para los pacientes.

1.1.10.3. Drenaje

El servicio básico de drenaje es uno de los cuales carece en gran medida el municipio de San Lucas Tolimán, las únicas comunidades que cuentan con este servicio son:

- caserío Totolyá
- comunidad Nueva Providencia
- comunidad El porvenir
- cantón Pacholajay

En el casco urbano únicamente cuenta con un servicio de drenaje de aguas grises, el cual se encuentra ubicado en el sistema de pilas públicas a la orilla del

lago Atitlán, este drenaje actualmente está trabajando, sobrepasando su máxima capacidad por lo cual debe rediseñarse el sistema de piletas para el tratamiento de dichas aguas grises.

La colonia Pampojilá, actualmente no cuenta con ningún servicio de drenaje, teniendo únicamente algunas cunetas para el encausamiento superficial del agua pluvial.

1.1.10.4. Agua potable

El servicio público del Agua potable es el único servicio que ha sido brindado a la mayoría de las comunidades del municipio, siendo este un servicio básico necesario para las actividades diarias de la población, tales como limpieza personal, limpieza de casas, cocina, riego de cultivos, consumo, entre otros.

Este servicio de agua potable es proporcionado por medio de nacimientos de agua, sistemas de captación del agua, Tanques de mampostería, tanques metálicos elevados, sistema de bombeo, entre otros.

Entre los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero algunas comunidades sufren de escases de agua potable por lo que deben acarrear agua del lago y hervirla para su limpieza.

1.1.11. Caracterización biofísica (medio ambiente)

La información biofísica del municipio se refiere a los datos específicos del medio ambiente de una comunidad, tales como el agua, aire, flora y fauna.

Según el PDM, el municipio de San Lucas Tolimán presenta gran diversidad de flora y fauna presente en los bosques, áreas protegidas, faldas de los volcanes Tolimán y Atitlán y en las orillas del lago de Atitlán.

La calidad del aire en el municipio de San Lucas Tolimán es bastante pura debido a que aún se conserva gran cantidad de bosques y áreas protegidas además actualmente en el municipio no se cuentan con industrias por lo cual no hay mucha contaminación del aire, habiendo únicamente una cantidad moderada de mototaxis, motocicletas y automóviles.

En cuanto a fauna y flora la oficina de ambiente de la municipalidad cuenta con un registro de, el municipio de San Lucas Tolimán cuenta con ciertas áreas protegidas las cuales son:

- Los conos y faldas de los volcanes Tolimán y Atitlán
- El cerro Ikitiw
- Fincas privadas

En cuanto a fauna las especies más comunes que viven en los bosques del municipio y especialmente en las faldas de los volcanes entre ellos: el jaguar, puma, tigrillo, coche de monte, venado de cola blanca, witzitzil, coyote, tepezcuintle, puercoespín, armadillo, micoleón, ardilla, conejo, pizote, mapache, comadreja, cabeza de viejón, tejón, zorrillo y cotuza. También se cuenta con gran variedad de aves tales como: pavo de caho, corolita, cayaya, chacha, pavo real, pajguil, quetzal pequeño, tucán verde, torcaza, cachajina, cantora. En cuanto a especies lacustres se tienen: lobina, tilapia y carpa, las cuales fueron introducidas por el presidente Miguel Idígoras Fuentes en la década de los sesenta y estas exterminaron especies propias del lago de Atitlán como la mojarra, la pepesca, el perech y el say.

En cuanto a flora las especies que aún se preservan en el municipio son las siguientes: el aguacate, el amate, palo de jote, guachipilín y el pino ciprés. La vegetación del cerro Ikitiw es reconocida a través del estudio para el plan de manejo del bosque natural.

Según el diagnóstico del municipio se tiene que los suelos del municipio son moderadamente profundos, de textura liviana, drenados y de color pardo, con pendiente ondulada entre el 4 % y 12 % en el casco urbano, pero en el área rural se puede encontrar pendientes onduladas y fuertemente onduladas entre 4 % y 25 %.

1.1.12. Hidrología

Según el PDM, con enfoque territorial del municipio de San Lucas Tolimán de Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) pág. 16, el municipio cuenta con parte de la bahía del lago Atitlán, que actualmente abastece para consumo de la población. En la cumbre del volcán se encuentra un pozo de agua que se utiliza por los agricultores de la finca Santo Tomás Perdido. En la comunidad de Quixayá se encuentran el principal río del municipio y tres nacimientos de agua grandes, así como pozos que abastecen a varias comunidades cercanas y a la finca Miramar.

- En Tierra Santa hay dos nacimientos de agua los cuales abastecen a la comunidad para consumo.
- En la finca Pampojilá se encuentran dos pozos de agua las cuales se ubican a 10 minutos.
- La finca Santa Teresa, Santo Tomás y Sajbiná cuentan con ríos y nacimientos que están usando para sus propios servicios.

Así como también según la Oficina de Medio Ambiente de la municipalidad de San Lucas Tolimán, las comunidades que poseen nacimientos de agua en el área Rural.

Tabla V. **Nacimientos en área rural de San Lucas Tolimán, según la oficina de Medio Ambiente de la municipalidad**

Comunidad	Cantidad de nacimientos
Chicolajay	1
Caliaj	2
Paracanya	1
Caquixajay	2
Pakiak-Siguan	1
Cotochay	1
Panalachaj	4
Los Chocoyos	1

Fuente: elaboración propia.

En el casco urbano del municipio la fuente de agua directa es el lago de Atitlán, la cual es suministrada por medio de bombeo.

El recurso hídrico actualmente se usa en su mayoría para consumo propio de los pobladores y para la agricultura. Pero este está siendo contaminado debido que muchas comunidades no cuentan con una adecuada disposición de excretas, adecuado manejo de desechos y residuos sólidos estos generan problemas de contaminación del lago de Atitlán produciendo a su vez problemas de salud de la población.

1.1.13. Manejo de desechos sólidos

En el municipio de San Lucas Tolimán se cuenta únicamente con un basurero formal, el cual está ubicado a 6 kilómetros del casco urbano, aunque es necesario mencionar que este es insuficiente para el municipio debido que la población cada vez crece más y las instalaciones son muy pequeñas, además este basurero no cuenta con maquinaria adecuada para el manejo de los desechos sólidos, por lo cual se dificulta ejecutar programas de reciclaje.

Actualmente, la municipalidad de San Lucas Tolimán en cooperación con la Autoridad para Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlan y su Entorno (AMSCLAE) han trabajado arduamente con relación a la clasificación de la Basura que se recolecta por medio del tren de aseo, el cual circula diariamente el casco urbano mediante 4 rutas, aunque no se ha logrado abarcar a todas las personas del casco urbano, se lucha intensamente contra la quema de basura o la creación de basureros clandestinos.

La oficina de Medio Ambiente en conjunto con (AMSCLAE) realizan la propuesta de la compra de un terreno adicional para emplear un relleno sanitario, vaciando de esta manera alrededor de un 60 % de los desechos sólidos que se encuentran en el basurero, esto con el objetivo de limpiar por completo una plataforma en la cual se tiene la propuesta de la construcción de una bodega de estructura metálica para el almacenamiento de los residuos sólidos, además se hizo la propuesta del mejoramiento de las composteras actuales, las cuales debido que tienen dimensiones pequeñas dificultan la labor de volteo, todo esto con el objetivo de reutilizar de mejor manera los residuos sólidos para la producción de compostaje y así tener un fuente de ingresos más para el municipio.

1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del caserío Totolyá.

Se analizaron las distintas áreas de servicios públicos que carecen las comunidades, actualmente se tiene abastecimiento de agua potable en casi todas las comunidades y en actualmente está el proceso de implementación de un sistema de abastecimiento por medio de bombeo para una comunidad faltante dentro del casco urbano.

En el servicio público de carreteras, se observó que la mayoría de las vías del municipio están asfaltadas o cuentan con un adoquinamiento, faltando únicamente algunos callejones o algunas reparaciones de bacheo.

En el servicio público de infraestructura, varias comunidades no cuentan con suficientes establecimientos educativos para la enseñanza primaria y básico.

En el servicio público de saneamiento, por información de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad, alrededor del 80 % de las comunidades no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario o pluvial, utilizando únicamente pozos sépticos o letrinas.

1.2.1. Descripción de necesidades

El director de la Escuela Oficial Rural Mixta (EORM) del caserío Totolyá comunicó la necesidad de la construcción de una edificación escolar de 2 niveles, debido que actualmente, atienden a más de 125 estudiantes, entre los cuales tienen mayor demanda en la educación primaria, actualmente debido a la insuficiencia de espacio utilizan un salón de una iglesia de la comunidad para dar clases a la educación básica.

En la colonia Pampojilá no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, por lo que muchas viviendas utilizan pozos sépticos o depositan directamente las aguas residuales en el barranco, lugar donde corre el río Madre Vieja, el cual desemboca al océano Pacífico. Esto causa la contaminación de dicho río, dañando a su vez el ecosistema que se alimenta de él, aguas abajo.

1.2.2. Análisis y priorización de necesidades

Luego de analizar las diferentes comunidades, se priorizó el sistema de alcantarillado para la colonia Pampojilá, por ser la primera comunidad que tiene contacto con el río Madre Vieja, con lo cual se tiene como objetivo el disminuir la contaminación de dicho río desde sus inicios, mediante el diseño para la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario, con su respectivo tratamiento primario.

También se dio prioridad a la escuela en el caserío Totolyá según la demanda escolar, ya que el edificio actual solo cuenta con 2 aulas con capacidad para 20 estudiantes cada una, la oficina del director y 2 servicios sanitarios, por lo cual se diseñará una edificación escolar de 2 niveles con 6 aulas con capacidad de 25 estudiantes cada una, oficina del director, bodega, 4 servicios sanitarios y un módulo de gradas.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá

Para realizar el diseño de la edificación escolar es necesario establecer una distribución de ambientes, un estudio del suelo, diseño arquitectónico, análisis y diseño estructurales.

2.1.1. Descripción del proyecto y criterios de diseño

El proyecto consiste en el diseño de la edificación de un módulo de 2 niveles para la Escuela Oficial Rural Mixta (EORM) de Totolyá, para la educación primaria, en la planta baja contara con 3 aulas, Dirección, servicios sanitarios y un módulo de gradas, en la planta alta contara con 3 aulas, sala de profesores y servicios sanitarios.

Para la determinación de áreas de ambientes se utilizará el espacio por alumno de nivel primario dado por el manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales del MINEDUC.

Dentro de los criterios de diseño de la estructura se diseñará con marcos dúctiles compuesto por losas, vigas, columnas, muros y zapatas. Las columnas serán los elementos que soporten las cargas vivas y muertas en su totalidad. Los muros serán de mampostería, pero serán únicamente divisorios.

Según las normas de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) se determinaron las cargas vivas de una edificación escolar, como también se determinó que la estructura es de clase D lo cual significa que es una obra importante lo cual es indispensable para poder determinar las fuerzas sísmicas con las cuales se diseñará.

2.1.1.1. Ubicación del terreno

El edificio escolar se construirá en un terreno donado por la Escuela Oficial Rural Mixta (EORM) de Totolyá. Debido que no se tiene un plan de ordenamiento territorial en el caserío Totolyá, a continuación, se presentan las coordenadas exactas de la ubicación propuesta por el director y profesores de la EORM de Totolyá.

Figura 4. **Ubicación precisa del edificio escolar de 2 niveles para el Caserío Totolyá**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Google Earth.

2.1.2. Estudio del suelo

El área destinada es un terreno parcialmente llano y contiene un suelo rocoso, está situada al lado del módulo existente de la Escuela Oficial Rural Mixta (EORM) de Totolyá.

2.1.2.1. Ensayo triaxial y cálculo del valor soporte

Se realizó un ensayo triaxial de suelo, dentro del terreno a utilizar, a una altura de 1,50 m, esto para la determinación de las características físicas del suelo tales como el peso específico del suelo, cohesión y su ángulo de fricción interna, los cuales son necesarios para la determinación del valor soporte del suelo.

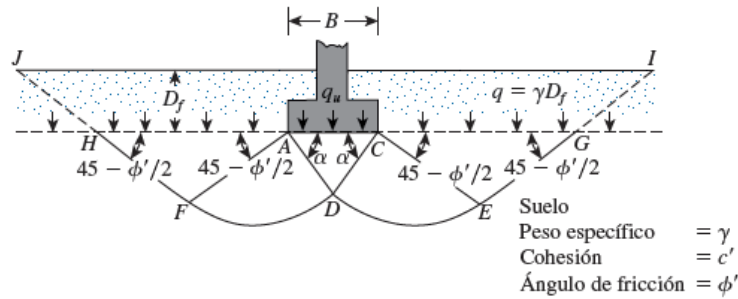
Dicho procedimiento se describirá a continuación:

Datos obtenidos del ensayo triaxial (ver en anexos):

- Tipo de ensayo – No consolidado y no drenado
- Descripción del tipo de suelo – limo arenoso color café claro
- Muestra inalterada
- Profundidad de la extracción de la muestra – 1,50 m
- Dimensión de la probeta – 2,5” X 5,0”
- Ángulo de fricción interna (ϕ_{suelo}) – 25,02°
- Cohesión (C') – 2,58 Ton/m²
- Peso específico del suelo (γ_s) – 0,76 Ton/m³

Se encontrará el valor soporte del suelo a través de la teoría de la capacidad de carga de Terzaghi:

Figura 5. Diagrama de capacidad de carga del suelo



Fuente: DAS. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. p. 137.

Donde para cimentaciones cuadradas la ecuación de carga última es la siguiente:

$$q_{ultima} = 1.3 * C' * N_c + \gamma_s * D_f * N_q + 0.4 * \gamma_s * B_{cim} * N_\gamma$$

Donde:

q_u = Carga última (Ton/m²)

C' = Cohesión (Ton/m²)

γ_s = Peso específico del suelo (ton/m³)

D_f = Desplante de la cimentación (m)

B = Base de cimentación (m)

N_q, N_c, N_γ = factores de capacidad de carga

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

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - \frac{25,02 * \pi}{180}\right) \tan(25,02)}}{2 * \cos^2\left(45 + \frac{25,02}{2}\right)}$$

$$N_q = 12,75 \text{ ton/m}^2$$

$$N_c = \cot(\phi_{\text{suelo}}) * (N_q - 1)$$

$$N_c = \cot(25,02) * (12,75 - 1)$$

$$N_c = 25,18 \text{ ton/m}^2$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) * \tan(\phi_{\text{suelo}})$$

$$N_\gamma = 2(12,75 + 1) * \tan(25,02)$$

$$N_\gamma = 12,84 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{ultima}} = 1,3 * C' * N_c + \gamma_s * D_f * N_q + 0,4 * \gamma_s * B_{\text{cim}} * N_\gamma$$

$$q_{\text{ultima}} = 1,3 * 2,58 * 25,18 + 0,76 * 1,5 * 12,75 + 0,4 * 0,76 * 1,5 * 12,84$$

$$q_{\text{ultima}} = 104,84 \text{ ton/m}^2$$

Valor de carga última neta

$$q_{\text{perm(neta)}} = q_{\text{ultima}} - (\gamma_s * D_f)$$

$$q_{\text{perm(neta)}} = 104,84 - (0,76 * 1,5)$$

$$q_{\text{perm(neta)}} = 103,70 \text{ ton/m}^2$$

Según DAS se debe utilizar un factor de seguridad (FS) igual a 3 para tener el valor soporte a utilizar para el diseño de la estructura. Por lo tanto:

$$VS = \frac{103,70}{3} = 34,57 \text{ ton/m}^2 \approx 30,00 \text{ ton/m}^2$$

Se reducirá el valor soporte a un valor de 30 toneladas por metro cuadrado por recomendación de la DMP para uniformidad de datos de valor soporte registrados en el municipio.

2.1.2.2. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico será para un edificio de 2 plantas como se indicó anteriormente dentro de un área aproximada de 182,39 m², el cual fue diseñado según los requerimientos que necesita la EORM de Totolyá, para la atención debida a los estudiantes de educación primaria.

2.1.2.3. Requerimiento de áreas

Para la determinación de áreas se tomarán las áreas mínimas por alumno de educación primaria (1,50 m²), por profesor en salón de profesores (2,50 m²), y por cada usuario dentro de la Dirección (2 m²), dados en el manual del MINEDUC para los siguientes ambientes:

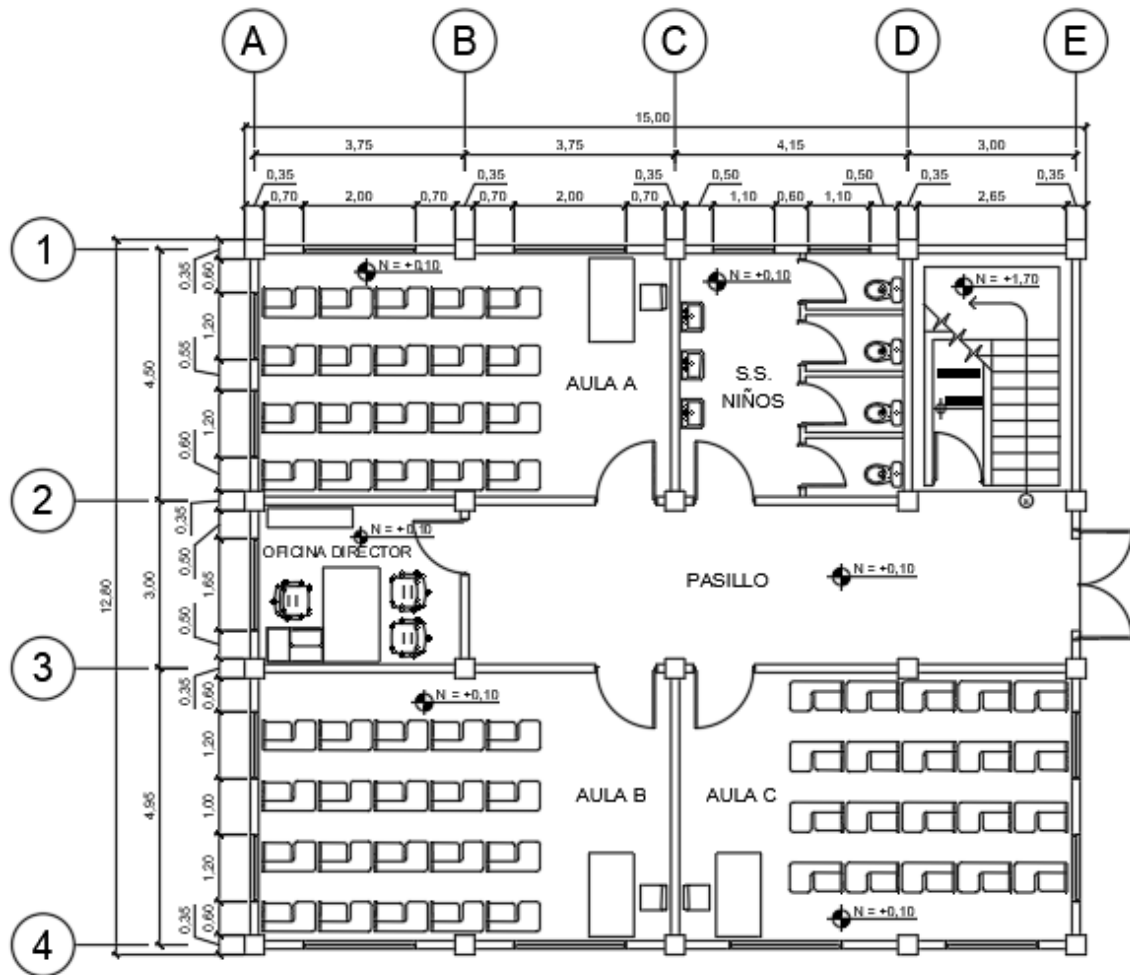
- Panta baja
 - Aula A – 37,13 m²
 - Aula B – 35,39 m²
 - Aula C – 33,75 m²
 - Dirección – 11,25 m²
 - Servicios sanitarios – 18,68 m²
 - Módulo de gradas – 13,50 m²

- Panta alta
 - Aula A – 37,13 m²
 - Aula B – 35,39 m²
 - Aula C – 33,75 m²
 - Sala de profesores – 11,25 m²
 - Servicios sanitarios – 18,68 m²
 - Módulo de gradas – 13,50 m²

2.1.2.4. Distribución de áreas

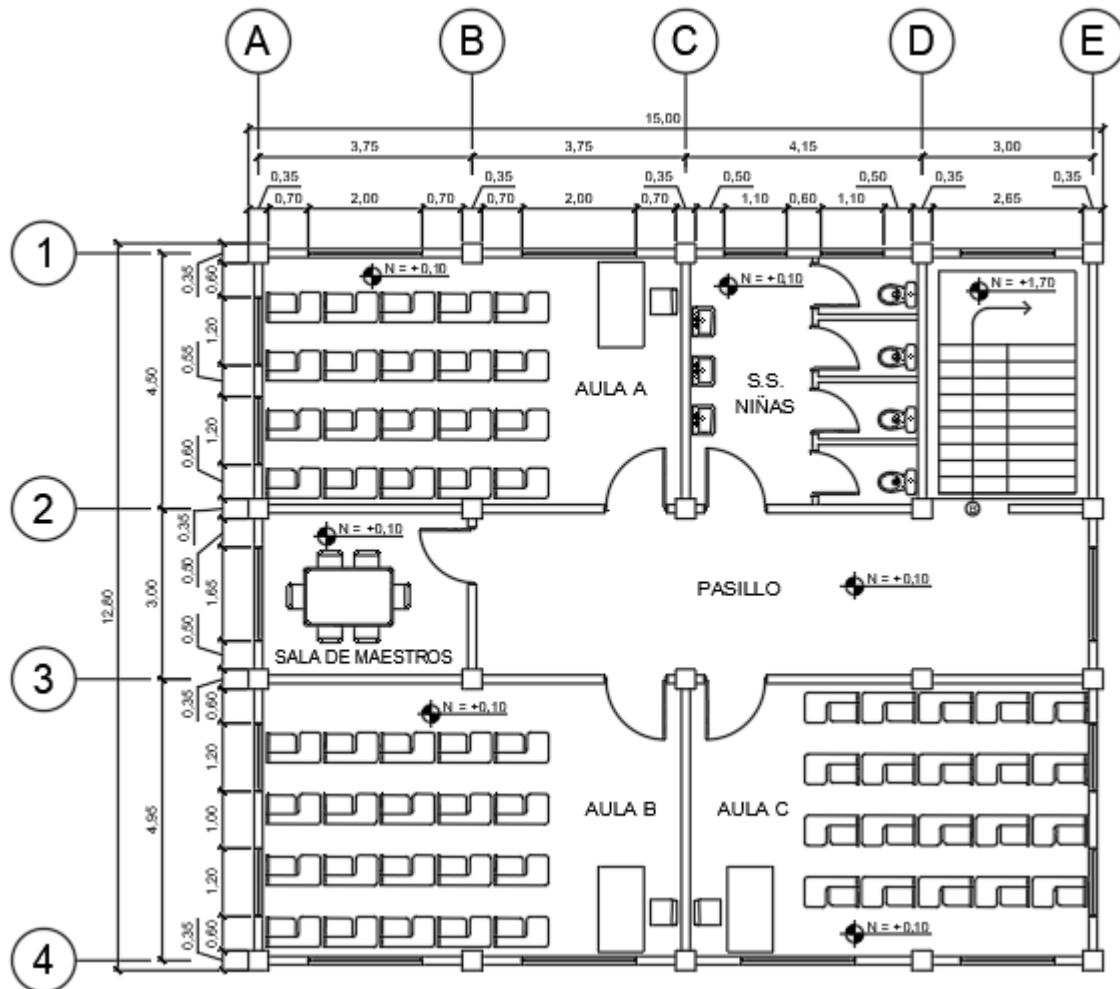
Los ambientes de ambas plantas se distribuirán de la siguiente forma:

Figura 6. Planta arquitectónica 1er. nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. **Planta arquitectónica 2do. nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.2.5. **Alturas y cotas**

La edificación se diseñará con una altura de piso a cielo de 3 m en ambas plantas, contando así también con puertas (2,10 m de altura) y ventanas (1,20 m de altura) necesarias para el acceso, iluminación y ventilación óptimas para la creación de ambientes confortables para los estudiantes y profesores.

2.1.2.6. Selección del sistema estructural

Es muy importante la sección de este sistema para el análisis de respuesta de la estructura a las distintas fuerzas a las que es sometida:

- Estáticas: son las cargas que se pueden determinar al 100 % (cargas muertas y cargas vivas).
- Dinámicas: son las cargas que no se pueden determinar al 100 % (cargas sísmicas).

Para el diseño de esta edificación se tomará el sistema estructural de marcos especiales resistentes a momento por su ductilidad, para el diseño de los elementos estructurales, basados en el código ACI 318S-14 y las normas de seguridad estructural 2018 de AGIES.

2.1.3. Análisis estructural

El análisis estructural es importante al momento del diseño de los elementos estructurales que componen nuestra edificación, este analiza las cargas que soportará cada elemento y la forma en la que este responderá a estas, analiza las conexiones de los elementos entre sí, y es de ayuda para el dimensionamiento necesario de cada elemento, para tener la capacidad de carga, momento y corte suficiente para seguridad de las personas que habitaran en la edificación.

2.1.3.1. Predimensionamiento estructural

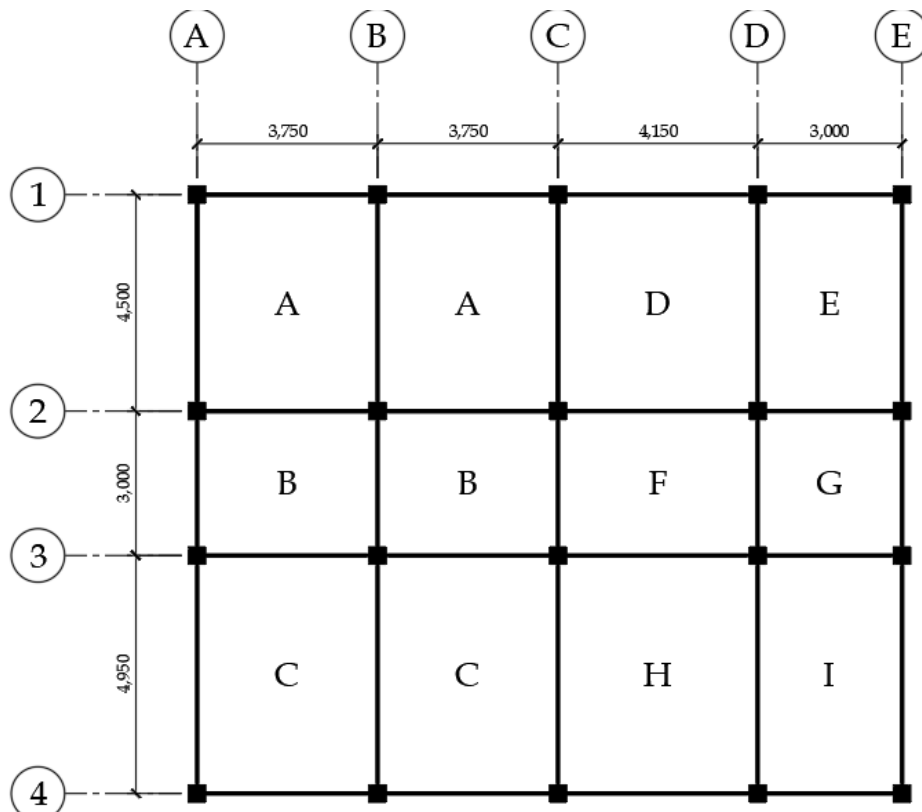
Para empezar a diseñar los distintos elementos estructurales (losas, vigas, y columnas) es necesario establecer un predimensionamiento a partir del cual se

evaluarán las cargas que soportaran cada uno, de no soportarlas se realizaran primero cambios en la resistencia de los materiales de construcción y de no ser soportadas aún, se procederá a aumentar las dimensiones de los elementos.

2.1.3.1.1. Losas

Para este se analizarán las 12 losas que se presentan a continuación, diseñando bajo el método 3 del ACI 1963, donde se utilizara la relación “lado corto/lado largo” para el predimensionamiento de losa.

Figura 8. **Distribución de losas para según sus dimensiones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

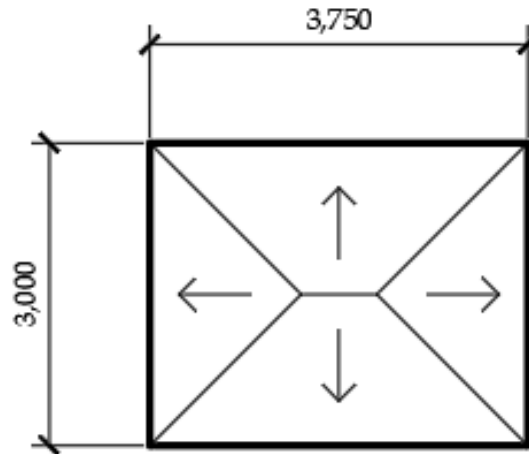
$$\begin{aligned}
 \text{LOSA A} &= \frac{3,75}{4,50} = 0,833 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA B} &= \frac{3,00}{3,75} = 0,800 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA C} &= \frac{3,75}{4,95} = 0,758 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA D} &= \frac{4,15}{4,50} = 0,922 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA E} &= \frac{3,00}{4,50} = 0,667 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA F} &= \frac{3,00}{4,15} = 0,723 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA G} &= \frac{3,00}{3,00} = 1,000 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA H} &= \frac{4,15}{4,95} = 0,838 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones} \\
 \text{LOSA I} &= \frac{3,00}{4,95} = 0,606 > 0,5 && \text{losa en 2 direcciones}
 \end{aligned}$$

Luego de definir que la trabajabilidad de todas las losas es en 2 direcciones, se calculó el espesor de la losa crítica, es decir, la losa con mayores dimensiones.

Según NILSON, en el inciso 12.7, para losas apoyadas en los bordes, el espesor de las losas mínimo es igual al perímetro total del panel dividido 180.

$$\begin{aligned}
 t_{losa} &= \frac{\text{perimetro de losa}}{180} \\
 t_{losa} &= \frac{4,95 + 4,95 + 4,15 + 4,15}{180} \\
 t_{losa} &= 0,101 \approx 0,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Figura 9. **Distribución de cargas de una losa en 2 direcciones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.1.2. Vigas

Para predimensionar las vigas se tomarán algunos de los siguientes criterios para la viga crítica, la cual será la viga de mayor longitud:

Según ACI 318S-14, tabla 9.3.1.1 la altura dimensional mínima de la viga será de:

$$H_{viga} = \frac{L}{18,5} = \frac{4,95}{18,5} = 0,27 \text{ m} \approx 0,30 \text{ m}$$

Para la base de la viga se tiene 2 parámetros dentro del ACI318S-14, 18.6.2.1 inciso b) donde la base debe ser mayor a 25 cm o 0,3 H.

$$B_{viga} = 0,3H_{viga}$$

$$B_{viga} = 0,3 * 0,40$$

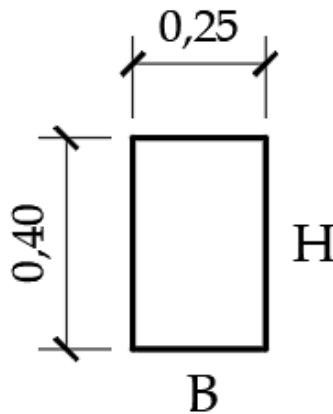
$$B_{viga} = 0,12 \text{ m}$$

$$B_{viga} = 0,25 \text{ m}$$

Teniendo una viga predimensionada de $B_{viga} = 25 \text{ cm}$, $H_{viga} = 30 \text{ cm}$

Nota: según requerimientos de resistencia en el nudo sísmico, se modificará la altura de la viga a 40 cm. Obteniendo las siguientes dimensiones finales de viga:

Figura 10. **Predimensionamiento de vigas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.1.3. **Columnas**

Según el ACI 318S-14, 18.7.2.1 inciso a) la dimensión mínima de la sección transversal de la columna medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, debe ser al menos 300 mm.

Para el predimensionamiento de columnas se tomará un criterio empírico, el cual consiste en agregar 5 o 10 cm por cada nivel adicional sobre la planta baja.

$$n = \# \text{nivel adicional sobre planta baja} = \# \text{niveles} - 1$$

$$n = 2 - 1 = 1$$

$$\text{Criterio 1} \quad B_{col} = 30 + 5n = 30 + 5(1) = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Criterio 2} \quad B_{col} = 30 + 10n = 30 + 10(1) = 40 \text{ cm}$$

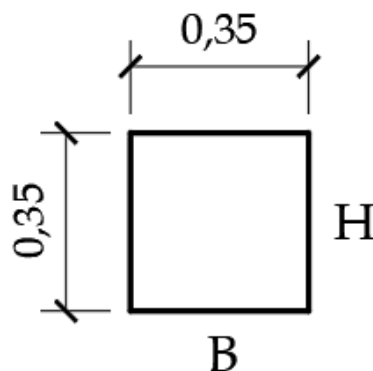
Para esta edificación se optará por el criterio 1.

Según el ACI 318S-14, 18.7.2.1 inciso b) La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular debe ser al menos 0,4.

Dado que la columna es cuadrada, el predimensionamiento de columna será de 35 cm x 35 cm cumpliendo de esta manera el límite dimensional anterior.

$$\frac{35}{35} = 1 \geq 0,4 \quad \checkmark \text{ SI CUMPLE}$$

Figura 11. **Predimensionamiento de columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla VI. **Predimensionamientos de los elementos estructurales**

Elemento	Predimensionamiento
Losa	Espesor de 11 cm
Viga	Base = 25 cm; altura = 40 cm
Columna	Base = 35 cm; altura = 35 cm
Zapata	Ver inciso 2.1.3.10.5

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2. **Cargas verticales aplicadas a marcos dúctiles con nudos rígidos**

Para la determinación de cargas estáticas verticales (cargas vivas y cargas muertas) a las que estarán sometidos los diferentes elementos estructurales, se tomarán las cargas muertas como: el peso propio de los elementos, el peso de los muros divisorios de mampostería, el peso de sobre carga y acabados sobre el ambiente.

Tabla VII. **Cargas muertas adicionales**

Carga muerta	
Sobre carga y acabados	100 kg/m ²
Muros de mampostería	200 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

Para cargas vivas se tomarán de las normas de seguridad estructural (NSE 2-2018) de edificaciones y obras de infraestructura para la república de

Guatemala de AGIES, tabla 3.7.1-1, p. 3-6, para el uso de edificio escolar (aulas, pasillos y escalera), uso de oficinas (dirección) y carga viva de techo.

Tabla VIII. **Cargas vivas de ambientes a utilizar**

Carga viva	
Oficinas	250 kg/m ²
Aulas y s.s.	200 kg/m ²
Pasillos y escaleras	500 kg/m ²
Azotea sin acceso horizontal o inclinadas	100 kg/m ²

Fuente: AGIES NSE 2-2018. *Tabla 3.7.1-1*. p. 3-6.

2.1.3.2.1. Integración de carga vertical por método de AGIES

Para la integración de cargas verticales, las cuales están compuestas por las cargas muertas y cargas vivas (según la ocupación del ambiente), se analizará por tramos en el sentido X y en el sentido Y, utilizando los predimensionamientos descritos anteriormente, las áreas tributarias de las losas en 2 direcciones según su sentido, también se asumirá que existen muros de mampostería sobre todos los ejes y las cargas vivas de los ambientes correspondientes, se analizarán únicamente los marcos críticos, siendo estos los que soportarán mayor carga debido a su condiciones de uso y áreas tributarias, siendo estos los marcos 3 y C.

Luego de haber calculado la carga lineal en cada tramo, se tomará la mayor de ellas, y se aplicará a lo largo de todo su eje respectivo. A continuación, se procederá a calcular las cargas por tramos.

- MARCO 3
 - Tramo A – B

$$\text{Area tributaria} = A_{t_{A-B}} = A_1 + A_2$$

$$A_{t_{A-B}} = \left(\frac{3,75 + 0,75}{2} \right) (1,5) + \frac{1}{2} (3,75)(1,875)$$

$$A_{t_{A-B}} = 6,891 \text{ m}^2$$

- LOSA_{1er. nivel}

- ✓ Carga muerta (CM)

$$\text{Losa} = A_{t_{A-B}} * t_{\text{losa}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$\text{Losa} = 6,891 \text{ m}^2 * 0,11 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Losa} = 1\,819,224 \text{ kg}$$

$$\text{Viga} = B_{\text{viga}} * (H_{\text{viga}} - t_{\text{losa}}) * L * PU_{\text{concreto}}$$

$$\text{Viga} = 0,25 \text{ m} * (0,40 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 3,75 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viga} = 652,50 \text{ kg}$$

$$\text{Muro} = PP_{\text{muro}} * L * H_{\text{muro}}$$

$$\text{Muro} = 200 \text{ kg/m}^2 * 3,75 \text{ m} * 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Muro} = 2\,250 \text{ kg}$$

$$\text{SC y AC} = A_{t_{A-B}} * \text{Carga de sobrecarga y acabados}$$

$$\text{SC y AC} = 6,891 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{SC y AC} = 689,10 \text{ kg}$$

$$CM_{1er\ nivel} = 1\,819,224\ kg + 652,50\ kg + 2\,250\ kg + 689,10\ kg$$

$$CM_{1er\ nivel} = 5\,410,824\ kg$$

$$W_{CM,1er\ nivel} = \frac{CM_{1er\ nivel}}{L}$$

$$W_{CM,1er\ nivel} = \frac{5\,410,824\ kg}{3,75\ m} = 1\,442,89\ kg/m$$

✓ Carga viva (CV)

$$CV_{1er\ nivel} = (A_1 * CV_{A1}) + (A_2 * CV_{A2})$$

$$CV_{1er\ nivel} = (3,375 * 250) + (3,516 * 200)$$

$$CV_{1er\ nivel} = 1\,546,95\ kg$$

$$W_{CV,1er\ nivel} = \frac{1\,546,95\ kg}{3,75\ m} = 412,52\ kg/m$$

▪ LOSA_{2do. nivel}

✓ CM

$$Losa = A_{t_{A-B}} * t_{losa} * PU_{concreto}$$

$$Losa = 6,891\ m^2 * 0,11\ m * 2\,400\ kg/m^3$$

$$Losa = 1\,819,224\ kg$$

$$Viga = B_{viga} * (H_{viga} - t_{losa}) * L * PU_{concreto}$$

$$Viga = 0,25\ m * (0,40\ m - 0,11\ m) * 3,75\ m * 2\,400\ kg/m^3$$

$$Viga = 652,50\ kg$$

$$SC \text{ y } AC = A_{t_{A-B}} * \text{Carga de sobrecarga y acabados}$$

$$SC \text{ y } AC = 6,891 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$SC \text{ y } AC = 689,10 \text{ kg}$$

$$CM_{2di \text{ nivel}} = 1\,819,224 \text{ kg} + 652,50 \text{ kg} + 689,10 \text{ kg}$$

$$CM_{2do \text{ nivel}} = 3\,160,824 \text{ kg}$$

$$W_{CM,2do \text{ nivel}} = \frac{CM_{2do \text{ nivel}}}{L}$$

$$W_{CM,2do \text{ nivel}} = \frac{3\,160,824 \text{ kg}}{3,75 \text{ m}} = 842,89 \text{ kg/m}$$

✓ $CV_{2do. \text{ nivel}}$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = (A_{t_{A-B}} * CV_{techo})$$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = (6,891 * 100)$$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = 689,10 \text{ kg}$$

$$W_{CV,2do \text{ nivel}} = \frac{689,10 \text{ kg}}{3,75 \text{ m}} = 183,76 \text{ kg/m}$$

Calculando de esta forma para el resto de los tramos en ambos sentidos, obteniendo los datos de la siguiente tabla, resaltando los datos máximos en cada marco, los cuales se utilizarán para el diseño de la edificación.

Tabla IX. Integración de carga vertical marco 3

Marco 3					
Tramo	At (m ²)	W _{CM} 1er. nivel (kg/m)	W _{CV} 1er. nivel (kg/m)	W _{CM} 2do. nivel (kg/m)	W _{CV} 2do. nivel (kg/m)
A – B	6,891	1 442,89	412,52	842,89	183,76
B – C	6,891	1 442,89	637,52	842,89	183,76
C – D	12,586	1 877,93	893,90	1 277,92	303,28
D – E	4,500	1 320,00	525,00	720,00	150,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Integración de carga vertical marco C

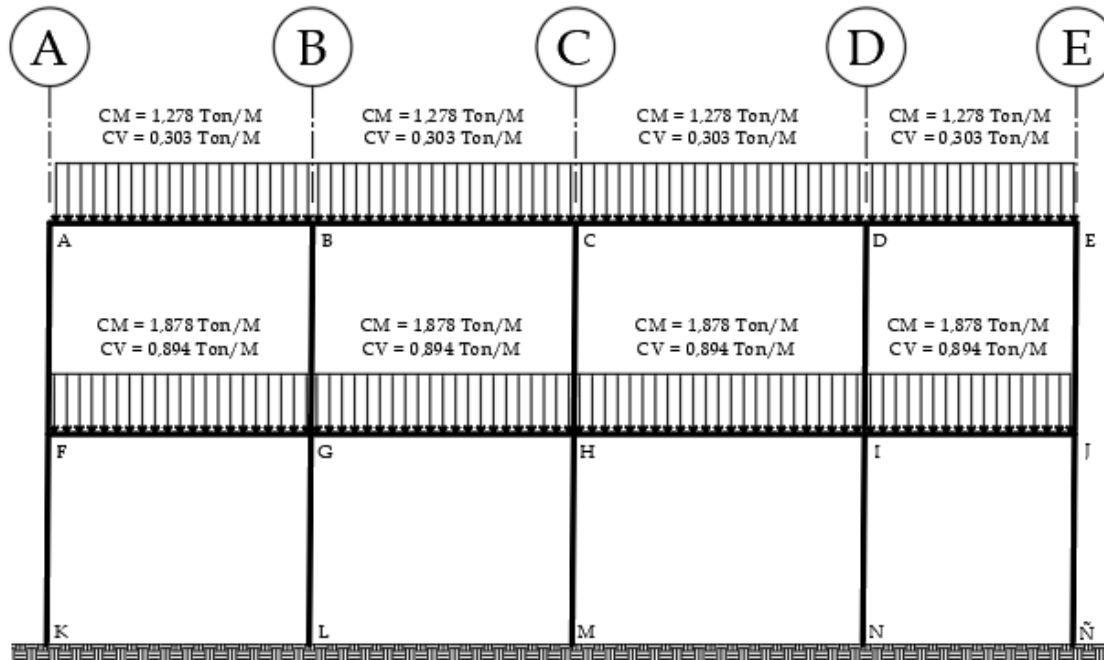
Marco c					
Tramo	At (m ²)	W _{CM} 1er. nivel (kg/m)	W _{CV} 1er. nivel (kg/m)	W _{CM} 2do. nivel (kg/m)	W _{CV} 2do. nivel (kg/m)
1 – 2	9,954	1 578,84	442,40	978,84	221,20
2 – 3	4,500	1 320,00	750,00	720,00	150,00
3 – 4	11,732	1 637,31	474,34	1 037,31	237,17

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2.2. Cargas verticales en marcos dúctiles

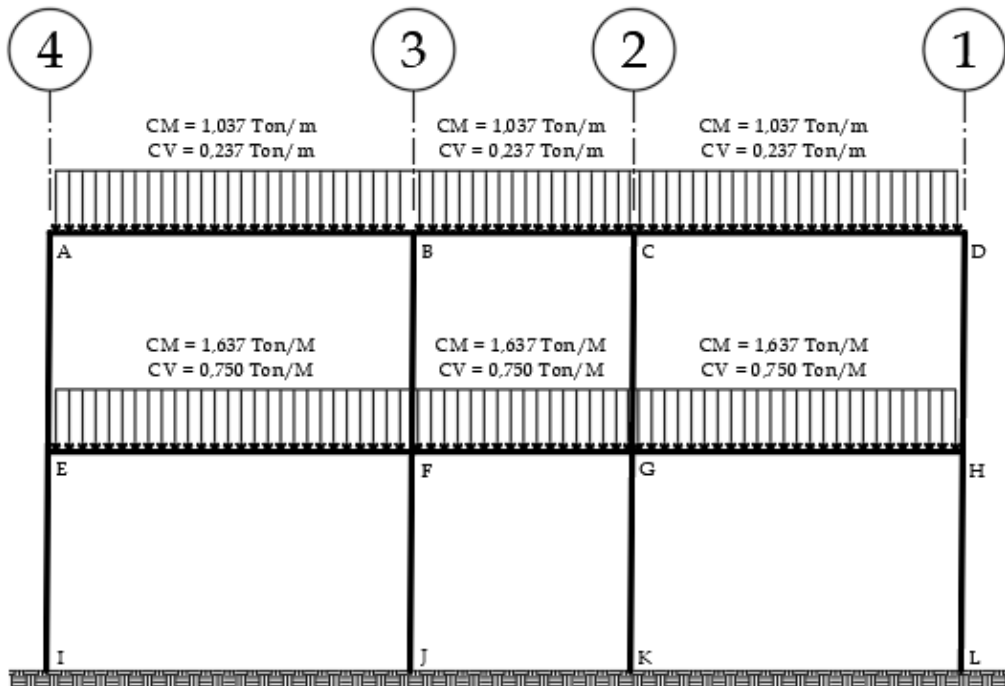
Estas serán las cargas por marco a utilizar, según los resultados de la integración de cargas verticales.

Figura 12. Cargas verticales distribuidas en el marco 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 13. **Cargas verticales distribuidas en el marco C**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

2.1.3.2.3. **Cargas horizontales según método AGIES**

Las cargas horizontales son aquellas cargas que someterán a la edificación a desplazamientos horizontales causados por los efectos de sismos, los cuales son diferentes según la región donde se encuentre la edificación.

Por lo tanto, es necesario diseñar la edificación tomando en cuenta el nivel de protección necesario para estas cargas.

Los requisitos establecen el nivel de protección sísmica (NPS) que se requiere según, las condiciones sísmicas de cada localidad y según la clasificación de cada obra, AGIES, NSE 2-2018.

Por lo cual se tomarán los índices dados por AGIES para determinar el corte basal de la estructura y posteriormente se calcularán las fuerzas sísmicas por nivel, luego se dividirán dentro del número de marcos en X y en Y, determinando así la fuerza sísmica para cada marco específico.

Luego de esto se realizará el análisis de torsión, la cual dependerá de la distancia entre su centro de masa y su centro de rigidez, añadiendo la excentricidad accidental según las dimensiones de la edificación en X y en Y.

Habiendo realizado este análisis se obtendrán las fuerzas magnificadas para cada marco, teniendo estas fuerzas sísmicas, se tomarán las más críticas, siendo estas las fuerzas de mayor magnitud de cada nivel, obteniendo el modelo matemático del marco X y del marco Y, para el diseño de la edificación escolar.

2.1.3.2.4. Integración de carga horizontal

- Integración de peso por nivel
 - 2do. nivel
 - Carga muerta (CM)

$$Losa = A_{t\ total} * t_{losa} * PU_{concreto}$$

$$Losa = ((14,65\ m * 12,45\ m) - (3,00\ m * 4,50\ m)) * 0,11\ m * 2,40\ \frac{ton}{m^3}$$

$$Losa = 44,588\ Ton$$

$$Viga = ((\#vigas_X * L_{ejes\ X}) + (\#vigas_Y * L_{ejes\ Y})) * B_{viga} * (H_{viga} - t_{losa}) * PU_{concreto}$$

$$= ((5 * 12,45 \text{ m}) + (4 * 14,65 \text{ m})) * 0,25 \text{ m} * (0,40 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$Viga = 21,028 \text{ Ton}$$

$$Columna = \#columnas * B_{col} * B_{col} * H_{1er \text{ nivel}} * PU_{concreto}$$

$$Columna = 20 * 0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$Columna = 8,820 \text{ Ton}$$

$$Muro = ((\#muros_X * L_{ejes_X}) + (\#muros_Y * L_{ejes_Y})) * PP_{muro} * H_{2do \text{ nivel}}$$

$$Muro = ((5 * 12,45 \text{ m}) + (4 * 14,65 \text{ m})) * 0,20 \text{ ton/m}^2 * 1,50 \text{ m}$$

$$Muro = 36,255 \text{ Ton}$$

$$SC \text{ y } AC = A_{t \text{ total}} * Carga \text{ de sobrecarga y acabados}$$

$$SC \text{ y } AC = ((14,65 \text{ m} * 12,45 \text{ m}) - (3,00 \text{ m} * 4,50 \text{ m})) * 0,10 \text{ ton/m}^2$$

$$SC \text{ y } AC = 16,889 \text{ Ton}$$

$$CM_{2do \text{ nivel}} = 44,588 \text{ Ton} + 21,028 \text{ Ton} + 8,820 \text{ Ton} + 36,255 \text{ Ton} + 16,889 \text{ Ton}$$

$$CM_{2do \text{ nivel}} = 127,58 \text{ Ton}$$

- Carga viva (CV)

$$CV_{2do \text{ nivel}} = 25\%(CV_{techo} * A_{t \text{ total}})$$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = 0,25 * 0,10 \text{ ton/m}^2 * ((14,65 \text{ m} * 12,45 \text{ m}) - (3,00 \text{ m} * 4,50 \text{ m}))$$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = 4,222 \text{ Ton}$$

$$W_{2do \text{ nivel}} = CM_{1er \text{ nivel}} + CV_{2do \text{ nivel}}$$

$$W_{2do \text{ nivel}} = 127,58 \text{ Ton} + 4,222 \text{ Ton}$$

$$W_{2do \text{ nivel}} = 131,80 \text{ Ton}$$

- 1er. nivel
 - Carga muerta (CM)

$$Losa = A_{t\ total} * t_{losa} * PU_{concreto}$$

$$Losa = ((14,65\ m * 12,45\ m) - (3,00\ m * 4,50\ m)) * 0,11\ m * 2,40\ \text{ton}/\text{m}^3$$

$$Losa = 44,588\ \text{Ton}$$

$$Viga = ((\#vigas_X * L_{ejes\ X}) + (\#vigas_Y * L_{ejes\ Y})) * B_{viga} * (H_{viga} - t_{losa}) * PU_{concreto}$$

$$= ((5 * 12,45\ m) + (4 * 14,65\ m)) * 0,25\ m * (0,40\ m - 0,11\ m) * 2,40\ \text{ton}/\text{m}^3$$

$$Viga = 21,028\ \text{Ton}$$

$$Columna = \#columnas * B_{col} * B_{col} * H_{1er\ nivel} * PU_{concreto}$$

$$Columna = 20 * 0,35\ m * 0,35\ m * 4,50\ m * 2,40\ \text{ton}/\text{m}^3$$

$$Columna = 26,46\ \text{Ton}$$

$$Muro = ((\#muros_X * L_{ejes\ X}) + (\#muros_Y * L_{ejes\ Y})) * PP_{muro} * H_{1er\ nivel}$$

$$Muro = ((5 * 12,45\ m) + (4 * 14,65\ m)) * 0,20\ \text{ton}/\text{m}^2 * 4,50\ m$$

$$Muro = 108,765\ \text{Ton}$$

$$SC\ y\ AC = A_{t\ total} * Carga\ de\ sobrecarga\ y\ acabados$$

$$SC\ y\ AC = ((14,65\ m * 12,45\ m) - (3,00\ m * 4,5\ m)) * 0,10\ \text{ton}/\text{m}^2$$

$$SC\ y\ AC = 16,889\ \text{Ton}$$

$$CM_{1er\ nivel} = 44,588\ \text{Ton} + 21,028\ \text{Ton} + 26,46\ \text{Ton} + 108,765\ \text{Ton} + 16,889\ \text{Ton}$$

$$CM_{1er\ nivel} = 217,73\ \text{Ton}$$

- Carga viva (CV)

$$CV_{1er\ nivel} = 0,25 \left((CV_{aulas} * A_{aulas}) + (CV_{pasillo} * A_{pasillo}) + (CV_{S.S} * A_{S.S.}) \right. \\ \left. + (CV_{oficina} * A_{oficina}) \right)$$

$$CV_{1er\ nivel} = 25\% \left(\left(0,20 \text{ ton}/m^2 * ((7,50 \text{ m} * 4,50 \text{ m}) + (4,95 \text{ m} * 14,65 \text{ m})) \right) \right. \\ \left. + \left(0,50 \text{ ton}/m^2 * (3,00 \text{ m} * 10,90 \text{ m}) \right) \right. \\ \left. + \left(0,20 \text{ ton}/m^2 * (4,50 \text{ m} * 4,15 \text{ m}) \right) \right. \\ \left. + \left(0,25 \text{ ton}/m^2 * (3,00 \text{ m} * 3,75 \text{ m}) \right) \right)$$

$$CV_{1er\ nivel} = 11,038 \text{ Ton}$$

$$W_{1er\ nivel} = CM_{1er\ nivel} + CV_{1er\ nivel}$$

$$W_{1er\ nivel} = 217,73 \text{ Ton} + 11,038 \text{ Ton}$$

$$W_{1er\ nivel} = 228,77 \text{ Ton}$$

$$W_{total} = W_{1er\ nivel} + W_{2do\ nivel}$$

$$W_{total} = 229,49 \text{ Ton} + 131,80 \text{ Ton}$$

$$W_{total} = 360,57 \text{ Ton}$$

- Cálculo de coeficiente sísmico

Para el cálculo del corte basal es necesario conocer el coeficiente sísmico mediante el método AGIES, por lo tanto, se tomarán del anexo A de las normas de seguridad estructural de AGIES NSE 2 - 2018. Municipio San Lucas Tolimán, obteniendo los siguientes parámetros iniciales:

$$I_o = 4,1$$

$$S_{cr} = 1,50 g$$

$$S_{1r} = 0,55 g$$

Las obras importantes son las que albergan o pueden afectar a gran cantidad de personas; aquellas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse; las que se prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos. En esta categoría están incluidas las siguientes obras: Obras y edificaciones gubernamentales que no son esenciales; edificios educativos y guarderías públicas y privadas; Instalaciones de salud públicos y privados que no clasifiquen como esenciales, garajes de vehículos de emergencia, entre otras.

Por lo cual la clasificación de obra de nuestra edificación escolar será de clase importante.

Tabla XI. **Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño**

Índice de Sismicidad ^[b]	Clase de obra ^[a]			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
$I_o = 4$	E	D	D	C
$I_o = 3$	D	C	C	B
$I_o = 2$	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño ^[c]	5% en 50 años ^[d]	5% en 50 años ^[d]	10% en 50 años	Sismo mínimo ^[e]

Fuente: AGIES NSE 2-2018. Tabla 4.2.2-1.

Según el índice de sismicidad y la clasificación de obra se obtiene que nuestra edificación es de clase D. También se obtiene que las obras importantes se diseñaran con una probabilidad de exceder un sismo de diseño del 5 % en 50.

También es necesario obtener la clase de sitio.

Tabla XII. **Clasificación del tipo de suelo**

Clase de suelo	Nombre del perfil del suelo	Propiedades promedio en los primeros 30 metros		
		Velocidad de onda de corte, \bar{v}_s (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, \bar{N}	Resistencia al corte del suelo no drenado, \bar{s}_v , (kpa)
A	Roca dura	$\bar{v}_s > 1524$	N/A	N/A
B	Roca	$762 < \bar{v}_s \leq 1524$	N/A	N/A
C	Suelo denso y roca suave	$366 < \bar{v}_s \leq 762$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_v \geq 13790$
D	Perfil de suelo rígido	$183 \leq \bar{v}_s \leq 366$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$6895 \leq \bar{s}_v \leq 13790$
E	Perfil de suelo suave	$\bar{v}_s < 183$	$\bar{N} < 15$	$\bar{s}_v < 6895$
E	-	Cualquier perfil con más de 3 metros de suelo con las siguientes características: 1. Índice de plasticidad $PI > 20$, 2. Contenido de humedad $w \geq 40\%$, 3. Resistencia al corte de suelo no drenado < 24 kPa		
F	-	Cualquier perfil con contenido de suelo que tenga una o más de las siguientes características: 1. Suelos vulnerables a fallas o colapsos bajo cargas sísmicas así como suelos licuables, arcillas altamente sensibles, suelos débilmente cementados. 2. Turbas y/o arcillas altamente orgánicas ($H > 3$ metros de turba o arcilla altamente orgánica) 3. Arcillas altamente plásticas ($H > 8$ metros con coeficiente de plasticidad $P > 75$) 4. Arcillas en estratos de gran espesor, suave/medio rígidas ($H > 36$ metros)		

Fuete: AGIES NSE 2.1-2018. Tabla A-1. Anexo A.

Al obtener del ensayo triaxial la descripción del suelo como limo arenoso (véase en anexos) y una cohesión (C') de 2,58 Ton/m² se tomará la clasificación de sitio más crítica siendo esta de tipo E (suelo suave).

Luego se debe realizar un ajuste por clase de sitio.

$$S_{CS} = S_{CR} * F_A$$

$$S_{1S} = S_{1R} * F_V$$

Tabla XIII. **Coefficiente de sitio F_A**

Clase de sitio	Índice de sismicidad					
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C [1]	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
E	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4					

Fuente: AGIES NSE 2-2018, Tabla 4.5-1.

Tabla XIV. **Coefficiente de sitio F_V**

Clase de sitio	Índice de sismicidad					
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4
D [1]	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7
E	3.3	2.8	2.6	2.4	2.2	2.2
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4					

Fuente: AGIES NSE 2-2018, Tabla 4.5-2.

Obteniendo los coeficientes de sitio de las tablas según la clase de sitio y el índice de sismicidad.

$$F_a = 0,9 \quad F_v = 2,2$$

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a$$

$$S_{cs} = 1,50 g * 0,9$$

$$S_{cs} = 1,35 g$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v$$

$$S_{1s} = 0,55 g * 2,2$$

$$S_{1s} = 1,21 g$$

Luego se debe realizar un ajuste por intensidades sísmicas especiales.

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

Para obtener los factores N_a y N_v se debe conocer el tipo de fuente sísmica.

Tabla XV. **Tipo de fuente sísmica**

Tipo de fuente	Descripción	Máxima magnitud-momento	Tasa de corrimiento (mm por año)
A	Fallas geológicas capaces de generar eventos de gran magnitud y con alta tasa de sismicidad [1]	$M_o \geq 7.0$	$TC \geq 5$
B	Fallas geológicas que no son A o C	$M_o \geq 7.0$ $M_o < 7.0$ $M_o \geq 6.5$	$TC < 5$ $TC > 2$ $TC < 2$
C	Fallas geológicas incapaces de generar eventos de gran magnitud y que tienen baja tasa de sismicidad	$M_o < 6.5$	$TC \leq 2$

Fuente: AGIES NSE 2-2018, Tabla 4.6.2-1.

Se tomará un tipo de fuente C debido que no se encuentran fallas tectónicas cerca del municipio San Lucas Tolimán.

Tabla XVI. **Factor N_a , para periodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica [1][2]		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Fuente: AGIES NSE 2-2018, Tabla 4.6.2-2.

Tabla XVII. **Factor N_v , para periodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica [1][2]			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: AGIES NSE 2-2018, Tabla 4.6.2-3.

Obteniendo los coeficientes de sitio de las tablas según el tipo de fuente y la distancia horizontal a la falla más cercana, a la cual es mayor a 15 km.

$$N_a = 1,0$$

$$N_v = 1,0$$

Por lo tanto

$$S_{CS} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{CS} = 1,50 \text{ g} * 0,9 * 1,0$$

$$S_{CS} = 1,35 \text{ g}$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * 1,0$$

$$S_{1s} = 0,55 \text{ g} * 2,2 * 1,0$$

$$S_{1s} = 1,21 \text{ g}$$

Luego se calculan los parámetros para el espectro calibrado al nivel de diseño requerido.

$$S_{cd} = S_{CS} * K_d$$

$$S_{1d} = S_{1s} * K_d$$

Donde K_d es un factor de escala que se selecciona, según el tipo de sismo, el cual se determina de la siguiente manera:

Tabla XVIII. Factores K_d de acuerdo al nivel de sismo

Nivel de sismo	Factor K_d
Sismo ordinario — 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.66
Sismo severo — 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.80
Sismo extremo — 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1.00
Sismo mínimo — condición de excepción	0.55

Fuente: AGIES NSE 2-2018, tabla 4.5.5-1.

Según la tabla de Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño, se tuvo que para las obras de clase importante se tendrán sismos con 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años, las cuales son las características que definen a un sismo severo. Por lo tanto, el factor de escala es:

$$K_d = 0,80$$

Obteniendo así

$$\begin{aligned} S_{cd} &= S_{cs} * K_d \\ S_{cd} &= 1,35 g * 0,80 \\ S_{cd} &= 1,08 g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{1d} &= S_{1s} * K_d \\ S_{1d} &= 1,44 g * 0,80 \\ S_{1d} &= 0,968 g \end{aligned}$$

Teniendo estos parámetros se procede a calcular el periodo de transición.

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{1d}}{S_{cd}} \\ T_s &= \frac{0,968}{1,08} \\ T_s &= 0,8963 = 0,90 s \end{aligned}$$

Este periodo de transición debe compararse con el periodo de vibración empírico T_a .

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

Donde

h_n = altura total del edificio (m)

K_T = factor unitario según el sistema estructural

X = factor unitario según el sistema estructural

Según la norma NSE 3-2018, inciso 2.1.6, los valores K_T y X para un sistema estructural de marcos especiales son igual a 0,047 y 0,90 respectivamente.

$$\begin{aligned}T_a &= K_T * (h_n)^x \\T_a &= 0,047 * (6 \text{ m})^{0,90} \\T_a &= 0,236 \text{ s}\end{aligned}$$

Luego se deben comparar el periodo de transición con el periodo de vibración empírico para así calcular las ordenadas espectrales para cualquier periodo de vibración T . Donde las ordenadas espectrales se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}S_a(T) &= S_{cd} \quad \text{cuando } T_0 \leq T_a \leq T_s \\S_a(T) &= \frac{S_{1d}}{T_a} \leq S_{cd} \quad \text{cuando } T_a > T_s \\S_a(T) &= S_{cd} \left[0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right] \quad \text{cuando } T < T_0\end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned}T_0 &= 0,2 * T_s \\T_0 &= 0,2 * 0,90 \\T_0 &= 0,18\end{aligned}$$

$$T_0 \leq T_a \leq T_s$$

$$0,18 \leq 0,236 \leq 0,90$$

Cumple con la primera condición

Entonces

$$S_a(T) = S_{cd}$$

$$S_a(T) = 1,08$$

Finalmente se calcula el coeficiente sísmico C_s de la siguiente manera:

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

Donde:

R = factor de reducción para sistema estructural E1 (alta ductilidad) según AGIES NSE 3-2018, Tabla 1.6.14-1 el valor R es igual a 8

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

$$C_s = \frac{1,08}{8}$$

$$C_s = 0,135 = 0,14$$

Habiendo encontrado el coeficiente sísmico según AGIES NSE 3-2018, se debe evaluar bajo los siguientes 2 criterios de valores mínimos de coeficiente sísmico.

$$C_s \geq 0,044 * S_{cd}$$

$$0,14 \geq 0,044 * 1,08$$

$$0,14 \geq 0,05$$

Si cumple

$$C_s \geq \frac{0,75 * K_d * S_{1r}}{R}$$

$$0,14 \geq \frac{0,75 * 0,80 * 0,55}{8}$$

$$0,14 \geq 0,041$$

Si cumple

El coeficiente sísmico si cumple con dichos criterios por lo cual se utilizará el Cs de 0,14.

- Corte basal

Teniendo el peso total de la estructura y el coeficiente sísmico se procede a calcular el corte basal Vs, el cual es la resultante de las fuerzas sísmicas que actúan sobre cada nivel de la estructura, en su respectivo sentido, esta resultante se ubica sobre la superficie del suelo.

Esta se utilizará en conjunto con el peso de la edificación y la altura de cada nivel para encontrar las fuerzas sísmicas actuantes en cada nivel.

$$V_s = W_{total} * C_s = 360,57 \text{ Ton} * 0,14$$

$$V_s = 50,48 \text{ Ton}$$

- Fuerzas sísmicas por nivel

Para calcular estas fuerzas por nivel se utilizará el método propuesto en la norma AGIES NSE 3 2018.

$$F_{sismica\ x} = C_{VX} * V_s$$

$$C_{VX} = \frac{W_x * h_x^k}{\sum(W_x * h_x^k)}$$

Donde:

C_{vx} = Coeficiente de distribución de fuerzas sísmicas por nivel

$F_{sismica\ x}$ = Fuerza sísmica en el nivel x

h_x = altura medida de la superficie a la losa del nivel x (m)

k = factor unitario dependiente del periodo de vibración empírico

$$Si\ T_a \leq 0,5\ s \quad \rightarrow \quad K = 1$$

$$Si\ 0,5 < T_a \leq 2,5\ s \quad \rightarrow \quad K = 0,75 + 0,5 * T_s$$

$$Si\ T_a > 2,5\ s \quad \rightarrow \quad K = 2$$

$$T_a = 0,236\ s$$

$$0,236\ s \leq 0,5\ s$$

Entonces:

$$K = 1$$

Y finalmente para encontrar las fuerzas sísmicas específicas para cada marco específico, se dividirá la fuerza por nivel dentro del número de marcos en cada dirección respectiva.

$$F_{sismica\ marcos\ X,Y} = \frac{F_{X,Y}}{\#marcos\ X,Y}$$

Utilizando las ecuaciones anteriores y los datos correspondientes se calcularán las fuerzas mediante la siguiente tabla.

Tabla XIX. **Fuerzas sísmicas por nivel**

Nivel	W_x (Ton)	h_x (m)	$W_x \cdot h_x$	V_s (Ton)	F (Ton)
2	131,80	6	790,80	50,48	27,03
1	228,77	3	686,31		23,45
Σ	360,57		1477,11		50,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Fuerzas sísmicas por marco**

#Marcos X	Fuerza marcos X (ton)	#marcos Y	Fuerza marcos Y (ton)
4	6,76	5	5,41
	5,86		4,69

Fuente: elaboración propia.

- Análisis por torsión

Para obtener las fuerzas de diseño por marco es necesario, realizar el análisis por torsión de la estructura, el cual mayor a dichas fuerzas según la suma de la excentricidad calculada (diferencia absoluta en cada sentido entre el centro de masa y centro de rigidez) y la excentricidad accidental (5 % de la longitud de la estructura en cada dirección).

- Centro de masa

Se calculará según el volumen del nivel 1 (dado que ambos niveles son iguales en la cantidad de la carga muerta) y el centroide de cada uno de los elementos en cada sentido de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
Losa_1 &= (A_1 * t_{losa} * PU_{concreto}) + (A_1 * (SC Y AC)) \\
&= \left((3,75 \text{ m} * 4,50 \text{ m}) * 0,11 \text{ m} * 2,40 \text{ ton}/\text{m}^3 \right) \\
&+ \left((3,75 \text{ m} * 4,50 \text{ m}) * 0,10 \text{ ton}/\text{m}^2 \right) \\
Losa_1 &= 6,143 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Viga_{eje 1} &= B_{viga} * (H_{viga} - t_{losa}) * L_{eje 1} * PU_{concreto} \\
Viga_{eje 1} &= 0,25 \text{ m} * (0,40 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 14,65 \text{ m} * 2,40 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
Viga_{eje 1} &= 2,166 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Viga_{eje A} &= B_{viga} * (H_{viga} - t_{losa}) * L_{eje A} * PU_{concreto} \\
Viga_{eje A} &= 0,25 \text{ m} * (0,40 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 12,45 \text{ m} * 2,40 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
Viga_{eje A} &= 2,549 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Columna_{eje 1} &= \#columnas_{eje 1} * B_{col} * B_{col} * H_{1er nivel} * PU_{concreto} \\
Columna_{eje 1} &= 5 * 0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 3,00 \text{ m} * 2,40 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
Columna_{eje 1} &= 4,410 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Columna_{eje A} &= \#columnas_{eje A} * B_{col} * B_{col} * H_{1er nivel} * PU_{concreto} \\
Columna_{eje A} &= 4 * 0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 3,00 \text{ m} * 2,40 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
Columna_{eje A} &= 3,528 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Muro_{eje 1} &= PP_{muro} * H_{1er nivel} * L_{muro eje 1} \\
Muro_{eje 1} &= 0,20 \text{ ton}/\text{m}^2 * 3,00 \text{ m} * 11,65 \text{ m} \\
Muro_{eje 1} &= 6,990 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$Muro_{eje\ 2,3,4} = PP_{muro} * H_{1er\ nivel} * L_{muro\ eje\ 2,3,4}$$

$$Muro_{eje\ 2,3,4} = 0,20\ ton/m^2 * 3,00\ m * 14,65\ m$$

$$Muro_{eje\ 2,3,4} = 8,790\ Ton$$

$$Muro_{eje\ A,B,C,D} = PP_{muro} * H_{1er\ nivel} * L_{muro\ eje\ A,B,C,D}$$

$$Muro_{eje\ A,B,C,D} = 0,20\ ton/m^2 * 3,00\ m * 12,45\ m$$

$$Muro_{eje\ A,B,C,D} = 7,470\ Ton$$

$$Muro_{eje\ E} = PP_{muro} * H_{1er\ nivel} * L_{muro\ eje\ E}$$

$$Muro_{eje\ E} = 0,20\ ton/m^2 * 3,00\ m * 7,95\ m$$

$$Muro_{eje\ E} = 4,770\ Ton$$

Calculando así para cada uno de los elementos de carga muerta del nivel 1 se obtiene la siguiente tabla, colocando así el peso de cada elemento y su centroide en dirección X y Y.

Tabla XXI. **Cálculo de centro de masa**

Elemento	PP (Ton)	X _i (m)	PP * X _i	Y _i (m)	PP * Y _i
losa 1	6,143	1,875	11,518	10,20	62,659
losa 2	6,143	5,625	34,554	10,20	62,659
losa 3	6,798	9,575	65,091	10,20	69,34
losa 4	4,095	1,875	7,678	6,45	26,413
losa 5	4,095	5,625	23,034	6,45	26,413
losa 6	4,532	9,575	43,394	6,45	29,231
losa 7	3,276	13,15	43,079	6,45	21,13
losa 8	6,756	1,875	12,668	2,475	16,721
losa 9	6,756	5,625	38,003	2,475	16,721
losa 10	7,477	9,575	71,592	2,475	18,506
losa 11	5,405	13,15	71,076	2,475	13,377

Continuacion de la tabla XXI.

Elemento	PP (Ton)	X _i (m)	PP * X _i	Y _i (m)	PP * Y _i
viga eje A	2,17	0,00	0,00	6,225	13,508
viga eje B	2,17	3,75	8,138	6,225	13,508
viga eje C	2,17	7,50	16,275	6,225	13,508
viga eje D	2,17	11,65	25,281	6,225	13,508
viga eje E	2,17	14,65	31,791	6,225	13,508
viga eje 1	2,549	7,325	18,671	12,45	31,735
viga eje 2	2,549	7,325	18,671	7,95	20,265
viga eje 3	2,549	7,325	18,671	4,95	12,618
viga eje 4	2,549	7,325	18,671	0,00	0,00
col eje A	3,528	0,00	0,00		
col eje B	3,528	3,75	13,23		
col eje C	3,528	7,5	26,46		
col eje D	3,528	11,65	41,101		
col eje E	3,528	14,65	51,685		
col eje 1	4,41			12,45	54,905
col eje 2	4,41			7,95	35,06
col eje 3	4,41			4,95	21,83
col eje 4	4,41			0,00	0,00
muro eje A	7,47	0,00	0,00	6,225	46,501
muro eje B	7,47	3,75	28,013	6,225	46,501
muro eje C	7,47	7,5	56,025	6,225	46,501
muro eje D	7,47	11,65	87,026	6,225	46,501
muro eje E	4,77	14,65	69,881	3,975	18,961
muro eje 1	6,99	5,825	40,717	12,45	87,026
muro eje 2	8,79	7,325	64,387	7,95	69,881
muro eje 3	8,79	7,325	64,387	4,95	43,511
muro eje 4	8,79	7,325	64,387	0,00	0,00
	185,812		1 185,155		1 012,506

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_x = \frac{\sum W_i * X_i}{\sum W_i}$$

$$Cm_x = \frac{1\,185,155}{185,812} = 6,378\text{ m}$$

$$Cm_y = \frac{\sum W_i * Y_i}{\sum W_i}$$

$$Cm_y = \frac{1\,012,506}{185,812} = 5,449\text{ m}$$

- Rigidez en columnas

Para ello calcularemos la rigidez de las columnas del nivel 1 y 2

- ✓ Rigidez en columnas del nivel 2

$$K = \frac{1}{\frac{F * H^3}{3 * E_c * I} + \frac{1.2 * F * H}{A * G}}$$

- ✓ Rigidez en columnas del nivel 1

$$K = \frac{1}{\frac{F * H^3}{12 * E_c * I} + \frac{1.2 * F * H}{A * G}}$$

Donde:

F = Fuerza sísmica actuante en el nivel

H = Altura de columna a analizar

I = Momento de inercia de la sección del elemento

A = Área de sección transversal del elemento

G = Módulo de rigidez

E_c = Módulo de elasticidad del concreto

$$E_C = 15\,100 * \sqrt{f'c} = 15\,100 * \sqrt{281 \text{ kg/cm}^2}$$

$$E_C = 253\,122,12$$

$$I = \frac{1}{12} (B_{col} * B_{col}^3) = \frac{1}{12} (35 \text{ cm} * (35 \text{ cm})^3)$$

$$I = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

$$A = (B_{col} * B_{col}) = (35 \text{ cm} * 35 \text{ cm})$$

$$A = 1\,225 \text{ cm}^2$$

$$G = 0,4 * E_C = 0,4 * 253\,122,12$$

$$G = 101\,248,848$$

Por lo tanto

$$K_{nivel\ 2} = \frac{1}{\frac{27\,030 \text{ kg} * (300 \text{ cm})^3}{3 * 253\,122,12 * 125\,052,08 \text{ cm}^4} + \frac{1,2 * 27\,030 \text{ kg} * 300 \text{ cm}}{1\,225 \text{ cm}^2 * 101\,248,848}}$$

$$K_{nivel\ 2} = 0,129 \text{ cm}^{-1}$$

$$K_{nivel\ 1} = \frac{1}{\frac{23\,450 \text{ kg} * (300 \text{ cm})^3}{12 * 253\,122,12 * 125\,052,08 \text{ cm}^4} + \frac{1,2 * 23\,450 \text{ kg} * 300 \text{ cm}}{1\,225 \text{ cm}^2 * 101\,248,848}}$$

$$K_{nivel\ 1} = 0,576 \text{ cm}^{-1}$$

Habiendo obtenido estas rigideces se procede a calcular el centro de rigidez de la edificación.

- Cálculo de centro de rigidez

Luego es necesario calcular el centro de rigidez de la edificación como se muestra a continuación:

$$CR_X = \frac{\sum K_i * X_i}{\sum K_{ix}} \quad CR_Y = \frac{\sum K_i * Y_i}{\sum K_{iy}}$$

- Sentido X
 - Nivel 1

Tabla XXII. **Centro de rigidez nivel 1, sentido X**

Marco	#col	Kc	Km	L (m)	Km*L
A	4	0,576	2,304	0,00	0,000
B	4	0,576	2,304	3,75	8,640
C	4	0,576	2,304	7,50	17,280
D	4	0,576	2,304	11,65	26,842
E	4	0,576	2,304	14,65	33,754
			11,520		86,516

Fuente: elaboración propia.

$$CR_{X_{nivel\ 1}} = \frac{\sum Km * L}{\sum Km}$$

$$CR_{X_{nivel\ 1}} = \frac{86,516}{11,520}$$

$$R_{X_{nivel\ 1}} = 7,51\ m$$

- Nivel 2

Tabla XXIII. **Centro de rigidez nivel 2 sentido X**

Marco	#col	Kc	Km	L (m)	Km*L
A	4	0,129	0,516	0,00	0,000
B	4	0,129	0,516	3,75	1,935
C	4	0,129	0,516	7,50	3,870
D	4	0,129	0,516	11,65	6,011
E	4	0,129	0,516	14,65	7,559
			2,580		19,375

Fuente: elaboración propia.

$$CR_{X_{nivel\ 2}} = \frac{\sum Km * L}{\sum Km}$$

$$CR_{X_{nivel\ 2}} = \frac{19,375}{2,580}$$

$$CR_{X_{nivel\ 2}} = 7,51\ m$$

- Sentido Y
 - Nivel 1

Tabla XXIV. **Centro de rigidez nivel 1 sentido Y**

Marco	#col	Kc	Km	L (m)	Km*L
1	5	0,576	2,880	12,45	35,856
2	5	0,576	2,880	7,95	22,896
3	5	0,576	2,880	4,95	14,256
4	5	0,576	2,880	0,00	0,000
			11,520		73,008

Fuente: elaboración propia.

$$CR_{Y_{nivel\ 1}} = \frac{\sum Km * L}{\sum Km}$$

$$CR_{Y_{nivel\ 1}} = \frac{73,008}{11,520}$$

$$CR_{Y_{nivel\ 1}} = 6,34\ m$$

- Nivel 2

Tabla XXV. **Centro de rigidez nivel 2 sentido Y**

Marco	#col	Kc	Km	L (m)	Km*L
1	5	0,129	0,645	12,45	8,030
2	5	0,129	0,645	7,95	5,128
3	5	0,129	0,645	4,95	3,193
4	5	0,129	0,645	0,00	0,000
			2,580		16,351

Fuente: elaboración propia.

$$CR_{Y_{nivel\ 2}} = \frac{\sum Km * L}{\sum Km}$$

$$CR_{Y_{nivel\ 2}} = \frac{16,351}{2,580}$$

$$CR_{Y_{nivel\ 2}} = 6,34\ m$$

Al tener los centros de rigidez de ambos sentidos X y Y de cada nivel en las mismas coordenadas se tomará como un solo centro de rigidez para la edificación.

- Excentricidades
 - Excentricidad calculada

Esta excentricidad es la distancia que hay entre el centro de masa de la edificación y el centro de rigidez en cada uno de sus sentidos, calculándolos de la siguiente manera:

$$e_{calculada X} = |CM_X - CR_X| = |6,378 m - 7,510 m|$$

$$e_{calculada X} = |-1,132 m|$$

$$e_{calculada X} = 1,13 m$$

$$e_{calculada Y} = |CM_Y - CR_Y| = |5,449 m - 6,340 m|$$

$$e_{calculada Y} = |-0,891 m|$$

$$e_{calculada Y} = 0,89 m$$

- Excentricidad accidental

Habiendo obtenido las excentricidades calculadas en ambas direcciones, se procederá a calcular las excentricidades accidentales, las cuales son en función de las dimensiones de la edificación, como se muestra a continuación:

$$e_{accidental X} = 5\%(longitud\ en\ direccion\ X\ de\ la\ edificación\ (m))$$

$$e_{accidental X} = 5\%(14,65 m)$$

$$e_{accidental X} = 0,73 m$$

$$e_{accidental Y} = 5\%(longitud\ en\ direccion\ Y\ de\ la\ edificación\ (m))$$

$$e_{accidental Y} = 5\%(12,45 m)$$

$$e_{accidental Y} = 0,62 m$$

- Excentricidad de diseño

Para el análisis de torsión es necesario calcular las excentricidades de diseño las cuales se calculan sumando y restando las excentricidades calculadas y las excentricidades accidentales en sus respectivas direcciones como se realizará a continuación:

$$e_{diseño\ X,Y} = e_{calculada\ X,Y} \pm e_{accidental\ X,Y}$$

$$e_{diseño\ X,1} = e_{calculada\ X} \pm e_{accidental\ X}$$

$$e_{diseño\ X,1} = 1,13\ m + 0,73$$

$$e_{diseño\ X,1} = 1,86\ m$$

$$e_{diseño\ X,2} = e_{calculada\ X} \pm e_{accidental\ X}$$

$$e_{diseño\ X,2} = 1,13\ m - 0,73\ m$$

$$e_{diseño\ X,2} = 0,40\ m$$

$$e_{diseño\ Y,1} = e_{calculada\ Y} + e_{accidental\ Y}$$

$$e_{diseño\ Y,1} = 0,89\ m + 0,62\ m$$

$$e_{diseño\ Y,1} = 1,51\ m$$

$$e_{diseño\ Y,2} = e_{calculada\ Y} - e_{accidental\ Y}$$

$$e_{diseño\ Y,2} = 0,89\ m - 0,62\ m$$

$$e_{diseño\ Y,2} = 0,27\ m$$

- Análisis de torsión

Para el análisis de torsión se tomará el centro de rigidez como referencia o punto de origen dentro de la planta arquitectónica como se muestra en la siguiente figura.

Para este análisis se harán uso de las siguientes ecuaciones:

$$F_{diseño\ X,Y} = F_{sismica\ X,Y} + F_{torsionante\ X,Y}$$

$$F_{torsionante\ X,Y} = \frac{(\sum F_{sismica\ X,Y}) * e_{diseño\ 1,2}}{E_i}$$

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

Donde:

$F_{diseño\ X,Y}$ = Fuerza total a utilizar en cada uno de los marcos de la edificación

$F_{sismica\ X,Y}$ = Fuerza sísmica encontrada mediante el análisis del corte basal y el número de marcos en cada una de las direcciones X y Y. (Ton)

$F_{torsionante\ X,Y}$ = Fuerza actuante en cada uno de los marcos mediante la torsión de la edificación causada por la excentricidad de diseño, la fuerza sísmica en cada marco respectivo y su distancia al centro de rigidez en cada una de sus direcciones. (Ton)

$e_{diseño\ 1,2}$ = Excentricidades de diseño en cada sentido X y Y. (m)

E_i = Relación entre la rigidez de cada marco y su distancia perpendicular a la fuerza sísmica actuante. (m)

K_m = Rigidez del marco analizado según el análisis del centro de rigidez en cada dirección. (cm^{-1})

d_i = Distancia entre el centro de rigidez y cada uno de los ejes de la edificación, tomando en cuenta los signos, teniendo como punto de origen el centro de rigidez. (m)

A continuación, se presentará las tablas con las cuales se realizó el análisis de torsión:

- Fuerzas en Y

Tabla XXVI. **Excentricidades de diseño en dirección Y**

Excentricidades	
$e_{diseño Y,1}$	1,86 m
$e_{diseño Y,2}$	0,40 m

Fuente: elaboración propia.

- Nivel 2

Tabla XXVII. **Análisis de torsión dirección Y, nivel 2**

Marco	Km (cm^{-1})	di (m)	Km * di	Km * di ²	$F_{sismica Y}$ (Ton)	$F_{torsionante Y}$ (Ton)	$F_{diseño Y}$ (Ton)
A	0,516	-7,51	-3,875	29,102	5,41	-2,723	2,687
						-0,586	4,824
B	0,516	-3,76	-1,940	7,295	5,41	-1,363	4,047
						-0,293	5,117
C	0,516	-0,01	-0,005	0,00	5,41	-0,004	5,406
						-0,001	5,409
D	0,516	4,14	2,136	8,844	5,41	1,501	6,911
						0,323	5,733
E	0,516	7,14	3,684	26,305	5,41	2,589	7,999
						0,557	5,967
Σ	2,580			71,546	27,03		

Fuente: elaboración propia.

- Nivel 1

Tabla XXVIII. **Análisis de torsión dirección Y, nivel 1**

Marco	Km (cm^{-1})	di (m)	Km * di	Km * di ²	$F_{sismica Y}$ (Ton)	$F_{torsionante Y}$ (Ton)	$F_{diseño Y}$ (Ton)
A	2,304	-7,51	-17,303	129,946	4,69	-2,362	2,328
						-0,508	4,182
B	2,304	-3,76	-8,663	32,573	4,69	-1,183	3,507
						-0,254	4,436
C	2,304	-0,01	-0,023	0,000	4,69	-0,003	4,687
						-0,001	4,689
D	2,304	4,14	9,539	39,490	4,69	1,302	5,992
						0,280	4,970
E	2,304	7,14	16,451	117,457	4,69	2,246	6,936
						0,483	5,173
Σ	11,520			319,466	23,45		

Fuente: elaboración propia.

Habiendo realizado dicho análisis se utilizarán las fuerzas totales críticas en cada nivel siendo estas las siguientes:

Tabla XXIX. **Fuerzas sísmicas de diseño en dirección Y**

Fuerzas sísmicas de diseño	
$F_{diseño nivel 2}$	7,999 Ton
$F_{diseño nivel 1}$	6,936 Ton

Fuente: elaboración propia.

- Fuerzas en X

Tabla XXX. **Excentricidades de diseño en dirección X**

Excentricidades	
$e_{diseño Y,1}$	1,51 m
$e_{diseño X,2}$	0,27 m

Fuente: elaboración propia.

- Nivel 2

Tabla XXXI. **Análisis de torsión dirección X, nivel 2**

Marco	Km (cm^{-1})	di (m)	Km * di	Km * di ²	$F_{sismica X}$ (Ton)	$F_{torsionante X}$ (Ton)	$F_{diseño X}$ (Ton)
1	0,645	6,11	3,941	24,079	6,76	3,036	9,796
						0,543	7,303
2	0,645	1,61	1,038	1,672	6,76	0,800	7,560
						0,143	6,903
3	0,645	-1,39	-0,897	1,246	6,76	-0,691	6,069
						-0,124	6,636
4	0,645	-6,34	-4,089	25,926	6,76	-3,150	3,610
						-0,563	6,197
Σ	2,580			52,923	27,03		

Fuente: elaboración propia.

- Nivel 1

Tabla XXXII. **Análisis de torsión dirección X, nivel 1**

Marco	Km (cm^{-1})	di (m)	Km * di	Km * di ²	$F_{sismica\ X}$ (Ton)	$F_{torsionante\ X}$ (Ton)	$F_{diseño\ X}$ (Ton)
1	2,880	6,11	17,597	107,516	5,86	2,637	8,497
						0,471	6,331
2	2,880	1,61	4,637	7,465	5,86	0,695	6,555
						0,124	5,984
3	2,880	-1,39	-4,003	5,564	5,86	-0,600	5,260
						-0,107	5,753
4	2,880	-6,34	-18,259	115,763	5,86	-2,736	3,124
						-0,489	5,371
Σ	11,520			236,308	23,45		

Fuente: elaboración propia.

Habiendo realizado dicho análisis se utilizarán las fuerzas totales críticas en cada nivel siendo estas las siguientes:

Tabla XXXIII. **Fuerzas sísmicas de diseño en dirección X**

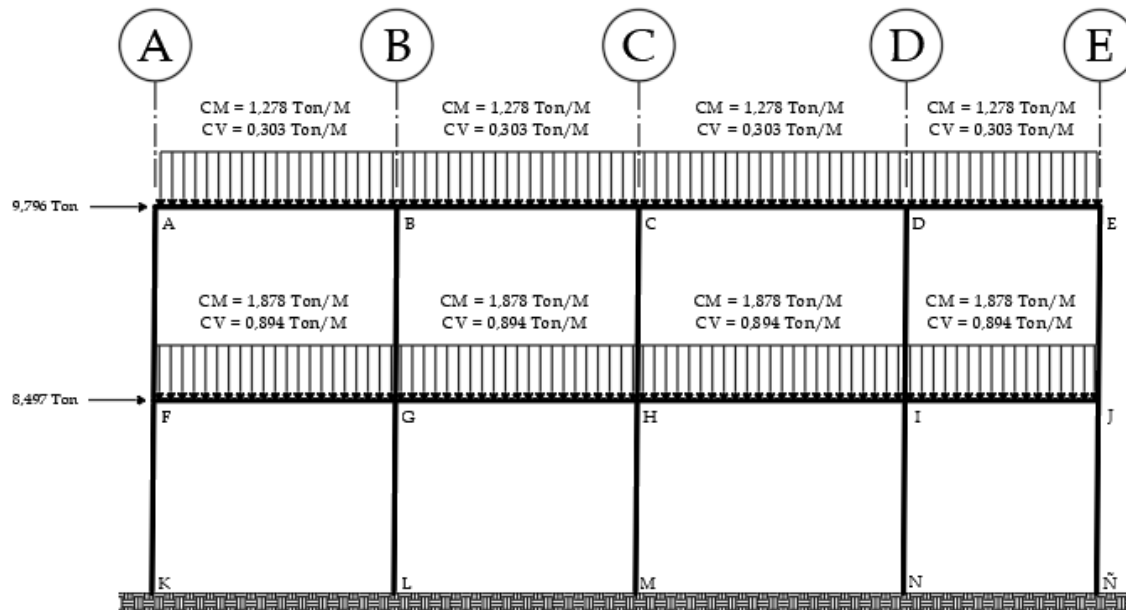
Fuerzas sísmicas de diseño	
$F_{diseño\ nivel\ 2}$	9,796 Ton
$F_{diseño\ nivel\ 1}$	8,497 Ton

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.3. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

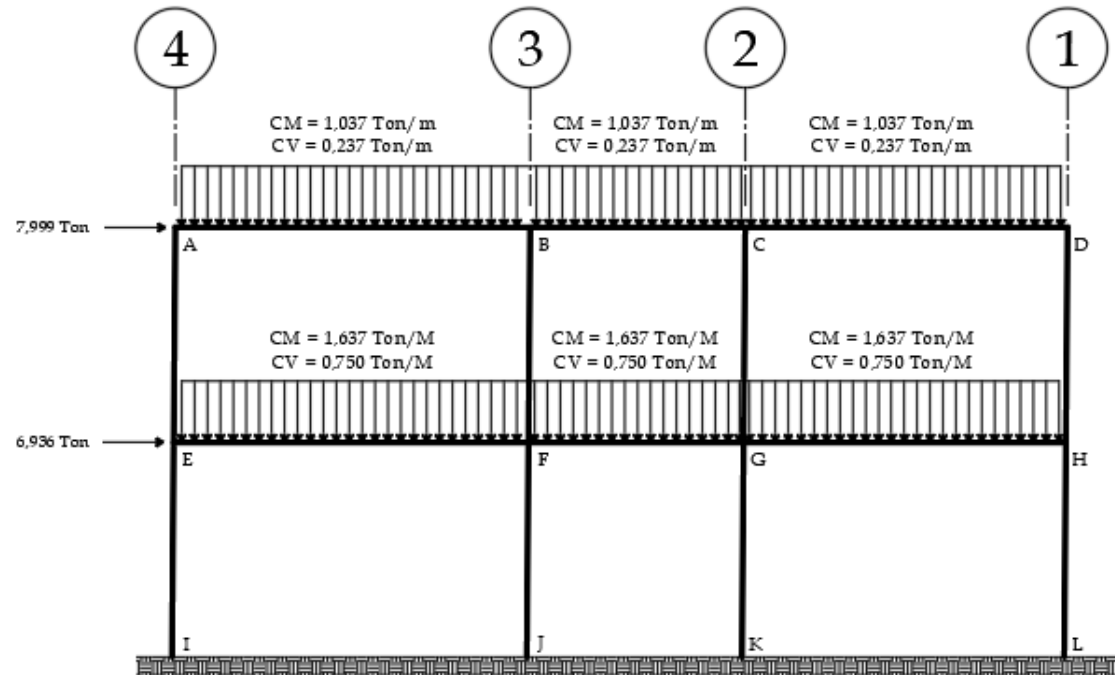
A continuación se encuentran los modelos matemáticos de los marcos 3 y C con los cuales se trabajará el análisis estructural.

Figura 14. Fuerzas verticales y horizontales de diseño en el marco 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 15. **Fuerzas verticales y horizontales de diseño en el marco C**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCA.

2.1.3.4. **Análisis de marcos dúctiles usando mediante el *software* ETABS 2016**

ETABS es un *software* innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo, esta última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

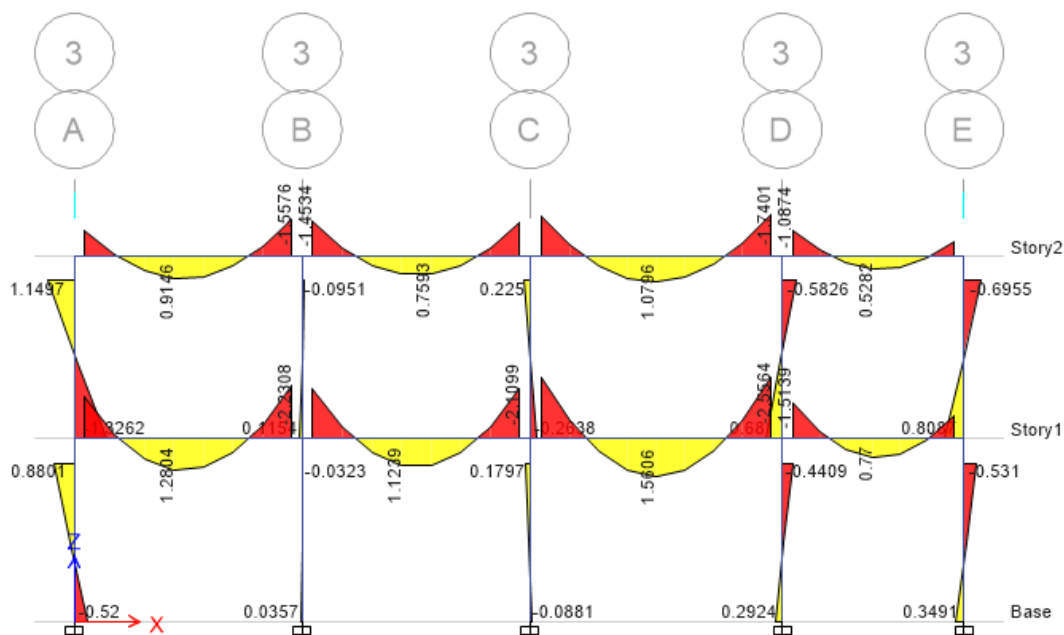
El *software* ETABS es usualmente utilizado en la ingeniería civil para el desarrollo de predimensionamiento, análisis estructural, diseño estructural, entre otros, a modelos matemáticos de estructuras. Para este proyecto se utilizará con el fin de obtener los momentos causados por carga viva, muerta y sísmica de los marcos 2 y 3, los cuales se presentarán a continuación.

2.1.3.4.1. Análisis de cargas verticales

Primero se analizarán los momentos provocados por cargas verticales las cuales son la carga muerta y la carga viva aplicadas a los marcos en sentido X y en sentido Y.

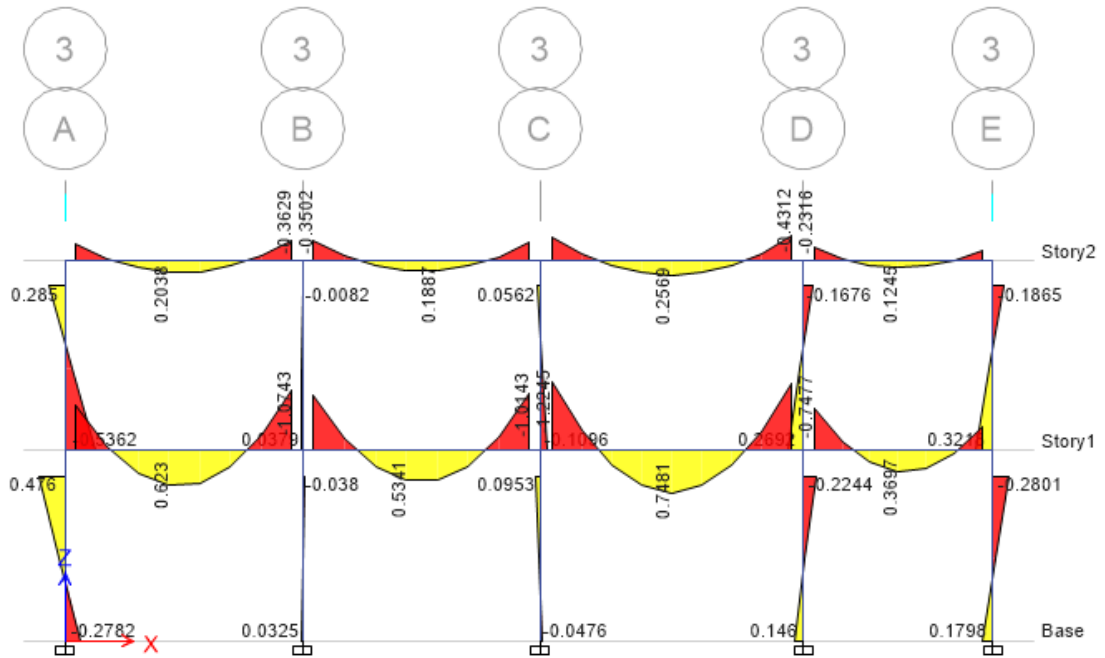
- Marco 2

Figura 16. Momentos del marco 3 debido a carga muerta, Ton-m



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

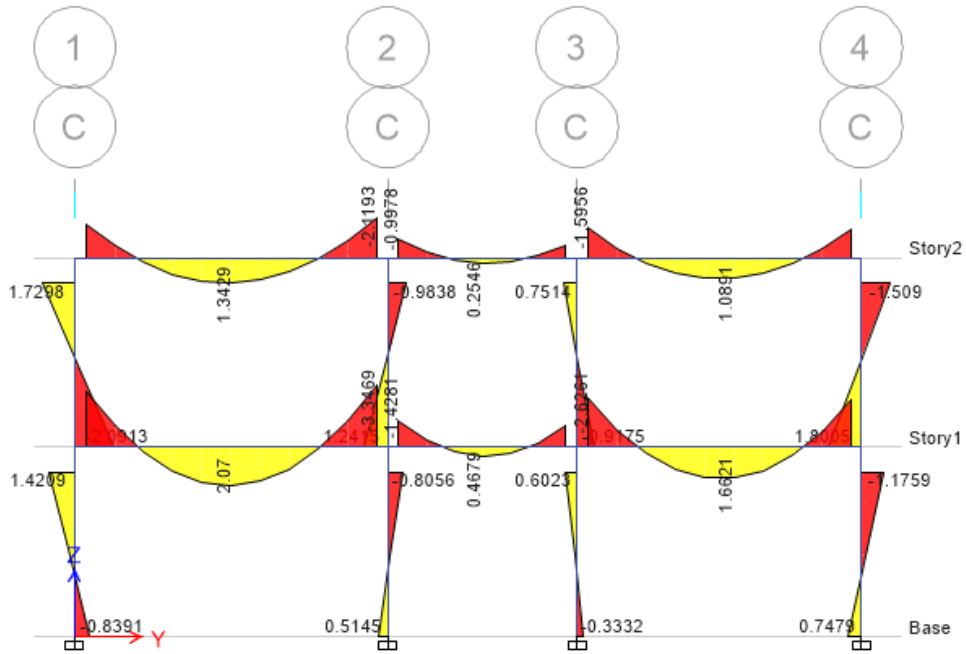
Figura 17. Momentos del marco 3 debido a carga viva, Ton-m



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

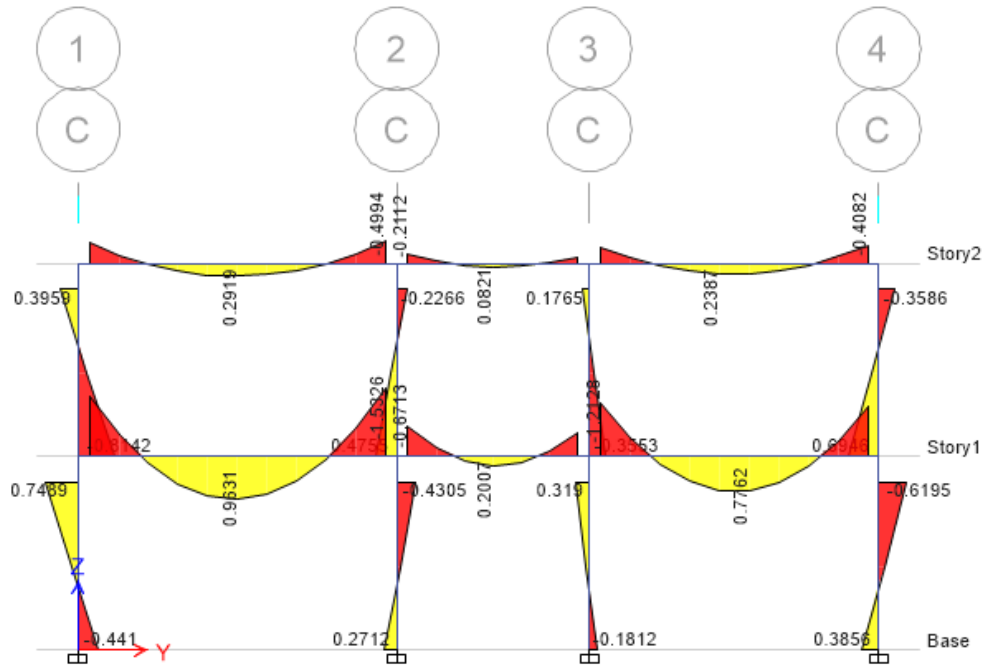
- Marco C

Figura 18. **Momentos del marco C debido a carga muerta, Ton-m**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 19. Momentos del marco C debido a carga viva, Ton-m

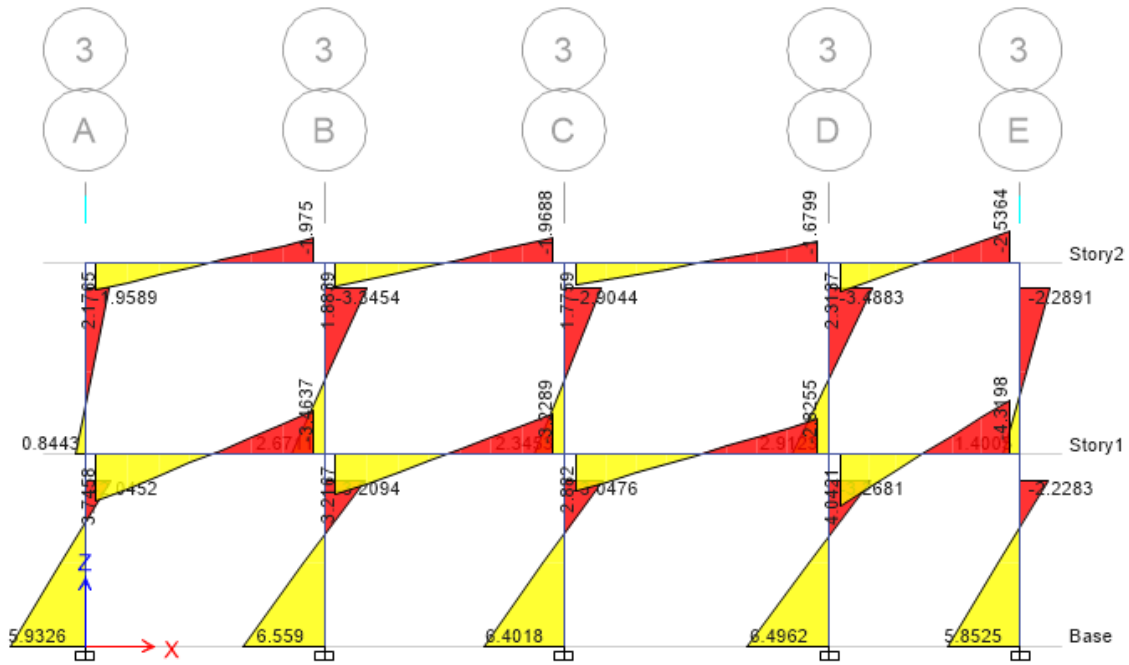


Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

2.1.3.4.2. Análisis de cargas horizontales

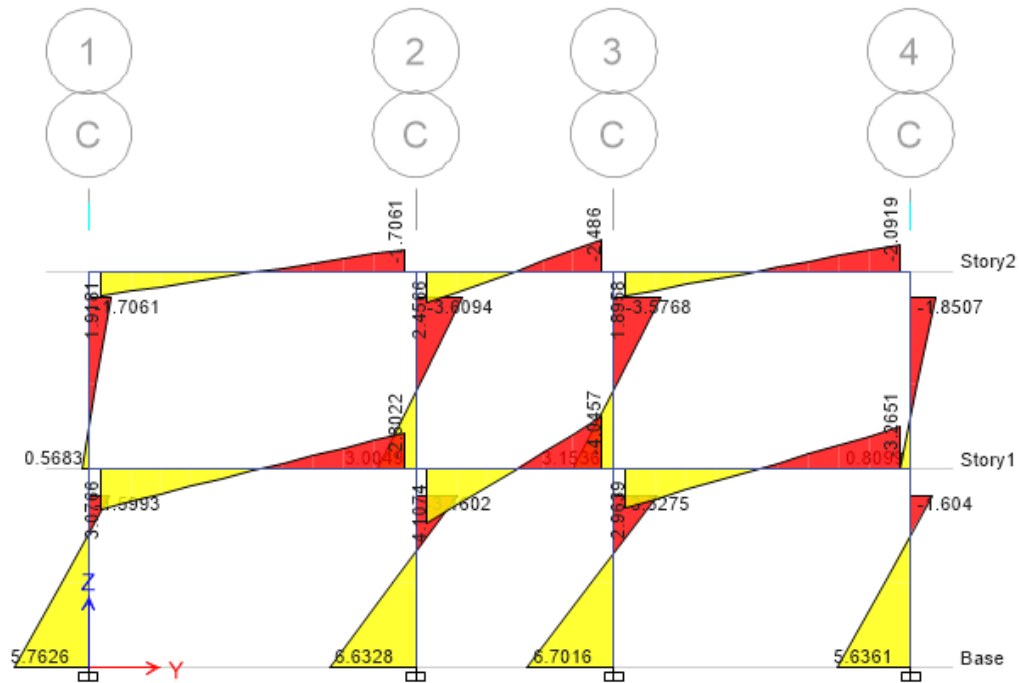
Luego se analizarán los momentos provocados por cargas horizontales provocados por las cargas sísmicas aplicadas a los marcos en sentido X y en sentido Y.

Figura 20. Momentos del marco 3 debido a carga sísmica, Ton-m



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 21. **Momentos del marco C por carga sísmica, Ton-m**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

2.1.3.5. **Análisis de marcos dúctiles mediante el método numérico Kani**

Kani es un método numérico, el cual tiene como objetivo el determinar los esfuerzos a los cuales están sometidos las vigas y las columnas, siendo estos esfuerzos de corte y de flexión.

El método Kani utiliza las cargas aplicadas por separado, siendo estas las cargas vivas, cargas muertas y cargas laterales (sísmicas), para luego mediante una envolvente obtener los momentos y cortantes finales necesarios para el diseño propio de las vigas, columnas y zapatas.

Este método se realizará mediante los conocimientos adquiridos en el curso de Análisis Estructural.

- Inercias de los elementos

La inercia de los elementos es una propiedad que poseen que depende directamente de las dimensiones propias de cada elemento la cual le otorga resistencia a la deformación o flexión, producida por una fuerza actuante sobre el elemento.

Para el análisis con Kani es necesario determinar las inercias de los elementos de marcos (vigas y columnas), como se muestra a continuación:

$$I_{elemento} = \frac{1}{12} * B * H^3$$

Donde:

I = inercia del elemento estructural (cm⁴)

B = base del elemento estructural (cm)

H = altura del elemento estructural (cm)

Debido a que todas las vigas tanto de los marcos en sentido X y en sentido Y poseen la misma sección transversal, solamente será necesario calcular una inercia para todas.

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * (25 \text{ cm}) * (40 \text{ cm})^3$$
$$I_{viga} = 133\,333,33 \text{ cm}^4$$

Debido a que todas las columnas también poseen la misma sección transversal solamente será necesario calcular una inercia para todas.

$$I_{columna} = \frac{1}{12} * (35 \text{ cm}) * (35 \text{ cm})^3$$

$$I_{columna} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

Habiendo calculado estas inercias se procederá a simplificar los datos obtenidos para facilidad de cálculo, por lo cual se propone utilizar una inercia de columna unitaria y recalculer la inercia de la viga en función de la inercia de la columna mediante una regla de 3, así como se muestra a continuación:

Si:

$$I_{columna} \text{ --- } 1$$

$$I_{viga} \text{ --- } X$$

Por lo tanto:

$$\frac{I_{columna}}{1} = \frac{I_{viga}}{X}$$

$$X = \frac{I_{viga}}{I_{columna}}$$

$$X = \frac{133\,333,33}{125\,052,08}$$

$$X = 1,066$$

Entonces:

$$I_{columnas} = 1$$

$$I_{vigas} = 1,066$$

- Rigideces de los elementos

La rigidez es una propiedad de los elementos, la cual depende de la inercia y longitud propia de cada elemento, esta propiedad se expresa como resistencia a la deflexión a lo largo del elemento.

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

Donde:

K = Rigidez del elemento estructural

I = Inercia del elemento estructural

L = Longitud del elemento estructural

- Columnas

Debido a que todas las columnas también poseen la misma altura e inercia unitaria igual a 1, solamente será necesario calcular una rigidez para todas las columnas.

$$K_{columnas} = \frac{I_{columnas}}{L_{columnas}}$$

$$K_{columnas} = \frac{1}{3,00 \text{ m}}$$

$$K_{columnas} = 0,333 \text{ m}^{-1}$$

- Vigas

$$K_{vigas} = \frac{L_{vigas}}{L_{vigas}}$$

- Marco 3

Se analizará el tramo AB para el cálculo de la rigidez.

$$K_{AB} = \frac{I_{AB}}{L_{AB}}$$

$$K_{AB} = \frac{1,066}{3,75 \text{ m}}$$

$$K_{AB} = 0,284 \text{ m}^{-1}$$

A continuación, se presenta una tabla con las rigideces calculadas con los datos de cada una de las vigas del marco 3.

Tabla XXXIV. **Rigidez de las vigas, marco 3**

Viga	Inercia	Longitud (m)	Rigidez (m^{-1})
AB	1,066	3,750	0,284
BC	1,066	3,750	0,284
CD	1,066	4,150	0,257
DE	1,066	3,000	0,355
FG	1,066	3,750	0,284
GH	1,066	3,750	0,284
HI	1,066	4,150	0,257
IJ	1,066	3,000	0,355

Fuente: elaboración propia.

- Marco C

Se analizará el tramo CD para el cálculo de la rigidez.

$$K_{CD} = \frac{I_{CD}}{L_{CD}}$$

$$K_{CD} = \frac{1,066}{4,50 \text{ m}}$$

$$K_{CD} = 0,237 \text{ m}^{-1}$$

A continuación, se presenta una tabla con las rigideces calculadas con los datos de cada una de las vigas del marco C.

Tabla XXXV. **Rigideces de vigas, marco C**

Viga	Inercia	Longitud (m)	Rigidez (m^{-1})
AB	1,066	4,950	0,215
BC	1,066	3,000	0,355
CD	1,066	4,500	0,237
EF	1,066	4,950	0,215
FG	1,066	3,000	0,355
GH	1,066	4,500	0,237

Fuente: elaboración propia.

- Factores de giro

Luego de haber calculado las rigideces de los elementos estructurales, se procederá a calcular los factores de giro de cada nudo, proveniente de cada uno de los elementos estructurales que llegan a este.

Los nudos son las uniones conformadas por 2 o más elementos estructurales conectores tales como vigas principales y columnas, entre los cuales se distribuirán los esfuerzos producidos en cada uno de los nudos. Estos nudos evitan el desplazamiento o giro de los elementos, sometidos bajo alguna carga vertical u horizontal.

Es importante destacar que se tomaran en cuenta los elementos conectores de cada nudo por separado en cada uno de los sentidos de la edificación.

Para el cálculo de los factores de giro se utiliza la siguiente ecuación:

Para el nudo I

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{NUDO i}}$$

Donde:

μ_{ik} = Factor de giro del elemento IK

K_{ik} = Rigidez del elemento IK

$\sum K_{NUDO i}$ = Sumatoria de la rigidez de los elementos conectados

- Marco 3

Se tomará como ejemplo el nudo G.

- Nudo G (2 columnas, 2 vigas)

$$\begin{aligned}\mu_{GF} &= -\frac{1}{2} * \frac{K_{GF}}{K_{GF} + K_{GB} + K_{GH} + K_{GL}} \\ \mu_{GF} &= -\frac{1}{2} * \frac{0,284}{0,284 + 0,333 + 0,284 + 0,333} \\ \mu_{GF} &= -0,115\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{GB} &= -\frac{1}{2} * \frac{K_{GB}}{K_{GF} + K_{GB} + K_{GH} + K_{GL}} \\ \mu_{GB} &= -\frac{1}{2} * \frac{0,333}{0,284 + 0,333 + 0,284 + 0,333} \\ \mu_{GB} &= -0,135\end{aligned}$$

$$\mu_{GH} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{GH}}{K_{GF} + K_{GB} + K_{GH} + K_{GL}}$$

$$\mu_{GH} = -\frac{1}{2} * \frac{0,284}{0,284 + 0,333 + 0,284 + 0,333}$$

$$\mu_{GH} = -0,115$$

$$\mu_{GL} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{GL}}{K_{GF} + K_{GB} + K_{GH} + K_{GL}}$$

$$\mu_{GL} = -\frac{1}{2} * \frac{0,333}{0,284 + 0,333 + 0,284 + 0,333}$$

$$\mu_{GL} = -0,135$$

Luego de realizar el cálculo de los factores de giro de los elementos conectores al nudo G del marco 3, es necesario realizar una comprobación, la cual es:

$$\sum \mu_{NUDO G} = -0,500$$

Donde:

$\sum \mu_{NUDO G}$ = Sumatoria de factores de giro del nudo G

Entonces:

$$\sum \mu_{NUDO G} = -0,115 - 0,135 - 0,115 - 0,135$$

$$\sum \mu_{NUDO G} = -0,500$$

Si cumple

A continuación, se presenta una tabla con los factores de giro de todos los nudos del marco 3:

Tabla XXXVI. Factores de giro del marco 3

Nudo	Elemento	Factor de giro	Comprobación
Nudo A	AB	-0,230	-0,500
	AF	-0,270	
Nudo B	BA	-0,158	-0,500
	BG	-0,184	
	BC	-0,158	
Nudo C	CB	-0,162	-0,500
	CH	-0,191	
	CD	-0,147	
Nudo D	DC	-0,136	-0,500
	DI	-0,176	
	DE	-0,188	
Nudo E	ED	-0,258	-0,500
	EJ	-0,242	
Nudo F	FA	-0,175	-0,500
	FK	-0,175	
	FG	-0,150	
Nudo G	GB	-0,135	-0,500
	GF	-0,115	
	GL	-0,135	
	GH	-0,115	
Nudo H	HC	-0,138	-0,500
	HG	-0,118	
	HM	-0,138	
	HI	-0,106	
Nudo I	ID	-0,130	-0,500
	IH	-0,101	
	IN	-0,130	
	IJ	-0,139	
Nudo J	JE	-0,163	-0,500
	JI	-0,174	
	JÑ	-0,163	

Fuente: elaboración propia.

- Marco C

Se tomará como ejemplo el nudo B.

- Nudo B (1 columna, 2 vigas)

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{BC} + K_{BF}}$$

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{0,215}{0,215 + 0,355 + 0,333}$$

$$\mu_{BA} = -0,119$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BC}}{K_{BA} + K_{BC} + K_{BF}}$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,355}{0,215 + 0,355 + 0,333}$$

$$\mu_{BC} = -0,197$$

$$\mu_{BF} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BF}}{K_{BA} + K_{BC} + K_{BF}}$$

$$\mu_{BF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,333}{0,215 + 0,355 + 0,333}$$

$$\mu_{BF} = -0,184$$

Luego de realizar el cálculo de los factores de giro de los elementos conectores al nudo B del marco C, se realizará la comprobación.

$$\sum \mu_{NUDO B} = -0,119 - 0,197 - 0,184$$

$$\sum \mu_{NUDO G} = -0,500$$

Si cumple

A continuación, se presenta una tabla con los factores de giro de todos los nudos del marco 3:

Tabla XXXVII. **Factores de giro del marco C**

Nudo	Elemento	Factor de giro	Comprobación
Nudo A	AB	-0,196	-0,500
	AE	-0,304	
Nudo B	BA	-0,119	-0,500
	BF	-0,184	
	BC	-0,197	
Nudo C	CB	-0,192	-0,500
	CG	-0,128	
	CD	-0,180	
Nudo D	DC	-0,208	-0,500
	DH	-0,292	
Nudo E	EA	-0,189	-0,500
	EI	-0,189	
	EF	-0,122	
Nudo F	FB	-0,135	-0,500
	FE	-0,087	
	FJ	-0,135	
	FG	-0,143	
Nudo G	GC	-0,132	-0,500
	GF	-0,141	
	GK	-0,132	
	GH	-0,095	
Nudo H	HD	-0,184	-0,500
	HG	-0,132	
	HL	-0,184	

Fuente: elaboración propia.

Es importante resaltar que los factores de giro encontrados de cada uno de los elementos serán los mismos valores por utilizar para los análisis de Kani de carga muerta, viva y sísmica.

- Momentos de empotramiento

Los momentos de empotramiento se calcularán solamente para los análisis de cargas verticales y se localizan en los extremos de las vigas, estos momentos al tener un sentido contrario en cada uno de los extremos de cada viga, será necesario definir el signo de cada sentido, ya sea a favor de las agujas del reloj o en contra de las agujas del reloj, este signo no define cuales son los momentos negativos y positivos dentro de la viga, estos son únicamente simbólicos utilizados únicamente para el análisis de Kani.

En los análisis de Kani para cargas laterales, los momentos de empotramiento son igual a cero.

Para este análisis se tomarán negativos todos los momentos de empotramiento a favor de las agujas del reloj y positivos los momentos de empotramiento contrarios a las agujas del reloj.

Para los momentos contrarios a las agujas del reloj:

$$ME_{AB} = -\frac{W * L^2}{12}$$

Para los momentos a favor de las agujas del reloj:

$$ME_{BA} = -ME_{AB}$$

$$ME_{AB} = -\left(-\frac{W * L^2}{12}\right) \quad ME_{BA} = \frac{W * L^2}{12}$$

Donde:

ME_{AB} = Momento de empotramiento de la barra AB en el nudo A (Ton-m)

ME_{BA} = Momento de empotramiento de la barra BA en el nudo B (Ton-m)

W = Carga vertical distribuida sobre la barra AB (ton/m)

L = Longitud de la barra AB (m)

Los momentos de empotramiento en las columnas son igual a cero, debido a que no se encuentran cargas verticales distribuidas sobre las columnas.

- Momentos de sujeción

Estos momentos son los actuantes en cada uno de los nodos, son los momentos que resisten los desplazamientos y rotaciones ocasionadas por las fuerzas verticales y horizontales. Y son igual a la sumatoria de los momentos de empotramiento transmitidos por cada uno de los elementos conectores a cada nodo, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\overline{MS}_A = \sum ME_{NA}$$

Donde:

MS_A = Momento de sujeción en el nudo A (Ton-m)

$\sum ME_{AB}$ = Sumatoria de momentos de empotramiento en el nudo A (Ton-m)

En los análisis de Kani para cargas laterales, los momentos de sujeción son igual a cero.

2.1.3.5.1. Análisis del método Kani para cargas verticales

Para el análisis de carga muerta y viva se trabajará con los marcos 3 y C, para ello se asumirá que los marcos no poseen ladeo, calculando sus propios momentos de empotramiento los cuales dependerán de la carga distribuida de cada viga.

A continuación, se realizará un ejemplo de todo el procedimiento del análisis de Kani de carga muerta aplicado al marco 3, utilizando los datos de rigideces, factores de giro y datos de carga muerta respectivos.

Ejemplo:

- Marco 3
 - Momentos de empotramiento

$$ME_{AB} = -\frac{1,278 \text{ Ton/m} * (3,75 \text{ m})^2}{12}$$

$$ME_{AB} = -1,498 \text{ Ton} - m$$

$$ME_{BA} = 1,498 \text{ Ton} - m$$

A continuación, se presenta una tabla donde se calcularon los momentos de empotramiento del marco 3.

Tabla XXXVIII. **Momentos fijos de carga muerta del marco 3**

VIGA	W_{CM} (Ton/m)	L (m)	Momentos fijos (Ton-m)	
AB	1,278	3,750	ME_{AB}	-1,498
			ME_{BA}	1,498
BC	1,278	3,750	ME_{BC}	-1,498
			ME_{CB}	1,498
CD	1,278	4,150	ME_{CD}	-1,834
			ME_{DC}	1,834
DE	1,278	3,000	ME_{DE}	-0,959
			ME_{ED}	0,959
FG	1,878	3,750	ME_{FG}	-1,498
			ME_{GF}	1,498
GH	1,878	3,750	ME_{GH}	-1,498
			ME_{HG}	1,498
HI	1,878	4,150	ME_{HI}	-1,834
			ME_{IH}	1,834
IJ	1,878	3,000	ME_{IJ}	-0,959
			ME_{JI}	0,959

Fuente: elaboración propia.

- Momentos de sujeción
 - Nodo B

$$\overline{MS}_B = ME_{BA} + ME_{BC} + ME_{BG}$$

$$\overline{MS}_B = -1,498 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} + 1,498 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} + 0,000 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\overline{MS}_B = 0,000 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

Tabla XXXIX. **Momentos de sujeción de carga muerta del marco 3**

Nudo	\overline{MS} (Ton-M)
A	-1,498
B	0,000
C	-0,337
D	0,876
E	0,959
F	-1,498
G	0,000
H	-0,337
I	0,876
J	0,959

Fuente: elaboración propia.

- Influencias de giro

Las influencias de giro son el conjunto de iteraciones necesarias para obtener los momentos finales en los extremos de cada elemento conectado a

cada nudo del marco, dependiendo directamente de cada factor de giro y el momento de empotramiento aplicada a cada nudo.

Para poder realizar las influencias de giro es importante establecer el ciclo u orden de las iteraciones, para esto se realizará de la siguiente manera:

A - B - C - D - E - J - I - H - G - F

Se realizarán las influencias de giro de la siguiente manera:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * (\overline{MS}_i + \sum M'_{ni})$$

Donde:

M'_{ik} = Influencia de giro del nudo i al nudo k (Ton-m)

\overline{MS}_i = Momento de sujeción en el nudo i (Ton-m)

$\sum M'_{ni}$ = sumatoria de las últimas influencias de giro de los nudos aledaños del nudo i (Ton-m)

Y se deberán realizar estas iteraciones hasta tener las influencias de giro exactas es decir que no cambien con las iteraciones anteriores en cada uno de los elementos.

A continuación, se realizará las primeras 2 corridas de las influencias de giro.

- Primera iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,230 * (-1,498 + 0,000 + 0,000) = 0,345 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{AF} = -0,270 * (-1,498 + 0,000 + 0,000) = 0,404 \text{ Ton} - m$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,158 * (0,000 + 0,345 + 0,000 + 0,000) = -0,055 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BG} = -0,270 * (0,000 + 0,345 + 0,000 + 0,000) = -0,063 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BC} = -0,158 * (0,000 + 0,345 + 0,000 + 0,000) = -0,055 \text{ Ton} - m$$

Nudo C

$$M'_{CB} = -0,162 * (-0,336 - 0,055 + 0,000 + 0,000) = 0,063 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CH} = -0,191 * (-0,336 - 0,055 + 0,000 + 0,000) = 0,075 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CD} = -0,147 * (-0,336 - 0,055 + 0,000 + 0,000) = 0,057 \text{ Ton} - m$$

Nudo D

$$M'_{DC} = -0,136 * (0,875 + 0,057 + 0,000 + 0,000) = -0,257 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DI} = -0,176 * (0,875 + 0,057 + 0,000 + 0,000) = -0,164 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DE} = -0,188 * (0,875 + 0,057 + 0,000 + 0,000) = -0,175 \text{ Ton} - m$$

Nudo E

$$M'_{ED} = -0,258 * (0,959 - 0,175 + 0,000) = -0,202 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{EJ} = -0,242 * (0,959 - 0,175 + 0,000) = -0,190 \text{ Ton} - m$$

Nudo J

$$M'_{JE} = -0,163 * (1,409 - 0,190 + 0,000) = -0,199 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JI} = -0,174 * (1,409 - 0,190 + 0,000) = -0,212 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{J\bar{N}} = -0,163 * (1,409 - 0,190 + 0,000) = -0,199 \text{ Ton} - m$$

Nudo I

$$M'_{IJ} = -0,139 * (1,286 - 0,212 - 0,164 + 0,000) = -0,126 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{ID} = -0,130 * (1,286 - 0,212 - 0,164 + 0,000) = -0,118 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IH} = -0,101 * (1,286 - 0,212 - 0,164 + 0,000) = -0,092 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IN} = -0,130 * (1,286 - 0,212 - 0,164 + 0,000) = -0,118 \text{ Ton} - m$$

Nudo H

$$M'_{HI} = -0,106 * (-0,494 - 0,092 + 0,075 + 0,000) = 0,054 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HC} = -0,138 * (-0,494 - 0,092 + 0,075 + 0,000) = 0,071 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HG} = -0,118 * (-0,494 - 0,092 + 0,075 + 0,000) = 0,060 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HM} = -0,138 * (-0,494 - 0,092 + 0,075 + 0,000) = 0,071 \text{ Ton} - m$$

Nudo G

$$M'_{GH} = -0,115 * (0,000 + 0,060 - 0,063 + 0,000) = 0,0003 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GB} = -0,135 * (0,000 + 0,060 - 0,063 + 0,000) = 0,0004 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GF} = -0,115 * (0,000 + 0,060 - 0,063 + 0,000) = 0,0003 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GL} = -0,135 * (0,000 + 0,060 - 0,063 + 0,000) = 0,0004 \text{ Ton} - m$$

Nudo F

$$M'_{FG} = -0,150 * (-2,201 + 0,0003 + 0,404 + 0,000) = 0,270 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FA} = -0,175 * (-2,201 + 0,0003 + 0,404 + 0,000) = 0,314 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FK} = -0,175 * (-2,201 + 0,0003 + 0,404 + 0,000) = 0,314 \text{ Ton} - m$$

- Segunda iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,230 * (-1,498 - 0,055 + 0,314) = 0,285 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{AF} = -0,270 * (-1,498 - 0,055 + 0,314) = 0,335 \text{ Ton} - m$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,158 * (0,000 + 0,285 + 0,0004 + 0,063) = -0,055 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BG} = -0,270 * (0,000 + 0,285 + 0,0004 + 0,063) = -0,064 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BC} = -0,158 * (0,000 + 0,285 + 0,0004 + 0,063) = -0,055 \text{ Ton} - m$$

Nudo C

$$M'_{CB} = -0,162 * (-0,336 - 0,055 + 0,071 - 0,257) = 0,093 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CH} = -0,191 * (-0,336 - 0,055 + 0,071 - 0,257) = 0,110 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CD} = -0,147 * (-0,336 - 0,055 + 0,071 - 0,257) = 0,085 \text{ Ton} - m$$

Nudo D

$$M'_{DC} = -0,136 * (0,875 + 0,085 - 0,118 - 0,202) = -0,131 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DI} = -0,176 * (0,875 + 0,085 - 0,118 - 0,202) = -0,113 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DE} = -0,188 * (0,875 + 0,085 - 0,118 - 0,202) = -0,120 \text{ Ton} - m$$

Nudo E

$$M'_{ED} = -0,258 * (0,959 - 0,120 - 0,199) = -0,165 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{EJ} = -0,242 * (0,959 - 0,120 - 0,199) = -0,155 \text{ Ton} - m$$

Nudo J

$$M'_{JE} = -0,163 * (1,409 - 0,155 - 0,126) = -0,184 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JI} = -0,174 * (1,409 - 0,155 - 0,126) = -0,196 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{J\tilde{N}} = -0,163 * (1,409 - 0,155 - 0,126) = -0,184 \text{ Ton} - m$$

Nudo I

$$M'_{IJ} = -0,139 * (1,286 - 0,196 - 0,113 + 0,054) = -0,143 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{ID} = -0,130 * (1,286 - 0,196 - 0,113 + 0,054) = -0,134 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IH} = -0,101 * (1,286 - 0,196 - 0,113 + 0,054) = -0,104 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IN} = -0,130 * (1,286 - 0,196 - 0,113 + 0,054) = -0,134 \text{ Ton} - m$$

Nudo H

$$M'_{HI} = -0,106 * (-0,494 - 0,104 + 0,110 + 0,0003) = 0,052 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HC} = -0,138 * (-0,494 - 0,104 + 0,110 + 0,0003) = 0,067 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HG} = -0,118 * (-0,494 - 0,104 + 0,110 + 0,0003) = 0,058 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HM} = -0,138 * (-0,494 - 0,104 + 0,110 + 0,0003) = 0,067 \text{ Ton} - m$$

Nudo G

$$M'_{GH} = -0,115 * (0,000 + 0,058 - 0,064 + 0,270) = -0,0304 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GB} = -0,135 * (0,000 + 0,058 - 0,064 + 0,270) = -0,0360 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GF} = -0,115 * (0,000 + 0,058 - 0,064 + 0,270) = -0,0304 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GL} = -0,135 * (0,000 + 0,058 - 0,064 + 0,270) = -0,0360 \text{ Ton} - m$$

Nudo F

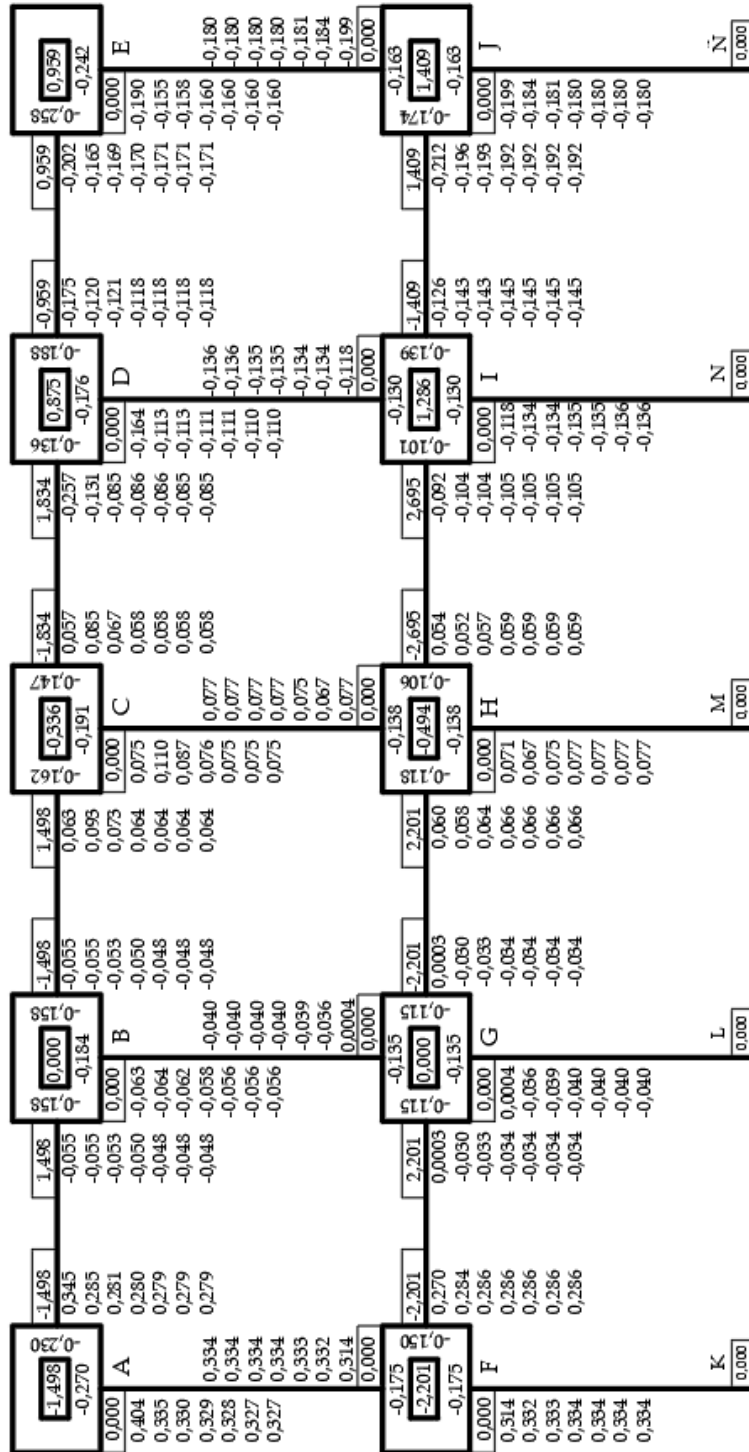
$$M'_{FG} = -0,150 * (-2,201 - 0,0304 + 0,335) = 0,284 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FA} = -0,175 * (-2,201 - 0,0304 + 0,335) = 0,332 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FK} = -0,175 * (-2,201 - 0,0304 + 0,335) = 0,332 \text{ Ton} - m$$

- Análisis de Kani de carga muerta

Figura 22. Análisis de Kani para carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Momentos Finales
 - Momentos negativos en los extremos de cada elemento estructural

Estos momentos son los obtenidos del método aproximado del análisis de Kani, los cuales dependen únicamente de los momentos de empotramiento y las últimas influencias de giro de cada uno de los elementos,

Para el cálculo de estos momentos se hará uso de la siguiente ecuación:

$$MF_{ik} = ME_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

- Vigas
 - ✓ Nivel 2

$$MF_{AB} = -1,498 + 2(0,279) - 0,048 = -0,988 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{BA} = 1,498 + 2(-0,048) + 0,279 = 1,681 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{BC} = -1,498 + 2(-0,048) + 0,064 = -1,530 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{CB} = 1,498 + 2(0,064) - 0,048 = 1,578 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{CD} = -1,834 + 2(0,058) - 0,085 = -1,803 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{DC} = 1,834 + 2(-0,085) + 0,058 = 1,722 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{DE} = -0,959 + 2(-0,118) - 0,171 = -1,366 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{ED} = 0,959 + 2(0,171) - 0,118 = 0,499 \text{ Ton} - m$$

- ✓ Nivel 1

$$MF_{FG} = -2,201 + 2(0,286) - 0,034 = -1,663 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GF} = 2,201 + 2(-0,034) + 0,286 = 2,419 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GH} = -2,201 + 2(-0,034) + 0,066 = -2,203 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HG} = 2,201 + 2(0,066) - 0,034 = 2,299 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HI} = -2,695 + 2(0,059) - 0,105 = -2,682 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{IH} = 2,695 + 2(-0,105) + 0,059 = 2,544 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{IJ} = -1,409 + 2(-0,145) - 0,192 = -1,891 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{JI} = 1,409 + 2(-0,192) - 0,145 = 0,880 \text{ Ton} - m$$

- Columnas
 - ✓ Nivel 2

$$MF_{AF} = 0,000 + 2(0,327) + 0,334 = 0,988 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{FA} = 0,000 + 2(0,334) + 0,327 = 0,995 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{BG} = 0,000 + 2(-0,056) - 0,040 = -0,152 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GB} = 0,000 + 2(-0,040) - 0,056 = -0,136 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{CH} = 0,000 + 2(0,075) + 0,077 = 0,227 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HC} = 0,000 + 2(0,077) + 0,075 = 0,229 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{DI} = 0,000 + 2(-0,110) - 0,136 = -0,356 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{ID} = 0,000 + 2(-0,136) - 0,110 = -0,382 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{EJ} = 0,000 + 2(-0,160) - 0,180 = -0,500 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{JE} = 0,000 + 2(-0,180) - 0,160 = -0,520 \text{ Ton} - m$$

- ✓ Nivel 1

$$MF_{FK} = 0,000 + 2(0,334) + 0,000 = 0,668 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{KF} = 0,000 + 2(0,000) + 0,334 = 0,334 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GL} = 0,000 + 2(-0,040) + 0,000 = -0,080 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{LG} = 0,000 + 2(0,000) - 0,040 = -0,040 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HM} = 0,000 + 2(0,077) + 0,000 = 0,154 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{MH} = 0,000 + 2(0,000) + 0,077 = 0,077 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{IN} = 0,000 + 2(-0,136) + 0,000 = -0,272 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{NI} = 0,000 + 2(0,000) - 0,136 = -0,136 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{J\tilde{N}} = 0,000 + 2(-0,180) + 0,000 = -0,360 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{\tilde{N}J} = 0,000 + 2(0,000) - 0,180 = -0,180 \text{ Ton} - m$$

- Momentos positivos al centro de cada viga estructural

Estos momentos son los obtenidos por medio del análisis de momento positivo de una viga simplemente apoyada y de los momentos negativos de cada viga obtenidos método aproximado del análisis de Kani.

Para el cálculo de estos momentos se hará uso de la siguiente ecuación:

$$M(+)_ik = \frac{W_{CM} * L_{ik}^2}{8} - \frac{|MF_{ik}| + |MF_{ki}|}{2}$$

- Nivel 2

$$M(+)_AB = \frac{1,278 \frac{\text{Ton}}{m} * (3,75 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-0,988| + |1,681|}{2} = 0,912 \text{ Ton} - m$$

$$M(+)_BC = \frac{1,278 \frac{\text{Ton}}{m} * (3,75 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-1,530| + |1,578|}{2} = 0,692 \text{ Ton} - m$$

$$M(+)_AB = \frac{1,278 \frac{\text{Ton}}{m} * (4,15 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-1,803| + |1,722|}{2} = 0,989 \text{ Ton} - m$$

$$M(+)_AB = \frac{1,278 \frac{\text{Ton}}{m} * (3,00 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-1,366| + |0,499|}{2} = 0,505 \text{ Ton} - m$$

- Nivel 1

$$M(+)_AB = \frac{1,878 \frac{\text{Ton}}{m} * (3,75 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-1,663| + |2,419|}{2} = 1,260 \text{ Ton} - m$$

$$M(+)_BC = \frac{1,878 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * (3,75 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-2,203| + |2,299|}{2} = 1,050 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M(+)_AB = \frac{1,878 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * (4,15 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-2,682| + |2,544|}{2} = 1,430 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M(+)_AB = \frac{1,878 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * (3,00 \text{ m})^2}{8} - \frac{|-1,891| + |0,880|}{2} = 0,727 \text{ Ton} - \text{m}$$

Tabla XL. **Momentos finales en la viga del marco 3 por carga muerta**

Viga	dirección	Momento negativo	Momento positivo
AB	A-B	-0,988 Ton - m	0,912 Ton - m
	B-A	1,681 Ton - m	
BC	B-C	-1,530 Ton - m	0,692 Ton - m
	C-B	1,578 Ton - m	
CD	C-D	-1,803 Ton - m	0,989 Ton - m
	D-C	1,722 Ton - m	
DE	D-E	-1,366 Ton - m	0,505 Ton - m
	E-D	0,499 Ton - m	
FG	F-G	-1,663 Ton - m	1,260 Ton - m
	G-F	2,419 Ton - m	
GH	G-H	-2,203 Ton - m	1,050 Ton - m
	H-G	2,299 Ton - m	
HI	H-I	-2,682 Ton - m	1,430 Ton - m
	I-H	2,544 Ton - m	
IJ	I-J	-1,891 Ton - m	0,727 Ton - m
	J-I	0,880 Ton -	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Momentos finales en columnas del marco 3 por carga muerta**

Columna	dirección	Momento final
AF	A-F	0,988 <i>Ton – m</i>
	F-A	0,995 <i>Ton – m</i>
BG	B-G	-0,152 <i>Ton – m</i>
	G-B	-0,136 <i>Ton – m</i>
CH	C-H	0,227 <i>Ton – m</i>
	H-C	0,229 <i>Ton – m</i>
DI	D-I	-0,356 <i>Ton – m</i>
	I-D	-0,382 <i>Ton – m</i>
EJ	E-J	-0,500 <i>Ton – m</i>
	J-E	-0,520 <i>Ton – m</i>
FK	F-K	0,668 <i>Ton – m</i>
	K-F	0,334 <i>Ton – m</i>
GL	G-L	-0,080 <i>Ton – m</i>
	L-G	-0,040 <i>Ton – m</i>
HM	H-M	0,154 <i>Ton – m</i>
	M-H	0,077 <i>Ton – m</i>
IN	I-N	-0,272 <i>Ton – m</i>
	N-I	-0,136 <i>Ton – m</i>
JÑ	J-Ñ	-0,360 <i>Ton – m</i>
	Ñ-J	-0,180 <i>Ton – m</i>

Fuente: elaboración propia.

Utilizando este procedimiento se calcularon los momentos finales de carga viva que se presentan a continuación:

Tabla XLII. **Momentos finales en la viga del marco 3 por carga viva**

Viga	dirección	Momento negativo	Momento positivo
AB	A-B	-0,227 <i>Ton - m</i>	0,200 <i>Ton - m</i>
	B-A	0,388 <i>Ton - m</i>	
BC	B-C	-0,353 <i>Ton - m</i>	0,171 <i>Ton - m</i>
	C-B	0,371 <i>Ton - m</i>	
CD	C-D	-0,433 <i>Ton - m</i>	0,230 <i>Ton - m</i>
	D-C	0,412 <i>Ton - m</i>	
DE	D-E	-0,302 <i>Ton - m</i>	0,117 <i>Ton - m</i>
	E-D	0,146 <i>Ton - m</i>	
FG	F-G	-0,763 <i>Ton - m</i>	0,610 <i>Ton - m</i>
	G-F	1,159 <i>Ton - m</i>	
GH	G-H	-1,055 <i>Ton - m</i>	0,495 <i>Ton - m</i>
	H-G	1,097 <i>Ton - m</i>	
HI	H-I	-1,272 <i>Ton - m</i>	0,684 <i>Ton - m</i>
	I-H	1,209 <i>Ton - m</i>	
IJ	I-J	-0,916 <i>Ton - m</i>	0,348 <i>Ton - m</i>
	J-I	0,400 <i>Ton - m</i>	

Fuente: elaboración propia.

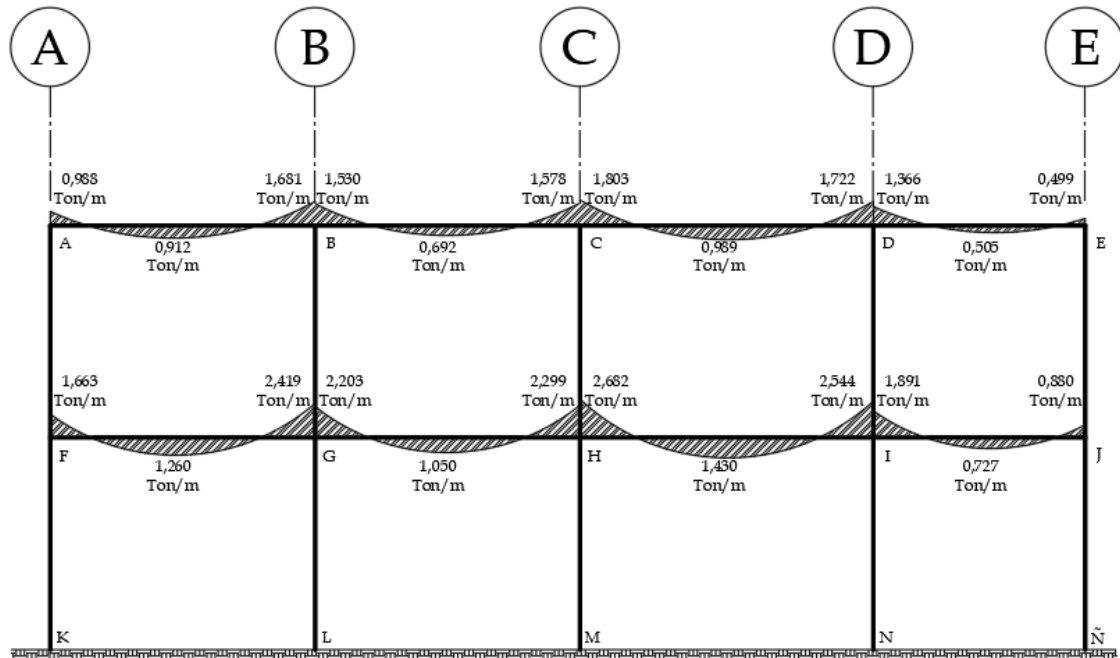
Tabla XLIII. **Momentos finales en columnas del marco 3 por carga viva**

Columna	dirección	Momento final
AF	A-F	0,277 <i>Ton – m</i>
	F-A	0,407 <i>Ton – m</i>
BG	B-G	-0,035 <i>Ton – m</i>
	G-B	-0,055 <i>Ton – m</i>
CH	C-H	0,063 <i>Ton – m</i>
	H-C	0,093 <i>Ton – m</i>
DI	D-I	-0,110 <i>Ton – m</i>
	I-D	-0,157 <i>Ton – m</i>
EJ	E-J	-0,147 <i>Ton – m</i>
	J-E	-0,213 <i>Ton – m</i>
FK	F-K	0,358 <i>Ton – m</i>
	K-F	0,179 <i>Ton – m</i>
GL	G-L	-0,050 <i>Ton – m</i>
	L-G	-0,025 <i>Ton – m</i>
HM	H-M	0,082 <i>Ton – m</i>
	M-H	0,041 <i>Ton – m</i>
IN	I-N	-0,136 <i>Ton – m</i>
	N-I	-0,068 <i>Ton – m</i>
JÑ	J-Ñ	-0,186 <i>Ton – m</i>
	Ñ-J	-0,093 <i>Ton – m</i>

Fuente: elaboración propia.

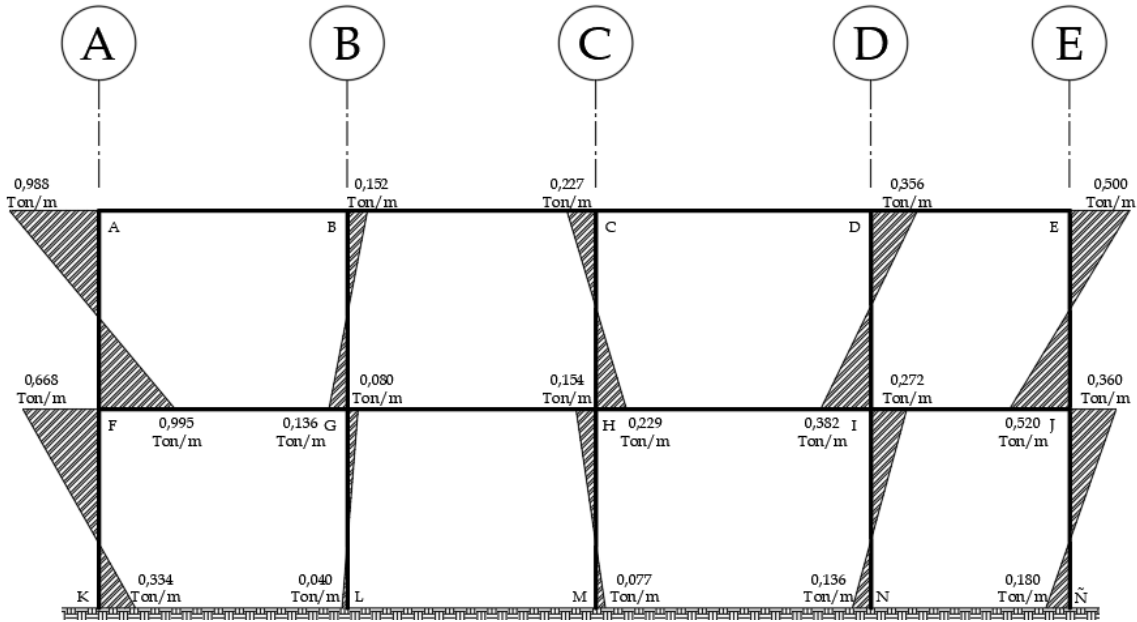
Finalmente se realizará los diagramas de momentos finales para el marco 3 utilizando los resultados obtenidos.

Figura 23. Diagramas de momentos finales por carga muerta en la viga, marco 3



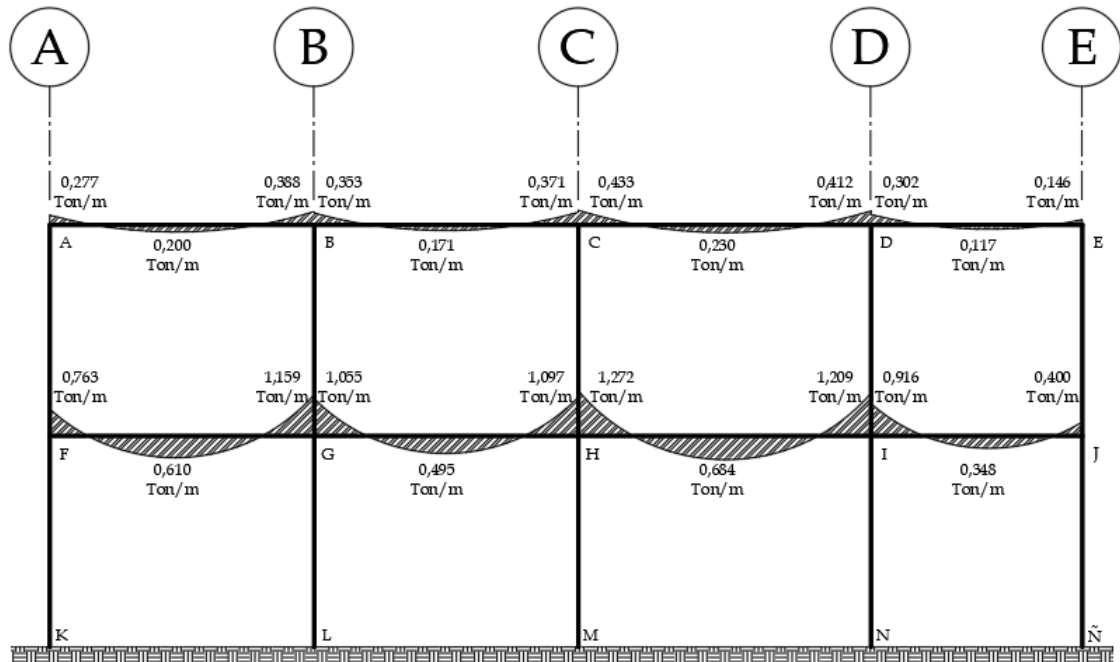
Fuente elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 24. Diagramas de momentos finales por carga muerta en columnas, marco 3



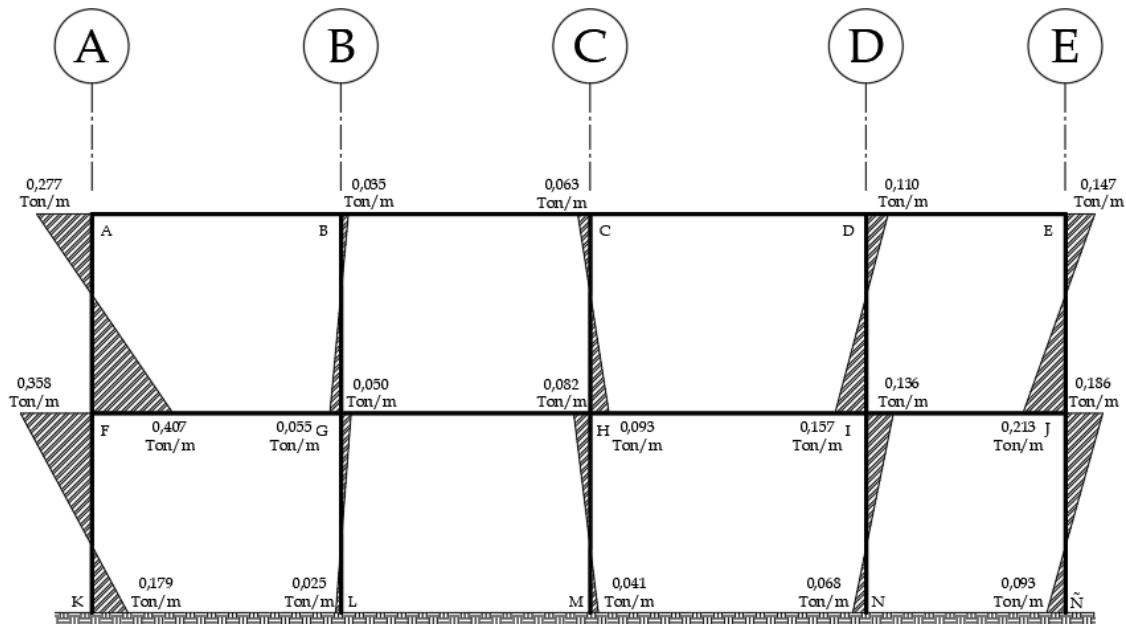
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 25. Diagramas de momentos finales por carga viva en las vigas, Marco 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 26. Diagramas de momentos finales por carga viva en columnas, marco 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Marco C

Para este marco se utilizó el mismo procedimiento descrito para el marco 3, utilizando los datos respectivos de cargas y elementos estructurales, obteniendo los siguientes resultados del análisis de carga muerta.

Tabla XLIV. **Momentos finales en las vigas del marco C por carga muerta**

Viga	dirección	Momento negativo	Momento positivo
AB	A-B	-1,627 <i>Ton - m</i>	1,324 <i>Ton - m</i>
	B-A	2,077 <i>Ton - m</i>	
BC	B-C	-1,152 <i>Ton - m</i>	0,103 <i>Ton - m</i>
	C-B	0,975 <i>Ton - m</i>	
CD	C-D	-1,588 <i>Ton - m</i>	1,154 <i>Ton - m</i>
	D-C	1,354 <i>Ton - m</i>	
EF	E-F	-2,819 <i>Ton - m</i>	1,964 <i>Ton - m</i>
	F-E	3,281 <i>Ton - m</i>	
FG	F-G	-1,649 <i>Ton - m</i>	0,292 <i>Ton - m</i>
	G-F	1,451 <i>Ton - m</i>	
GH	G-H	-2,703 <i>Ton - m</i>	1,645 <i>Ton - m</i>
	H-G	2,295 <i>Ton - m</i>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Momentos finales en columnas del marco C por carga muerta**

Columna	dirección	Momento final
AE	A-E	1,627 <i>Ton – m</i>
	E-A	1,673 <i>Ton – m</i>
BF	B-F	-0,923 <i>Ton – m</i>
	F-B	-0,964 <i>Ton – m</i>
CG	C-G	0,612 <i>Ton – m</i>
	G-C	0,711 <i>Ton – m</i>
DH	D-H	-1,354 <i>To – m</i>
	H-D	-1,370 <i>Ton – m</i>
EI	E-I	1,146 <i>Ton – m</i>
	I-E	0,573 <i>Ton – m</i>
FJ	F-J	-0,670 <i>Ton – m</i>
	J-F	-0,335 <i>Ton – m</i>
GK	G-K	0,540 <i>Ton – m</i>
	K-G	0,270 <i>Ton – m</i>
HL	H-L	-0,924 <i>Ton – m</i>
	L-H	-0,462 <i>Ton – m</i>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Momentos finales en las vigas del marco C por carga viva**

Viga	Dirección	Momento negativo	Momento positivo
AB	A-B	-0,427 Ton - m	0,275 Ton - m
	B-A	0,475 Ton - m	
BC	B-C	-0,228 Ton - m	0,052 Ton - m
	C-B	0,201 Ton - m	
CD	C-D	-0,379 Ton - m	0,234 Ton - m
	D-C	0,352 Ton - m	
EF	E-F	-1,257 Ton - m	0,917 Ton - m
	F-E	1,503 Ton - m	
FG	F-G	-0,779 Ton - m	0,117 Ton - m
	G-F	0,674 Ton - m	
GH	G-H	-1,243 Ton - m	0,768 Ton - m
	H-G	1,018 Ton - m	

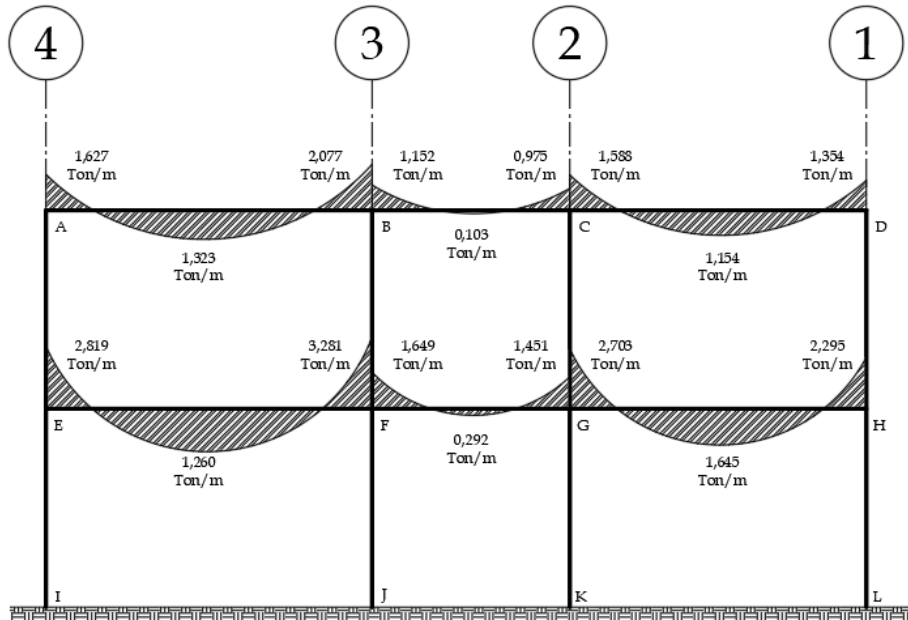
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Momentos finales en columnas del marco C por carga viva**

Columna	Dirección	Momento final
AE	A-E	0,426 <i>Ton – m</i>
	E-A	0,660 <i>Ton – m</i>
BF	B-F	-0,247 <i>Ton – m</i>
	F-B	-0,380 <i>Ton – m</i>
CG	C-G	0,179 <i>Ton – m</i>
	G-C	0,295 <i>Ton – m</i>
DH	D-H	-0,351 <i>Ton – m</i>
	H-D	-0,537 <i>Ton – m</i>
EI	E-I	0,596 <i>Ton – m</i>
	I-E	0,298 <i>Ton – m</i>
FJ	F-J	-0,342 <i>Ton – m</i>
	J-F	-0,171 <i>Ton – m</i>
GK	G-K	0,274 <i>Ton – m</i>
	K-G	0,137 <i>Ton – m</i>
HL	H-L	-0,482 <i>Ton – m</i>
	L-H	-0,241 <i>Ton – m</i>

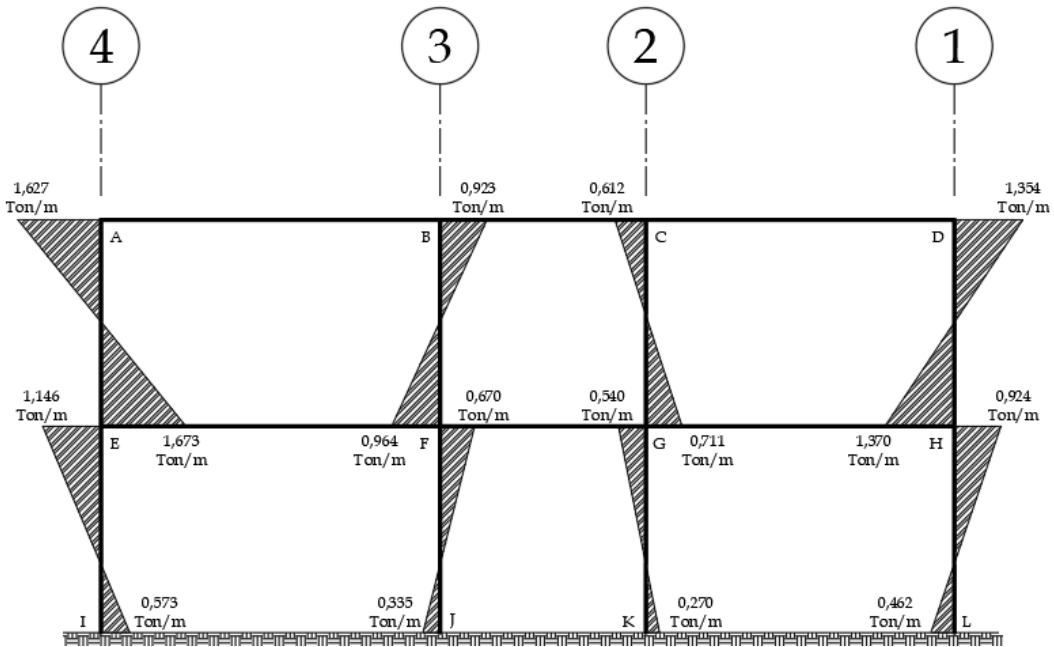
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagramas de momentos finales por carga muerta en las vigas, marco C



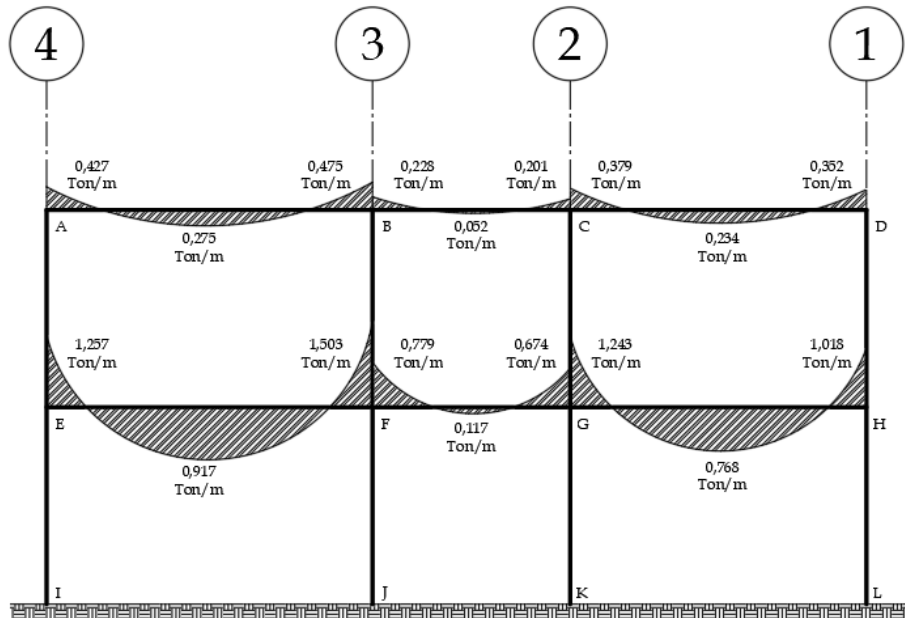
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. Diagramas de momentos finales por carga muerta en columnas, marco C



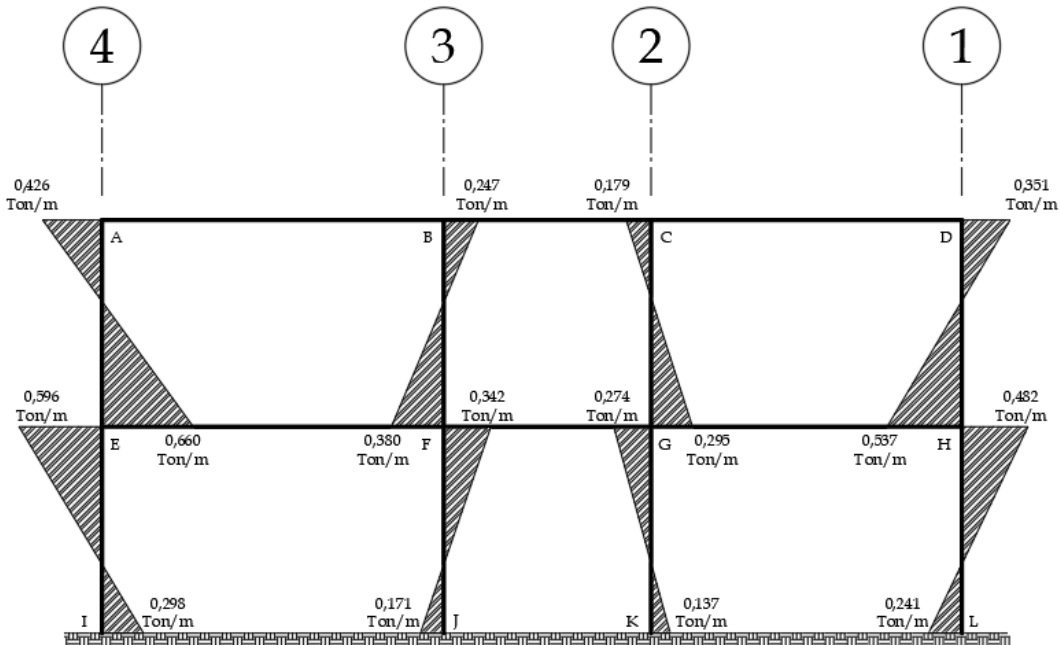
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 29. Diagramas de momentos finales por carga viva en las vigas, marco C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 30. **Diagramas de momentos finales por carga viva en columnas, marco C**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.5.2. **Análisis del método Kani para carga sísmica**

Para el análisis de sísmica también se trabajará con los marcos 3 y C, para este análisis se asumirá que los marcos poseen ladeo utilizando los factores de giro del análisis de Kani para cargas verticales.

También se deberán calcular sus propios momentos de empotramiento, momentos de sujeción, factores de corrimiento, fuerzas cortantes de piso, momentos de piso, influencias de desplazamiento, influencias de giro y por último los momentos finales de cada elemento estructural.

A continuación, se realizará un ejemplo de todo el procedimiento del análisis de Kani de carga sísmica aplicado al marco 3, utilizando los datos de rigideces, factores de giro utilizados para el análisis de Kani de cargas verticales.

Ejemplo:

- Marco 3
 - Momentos de empotramiento y momentos de sujeción

En el análisis de Kani de carga sísmica, los momentos de empotramiento son igual a cero, debido a que las cargas no son aplicadas de forma distribuida sobre las columnas, sino que son aplicadas de forma puntual en los nodos del nivel 1 y 2.

$$ME_{BC} = 0,000 \text{ Ton} - m$$

$$ME_{CB} = 0,000 \text{ Ton} - m$$

Por lo tanto, al poseer con momentos de empotramiento igual a cero, los momentos de sujeción en cada nodo también serán igual a cero.

- Nodo C

$$\overline{MS}_C = ME_{CB} + ME_{CD} + ME_{CH}$$

$$\overline{MS}_C = 0,000 \frac{\text{Ton}}{m} + 0,000 \frac{\text{Ton}}{m} + 0,000 \frac{\text{Ton}}{m}$$

$$\overline{MS}_C = 0,000 \frac{\text{Ton}}{m}$$

- Factores de corrimiento

Este es un factor que se aplica a todas las columnas de un marco ante la presencia de una fuerza lateral, la cual dependerá directamente del número de columnas por nivel en cada marco y de la rigidez de cada columna.

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{COL NIVEL}} \right)$$

Donde:

v_{ij} = factor de corrimiento de la columna ik

Únicamente se realizará un ejemplo del factor de corrimiento de una columna del nivel 2.

$$v_{BG} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,333}{0,333 + 0,333 + 0,333 + 0,333 + 0,333} \right)$$
$$v_{BG} = -0,300$$

En el marco 3 de nuestra edificación ambos niveles tienen el mismo número de columnas y todas las columnas poseen la misma rigidez, por lo tanto, todas las columnas tendrán el mismo factor de corrimiento.

$$v_{COL} = -0,300$$

- Fuerza cortante de piso

Estas fuerzas cortantes son las que se aplican a cada nivel, es necesario resaltar que dentro de una edificación la fuerza cortante aumentará del piso superior hacia abajo, esto debido a que se realiza una sumatoria de fuerzas en

cada piso, la cual es igual a la fuerza de diseño por nivel obtenida del análisis por torsión, agregando las fuerzas de diseño de los niveles superiores.

$$Q_{nivel\ i} = F_{diseño\ nivel\ i} + \sum_{X=1} (F_{diseño\ nivel\ i+X})$$

Donde:

$Q_{nivel\ i}$ = Fuerza cortante de piso del nivel i (Ton)

$F_{Diseño\ nivel\ i}$ = Fuerza de diseño del nivel i (Ton)

A continuación, se realizará el cálculo de las fuerzas cortantes de piso de cada nivel del marco 3.

$$Q_{nivel\ 2} = F_{diseño\ nivel\ 2} + \sum_{X=1} (F_{diseño\ nivel\ 2+X})$$

$$Q_{nivel\ 2} = F_{diseño\ nivel\ 2} + F_{diseño\ nivel\ 3}$$

$$Q_{nivel\ 2} = 9,796\ Ton + 0,000\ Ton$$

$$Q_{nivel\ 2} = 9,796\ Ton$$

$$Q_{nivel\ 1} = F_{diseño\ nivel\ 1} + \sum_{X=1} (F_{diseño\ nivel\ 1+X})$$

$$Q_{nivel\ 1} = F_{diseño\ nivel\ 1} + F_{diseño\ nivel\ 2} + F_{diseño\ nivel\ 3}$$

$$Q_{nivel\ 1} = 8,497\ Ton + 9,796\ Ton + 0,000\ Ton$$

$$Q_{nivel\ 1} = 18,293\ Ton$$

- Momentos de piso

Luego se procederá a calcular los momentos de piso aplicados al marco 3, los cuales son calculados según la fuerza cortante de piso y la altura del nivel, calculándolos de la siguiente manera.

$$M_{nivel\ i} = \frac{Q_{nivel\ i} * H_{nivel\ i}}{3}$$

Donde:

$M_{nivel\ i}$ = Momento de piso del nivel i (Ton-m)

$Q_{nivel\ i}$ = Fuerza constante de piso del nivel i (Ton)

$H_{nivel\ i}$ = Altura del nivel i (m)

A continuación, se calcularán los momentos de piso del marco 3 necesarios para el análisis de Kani de fuerzas laterales.

$$M_{nivel\ 2} = \frac{9,796\ Ton * 3,000\ m}{3}$$

$$M_{nivel\ 2} = 9,796\ Ton - m$$

$$M_{nivel\ 1} = \frac{18,293\ Ton * 3,000\ m}{3}$$

$$M_{nivel\ 1} = 18,293\ Ton - m$$

- Influencias de desplazamiento e influencias de giro

A diferencia del análisis con Kani para cargas verticales, este análisis cuenta con influencias de desplazamiento, las cuales afectan a cada una de las columnas debido a los momentos de piso aplicados a cada columna.

Además, se realizará cada ciclo de estas influencias de la siguiente manera:

- Influencias de desplazamiento
- Influencias de giro
- Influencias de desplazamiento
- Influencias de giro

Y así sucesivamente hasta obtener las influencias de giro y desplazamiento exactas de cada elemento.

Para poder realizar las influencias de giro y desplazamiento se tomará el mismo ciclo utilizado en el análisis de Kani de cargas verticales.

A - B - C - D - E - J - I - H - G - F

Las influencias de giro y desplazamiento se calculan de la siguiente manera:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * (\overline{MS}_i + \sum (M'_{ni}) + M''_{ik})$$

$$M''_{ik} = \nu_{ik} * (M_{nivel} + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})_{nivel})$$

Donde:

M'_{ik} = Influencia de giro del elemento ik, del nudo i al nudo k (Ton-m)

M'_{ki} = Influencia de giro del elemento ik, del nudo k al nudo i (Ton-m)

M''_{ik} = Influencia de desplazamiento del elemento ik, del nudo i al nudo k

\overline{MS}_i = Momento de sujeción del nudo i (Ton-m)

M'_{ni} = influencias de giro de los nudos n hacia el nudo i (Ton-m)

M_{nivel} = Momento de piso correspondiente al elemento ik (Ton-m)

A continuación, se realizarán las primeras 2 corridas de cada influencia para el marco 3.

- Primera corrida
 - Influencias de desplazamiento

$$M''_{AB} = \mathcal{V}_{AB} * (M_{nivel\ 2} + (M'_{AF} + M'_{FA} + M'_{BG} + M'_{GB} + M'_{CH} + M'_{HC} + M'_{DI} + M'_{ID} + M'_{EJ} + M'_{JE}))$$

$$M''_{AB} = -0,300$$

$$* (9,796\ Ton - m$$

$$+ (0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00))$$

$$M''_{AB} = -2,939\ Ton - m$$

$$M''_{FK} = \mathcal{V}_{FK} * (M_{nivel\ 2} + (M'_{FK} + M'_{GL} + M'_{HM} + M'_{IN} + M'_{J\bar{N}}))$$

$$M''_{FK} = -0,300 * (18,293\ Ton - m + (0,000 + 0,000 + 0,000 + 0,000 + 0,000))$$

$$M''_{AB} = -5,488\ Ton - m$$

Debido a que todas las columnas del nivel 2 poseen el mismo factor de corrimiento, son afectados por el mismo momento de piso y toman los mismos valores de las influencias de giro de las columnas del nivel 2, solamente se calculará una influencia de desplazamiento por nivel y será aplicada a cada una de las columnas de ese nivel.

$$M''_{COL\ NIVEL\ 2} = -2,939\ Ton - m$$

$$M''_{COL\ NIVEL\ 1} = -5,488\ Ton - m$$

- Influencias de giro

▪

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,230 * (0,000 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,676\ Ton - m$$

$$M'_{AF} = -0,270 * (0,000 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,794\ Ton - m$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,158 * (0,000 + 0,794 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,358 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BG} = -0,270 * (0,000 + 0,794 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,416 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BC} = -0,158 * (0,000 + 0,794 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,358 \text{ Ton} - m$$

Nudo C

$$M'_{CB} = -0,162 * (0,000 + 0,358 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,418 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CH} = -0,191 * (0,000 + 0,358 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,493 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CD} = -0,147 * (0,000 + 0,358 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,379 \text{ Ton} - m$$

Nudo D

$$M'_{DC} = -0,136 * (0,000 + 0,379 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,348 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DI} = -0,176 * (0,000 + 0,379 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,451 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DE} = -0,188 * (0,000 + 0,379 + 0,000 + 0,000 - 2,939) = 0,481 \text{ Ton} - m$$

Nudo E

$$M'_{ED} = -0,258 * (0,000 + 0,481 + 0,000 - 2,939) = 0,634 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{EJ} = -0,242 * (0,000 + 0,481 + 0,000 - 2,939) = 0,595 \text{ Ton} - m$$

Nudo J

$$M'_{JE} = -0,163 * (0,000 + 0,595 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,277 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JI} = -0,174 * (0,000 + 0,595 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,363 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{J\tilde{N}} = -0,163 * (0,000 + 0,595 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,277 \text{ Ton} - m$$

Nudo I

$$M'_{IJ} = -0,139 * (0,000 + 1,363 + 0,451 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,919 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{ID} = -0,130 * (0,000 + 1,363 + 0,451 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,860 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IH} = -0,101 * (0,000 + 1,363 + 0,451 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,668 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IN} = -0,130 * (0,000 + 1,363 + 0,451 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,860 \text{ Ton} - m$$

Nudo H

$$M'_{HI} = -0,106 * (0,000 + 0,668 + 0,493 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,770 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HC} = -0,138 * (0,000 + 0,668 + 0,493 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,003 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HG} = -0,118 * (0,000 + 0,668 + 0,493 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,857 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HM} = -0,138 * (0,000 + 0,668 + 0,493 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,003 \text{ Ton} - m$$

Nudo G

$$M'_{GH} = -0,115 * (0,000 + 0,857 + 0,416 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,823 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GB} = -0,135 * (0,000 + 0,857 + 0,416 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,966 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GF} = -0,115 * (0,000 + 0,857 + 0,416 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,823 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GL} = -0,135 * (0,000 + 0,857 + 0,416 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 0,966 \text{ Ton} - m$$

Nudo F

$$M'_{FG} = -0,150 * (0,000 + 0,823 + 0,794 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,022 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FA} = -0,175 * (0,000 + 0,823 + 0,794 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,192 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FK} = -0,175 * (0,000 + 0,823 + 0,794 + 0,000 - 2,939 - 5,488) = 1,192 \text{ Ton} - m$$

- Segunda corrida
 - Influencias de desplazamiento

$$M''_{COLNIVEL2} = -0,300$$

$$* (9,796$$

$$+ (0,794 + 1,192 + 0,416 + 0,966 + 0,493 + 1,003 + 0,451 + 0,860$$

$$+ 0,595 + 1,277))$$

$$M''_{AB} = -5,353 \text{ Ton} - m$$

$$M''_{COLNIVEL1} = -0,300 * (18,293 \text{ Ton} - m + (1,192 + 0,966 + 1,003 + 0,860 + 1,277))$$

$$M''_{AB} = -7,077 \text{ Ton} - m$$

- Influencias de giro

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,230 * (0,000 + 1,192 + 0,358 - 5,353) = 0,875 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{AF} = -0,270 * (0,000 + 1,192 + 0,358 - 5,353) = 1,027 \text{ Ton} - m$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,158 * (0,000 + 0,875 + 0,966 + 0,418 - 5,353) = 0,489 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BG} = -0,270 * (0,000 + 0,875 + 0,966 + 0,418 - 5,353) = 0,569 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BC} = -0,158 * (0,000 + 0,875 + 0,966 + 0,418 - 5,353) = 0,489 \text{ Ton} - m$$

Nudo C

$$M'_{CB} = -0,162 * (0,000 + 0,489 + 1,003 + 0,348 - 5,353) = 0,569 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CH} = -0,191 * (0,000 + 0,489 + 1,003 + 0,348 - 5,353) = 0,671 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CD} = -0,147 * (0,000 + 0,489 + 1,003 + 0,348 - 5,353) = 0,516 \text{ Ton} - m$$

Nudo D

$$M'_{DC} = -0,136 * (0,000 + 0,516 + 0,860 + 0,634 - 5,353) = 0,455 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DI} = -0,176 * (0,000 + 0,516 + 0,860 + 0,634 - 5,353) = 0,588 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DE} = -0,188 * (0,000 + 0,516 + 0,860 + 0,634 - 5,353) = 0,628 \text{ Ton} - m$$

Nudo E

$$M'_{ED} = -0,258 * (0,000 + 0,628 + 1,277 - 5,353) = 0,890 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{EJ} = -0,242 * (0,000 + 0,628 + 1,277 - 5,353) = 0,834 \text{ Ton} - m$$

Nudo J

$$M'_{JE} = -0,163 * (0,000 + 0,834 + 0,919 - 5,353 - 7,077) = 1,740 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JI} = -0,174 * (0,000 + 0,834 + 0,919 - 5,353 - 7,077) = 1,858 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{J\tilde{N}} = -0,163 * (0,000 + 0,834 + 0,919 - 5,353 - 7,077) = 1,740 \text{ Ton} - m$$

Nudo I

$$M'_{IJ} = -0,139 * (0,000 + 1,858 + 0,588 + 0,770 - 5,353 - 7,077) = 1,281 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{ID} = -0,130 * (0,000 + 1,858 + 0,588 + 0,770 - 5,353 - 7,077) = 1,198 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IH} = -0,101 * (0,000 + 1,858 + 0,588 + 0,770 - 5,353 - 7,077) = 0,931 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IN} = -0,130 * (0,000 + 1,858 + 0,588 + 0,770 - 5,353 - 7,077) = 1,198 \text{ Ton} - m$$

Nudo H

$$M'_{HI} = -0,106 * (0,000 + 0,931 + 0,671 + 0,823 - 5,353 - 7,077) = 1,061 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HC} = -0,138 * (0,000 + 0,931 + 0,671 + 0,823 - 5,353 - 7,077) = 1,381 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HG} = -0,118 * (0,000 + 0,931 + 0,671 + 0,823 - 5,353 - 7,077) = 1,181 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HM} = -0,138 * (0,000 + 0,931 + 0,671 + 0,823 - 5,353 - 7,077) = 1,381 \text{ Ton} - m$$

Nudo G

$$M'_{GH} = -0,115 * (0,000 + 1,181 + 0,569 + 1,022 - 5,353 - 7,077) = 1,111 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GB} = -0,135 * (0,000 + 1,181 + 0,569 + 1,022 - 5,353 - 7,077) = 1,304 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GF} = -0,115 * (0,000 + 1,181 + 0,569 + 1,022 - 5,353 - 7,077) = 1,111 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GL} = -0,135 * (0,000 + 1,181 + 0,569 + 1,022 - 5,353 - 7,077) = 1,304 \text{ Ton} - m$$

Nudo F

$$M'_{FG} = -0,150 * (0,000 + 1,111 + 1,027 + 0,000 - 5,353 - 7,077) = 1,544 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FA} = -0,175 * (0,000 + 1,111 + 1,027 + 0,000 - 5,353 - 7,077) = 1,801 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FK} = -0,175 * (0,000 + 1,111 + 1,027 + 0,000 - 5,353 - 7,077) = 1,801 \text{ Ton} - m$$

- Momentos Finales

Estos momentos se calcularán en los extremos de cada elemento y al centro de estos los momentos finales son igual a cero para cargas sísmicas.

- Vigas

Para el cálculo de estos momentos se hará uso de la siguiente ecuación:

$$MF_{ik} = ME_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

- Nivel 2

$$MF_{AB} = 0,000 + 2(0,927) + 0,594 = 2,448 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{BA} = 0,000 + 2(0,594) + 0,927 = 2,115 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{BC} = 0,000 + 2(0,594) + 0,664 = 1,852 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{CB} = 0,000 + 2(0,644) + 0,594 = 1,922 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{CD} = 0,000 + 2(0,602) + 0,511 = 1,715 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{DC} = 0,000 + 2(0,511) + 0,602 = 1,624 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{DE} = 0,000 + 2(0,707) + 1,057 = 2,471 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{ED} = 0,000 + 2(1,057) + 0,707 = 2,821 \text{ Ton} - m$$

- Nivel 1

$$MF_{FG} = 0,000 + 2(1,889) + 1,262 = 5,040 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GF} = 0,000 + 2(1,262) + 1,889 = 4,413 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GH} = 0,000 + 2(1,262) + 1,393 = 3,917 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HG} = 0,000 + 2(1,393) + 1,262 = 4,048 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HI} = 0,000 + 2(1,251) + 1,097 = 3,599 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{IH} = 0,000 + 2(1,097) + 1,251 = 3,445 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{IJ} = 0,000 + 2(1,510) + 2,165 = 5,185 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{JI} = 0,000 + 2(2,165) + 1,510 = 5,840 \text{ Ton} - m$$

- Columnas

Para el cálculo de estos momentos se hará uso de la siguiente ecuación:

$$MF_{ik} = ME_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

- Nivel 2

$$MF_{AF} = 0,000 + 2(1,089) + 2,204 - 6,830 = -2,448 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{FA} = 0,000 + 2(2,204) + 1,089 - 6,830 = -1,333 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{BG} = 0,000 + 2(0,692) + 1,481 - 6,830 = -3,965 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GB} = 0,000 + 2(1,481) + 0,692 - 6,830 = -3,176 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{CH} = 0,000 + 2(0,782) + 1,629 - 6,830 = -3,637 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HC} = 0,000 + 2(1,629) + 0,782 - 6,830 = -2,790 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{DI} = 0,000 + 2(0,662) + 1,413 - 6,830 = -4,093 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{ID} = 0,000 + 2(1,413) + 0,662 - 6,830 = -3,342 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{EJ} = 0,000 + 2(0,991) + 2,028 - 6,830 = -2,820 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{JE} = 0,000 + 2(2,028) + 0,991 - 6,830 = -1,783 \text{ Ton} - m$$

- Nivel 1

$$MF_{FK} = 0,000 + 2(2,204) + 0,000 - 8,114 = -3,706 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{KF} = 0,000 + 2(0,000) + 2,204 - 8,114 = -5,910 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{GL} = 0,000 + 2(1,481) + 0,000 - 8,114 = -5,152 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{LG} = 0,000 + 2(0,000) + 1,481 - 8,114 = -6,633 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{HM} = 0,000 + 2(1,629) + 0,000 - 8,114 = -4,856 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{MH} = 0,000 + 2(0,000) + 1,629 - 8,114 = -6,485 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{IN} = 0,000 + 2(1,413) + 0,000 - 8,114 = -5,288 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{NI} = 0,000 + 2(0,000) + 1,413 - 8,114 = -6,701 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{J\tilde{N}} = 0,000 + 2(2,028) + 0,000 - 8,114 = -4,058 \text{ Ton} - m$$

$$MF_{\tilde{N}J} = 0,000 + 2(0,000) + 2,028 - 8,114 = -6,086 \text{ Ton} - m$$

Tabla XLVIII. **Momentos finales en las vigas del marco 3 por carga sísmica**

Viga	Dirección	Momento en extremo
AB	A-B	2,448 <i>Ton - m</i>
	B-A	2,115 <i>Ton - m</i>
BC	B-C	1,852 <i>Ton - m</i>
	C-B	1,922 <i>Ton - m</i>
CD	C-D	1,715 <i>Ton - m</i>
	D-C	1,624 <i>Ton - m</i>
DE	D-E	2,471 <i>Ton - m</i>
	E-D	2,821 <i>Ton - m</i>
FG	F-G	5,040 <i>Ton - m</i>
	G-F	4,413 <i>Ton - m</i>
GH	G-H	3,917 <i>Ton - m</i>
	H-G	4,048 <i>Ton - m</i>
HI	H-I	3,599 <i>Ton - m</i>
	I-H	3,445 <i>Ton - m</i>
IJ	I-J	5,185 <i>Ton - m</i>
	J-I	5,840 <i>Ton - m</i>

Fuente: elaboración propia.

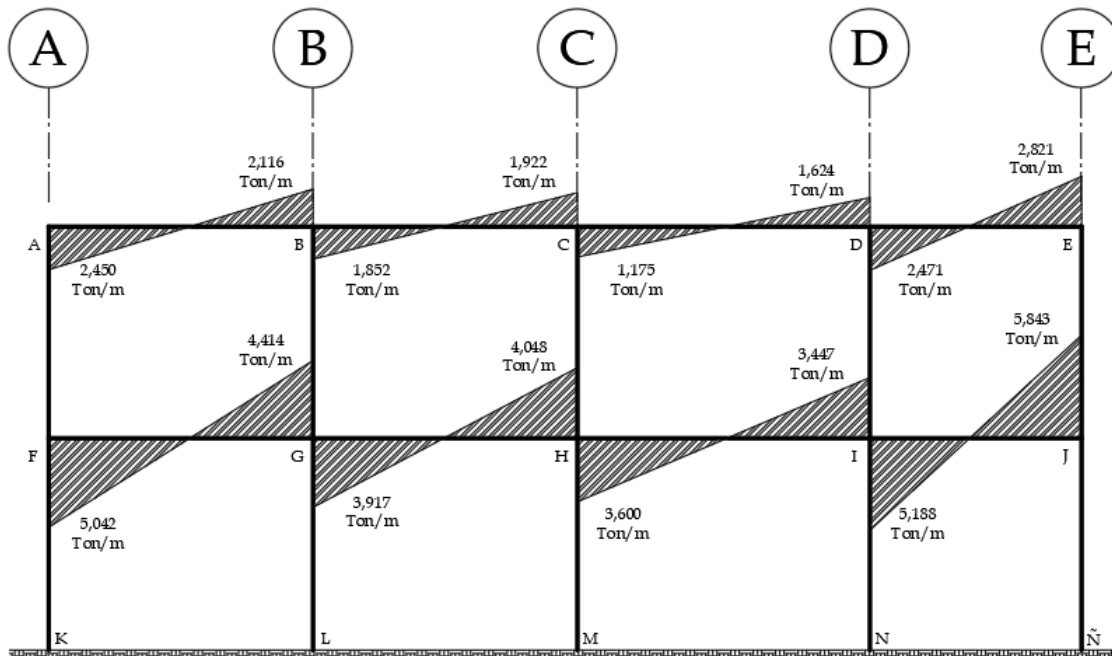
Tabla XLIX. **Momentos finales en columnas del marco 3 por carga sísmica**

Columna	Dirección	Momento final
AF	A-F	-2,448 <i>Ton – m</i>
	F-A	-1,333 <i>Ton – m</i>
BG	B-G	-3,965 <i>Ton – m</i>
	G-B	-3,176 <i>Ton – m</i>
CH	C-H	-3,637 <i>Ton – m</i>
	H-C	-2,790 <i>Ton – m</i>
DI	D-I	-4,093 <i>Ton – m</i>
	I-D	-3,342 <i>Ton – m</i>
EJ	E-J	-2,820 <i>To – m</i>
	J-E	-1,783 <i>Ton – m</i>
FK	F-K	-3,706 <i>Ton – m</i>
	K-F	-5,910 <i>Ton – m</i>
GL	G-L	-5,152 <i>Ton – m</i>
	L-G	-6,633 <i>Ton – m</i>
HM	H-M	-4,856 <i>Ton – m</i>
	M-H	-6,485 <i>Ton – m</i>
IN	I-N	-5,288 <i>Ton – m</i>
	N-I	-6,701 <i>Ton – m</i>
JÑ	J-Ñ	-4,058 <i>Ton – m</i>
	Ñ-J	-6,086 <i>Ton – m</i>

Fuente: elaboración propia.

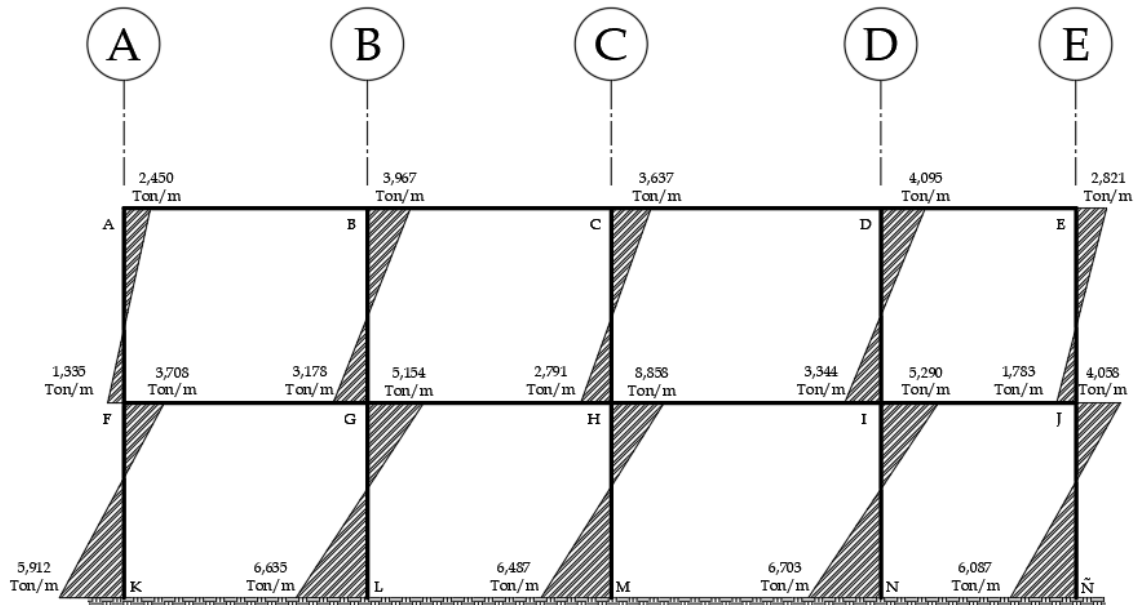
Finalmente se realizará los diagramas de momentos finales para el marco 3 utilizando los resultados obtenidos.

Figura 32. Diagrama de momentos finales de carga sísmica en las vigas, marco 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 33. Diagrama de momentos finales de carga sísmica en columnas, marco 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Marco C

Para este marco se utilizó el mismo procedimiento descrito para el marco 3, utilizando los datos respectivos de cargas sísmicas, obteniendo los siguientes resultados de momentos finales.

Tabla L. **Momentos finales en las vigas del marco C por carga sísmica**

Viga	Dirección	Momento en extremo
AB	A-B	1,394 <i>Ton – m</i>
	B-A	1,177 <i>Ton – m</i>
BC	B-C	1,567 <i>Ton – m</i>
	C-B	1,562 <i>Ton – m</i>
CD	C-D	1,514 <i>Ton – m</i>
	D-C	1,576 <i>Ton – m</i>
EF	E-F	3,039 <i>Ton – m</i>
	F-E	2,595 <i>Ton – m</i>
FG	F-G	3,524 <i>Ton – m</i>
	G-F	3,514 <i>Ton – m</i>
GH	G-H	2,829 <i>Ton – m</i>
	H-G	3,297 <i>Ton – m</i>

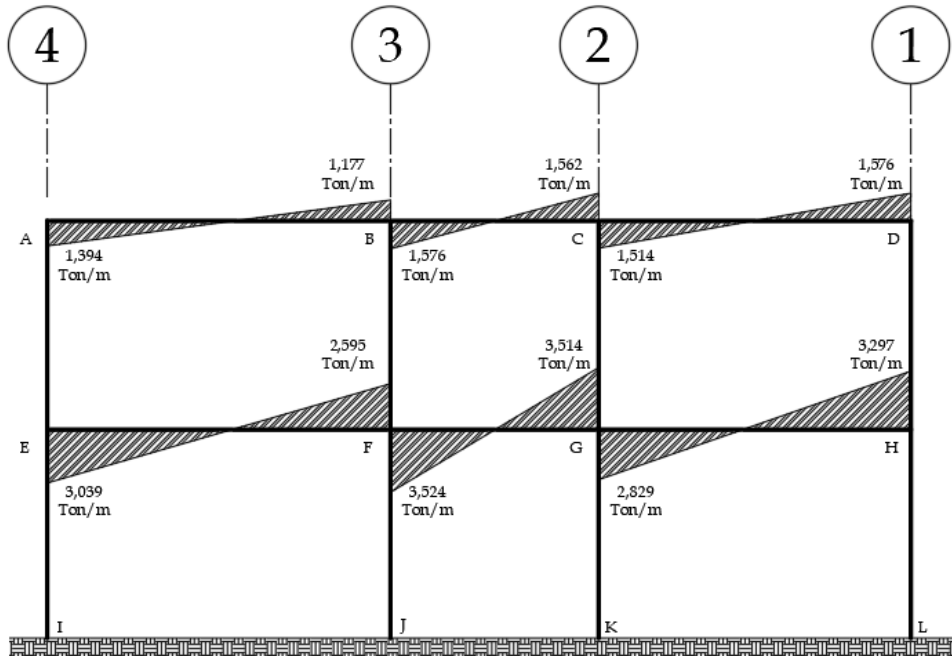
Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Momentos finales en columnas del marco C por carga sísmica**

Columna	Dirección	Momento final
AE	A-E	-1,393 <i>Ton - m</i>
	E-A	-0,428 <i>Ton - m</i>
BF	B-F	-2,755 <i>Ton - m</i>
	F-B	-2,138 <i>Ton - m</i>
CG	C-G	-3,075 <i>Ton - m</i>
	G-C	-2,325 <i>Ton - m</i>
DH	D-H	-1,575 <i>Ton - m</i>
	H-D	-0,591 <i>Ton - m</i>
EI	E-I	-2,611 <i>Ton - m</i>
	I-E	-4,409 <i>Ton - m</i>
FJ	F-J	-3,983 <i>Ton - m</i>
	J-F	-5,095 <i>Ton - m</i>
GK	G-K	-4,019 <i>Ton - m</i>
	K-G	-5,113 <i>Ton - m</i>
HL	H-L	-2,707 <i>Ton - m</i>
	L-H	-4,457 <i>Ton - m</i>

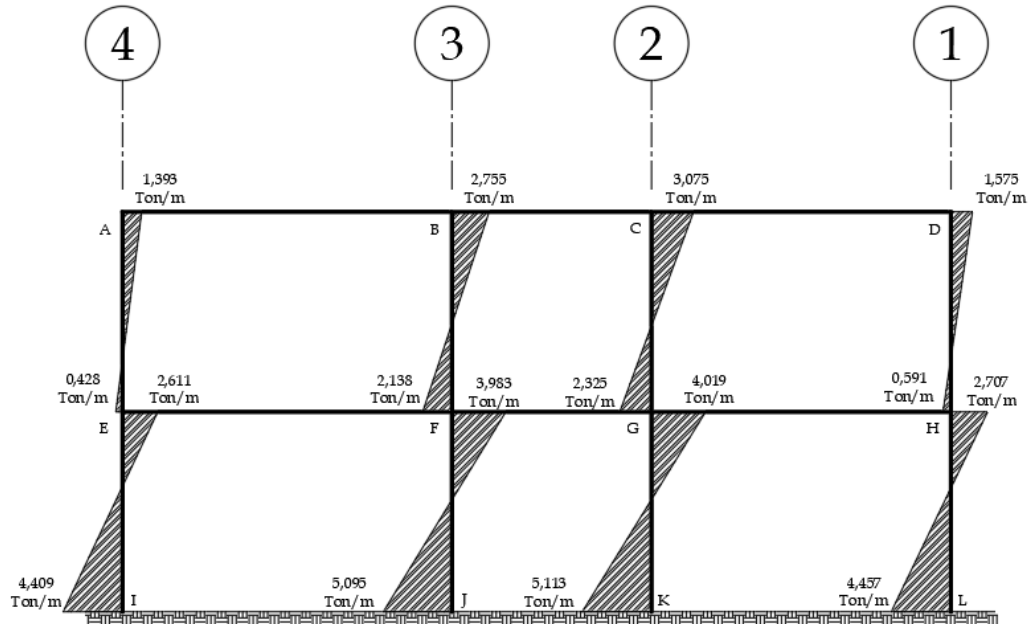
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Diagramas de momentos finales de carga sísmica en las vigas, marco C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 35. **Diagramas de momentos finales de carga sísmica en columnas, marco C**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.6. Comparación de resultados entre método numérico de Kani y el software ETABS

Para la comparación de resultados obtenidos con el método numérico de Kani y el software ETABS se utilizarán la figura 16 y la figura 23, se analizarán los momentos de carga muerta en la viga B-C del marco 3, encontrando el porcentaje de error, el cual debe ser menor a 15 %. El porcentaje de error se calcula mediante la siguiente ecuación estadística:

$$\%Error = \frac{|M_{Kani} - M_{ETABS}|}{M_{ETABS}} * 100 \%$$

Donde se tomará el Momento de ETABS como el valor real.

- Extremo izquierdo

Datos:

Momento Kani = 1,530 Ton-m

Momento ETABS = 1,453 Ton-m

$$\%Error = \frac{|1,530 - 1,453|}{1,453} * 100 \%$$

$$\%Error = 5,30 \%$$

- Centro de la viga

Datos:

Momento Kani = 0,692 Ton-m

Momento ETABS = 0,756 Ton-m

$$\%Error = \frac{|0,692 - 0,756|}{0,756} * 100 \%$$

$$\%Error = 8,47 \%$$

- Extremo derecho

Datos:

Momento Kani = 1,578 Ton-m

Momento ETABS = 1,421 Ton-m

$$\%Error = \frac{|1,578 - 1,421|}{1,421} * 100 \%$$

$$\%Error = 11,0 \%$$

Por lo tanto, debido que todos se encuentran dentro del rango del 15 % de error, se procederá a realizar el diseño de los elementos estructurales con los momentos obtenidos con el método numérico de Kani.

2.1.3.7. Momentos últimos por envolventes de momentos

Habiendo realizado la comparación de los resultados manuales del método numérico Kani y los resultados del *software* ETABS se procederá a realizar la envolvente de momentos, la cual es necesaria para la integración de los momentos de carga muerta, momentos de carga viva y momentos de carga sísmica en cada elemento para utilizar las condiciones críticas de la estructura.

Para ello se utilizarán las combinaciones de carga establecidas en la norma NSE 2-2018 del AGIES, capítulo 8.

- Combinaciones de carga
 - Cargas de gravedad
 - $M_u = 1,4 \text{ CM}$
 - $M_u = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$
 - $M_u = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ CV}$
 - Cargas de sismo
 - $M_u = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ CV} + 1,0 \text{ CS}$
 - $M_u = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ CV} - 1,0 \text{ CS}$
 - $M_u = 0,9 \text{ CM} + 1,0 \text{ CS}$
 - $M_u = 0,9 \text{ CM} - 1,0 \text{ CS}$

Para diseño de columnas, muros y cimientos se modificarán las últimas dos combinaciones de la siguiente manera.

- $M_u = 1,0 \text{ CM} + 1,0 \text{ CS}$
- $M_u = 1,0 \text{ CM} - 1,0 \text{ CS}$

Estas combinaciones se aplicarán a los momentos finales de cada uno de los tipos de carga obtenidos del análisis numérico Kani.

A continuación, se realizará un ejemplo de la envolvente de momentos de 1 viga y de 1 columna del marco 3.

- Ejemplo de envolvente de momentos en viga G-H
 - Extremo izquierdo
 - $M_u = 1,4 * (-2,203) = -3,084 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-2,203) + 1,6 * (-1,055) = -4,332 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-2,203) + 1,0 * (-1,055) = -3,699 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-2,203) + 1,0 * (-1,055) + 1,0 * (3,917)$
 $= 0,218 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-2,203) + 1,0 * (-1,055) - 1,0 * (3,917)$
 $= -7,616 T - m$
 - $M_u = 0,9 * (-2,203) + 1,0 * (3,917) = 1,934 T - m$
 - $M_u = 1,9 * (-2,203) - 1,0 * (3,917) = -5,900 T - m$
 - Centro de la viga
 - $M_u = 1,4 * (1,050) = 1,470 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (1,050) + 1,6 * (0,495) = 2,052 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (1,050) + 1,0 * (0,495) = 1,755 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (1,050) + 1,0 * (0,495) + 1,0 * (0,000)$
 $= 1,755 T - m$

- $Mu = 1,2 * (1,050) + 1,0 * (0,495) - 1,0 * (0,000)$
 $= 1,755 T - m$
- $Mu = 0,9 * (1,050) + 1,0 * (0,000) = 0,945 T - m$
- $Mu = 0,9 * (1,050) - 1,0 * (0,000) = 0,945 T - m$

- Extremo derecho
 - $Mu = 1,4 * (2,299) = 3,219 T - m$
 - $Mu = 1,2 * (2,299) + 1,6 * (1,097) = 4,514 T - m$
 - $Mu = 1,2 * (2,299) + 1,0 * (1,097) = 3,856 T - m$
 - $Mu = 1,2 * (2,299) + 1,0 * (1,097) + 1,0 * (4,048)$
 $= 7,904 T - m$
 - $Mu = 1,2 * (2,299) + 1,0 * (0,495) - 1,0 * (4,048)$
 $= -0,192 T - m$
 - $Mu = 0,9 * (2,299) + 1,0 * (4,048) = 6,117 T - m$
 - $Mu = 0,9 * (2,299) - 1,0 * (4,048) = -1,979 T - m$

Habiendo realizado las combinaciones en la viga G-H se tomarán los momentos absolutos mayores en cada una de las partes obteniendo los siguientes momentos.

Tabla LII. **Momentos últimos de viga G-H, marco 3**

Viga G-H					
Extremo izquierdo		Centro de viga		Extremo derecho	
-7,616	T-m	2,052	T-m	7,904	T-m

Fuente: elaboración propia.

De esta manera se calcularon los momentos últimos de las vigas del marco 3 que se presentan a continuación:

Tabla LIII. **Momentos últimos de las vigas en el marco 3**

Momentos últimos						
VIGA	Extremo izquierdo M_u		Centro de viga M_u		Extremo derecho M_u	
A-B	-3,911	T-m	1,414	T-m	4,520	T-m
B-C	-4,041	T-m	1,104	T-m	4,187	T-m
C-D	-4,312	T-m	1,555	T-m	4,102	T-m
D-E	-4,412	T-m	0,793	T-m	3,566	T-m
F-G	-7,799	T-m	2,488	T-m	8,475	T-m
G-H	-7,616	T-m	2,052	T-m	7,904	T-m
H-I	-8,089	T-m	2,810	T-m	7,707	T-m
I-J	-8,370	T-m	1,429	T-m	7,296	T-m

Fuente: elaboración propia.

- Ejemplo de envolvente de momentos en Columna G-L
 - Extremo superior
 - $M_u = 1,4 * (-0,080) = -0,112 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,080) + 1,6 * (-0,050) = -0,176 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,080) + 1,0 * (-0,050) = -0,146 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,080) + 1,0 * (-0,050) + 1,0 * (-5,152)$
 $= -5,298 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,080) + 1,0 * (-0,050) - 1,0 * (-5,152)$
 $= 5,006 T - m$
 - $M_u = 1,0 * (-0,080) + 1,0 * (-5,152) = -5,232 T - m$
 - $M_u = 1,0 * (-0,080) - 1,0 * (-5,152) = 5,072 T - m$
 - Extremo inferior
 - $M_u = 1,4 * (-0,040) = -0,056 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,040) + 1,6 * (-0,025) = -0,088 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,040) + 1,0 * (-0,025) = -0,073 T - m$
 - $M_u = 1,2 * (-0,040) + 1,0 * (-0,025) + 1,0 * (-6,633)$
 $= -6,706 T - m$

- $M_u = 1,2 * (-0,040) + 1,0 * (-0,025) - 1,0 * (-6,633)$
 $= 6,560 T - m$
- $M_u = 1,0 * (-0,040) + 1,0 * (-6,633) = -6,673 T - m$
- $M_u = 1,0 * (-0,040) - 1,0 * (-6,633) = 6,593 T - m$

Tabla LIV. **Momentos últimos de columna G-L, marco 3**

Columna G-L			
Extremo superior		Extremo inferior	
-5,298	T-m	-6,706	T-m

Fuente: elaboración propia.

De esta manera se calcularon los momentos últimos de las columnas del marco 3 que se presentan a continuación:

Tabla LV. **Momentos últimos de las columnas en el marco 3**

Columna	Momentos últimos (MU)			
	Extremo superior Mu		Extremo inferior Mu	
A-F	3,911	T-m	2,934	T-m
B-G	-4,182	T-m	-3,394	T-m
C-H	3,972	T-m	3,158	T-m
D-I	-4,630	T-m	-3,957	T-m
E-J	-3,567	T-m	-2,620	T-m
F-K	4,866	T-m	6,490	T-m
G-L	-5,298	T-m	-6,706	T-m
H-M	5,123	T-m	6,618	T-m
I-N	-5,750	T-m	-6,932	T-m
J-Ñ	-4,676	T-m	-6,395	T-m

Fuente: elaboración propia.

También se calcularon los momentos últimos de los elementos estructurales del marco C.

Tabla LVI. **Momentos últimos de las vigas en el marco C**

Momentos últimos						
Viga	Extremo izquierdo Mu		Centro de viga Mu		Extremo derecho Mu	
A-B	-3,773	T-m	2,029	T-m	4,144	T-m
B-C	-3,186	T-m	0,207	T-m	2,933	T-m
C-D	-3,799	T-m	1,759	T-m	3,553	T-m
E-F	-7,679	T-m	3,824	T-m	8,035	T-m
F-G	-6,282	T-m	0,538	T-m	5,929	T-m
G-H	-7,316	T-m	3,203	T-m	7,069	T-m

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Momentos últimos de las columnas en el marco C**

Momentos últimos				
Columna	Extremo superior Mu		Extremo inferior Mu	
A-E	3,771	T-m	3,096	T-m
B-F	-4,110	T-m	-3,675	T-m
C-G	3,988	T-m	3,473	T-m
D-H	-3,551	T-m	-2,772	T-m
E-I	4,582	T-m	5,395	T-m
F-J	-5,129	T-m	-5,668	T-m
G-K	4,941	T-m	5,574	T-m
H-L	-4,298	T-m	-5,252	T-m

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.8. Cortantes últimos por envolventes de cortantes

Para realizar el diseño de los elementos también es necesario el determinar los cortantes últimos a los cuales están sometidos las vigas y columnas de los marcos 3 y C.

- Marco 3
 - Vigas

Para determinar los cortantes últimos en las vigas es necesario realizar una envolvente de los cortantes causados por cada uno de los tipos de carga.

- Combinaciones de carga

Aplicando las combinaciones utilizadas en la envolvente de momentos en el inciso anterior.

- ✓ $V_U = 1,4 V_{cm}$
- ✓ $V_U = 1,2 V_{cm} + 1,6 V_{cv}$
- ✓ $V_U = 1,2 V_{cm} + 1,0 V_{cv}$
- ✓ $V_U = 1,2 V_{cm} + 1,0 V_{cv} + 1,0 V_{cs}$
- ✓ $V_U = 1,2 V_{cm} + 1,0 V_{cv} - 1,0 V_{cs}$
- ✓ $V_U = 0,9 V_{cm} + 1,0 V_{cs}$
- ✓ $V_U = 0,9 V_{cm} - 1,0 V_{cs}$

$$V_{cm} = \frac{W_{CM} * L_{VIGA}}{2}$$

Donde:

V_{cm} = Cortante en la viga por carga muerta (Ton)

W_{CM} = Carga muerta distribuida sobre la viga (Ton/m)

L_{VIGA} = Longitud de viga (m)

$$V_c = \frac{W_{CV} * L_{VIGA}}{2}$$

Donde:

V_{cv} = Cortante en la viga por carga viva (Ton)

W_{CV} = Carga viva distribuida sobre la viga (Ton/m)

L_{VIGA} = Longitud de viga (m)

$$V_{CS} = \frac{|MF_{ik} + MF_{ki}|}{L_{VIGA}}$$

Donde:

V_{cv} = Cortante en la viga por carga sísmica (Ton)

MF_{ik} = Momentos finales por carga sísmica actuantes sobre la viga (Ton-m)

L_{VIGA} = Longitud de viga (m)

- Ejemplo de envolvente de cortantes en la viga B-C del marco 3

- $V_u = 1,4 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) = 3,355 \text{ Ton}$
- $V_u = 1,2 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) + 1,6 * \left(\frac{0,303 * 3,75}{2}\right) = 3,785 \text{ Ton}$
- $V_u = 1,2 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) + 1,0 * \left(\frac{0,303 * 3,75}{2}\right) = 3,444 \text{ Ton}$
- $V_u = 1,2 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) + 1,0 * \left(\frac{0,303 * 3,75}{2}\right) + 1,0 * \left(\frac{|1,852 + 2,922|}{3,75}\right) = 4,450 \text{ Ton}$

- $V_u = 1,2 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) + 1,0 * \left(\frac{0,303 * 3,75}{2}\right) - 1,0 * \left(\frac{|1,852+2,922|}{3,75}\right) = 2,437 \text{ Ton}$
- $V_u = 0,9 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) + 1,0 * \left(\frac{|1,852+2,922|}{3,75}\right) = 3,163 \text{ Ton}$
- $V_u = 0,9 * \left(\frac{1,278 * 3,75}{2}\right) - 1,0 * \left(\frac{|1,852+2,922|}{3,75}\right) = 1,150 \text{ Ton}$

Obteniendo como cortante ultimo el mayor de todos, siendo este el de 4,450 Ton en la viga B-C.

A continuación, se presenta la tabla de cortantes últimos del marco 3:

Tabla LVIII. **Cortantes últimos en las vigas del marco 3**

Viga	Cortantes últimos V_u	
A-B	4,660	Ton
B-C	4,450	Ton
C-D	4,616	Ton
D-E	4,519	Ton
F-G	8,423	Ton
G-H	8,026	Ton
H-I	8,229	Ton
I-J	8,396	Ton

Fuente: elaboración propia.

- Columnas

En el caso del cálculo de los cortantes últimos actuantes en las columnas, se calculará utilizando únicamente la siguiente ecuación:

$$Vu = \frac{|Mu_{ik} + Mu_{ki}|}{L_{COLUMNA}}$$

Donde:

Vu = Cortante último en la columna (Ton)

Mu = Momentos últimos actuantes sobre la columna (Ton-m)

L_{COLUMNA} = Longitud de la columna (m)

- Ejemplo de cortante último en columna H-M del marco 3

$$Vu, col_{H-M} = \frac{|Mu_{HM} + Mu_{MH}|}{L_{COLUMNA}}$$

$$Vu, col_{H-M} = \frac{|5,123 T - m + 6,618 T - m|}{3,00 m}$$

$$Vu, col_{H-M} = 3,914 Ton$$

A continuación, se presentan los cortantes últimos de las columnas del marco 3.

Tabla LIX. **Cortantes últimos de las columnas del marco 3**

Columna	Cortantes últimos Vu	
A-F	2,282	Ton
B-G	2,526	Ton
C-H	2,377	Ton
D-I	2,863	Ton
E-J	2,062	Ton
F-K	3,785	Ton
G-L	4,001	Ton
H-M	3,914	Ton
I-N	4,228	Ton
J-Ñ	3,690	Ton

Fuente: elaboración propia.

- Marco C

De la misma manera se calcularán los cortantes últimos de las vigas y columnas del marco C, como se presenta en las siguientes tablas.

- Vigas

Tabla LX. **Cortantes Últimos en las vigas del marco C**

Viga	Cortantes últimos V_u	
A-B	3,463	Ton
B-C	3,614	Ton
C-D	3,818	Ton
E-F	6,592	Ton
F-G	6,966	Ton
G-H	7,109	Ton

Fuente: elaboración propia.

- Columnas

Tabla LXI. **Cortantes últimos de las columnas del marco C**

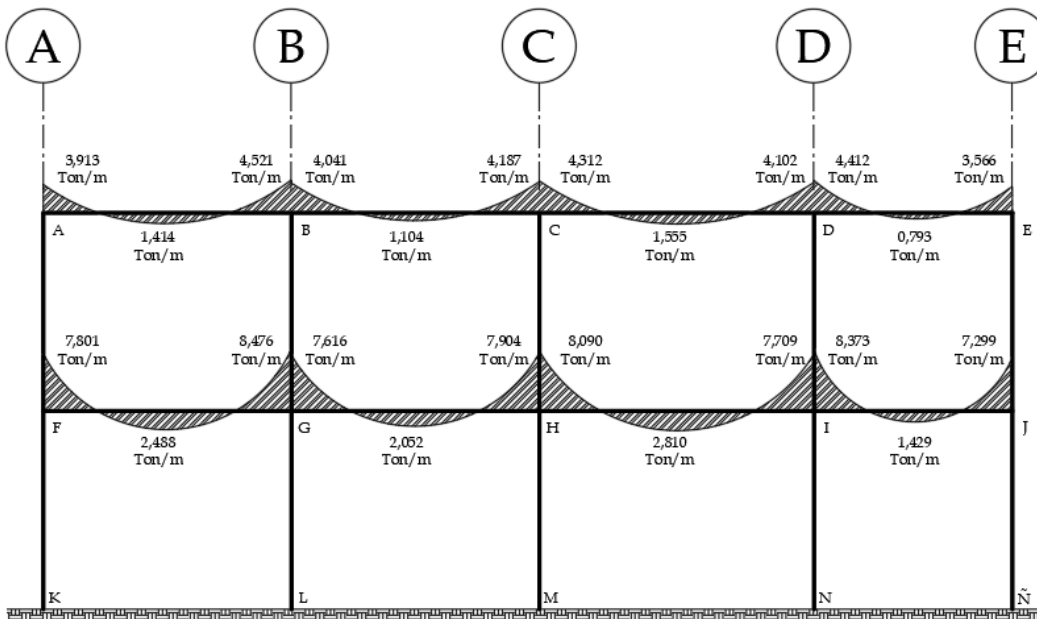
Columna	Cortantes últimos V_u	
A-E	2,289	Ton
B-F	2,595	Ton
C-G	2,487	Ton
D-H	2,108	Ton
E-I	3,326	Ton
F-J	3,599	Ton
G-K	3,505	Ton
H-L	3,183	Ton

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.9. Diagramas de momento y cortante últimos

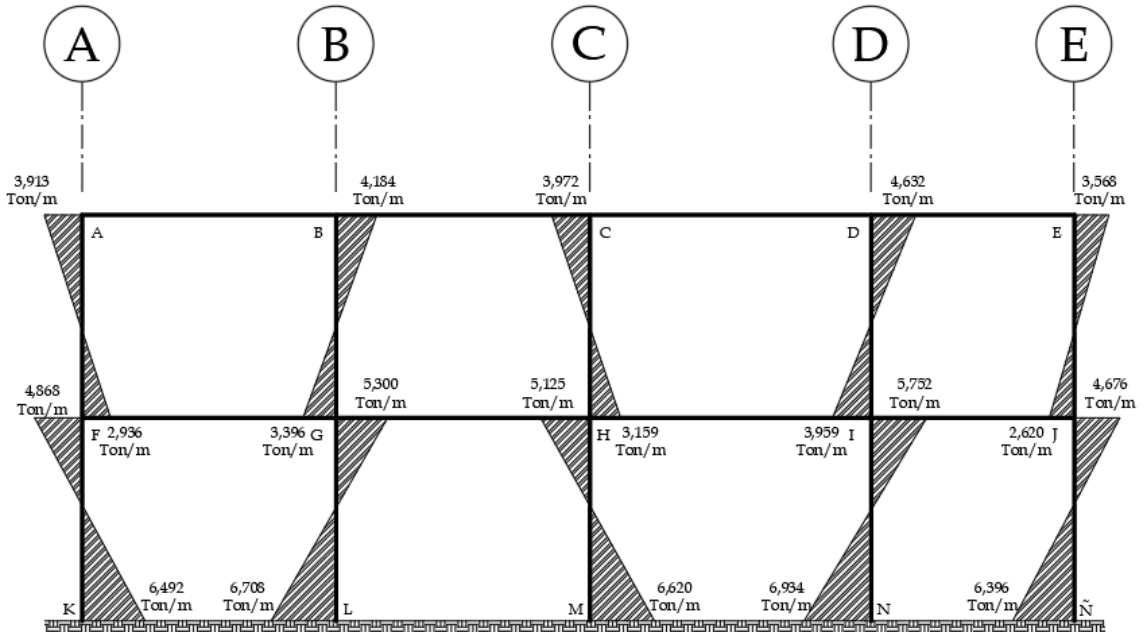
A continuación se colocará los diagramas de momentos últimos y cortantes últimos de los elementos estructurales del marco 3 y C, los cuales se realizará el diseño estructural de cada uno de los elementos.

Figura 36. Diagrama de momentos últimos en las vigas, marco 3



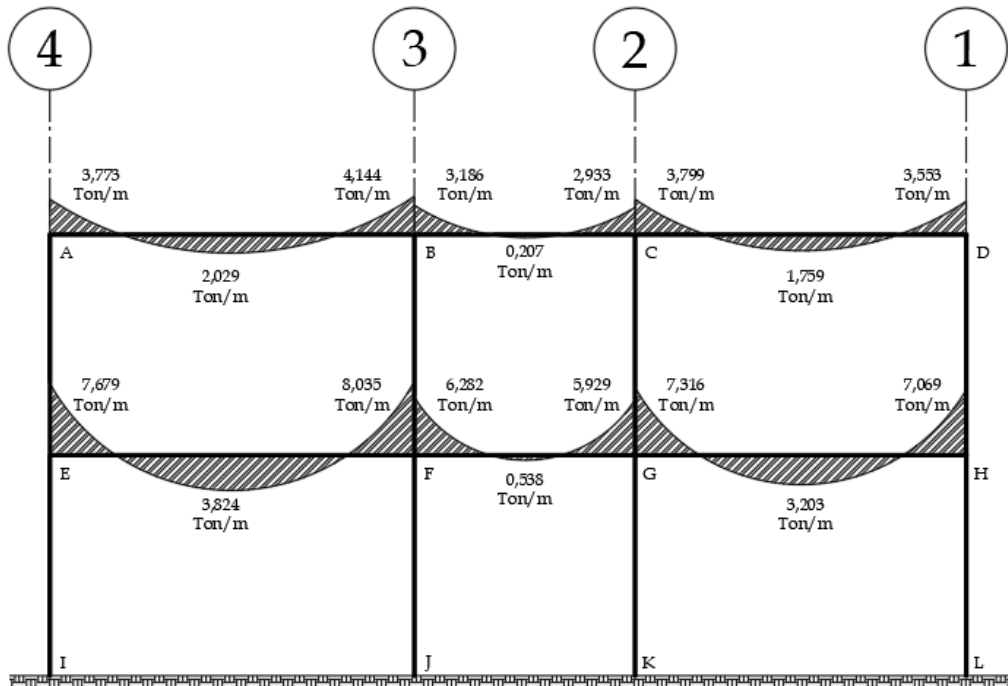
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 37. Diagrama de momentos últimos en columnas, marco 3



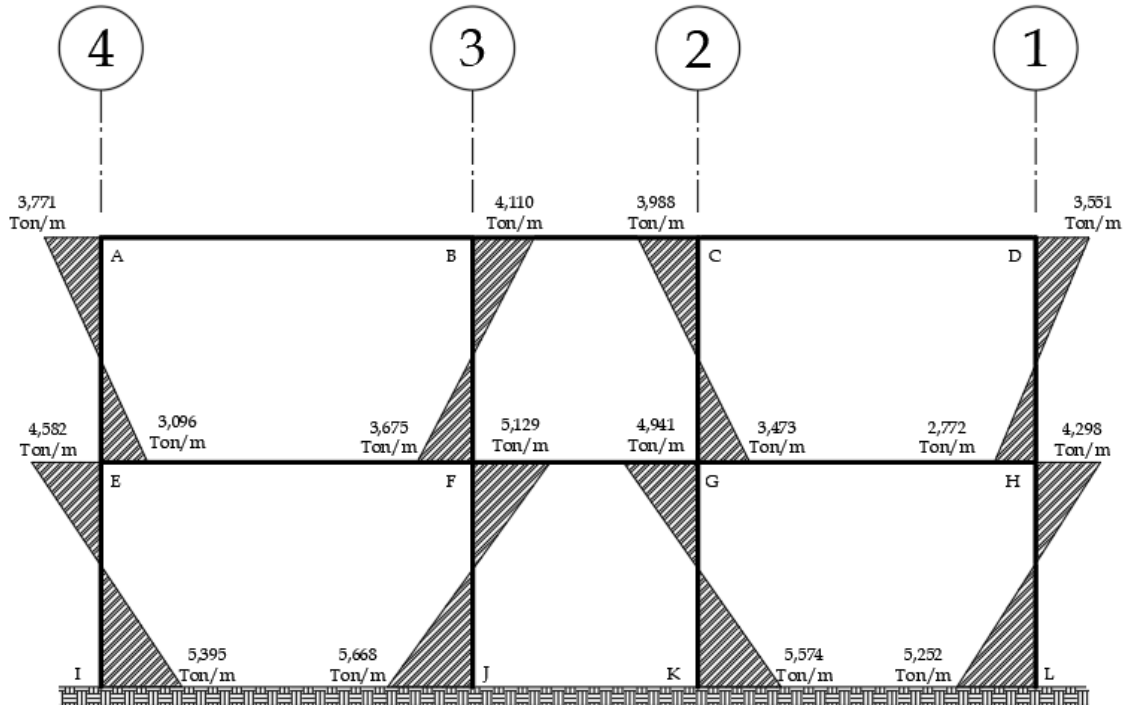
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 38. Diagrama de momentos últimos en las vigas, marco C



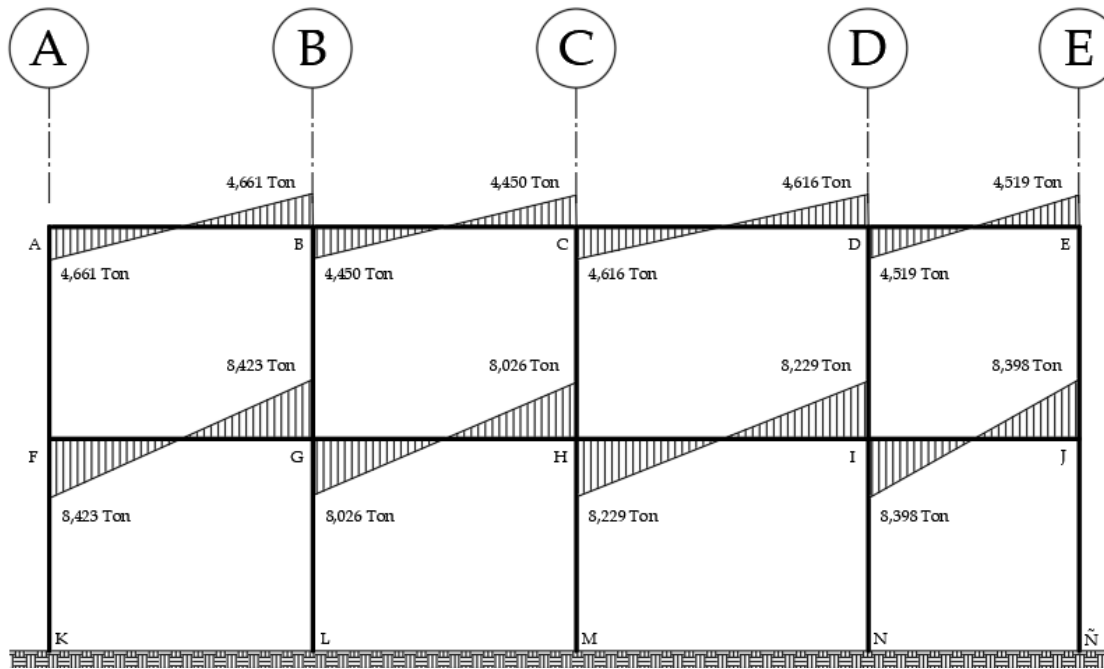
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 39. Diagrama de momentos últimos en columnas, marco C



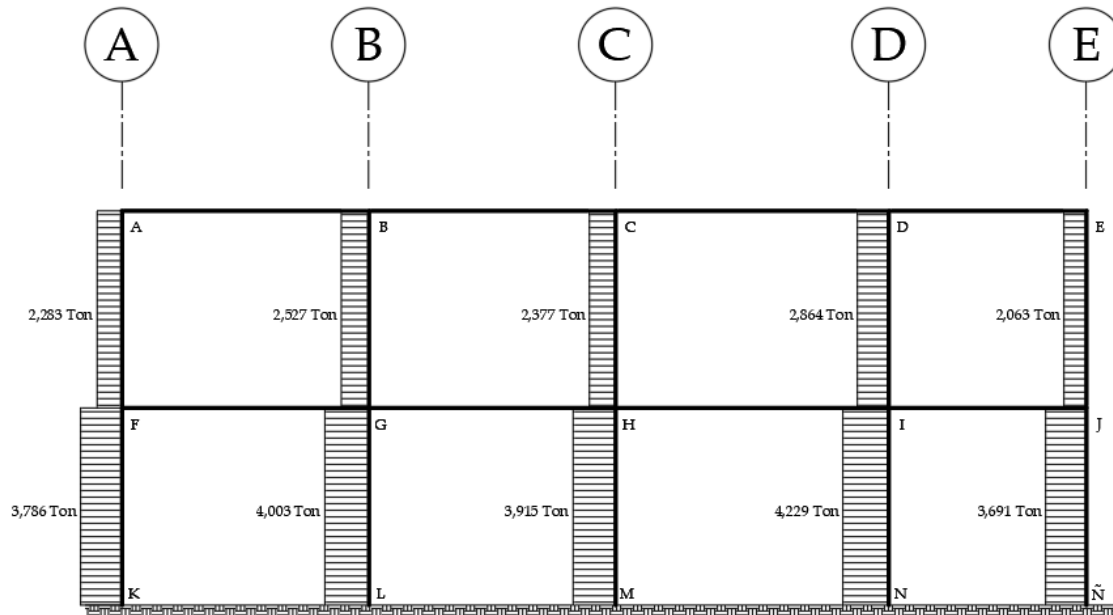
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 40. Diagrama de cortantes últimos en las vigas, marco 3



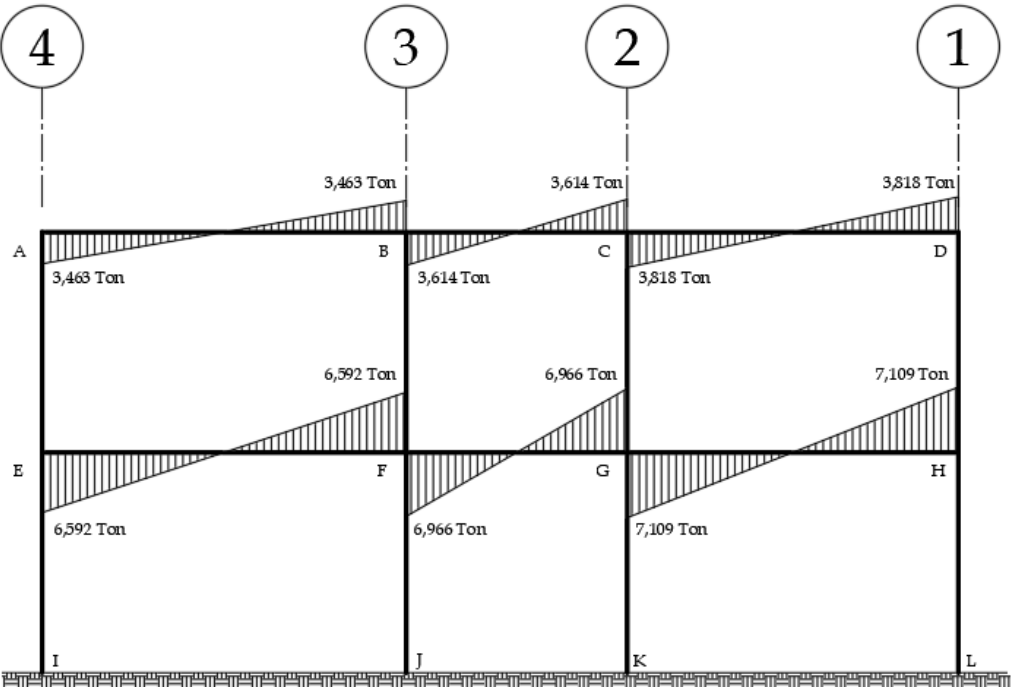
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 41. Diagrama de cortantes últimos en columnas, marco 3



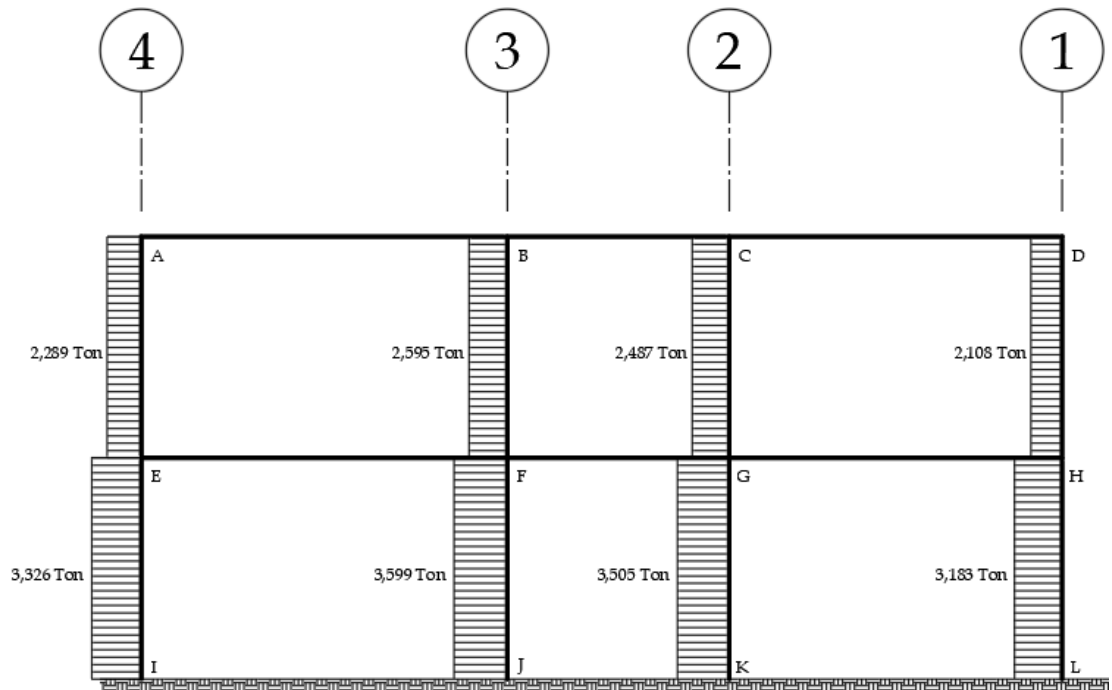
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 42. Diagrama de cortantes últimos en las vigas, marco C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 43. Diagrama de cortantes últimos en columnas, marco C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.10. Diseño estructural

El diseño estructural es una parte muy importante dentro del diseño de una edificación estructural, utilizando la filosofía de diseño LRFD para un diseño estructural mediante factores de carga y resistencia obtenidos de las normas de seguridad estructural 2018 de AGIES, este diseño estructural tiene como objetivo el determinar las propiedades de los distintos elementos estructurales, determinando la geometría, la cuantía de refuerzo de acero y la propuesta final del refuerzo de acero que deben poseer cada uno de los elementos según sea la función que estos tengan y los momentos y cortantes críticos a las que estén sometidos.

Para el diseño de los elementos estructurales se utilizarán las siguientes propiedades de los elementos según lo requirió la resistencia en el nudo sísmico:

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

$$fy = 2810 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (losas y modulo de gradas)}$$

$$fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (vigas, columnas y zapatas)}$$

2.1.3.10.1. Losas

Las losas se utilizan para proporcionar superficies planas y útiles. Una losa de concreto reforzado es una amplia placa plana generalmente horizontal, cuyas superficies superior e inferior son paralelas o casi paralelas entre sí. Puede estar apoyada en las vigas de concreto reforzado, en muros de mampostería, elementos de acero estructural, de forma directa en columnas o en el terreno en forma continua.

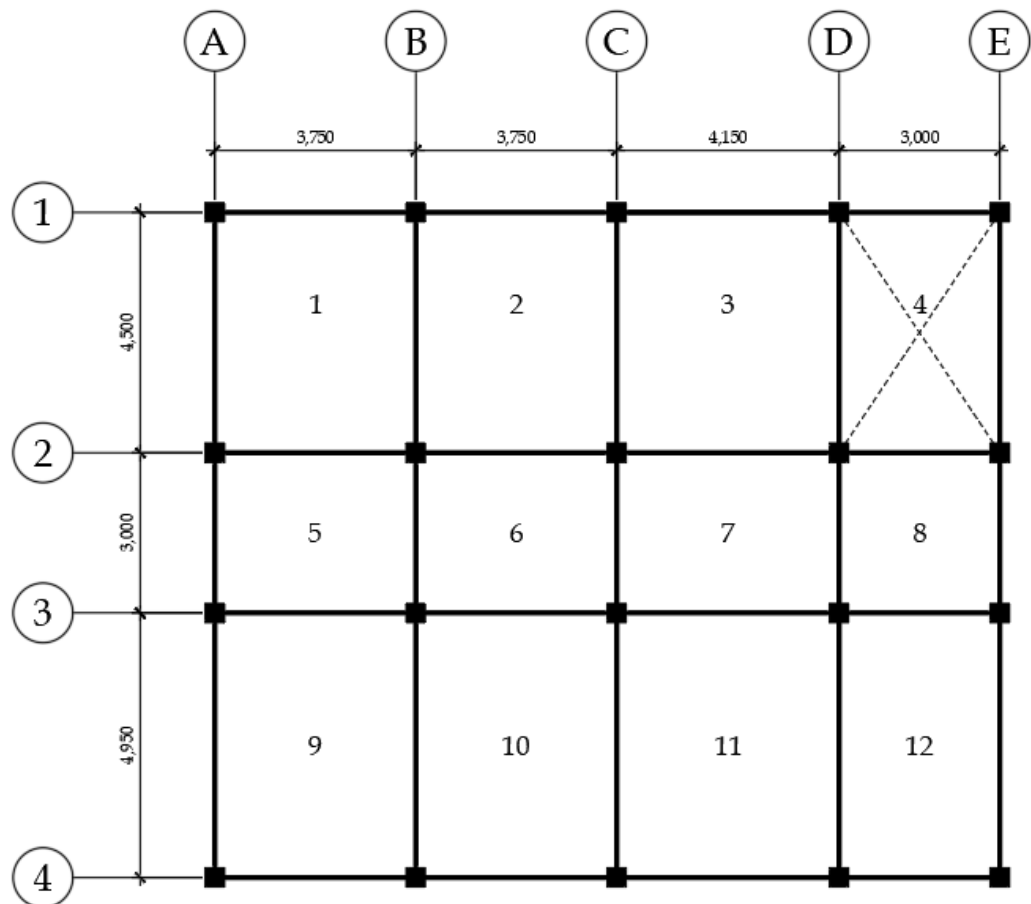
Las losas son elementos importantes los cuales soportan cargas verticales y posteriormente distribuyen dichas cargas a las vigas sobre las cuales están apoyadas.

Para el diseño de losas se empleará el método 3 del ACI 318-63 para losas en 2 direcciones, el cual tiene como objetivo el determinar los coeficientes de cada losa para obtener los momentos actuantes de las mismas, para luego evaluar dichos momentos y realizar un balance de momentos si es necesario.

En este diseño se tomará el criterio, el cual establece que siempre que una losa está apoyada en sus 4 lados, esta trabajara en 2 direcciones, para el diseño

de las losas se diseñaran utilizando las cargas ocupacionales que cada una posee.

Figura 44. **Distribución de losas según cargas de servicio**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

También se utilizará el predimensionamiento del peralte de losas establecido en la sección 2.1.4.1.1.

También se utilizarán las cargas muertas y vivas actuantes sobre las losas establecidas en la sección 2.1.4.2.

- Cargas muertas

$$\text{Sobrecarga y acabados} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

Para todas las losas se tendrá el mismo peralte de losa y el mismo valor de sobrecarga, por lo tanto, la carga muerta de cada losa será la siguiente:

- $\text{Losas} = (PU_{\text{concreto}} * t_{\text{losa}}) + (Sc \text{ y acab})$
 $\text{Losas} = (2400 \text{ Kg/m}^3 * 0,11 \text{ m}) + (100 \text{ Kg/m}^2)$
 $\text{Losas} = 364 \text{ Kg/m}^2$

- Cargas vivas

$$\text{Oficinas} = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Aulas} = 200 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Pasillos y escaleras} = 500 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Azotea sin acceso horizontal o inclinadas} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

Por lo cual se obtendrán las siguientes cargas vivas en cada losa del primer nivel:

- $\text{Losa 1} = 200 \text{ Kg/m}^2$
- $\text{Losa 2} = 200 \text{ Kg/m}^2$
- $\text{Losa 3} = 500 \text{ Kg/m}^2$
- $\text{Losa 4} = \text{Se diseñara en la seccion 2.1.4.10.6 por uso de gradas}$

- $Losa\ 5 = 250\ Kg/m^2$
- $Losa\ 6 = 500\ Kg/m^2$
- $Losa\ 7 = 500\ Kg/m^2$
- $Losa\ 8 = 200\ Kg/m^2$
- $Losa\ 9 = 200\ Kg/m^2$
- $Losa\ 10 = 200\ Kg/m^2$
- $Losa\ 11 = 200\ Kg/m^2$
- $Losa\ 12 = 200\ Kg/m^2$

Así también se utilizará la siguiente carga viva en todas las losas del segundo nivel:

- $Losas_{2do\ Nivel} = 100\ Kg/m^2$

Para la determinación de la carga última a utilizar para el diseño de losas se utilizará la siguiente combinación de carga:

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

- Carga última en losas 1er. nivel

$$Losa\ 1 = 1,4 * (364\ Kg/m^2) + 1,7 * (200\ Kg/m^2) = 849,60\ Kg/m^2$$

$$Losa\ 2 = 1,4 * (364\ Kg/m^2) + 1,7 * (200\ Kg/m^2) = 849,60\ Kg/m^2$$

$$Losa\ 3 = 1,4 * (364\ Kg/m^2) + 1,7 * (200\ Kg/m^2) = 849,60\ Kg/m^2$$

$$\begin{aligned}
\text{Losa 5} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (250 \text{ Kg/m}^2) = 934,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 6} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (500 \text{ Kg/m}^2) = 1\ 359,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 7} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (500 \text{ Kg/m}^2) = 1\ 359,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 8} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (500 \text{ Kg/m}^2) = 1\ 359,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 9} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (200 \text{ Kg/m}^2) = 849,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 10} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (200 \text{ Kg/m}^2) = 849,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 11} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (200 \text{ Kg/m}^2) = 849,60 \text{ Kg/m}^2 \\
\text{Losa 12} &= 1,4 * (364 \text{ Kg/m}^2) + 1,7 * (200 \text{ Kg/m}^2) = 849,60 \text{ Kg/m}^2
\end{aligned}$$

A continuación, se realizarán 2 ejemplos de diseño de losa.

- *Losa 7*

$$CU = 1\ 359,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Lado corto} = l_a = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Lado largo} = l_b = 4,15 \text{ m}$$

$$B_{unitaria} = 1,00 \text{ m}$$

Para el cálculo del cortante último se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_u = \frac{CU * \text{Lado mayor} * B_{unitaria}}{2}$$

$$V_u = \frac{1\ 359,60 * 4,15 * 1,00}{2}$$

$$V_u = 2\ 821,17 \text{ Kg}$$

Es necesario calcular el cortante resistente que tiene la losa según las propiedades de los materiales a utilizar.

$$V_C = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * B_{unitaria} * d$$

Donde:

V_C = Cortante resistente de la losa de concreto

$f'c$ = Resistencia del concreto (Kg/cm²)

$B_{unitaria}$ = Base unitaria de losa de concreto (cm)

d = peralte efectivo en losas (cm)

ϕ = factor de reducción de resistencia

Según ACI 318-14, Tabla 21.2.1, ACI 318-14 el factor de reducción de resistencia para cortante es igual a 0.75

$$V_C = 0,75 * 0,53 * \sqrt{281} * 100 * (11 - 2)$$

$$V_C = 5\,996,98 \text{ Kg}$$

$$V_C > V_u$$

$$5\,996,98 \text{ Kg} > 2\,821,17 \text{ Kg}$$

Si cumple

También es necesario determinar una relación de lado corto sobre lado largo para establecer los coeficientes de los momentos de la losa #7.

$$\frac{l_a}{l_b} = \frac{3,00}{4,15} = 0,70$$

Según las tablas 12.3, 12.4, 12.5 del libro de NILSON, se determinará el caso de continuidad de la losa y los coeficientes de los momentos positivos (carga

viva y carga muerta) y negativos (carga última) según la relación de lado corto sobre lado largo obtenida.

Debido a que la losa 7 es continua en sus 2 lados cortos y en sus 2 lados largos, se catalogara la losa como caso # 2 “losa continua en sus 4 lados”, además se obtuvo una relación de lado corto y largo de 0,70 se obtiene lo siguiente:

CASO DE LOSA 7 = Caso #2

- Momento negativo
 - ✓ Lado corto

$$C_{a,neg} = 0,049$$

Donde:

$C_{a,neg}$ = coeficiente para momentos negativos en losas para el lado corto

Para el cálculo del momento negativo en el lado corto se utilizará la siguiente ecuación:

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} * CU * l_a^2$$

Donde:

$M_{a,neg}$ = Momento negativo en lado corto (Kg-m)

CU = Carga Última en losa 7 (Kg/m²)

l_a = Lado menor (m)

$$M_{a,neg} = 0,049 * 1\,359,60 * (3,00)^2$$

$$M_{a,neg} = 599,58 \approx 600 \text{ Kg} - m$$

✓ Lado largo

$$C_{b,neg} = 0,012$$

Donde:

$C_{b,neg}$ = coeficiente para momentos negativos en losas para el lado largo

Para el cálculo del momento negativo en el lado corto se utilizará la siguiente ecuación:

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} * CU * l_b^2$$

Donde:

$M_{b,neg}$ = Momento negativo en lado largo (Kg-m)

CU = Carga Última en losa 7 (Kg/m²)

L_b = Lado mayor (m)

$$M_{b,neg} = 0,012 * 1\,359,60 * (4,15)^2$$

$$M_{b,neg} = 280,99 \approx 281 \text{ Kg} - m$$

- Momento positivo

Habiendo obtenido los momentos negativos de la losa #7 en ambos sentidos, se procederá a calcular los momentos positivos de la misma.

- Lado corto

Se seleccionarán los coeficientes respectivos para el lado corto de la losa, analizando carga viva y carga muerta por separado, como se muestra a continuación:

$$C_{a,dl} = 0,074$$

$$C_{a,ll} = 0,030$$

Donde:

$C_{a,dl}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta en losas para el lado corto.

$C_{a,dl}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva en losas para el lado corto.

Para el cálculo del momento positivo total en el lado corto se utilizará la siguiente ecuación:

$$M_{a,pos} = M_{a,pos,dl} + M_{a,pos,ll}$$

Donde:

$M_{a,pos}$ = Momento positivo total en lado corto (Kg-m)

$M_{a,pos,dl}$ = Momento positivo por carga muerta en lado corto (Kg-m)

$M_{a,pos,ll}$ = Momento positivo por carga viva en lado corto (Kg-m)

$$M_{a,pos,dl} = C_{a,dl} * W_{CM} * l_a^2$$

Donde:

W_{CM} = Carga muerta en losa #7 (Kg/m²)

l_a = Lado menor (m)

$$M_{a,pos,ll} = C_{a,ll} * W_{CV} * l_a^2$$

Donde:

W_{CV} = Carga viva en losa #7 (Kg/m²)

l_a = Lado menor (m)

A continuación, se calcularán los momentos positivos del lado corto de la losa # 7.

$$M_{a,pos,dl} = 0,074 * 364 * (3,00)^2$$

$$M_{a,pos,dl} = 242,42 \text{ Kg} - m$$

$$M_{a,pos,ll} = 0,030 * 500 * (3,00)^2$$

$$M_{a,pos,ll} = 135,00 \text{ Kg} - m$$

$$M_{a,pos} = 242,42 + 135,00$$

$$M_{a,pos} = 377,42 \approx 377 \text{ Kg} - m$$

- Lado Largo

De igual manera se calculará el momento positivo total del lado largo de la losa # 7.

Se seleccionarán los coeficientes respectivos para el lado largo de la losa, analizando nuevamente carga viva y carga muerta por separado:

$$C_{b,dl} = 0,017$$

$$C_{b,ll} = 0,007$$

Donde:

$C_{b,dl}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta en losas para el lado largo.

$C_{b,ll}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva en losas para el lado largo.

Para el cálculo del momento positivo total en el lado largo se utilizará la siguiente ecuación:

$$M_{b,pos} = M_{b,pos,dl} + M_{b,pos,ll}$$

Donde:

$M_{b,pos}$ = Momento positivo total en lado largo (Kg-m)

$M_{b,pos,dl}$ = Momento positivo por carga muerta en lado largo (Kg-m)

$M_{b,pos,ll}$ = Momento positivo por carga viva en lado largo (Kg-m)

$$M_{b,pos,dl} = C_{b,dl} * W_{CM} * l_b^2$$

Donde:

W_{CM} = Carga muerta en losa #7 (Kg/m²)

L_b = Lado mayor (m)

$$M_{b,pos,ll} = C_{b,ll} * W_{CV} * l_b^2$$

Donde:

W_{CV} = Carga viva en losa #7 (Kg/m²)

L_b = Lado mayor (m)

A continuación, se calcularán los momentos positivos del lado largo de la losa #7.

$$M_{b,pos,dl} = 0,017 * 364 * (4,15)^2$$

$$M_{b,pos,dl} = 106,57 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,pos,ll} = 0,007 * 500 * (3,00)^2$$

$$M_{b,pos,ll} = 60,28 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,pos} = 106,57 + 60,28$$

$$M_{b,pos} = 166,85 \approx 167 \text{ Kg} - m$$

Los resultados de los cálculos de los momentos de la losa #7 son:

Tabla LXII. **Momentos de la losa #7 en ambas direcciones**

Lado corto		Lado largo	
Momento positivo	Momento negativo	Momento positivo	Momento negativo
377 Kg-m	600 Kg-m	167 Kg-m	281 Kg-m

Fuente: elaboración propia.

- *Losa 3*

$$CU = 849,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$Lado\ corto = l_a = 4,15 \text{ m}$$

$$Lado\ largo = l_b = 4,50 \text{ m}$$

$$B_{unitaria} = 1,00 \text{ m}$$

A continuación, se realizará el cálculo del cortante último.

$$V_u = \frac{CU * Lado\ myor * B_{unitaria}}{2}$$

$$V_u = \frac{849,60 * 4,50 * 1,00}{2}$$

$$V_u = 1\ 911,60 \text{ Kg}$$

Se calculará el cortante resistente del concreto según el Código ACI 318S-14 en el inciso 22.5.5.1 para miembros no preesforzados sin fuerza axial.

$$V_C = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * B_{unitaria} * d$$

$$V_C = 0,75 * 0,53 * \sqrt{281} * 100 * (11 - 2)$$

$$V_C = 5\ 996,98 \text{ Kg}$$

$$V_c > V_u$$

$$5\,996,98 \text{ Kg} > 1\,911,60 \text{ Kg}$$

Si cumple

Se determinará una relación de lado corto sobre lado largo para establecer los coeficientes de los momentos de la losa # 3.

$$\frac{l_a}{l_b} = \frac{4,15}{4,50} = 0,90$$

Debido a que la losa 3 es continua en 1 lado corto, continua en 1 lado largo y discontinua en sus 2 lados restantes, se catalogara la losa 3 como caso #4 "losa continua en 2 lados perpendiculares y discontinua en los lados opuestos a los continuos".

CASO DE LOSA 3 → Caso # 4

- Momento negativo
 - Lado corto

$$C_{a,neg} = 0,039$$

Por lo tanto, se calculará el momento negativo para el lado corto.

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} * CU * l_a^2$$

$$M_{a,neg} = 0,039 * 849,60 * (4,15)^2$$

$$M_{a,neg} = 570,66 \approx 571 \text{ Kg} - m$$

- Lado largo

$$C_{b,neg} = 0,026$$

Por lo tanto, se calculará el momento negativo para el lado largo.

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} * CU * l_b^2$$
$$M_{b,neg} = 0,026 * 849,60 * (4,50)^2$$
$$M_{b,neg} = 447,31 \approx 447 \text{ Kg} - m$$

- Momento positivo

En los momentos positivos de una losa con lados discontinuos y lados continuos, estos se calcularán por separado, siendo para los lados continuos de igual manera que se calcularon en la losa 7 y para los lados discontinuos se calcularan como un tercio del momento positivo del lado respectivo

- Lado continuo
 - Lado corto

$$C_{a,dl} = 0,060$$

$$C_{a,ll} = 0,033$$

A continuación, se calculará el momento positivo para el lado corto continuo de la losa 3.

$$M_{a,pos,dl} = 0,060 * 364 * (4,15)^2$$
$$M_{a,pos,dl} = 376,14 \text{ Kg} - m$$

$$M_{a,pos,ll} = 0,033 * 200 * (4,15)^2$$

$$M_{a,pos,ll} = 113,67 \text{ Kg} - m$$

$$M_{a,pos} = 376,14 + 113,67$$

$$M_{a,pos} = 489,81 \approx 490 \text{ Kg} - m$$

- Lado Largo

$$C_{b,dl} = 0,040$$

$$C_{b,ll} = 0,022$$

A continuación, se calculará el momento positivo para el lado corto continuo de la losa 3.

$$M_{b,pos,dl} = 0,040 * 364 * (4,50)^2$$

$$M_{b,pos,dl} = 294,84 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,pos,ll} = 0,022 * 200 * (4,50)^2$$

$$M_{b,pos,ll} = 89,10 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,pos} = 294,84 + 89,10$$

$$M_{b,pos} = 383,94 \approx 384 \text{ Kg} - m$$

- Lado discontinuo
 - Lado corto

$$M_{a,pos} = 490 \text{ Kg} - m$$

A continuación, se calculará el momento positivo para el lado corto discontinuo de la losa 3.

$$M_{a,neg,discontinuo} = \frac{M_{a,pos}}{3}$$

$$M_{a,neg,discontinuo} = \frac{490}{3}$$

$$M_{a,neg,discontinuo} = 163,33 \approx 163 \text{ Kg} - m$$

- Lado Largo

$$M_{b,pos} = 384 \text{ Kg} - m$$

A continuación, se calculará el momento positivo para el lado corto discontinuo de la losa 3.

$$M_{b,neg,discontinuo} = \frac{M_{b,pos}}{3}$$

$$M_{b,neg,discontinuo} = \frac{384}{3}$$

$$M_{b,neg,discontinuo} = 128 \text{ Kg} - m$$

Habiendo realizado todos los cálculos los resultados de los momentos de la losa 3 son los siguientes:

Tabla LXIII. **Momentos de la losa 3 en ambas direcciones**

Lado corto			Lado largo		
Momento negativo		Momento positivo	Momento negativo		Momento positivo
Continuo	Discontinuo		Continuo	Discontinuo	
571 Kg-m	163 Kg-m	490 Kg-m	447 Kg-m	128 Kg-m	384 Kg-m

Fuente: elaboración propia.

Así mismo se calcularon los momentos positivos y negativos de todas las losas en ambas direcciones como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla LXIV. Chequeo de resistencia de cortante resistente y cortante actuante

# Losa	CU (Kg/m ²)	Lado mayor (m)	Lado menor (m)	Vu (Kg)	Vc (Kg)	Vc > Vu
Losa 1	849,60	4,50	3,75	1 911,60	5 996,98	Si cumple
Losa 2	849,60	4,50	3,75	1 911,60	5 996,98	Si cumple
Losa 3	849,60	4,50	4,15	1 911,60	5 996,98	Si cumple
Losa 5	934,60	3,75	3,00	1 752,38	5 996,98	Si cumple
Losa 6	1 359,60	3,75	3,00	2 549,25	5 996,98	Si cumple
Losa 7	1 359,60	4,15	3,00	2 821,17	5 996,98	Si cumple
Losa 8	1 359,60	3,00	3,00	2 039,40	5 996,98	Si cumple
Losa 9	849,60	4,95	3,75	2 102,76	5 996,98	Si cumple
Losa 10	849,60	4,95	3,75	2 102,76	5 996,98	Si cumple
Losa 11	849,60	4,95	4,15	2 102,76	5 996,98	Si cumple
Losa 12	849,60	4,95	3,00	2 102,76	5 996,98	Si cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Determinación de coeficientes para momentos positivos y negativos en las losas**

# Losa	Caso losa	La/Lb	Momentos negativos		Momentos positivos CM		Momentos positivos CV	
			Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb
Losa 1	Caso 4	0,85	0,043	0,023	0,066	0,034	0,036	0,019
Losa 2	Caso 9	0,85	0,039	0,020	0,072	0,021	0,028	0,013
Losa 3	Caso 4	0,90	0,039	0,026	0,060	0,04	0,033	0,022
Losa 5	Caso 8	0,80	0,044	0,019	0,055	0,041	0,032	0,015
Losa 6	Caso 2	0,80	0,041	0,017	0,065	0,027	0,026	0,011
Losa 7	Caso 2	0,70	0,049	0,012	0,074	0,017	0,030	0,007
Losa 8	Caso 4	1,00	0,032	0,032	0,050	0,05	0,027	0,027
Losa 9	Caso 4	0,75	0,052	0,016	0,076	0,024	0,043	0,013
Losa 10	Caso 9	0,75	0,046	0,013	0,072	0,021	0,031	0,007
Losa 11	Caso 9	0,85	0,039	0,020	0,072	0,021	0,028	0,013
Losa 12	Caso 4	0,60	0,067	0,009	0,089	0,011	0,053	0,007

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Determinación de momentos positivos y negativos en lados continuos de cada losa**

# Losa	Lado corto		Lado largo	
	Momento positivo (Kg-m)	Momento negativo (Kg-m)	Momento positivo (Kg-m)	Momento negativo (Kg-m)
Losa 1	439,09	513,74	327,56	395,70
Losa 2	447,30	465,95	207,44	344,09
Losa 3	489,81	570,66	383,94	447,31
Losa 5	252,18	370,10	262,60	249,71
Losa 6	329,94	501,69	215,55	325,03
Losa 7	377,42	599,58	166,85	280,99
Losa 8	285,30	391,56	285,30	391,56
Losa 9	509,96	621,27	277,76	333,08
Losa 10	455,74	549,59	221,60	270,63
Losa 11	547,81	570,66	251,00	416,35
Losa 12	386,96	512,31	132,41	187,36

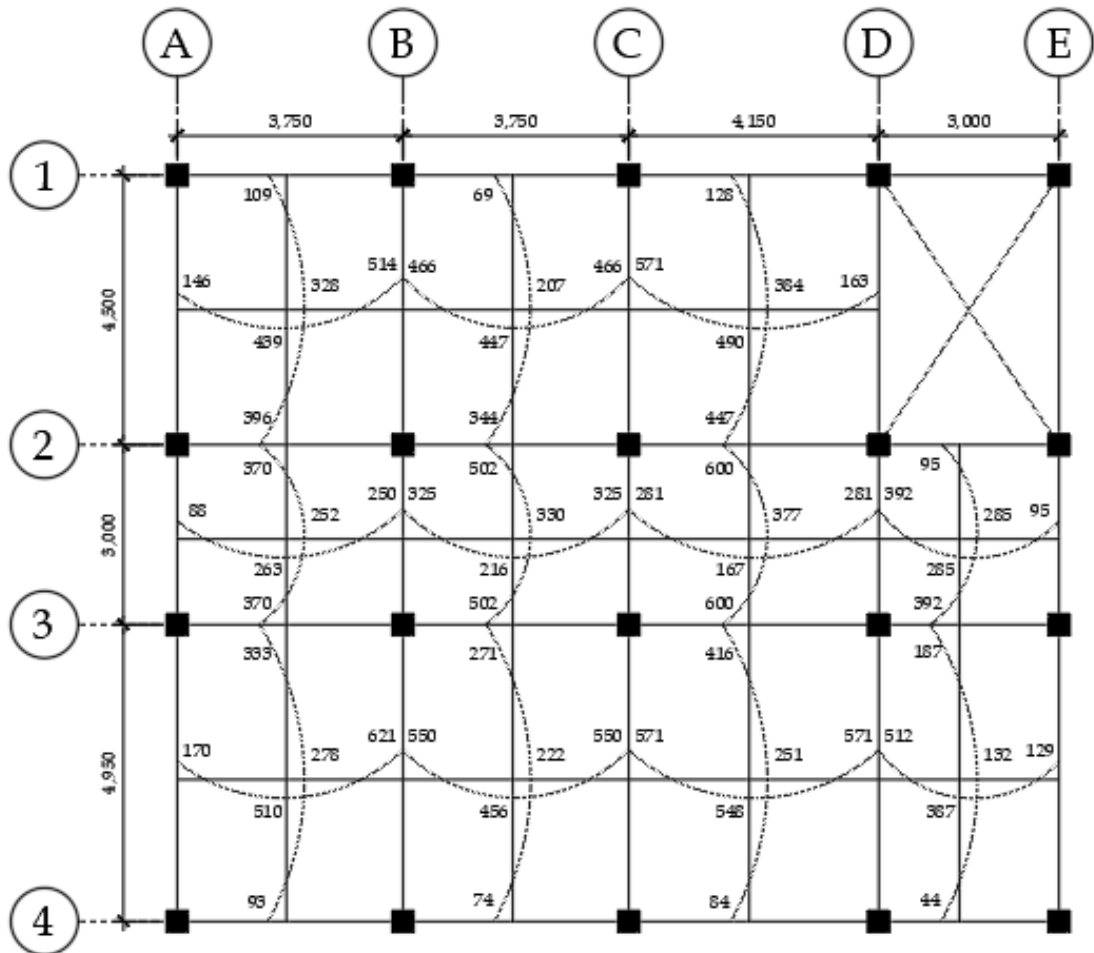
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVII. **Momentos negativos en lados discontinuos de las losas**

#Losa	Momento negativo en lados discontinuos	
	Lado corto	Lado largo
Losa 1	146 Kg-m	109 Kg-m
Losa 2		69 Kg-m
Losa 3	163 Kg-m	128 K-m
Losa 5		88 Kg-m
Losa 8	95 Kg-m	95 Kg-m
Losa 9	170 Kg-m	93 Kg-m
Losa 10		74 Kg-m
Losa 11		84 Kg-m
Losa 12	129 Kg-m	44 Kg-m

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Momentos positivos y negativos en losas del 1er. Nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Balance de momentos

Al momento de calcular los momentos individuales que posee cada losa se encuentran diferentes valores de momentos negativos entre losas continuas, como por ejemplo entre los momentos negativos de las losas 10 y 11 donde sus momentos negativos son 550 Kg-m y 571 Kg-m respectivamente, o entre los

momentos negativos de las losas 7 y 11 donde sus momentos negativos son 600 Kg-m y 416 Kg-m respectivamente.

Por esto es necesario realizar un balance de momentos, el cual consiste en determinar un solo momento negativo para las losas continuas, este balance se puede realizar mediante 2 métodos, método de promedios y método de rigideces.

Para seleccionar el método a utilizar para el balance de momentos existen unas condiciones, las cuales se presentan a continuación:

*Si $0,8 * M_2 \leq M_1$ Utilizar método de promedios*

*Si $0,8 * M_2 > M_1$ Utilizar método de rigideces*

Donde:

M_1 = Momento menor (Kg-m)

M_2 = Momento mayor (Kg-m)

El método de promedios consiste en tomar los 2 momentos y realizar un promedio entre ambos.

$$M_b = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Donde:

M_b = Momento balanceado

M_1 = Momento menor (Kg-m)

M_2 = Momento mayor (Kg-m)

El método de rigideces consiste en tomar los 2 momentos y realizar un cálculo tomando en cuenta los valores de momento, largo de losa, rigidez de losa y factor de distribución de cada losa.

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

$$M_b = M_1 + D_1(M_2 - M_1) \quad M_b = M_2 - D_2(M_2 - M_1)$$

Donde:

M_b = Momento balanceado (Kg-m)

M_1 = Momento menor (Kg-m)

M_2 = Momento mayor (Kg-m)

K_1 = Rigidez de losa de momento menor

K_2 = Rigidez de losa de momento mayor

L_1 = Longitud de losa de momento menor (m)

L_2 = Longitud de losa de momento mayor (m)

D_1 = Factor de distribución del momento menor

D_2 = Factor de distribución del momento mayor

A continuación, se clasificarán los métodos que se utilizarán para el balanceo de momentos.

- Sentido X

*Losa 1 – 2 = 0,8 * (514) = 411,2 < 466 → Metodo de promedios*

*Losa 2 – 3 = 0,8 * (571) = 456,8 < 466 → Metodo de promedios*

*Losa 5 – 6 = 0,8 * (325) = 260 > 250 → Metodo de rigideces*

*Losa 6 – 7 = 0,8 * (325) = 260 < 281 → Metodo de promedios*

*Losa 7 – 8 = 0,8 * (392) = 313,6 > 245 → Metodo de rigideces*

*Losa 9 – 10 = 0,8 * (621) = 496,8 < 550 → Metodo de promedios*

*Losa 10 – 11 = 0,8 * (571) = 456,8 < 550 → Metodo de promedios*

*Losa 11 – 12 = 0,8 * (571) = 456,8 < 512 → Metodo de promedios*

- Método de promedios

$$M_{b,1-2} = \frac{514 + 466}{2} = 490 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,2-3} = \frac{571 + 466}{2} = 518,5 \approx 519 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,6-7} = \frac{325 + 281}{2} = 303 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,9-10} = \frac{621 + 550}{2} = 585,5 \approx 586 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,10-11} = \frac{571 + 550}{2} = 560,5 \approx 561 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,11-12} = \frac{571 + 512}{2} = 541,5 \approx 542 \text{ Kg} - m$$

- Método de Rigideces
 - Losas 5-6

$$M_1 = 250 \text{ Kg} - m$$

$$M_2 = 325 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{3,75} = 0,2667$$

$$K_2 = \frac{1}{3,75} = 0,2667$$

$$D_1 = \frac{0,2667 + 0,2667}{0,2667} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,2667 + 0,2667}{0,2667} = 0,50$$

$$M_{b,5-6} = 325 - (0,50)(325 - 250) = 287,50 \approx 288 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,5-6} = 250 + (0,50)(325 - 250) = 287,50 \approx 288 \text{ Kg} - m$$

▪ Losas 7-8

$$M_7 = 281 \text{ Kg} - m$$

$$M_8 = 382 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{4,15} = 0,2410$$

$$K_2 = \frac{1}{3,00} = 0,3333$$

$$D_1 = \frac{0,2410}{0,2410 + 0,3333} = 0,420$$

$$D_2 = \frac{0,3333}{0,2410 + 0,3333} = 0,580$$

$$M_{b,7-8} = 382 - (0,580)(382 - 281) = 323,420 \approx 323 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,7-8} = 281 + (0,420)(382 - 281) = 323,420 \approx 323 \text{ Kg} - m$$

• Sentido Y

$$\text{Losa } 1 - 5 = 0,8 * (396) = 316,8 < 370 \rightarrow \text{Metodo de promedios}$$

$$\text{Losa } 5 - 9 = 0,8 * (370) = 296 < 333 \rightarrow \text{Metodo de promedios}$$

$$\text{Losa } 2 - 6 = 0,8 * (502) = 401,6 > 344 \rightarrow \text{Metodo de rigideces}$$

$$\text{Losa } 6 - 10 = 0,8 * (502) = 401,6 > 271 \rightarrow \text{Metodo de rigideces}$$

$$\text{Losa } 3 - 7 = 0,8 * (600) = 480 > 447 \rightarrow \text{Metodo de rigideces}$$

$$\text{Losa } 7 - 11 = 0,8 * (600) = 480 > 416 \rightarrow \text{Metodo de rigideces}$$

$$\text{Losa } 8 - 12 = 0,8 * (392) = 313,6 > 187 \rightarrow \text{Metodo de rigideces}$$

- Método de promedios

$$M_{b,1-5} = \frac{370 + 396}{2} = 383 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,5-9} = \frac{333 + 370}{2} = 351,5 \approx 352 \text{ Kg} - m$$

- Método de Rigideces

- Losas 2-6

$$M_1 = 344 \text{ Kg} - m$$

$$M_2 = 502 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{4,50} = 0,222$$

$$K_2 = \frac{1}{3,00} = 0,333$$

$$D_1 = \frac{0,222}{0,222 + 0,333} = 0,40$$

$$D_2 = \frac{0,2410}{0,222 + 0,333} = 0,60$$

$$M_{b,2-6} = 502 - (0,60)(502 - 344) = 407,2 \approx 407 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,2-6} = 344 + (0,40)(502 - 344) = 407,2 \approx 407 \text{ Kg} - m$$

- Losas 6-10

$$M_1 = 271 \text{ Kg} - m$$

$$M_2 = 502 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{4,95} = 0,202$$

$$K_2 = \frac{1}{3,00} = 0,333$$

$$D_1 = \frac{0,202}{0,202 + 0,333} = 0,377$$

$$D_2 = \frac{0,333}{0,202 + 0,333} = 0,623$$

$$M_{b,6-10} = 502 - (0,623)(502 - 271) = 358,09 \approx 358 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,6-10} = 271 + (0,377)(502 - 271) = 358,09 \approx 358 \text{ Kg} - m$$

▪ Losas 3-7

$$M_1 = 447 \text{ Kg} - m$$

$$M_2 = 600 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{4,50} = 0,2222$$

$$K_2 = \frac{1}{3,00} = 0,3333$$

$$D_1 = \frac{0,2222}{0,2222 + 0,3333} = 0,400$$

$$D_2 = \frac{0,3333}{0,2222 + 0,3333} = 0,600$$

$$M_{b,7-8} = 600 - (0,600)(600 - 447) = 508,2 \approx 508 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,7-8} = 447 + (0,400)(600 - 447) = 508,2 \approx 508 \text{ Kg} - m$$

▪ Losas 7-11

$$M_1 = 416 \text{ Kg} - m$$

$$M_2 = 600 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{4,95} = 0,202$$

$$K_2 = \frac{1}{3,00} = 0,333$$

$$D_1 = \frac{0,202}{0,202 + 0,333} = 0,377$$

$$D_2 = \frac{0,333}{0,202 + 0,333} = 0,623$$

$$M_{b,7-11} = 600 - (0,623)(600 - 416) = 485,37 \approx 485 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,7-11} = 416 + (0,377)(600 - 416) = 485,37 \approx 485 \text{ Kg} - m$$

▪ Losas 8-12

$$M_1 = 187 \text{ Kg} - m$$

$$M_2 = 392 \text{ Kg} - m$$

$$K_1 = \frac{1}{4,95} = 0,202$$

$$K_2 = \frac{1}{3,00} = 0,333$$

$$D_1 = \frac{0,202}{0,202 + 0,333} = 0,377$$

$$D_2 = \frac{0,333}{0,202 + 0,333} = 0,623$$

$$M_{b,8-12} = 392 - (0,623)(392 - 187) = 264,29 \approx 264 \text{ Kg} - m$$

$$M_{b,8-12} = 187 + (0,377)(392 - 187) = 264,29 \approx 264 \text{ Kg} - m$$

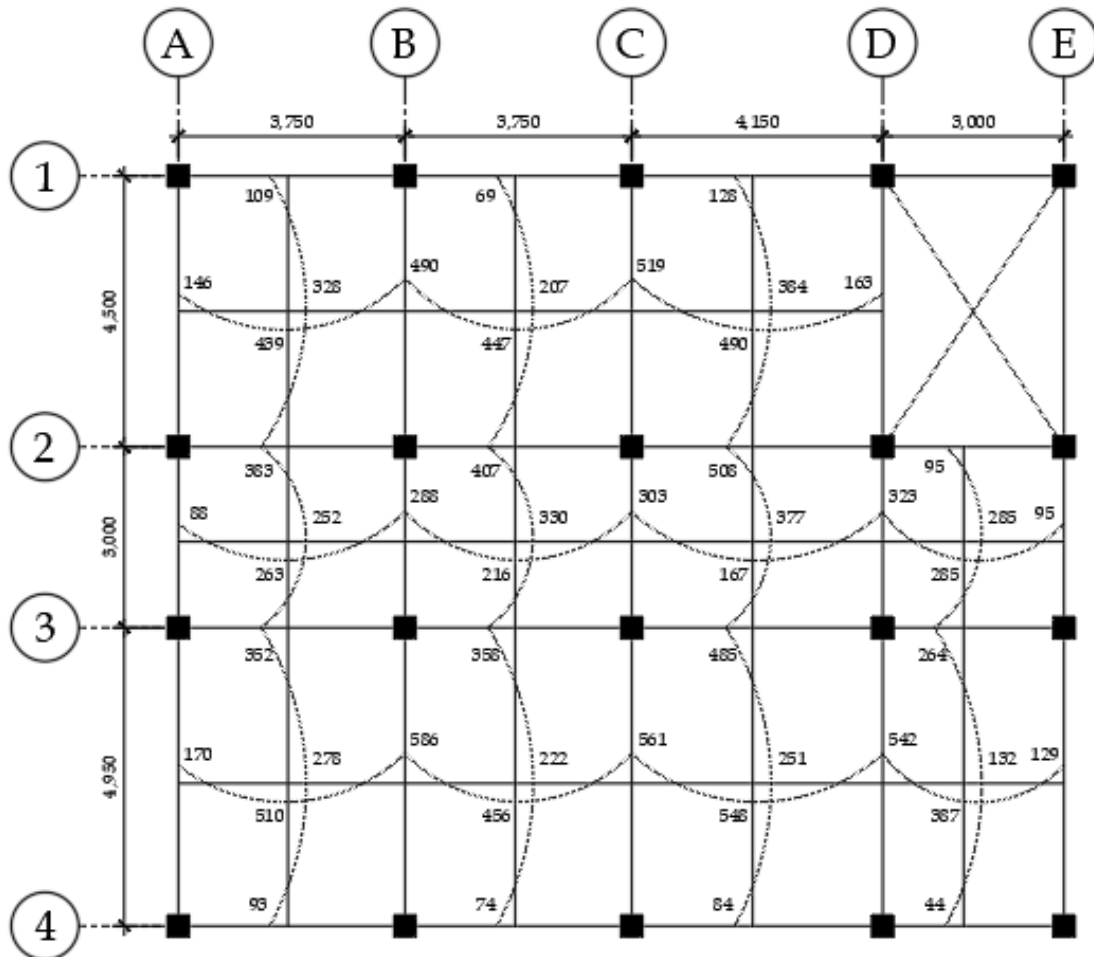
Tabla LXVIII. **Momentos balanceados en losas**

Losa	Método	M1 (Kg-m)	M2 (Kg-m)	L1 (m)	L2 (m)	K1	K2	D1	D2	M _b (Kg-m)
Sentido X										
Losa 1-2	Promedio	466	514							490
Losa 2-3	Rigideces	466	571							519
Losa 5-6	Rigideces	250	325	3,75	3,75	0,26	0,26	0,50	0,50	288
Losa 6-7	Promedio	281	325							303
Losa 7-8	Promedio	281	392	4,15	3,00	0,24	0,33	0,42	0,58	323
Losa 9-10	Promedio	550	621							586
Losa 10-11	Promedio	550	571							561
Losa 11-12	Promedio	512	571							542
Sentido Y										
Losa 1-5	Promedio	370	396							383
Losa 5-9	Promedio	333	370							352
Losa 2-6	Rigideces	344	502	4,50	3,00	0,22	0,33	0,40	0,60	407
Losa 6-10	Rigideces	271	502	4,95	3,00	0,20	0,33	0,37	0,62	358
Losa 3-7	Promedio	447	600	4,50	3,00	0,22	0,33	0,40	0,60	508
Losa 7-11	Rigideces	416	600	4,95	3,00	0,20 2	0,33 3	0,37 7	0,62 3	485
Losa 8-12	Rigideces	187	392	4,95	3,00	0,20 2	0,33 3	0,37 7	0,62 3	264

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, los momentos balanceados para el diseño del refuerzo de acero que debe tener cada losa son los siguientes.

Figura 46. **Momentos balanceados para losas del 1er. nivel (Kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de refuerzo de acero

Es necesario determinar el refuerzo de acero que se debe colocar en cada losa, para ello se hará uso de código ACI 318S-14, el cual establece ciertos criterios entre ellos según la tabla 20.6.1.3.1 en losas que no se encuentran a la intemperie ni en contacto con el suelo y poseen un armado longitudinal de barras No. 36 o menores, deberán tener un recubrimiento mínimo de 20 mm.

- Cálculo de peralte efectivo de losas

El peralte efectivo es aquel medido desde la fibra externa a compresión de la losa hasta el centro de la barra de acero longitudinal, se calculará de la siguiente manera.

$$d'_{losa} = t_{losa} - Rec - \frac{\phi_{var}}{2}$$

Donde:

t_{losa} = Espesor de losa (cm)

Rec = Recubrimiento de concreto para el refuerzo de acero en losas (cm)

ϕ_{var} = Diámetro de varilla de acero longitudinal (cm)

$$t_{losa} = \text{Espesor de losa} = 11 \text{ cm}$$

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

Varilla propuesta = Barra de acero # 3

$$d'_{losa} = t_{losa} - rec - \frac{\phi_{var \text{ No } 3}}{2}$$

$$d'_{losa} = 11 - 2 - \frac{0,95}{2}$$

$$d'_{losa} = 8,52 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero mínimo

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 9.6.3.1 establece que existen 2 parámetros de acero mínimo los cuales son los siguientes:

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * B * d'_{losa} \quad (a)$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14}{f_y} * B * d'_{losa} \quad (b)$$

Donde:

$A_{S_{min}}$ = Área mínima de refuerzo de acero longitudinal (cm^2)

B = Base unitaria (cm)

d'_{losa} = Peralte efectivo de losa (cm)

Es necesario calcular ambas ecuaciones de acero mínimo (a) y (b) y seleccionar el mayor de los 2 para determinar el momento resistente de dicha área de acero.

$$A_{S_{min}, (a)} = \frac{0,80 * \sqrt{281}}{2 * 810} * (100) * (8,52) = 4,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}, (b)} = \frac{14}{2 * 810} * (100) * (8,52) = 4,24 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se utilizará el área de acero mínimo de 4,24 cm^2 .

- Espaciamiento del refuerzo de acero mínimo

El espaciamiento máximo está dado por el código ACI 318S-14 inciso 7.7.2.3, el cual establece que no debe ser mayor del menor de:

$$S_{max} = 3H \quad (a)$$

$$S_{max} = 450 \text{ mm} \quad (b)$$

Por lo tanto, se calculará el espaciamiento mediante la siguiente ecuación:

$$S_{var \text{ No.3}} = \frac{A_{var \text{ No.3}} * B}{A_{S_{min}}}$$

$$S_{var \text{ No.3}} = \frac{(0,71) * 100 \text{ cm}}{4,24 \text{ cm}^2}$$

$$S_{ar \text{ No.3}} = 16,75 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Habiendo calculado y redondeado el espaciamiento del refuerzo de acero mínimo con varilla No.3 a 15 cm se deberá chequear que no sobrepase los espaciamientos máximos (a) y (b).

$$S_{var\ No.3} < 3H$$

$$15\ cm < 3(11\ cm)$$

$$15\ cm < 33\ cm$$

Si cumple

$$S_{var\ No.3} = 450\ mm$$

$$15\ cm < 45\ cm$$

Si cumple

Habiendo cumplido con los espaciamientos máximos, se procede a calcular el área de acero real con varillas No.3 con un espaciamiento de 15 cm.

$$A_{S_{real}} = \frac{A_{var\ No.3} * B}{S_{var\ No.3}}$$

$$A_{S_{real}} = \frac{0,71\ cm^2 * 100\ cm}{15\ cm}$$

$$A_{S_{real}} = 4,73\ cm^2$$

- Momento resistente del refuerzo de acero mínimo

Habiendo obtenido el área de acero real a utilizar para cumplir con el área de acero mínimo con un espaciamiento de 15 cm, se procederá a calcular el momento resistente de dicha área de acero, y se comparará con todos los momentos, positivos, negativos y balanceados de las losas con el fin de

determinar las partes donde se colocará el área de acero mínimo o si es necesario colocar un refuerzo adicional en cada una de las losas.

$$M_R = \phi_{momento} * \left((A_{s_{real}} * f_y * d') - \frac{A_{s_{real}}^2 * f_y^2}{1,7 * f'c * B} \right)$$

Donde:

M_R = Momento resistente del área de acero utilizada (Kg-m)

$\phi_{momento}$ = Factor de reducción de resistencia para momento

$A_{s_{real}}$ = Área de refuerzo de acero longitudinal real (cm²)

$f'c$ = Resistencia a compresión del concreto (Kg / cm²)

f_y = Resistencia a la fluencia del acero (Kg / cm²)

d' = Peralte efectivo (cm)

B = base unitaria (cm)

Según ACI 318-14, Tabla 21.2.1, ACI 318-14 el factor de reducción de resistencia para momento es igual a 0,90.

$$M_R = 0,90 * \left((4,73 * 2\,810 * 8,52) - \frac{(4,73)^2 * (2\,810)^2}{1,7 * 281 * 100} \right)$$

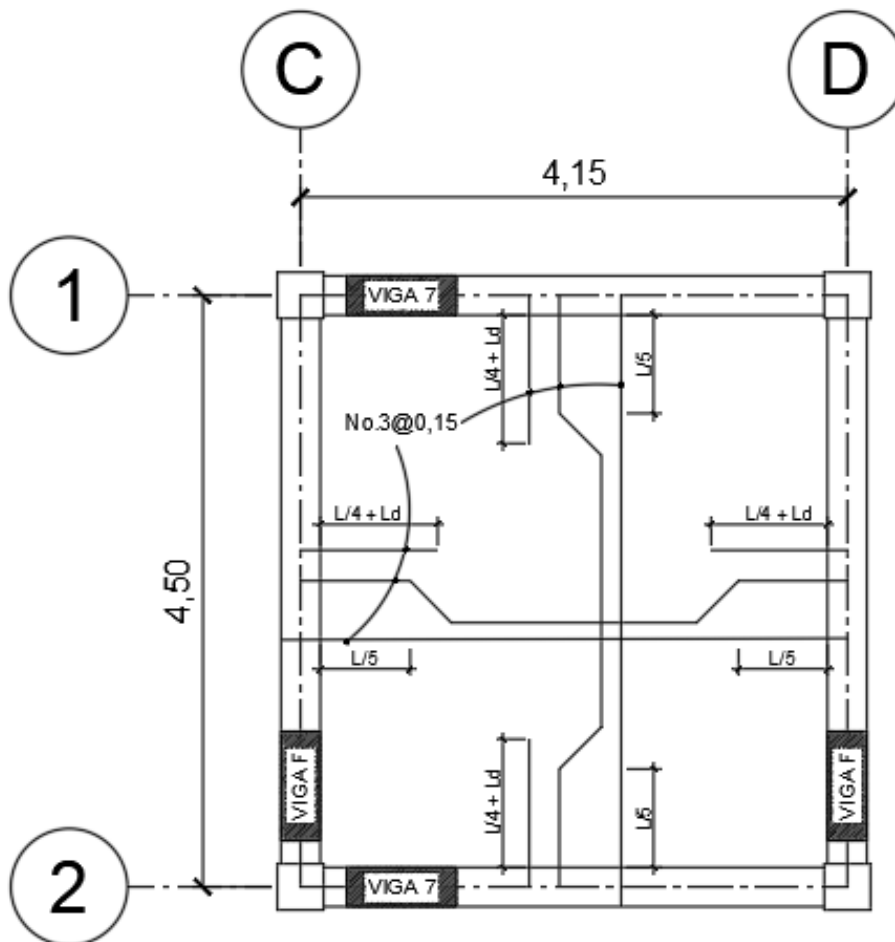
$$M_R = 98\,589,39 \text{ Kg} - \text{cm} = 985,89 \text{ Kg} - \text{m}$$

Debido a que todos los momentos positivos, negativos y balanceados actuantes sobre las losas del primer nivel son menores al momento resistente del refuerzo de acero mínimo resistente, se colocara varillas No.3 con un espaciamiento de 15 cm en cada parte de las losas del primer nivel.

Debido a que las cargas vivas de las losas del segundo nivel son menores a las cargas de las losas del primer nivel, esto provocara momentos negativos, positivos y balanceados menores a los calculados en las losas del primer nivel,

por consiguiente, el refuerzo de varillas No.3 con espaciamiento de 15 cm también resistirán los momentos actuantes de las losas y también cumple con el límite de acero mínimo del código ACI 318S-14.

Figura 47. Diagrama de armado de la losa #3 del primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.10.2. Vigas

Los siguientes elementos estructurales para diseñar serán las vigas, las vigas son elementos estructurales horizontales diseñados para soportar principalmente cargas verticales, además son de mucha importancia debido a que son elementos conectores entre 2 columnas, a las cuales distribuyen las cargas que soportan.

El conjunto de vigas será de concreto reforzado y se diseñan para resistir cortantes y momentos positivos y negativos, obtenidos del análisis de envolvente de momentos últimos y envolvente de cortantes últimos que se presentan en los diagramas del inciso 2.1.4.9.

Para el diseño de vigas se tomarán las dimensiones establecidas en el predimensionamiento de vigas en el inciso 2.1.4.1.2.

$$Base = 25 \text{ cm}$$

$$Altura = 40 \text{ cm}$$

- Diseño por flexión

En el diseño por flexión de las vigas se tiene como objetivo el diseño del refuerzo longitudinal en las vigas.

- Peralte efectivo

Para comenzar el diseño del refuerzo de acero longitudinal se debe determinar los límites mínimo y máximo del refuerzo acero, para ello se debe determinar el peralte efectivo de las vigas de concreto, por lo cual se hará uso de

código ACI 318S-14 para establecer el recubrimiento según la tabla 20.6.1.3.1 en las vigas que no se encuentran a la intemperie ni en contacto con el suelo y poseen un armado longitudinal de barras No. 10 o menores, deberán tener un recubrimiento mínimo de 25 mm.

Así como también se propondrán varillas No.3 para estribos de confinamiento y varilla No.5 para el acero longitudinal.

$$d'_{viga} = H - rec - \phi_{est} - \frac{\phi_{var\ long}}{2}$$

Donde:

d'_{viga} = Peralte efectivo de viga (cm)

H_{viga} = Altura de viga (cm)

Rec = Recubrimiento de concreto para el refuerzo de acero en la vigas (cm)

ϕ_{est} = Diámetro de varilla de estribos de confinamiento (cm)

ϕ_{var} = Diámetro de varilla de acero longitudinal (cm)

$$d'_{viga} = 40 - 2,5 - 0,95 - \frac{1,59}{2} = 35,76\ cm$$

- Cálculo de acero mínimo

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 9.6.3.1 se calculará el refuerzo de acero mínimo:

$$A_{smin} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * B_{viga} * d'_{viga} \quad (a)$$

$$A_{smin} = \frac{14}{f_y} * B_{viga} * d'_{viga} \quad (b)$$

$$A_{S_{min, (a)}} = \frac{0,80 * \sqrt{281}}{4 * 200} * (25) * (35,76) = 2,85 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min, (b)}} = \frac{14}{4 * 200} * (25) * (35,76) = 2,98 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se utilizará el valor mayor de área de refuerzo de acero mínimo la cual es de 2,98 cm².

A_{min} es equivalente a 2 varillas No. 4 + 1 varilla No. 3

○ Cálculo de acero máximo

Para el cálculo del refuerzo de acero máximo se debe calcular con la cuantía de acero máxima dada por el código ACI 318-14S en el inciso 18.6.3.1, el cual establece que ρ_{max} es igual a 0,025.

$$A_{S_{max}} = \rho_{max} * B_{viga} * d'_{viga}$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

○ Área de refuerzo de acero máxima

$$A_{S_{max}} = 0,025 * 25 * 35,76 = 22,35 \text{ cm}^2$$

• Determinación de refuerzo de acero

Teniendo los límites de área de refuerzo de acero, se procede a calcular el área de refuerzo necesaria para cada momento negativo y positivo en cada una de las vigas mediante la siguiente ecuación:

$$A_{S_{izq, centro, der}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{viga} * d'_{viga}) - \sqrt{(B_{viga} * d'_{viga})^2 - \frac{M_u * B_{viga}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

$A_{S_{izq, centro, der}}$ = Área de refuerzo de acero en el extremo izquierdo, en el centro o en el extremo derecho dado un momento ultimo M_u (cm^2)

M_u = Momento ultimo (Kg-m)

Luego de calcular cada una de las áreas de refuerzo de acero requerida y evaluarla bajo los limites mínimo y máximo se deberán utilizar los siguientes criterios:

Si " $A_{S_{min}} \leq A_{S_{izq, centro, der}} < A_{S_{max}}$ " → Utilizar $A_{S_{izq, centro, der}}$

Si " $A_{S_{izq, centro, der}} < A_{S_{min}}$ " → Utilizar $A_{S_{min}}$

Si " $A_{S_{izq, centro, der}} > A_{S_{max}}$ " → Rediseñar viga

A continuación, se realizará un ejemplo del cálculo de área de refuerzo de acero necesaria en las zonas a flexión de la viga para resistir el momento negativo y cada uno de los momentos negativos de cada una de las vigas.

- Marco 3, viga C-D
 - Acero longitudinal para momento negativo en el extremo izquierdo de la viga

$$A_{S_{izq}} = \frac{0,85 * 281}{4 * 200} * \left[(25 * 35,76) - \sqrt{(25 * 35,76)^2 - \frac{(4,312 * 1\ 000) * 25}{0,003825 * 281}} \right]$$

$$A_{S_{izq}} = 3,30 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} \leq 3,30 \text{ cm}^2 < A_{s_{max}}$$

$$2,98 \text{ cm}^2 \leq 3,30 \text{ cm}^2 < 22,35 \text{ cm}^2$$

Si cumple

- Acero longitudinal para momento positivo al centro de la viga

$$A_{s_{centro}} = \frac{0,85 * 281}{4 200} * \left[(25 * 35,76) - \sqrt{(25 * 35,76)^2 - \frac{(1,555 * 1 000) * 25}{0,003825 * 281}} \right]$$

$$A_{s_{izq}} = 1,16 \text{ cm}^2$$

$$1,75 \text{ cm}^2 > A_{s_{min}}$$

$$1,75 \text{ cm}^2 > 2,98 \text{ cm}^2$$

No cumple

- Acero longitudinal para momento negativo en el extremo derecho de la viga

$$A_{s_{izq}} = \frac{0,85 * 281}{4 200} * \left[(25 * 35,76) - \sqrt{(25 * 35,76)^2 - \frac{(4,102 * 1 000) * 25}{0,003825 * 281}} \right]$$

$$A_{s_{izq}} = 3,13 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} \leq 3,13 \text{ cm}^2 < A_{s_{max}}$$

$$2,98 \text{ cm}^2 \leq 3,13 \text{ cm}^2 < 22,35 \text{ cm}^2$$

Si cumple

De esta manera se obtendrán las áreas de refuerzo de acero longitudinal para cada una de las vigas presentadas en la siguiente tabla.

Tabla LXIX. **Áreas de refuerzo de acero longitudinal a utilizar en las vigas del marco 3**

Áreas de acero a utilizar (cm ²)			
Viga	As Momento izquierdo	As Momento al centro	As Momento derecho
A-B	As _{min}	As _{min}	3,46
B-C	3,08	As _{min}	3,20
C-D	3,30	As _{min}	3,13
D-E	3,38	As _{min}	As _{min}
F-G	6,14	As _{min}	6,71
G-H	5,99	As _{min}	6,23
H-I	6,39	As _{min}	6,06
I-J	6,63	As _{min}	5,72

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. **Áreas de refuerzo de acero longitudinal a utilizar en las vigas del marco C**

Áreas de acero a utilizar (cm ²)			
Viga	As Momento izquierdo	As Momento al centro	As Momento derecho
A-B	As _{min}	As _{min}	3,16
B-C	As _{min}	As _{min}	As _{min}
C-D	As _{min}	As _{min}	As _{min}
E-F	6,04	As _{min}	6,34
F-G	4,88	As _{min}	4,59
G-H	5,74	As _{min}	5,53

Fuente: elaboración propia.

- Distribución del refuerzo de acero longitudinal en las vigas

Según el código ACI 318-14 inciso 18.6.3.2 existen algunas condiciones a cumplir necesarias para una excelente configuración de refuerzo longitudinal dentro de las vigas, esas condiciones son las siguientes:

- Toda viga debe tener al menos 2 varillas continuas a lo largo de toda la cama superior de la viga.
- Toda viga debe tener al menos 2 varillas continuas a lo largo de toda la cama inferior de la viga.
- Para la cama superior al centro de la viga existen 3 condiciones dentro de las cuales se debe elegir la mayor.
 - $A_{S_{min}}$
 - 25 % $A_{S_{izq}}$
 - 25 % $A_{S_{der}}$
- Para la cama inferior en los extremos izquierdo y derecho de la viga existen 4 condiciones dentro de las cuales se debe elegir la mayor
 - $A_{S_{min}}$
 - 50 % $A_{S_{centro}}$
 - 50 % $A_{S_{izq}}$
 - 50 % $A_{S_{der}}$

A continuación, se realizará un ejemplo de la distribución de refuerzo longitudinal en la viga C-D del marco 3:

$$A_{S_{izq}} = 3,30 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{central}} = 2,98 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{der}} = 3,13 \text{ cm}^2$$

También es necesario considerar algunos parámetros necesarios según el código ACI 318S-14 inciso 18.6.3.2 para el diseño del refuerzo de acero en la viga, los cuales se mencionan a continuación.

- Cama superior al centro de la viga

Se deberá diseñar con el área de acero mayor de las siguientes:

- $A_{s_{min}} = 2,98 \text{ cm}^2$
- $25\% A_{s_{izq}} = 25\%(3,30) = 0,83 \text{ cm}^2$
- $25\% A_{s_{der}} = 25\%(3,13) = 0,78 \text{ cm}^2$

Por lo tanto, en la cama superior al centro de la viga se diseñará con un área de refuerzo longitudinal igual a $2,98 \text{ cm}^2$ y el refuerzo complementario no es necesario (N/R).

- Cama inferior en los extremos izquierdo y derecho de la viga

Se deberá diseñar con el área de acero mayor de las siguientes:

- $A_{s_{min}} = 2,98 \text{ cm}^2$
- $50\% A_{s_{central}} = 50\%(2,98) = 1,49 \text{ cm}^2$
- $50\% A_{s_{izq}} = 50\%(3,30) = 1,65 \text{ cm}^2$
- $50\% A_{s_{der}} = 50\%(3,13) = 1,57 \text{ cm}^2$

Por lo tanto, en la cama superior al centro de la viga se diseñará con un área de refuerzo longitudinal igual a $2,98 \text{ cm}^2$ y el refuerzo adicional no es necesario (N/R).

Tabla LXXI. **Distribución de refuerzo de acero longitudinal las vigas del segundo nivel, marco 3**

Viga 1 (ejes A-B, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	1 bastón n.º 3
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Viga 2 (ejes B-C, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Viga 3 (ejes C-D, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	1 bastón n.º 3	(n/r)	(n/r)
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Viga 4 (ejes D-E, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	1 bastón n.º 3	(n/r)	(n/r)
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. **Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas primer nivel, marco 3**

Viga 5 (ejes A-B, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3	(n/r)	3 bastones n.º 4
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	1 bastón n.º 3	(n/r)	1 bastón n.º 3
Viga 6 (ejes B-C, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3	(n/r)	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Viga 7 (ejes C-D, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3	(n/r)	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)

Continuación tabla LXXII.

Viga 8 (ejes D-E, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	3 bastones n.º 4	(n/r)	2 bastones n.º 4
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	1 bastón n.º 3	(n/r)	1 bastón n.º 3

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. **Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas segundo nivel, marco C**

Viga A (ejes 4-3, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Viga B (ejes 3-2, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)

Continuación de la tabla LXXIII.

Viga C (ejes 2-1, segundo nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Distribución de refuerzo de acero longitudinal vigas primer nivel, marco C**

Viga D (ejes 4-3, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3	(n/r)	2 bastones n.º 4 + 1 bastón n.º 3
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)
Viga E (ejes 3-2, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	2 bastones n.º 4	(n/r)	2 bastones n.º 3
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)

Continuación de la tabla LXXIV.

Viga F (ejes 2-1, primer nivel)				
Cama	Refuerzo	Extremo izquierdo	Centro de viga	Extremo derecho
		Armado	Armado	Armado
Superior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	2 bastones n.º 4	(n/r)	2 bastones n.º 4
Inferior	Corrido	2 varillas n.º 4 + 1 varilla n.º 3		
	Complemento	(n/r)	(n/r)	(n/r)

Fuente: elaboración propia.

- Diseño por corte

Para el diseño por corte en las vigas, es necesario utilizar los cortantes últimos actuantes obtenidos en la sección 2.1.4.9, también es importante calcular el cortante resistente del concreto dado según el Código ACI 318S-14 en el inciso 22.5.5.1 V_c para miembros no preesforzados sin fuerza axial, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,53 * \lambda * \sqrt{f'c} * B_{viga} * d'_{real,viga}$$

Donde:

V_c = Cortante resistente del concreto (Kg)

λ = Factor de modificación Lamda

$f'c$ = Esfuerzo de compresión del concreto (Kg/cm²)

B_{viga} = base de la viga (cm)

$d'_{real,viga}$ = Peralte efectivo real de la viga (cm)

Para el diseño por corte de las vigas, se tiene como objetivo el diseño del refuerzo transversal, este es constituido por elementos llamados estribos.

Los estribos son refuerzo empleado para resistir fuerzas cortantes y de torsión en un miembro; por lo general consiste en barras corrugadas, alambres corrugados o refuerzo electrosoldado de alambre ya sea sin dobleces o doblados en forma rectangular y colocados perpendicularmente al refuerzo longitudinal (Código ACI 318S-14 inciso 2.3)

El diámetro de los estribos también está normado por el código ACI 318S-14 en el inciso 9.7.6.4.2, el cual dice que debe ser:

- Barras No. 3 para barras longitudinales No. 10 o menores
- Barras No. 4 para barras longitudinales No. 11 o paquetes de barras longitudinales.

Debido a que en la distribución de refuerzo de acero longitudinal se utilizaran barras longitudinales menores a No. 10, se colocaran estribos No.3 para el refuerzo transversal y la varilla de mayor tamaño es No. 6.

$$d'_{real,viga} = 40 - 2,5 - \phi_{no.3} - \frac{\phi_{no.6}}{2}$$
$$d'_{real,viga} = 40 - 2,5 - 0,95 - \frac{1,90}{2} = 35,60 \text{ cm}$$

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 19.2.4.2 se utilizará un concreto liviano con arena liviana por lo tanto el valor de λ es igual a 0,85, por lo tanto, el valor del cortante resistente del concreto es el siguiente:

$$V_c = 0,53 * 0,85 * \sqrt{281} * 25 * 35,60 = 6\ 721,06 \text{ Kg}$$

El refuerzo transversal en las vigas está dividido en 2 zonas.

- Zona no confinada

Esta es la zona de la viga que resiste el concreto, por lo tanto, se deben colocar estribos denominados como estribos de corte.

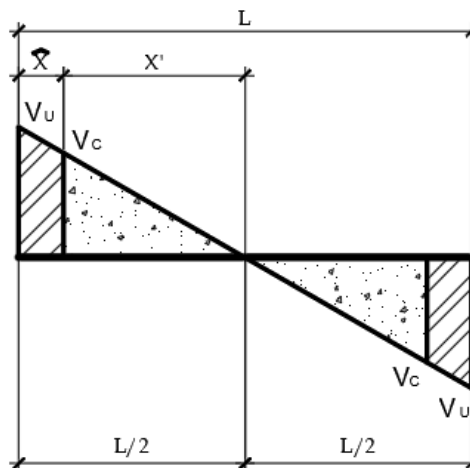
Según el código ACI 318S-14 en el inciso 18.6.4.6 establece que en las vigas donde no se necesite confinamiento los estribos de corte con un espaciamiento no mayor a:

$$\frac{d'_{real,viga}}{2}$$

- Zona confinada

Esta es la zona de la viga en la cual el cortante resistente del concreto es menor que el cortante ultimo actuante de la viga, por lo tanto, se deben colocar estribos denominados como estribos de confinamiento.

Figura 48. **Diagrama de corte de viga cuando $V_c < V_u$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los estribos de corte deben tener un espaciamiento máximo dado por el código ACI 318S-14 en el inciso 18.6.4.4 para vigas de pórticos especiales resistentes a momento:

- $\frac{d'_{real,viga}}{4}$
- $6 * \phi_{barra\ longitudinal\ menor}$
- $150\ mm$

Así como también se tiene una ecuación para el cálculo del espaciamiento.

- $S = \frac{A_v * f_y * d'_{real,viga}}{V_u}$

Donde deberá seleccionarse el menor espaciamiento de las 4 condiciones descritas anteriormente.

- Longitud de zona confinada

En las vigas donde el cortante último actuante es mayor al cortante resistente del concreto, se confinará una longitud igual al mayor de:

- 2 veces la altura de la viga
- La distancia \hat{X} de la relación de triángulos de los cortantes actuantes y resistentes de la viga de concreto armado.

$$\hat{X} = \frac{L}{2} - X'$$

Donde:

\hat{X} = Zona de la viga donde $V_U > V_C$ (m)

X' = Zona de la viga donde $V_U < V_C$ (m)

L = Longitud de la viga (m)

$$X' = \frac{\frac{L}{2} * V_C}{V_U}$$

Por lo tanto:

$$\hat{X} = \frac{L}{2} - \frac{\frac{L}{2} * V_C}{V_U}$$

- Ejemplo del diseño por corte de la viga 3

$$V_U = 4,616 \text{ Ton}$$

$$V_C = 6\,721,06 \text{ Kg} = 6,721 \text{ Ton}$$

$$V_C > V_U$$

$$6,721 \text{ Ton} > 4,616 \text{ Ton}$$

- Zona no confinada

Se deberá colocar estribos de corte con espaciamiento para la viga 3 no menor a:

$$\frac{d'_{real,viga}}{2} = \frac{35,60}{2} = 17,80 \text{ cm} \approx 17,00 \text{ cm}$$

Por lo tanto, en la zona no confinada de la viga 3, la separación de estribos de corte será de 17 cm

- Zona confinada

Debido a que el cortante resistente del concreto es mayor al cortante actuante, no es necesario confinar la viga, pero se confinarán los extremos esto con el objetivo de obtener nudos dúctiles para el sistema de marcos especiales resistentes a momento.

- $\frac{d'_{real,viga}}{4} = \frac{35,60}{4} = 8,90 \text{ cm} \approx 8,00 \text{ cm}$
- $6 * \phi_{barra \text{ longitudinal menor}} = 6 * \phi_{var \text{ No,3}} = 6 * 0,95 = 5,7 \text{ cm} \approx 5,00 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

Se colocarán estribos de confinamiento con un espaciamiento de 5 cm en una longitud de 2 veces la altura medidos desde la cara de cada apoyo hacia el centro de la viga.

$$2 * H_{viga}$$
$$2 * (40) = 80 \text{ cm}$$

- Ejemplo del diseño por corte de la viga 8

$$V_U = 8,398 \text{ Ton} \quad V_C = 6,721 \text{ Ton}$$

$$V_C < V_U$$
$$6,721 \text{ Ton} < 8,398 \text{ Ton}$$

- Zona no confinada

Se deberá colocar estribos de corte con espaciamiento para la viga 8 no menor a:

$$\frac{d'_{real,viga}}{2} = \frac{35,60}{2} = 17,80 \text{ cm} \approx 15,00 \text{ cm}$$

Por lo tanto, en la zona no confinada de la viga 8, la separación de estribos de corte será de 15 cm.

- Zona confinada

Se calculará el espaciamiento máximo de los estribos de confinamiento para vigas de pórticos especiales resistentes a momento:

- $\frac{d'_{real,viga}}{4} = \frac{35,28}{4} = 8,82 \text{ cm} \approx 8,00 \text{ cm}$
- $6 * \emptyset_{barra \text{ longitudinal menor}} = 6 * \emptyset_{var \text{ No,3}} = 6 * 0,95 = 5,7 \text{ cm} \approx 5,00 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

Se colocarán estribos de confinamiento con un espaciamiento de 5 cm.

Así como también se tiene una ecuación para el cálculo del espaciamiento.

- $S = \frac{A_v * f_y * d'_{real,viga}}{V_U}$
- $S = \frac{2 * (1,27) * 4 \ 200 * 35,28}{8 \ 398} = 44,84 \text{ cm} \approx 44 \text{ cm}$

Por lo tanto, Se colocarán estribos de confinamiento con un espaciamiento de 5 cm.

- Longitud de la zona confinada

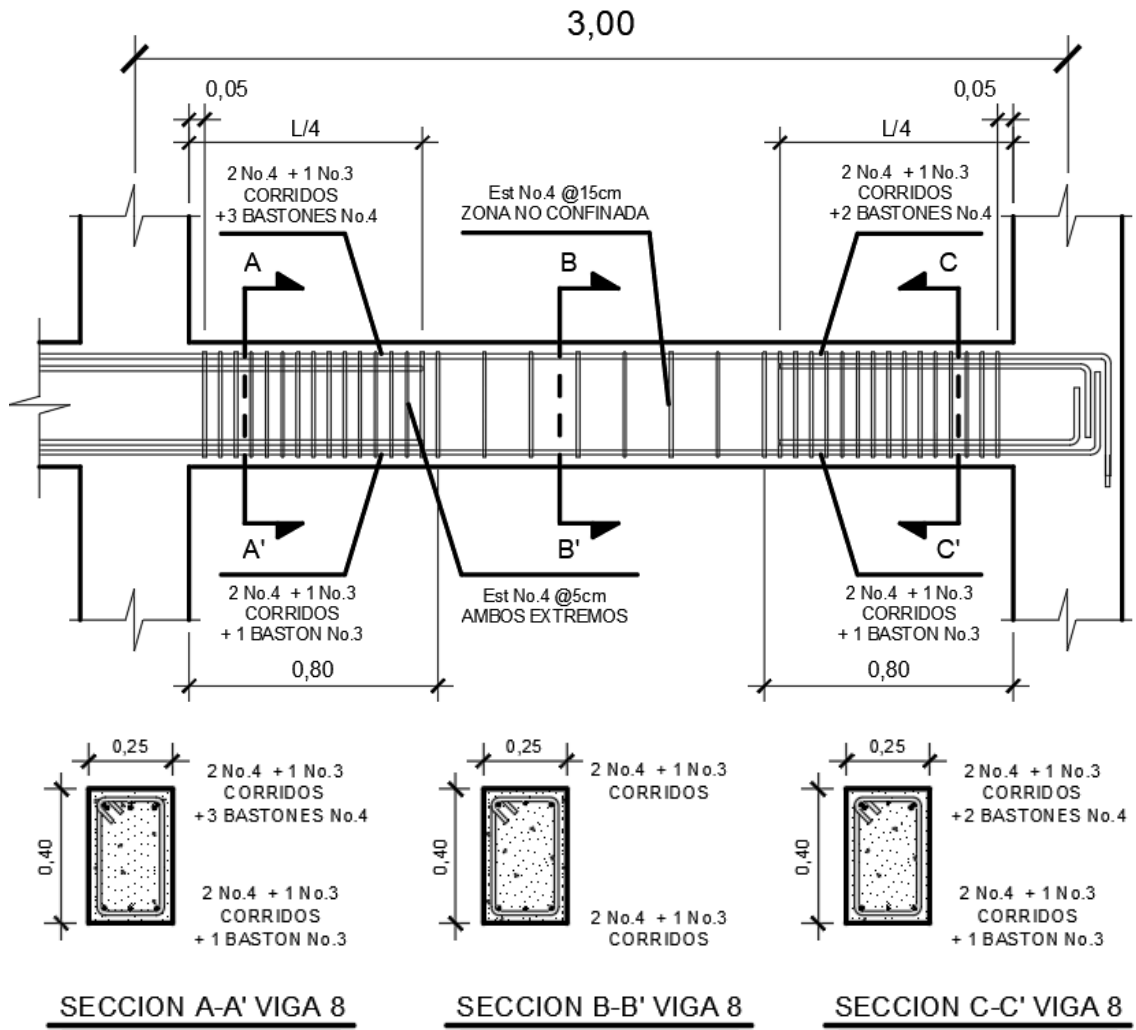
En la viga 8 la zona confinada tendrá una longitud igual al mayor de:

- $2 * H_{viga} = 2 * 40 = 80 \text{ cm}$
- La distancia \hat{X} de la relación de triángulos de los contantes actuantes y resistentes de la viga de concreto armado.

$$\hat{X} = \frac{300}{2} - \frac{\frac{300}{2} * 6,721}{8,398} = 29,95 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se confinará una longitud de 80 cm medidos desde la cara de cada apoyo hacia el centro de la viga 8.

Figura 49. **Diseño de armado longitudinal y transversal de la viga 8**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo en tracción para barras corrugadas sirve para controlar la magnitud de los esfuerzos de compresión, dando mayor adherencia a las barras longitudinales formando un gancho.

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 25.4.3.1 es necesario calcular una longitud de desarrollo para el refuerzo de acero longitudinal según el diámetro de cada una de las varillas a utilizar bajo las siguientes condiciones:

- $l_{dh} = \left(\frac{f_y \Psi_e \Psi_c \Psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) * \Phi_{varilla}$
- $8 * \Phi_{varilla}$
- 150 mm

Los valores de Ψ_e , Ψ_c , Ψ_r , λ se encuentran en la tabla 25.4.3.2 del código ACI 318S-14.

- Varilla No.3
 - $l_{dh} = \left(\frac{4200 * 1 * 1 * 1}{50 * 1 * \sqrt{281}} \right) * 0,95 = 4,76 \text{ cm}$
 - $8 * A_{varilla} = 8 * (0,95) = 7,60 \text{ cm}$
 - $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

La longitud de desarrollo de la varilla No. 3 será de 15 cm

- Varilla No.4
 - $l_{dh} = \left(\frac{4200 * 1 * 1 * 1}{50 * 1 * \sqrt{281}} \right) * 1,27 = 6,36 \text{ cm}$
 - $8 * A_{varilla} = 8 * (1,27) = 10,16 \text{ cm}$
 - $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

La longitud de desarrollo de la varilla No. 4 será de 15 cm.

- Extensión en el extremo libre

Se tomará la medida mayor de las condiciones aplicadas en la varilla de mayor diámetro utilizada para refuerzo de acero longitudinal según el código ACI 318S-14 en el inciso 9.7.3.3.

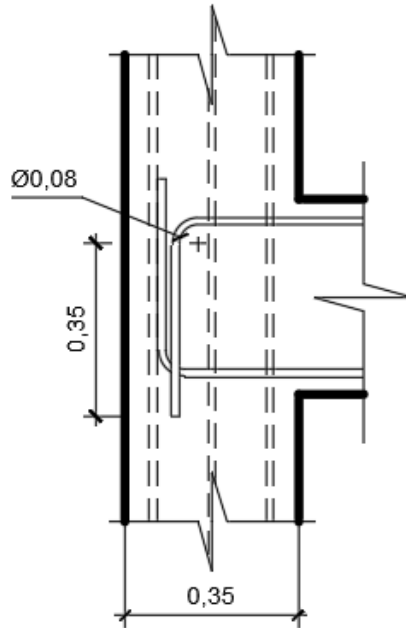
- $12 * \phi_{varilla\ No.4} = 12 * (1,27) = 15,24 \approx 16\ cm$
- $d'_{real,viga} = 35,28 \approx 35\ cm$

- Diámetro mínimo de doblez en ganchos estándar

En los refuerzos de acero longitudinal muchas veces es necesario realizar dobleces en las varillas de acero por lo cual el código ACI 318S-14 en la tabla 25.3.1 establece una condición para dobleces de 90°.

- Para dobleces a 90° el diámetro mínimo de doblez es de 6 veces el diámetro de la varilla de acero a doblar.
 - Varilla No. 3
 $Diametro\ de\ doblez\ varilla\ No.3 = 6 * (0,95) = 5,70\ cm$
 - Varilla No. 4
 $Diametro\ de\ doblez\ varilla\ No.4 = 6 * (1,27) = 7,62\ cm$

Figura 50. **Diagrama de longitud de desarrollo, extensión de gancho y diámetro de doblé**



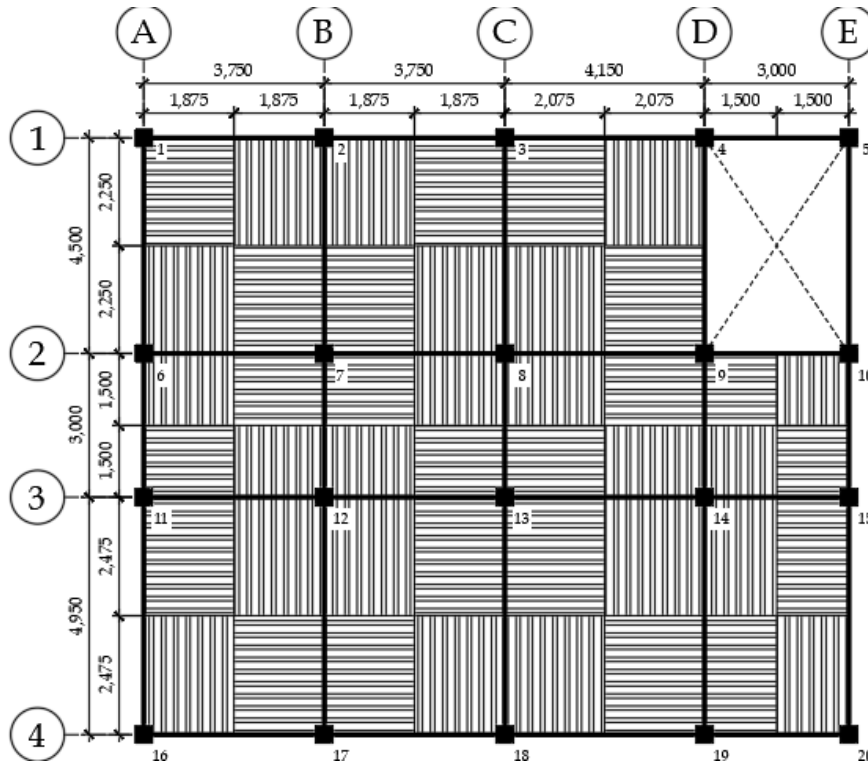
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.10.3. Columnas

Las columnas son elementos estructurales verticales, estos elementos son de suma importancia debido a que son quienes reciben las cargas verticales transmitidas principalmente por las losas y vigas.

Para el diseño de columnas se hará a partir del predimensionamiento realizado en el inciso 2.1.4.1.3 del cual obtenemos que serán columnas cuadradas con una base de 35 cm. Conociendo las dimensiones iniciales con las que se trabajara el diseño, es necesario seleccionar la columna crítica, la cual será la columna que tenga un área tributaria grande y las cargas de servicio mayores aplicadas sobre su propia área tributaria.

Figura 51. Distribución de columnas y sus áreas tributarias



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Habiendo realizado un análisis de la figura anterior se procede a seleccionar la columna No. 13 para el diseño estructural del elemento. Es importante resaltar que se debe diseñar la columna del primer y segundo nivel por separado, esto debido que la edificación no está diseñada para ampliaciones de un tercer nivel, por lo tanto, las cargas soportadas por la columna del segundo nivel serán menores a las cargas soportadas por las columnas del primer nivel.

Para el diseño de las columnas se hará uso de la integración de carga axial última para la columna, se seleccionarán los momentos últimos mayores de las columnas de cada nivel y los cortantes últimos mayores de las columnas de cada nivel.

- Diseño de refuerzo de acero longitudinal
 - Cálculo de carga axial P_u

Datos

*Seccion de viga = 25 cm * 40 cm*

Espesor de losa = 11 cm

*Seccion de columna = 35 cm * 35 cm*

Altura de columna = 300 cm

Para iniciar es necesario determinar el área tributaria de la columna No. 13.

$$A_T = (1,875 + 2,075) * (1,500 + 2,475)$$

$$A_T = 15,70 \text{ m}^2$$

- Columna del segundo nivel
 - Integración de peso propio de los elementos
 - ✓ Viga

$$Viga = B_{viga} * H'_{viga} * \sum L * PU_{concreto}$$

Donde:

B_{viga} = Base de la viga (m)

H'_{viga} = Altura de la viga libre del espesor de losa (m)

$\sum L$ = Sumatoria de longitud de vigas dentro del área tributaria de la columna. (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Kg/m^3)

$$Viga = 0,25 * (0,40 - 0,11) * (1,875 + 2,075 + 1,500 + 2,475) * (2\ 400)$$

$$Viga = 1\ 378,95 \text{ Kg}$$

✓ Losa

❖ Carga Muerta

$$Carga\ muerta = (t_{losa} * PU_{concreto}) + (SC\ y\ AC)$$

$$Carga\ muerta = (0,11 * 2\ 400) + (100) = 364\ Kg/m^2$$

❖ Carga Viva

Para la carga viva de la losa del segundo nivel se utilizará la carga de servicio de azotea.

$$CV_{2do\ nivel} = 100\ Kg/m^2$$

➤ Carga última, segundo nivel

$$CU_{2do\ nivel} = 1,4(CM) + 1,7(CV)$$

$$CU_{2do\ nivel} = 1,4(364) + 1,7(100)$$

$$CU_{2do\ nivel} = 679,60\ Kg/m^2$$

○ Columna del Primer nivel

Integración de peso propio de los elementos

✓ Viga

$$Viga = 0,25 * (0,40 - 0,11) * (1,875 + 2,075 + 1,500 + 2,475) * (2\ 400)$$

$$Viga = 1\ 378,95\ Kg$$

✓ Muro

$$Muro = PP_{muro} * H_{muro} * \sum L$$

Donde:

PP_{muro} = Peso propio del muro (Kg/m²)

H_{muro} = Altura del muro (m)

$\sum L$ = Sumatoria de longitud de muros dentro del área tributaria de la columna. (m)

$$Muro = PP_{muro} * H * \sum L$$

$$Muro = 200 * 3,00 * (1,875 + 2,075 + 1,500 + 2,475)$$

$$Muro = 4\ 755\ Kg$$

✓ Losa

❖ Carga Muerta

$$Carga\ muerta = (0,11 * 2\ 400) + (100)$$

$$CM_{1er\ nivel} = 364\ Kg/m^2$$

❖ Carga Viva

Para la carga viva de la losa del primer nivel se utilizará la carga de servicio mayor aplicada al área tributaria de la columna No. 13 siendo esta la carga de pasillo:

$$CV_{1er\ nivel} = 500\ Kg/m^2$$

- Carga última, primer nivel

$$CU_{1er\ nivel} = 1,4(364) + 1,7(500)$$

$$CU_{1er\ nivel} = 1\ 359,60\ Kg/m^2$$

- Factor de carga última

El factor de carga última es unitario, ya que permite realizar el cálculo de la carga axial por nivel, para calcular el factor de carga es necesario calcular la carga última total como se muestra a continuación:

$$CU_{total} = CU_{1er\ nivel} + CU_{2do\ nivel}$$

$$CU_{total} = 679,60 + 1\ 359,60$$

$$CU_{total} = 2\ 039,20\ Kg/m^2$$

$$F_{CU} = \frac{CU_{total}}{(CV_{1er\ nivel} + CM_{1er\ nivel}) + (CV_{2do\ nivel} + CM_{2do\ nivel})}$$

Donde:

F_{CU} = Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{2\ 039,20}{(500 + 364) + (100 + 364)}$$

$$F_{CU} = 1,54$$

- Carga axial última

Habiendo obtenido el factor de carga última se procederá a calcular la carga axial última de cada nivel.

- Columna del segundo nivel

$$\begin{aligned}
 Pu_{2do\ nivel} &= Viga + Losa + Columna \\
 Pu_{2do\ nivel} &= (1\ 378,95 * 1,54) + (15,70 * 679,60) \\
 &\quad + (3 * 0,35 * 0,35 * 2\ 400 * 1,54) \\
 Pu_{2do\ nivel} &= 14\ 151,58\ Kg = 14,152\ Ton
 \end{aligned}$$

- Columna del primer nivel

$$\begin{aligned}
 Pu_{1er\ nivel} &= Viga + Muro + Losa + Columna \\
 Pu_{1er.nivel} &= (1\ 378,95 * 1,54) + (4\ 755 * 1,54) + (15,70 * 1\ 359,60) \\
 &\quad + (3 * 0,35 * 0,35 * 2\ 400 * 1,54) \\
 Pu_{1er.nivel} &= 32\ 150,28\ Kg = 32,150\ Ton
 \end{aligned}$$

- Carga axial total

$$\begin{aligned}
 Pu_{total} &= Pu_{1er\ nivel} + Pu_{2do\ nivel} \\
 Pu_{total} &= 32,150 + 14,152 \\
 Pu_{total} &= 46,300\ Ton
 \end{aligned}$$

- Efectos de esbeltez

La esbeltez es una propiedad de las columnas, la cual es dependiente de la relación entre la longitud de una columna y las dimensiones de la sección transversal de la misma.

La esbeltez se determina con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{k_l * l_u}{r}$$

Donde:

E = Esbeltez de la columna

k_l = Factor de longitud efectiva

l_u = Longitud de la columna analizada

r = Radio de giro

Las columnas pueden dividirse en 3 categorías según su esbeltez:

- Columnas cortas

Las columnas cortas son aquellas que trabajan únicamente bajo efectos de carga axial, por consiguiente, son columnas que únicamente pueden tener una falla por aplastamiento, la cual es una falla explosiva del concreto.

La siguiente inecuación de esbeltez sirve para clasificar las columnas cortas para marcos arriostrados:

$$\frac{k * l_u}{r} \leq 22$$

- Columnas esbeltas

Se dice que una columna es esbelta si las dimensiones de su sección transversal son pequeñas en comparación con su longitud. Se sabe que un elemento de gran esbeltez colapsara ante una carga de compresión menor que la correspondiente para un elemento más corto con las mismas dimensiones de sección transversal. En este caso el colapso se produce por pandeo, es decir,

por un súbito desplazamiento lateral del elemento entre sus extremos, con el consecuente sobreesfuerzo del acero y del concreto causado por los de flexión que se superponen a los esfuerzos de compresión.

La siguiente inecuación de esbeltez sirve para clasificar las columnas esbeltas para marcos arriostrados:

$$\frac{k * l_u}{r} \geq 100$$

- Columnas intermedias

Estas columnas se ubican entre las columnas cortas y esbeltas, son aquellas que trabajan bajo esfuerzos de flexo-compresión, en estos los esfuerzos de compresión son mayores a los esfuerzos de flexión, sin embargo, ambos deben ser tomados en cuenta para el diseño de la columna intermedia.

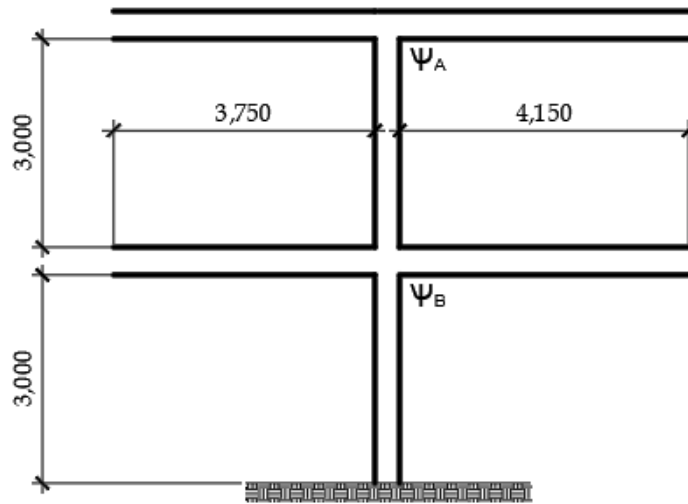
La siguiente inecuación de esbeltez sirve para clasificar las columnas intermedias para marcos arriostrados:

$$22 < \frac{k * l_u}{r} > 100$$

- Grado de empotramiento

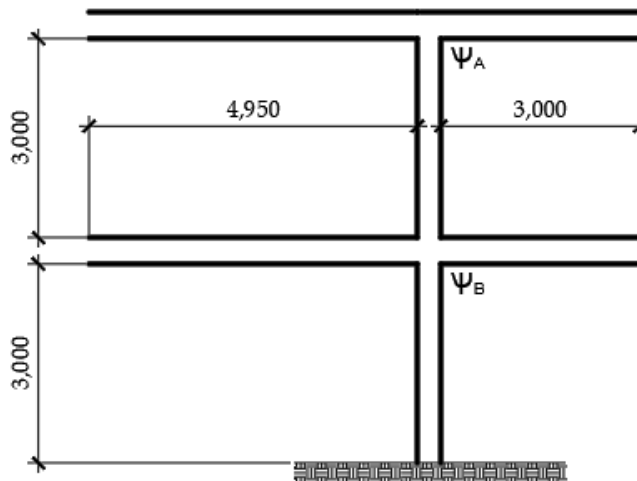
El grado de empotramiento o grado de restricción en extremos de las columnas, se calcula en base a las inercias y longitudes de las conexiones con otros elementos estructurales que cada columna posee.

Figura 52. **Grado de empotramiento en nodos de la columna No.13 en sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 53. **Grado de empotramiento en nodos de la columna No.13 en sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Es necesario calcular el grado de empotramiento de las columnas del primer y segundo nivel en ambos sentidos mediante las siguientes ecuaciones:

$$\Psi_A = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} \quad \Psi_B = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}}$$

$\Psi_C =$ Es igual a cero debido a empotramiento en la base

$$\Psi_{Promedio} = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

Donde:

$$K_{columna} = \frac{I_{columna}}{L_{columna}} \quad K_{viga} = \frac{I_{viga}}{\frac{L_{viga}}{2}}$$

- Sentido X
 - Ψ_B

Según el Código ACI 318S-14 en la tabla 6.6.3.1.1 los momentos de inercia deben tener un factor de reducción de 0,70 para columnas y 0,35 para vigas.

$$I_{columna} = 0,70 * \frac{1}{12} * (35) * (35)^3 = 87\,536,46 \text{ cm}^4$$

$$K_{columna} = \frac{87\,536,46 \text{ cm}^4}{300 \text{ cm}} = 291,79 \text{ cm}^3$$

$$I_{viga\ 1} = 0,35 * \frac{1}{12} * (25) * (40)^3 = 46\,666,67 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga\ 1} = \frac{46\,666,67 \text{ cm}^4}{\frac{415 \text{ cm}}{2}} = 224,90 \text{ cm}^3$$

$$I_{viga\ 2} = \frac{1}{12} * (25) * (40)^3$$

$$I_{viga\ 2} = 46\ 666,67\ cm^4$$

$$K_{viga\ 2} = \frac{46\ 666,67\ cm^4}{\frac{375\ cm}{2}} = 248,89\ cm^3$$

$$\Psi_B = \frac{291,79}{224,90 + 248,89} = 0,6159$$

○ Ψ_A

$$K_{columna\ 1,2} = 291,79\ cm^3$$

$$K_{viga\ 1} = 224,90\ cm^3$$

$$K_{viga\ 2} = 248,89\ cm^3$$

$$\Psi_A = \frac{291,79 + 291,79}{224,90 + 248,89} = 1,2317$$

○ $\Psi_{Promedio}$

$$\Psi_{Promedio} = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

$$\Psi_{Promedio} = \frac{1,2317 + 0,6159}{2} = 0,9238$$

- Sentido Y

- Ψ_B

$$K_{columna} = 291,79 \text{ cm}^3$$

$$K_{viga\ 1} = \frac{46\ 666,67 \text{ cm}^4}{\frac{495 \text{ cm}}{2}} = 188,55 \text{ cm}^3$$

$$K_{viga\ 2} = \frac{46\ 666,67 \text{ cm}^4}{\frac{300 \text{ cm}}{2}} = 311,11 \text{ cm}^3$$

$$\Psi_B = \frac{291,79}{188,55 + 311,11} = 0,5840$$

- Ψ_A

$$K_{columna\ 1,2} = 291,79 \text{ cm}^3$$

$$K_{viga\ 1} = 188,55 \text{ cm}^3$$

$$K_{viga\ 2} = 311,11 \text{ cm}^3$$

$$\Psi_A = \frac{291,79 + 291,79}{188,55 + 311,11} = 1,1680$$

- $\Psi_{Promedio}$

$$\Psi_{Promedio} = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

$$\Psi_{Promedio} = \frac{1,1680 + 0,5840}{2} = 0,8760$$

- Factor de longitud efectiva

Este factor se calcula mediante las ecuaciones de Furlong, las cuales se presentan a continuación:

$$\text{Si } \Psi_{Promedio} < 2 \rightarrow k = \frac{20 - \Psi_{Promedio}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{Promedio}}$$

$$\text{Si } \Psi_{Promedio} \geq 2 \rightarrow k = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_{Promedio}}$$

Tabla LXXV. **Resultados de grado de empotramiento en columna No. 13 en ambos sentidos**

SENTIDO X	
$\Psi_{Promedio}$	0,9238
SENTIDO Y	
$\Psi_{Promedio}$	0,8760

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, debido a que el grado de empotramiento de la columna No. 13 en ambos sentidos es menor a 2, el valor del factor de longitud efectiva será el siguiente:

- Sentido X

$$k = \frac{20 - 0,9238}{20} * \sqrt{1 + 0,9238}$$

$$k = 1,323$$

- Sentido Y

$$k = \frac{20 - 0,8760}{20} * \sqrt{1 + 0,8760}$$

$$k = 1,310$$

- Factor de giro

Según el Código ACI 318S-14 en el inciso 6.2.5.1 el factor de giro de la sección transversal de la columna se determina mediante las siguientes condiciones:

a) $\sqrt{\frac{I_g}{A_g}}$

b) *0,30 veces la dimensión de la sección en la dirección en la cual se esta considerando la estabilidad para columnas rectangulares*

c) *0,25 veces el diametro de las columnas circulares*

Por facilidad de cálculo, se determinará el factor de giro de la columna mediante el inciso b.

$$r = 0,30 * B_{col}$$

$$r = 0,30 * 35$$

$$r = 10,50 \text{ cm}$$

- Determinación de esbeltez

- Sentido X

$$E_x = \frac{1,323 * 300}{0,30 * 35}$$

$$E_x = 37,50$$

$$22 < 37,5 > 100$$

Columna intermedia

- Sentido Y

$$E_y = \frac{1,310 * 300}{0,30 * 35}$$

$$E_y = 37,43$$

$$22 < 37,43 > 100$$

Columna intermedia

Por lo tanto, se determina que es una columna intermedia en ambos sentidos. Así también es necesario la magnificación de momentos debido al tipo de columna que se estableció.

- Magnificación de momentos

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 6.6.4.6.1 el método de magnificación de momentos para estructuras con desplazamiento lateral es el siguiente:

$$a) M_x = M_{1ns} + \delta_s * M_{1s}$$

$$b) M_y = M_{2ns} + \delta_s * M_{2s}$$

Donde:

M_x = Momento magnificado de la columna en sentido X (Ton-m)

M_y = Momento magnificado de la columna en sentido Y (Ton-m)

M_{1ns} = Momento mayorado en el extremo del miembro a compresión, que no causa desplazamiento lateral (Ton-m)

M_{1s} = Momento mayorado en el extremo del miembro a compresión, que causa desplazamiento lateral (Ton-m)

Debido que en la envolvente de momento se toman en cuenta los momentos de carga viva, muerta y sísmica, por lo tanto, el momento mayorado provoca desplazamiento lateral, obteniendo lo siguiente:

$$M_{1ns} = 0,000 \text{ Ton} - m$$

$$M_{1s} = Mu, col$$

- Factor de modificación δ_s

Según el Código ACI 318S-14 en el inciso 6.6.4.6.2(b) el factor de modificación δ_s se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_U}{0,75 * \Sigma P_C}} \geq 1,0$$

Donde:

δ_s = Factor de modificación de momento para columnas intermedias.

P_u = Carga axial última de la columna analizada (Ton)

P_c = Carga crítica de pandeo (Ton)

- Carga crítica de pandeo P_c

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 6.6.4.4.2 la carga crítica de pandeo debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$P_c = \frac{\pi^2 * (EI)_{eff}}{(k_l * l_u)^2}$$

Donde:

$(EI)_{eff}$ = Rigidez efectiva a flexión de la columna

k_l = Factor de longitud efectiva

l_u = longitud de la columna (m)

- Rigidez efectiva a flexión

Según el Código ACI 318S-14 en el inciso 6.6.4.4.4(c), la rigidez efectiva a flexión se determina de la siguiente manera:

$$(EI)_{eff} = \frac{E_c * (0,70 * I)}{1 + \beta_{dns}}$$

Donde:

E_c = Módulo de elasticidad del concreto

β_{dns} = Según el código ACI 318S-14 propone simplificar este factor en 0,6

- Cálculo de momento magnificado

$$E_c = 15\,100\sqrt{281} = 253\,122,12$$

$$(EI)_{eff} = \frac{253\,122,12 * \left(0,70 * \frac{1}{12} * (35) * (35)^3\right)}{1 + 0,6} * \frac{1}{(1\,000) * (100)^2}$$
$$(EI)_{eff} = 1\,384,84 \text{ Ton} - m^2$$

- Sentido X

$$P_{c,x} = \frac{\pi^2 * 1\,384,84}{(1,323 * 3,00)^2} = 867,64 \text{ Ton}$$

$$\delta_{S,X} = \frac{1}{1 - \frac{46,30}{0,75 * 867,64}} = 1,07$$

$$\delta_{S,X} = 1,07 > 1$$

Si cumple

- Sentido Y

$$P_{C,Y} = \frac{\pi^2 * 1\,384,84}{(1,310 * 3,00)^2} = 884,94 \text{ Ton}$$

$$\delta_{S,Y} = \frac{1}{1 - \frac{46,30}{0,75 * 884,94}} = 1,07$$

$$\delta_{S,X} = 1,07 > 1$$

Si cumple

- Magnificación de momentos últimos

- Primer nivel

$$M_X = M_{1ns} + (\delta_{S,X} * Mu, col_{X,1er\ nivel})$$

$$M_X = 0,000 + (1,07 * 6,706)$$

$$M_X = 7,18 \text{ Ton} - m$$

$$M_Y = M_{2ns} + (\delta_{S,Y} * Mu, col_{Y,1er\ nivel})$$

$$M_Y = 0,000 + (1,07 * 5,668)$$

$$M_Y = 6,06 \text{ Ton} - m$$

- Segundo nivel

$$M_X = M_{1ns} + (\delta_{S,X} * Mu, col_{X,2do\ nivel})$$

$$M_X = 0,000 + (1,07 * 4,630)$$

$$M_X = 4,95\ Ton - m$$

$$M_Y = M_{2ns} + (\delta_{S,Y} * Mu, col_{Y,2do\ nivel})$$

$$M_Y = 0,000 + (1,07 * 4,110)$$

$$M_Y = 4,40\ Ton - m$$

- Refuerzo de acero longitudinal

Para determinar el refuerzo longitudinal necesario en cada columna, se realizará mediante el método de Bresler, el cual establece una ecuación de cargas resistentes inversas de una columna, en la cual se analiza la resistencia a carga axial pura, resistencia a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido X y sentido Y, con el objetivo de observar que la columna soporta los 3 esfuerzos de manera simultánea.

La ecuación de Bresler es la siguiente:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'_X} + \frac{1}{P'_Y} - \frac{1}{P_O}$$

Donde:

$P'u$ = Carga última resistente (Ton)

P'_X = Carga resistente debido a excentricidad en X (Ton)

P'_Y = Carga resistente debido a excentricidad en Y (Ton)

P_O = Carga axial resistente (Ton)

- Columna primer nivel

Datos

$$Pu_{total} = 46,30 \text{ Ton}$$

$$M_X = 7,18 \text{ Ton} - m$$

$$M_Y = 6,06 \text{ Ton} - m$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$rec = 4,00 \text{ cm}$ Según el Código ACI 318S-14 tabla 20.6.1.3.1 para columnas no preesforzadas

*Seccion de columna = 35 cm * 35 cm*

- Determinación de área de acero

Según el Código ACI 318S-14 en el inciso 18.7.4.1 establece que el área de acero longitudinal de columnas en pórticos especiales resistentes a momento debe estar entre:

$$0,01 * A_g \leq \%As_{col} \leq 0,06 * A_g$$

Para el diseño del refuerzo longitudinal se propondrá un área de acero igual al 1,5 % del área gruesa del elemento.

$$As = 0,015 * A_g$$

$$As = 0,015 * (35 * 35)$$

$$As = 18,375 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se propone un armado de 8 varillas No.5 siendo esta un área de acero igual a:

$$A_{s_{real}} = 8 \text{ Varillas No.5}$$

$$A_{s_{real}} = 8 * (2,00 \text{ cm}^2) = 16,00 \text{ cm}^2$$

$$\%A_{s_{real}} = \frac{A_{s_{real}}}{A_g} * 100 \%$$

$$\%A_{s_{real}} = \frac{16,00}{35 * 35} * 100 \%$$

$$\%A_{s_{real}} = 1,31 \%$$

$$0,01 \leq 0,0131 \leq 0,06$$

Si cumple

- Diagrama de interacción del comportamiento de una columna
 - Excentricidades

Para el cálculo de excentricidades se utilizan los momentos magnificados y la carga última total de la columna.

$$e_x = \frac{M_x}{P_{u_{total}}} = \frac{7,18 \text{ Ton} - m}{46,30 \text{ Ton}}$$

$$e_x = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P_{u_{total}}} = \frac{6,06 \text{ Ton} - m}{46,30 \text{ Ton}}$$

$$e_y = 0,13 \text{ m} = 13 \text{ cm}$$

- Relación entre altura del núcleo y dimensiones de la columna

$$\gamma = \frac{h_{nucleo}}{h_{columna}}$$

$$\gamma = \frac{h_{columna} - (2 * rec)}{h_{columna}}$$

$$\gamma = \frac{35 - (2 * 4)}{35} = 0,77$$

- Curva ρ_μ

$$\rho_\mu = \frac{As * f_y}{0,85 * f'_c * A_g}$$

$$\rho_\mu = \frac{16,00 * 4\ 200}{0,85 * 281 * (35 * 35)} = 0,23$$

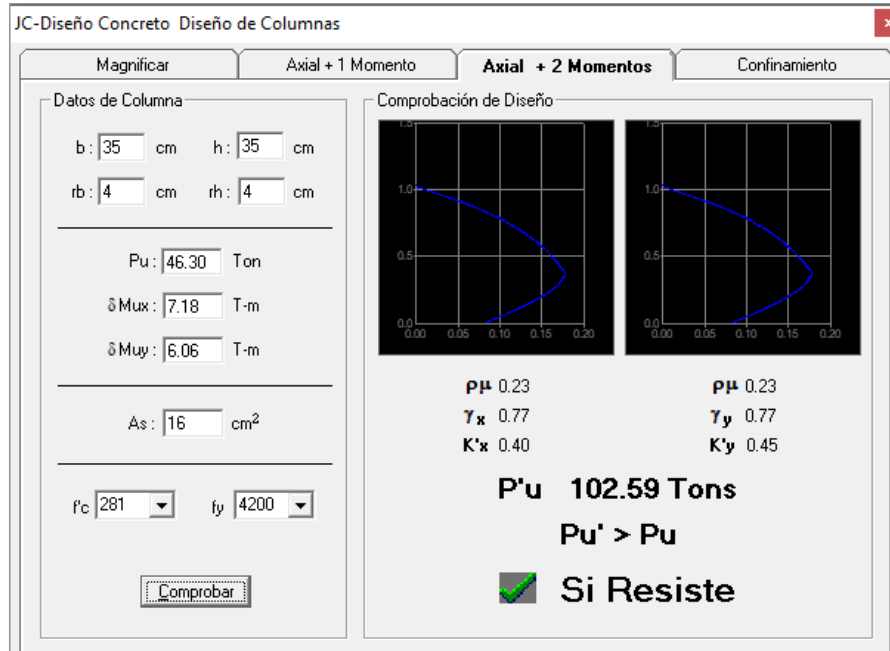
- Pendiente

La pendiente entre las excentricidades y la dimensión de la columna son las siguientes:

$$\frac{e_x}{h} = \frac{0,16}{0,35} = 0,46 \quad \frac{e_y}{h} = \frac{0,13}{0,35} = 0,37$$

Para determinar los factores K'_x y K'_y del diagrama de interacción de la columna del primer nivel se aplicó el *software* de (JC - Diseño Concreto).

Figura 54. Diagrama de interacción de la columna No.13 del primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando software JC – Diseño Concreto.

$$K'x = 0,40 \quad K'y = 0,45$$

- Fuerza resistente a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido X ($P'x$)

Para el cálculo de la fuerza $P'x$ es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$P'x = K'x * f'c * A_g$$

Donde:

$P'x$ = Fuerza resistente a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido X (Ton).

$K'x$ = Factor obtenido del diagrama de interacción.

A_g = Área gruesa de la sección transversal de la columna (cm^2).

$$A_g = 35 * 35 = 1\,225\,cm^2$$

$$P'x = 0,40 * 281 * 1\,225 = 137\,690\,Kg = 137,69\,Ton$$

- Fuerza resistente a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido Y ($P'y$).

Para el cálculo de la fuerza $P'y$ es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$P'y = K'y * f'c * A_g$$

Donde:

$P'y$ = Fuerza resistente a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido Y (Ton).

$K'y$ = Factor obtenido del diagrama de interacción.

A_g = Área gruesa de la sección transversal de la columna (cm^2).

$$A_g = 1225\,cm^2$$

$$P'y = 0,45 * 281 * 1225 = 159\,901,25\,Kg = 159,90\,Ton$$

- Fuerza resistente a carga axial pura (P_o)

Para el cálculo de la fuerza P_o es necesario utilizar la siguiente ecuación dada por el código ACI318S-14 en el inciso 22.4.2.2 y la tabla 22.4.2.1.

$$P_o = 0,80[0,85 * f'c * (A_g - A_{st}) + (f_y * A_{s_{real}})]$$

Donde:

P_o = Fuerza resistente a carga axial pura (Ton)

A_g = Área gruesa de la sección transversal de la columna (cm^2)

$A_{s_{real}}$ = Área real de acero longitudinal de la columna (cm^2)

$$P_o = 0,80[0,85 * f'c * (A_g - A_{s_{real}}) + (f_y * A_{s_{real}})]$$

$$P_o = 0,80[0,85 * 281 * (1\ 225 - 16,00) + (4\ 200 * 16,00)]$$

$$P_o = 284\ 775,72\ Kg * \frac{1\ Ton}{1\ 000\ Kg} = 284,78\ Ton$$

- Fuerza resistente total de la columna ($P'u$)

Para el cálculo de la fuerza $P'u$ es necesario utilizar los datos obtenidos anteriores.

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P_o}$$

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{137,69} + \frac{1}{154,90} - \frac{1}{284,78}$$

$$P'u = 97,97\ Ton$$

$$P'u > Pu_{total}$$

$$97,97\ Ton > 46,30\ Ton$$

Si cumple

Por lo tanto, el armado de refuerzo longitudinal de las columnas del primer nivel tendrá 8 varillas No. 5.

- Columna segundo nivel

Datos

$$Pu_{2do\ nivel} = 14,15\ Ton$$

$$M_X = 4,95\ Ton - m$$

$$M_Y = 4,40\ Ton - m$$

$$f'_c = 281\ Kg/cm^2$$

$$f_y = 4\ 200\ Kg/cm^2$$

$$rec = 4,00\ cm$$

$$Seccion\ de\ columna = 35\ cm * 35\ cm$$

- Determinación de área de acero

Para el diseño del refuerzo longitudinal se propondrá un área de acero igual al 1,5 % del área gruesa del elemento.

$$As = 0,015 * (35 * 35)$$

$$As = 18,375\ cm^2$$

Por lo tanto, se propone un armado de 8 varillas No.5 siendo esta un área de acero igual a:

$$As_{real} = 8\ Varillas\ No.5$$

$$As_{real} = 8 * (2,00\ cm^2)$$

$$As_{real} = 16,00\ cm^2$$

$$\%A_{s_{real}} = \frac{16,00}{35 * 35} * 100 \%$$

$$\%A_{s_{real}} = 1,31 \%$$

$$0,01 \leq 0,0131 \leq 0,06$$

Si cumple

- Diagrama de interacción del comportamiento de una columna

- Excentricidades

$$e_x = \frac{4,95 \text{ Ton} - m}{14,15 \text{ Ton}}$$

$$e_x = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{4,40 \text{ Ton} - m}{14,15 \text{ Ton}}$$

$$e_y = 0,31 \text{ m} = 31 \text{ cm}$$

- Relación entre altura del núcleo y dimensiones de la columna

$$\gamma = \frac{35 - (2 * 4)}{35} = 0,77$$

- Curva ρ_μ

$$\rho_\mu = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * A_g}$$

$$\rho_\mu = \frac{16,00 * 4200}{0,85 * 281 * (35 * 35)} = 0,23$$

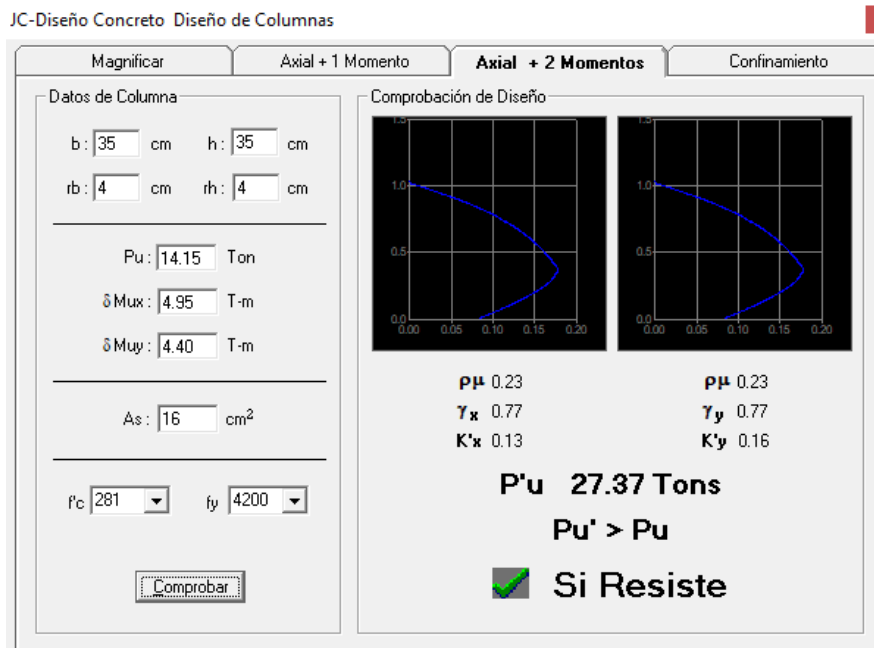
- Pendiente

La pendiente entre las excentricidades y la dimensión de la columna para el diagrama de interacción, son las siguientes:

$$\frac{e_x}{h} = \frac{0,35}{0,35} = 1,00 \qquad \frac{e_y}{h} = \frac{0,31}{0,35} = 0,89$$

A continuación, se determinarán los factores K'_x y K'_y para la columna del segundo nivel con el software JC – Diseño Concreto.

Figura 55. **Diagrama de interacción de la columna No. 13 del segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando software JC – Diseño Concreto.

$$K'_x = 0,13 \qquad K'_y = 0,16$$

- Fuerza resistente a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido X (P'_x)

$$A_g = 1\,225\text{ cm}^2$$

$$P'_x = 0,13 * 281 * 1\,225 = 40\,749,25\text{ Kg} = 40,75\text{ Ton}$$

- Fuerza resistente a flexión debido a carga con una excentricidad en sentido Y (P'_y).

$$A_g = 1\,225\text{ cm}^2$$

$$P'_y = 0,16 * 281 * 1\,225 = 55\,076\text{ Kg} = 55,08\text{ Ton}$$

- Fuerza resistente a carga axial pura (P_o)

$$P_o = 0,80[0,85 * 281 * (1\,225 - 16,00) + (4\,200 * 16,00)]$$

$$P_o = 284\,775,72\text{ Kg} * \frac{1\text{ Ton}}{1\,000\text{ Kg}} = 284,78\text{ Ton}$$

- Fuerza resistente total de la columna (P'_u)

Para el cálculo de la fuerza P'_u es necesario utilizar los datos obtenidos anteriores.

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

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{44,75} + \frac{1}{55,08} - \frac{1}{284,78}$$

$$P'_u = 27,03\text{ Ton}$$

$$P'u > Pu_{total}$$
$$27,03 \text{ Ton} > 14,15 \text{ Ton}$$

Si cumple

Por lo tanto, el armado de refuerzo longitudinal de las columnas del segundo nivel tendrá 8 varillas No. 5.

- Diseño de refuerzo de acero transversal
 - Cortante resistente del concreto

Las columnas también deben contar con refuerzo de acero transversal capaz de ser resistente al corte último determinado por la envolvente de cortante.

Debido al cortante al cual están sometidas las columnas, se deberá colocar estribos de corte a lo largo de todo el elemento, dichos estribos están determinados según el Código ACI 318S-14 inciso 25.7.2.2.

Barras No. 3 encerrando barras longitudinales No. 10 o menores.

Barras No. 4 encerrando barras longitudinales No. 11 o mayores o paquetes de barras longitudinales.

Debido que se utilizarán varillas No. 5 para el refuerzo de acero longitudinal y que estas no estarán colocadas en paquetes, se utilizarán estribos con varillas No. 3.

Para el diseño del refuerzo transversal necesario en las columnas será necesario seleccionar los cortantes máximos en cada nivel en ambos sentidos de los diagramas de cortantes obtenido del inciso 2.1.4.9.

Datos:

1er. nivel

$$Vu, col_{X,1er\ nivel} = 4,229\ Ton$$

$$Vu, col_{Y,1er\ nivel} = 3,634\ Ton$$

2do. nivel

$$Vu, col_{X,2do\ nivel} = 2,864\ Ton$$

$$Vu, col_{Y,2do\ nivel} = 2,631\ Ton$$

Es necesario calcular el valor de corte resistente del concreto, según el Código ACI 318S-14 en el inciso 22.5.6.1 V_c para miembros no preesforzados con compresión axial, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,53 * \left(1 + \frac{N_U}{140 * A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f'c} * B_{col} * d'_{real,col}$$

Donde:

V_c = Cortante resistente del concreto (Kg)

N_U = Fuerza axial mayorada en la columna (Kg)

A_g = Área gruesa de la sección transversal de la columna (cm²)

λ = Factor de modificación Lamda

$f'c$ = Esfuerzo de compresión del concreto (Kg/cm²)

B_{col} = base de la columna (cm)

$d'_{real,col}$ = Peralte efectivo real de la columna (cm)

$$d'_{real,col} = b - rec - \phi_{est\ No.3} - \frac{\phi_{varilla\ No.5}}{2}$$

$$d'_{real,col} = 35 - 4 - 0,95 - \frac{1,59}{2} = 29,26\ cm$$

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 19.2.4.2 se utilizará un concreto liviano con arena liviana por lo tanto el valor de λ es igual a 0,85, por lo tanto, el valor del cortante resistente del concreto es el siguiente:

$$V_C = 0,53 * \left(1 + \frac{40\,300}{140 * (1225)}\right) * 0,85 * \sqrt{281} * 35 * 29,26$$

$$V_C = 9\,551,07\,Kg = 9,55\,Ton$$

- Chequeo de cortantes
 - Columnas primer nivel

$$V_C > Vu, col_{X,1er\ nivel}$$

$$9,55\,Ton > 4,229\,Ton$$

Si cumple

$$V_C > Vu, col_{Y,1er\ nivel}$$

$$9,55\,Ton > 3,634\,Ton$$

Si cumple

- Columnas segundo nivel

$$V_C > Vu, col_{X,2do\ nivel}$$

$$9,55\,Ton > 2,864\,Ton$$

Si cumple

$$V_C > Vu, col_{Y,2do\ nivel}$$

$$9,55\,Ton > 2,631\,Ton$$

Si cumple

- Zona confinada
 - Longitud de confinamiento ℓ_o

En las columnas es necesario confinar una longitud ℓ_o medidos desde cada uno de sus extremos hacia el medio de la columna, dicha longitud de confinamiento está determinada según el Código ACI 318S-14 en el inciso 18.7.5.1 donde se debe seleccionar el mayor de:

La altura de la columna en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir la fluencia por flexión.

Un sexto de la luz libre de la columna.

$$\ell_o = \frac{1}{6} * H_{col}$$

$$\ell_o = \frac{1}{6} * 300 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

450 mm.

$$\ell_o = 450 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$$

Debido que en las columnas no se espera que presenten falla por flexión sino por compresión, el inciso a) no se tomara en cuenta, por lo tanto, la ℓ_o será igual a 50 cm medida de los extremos hacia el medio de cada una de las columnas.

- Espaciamiento de estribos en zona confinada

Los estribos que se coloquen en la zona confinada deben colocarse a un espaciamiento máximo determinado por el código ACI 318S-14 inciso 18.7.5.3 donde debe seleccionarse el menor de:

La cuarta parte de la dimensión menor de la columna.

$$S = \frac{1}{4} * B_{co}$$
$$S = \frac{1}{4} * 35 = 8,75 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}$$

Seis veces el diámetro menor de la barra de refuerzo longitudinal.

$$S = 6 * \emptyset_{\text{Varilla No.5}}$$
$$S = 6 * 1,59 = 9,54 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm}$$

So según se calcule por medio de la siguiente ecuación:

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3} \right)$$

Donde:

S_o = Espaciamiento máximo en zona confinada

h_x = Espaciamiento máximo, medido de centro a centro entre barras longitudinales

$$h_x = b - rec - rec - \emptyset_{\text{Varilla No.3}}$$
$$h_x = (35 - 4 - 4) - 0,95 = 26,05 \text{ cm}$$

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - 26,05}{3} \right)$$
$$S_o = 12,98 \text{ cm}$$

El espaciamiento S_o no debe ser mayor a 150 mm y no es necesario tomarlo menor a 100 mm, con lo cual $S_o = 129,80 \text{ mm}$, si cumple con dicha condición.

Por lo tanto, el espaciamiento menor en la zona confinada este dado por el inciso a) $S = 8,00$ cm, sin embargo, el código ACI 318S-14 también establece que teniendo así un espaciamiento en la zona confinada de:

$$S = 8,00 \text{ cm}$$

- Cantidad de refuerzo transversal

Habiendo determinado el espaciamiento de los estribos, el código ACI 318S-14 establece que se debe cumplir con una cantidad mínima de refuerzo transversal en el inciso 18.7.5.4.

- $Pu \leq 0,3 * A_g * f'c$ y $f'c \leq 700 \text{ Kg/cm}^2$

El valor $\frac{A_{s_{real}}}{S * b_c}$ será igual al mayor de:

$$0,3 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \frac{f'c}{f_{yt}}$$

$$0,09 * \frac{f'c}{f_{yt}}$$

- $Pu > 0,3 * A_g * f'c$ o $f'c > 700 \text{ Kg/cm}^2$

El valor $\frac{A_{s_{real}}}{S * b_c}$ será igual al mayor de:

$$0,3 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \frac{f'c}{f_{yt}}$$

$$0,09 * \frac{f'c}{f_{yt}}$$

$$0,2 * k_f * k_n * \frac{Pu}{f_{yt} * A_{ch}}$$

Por lo tanto, se evaluarán las condiciones dadas para nuestra columna:

$$Pu \leq 0,3 * A_g * f'c$$

$$46,30 \text{ Ton} \leq 0,3 * 1\,225 \text{ cm}^2 * 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$46,30 \text{ Ton} \leq 103,27 \text{ Ton}$$

Si cumple

$$f'c \leq 700 \text{ Kg/cm}^2$$

$$281 \text{ Kg/cm}^2 \leq 700 \text{ Kg/cm}^2$$

Si cumple

Entonces el valor $\frac{A_{s_{real}}}{S * b_c}$ será igual al mayor de:

$$0,3 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \frac{f'c}{f_{yt}}$$

$$0,3 * \left(\frac{1\,225}{(35 - 4)^2} - 1 \right) * \frac{281}{4\,200} = 0,0055$$

$$0,09 * \frac{f'c}{f_{yt}}$$

$$0,09 * \frac{281}{4\,200} = 0,0060$$

Obteniendo el valor de:

$$\frac{A_{s_{real}}}{S * b_c} = 0,006$$

$$A_{s_{real}} = 0,006 * S * b_c$$

$$A_{s_{real}} = 0,006 * S * (b - rec)$$

$$A_{s_{real}} = 0,006 * 8 * (35 - 4)$$

$$A_{sh} = 1,49 \text{ cm}^2$$

Con lo cual para calcular el No. Ramas de estribos No.3 se debe calcular de la siguiente manera:

$$No \text{ ramas} = \frac{A_{s_{real}}}{A_{est \text{ varilla No.3}}} = \frac{1,49 \text{ cm}^2}{0,71 \text{ cm}^2} = 2,10 \approx 3 \text{ Ramas de varillas No. 3}$$

Teniendo así un área total de 2,13 cm², siendo así un estribo más un eslabón.

- Zona no confinada

El espaciamiento de los estribos en la zona no confinada está determinado según el código ACI 318S-14 en el inciso 18.7.5.5, donde el espaciamiento máximo debe ser el menor de:

6 veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna.

$$S = 6 * \emptyset_{Varilla \text{ No.5}}$$

$$S = 6 * 1,59 = 9,54 \text{ cm}$$

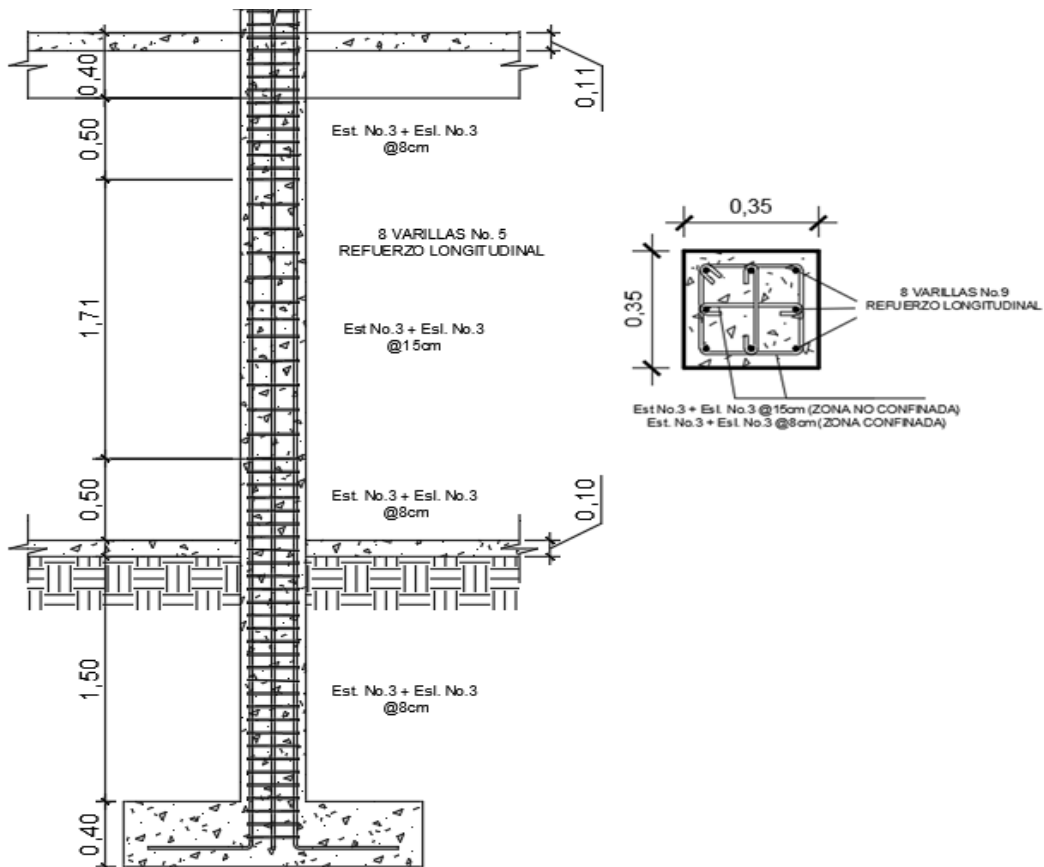
150 mm.

$$S = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$$

Por lo tanto, debido a que todas las columnas tienen un refuerzo de acero longitudinal de 8 varillas No. 5 el espaciamiento máximo para la zona no confinada en todas las columnas será de:

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

Figura 56. **Diseño de refuerzo de acero longitudinal y transversal de la columna típica de los marcos 2 y 3**

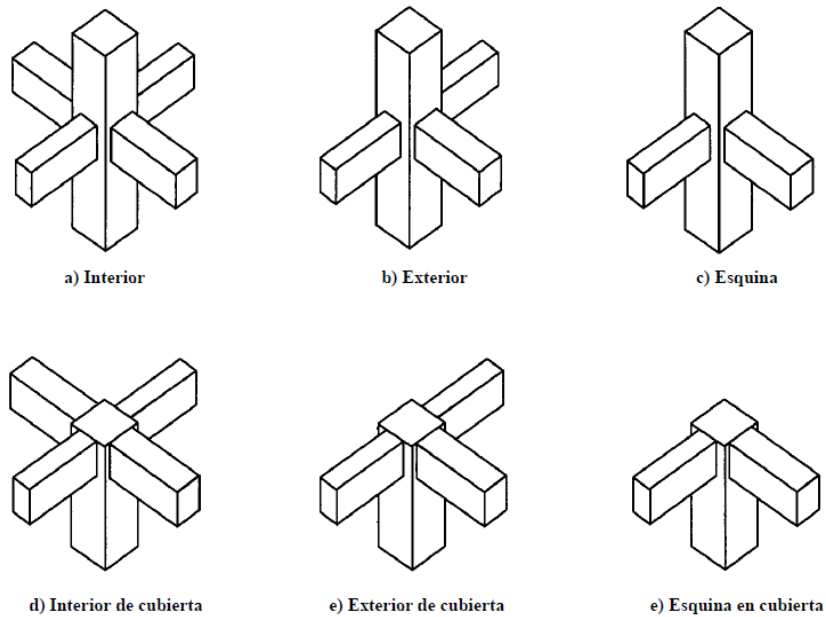


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

2.1.3.10.4. Diseño de nudo sísmico

Se le conoce como nudo a todas las conexiones viga-columna, estas deben ser diseñadas para soportar los momentos y cortantes a los que son sometidas, es por ello por lo que se necesita resaltar que existen varios tipos de nudos que se presentan a continuación:

Figura 57. **Conexiones típicas viga-columna**



Fuente: ACI 352 RS-02. *Diseño de conexiones viga-columna en estructuras monolíticas de concreto reforzado*. p. 4.

Para calcular el nudo sísmico se aplica el concepto de columna fuerte – viga débil, estos nudos deben cumplir con algunos chequeos, para ello se analizará una columna exterior debido que en las columnas interiores no se esperan grandes momentos no balanceados, a continuación, se realizaran el diseño de

un nudo sísmico con la ayuda del código 318S-14 y el código ACI 352 RS-02 se realizaron los chequeos de la columna No. 11.

- Chequeo de momento

Para este chequeo se debe cumplir con el código 318S-14 inciso 18.7.3.2 la cual expresa que la resistencia a flexión de una columna debe ser la siguiente:

$$\sum M_{col} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{viga}$$

- Columnas

Por lo tanto, se calcularán los momentos máximos probables de las columnas del primer y segundo nivel.

Datos:

$$Pu_{2do\ nivel} = 14,15\ Ton$$

$$Pu_{1er\ nivel} = 46,30\ Ton$$

$$f'c = 281\ Kg/cm^2$$

$$f_y = 4\ 200\ Kg/cm^2$$

$$rec = 4,00\ cm$$

$$Seccion\ de\ columna = 35\ cm * 35\ cm$$

$$A_s = 16,00\ cm^2$$

Para el cálculo del momento máximo probable se hará uso de las gráficas del diagrama de interacción de columnas de Gonzales Cuevas las cuales establecen las siguientes ecuaciones para la determinación de K.

$$K' = \frac{Pu}{Fr * B_{col} * H_{col} * f'c}$$

Donde:

K' = Factor K' para el diagrama de interacción

Pu = Carga axial de la columna (Kg)

Fr = factor de reducción = 0,65

b = base de la sección transversal de la columna (cm)

h = altura de la sección transversal de la columna (cm)

f'c = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

$$K'_{2do} = \frac{14\ 150}{0,65 * 35 * 35 * 281}$$

$$K'_{2do} = 0,06$$

$$K'_{1er} = \frac{46\ 300}{0,65 * 35 * 35 * 281}$$

$$K'_{1er} = 0,21$$

$$q = \rho * \frac{fy}{0,85 * 0,80 * f'c}$$

$$q = \frac{As}{Ag} * \frac{fy}{0,85 * 0,80 * f'c}$$

$$q = \frac{16}{35 * 35} * \frac{4\ 200}{0,85 * 0,80 * 281}$$

$$q = 0,30$$

Habiendo obtenido los valores de la curva y los valores de K se procede a determinar los valores de R' respectivos mediante el diagrama de interacción más adecuado para la columna según las propiedades de los elementos.

$$\text{Cuando } q = 0,30 \text{ y } K_{1er} = 0,21 \rightarrow R'_{1er \text{ nivel}} = 0,16$$

$$\text{Cuando } q = 0,30 \text{ y } K_{2do} = 0,06 \rightarrow R'_{2do \text{ nivel}} = 0,15$$

Habiendo obtenido los valores de R para las columnas de ambos niveles, se procede a calcular el momento máximo probable despejando la siguiente ecuación proporcionada también por las gráficas de Gonzales Cuevas.

$$R' = \frac{M_{MP}}{\phi * B_{col} * H_{col}^2 * f'c}$$

Donde:

R' = Valor R' del diagrama de interacción de columnas

M_{MP} = Momento máximo probable (Kg – cm)

φ = Factor de reducción, según la tabla 21.2.1 del ACI 318

$$\phi = (0,65 - 0,90)$$

b = base de la sección transversal de la columna (cm)

h = altura de la sección transversal de la columna (cm)

f'c = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

$$M_{MP,2do} = 0,15 * 0,75 * 35 * (35)^2 * 281$$

$$M_{MP,2do} = 1\ 355\ 386 \text{ Kg} - \text{cm} = 13\ 553,86 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{MP,1er} = 0,16 * 0,75 * 35 * (35)^2 * 281$$

$$M_{MP,1er} = 1\ 445\ 745 \text{ Kg} - \text{cm} = 14\ 457,45 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$\sum M_{col} = 13\ 553,86 + 14\ 457,45 = 28\ 011,31 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Vigas

Para calcular los momentos máximos probables de las vigas, primero se deben identificar cuáles son las vigas que están conectadas a nuestra columna No.11 del entrepiso, además es necesario conocer el área de acero para momentos negativos superiores de cada una de las vigas.

A la columna No.11 están conectadas las vigas D, E (del eje A) y la viga 5 del eje 3, a continuación, se calculará el momento máximo probable de la viga 5 del marco 3.

Datos Viga 5, marco 3

$$d_{viga} = 35,28 \text{ cm}$$

$$B_{viga} = 25,00 \text{ Ton}$$

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

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{S,(neg\ superior)} = 6,50 \text{ cm}^2$$

Se calculará el momento máximo probable con la siguiente ecuación:

$$M_{pr,viga} = \phi * A_s * f_y * \left(d_{viga} - \frac{a}{2} \right)$$

Donde:

$M_{pr,viga}$ = Momento máximo probable de la viga (Kg-cm)

ϕ = Factor de reducción de momento en las vigas = 0,90

$A_{S,(neg superior)}$ = Área de refuerzo de acero para momento negativo (cm²)

f_y = Resistencia a la fluencia del acero (cm²)

d_{viga} = Peralte efectivo de viga (cm)

a = Altura del bloque equivalente de esfuerzos de la viga (cm)

$$a = \frac{A_{S,(neg superior)} * f_y}{0,85 * f'c * B_{viga}}$$

$$a = \frac{6,50 * 4\ 200}{0,85 * 281 * 25} = 4,57\ cm$$

$$M_{pr,viga} = \phi * A_{S,(neg superior)} * f_y * \left(d_{viga} - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{pr,viga} = 0,90 * 6,50 * 4\ 200 * \left(35,28 - \frac{4,57}{2}\right)$$

$$M_{pr,viga} = 810\ 687\ Kg - cm = 8\ 106,87\ Kg - m$$

De la misma manera se calcularon los momentos máximos probables de las otras vigas conectadas a la columna No.11 presentados en la siguiente tabla.

Tabla LXXVI. **Momentos máximos probables de vigas conectadas a la columna No.11**

Marco	Viga	As (cm ²)	d _{viga} (cm)	a (cm)	Mpr (Kg-m)
3	5	6,50	35,28	4,57	8 106,87
C	D	6,50	35,28	4,57	8 106,87
	E	5,25	35,28	3,69	6 635,18
Total					22 848,92

Fuente: elaboración propia.

$$\sum M_{viga} = 8\,106,87 + 8\,106,87 + 6\,635,18 = 22\,848,92 \text{ Kg} - m$$

$$\sum M_{col} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{viga}$$

$$28\,011,31 \text{ Kg} - m \geq \left(\frac{6}{5}\right) * 22\,848,92 \text{ Kg} - m$$

$$28\,011,31 \text{ Kg} - m \geq 27\,418,70 \text{ Kg} - m$$

Si cumple

- Chequeo de corte

También es necesario realizar un chequeo de cortante para ello el ACI 352 indica que en una columna exterior el chequeo se debe realizar con la viga que no posee continuidad siendo esta la viga 5 del marco 3.

$$\phi V_n > V_u$$

Donde el código 318S-14 en el inciso 21.2.4.3 establece que $\phi = 0,85$ para el cortante en nudos de viga-columna.

- Cortante actuante

Para calcular el cortante actuante es necesario calcular antes el cortante resistente de la columna se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$V_{col} = \frac{M_{pr,viga}}{\frac{H_{col,1er}}{2} + \frac{H_{col,2do}}{2}}$$

$$V_{col} = \frac{8\,106,87}{\frac{3,00}{2} + \frac{3,00}{2}} = 2\,702,29 \text{ Kg}$$

Para determinar el cortante actuante es necesario emplear la siguiente ecuación:

$$V_{act} = T_u - V_{col}$$

$$T_u = A_{S,(neg superior)} * 1,25 * f_y$$

$$T_u = 6,50 * 1,25 * 4 200$$

$$T_u = 34 125 Kg$$

$$V_{act} = 34 125 - 2 702,29 = 31 422,71 Kg$$

- Cortante resistente del nudo

Para el cortante resistente del nudo se utilizará la ecuación del código 318S-14 en la tabla 18.8.4.1.

$$\text{Para columnas interiores } V_n = 5,3 * \lambda * \sqrt{f'c} * A_j$$

$$\text{Para columnas exteriores } V_n = 4,0 * \lambda * \sqrt{f'c} * A_j$$

$$\text{Para columnas de esquina } V_n = 3,2 * \lambda * \sqrt{f'c} * A_j$$

Donde:

V_n = Resistencia nominal de cortante del nudo sísmico (Kg)

λ = 0,75 para concreto liviano y 1,00 para concreto de peso normal

$f'c$ = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

A_j = Área efectiva del nudo (m²)

$$A_j = b_j * h_j$$

Donde:

A_j = Área efectiva del nudo (m^2)

b_j = Base efectiva del nudo (m)

h_j = Profundidad efectiva del nudo (m)

La profundidad efectiva del nudo es igual a la altura de la base transversal de la columna, es decir, 35 cm. Para la base efectiva del nudo es necesario tomar el menor de las siguientes condiciones:

$$b_j \leq \begin{cases} a) \frac{B_{viga} + B_{col}}{2} \\ b) B_{viga} \\ c) B_{col} \end{cases}$$

$$b_j \leq \begin{cases} a) \frac{25 + 35}{2} = 30 \\ b) 25 \\ c) 35 \end{cases}$$

Para nuestra columna b_j es igual a:

$$b_j = 25 \text{ cm}$$

Entonces:

$$V_n = 4,0 * \lambda * \sqrt{f'c} * A_j$$

$$V_n = 4,0 * 1,0 * \sqrt{281} * (35 * 25)$$

$$V_n = 58\ 670,69 \text{ Kg}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$0,85 * 58\ 670,69 \text{ Kg} > 31\ 422,71 \text{ Kg}$$

$$49\ 870,09 \text{ Kg} > 31\ 422,71 \text{ Kg}$$

Si cumple

Por lo tanto, no es necesario colocar refuerzo transversal adicional al nudo sísmico.

- Chequeos dimensionales

El código ACI 318S-14 en el inciso 18.8.2.3 establece que la base de la columna debe ser mayor que 20 veces el diámetro de la varilla más grande del refuerzo longitudinal de la columna.

$$B_{col} > 20 * \phi_{var}$$
$$35 \text{ cm} > 20 * 1,59 \text{ cm}$$
$$35 \text{ cm} > 31,8 \text{ cm}$$

Si cumple

El código ACI 318S-14 también establece en el inciso 18.8.2.4 establece que la profundidad efectiva del nudo debe ser mayor que la mitad de la altura de la viga más grande que esté conectada al nudo.

$$h_j > \frac{H_{viga}}{2}$$
$$35 \text{ cm} > \frac{40 \text{ cm}}{2}$$
$$35 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

Si cumple

- Refuerzo de acero

El código ACI 318S-14 inciso 18.8.5.1 también establece que las barras del refuerzo de acero de una viga que tengan terminación en la columna deben poseer una longitud de gancho prolongada hacia el interior del nudo.

$$\ell_{dh} = \frac{f_y * \phi_{var}}{17 * \lambda * \sqrt{f'c}}$$

La longitud ℓ_{dh} mínima debe ser al menos mayor o igual a

$$a) \ell_{dh} = 8 * \phi_{var}$$

$$b) \ell_{dh} = 150mm$$

- Barras No. 3

$$\ell_{dh} = \frac{4\,200 * 0,95}{17 * 1,0 * \sqrt{281}} = 14,00 \text{ cm}$$

$$a) \ell_{dh} = 8 * 0,95 = 7,60 \text{ cm}$$

$$b) \ell_{dh} = 150 \text{ mm}$$

Se utilizará una $\ell_{dh} = 15 \text{ cm}$ para las varillas No.3

- Barras No. 4

$$\ell_{dh} = \frac{4\,200 * 1,27}{17 * 1,0 * \sqrt{281}} = 18,72 \text{ cm}$$

$$a) \ell_{dh} = 8 * 1,27 = 10,16 \text{ cm}$$

$$b) \ell_{dh} = 150 \text{ mm}$$

Se utilizará una $\ell_{dh} = 18,72 \text{ cm}$ para las varillas No.4

- Barras No. 5

$$\ell_{dh} = \frac{4\,200 * 2,0}{17 * 1,0 * \sqrt{281}} = 29,48 \text{ cm}$$

$$a) \ell_{dh} = 8 * 2,0 = 16,00 \text{ cm}$$

$$b) \ell_{dh} = 150 \text{ mm}$$

Se utilizará una $\ell_{dh} = 29,48 \text{ cm}$ para las varillas No.5

2.1.3.10.5. Cimientos

Los cimientos son una parte fundamental en el diseño de una estructura, son los últimos elementos estructurales en diseñar debido a que son los encargados principales del soporte de la estructura, es necesario que cada columna este apoyada en su debido cimiento y así transmitir la carga axial y momento hacia el cimiento y este a su vez pueda transmitirlos hacia el suelo.

Los cimientos deben ser el anclaje perfecto al suelo para la estructura, un cimiento no debe presentar desplazamientos verticales ni horizontales, sin importar las fuerzas y momentos a los que esté sometido.

Las zapatas serán los cimientos utilizados para nuestra edificación, estas pueden variar según sus limitaciones, tales como:

- Zapatas aisladas concéntricas: son cimientos los cuales pueden extenderse en ambos sentidos de una columna sin tener contacto con otra zapata o alguna colindancia con otro terreno.
- Zapatas aisladas con excentricidad en 1 sentido: también llamadas zapatas de borde son aquellos cimientos que están restringidos por la presencia de algún cimiento próximo de alguna edificación existente o alguna colindancia con otro terreno aledaño.
- Zapatas aisladas con excentricidad en 2 sentidos: también llamadas zapatas de esquina son aquellos cimientos restringidos en 2 de sus lados los cuales son perpendiculares entre sí, por causa de proximidades de cimientos de otras edificaciones o alguna colindancia con otros terrenos aledaños.

- Zapatas combinadas: son aquellos cimientos que sirven para 2 o más columnas en un mismo eje, por lo general estas son utilizadas en columnas muy próximas dentro de la misma edificación, donde de utilizar zapatas aisladas, estas estarían traslapadas o estén juntas, borde con borde.
- Losas de cimentación: es aquel cimiento que suele utilizarse cuando el valor soporte del suelo es muy bajo y se tiene una carga axial muy grande con lo cual las columnas necesitan zapatas de dimensiones muy grandes.

En nuestra edificación escolar de 2 niveles serán necesarias emplear zapatas aisladas concéntricas y zapatas aisladas con excentricidad en 1 sentido.

Para el diseño apropiado de las zapatas será necesario el valor soporte del suelo calculado en el inciso 2.1.2.1. con la ayuda del ensayo triaxial efectuado en el terreno, así como también es necesario realizar 3 chequeos para toda zapata siendo estos, chequeo de presiones, chequeo por corte simple, chequeo por corte punzonante y chequeo por flexión.

- Zapata aislada concéntrica

Para el diseño de la zapata aislada concéntrica se utilizarán los siguientes datos obtenidos de la columna del primer nivel, además del valor soporte del suelo.

Datos:

$$Pu_{total} = 46,30 \text{ Ton}$$

$$M_x = 7,18 \text{ Ton} - m$$

$$M_y = 6,06 \text{ Ton} - m$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma_s = 0,76 \text{ ton/m}^3$$

$$F_{CU} = 1,54$$

$$VS = 30 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Espesor de zapata propuesto} = t_{zapata} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Desplante de l cimentación} = 1,50 \text{ m}$$

- Predimensionamiento de zapata

Para predimensionamiento es necesario desmayorar la carga axial total.

$$P' = \frac{Pu_{total}}{F_{CU}}$$

Donde:

P' = Carga axial total efectiva

Pu_{total} = Carga axial total mayorada transmitida por la columna

$$P' = \frac{46,30 \text{ Ton}}{1,54}$$

$$P' = 30,06 \text{ Ton}$$

$$A_{zapata} = \frac{1,50 * P'}{VS}$$

Donde:

A_{zapata} = Área predimensionada de zapata (m²)

P' = Carga axial total efectiva (Ton)

VS = Valor soporte del suelo (Ton/m²)

$$A_{Zapata} = \frac{1,50 * 30,06}{30}$$

$$A_{Zapata} = 1,503 \text{ m}^2$$

Por lo tanto

$$A_{Zapata} = B_{Zapata} * B_{Zapata}$$

$$1,503 = B_{Zapata}^2$$

$$B_{Zapata} = \sqrt{1,503}$$

$$B_{Zapata} = 1,226 \approx 1,25 \text{ m}$$

Nota: después de realizar los chequeos de presiones se determinó que la base de la zapata requería una longitud de 1,60 m.

- Chequeo de presiones

A continuación, se realizará el chequeo de presiones donde existen 2 condiciones:

- $q_{min} > 0,00 \text{ ton/m}^2$
- $q_{max} \leq VS$
 $q_{max} \leq 30 \text{ ton/m}^2$

Para lo cual se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$q_{max} = \frac{P_S}{A_{Zapata}} + \frac{M_{TX}}{S_X} + \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

$$q_{min} = \frac{P_S}{A_{Zapata}} - \frac{M_{TX}}{S_X} - \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

Donde:

P_S = Carga total sobre el suelo (Ton)

A_{Zapata} = Área predimensionada de zapata (m^2)

$M_{TX, TY}$ = Momento efectivo en sentido X y Y. (Ton-m)

$S_{X, Y}$ = Modulo de sección en sentido X y Y. (m^3)

- Carga total sobre el suelo

Para el cálculo de la carga total sobre el suelo es necesario considerar la carga axial efectiva de la columna, el peso del suelo, el peso de la columna hasta el desplante y el peso propio de la cimentación.

$$P_S = P' + P_{\gamma_s} + P_{Col} + P_{Cim}$$

Donde:

P_S = Carga total sobre el suelo (Ton)

P' = Carga axial total efectiva (Ton)

P_{γ_s} = Peso propio del suelo (ton)

P_{Col} = Peso propio de la columna hasta el desplante (Ton)

P_{Cim} = Peso propio de la cimentación (Ton)

- Peso propio del suelo

$$P_{\gamma_s} = (B_{Zapata} * B_{Zapata}) * D_f * \gamma_s$$

Donde:

P_{γ_s} = Peso propio del suelo (ton)

B_{Zapata} = Base de la zapata (m)

D_f = Desplante (m)

γ_s = Peso específico del suelo (Ton/ m^2)

$$P_{Y_s} = (1,25 * 1,25) * 1,50 * 0,76$$

$$P_{Y_s} = 1,78 \text{ Ton}$$

- Peso propio de la columna hasta el desplante

$$P_{Col} = (B_{col} * B_{col}) * (H + D_f) * PU_{concreto}$$

Donde:

P_{Col} = Peso propio de la columna hasta el desplante (Ton)

B_{col} = Base de la zapata (m)

D_f = Desplante (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Ton/m³)

$$P_{Col} = (0,35 * 0,35) * (3,00 + 1,50) * 2,4$$

$$P_{Col} = 1,32 \text{ Ton}$$

- Peso propio de la zapata

$$P_{Cim} = (B_{zapata} * B_{zapata}) * (t_{zapata}) * PU_{concreto}$$

Donde:

P_{Cim} = Peso propio de la zapata (Ton)

B_{zapata} = Base de la zapata (m)

t_{zapata} = Espesor de la zapata (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Ton/m³)

$$P_{Cim} = (1,25 * 1,25) * (0,40) * 2,40$$

$$P_{Cim} = 1,50 \text{ Ton}$$

- Cálculo de la carga axial total sobre el suelo

$$P_S = P' + P_{Ys} + P_{Col} + P_{Cim}$$

$$P_S = 30,06 + 1,78 + 1,32 + 1,50$$

$$P_S = 34,66 \text{ Ton}$$

- Momentos efectivos

También es necesario desmayorar los momentos en ambos sentidos.

- Sentido X

$$M_{TX} = \frac{M_X}{F_{CU}}$$

Donde:

M_{TX} = Momento efectivo en sentido X

M_X = Momento mayorado en sentido X

$$M_{TX} = \frac{M_X}{F_{CU}}$$

$$M_{TX} = \frac{7,18}{1,54}$$

$$M_{TX} = 4,66 \text{ Ton} - m$$

- Sentido Y

$$M_{TY} = \frac{M_Y}{F_{CU}}$$

Donde:

M_{TY} = Momento efectivo en sentido Y

M_Y = Momento mayorado en sentido Y

$$M_{TY} = \frac{M_Y}{F_{CU}}$$

$$M_{TY} = \frac{6,06}{1,54}$$

$$M_{TY} = 3,94 \text{ Ton} - m$$

- Módulo de sección
 - Sentido X

$$S_X = \frac{1}{6} * B_{zapata} * L_{zapata}^2$$

Donde:

S_X = Módulo de sección en sentido X (m^3)

B_{zapata} = Base de la zapata (m)

L_{zapata} = Largo de la zapata (m)

Debido que es una zapata cuadrada el largo de la zapata tendrá la misma magnitud que la base de la zapata.

$$S_X = \frac{1}{6} * 1,25 * (1,25)^2$$

$$S_X = 0,326 \text{ m}^3$$

- Sentido Y

$$S_Y = \frac{1}{6} * B_{zapata} * L_{zapata}^2$$

Donde:

S_Y = Módulo de sección en sentido Y (m^3)

B_{zapata} = Base de la zapata (m)

L_{zapata} = Largo de la zapata (m)

$$S_Y = \frac{1}{6} * 1,25 * (1,25)^2$$

$$S_Y = 0,326 \text{ m}^3$$

- Cálculo de presión máxima

$$q_{max} = \frac{P_S}{A_{zapata}} + \frac{M_{TX}}{S_X} + \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

$$q_{max} = \frac{34,66}{1,25 * 1,25} + \frac{4,66}{0,326} + \frac{3,94}{0,326}$$

$$q_{max} = 48,60 \text{ Ton/m}^2$$

$$48,60 \text{ Ton/m}^2 \leq 30 \text{ ton/m}^2$$

No cumple

- Cálculo de presión mínima

$$q_{min} = \frac{P_S}{A_{zapata}} - \frac{M_{TX}}{S_X} - \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

$$q_{min} = \frac{34,66}{1,25 * 1,25} - \frac{4,66}{0,326} - \frac{3,94}{0,326}$$

$$q_{min} = -4,16 \text{ Ton/m}^2$$

$$-4,16 \text{ Ton/m}^2 > 0,00 \text{ ton/m}^2$$

No cumple

Debido a que no se cumplen las 2 condiciones de presión mínima y presión máxima, se propone el aumentar la base de la zapata, realizando el mismo

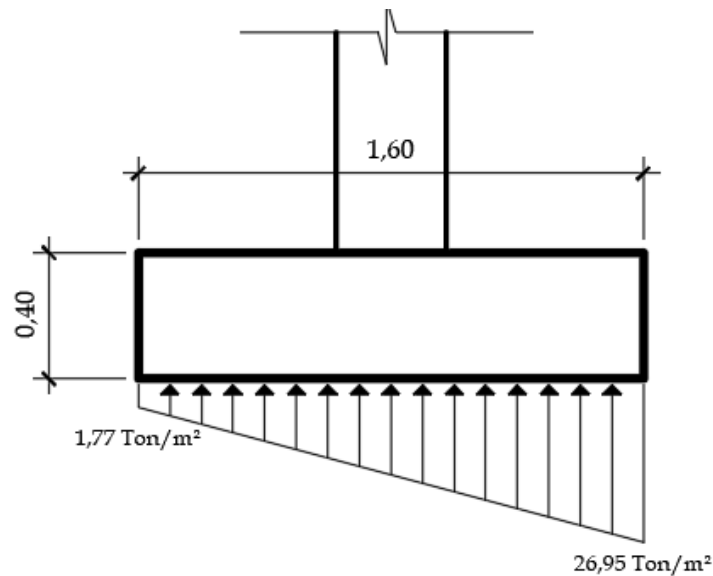
procedimiento anterior, con dicho procedimiento se realizaron las siguientes tablas.

Tabla LXXVII. **Chequeo de presiones para zapata aislada concéntrica**

Dimensiones propuestas (m)		Carga total sobre el suelo (ton)					Momentos efectivos		Módulo de sección (m ³)		Presiones mínima y máxima (Ton/m ²)	
B	T	P'	P _{γs}	P _{col}	P _{cim}	P _S	M _{TX}	M _{TY}	S _X	S _Y	q _{min}	q _{max}
1,25	0,40	30,06	1,78	1,32	1,50	34,66	4,66	3,94	0,326	0,326	-4,16	48,60
1,35	0,40	30,06	2,07	1,32	1,75	35,20	4,66	3,94	0,410	0,410	-1,63	40,32
1,50	0,40	30,06	2,57	1,32	2,16	36,11	4,66	3,94	0,563	0,563	0,77	31,32
1,60	0,40	30,06	2,92	1,32	2,46	36,76	4,66	3,94	0,683	0,683	1,77	26,95

Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Diagrama de presiones mínima y máxima en zapata aislada concéntrica**



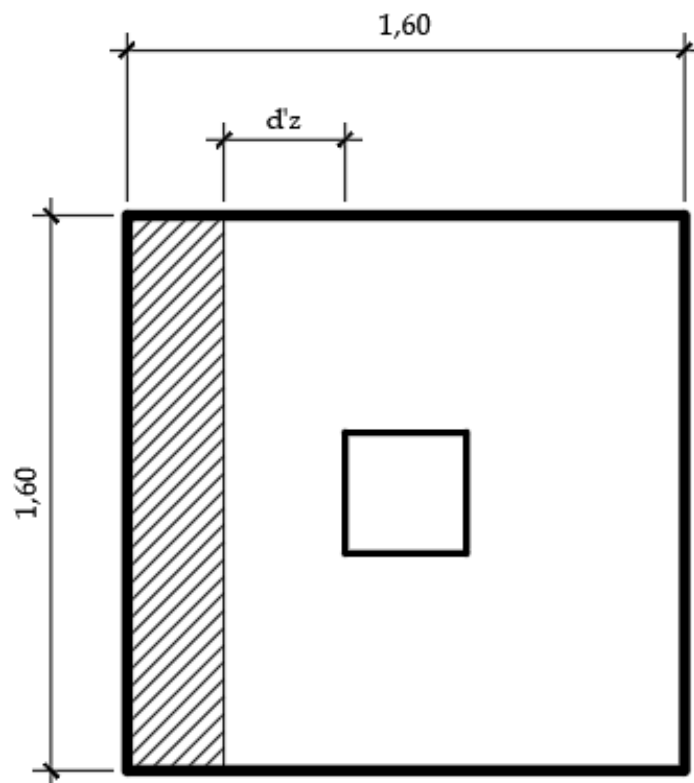
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, para cumplir con el chequeo de presión mínima y presión máxima, es necesario que las zapatas aisladas concéntricas deben tener una base y largo de 1,60 m.

- Chequeo por corte simple
 - Cortante Simple

A continuación, se calculará el cortante simple actuante, el cual se representa con la ayuda de la siguiente figura.

Figura 59. **Diagrama de cortante simple en una zapata aislada concéntrica.**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Por lo tanto, el cortante simple se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{simple} = (A_{achurada} * q_{diseño})$$

Donde:

V_{simple} = Cortante simple actuante en la zapata (Ton)

$A_{achurada}$ = Área achurada en la figura 59 (m²)

$q_{diseño}$ = Presión última de diseño (Ton/m²)

- Presión última de diseño

Para realizar el chequeo por corte simple es necesario mayorar la presión máxima para obtener la presión última de diseño, mediante la siguiente ecuación.

$$q_{diseño} = q_{max} * F_{CU}$$

$$q_{diseño} = 26,95 * 1,54$$

$$q_{diseño} = 41,50 \text{ Ton/m}^2$$

- Peralte efectivo

Para la determinación del cortante simple es necesario calcular el peralte efectivo de la zapata con un valor de t propuesto de 40 cm.

$$d'_{zapata} = t_{zapata} - rec - \frac{\phi_{var \text{ No.5}}}{2}$$

Donde:

d'_{zapata} = Peralte efectivo de la zapata (cm)

t_{zapata} = Espesor de la zapata (cm)

rec = Recubrimiento del refuerzo de acero de la zapata (cm)

En la tabla 20.6.1.3.1. del código ACI 318S-14, se establece que el recubrimiento para todos los elementos construidos contra el suelo y que son permanecen permanentemente en contacto con él se tiene un recubrimiento especificado de 75 mm.

$$d'_{zapata} = t_{zapata} - rec - \frac{\phi_{var\ No.5}}{2}$$

$$d'_{zapata} = 40 - 7,5 - \frac{1,59}{2}$$

$$d'_{zapata} = 31,71\ cm$$

- Cálculo de área achurada

$$A_{achurada} = B_{zapata} * \left(\frac{B_{zapata} - B_{col}}{2} - d'_{zapata} \right)$$

$$A_{achurada} = 1,60 * \left(\frac{1,60 - 0,35}{2} - 0,3171 \right)$$

$$A_{achurada} = 0,493\ m^2$$

- Cálculo del cortante Simple

$$V_{simple} = (A_{achurada} * q_{diseño})$$

$$V_{simple} = (0,493 * 41,50)$$

$$V_{simple} = 20,46\ Ton$$

- Cortante resistente del concreto

Según el Código ACI 318S-14 en el inciso 22.5.6.1. el cortante resistente del concreto de los elementos sometidos a compresión axial se debe calcular de la siguiente manera:

$$V_C = 0,53 * \left(1 + \frac{N_U}{140 * A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * B_{zapata} * d'_{zapata}$$

Donde:

V_C = Cortante resistente del concreto (Kg)

N_U = Fuerza axial mayorada (Kg)

A_g = Arena gruesa de la sección transversal de la zapata (cm²)

λ = Factor de modificación Lamda

f'_c = Esfuerzo de compresión del concreto (Kg/cm²)

B_{zapata} = base de la zapata (cm)

d'_{zapata} = Peralte efectivo real de la zapata (cm)

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 19.2.4.2 se utilizará un concreto de peso normal por lo tanto el valor de λ es igual a 1,00, por lo tanto, el valor del cortante resistente del concreto es el siguiente:

$$V_C = 0,53 * \left(1 + \frac{46\,300}{140 * (160 * 160)} \right) * 1,00 * \sqrt{281} * 160 * 31,71$$

$$V_C = 45\,658,30 \text{ Kg} = 45,66 \text{ Ton}$$

- Verificación de cortante simple

El cortante resistente del concreto debe ser mayor al cortante simple actuante, por lo tanto, se procederá a realizar la verificación.

$$V_C > V_{simple}$$

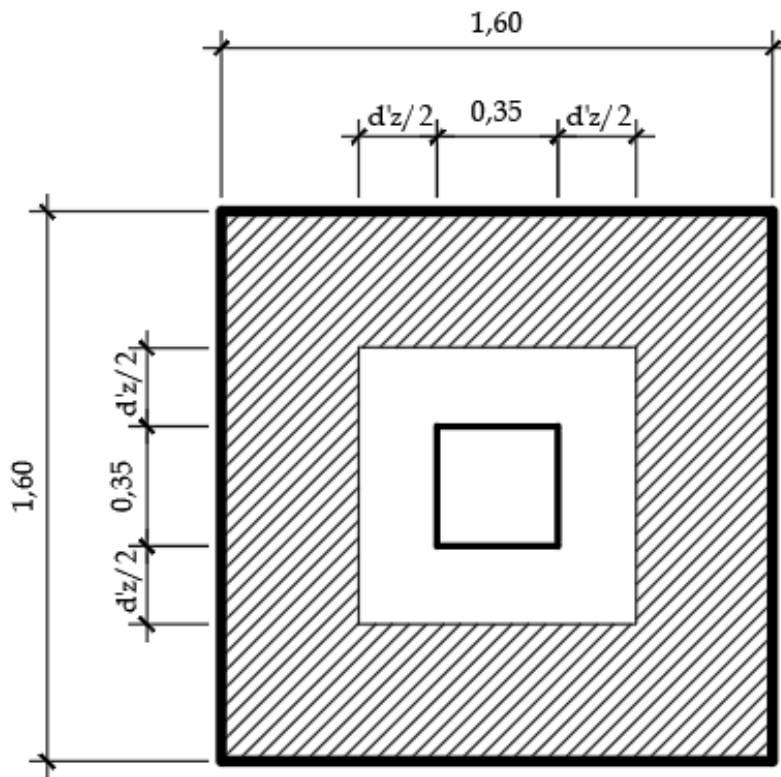
$$45,66 \text{ Ton} > 20,46 \text{ Ton}$$

Si cumple ✓

- Chequeo por corte punzonante
 - Cortante punzonante

A continuación, se calculará el cortante punzonante actuante, el cual se representa con la ayuda de la siguiente figura.

Figura 60. **Diagrama de cortante punzonante en una zapata aislada concéntrica.**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Por lo tanto, el cortante punzonante se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{\text{punzonante}} = (A_{\text{achurada}} * q_{\text{diseño}})$$

Donde:

$V_{punzonante}$ = Cortante punzonante actuante en la zapata (Ton)

$A_{achurada}$ = Área achurada en la figura 60 (m^2)

$q_{diseño}$ = Presión última de diseño (Ton/m^2)

✓ Cálculo de área achurada

$$A_{achurada} = (B_{zapata} * B_{zapata}) - \left(B_{col} + \frac{d'_{zapata}}{2} + \frac{d'_{zapata}}{2} \right)^2$$

$$A_{achurada} = (1,60 * 1,60) - \left(0,35 + \frac{0,3171}{2} + \frac{0,3171}{2} \right)^2$$

$$A_{achurada} = 2,11 m^2$$

✓ Cálculo del cortante punzonante

$$V_{punzonante} = (A_{achurada} * q_{diseño})$$

$$V_{punzonante} = (2,11 * 41,50)$$

$$V_{punzonante} = 87,57 Ton$$

▪ Cortante punzonante resistente del concreto

Para el cortante punzonante resistente del concreto se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_C = 1,06 * \lambda * \sqrt{f'_c} * B_0 * d'_{zapata}$$

Donde:

V_C = Cortante resistente del concreto (Kg)

λ = Factor de modificación Lamda

$f'c$ = Esfuerzo de compresión del concreto (Kg/cm²)

B_O = Perímetro punzonante (cm)

d'_{zapata} = Peralte efectivo real de la zapata (cm)

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 19.2.4.2 se utilizará un concreto de peso normal por lo tanto el valor de λ es igual a 1,00, por lo tanto, el valor del cortante resistente del concreto es el siguiente:

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * B_O * d'_{zapata}$$

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * \left[4 * \left(B_{col} + \frac{d'_{zapata}}{2} + \frac{d'_{zapata}}{2} \right) \right] * d'_{zapata}$$

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * \left[4 * \left(35 + \frac{31,71}{2} + \frac{31,71}{2} \right) \right] * 31,71$$

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * 266,84 * 31,71$$

$$V_C = 150\,350,96 \text{ Kg} = 150,35 \text{ Ton}$$

- Verificación de cortante punzonante

El cortante resistente del concreto debe ser mayor al cortante simple actuante, por lo tanto, se procederá a realizar la verificación.

$$V_C > V_{punzonante}$$

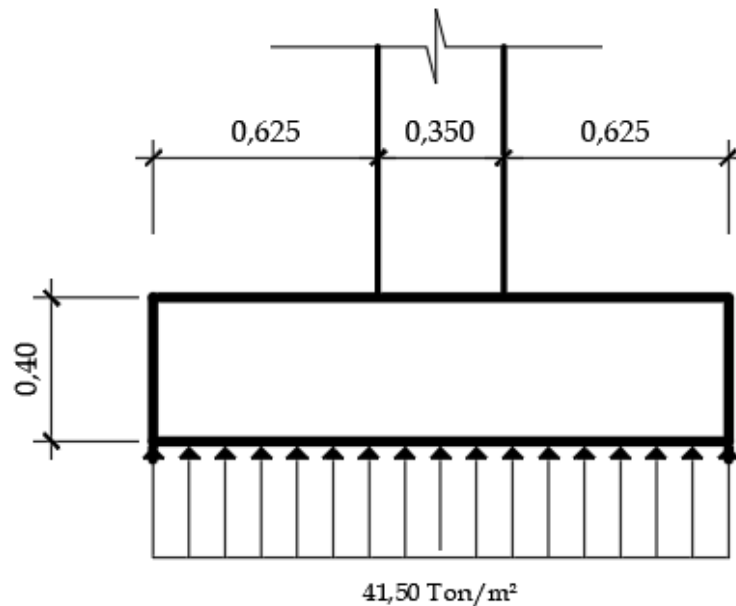
$$150,35 \text{ Ton} > 87,57 \text{ Ton}$$

Si cumple ✓

- Chequeo por flexión

En una zapata existen esfuerzos de flexión debido a la presión última de diseño que ejerce el suelo sobre las alas que posee la zapata, así como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 61. **Diagrama de presión última de diseño sobre la zapata aislada concéntrica en sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de refuerzo principal de acero
 - Momento actuante

Debe calcularse el momento actuante debido a la presión última de diseño que ejerce el suelo sobre la zapata. El momento actuante se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$M_{act} = \frac{W * l^2}{2}$$

Donde:

M_{act} = momento actuante sobre el ala de la zapata (Ton-m)

W = Carga distribuida debido a la presión última de diseño (T/m)

l = largo del ala en sentido X de la zapata

$$M_{act} = \frac{W * l^2}{2}$$

$$M_{act} = \frac{(q_{diseño} * Franja unitaria) * \left(\frac{B_{zapata} - B_{col}}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_{act} = \frac{(41,50 * 1,00 \text{ m}) * \left(\frac{1,60 - 0,35}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_{act} = 8,11 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Área de refuerzo de acero requerida

Dado el momento actuante sobre la zapata es necesario colocar un refuerzo de acero, el área de refuerzo requerida se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$A_{S_{requerida}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{zapata}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{zapata})^2 - \frac{M_{act} * B_{unitaria}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

$A_{S_{requerida}}$ = Área de refuerzo de acero requerida en la zapata dado un momento actuante M_{act} (cm^2)

M_{act} = Momento actuante (Kg-m)

$B_{unitaria}$ = Base unitaria de zapata para cálculo de refuerzo de acero (cm)

d'_{zapata} = Peralte efectivo de la zapata (cm)

$$A_{S_{requerida}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{zapata}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{zapata})^2 - \frac{M_{act} * B_{unitaria}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_{S_{requerida}} = \frac{0,85 * 281}{4 200} * \left[(100 * 31,71) - \sqrt{(100 * 31,71)^2 - \frac{8 110 * 100}{0,003825 * 281}} \right]$$

$$A_{S_{requerida}} = 6,90 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 9.6.3.1 se calculará el refuerzo de acero mínimo:

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * B_{unitaria} * d'_{zapata} \quad (a)$$

$$A_{S_{min}, (a)} = \frac{0,80 * \sqrt{281}}{4 200} * (100) * (31,71) = 10,12 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14}{f_y} * B_{unitaria} * d'_{zapata} \quad (b)$$

$$A_{S_{min}, (b)} = \frac{14}{4 200} * (100) * (31,71) = 10,57 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se utilizará el valor mayor de área de refuerzo de acero mínimo la cual es de 10,57 cm².

- Espaciamiento del refuerzo principal de acero

También es necesario el calcular el espaciamiento que tendrá el refuerzo de acero, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_{var\ No.5} * B_{unitaria}}{As}$$

$$S = \frac{1,59 * 100}{10,57}$$

$$S = 15,04 \approx 12\ cm$$

- Cálculo de área de acero real

$$AS_{real} = \frac{A_{var\ No,5} * B_{unitaria}}{S}$$

$$AS_{real} = \frac{1,59 * 100}{12}$$

$$AS_{real} = 13,25\ cm^2$$

Por lo tanto, se colocarán 12 varillas No.5 con un espaciamiento de 12 cm en ambos sentidos.

- Diseño de refuerzo de acero por temperatura
 - Cálculo de área de refuerzo de acero por temperatura

Según el Código ACI 318S-14 en la tabla 8.6.1.1 establece que la cuantía de acero por temperatura se calcula de la siguiente manera:

$$\rho_{temperatura} = 0,0018$$

$$AS_{temperatura} = \rho_{temperatura} * B_{zapata} * d'_{zapata}$$

$$AS_{temperatura} = 0,0018 * 160 * 31,71$$

$$AS_{temperatura} = 9,13\ cm^2$$

- Espaciamiento del refuerzo de acero por temperatura

También es necesario el calcular el espaciamiento que tendrá el refuerzo de acero por temperatura, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_{var\ No.4} * B_{zapata}}{A_s}$$

$$S = \frac{1,27 * 160}{9,13}$$

$$S = 22,26 \approx 20\ cm$$

- Cálculo de área de acero real por temperatura

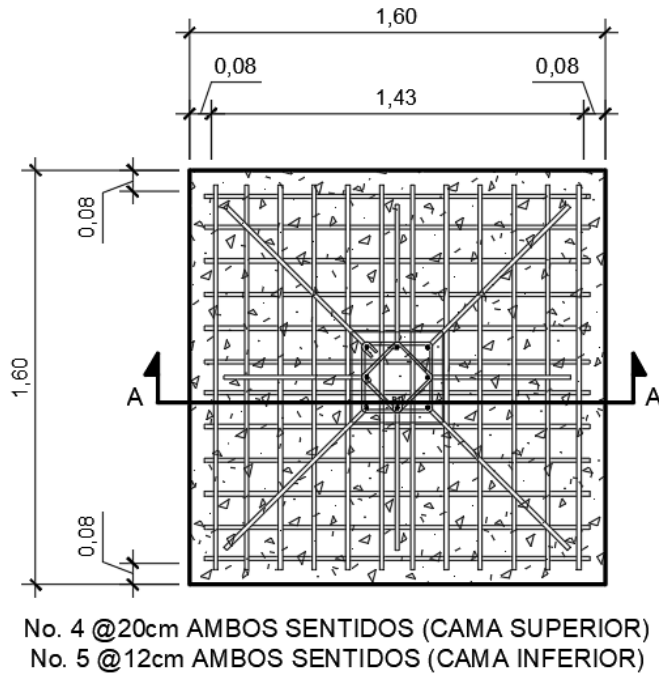
$$A_{S_{real,temperatura}} = \frac{A_{var\ No.4} * B_{unitaria}}{S}$$

$$A_{S_{real,temperatura}} = \frac{1,27 * 160}{20}$$

$$A_{S_{real,temperatura}} = 10,16\ cm^2$$

Por lo tanto, se colocarán 8 varillas No.4 con un espaciamiento de 20 cm en ambos sentidos para el refuerzo por temperatura.

Figura 62. **Diseño de zapata aislada concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Zapata aislada excéntrica

Para el diseño de las zapatas aisladas excéntricas deben diseñarse tomando en consideración la excentricidad a la cual se encuentra apoyada la columna correspondiente, la cual, al aplicarse el peso transmitido por la columna a la zapata, genera un momento de volteo, el cual es necesario contrarrestar con las dimensiones de la zapata aislada excéntrica.

- Carga última de columna de zapata aislada excéntrica

No se utilizará la carga axial de la columna crítica, esto con el objetivo de no sobredimensionar la zapata aislada excéntrica, por lo tanto, se calculará la

carga axial que recibe la zapata excéntrica de la columna No.18, como se muestra a continuación:

Datos

*Seccion de viga = 25 cm * 40 cm*

Espesor de losa = 11 cm

*Seccion de columna = 35 cm * 35 cm*

Altura de columna = 300 cm

Para iniciar es necesario determinar el área tributaria de la columna No. 18.

$$A_{T,z exc} = \left(\frac{3,75}{2} + \frac{4,15}{2} \right) * \left(\frac{4,95}{2} \right)$$

$$A_{T,exc} = 9,78 m^2$$

- Columna del segundo nivel
 - ✓ Integración de peso propio de los elementos
 - ❖ Viga

$$Viga = B_{viga} * H'_{viga} * \sum L * PU_{concreto}$$

Donde:

B_{viga} = Base de la viga (m)

H'_{viga} = Altura de la viga libre del espesor de losa (m)

$\sum L$ = Sumatoria de longitud de vigas dentro del área tributaria de la columna. (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Kg/m³)

$$Viga = 0,25 * (0,40 - 0,11) * (2,475 + 1,875 + 2,075) * (2 400)$$

$$Viga = 1 117,95 Kg$$

- ❖ Losa
 - Carga Muerta

$$Carga\ muerta = (t_{losa} * PU_{concreto}) + (SC\ y\ AC)$$

$$Carga\ muerta = (0,11 * 2\ 400) + (100)$$

$$CM_{2do\ nivel} = 364\ Kg/m^2$$

- Carga Viva

Para la carga viva de la losa del segundo nivel se utilizará la carga de servicio de azotea.

$$CV_{2do\ nivel} = 100\ Kg/m^2$$

- Carga última, segundo nivel

$$CU_{2do\ nivel} = 1,4(CM) + 1,7(CV)$$

$$CU_{2do\ nivel} = 1,4(364) + 1,7(100)$$

$$CU_{2do\ nivel} = 679,60\ Kg/m^2$$

- Columna del Primer nivel
 - ✓ Integración de peso propio de los elementos
 - ❖ Viga

$$Viga = 0,25 * (0,40 - 0,11) * (2\ 475 + 1\ 875 + 2\ 075) * (2\ 400)$$

$$Viga = 1\ 117,95\ Kg$$

❖ Muro

$$Muro = PP_{muro} * H * \sum L$$

Donde:

PP_{muro} = Peso propio del muro (Kg/m²)

H = Altura del muro (m)

$\sum L$ = Sumatoria de longitud de muros dentro del área tributaria de la columna. (m)

$$Muro = PP_{muro} * H * \sum L$$

$$Muro = 200 * 3,00 * (1\ 875 + 2\ 475 + 2\ 075)$$

$$Muro = 3\ 855\ Kg$$

❖ Losa

➤ Carga Muerta

$$Carga\ muerta = (0,11 * 2\ 400) + (100)$$

$$CM_{1er\ nivel} = 364\ Kg/m^2$$

➤ Carga Viva

Se utilizará la carga de servicio mayor aplicada al área tributaria de la columna No, 13 siendo esta la carga de pasillo:

$$CV_{1er\ nivel} = 500\ Kg/m^2$$

➤ Carga última, primer nivel

$$CU_{1er\ nivel} = 1,4(364) + 1,7(500)$$

$$CU_{1er\ nivel} = 1\ 359,60\ Kg/m^2$$

○ Factor de carga última

$$CU_{total} = CU_{1er\ nivel} + CU_{2do\ nivel}$$

$$CU_{total} = 679,60 + 1\ 359,60$$

$$CU_{total} = 2\ 039,20\ Kg/m^2$$

$$F_{CU} = \frac{CU_{total}}{(CV_{1er\ nivel} + CM_{1er\ nivel}) + (CV_{2do\ nivel} + CM_{2do\ nivel})}$$

Donde:

F_{CU} = Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{2\ 039,20}{(500 + 364) + (100 + 364)} = 1,54$$

○ Carga axial última

Habiendo obtenido el factor de carga última se procederá a calcular la carga axial última de cada nivel.

▪ Columna del segundo nivel

$$Pu_{2do\ nivel} = Viga + Losa + Columna$$

$$Pu_{2do\ nivel} = (1\ 117,95 * 1,54) + (9,78 * 679,60) + (3 * 0,35 * 0,35 * 2\ 400 * 1,54)$$

$$Pu_{2do\ nivel} = 9\ 726,41\ Kg = 9,73\ Ton$$

- Columna del primer nivel

$$Pu_{1er\ nivel} = Viga + Muro + Losa + Columna$$

$$Pu_{1er.nivel} = (1\ 117,95 * 1,54) + (3\ 855 * 1,54) + (9,78 * 1\ 359,60) \\ + (3 * 0,35 * 0,35 * 2\ 400 * 1,54)$$

$$Pu_{1er.nivel} = 22\ 313,51\ Kg = 22,31\ Ton$$

- Carga axial total

$$Pu, exc_{total} = Pu_{1er\ nivel} + Pu_{2do\ nivel}$$

$$Pu, exc_{total} = 22,31 + 9,73 = 32,04\ Ton$$

- Predimensionamiento

Por lo tanto, los datos a utilizar para el diseño de zapata excéntrica son los siguientes:

Datos:

$$Pu, exc_{total} = 32,04\ Ton$$

$$M_X = 7,18\ Ton - m$$

$$M_Y = 6,06\ Ton - m$$

$$f'_c = 281\ Kg/cm^2$$

$$f_y = 4\ 200\ Kg/cm^2$$

$$\gamma_s = 0,76\ ton/m^3$$

$$PU_{concreto} = 2,40\ ton/m^3$$

$$t_{zapata} = 40\ cm$$

$$F_{CU} = 1,54$$

$$VS = 30\ ton/m^2$$

El predimensionamiento se calcula de la siguiente manera:

$$A_{zapata} = \frac{1,50 * P'}{VS}$$

Donde:

A_{zapata} = Área predimensionada de zapata (m^2)

P' = Carga axial total efectiva (Ton)

VS = Valor soporte efectivo del suelo (Ton/ m^2)

- Carga axial total efectiva

Para predimensionamiento es necesario desmayorar la carga axial total.

$$P' = \frac{Pu_{total}}{F_{CU}}$$

Donde:

P' = Carga axial total efectiva

Pu_{total} = Carga axial total mayorada transmitida por la columna

$$P' = \frac{32,04 \text{ Ton}}{1,54}$$

$$P' = 20,81 \text{ Ton}$$

- Cálculo del predimensionamiento de la zapata aislada excéntrica

$$A_{zapata} = \frac{1,50 * P'}{VS}$$

$$A_{zapata} = \frac{1,50 * 20,81}{30,00}$$

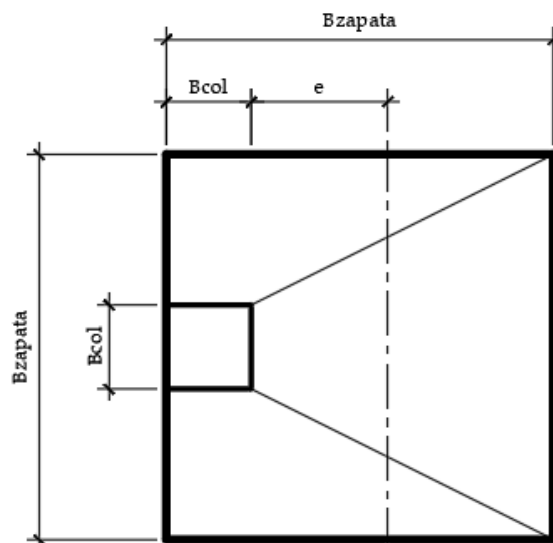
$$A_{zapata} = 1,04 \text{ m}^2$$

Por lo tanto

$$A_{zapata} = B_{zapata} * B_{zapata}$$
$$1,04 = B_{zapata}^2$$
$$B_{zapata} = \sqrt{1,04} = 1,02 \approx 1,05 \text{ m}$$

Por lo tanto, se propondrá una base de zapata de 1,30 m

Figura 63. Dimensiones de zapata aislada excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Excentricidad de carga última efectiva.

$$e' = \frac{B_{zapata} - B_{col}}{2}$$

Donde:

e' = Excentricidad de carga última efectiva (m)

B_{zapata} = Base de zapata (m)

B_{col} = Base de columna (m)

$$e' = \frac{B_{zapata} - B_{col}}{2}$$

$$e' = \frac{1,30 - 0,35}{2}$$

$$e' = 0,475 \text{ m} = 47,50 \text{ cm}$$

- Esfuerzos actuantes

El diagrama de presiones para una zapata aislada excéntrica es diferente del diagrama de presiones de la zapata aislada concéntrica debido a la carga axial excéntrica. Este diagrama se dividirá en 2 tramos, tramo de esfuerzos de compresión y el tramo de esfuerzos de tensión como se muestra en la siguiente figura:

- Esfuerzo máximo de compresión

El esfuerzo máximo de compresión actuante sobre la zapata aislada excéntrica se calculará con la siguiente ecuación:

$$\sigma_c = \frac{P'}{A_{zapata}} * \left(1 + \frac{6 * e'}{B_{zapata}} \right)$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo máximo de compresión (Ton/m²)

P' = Carga axial total efectiva (Ton)

A_{zapata} = Área de zapata aislada excéntrica (m²)

e' = Excentricidad de carga última efectiva (m)

B_{zapata} = Base de zapata (m)

$$\sigma_c = \frac{20,81}{(1,30 * 1,30)} * \left(1 + \frac{6 * 0,475}{1,30} \right)$$

$$\sigma_c = 39,31 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

- Esfuerzo máximo de tensión

El esfuerzo máximo de compresión actuante sobre la zapata aislada excéntrica se calculará con la siguiente ecuación:

$$\sigma_T = \frac{P'}{A_{zapata}} * \left(1 - \frac{6 * e'}{B_{zapata}}\right)$$

Donde:

σ_T = Esfuerzo máximo de tensión (Ton/m²)

P' = Carga axial total efectiva (Ton)

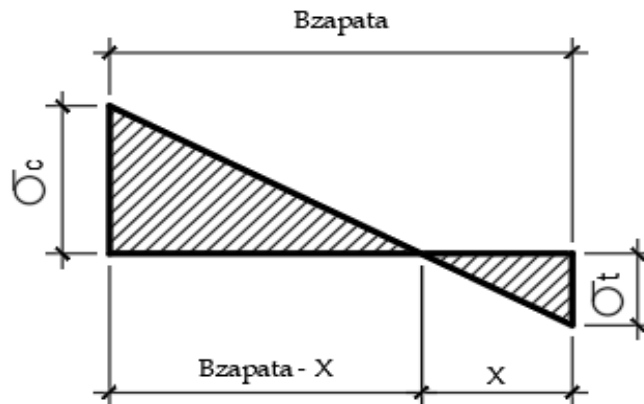
A_{zapata} = Área de zapata aislada excéntrica (m²)

e' = Excentricidad de carga última efectiva (m)

B_{zapata} = Base de zapata (m)

$$\sigma_T = \frac{20,81}{(1,30 * 1,30)} * \left(1 - \frac{6 * 0,475}{1,30}\right) = -14,68 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 64. **Diagrama de esfuerzos actuantes sobre la zapata aislada excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Esfuerzo neutro

Para determinar el esfuerzo neutro es necesario encontrar la distancia a la que se encuentra, la cual es la misma donde existe el cambio de esfuerzos de compresión a esfuerzos de tensión, la cual se calculara con la ayuda del diagrama de esfuerzos actuantes sobre la zapata aislada excéntrica con el método de relación de triángulos.

$$\frac{B_{zapata} - X}{\sigma_C} = \frac{X}{\sigma_T}$$

$$\frac{1,30 - X}{39,31} = \frac{X}{14,68}$$

$$19,08 - 14,68X = 39,31X$$

$$19,08 = 53,99X$$

$$X = \frac{19,08}{53,99} = 0,35 \text{ m}$$

$$\sigma_{neutro} = \frac{\sigma_C * \left(\frac{B_{zapata}}{2} - X \right)}{B_{zapata} - X}$$

$$\sigma_{neutro} = \frac{39,31 * \left(\frac{1,30}{2} - 0,35 \right)}{1,30 - 0,35}$$

$$\sigma_{neutro} = 12,41 \text{ Ton/m}^2$$

- Altura de diamante

La altura del diamante se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$H_{diamante} = (\tan \vartheta) * (B_{zapata} - B_{col})$$

Donde:

$H_{diamante}$ = Altura del diamante (m)

ϑ = Ángulo de inclinación para el diamante

B_{zapata} = Base de zapata aislada excéntrica (m)

B_{col} = Base de columna (m)

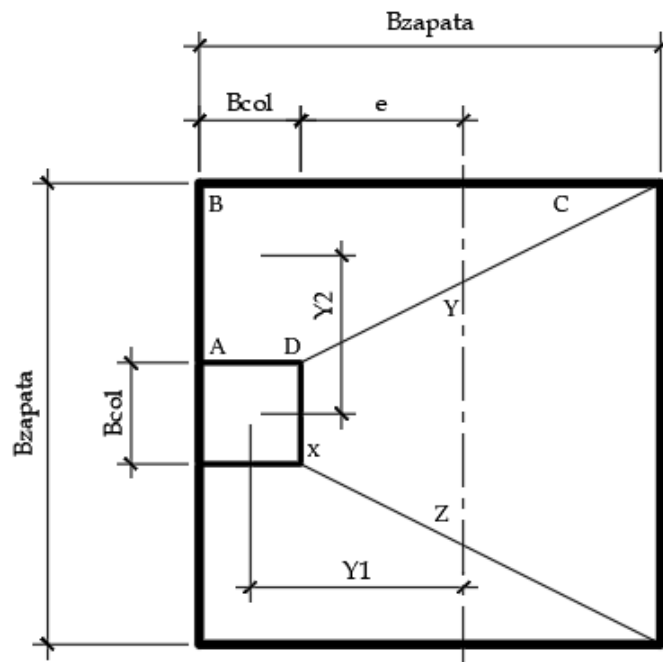
Para calcular la altura del diamante es necesario proponer un ángulo de inclinación ϑ .

$$\vartheta = 13^\circ$$

$$H_{diamante} = (\tan 13^\circ) * (1,30 - 0,35)$$

$$H_{diamante} = 0,22 \text{ m}$$

Figura 65. Diagrama de fuerzas actuantes sobre zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Fuerzas resultantes
 - Determinación de fuerza resultante P_1

Se determinará la fuerza resultante P_1 se calculará de la siguiente manera:

$$P_1 = \sigma_{neutro} * \left[\frac{L_{XD} + L_{YZ}}{2} \right] * H_{diamante}$$

Donde:

P_1 = Fuerza resultante sobre área XDYZ (Ton)

σ_{neutro} = Esfuerzo neutro (Ton/m²)

L_{AD} = Longitud del punto X hacia el punto D (m)

L_{BC} = Longitud del punto Y hacia el punto Z (m)

$H_{diamante}$ = Altura del diamante (m)

$$L_{YZ} = B_{zapata} - (2 * t)$$

Donde:

$$t = \frac{\frac{X * B_{zapata}}{2}}{B_{zapata}}$$

$$t = \frac{\frac{0,35 * 1,30}{2}}{1,30} = 0,175 \text{ m}$$

$$L_{YZ} = 1,30 - (2 * 0,175)$$

$$L_{YZ} = 0,95 \text{ m}$$

Por lo tanto, la fuerza P_1 tiene un valor de:

$$P_1 = 12,41 * \left(\frac{0,35 + 0,95}{2} \right) (0,22)$$

$$P_1 = 1,77 \text{ ton}$$

- Determinación de fuerza resultante P_2

Se determinará la fuerza resultante P_2 se calculará de la siguiente manera:

$$P_2 = \sigma_{Y_1} * A_{ABCD}$$

Donde:

P_2 = Fuerza resultante sobre el área ABCD (Ton)

σ_{Y_1} = Esfuerzo perpendicular a Y_1 (Ton/m²)

A_{ABCD} = Área ABCD (m²)

- Esfuerzo en dirección perpendicular a Y_1

Para la determinación de la fuerza resultante P_2 sobre el área ABCD, es necesario calcular el esfuerzo actuante en dirección perpendicular a la distancia Y_1 en el área ABCD.

$$\sigma_{Y_1} = \frac{\sigma_c}{2}$$

$$\sigma_{Y_1} = \frac{39,31}{2}$$

$$\sigma_{Y_1} = 19,66 \text{ Ton/m}^2$$

- Área de la superficie ABCD

$$A_{ABCD} = L_{AD} * \left[\frac{B_{zapata} - L_{XD}}{2} \right] + \left[\frac{(B_{zapata} - L_{XD}) + (B_{zapata} - L_{YZ})}{4} \right] (H_{diamante})$$

Donde:

A_{ABCD} = Área ABCD (m^2)

B_{zapata} = Base de la zapata aislada excéntrica (m)

L_{AD} = Longitud del punto A hacia el punto D (m)

L_{XD} = Longitud del punto X hacia el punto D (m)

L_{YZ} = Longitud del punto Y hacia el punto Z (m)

$H_{diamante}$ = Altura del diamante (m)

$$A = 0,35 * \left[\frac{1,30 - 0,35}{2} \right] + \left[\frac{(1,30 - 0,35) + (1,30 - 0,95)}{4} \right] (0,22)$$
$$A = 0,24 m^2$$

Por lo tanto, la fuerza P_2 tiene un valor de:

$$P_2 = \sigma_{\perp Y_1} * A$$
$$P_2 = 19,66 * 0,24$$
$$P_2 = 4,67 Ton$$

- Momentos actuantes debido a las fuerzas resultantes

Para determinar los momentos que provocan las fuerzas resultantes se emplearan la siguiente ecuación:

- Momento M_1

Se determinará el momento con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$M_{Y_1} = P_1 * Y_1$$

Donde:

M_{Y1} = Momento actuante debido a P_1 (Ton)

P_1 = Fuerza resultante sobre área XDYZ (Ton)

Y_1 = Distancia al centro de gravedad del área XDYZ (m)

- Valor de Y_1

Es necesario calcular la distancia Y_1 a la es aplicada la carga P_1 , esta distancia se determina con la siguiente ecuación:

$$Y_1 = \frac{H_{diamante}}{3} * \left[\frac{(2 * L_{YZ}) + B_{ol}}{L_{YZ} + B_{col}} \right]$$

Donde:

Y_1 = Distancia al centro de gravedad del área XDYZ (m)

$H_{diamante}$ = Altura del diamante (m)

L_{YZ} = Longitud del punto Y hacia el punto Z (m)

B_{col} = Base de la sección transversal de la columna (m)

$$Y_1 = \frac{0,22}{3} * \left[\frac{(2 * 0,95) + 0,35}{0,95 + 0,35} \right] = 0,13 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$M_{Y1} = 1,77 * 0,13$$

$$M_{Y1} = 0,23 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Momento M_2

Se determinará el momento con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$M_{Y2} = P_2 * Y_2$$

Donde:

M_{Y2} = Momento actuante debido a P_2 (Ton)

P_2 = Fuerza resultante sobre área ABCD (Ton)

Y_2 = Distancia al centro de gravedad del área ABCD (m)

- Valor de Y_2

Es necesario calcular la distancia Y_2 a la es aplicada la carga P_2 , esta distancia se determina con la siguiente ecuación:

$$Y_2 = \left(\frac{L_{AB}}{3}\right) * \left(\frac{(2 * B_{zapata}) + L_{AD}}{B_{zapata} + L_{AD}}\right)$$

Donde:

Y_2 = Distancia al centro de gravedad del área ABCD (m)

L_{AB} = Longitud del punto A hacia el punto B (m)

L_{YZ} = Longitud del punto A hacia el punto D (m)

B_{col} = Base de la sección transversal de la columna (m)

$$L_{AB} = \frac{B_{zapata} - B_{col}}{2}$$

$$L_{AB} = \frac{1,30 - 0,35}{2}$$

$$L_{AB} = 0,475 \text{ m}$$

$$Y_2 = \left(\frac{0,475}{3}\right) * \left(\frac{(2 * 1,30) + 0,35}{1,30 + 0,35}\right)$$

$$Y_2 = 0,28 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$M_{Y2} = 4,67 * 0,28$$

$$M_{Y2} = 1,31 \text{ Ton} - m$$

- Chequeo de presiones

A continuación, se realizará el chequeo de presiones, al igual que en el diseño de la zapata aislada concéntrica existen 2 condiciones:

- $q_{min} > 0,00 \text{ Ton}/m^2$
- $q_{max} \leq VS$

Para lo cual se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$q_{max} = \frac{P_S}{A_{Zapata}} + \frac{M_{TX}}{S_X} + \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

$$q_{min} = \frac{P_S}{A_{Zapata}} - \frac{M_{TX}}{S_X} - \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

Donde:

P_S = Carga total sobre el suelo (Ton)

A_{Zapata} = Área predimensionada de zapata (m^2)

$M_{TX,TY}$ = Momento efectivo en sentido X y Y. (Ton-m)

$S_{X,Y}$ = Modulo de sección en sentido X y Y. (m^3)

- Carga total sobre el suelo

Para el cálculo de la carga total sobre el suelo es necesario considerar la carga axial efectiva de la columna, el peso del suelo, el peso de la columna hasta el desplante y el peso propio de la cimentación.

$$P_S = P' + P_{\gamma_s} + P_{Col} + P_{Cim}$$

Donde:

P_S = Carga total sobre el suelo (Ton)

P' = Carga axial total efectiva (Ton)

P_{γ_s} = Peso propio del suelo (ton)

P_{Col} = Peso propio de la columna hasta el desplante (Ton)

P_{Cim} = Peso propio de la cimentación (Ton)

- Peso propio del suelo

$$P_{\gamma_s} = (B_{Zapata} * B_{Zapata}) * D_f * \gamma_s$$

Donde:

P_{γ_s} = Peso propio del suelo (ton)

B_{Zapata} = Base de la zapata (m)

D_f = Desplante (m)

γ_s = Peso específico del suelo (Ton/m²)

$$P_{\gamma_s} = (1,30 * 1,30) * 1,50 * 0,76$$

$$P_{\gamma_s} = 1,93 \text{ Ton}$$

- Peso propio de la columna hasta el desplante

$$P_{Col} = (B_{col} * B_{col}) * (H + D_f) * PU_{concreto}$$

Donde:

P_{Col} = Peso propio de la columna hasta el desplante (Ton)

B_{col} = Base de la zapata (m)

D_f = Desplante (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Ton/m³)

$$P_{Col} = (0,35 * 0,35) * (3,00 + 1,50) * 2,4$$

$$P_{Col} = 1,32 \text{ Ton}$$

- Peso propio de la zapata

$$P_{Cim} = (B_{zapata} * B_{zapata}) * (t_{zapata}) * PU_{concreto}$$

Donde:

P_{Cim} = Peso propio de la zapata (Ton)

B_{zapata} = Base de la zapata (m)

t_{zapata} = Espesor de la zapata (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Ton/m³)

$$P_{Cim} = (1,30 * 1,30) * (0,40) * 2,40$$

$$P_{Cim} = 1,62 \text{ Ton}$$

- Cálculo de la carga axial total sobre el suelo

$$P_S = P' + P_{\gamma_s} + P_{Col} + P_{Cim}$$

$$P_S = 20,81 + 1,93 + 1,32 + 1,62$$

$$P_S = 25,68 \text{ Ton}$$

- Momentos actuantes finales

Los momentos actuantes finales serán calculados con la ayuda de los momentos efectivos transmitidos por la columna y los momentos actuantes debido a las cargas P_1 y P_2 mediante las siguientes ecuaciones:

$$M'_X = \frac{M_X - M_{Y2}}{Fcu} \qquad M'_Y = \frac{M_Y - M_{Y1}}{Fcu}$$

Donde:

M'_X = Momento actuante final en sentido X

M'_Y = Momento actuante final en sentido Y

M_{TX} = Momento efectivo en sentido X

M_{TY} = Momento efectivo en sentido Y

M_X = Momento mayorado en sentido X

M_{Y1} = Momento actuante debido a P_1 (Ton)

M_{Y2} = Momento actuante debido a P_2 (Ton)

Para luego realizar una comprobación de excentricidades como se muestra a continuación.

$$e_{X,Y} < K$$

$$e_{X,Y} = \frac{M'_{X,Y}}{P_S}$$

$$K = \frac{B_{zapata}}{6} = \frac{1,30}{6}$$

$$K = 0,217 \text{ m}$$

- Cálculo de momentos actuantes finales

- Sentido X

$$M'_X = \frac{M_X - M_{Y2}}{Fcu}$$

Donde:

M'_X = Momento actuante final en sentido X

M_{TX} = Momento efectivo en sentido X

M_{Y2} = Momento actuante debido a P_2 (Ton)

$$M'_X = \frac{7,18 - 1,31}{Fcu}$$

$$M_{TX} = 3,81 \text{ Ton} - m$$

- Comprobación

$$e_x = \frac{M_{TX}}{P_S}$$

$$e_x = \frac{3,81}{25,68}$$

$$e_x = 0,15$$

$$e_x < K$$

$$0,15 < 0,217$$

Si cumple

- Sentido Y

$$M'_Y = \frac{M_Y - M_{Y1}}{Fcu}$$

Donde:

M'_Y = Momento actuante final en sentido Y

M_{TY} = Momento efectivo en sentido Y

M_{Y1} = Momento actuante debido a P_1 (Ton)

$$M'_Y = \frac{6,06 - 0,23}{1,54}$$

$$M_{TY} = 3,79 \text{ Ton} - m$$

- Comprobación

$$e_Y = \frac{M_{TY}}{P_S}$$

$$e_Y = \frac{3,79}{25,68}$$

$$e_Y = 0,15$$

$$e_Y < K$$

$$0,15 < 0,217$$

Si cumple

- Módulo de sección

- Sentido X

$$S_X = \frac{1}{6} * B_{zapata} * L_{zapata}^2$$

Donde:

S_X = Módulo de sección en sentido X (m^3)

B_{zapata} = Base de la zapata (m)

L_{zapata} = Largo de la zapata (m)

Debido que es una zapata cuadrada el largo de la zapata tendrá la misma magnitud que la base de la zapata.

$$S_X = \frac{1}{6} * B_{zapata} * B_{zapata}^2$$

$$S_X = \frac{1}{6} * 1,30 * (1,30)^2$$

$$S_X = 0,366 m^3$$

- Sentido Y

$$S_Y = \frac{1}{6} * B_{zapata} * L_{zapata}^2$$

Donde:

S_Y = Módulo de sección en sentido Y (m^3)

B_{zapata} = Base de la zapata (m)

L_{zapata} = Largo de la zapata (m)

$$S_Y = \frac{1}{6} * B_{zapata} * B_{zapata}^2$$

$$S_Y = \frac{1}{6} * 1,30 * (1,30)^2 = 0,366 m^3$$

- Cálculo de presión máxima

$$q_{max} = \frac{P_S}{A_{zapata}} + \frac{M_{TX}}{S_X} + \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

$$q_{max} = \frac{25,68}{1,30 * 1,30} + \frac{3,81}{0,366} + \frac{3,79}{0,366}$$

$$q_{max} = 35,96 \text{ Ton}/m^2$$

$$34,95 \text{ Ton}/m^2 \leq 30,00 \text{ ton}/m^2$$

No cumple

- Cálculo de presión mínima

$$q_{min} = \frac{P_S}{A_{zapata}} - \frac{M_{TX}}{S_X} - \frac{M_{TY}}{S_Y}$$

$$q_{min} = \frac{25,68}{1,30 * 1,30} - \frac{3,81}{0,366} - \frac{3,79}{0,366}$$

$$q_{min} = -5,57 \text{ Ton}/m^2$$

$$-5,57 \text{ Ton/m}^2 > 0,00 \text{ ton/m}^2$$

No cumple

Debido a que no se cumplen las 2 condiciones de presión mínima y presión máxima, se propone el aumentar la base de la zapata, realizando el mismo procedimiento anterior, con dicho procedimiento se realizaron las siguientes tablas.

Tabla LXXVIII. **Esfuerzos actuantes para zapata aislada excéntrica**

Dimensiones propuestas (m)		Excentricidad (m)	Esfuerzos actuantes (Ton/m ²)			Altura diamante (m)
B	t	e	C	T	neutro	H
1,30	0,40	0,475	39,31	-14,68	12,41	0,22
1,40	0,40	0,525	34,51	-13,27	10,59	0,24
1,50	0,40	0,575	30,52	-12,02	9,33	0,27
1,60	0,40	0,625	27,18	-10,92	8,11	0,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIX. **Momentos actuantes para zapata aislada excéntrica**

Dimensiones propuestas (m)		Fuerzas actuantes P1 y P2		Distancias		Momentos Actuantes	
B	t	P1	P2	Y1	Y2	M _{Y1}	M _{Y2}
1,30	0,40	1,77	4,67	0,13	0,28	0,23	1,31
1,40	0,40	1,73	4,66	0,14	0,32	0,24	1,49
1,50	0,40	1,80	4,69	0,16	0,35	0,29	1,64
1,60	0,40	1,75	4,66	0,17	0,38	0,30	1,77

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. **Carga total sobre el suelo y momentos efectivos de la zapata aislada excéntrica**

Dimensiones propuestas (m)		Carga total sobre el suelo (Ton)					Momentos en la columna (Ton-m)	
B	t	P'	P_{γ_s}	P_{col}	P_{cim}	P_s	M_x	M_y
1,30	0,40	20,81	1,93	1,32	1,62	25,68	7,18	6,06
1,40	0,40	20,81	2,23	1,32	1,88	26,24	7,18	6,06
1,50	0,40	20,81	2,57	1,32	2,16	26,86	7,18	6,06
1,60	0,40	20,81	2,92	1,32	2,46	27,51	7,18	6,06

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXI. **Comprobación de momentos actuantes finales de la zapata excéntrica**

Dimensiones propuestas (m)		Momentos actuantes finales		comprobación de $e < K$				
B	t	M'_x	M'_y	K	ex	$ex < K$	ey	$ey < K$
1,30	0,40	3,81	3,79	0,22	0,15	Si cumple	0,15	Si cumple
1,40	0,40	3,69	3,78	0,23	0,14	Si cumple	0,14	Si cumple
1,50	0,40	3,60	3,75	0,25	0,13	Si cumple	0,14	Si cumple
1,60	0,40	3,51	3,74	0,27	0,13	Si cumple	0,14	Si cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXII. **Chequeo de presiones de la zapata aislada excéntrica**

Dimensiones propuestas (m)		Momentos actuantes finales (Ton-m)		Módulo de sección (m ³)		Presiones mínima y máxima (Ton/m ²)	
B	t	M'_X	M'_Y	S_X	S_Y	q_{min}	q_{max}
1,30	0,40	3,81	3,79	0,366	0,366	35,96	-5,57
1,40	0,40	3,69	3,78	0,457	0,457	29,73	-2,96
1,50	0,40	3,60	3,75	0,563	0,563	24,99	-1,12
1,60	0,40	3,51	3,74	0,683	0,683	21,36	0,13

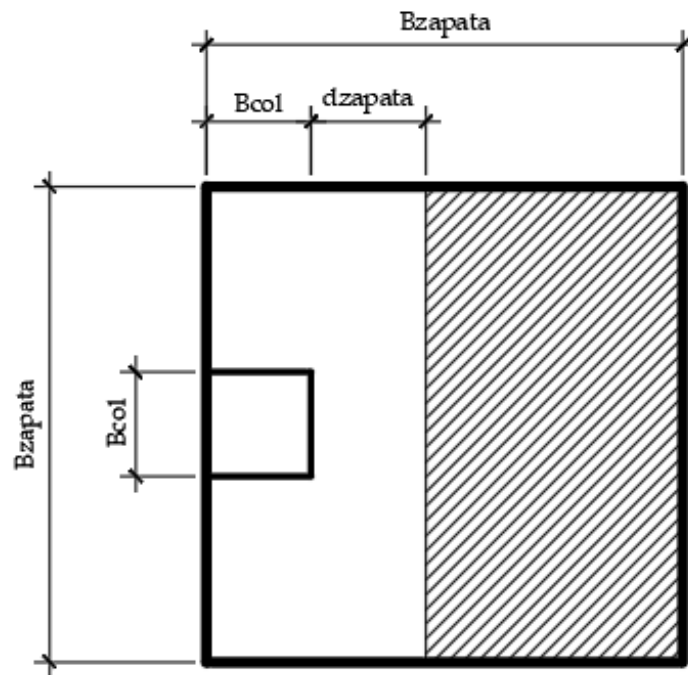
Fuente: elaboración propia.

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, para cumplir con el chequeo de presión mínima y presión máxima, las zapatas aisladas excéntricas deben tener una base y largo de 1,60 m.

- Chequeo por corte simple
 - Cortante Simple

A continuación, se calculará el cortante simple actuante, el cual se representa con la ayuda de la siguiente figura.

Figura 66. **Diagrama de cortante simple en una zapata aislada excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

Por lo tanto, el cortante simple se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{simple} = (A_{achurada} * q_{diseño})$$

Donde:

V_{simple} = Cortante simple actuante en la zapata (Ton)

$A_{achurada}$ = Área achurada en la figura 67 (m^2)

$q_{diseño}$ = Presión última de diseño (Ton/m^2)

- Presión última de diseño

Para realizar el chequeo por corte simple es necesario mayorar la presión máxima para obtener la presión última de diseño, mediante la siguiente formula.

$$q_{diseño} = q_{max} * F_{CU}$$

$$q_{diseño} = 21,36 * 1,54 = 32,89 \text{ Ton/m}^2$$

- Peralte efectivo

Para la determinación del cortante simple es necesario calcular el peralte efectivo de la zapata.

$$d'_{zapata} = t_{zapata} - rec - \frac{\phi_{var \text{ No.5}}}{2}$$

Donde:

d'_{zapata} = Peralte efectivo de la zapata (cm)

t_{zapata} = Espesor de la zapata (cm)

rec = Recubrimiento del refuerzo de acero de la zapata (cm)

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 20.6.1.3.1. establece que el recubrimiento para todos los elementos construidos contra el suelo y que son permanecen permanentemente en contacto con él se tiene un recubrimiento especificado de 75 mm.

$$d'_{zapata} = t_{zapata} - rec - \frac{\phi_{var \text{ No.5}}}{2}$$

$$d'_{zapata} = 40 - 7,5 - \frac{1,59}{2}$$

$$d'_{zapata} = 31,71 \text{ cm}$$

- Cálculo de área achurada

$$A_{achurada} = B_{zapata} * \left(\frac{B_{zapata} - B_{col}}{2} - d'_{zapata} \right)$$

$$A_{achurada} = 1,60 * \left(\frac{1,60 - 0,35}{2} - 0,3171 \right)$$

$$A_{achurada} = 0,493 \text{ m}^2$$

- Cálculo del cortante Simple

$$V_{simple} = (A_{achurada} * q_{diseño})$$

$$V_{simple} = (0,493 * 32,89)$$

$$V_{simple} = 16,31 \text{ Ton}$$

- Cortante resistente del concreto

Según el Código ACI 318S-14 en el inciso 22.5.6.1. el cortante resistente del concreto de los elementos sometidos a compresión axial se debe calcular de la siguiente manera:

$$V_C = 0,53 * \left(1 + \frac{N_U}{140 * A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f'c} * B_{zapata} * d'_{zapata}$$

Donde:

V_C = Cortante resistente del concreto (Kg)

N_U = Fuerza axial mayorada (Kg)

A_g = Área gruesa de la sección transversal de la zapata (cm²)

λ = Factor de modificación Lamda

$f'c$ = Esfuerzo de compresión del concreto (Kg/cm²)

B_{zapata} = base de la zapata (cm)

d'_{zapata} = Peralte efectivo real de la zapata (cm)

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 19.2.4.2 se utilizará un concreto de peso normal por lo tanto el valor de λ es igual a 1,00, por lo tanto, el valor del cortante resistente del concreto es el siguiente:

$$V_c = 0,53 * \left(1 + \frac{30\,970}{140 * (160 * 160)} \right) * 1,00 * \sqrt{281} * 160 * 31,71$$

$$V_c = 45\,465,50 \text{ Kg}$$

$$V_c = 45,47 \text{ Ton}$$

- Verificación de cortante simple

El cortante resistente del concreto debe ser mayor al cortante simple actuante, por lo tanto, se procederá a realizar la verificación.

$$V_c > V_{simple}$$

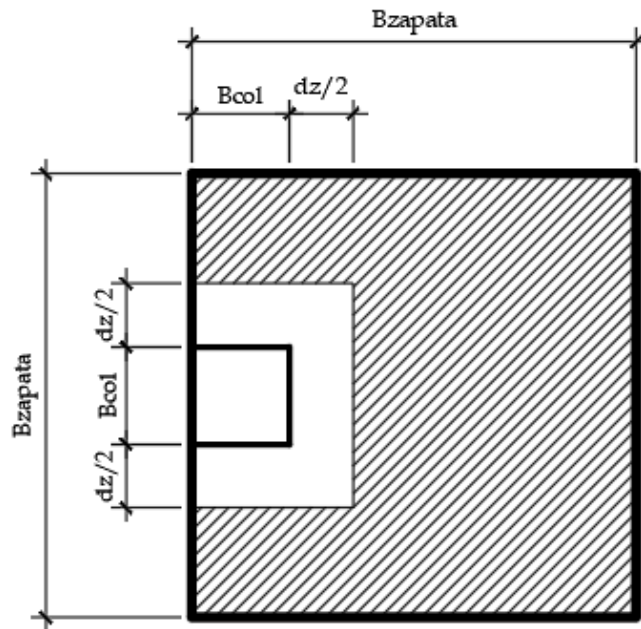
$$45,47 \text{ Ton} > 16,31 \text{ Ton}$$

Si cumple ✓

- Chequeo por corte punzonante
 - Cortante punzonante

A continuación, se calculará el cortante punzonante actuante, el cual se representa con la ayuda de la siguiente figura.

Figura 67. Diagrama de cortante punzonante en una zapata aislada concéntrica.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Por lo tanto, el cortante punzonante se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{\text{punzonante}} = (A_{\text{achurada}} * q_{\text{diseño}})$$

Donde:

$V_{\text{punzonante}}$ = Cortante punzonante actuante en la zapata (Ton)

A_{achurada} = Área achurada en la figura 68 (m²)

$q_{\text{diseño}}$ = Presión última de diseño (Ton/m²)

- Cálculo de área achurada

$$A_{achurada} = (B_{zapata} * B_{zapata}) - \left[\left(B_{col} + \frac{d'_{zapata}}{2} \right) * (B_{col} + d'_{zapata}) \right]$$

$$A_{achurada} = (1,60 * 1,60) - \left[\left(0,35 + \frac{0,3171}{2} \right) * (0,35 + 0,3171) \right]$$

$$A_{achurada} = 2,22 \text{ m}^2$$

- Cálculo del cortante punzonante

$$V_{punzonante} = (A_{achurada} * q_{diseño})$$

$$V_{punzonante} = (2,22 * 32,89)$$

$$V_{punzonante} = 73,06 \text{ Ton}$$

- Cortante punzonante resistente del concreto

Para el cortante punzonante resistente del concreto se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_C = 1,06 * \lambda * \sqrt{f'c} * B_O * d'_{zapata}$$

Donde:

V_C = Cortante resistente del concreto (Kg)

λ = Factor de modificación Lamda

$f'c$ = Esfuerzo de compresión del concreto (Kg/cm²)

B_O = Perímetro punzonante (cm)

d'_{zapata} = Peralte efectivo real de la zapata (cm)

Según el código ACI 318S-14 en la tabla 19.2.4.2 se utilizará un concreto de peso normal por lo tanto el valor de λ es igual a 1,00, por lo tanto, el valor del cortante resistente del concreto es el siguiente:

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * B_o * d'_{zapata}$$

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * \left[\left(2 * \left(B_{col} + \frac{d'_{zapata}}{2} \right) \right) + (B_{col} + d'_{zapata}) \right] * d'_{zapata}$$

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * \left[\left(2 * \left(35 + \frac{31,71}{2} \right) \right) + (35 + 31,71) \right] * 31,71$$

$$V_C = 1,06 * 1,00 * \sqrt{281} * 168,42 * 31,71$$

$$V_C = 94\ 896,22\ Kg = 94,90\ Ton$$

- Verificación de cortante punzonante

El cortante resistente del concreto debe ser mayor al cortante simple actuante, por lo tanto, se procederá a realizar la verificación.

$$V_C > V_{punzonante}$$

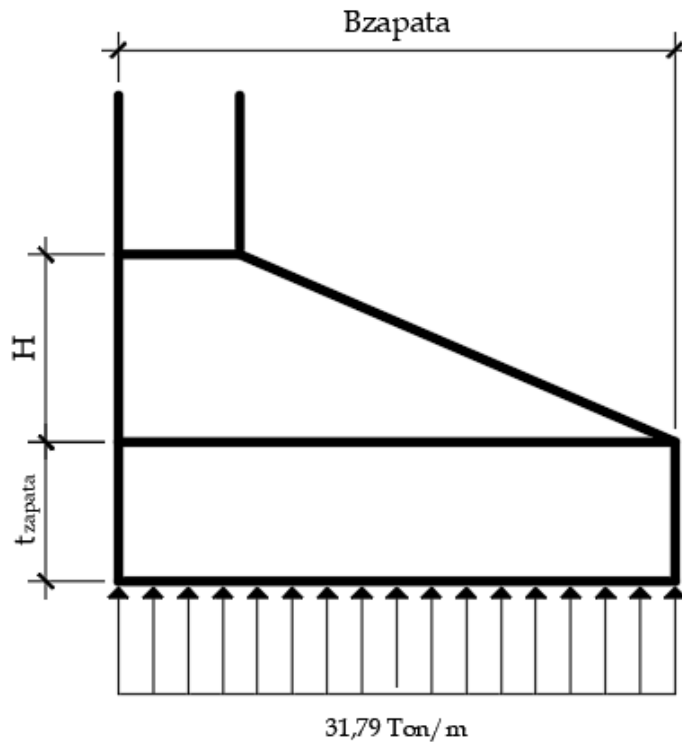
$$94,90\ Ton > 70,57\ Ton$$

Si cumple ✓

- Chequeo por flexión

En una zapata existen esfuerzos de flexión debido a la presión última de diseño que ejerce el suelo sobre las alas que posee la zapata, así como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 68. Diagrama de presión última de diseño sobre la zapata aislada concéntrica en sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de refuerzo principal de acero
 - Momento actuante

Deben calcularse los momentos actuantes en ambos sentidos debido a la presión última de diseño que ejerce el suelo sobre la zapata. Estos momentos actuantes se calcularán mediante las siguientes ecuaciones:

$$M_{act,x} = \frac{W * l_x^2}{2} \quad M_{act,y} = \frac{W * l_y^2}{2}$$

Donde:

$M_{act,X}$ = Momento actuante sobre el ala en sentido X de la zapata (Ton-m)

$M_{act,Y}$ = Momento actuante sobre el ala en sentido Y de la zapata (Ton-m)

W = Carga distribuida debido a la presión última de diseño (T/m)

l_X = largo del ala en sentido X de la zapata (m)

l_Y = largo del ala en sentido Y de la zapata (m)

▪ Sentido X

$$M_{act,X} = \frac{W * l_X^2}{2}$$

$$M_{act,X} = \frac{(q_{diseño} * Franja unitaria) * \left(\frac{B_{zapata} - B_{col}}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_{act,X} = \frac{(32,89 * 1,00 \text{ m}) * \left(\frac{1,60 - 0,35}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_{act,X} = 6,42 \text{ Ton} - m$$

▪ Sentido Y

$$M_{act,Y} = \frac{W * l_Y^2}{2}$$

$$M_{act,Y} = \frac{(q_{diseño} * Franja unitaria) * (B_{zapata} - B_{col})^2}{2}$$

$$M_{act,Y} = \frac{(32,89 * 1,00 \text{ m}) * (1,60 - 0,35)^2}{2}$$

$$M_{act,Y} = 25,70 \text{ Ton} - m$$

- Área de refuerzo de acero requerida

Dado el momento actuante sobre la zapata es necesario colocar un refuerzo de acero, el área de refuerzo requerida se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$A_{S_{req}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{zapata}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{zapata})^2 - \frac{M_{act} * B_{zapata}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

$A_{S_{req}}$ = Área de refuerzo de acero requerida en la zapata dado un momento actuante M_{act} (cm^2)

M_{act} = Momento actuante (Kg-m)

B_{zapata} = Base de zapata (cm)

d'_{zapata} = Peralte efectivo de la zapata (cm)

- Sentido X

$$A_{S_{req,X}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{zapata}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{zapata})^2 - \frac{M_{act,X} * B_{zapata}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_{S_{req,X}} = \frac{0,85 * 281}{4\ 200} * \left[(100 * 31,71) - \sqrt{(100 * 31,71)^2 - \frac{6\ 420 * 160}{0,003825 * 281}} \right]$$

$$A_{S_{requerida,X}} = 8,78\ cm^2$$

- Sentido Y

$$A_{S_{req,Y}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{zapata}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{zapata})^2 - \frac{M_{act,Y} * B_{zapata}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_{s_{req,Y}} = \frac{0,85 * 281}{4 * 200} * \left[(100 * 31,71) - \sqrt{(100 * 31,71)^2 - \frac{25 * 700 * 160}{0,003825 * 281}} \right]$$

$$A_{s_{req,Y}} = 38,39 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 9.6.3.1 se calculará el refuerzo de acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * B_{zapata} * d'_{zapata} \quad (a)$$

$$A_{s_{min, (a)}} = \frac{0,80 * \sqrt{281}}{4 * 200} * (160) * (31,71) = 16,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * B_{zapata} * d'_{zapata} \quad (b)$$

$$A_{s_{min, (b)}} = \frac{14}{4 * 200} * (160) * (31,71) = 16,91 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, debido a que se tiene una base cuadrada en la zapata aislada excéntrica se colocara el mismo refuerzo de acero de 38,39 cm² en ambos sentidos.

- Espaciamiento del refuerzo principal de acero

También es necesario el calcular el espaciamiento que tendrá el refuerzo de acero, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_{var \text{ No.6}} * B_{zapata}}{A_s}$$

$$S = \frac{2,85 * 160}{38,39}$$

$$S = 11,88 \approx 11,50 \text{ cm}$$

- Cálculo de área de acero real

$$A_{S_{real}} = \frac{A_{var \text{ No.6}} * B_{zapata}}{S}$$

$$A_{S_{real}} = \frac{2,85 * 160}{11,50}$$

$$A_{S_{real}} = 39,65 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se colocarán varillas No.6 con un espaciamiento de 11,50 cm en ambos sentidos.

- Diseño de refuerzo de acero por temperatura
 - Cálculo de área de refuerzo de acero por temperatura

Según el Código ACI 318S-14 en la tabla 24.4.3.2 establece que la cuantía de acero por temperatura se calcula de la siguiente manera:

$$\rho_{temperatura} = 0,0018$$

$$A_{S_{temperatura}} = \rho_{temperatura} * B_{zapata} * d'_{zapata}$$

$$A_{S_{temperatura}} = 0,0018 * 160 * 31,71$$

$$A_{S_{temperatura}} = 9,13 \text{ cm}^2$$

- ✓ Espaciamiento del refuerzo de acero por temperatura

También es necesario el calcular el espaciamiento que tendrá el refuerzo de acero por temperatura, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_{var\ No.4} * B_{zapata}}{A_s}$$

$$S = \frac{1,27 * 160}{9,13}$$

$$S = 22,26 \approx 20\ cm$$

- ✓ Cálculo de área de acero real por temperatura

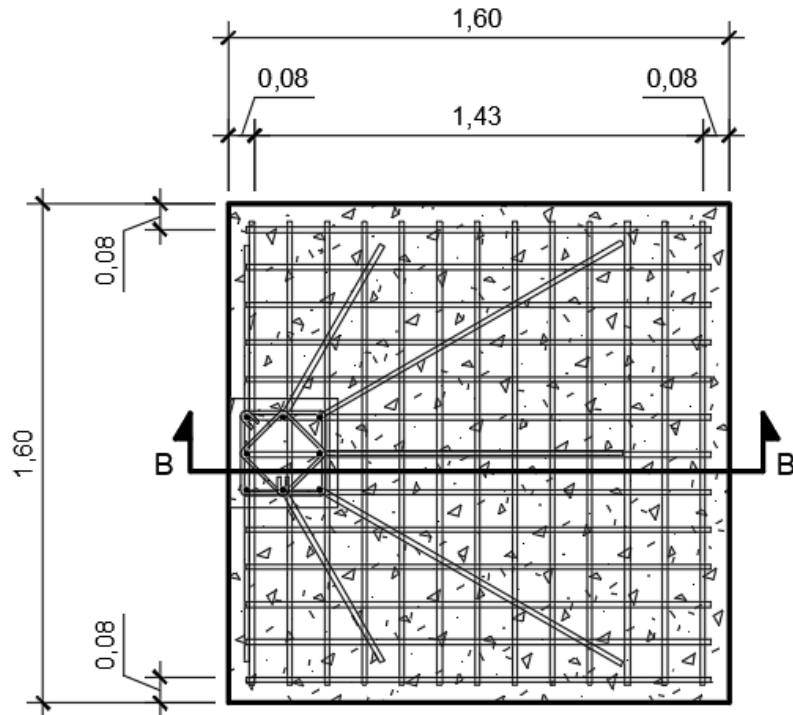
$$A_{S_{real,temperatura}} = \frac{A_{var\ No.4} * B_{zapata}}{S}$$

$$A_{S_{real,temperatura}} = \frac{1,27 * 160}{20}$$

$$A_{S_{real,temperatura}} = 10,16\ cm^2$$

Por lo tanto, se colocarán en el refuerzo por temperatura con varillas No.4 con un espaciamiento de 20 cm en ambos sentidos.

Figura 69. **Diseño de zapata aislada excéntrica**



9 No. 4 @20cm AMBOS SENTIDOS (CAMA SUPERIOR)
13 No. 6 @12cm AMBOS SENTIDOS (CAMA INFERIOR)

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.10.6. **Gradas**

El módulo de gradas se conoce como el medio de comunicación vertical entre dos niveles continuos, a través de una serie de escalones (conformados de huellas y contrahuellas) y uno o más descansos en medio del conjunto de escalones, la estructura del módulo de gradas es a base de mampostería reforzada.

En la edificación escolar se tiene una carga ocupacional de 129 personas, según el manual de uso para la norma de reducción de desastres de CONRED, Numero 2 -NRD 2- Capitulo 9 Salidas de emergencia, establece el ancho mínimo para una edificación que cuenta con una carga ocupacional mayor a 50 personas es de 110 cm, para este diseño se utilizara un ancho de 120 cm.

La estructura de las gradas es independiente de la estructura del edificio por lo tanto es necesario la existencia de una junta sísmica la cual se obtendrá por medio de la deriva máxima según las normas de seguridad estructural 2018 de AGIES, NSE 3, capítulo 4, inciso 4.3.3 donde para una obra de categoría III, es decir una obra importante, se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta_U = 0,020 * h_p$$

Donde:

Δ_U = Deriva máxima de nivel

h_p = Altura del nivel a analizar (m)

Debido que el módulo de gradas únicamente estará presente en el primer nivel se utilizará la altura de nivel de 3 metros.

$$\Delta_U = 0,020 * 3$$

$$\Delta_U = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

Para efectos de mayor seguridad para la edificación escolar se utilizará una junta sísmica de 12 cm como se puede apreciar en el plano de detalles de módulo de gradas.

Según el manual de uso para la norma de reducción de desastres de CONRED, Numero 2 -NRD 2- Capitulo 11 Gradadas, establece una contrahuella máxima y una huella mínima.

$$Huella\ minima = 28\ cm$$

$$10\ cm \leq Contrahuella \leq 18\ cm$$

- Determinación de numero de escalones

$$Contrahuella = C_{esc} = 16\ cm$$

$$Huella = H_{esc} = 29\ cm$$

$$No.\ de\ escalones = \frac{H_{nivel}}{C_{esc}} = \frac{3,00}{0,16} = 19\ escalones$$

Se colocará un descanso a la mitad del módulo de gradadas y se tomara como un escalón, por lo tanto, se tendrán 9 escalones antes del descanso y 9 escalones después del descanso.

El número de huellas se determina de la siguiente manera.

$$No.\ de\ H_{esc} = No.\ de\ escalones - 1$$

$$No.\ de\ H_{esc} = 19 - 1$$

$$No.\ de\ H_{esc} = 18$$

Por lo tanto, se tendrán 19 contrahuellas y 18 huellas.

- Relaciones de comodidad

El conjunto de escalones debe cumplir con 5 condiciones de relaciones de comodidad la cual está dada por las dimensiones de los escalones. Esas condiciones son las siguientes.

- $C_{esc} \leq 20 \text{ cm}$

$$C_{esc} \leq 20 \text{ cm}$$

$$16 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

Si cumple

- $H_{esc} > C_{esc}$

$$H_{esc} > C_{esc}$$

$$29 \text{ cm} > 16 \text{ cm}$$

Si cumple

- $(2 * C_{esc}) + H_{esc} \leq 64 \text{ cm}$

$$(2 * C_{esc}) + H_{esc} \leq 64 \text{ cm}$$

$$(2 * 16) + 29 \leq 64 \text{ cm}$$

$$61 \leq 64 \text{ cm}$$

Si cumple

- $45 \text{ cm} \leq C_{esc} + H_{esc} \leq 48 \text{ cm}$

$$45 \text{ cm} \leq C_{esc} + H_{esc} \leq 48 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} \leq 16 + 29 \leq 48 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} \leq 45 \text{ cm} \leq 48 \text{ cm}$$

Si cumple

$$\begin{aligned}
\circ \quad & 480 \text{ cm}^2 < C_{esc} * H_{esc} < 500 \text{ cm}^2 \\
& 480 \text{ cm}^2 < C_{esc} * H_{esc} < 500 \text{ cm}^2 \\
& 480 \text{ cm}^2 < 16 * 29 < 500 \text{ cm}^2 \\
& 480 \text{ cm}^2 < 464 < 500 \text{ cm}^2 \\
& \text{No cumple}
\end{aligned}$$

Debido a que se cumplen 4 relaciones de comodidad, se utilizaran las medidas propuestas de los escalones.

- Integración de cargas

Para la integración de cargas, se considerará el peso propio de la escalera, sobrecarga, acabados y carga viva de las escaleras.

$$Pp_{escalera} = \left(t_{esc} + \frac{C_{esc}}{2} \right) * PU_{concreto}$$

Donde:

$Pp_{escalera}$ = Peso propio de la escalera (Kg/m²)

t_{esc} = Espesor de losa de escalera (m)

C_{esc} = Contrahuella de escalón (m)

$PU_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Km/m³)

$$t_{esc} = \frac{\ell}{24}$$

Donde:

t_{esc} = Espesor de losa de escalera (m)

ℓ = Longitud de losa de escalera (m)

$$\ell = \sqrt{(No. huellas * H_{esc})^2 + (No. contrahuellas * C_{esc})^2}$$

$$\ell = \sqrt{(8 * 0,29)^2 + (9 * 0,16)^2}$$

$$\ell = 2,73 \text{ m}$$

$$t_{esc} = \frac{2,75}{24} = 0,113 \approx 0,12 \text{ m}$$

$$Pp_{escalera} = \left(0,12 + \frac{0,16}{2}\right) * 2,4$$

$$Pp_{escalera} = 0,48 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

$$CM = Pp_{escalera} + SCyAc$$

$$CM = 480 + 100$$

$$CM = 580 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

Según el inciso 2.1.4.2 se tiene una carga viva de escaleras en un edificio de uso educativo de:

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

A continuación, es necesario calcular la carga última según el código ACI 318-95 inciso R9.1.1 como se muestra a continuación:

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

$$CU = (1,4 * 580) + (1,7 * 500)$$

$$CU = 1\ 662,00 \text{ Kg}/\text{m}^2 = 1,66 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

Utilizando la carga última se calcularán los momentos actuantes en la losa de escalera según el código ACI tabla 6.5.2 para losas en una dirección.

$$M_{(-)} = \frac{W * \ell^2}{9}$$

$$M_{(-)} = \frac{1,66 * (2,73)^2}{9}$$

$$M_{(-)} = 1,37 \text{ Ton} - m$$

$$M_{(+)} = \frac{W * \ell^2}{14}$$

$$M_{(+)} = \frac{1,66 * (2,73)^2}{14}$$

$$M_{(+)} = 0,88 \text{ Ton} - m$$

- Diseño de refuerzo de acero
 - Peralte efectivo

Para el diseño del refuerzo de acero es necesario conocer el peralte efectivo de la escalera mediante la siguiente ecuación:

$$d'_{esc} = t_{esc} - rec - \frac{\emptyset_{Var No.3}}{2}$$

Donde:

d'_{esc} = Peralte efectivo de losa de escalera (cm)

t_{esc} = Espesor de losa de escalera (cm)

rec = Recubrimiento de losas (cm)

$$d'_{esc} = 12 - 2,50 - \frac{0,95}{2}$$

$$d'_{esc} = 9,03$$

- Refuerzo de acero mínimo

Según el código ACI 318S-14 en el inciso 9.6.3.1 se calculará el refuerzo de acero mínimo:

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * B_{Unitaria} * d'_{esc} \quad (a)$$

$$A_{S_{min}, (a)} = \frac{0,80 * \sqrt{210}}{2810} * (100) * (9,03) = 3,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14}{f_y} * B_{Unitaria} * d'_{esc} \quad (b)$$

$$A_{S_{min}, (b)} = \frac{14}{2810} * (100) * (9,03) = 4,50 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se utilizará el valor mayor de área de refuerzo de acero mínimo la cual es de 4,50 cm².

- Espaciamiento máximo de refuerzo de acero

Para el espaciamiento máximo que debe tener el refuerzo de acero el código ACI 318S-14 establece en el inciso 7.7.2.3 que el espaciamiento máximo del refuerzo de una losa en una dirección debe ser el menor de:

- $3 * t_{esc}$

$$S_{max} = 3 * t_{esc} = 3 * 12 = 36 \approx 30 \text{ cm}$$

- 450 mm

$$S_{max} = 45 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el espaciamiento máximo será de 30 cm

- Cálculo de refuerzo de acero

Se debe calcular el refuerzo de acero necesario para cada uno de los momentos actuantes calculados anteriormente.

$$A_{s_{requerida}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{esc}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{esc})^2 - \frac{M_{act} * B_{unitaria}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

$A_{s_{requerida}}$ = Área de refuerzo de acero requerida en la losa de escalera dado un momento actuante M_{act} (cm²)

M_{act} = Momento actuante (Kg-m)

$B_{unitaria}$ = Base unitaria de un metro para cálculo de refuerzo de acero (cm)

d'_{esc} = Peralte efectivo de losa de escalera (cm)

$$A_{s_{M(-)}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{esc}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{esc})^2 - \frac{M_{M(-)} * B_{unitaria}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_{s_{M(-)}} = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[(100 * 9,03) - \sqrt{(100 * 9,03)^2 - \frac{1370 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_{s_{M(-)}} = 6,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{M(+)}} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(B_{unitaria} * d'_{esc}) - \sqrt{(B_{unitaria} * d'_{esc})^2 - \frac{M_{M(+)} * B_{unitaria}}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_{s_{M(+)}} = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[(100 * 9,03) - \sqrt{(100 * 9,03)^2 - \frac{880 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_{s_{M(+)}} = 3,99 \text{ cm}^2$$

Se reforzará la losa de gradas con $A_{SM(-)}$

- Espaciamiento de refuerzo de acero

Se calculará el espaciamiento necesario para la cama superior y la cama inferior del refuerzo de acero.

- Cama inferior y superior

$$S = \frac{A_{var\ No.3} * B_{unitaria}}{A_{SM(-)}}$$
$$S = \frac{0,71 * 100}{6,35}$$
$$S = 11,18 \approx 10\ cm$$

Por lo tanto, se colocará refuerzo en la cama superior e inferior Varillas No.3 con un espaciamiento de 10 cm.

- Refuerzo de acero por temperatura

Se colocará refuerzo de acero por temperatura de manera transversal, según el Código ACI 318S-14 en la tabla 8.6.1.1 establece que la cuantía de acero por temperatura se calcula de la siguiente manera:

$$\rho_{temperatura} = 0,0020$$

$$A_{S_{temperatura}} = \rho_{temperatura} * B_{unitaria} * d'_{esc}$$

$$A_{S_{temperatura}} = 0,0020 * 100 * 9,03$$

$$A_{S_{temperatura}} = 1,81\ cm^2$$

- Espaciamiento del refuerzo de acero por temperatura

También es necesario el calcular el espaciamiento que tendrá el refuerzo de acero por temperatura, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_{var\ N.4} * B_{unitaria}}{A_s}$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{1,81}$$

$$S = 39,23 \approx 35\ cm$$

Por lo tanto, se colocarán refuerzo de acero por temperatura de varillas No.3 utilizando el espaciamiento máximo de 30 cm.

2.1.3.11. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas se diseñaron utilizando la Ley de Ohm la cual establece lo siguiente:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = impedancia (Amperios)

P = Potencia (Watts)

V = Voltaje (Voltios)

Luego del cálculo de la impedancia necesaria para cada uno de los circuitos según la cantidad de componentes eléctricos que lo componen, por lo tanto, la instalación eléctrica cuenta con un tablero principal monofásico de 12 circuitos marca General Electric, así también se colocarán 6 flipones de 15 A para los

circuitos de iluminación de 120 V y 4 flipones de 40 A para los circuitos de fuerza de 120 V, dejando 2 espacios disponibles por prevención de la implementación de algún nuevo circuito en el futuro. Este tablero se encontrará en el primer nivel en el pasillo (como se muestra en los planos en anexos) esto para facilitar el acceso a este en caso de emergencias.

Cada uno de los circuitos de iluminación está conformado por lámparas para 2 tubos led de 18 Watts y plafoneros de focos Led de 5 Watts, según se puede ver en el plano de iluminación en anexos. Las lámparas están distribuidas de la siguiente forma, en cada salón de clases se colocarán 4 lámparas, en los pasillos se colocarán 3 lámparas, en la oficina de director se colocará 1 lámpara, en la sala de maestros se colocará 1 lámpara, en los servicios sanitarios se colocarán 6 plafoneros y en el módulo de gradas se colocarán 3 plafoneros. Cada ambiente tendrá interruptores simples o dobles para el conjunto de lámparas que posea según sea conveniente.

Los circuitos de fuerza de 120 V estarán conformados por tomacorrientes dobles de dado con placa metálica los cuales se distribuirán de la siguiente forma, en cada salón de clases se colocarán 7 tomacorrientes, en la oficina de director se colocarán 3 tomacorrientes, en la sala de maestros se colocarán 3 tomacorrientes y en los pasillos se colocarán 4 tomacorrientes.

También es necesario especificar que para el alambrado de las instalaciones eléctricas se utilizará Cable No. 12 para instalaciones de iluminación, Cable No.12 para instalaciones de fuerza de 110 V y Cable No. 8 para la línea de conducción del tablero al contador.

2.1.3.12. Instalaciones hidráulicas

El sistema de instalaciones hidráulicas se encontrará únicamente en los servicios sanitarios, dichas instalaciones serán por medio de un circuito cerrado, debido que estos ayudan a disminuir grandemente la pérdida de energía, otorgando una presión uniforme en cada salida del sistema.

Las instalaciones hidráulicas se diseñaron utilizando el método Hunter para definir el diámetro de tubería, aplicando el principio de unidades de carga designadas para cada artefacto sanitario y la ecuación de Hazen-Williams. Para este sistema se utilizarán tuberías de PVC color blanco, de 1" de diámetro para el circuito cerrado y de ½" de diámetro para los diferentes ramales (lavamanos e inodoros) esto para aumentar significativamente la presión en ellos, es necesario que las tuberías posean una resistencia de 125 psi para seguridad ante fisuras por presión de agua.

Dentro de la acometida de agua potable se colocará una llave de paso la cual se cierra para impedir el paso del suministro de agua por incumplimiento de pago, un contador, el cual medirá el consumo de agua por mes dentro de las instalaciones, una llave de compuerta para emergencias donde sea necesario cortar el suministro de agua por alguna ruptura de tubería y una llave de paso para control municipal.

2.1.3.13. Instalaciones sanitarias

- Aguas residuales

Este es necesario en los servicios sanitarios para la evacuación de excretas al sistema de alcantarillado sanitario del caserío Totolyá, esto con el fin de

mejorar la higiene de la edificación escolar, para ello es necesario colocar un sistema de drenaje a través de tuberías de PVC color naranja.

Para el diseño de la red de aguas residuales se aplicó el método de hunter a través de las unidades de descarga que posee cada artefacto sanitario y la ecuación de Manning.

Para la planta alta en los lavamanos se utilizarán tuberías de 2 pulgadas de diámetro y tuberías de 3 pulgadas de diámetro para inodoros, para el colector principal del primer nivel se utilizará tuberías de 3 pulgadas de diámetro y para el drenaje de las aguas residuales hacia el colector se colocará una caja de registro y tubería de 4 pulgadas de diámetro.

- Aguas pluviales

Para el diseño de la red de aguas pluviales se aplicó el método racional utilizando la intensidad de lluvia máxima dada por el INSIVUMEH en la estación hidrométrica de Santiago Atitlán y la ecuación de Manning.

Estas aguas pluviales se llevarán por medio de la pendiente del techo hacia las bajas de agua las cuales se añadirán por fuera de la estructura para no debilitarla. Las bajadas de agua pluvial serán de tuberías de PVC color naranja de 3 pulgadas de diámetro y el colector que llevará el caudal total de las 4 bajadas de agua pluvial será de 4 pulgadas de diámetro.

2.1.3.14. Elaboración de planos constructivos

Habiendo terminado el diseño estructural, cumpliendo con todos los requisitos de los elementos estructurales, es necesario elaborar un juego de planos de la edificación escolar de 2 niveles.

El juego de planos está conformado por los siguientes planos:

- Plano amueblada
- Plano acotado
- Plano de acabados
- Plano de iluminación
- Plano de fuerza
- Plano de agua potable
- Plano de drenaje sanitario
- Plano de drenaje pluvial
- Plano de cimentación
- Plano de losas
- Plano de detalles de vigas
- Plano de detalles de columnas y zapatas
- Plano de detalles de mampostería
- Plano de detalles de módulo de gradas

Este juego de planos se encontrará en los anexos.

2.1.3.15. Elaboración de presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se realizó mediante precios unitarios, integrando costos directos compuestos por materiales de construcción y mano de obra, en cuanto a los precios de materiales se manejaron los utilizados en la

región y mano de obra se utilizaron los precios manejados por la municipalidad para casos similares, y los costos indirectos, se aplicó el 35 %.

Tabla LXXXIII. Presupuesto de la edificación escolar de dos niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá

Resumen presupuesto de edificación escolar de 2 niveles para el caserío totolyá, san lucas tolimán, sololá					
N.º	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Preliminares				
1.1	Replanteo topográfico	Global	1	Q 1 084,05	Q 1 084,05
1.2	Construcción de bodega	Unidad	1	Q 15 324,85	Q 15 324,85
1.3	Limpieza y chapeo	M2	193	Q 3;51	Q 676,57
2	Excavación	M3	150	Q 85;57	Q 12 835,39
3	Cimentación				
3.1	Zapata Z-1	Unidad	10	Q 4 754,55	Q 47 545,54
3.2	Zapata Z-2	Unidad	10	Q 6 722,47	Q 67 224,72
4	Marcos estructurales				
4.1	Columna C1	MI	155	Q 1 229,03	Q 190 499,66
4.2	Viga eje X primer nivel	MI	59	Q 942,56	Q 55 610,93
4.3	Viga eje X segundo nivel	MI	59	Q 897,29	Q 52 940,25
4.4	Viga eje Y primer nivel	MI	63	Q 770,32	Q 48 530,39
4.5	Viga eje Y segundo nivel	MI	63	Q 720,14	Q 45 368,66
4.6	Losa 1er nivel	M2	186	Q 946,02	Q 175 959,16
4.7	Losa 2do nivel	M2	196	Q 946,02	Q 185 419,33
5	Mampostería				
5.7	Muro de mampostería reforzada de 15cm	M2	535	Q 491,97	Q 263 202,24
5.8	Muro de mampostería de 10cm	M2	40	Q 104,75	Q 4 189,90

Continuación de la tabla LXXXIII

N.º	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
6	Relleno	M3	125	Q 64,01	Q 8 001,51
7	Instalaciones				
7.1	Hidráulicas	Global	1	Q 4 029,07	Q 4 029,07
7.2	Sanitarias	Global	1	Q 6 019,78	Q 6 019,78
7.3	Pluviales	Global	1	Q 1 957,77	Q 1 957,77
7.4	Iluminación	Global	1	Q 31 174,46	Q 31 174,46
7.5	Fuerza	Global	1	Q 20 261,51	Q 20 261,51
7.6	Artefactos sanitarios	Global	1	Q 8 782,39	Q 8 782,39
8	Acabados				
8.1	Puerta tipo 1 (metal)	Unidad	1	Q 3 180,00	Q 3 180,00
8.2	Puerta tipo 2 (metal)	Unidad	2	Q 1 908,00	Q 3 816,00
8.3	Puerta tipo 3 (madera)	Unidad	8	Q 1 590,00	Q 12 720,00
8.4	Puerta tipo 4 (metal)	Unidad	8	Q 1 351,50	Q 10 812,00
8.5	Puerta tipo 5 (metal)	Unidad	1	Q 1 590,00	Q 1 590,00
8.6	Ventana tipo 1 (pvc)	Unidad	3	Q 1 451,67	Q 4 355,01
8.7	Ventana tipo 2 (pvc)	Unidad	12	Q 1 055,76	Q 12 669,12
8.8	Ventana tipo 3 (pvc)	Unidad	10	Q 1 764,90	Q 17 649,00
8.9	Ventana tipo 4 (pvc)	Unidad	2	Q 1 629,75	Q 3 259,50
8.10	Ventana tipo 5 (pvc)	Unidad	4	Q 1 081,20	Q 4 324,80
8.11	Piso de concreto	M2	195	Q 213,21	Q 41 576,33
8.12	Repello + cernido	M2	415	Q 140,30	Q 58 225,59
8.13	Repello + cernido + pintura	M2	555	Q 313,47	Q173 974,51
9	Modulo de gradas	Global	1	Q 24 329,76	Q 24 329,76
10	Limpieza final	Global	1	Q 1 921,74	Q 1 921,74
Costo total de proyecto					Q 1 621 041,49

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.16. Cronograma de ejecución

A continuación se encontrará el cronograma de ejecución física propuesto para la construcción de la edificación escolar.

Tabla LXXXIV. **Cronograma de ejecución de edificación escolar de dos niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá**

NO.	REGLON	1er. Mes			2do. Mes				3er. Mes				4to. Mes				5to. Mes				6to. Mes				7mo. Mes				8vo. Mes						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32		
1	PRELIMINARES	■	■	■																															
2	EXCAVACION		■	■	■	■	■	■																											
3	CIMENTACION						■	■	■	■	■																								
4	MARCOS ESTRUCTURALES										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
5	MAMPOSTERIA																		■	■	■	■	■	■											
6	RELLENO												■	■	■																				
7	INSTALACIONES											■	■	■							■	■	■	■	■										
8	ACABADOS																									■	■	■	■	■	■				
9	MODULO DE GRADAS													■	■	■																			
10	LIMPIEZA FINAL																																■	■	■

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.17. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es necesaria en todo proyecto de infraestructura con los datos específicos de la obra, como su ubicación, sus colindancias, sus riesgos, entre otros.

Para la contribución a esta evaluación de impacto ambiental se colaborará con el formulario de evaluación ambiental inicial proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), este formulario se puede encontrar en anexos.

2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá

Para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es necesario conocer algunos parámetros de la comunidad como el número de viviendas, la densidad de población, la tasa de crecimiento, también es necesario establecer un determinado periodo de diseño para el cálculo del caudal sanitario con el cual se diseñará cada uno de los tramos que componen el sistema de alcantarillado.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, el cual se dividirá en 3 sistemas independientes, según lo requirió la topografía del lugar, este sistema de alcantarillado está conformado por un total de 46 pozos de visita los cuales tienen alturas entre 1,35 m hasta 3,85 m construidos con mampostería de ladrillo.

Además, para este sistema de alcantarillado sanitario cuenta con una longitud aproximada de 2 085 metros lineales de colector, para el colector se utilizarán 351 tubos de PVC RIB LOC. Toda la tubería RIB LOC será de diámetro de 160 mm.

2.2.2. Normas y reglamentos a aplicar

Para el diseño del sistema de alcantarillado se utilizarán las normas generales para el diseño de alcantarillados del Instituto de fomento municipal (INFOM).

Para la tubería se utilizará tubería de PVC RIB LOC la cual es un compuesto de PVC rígido bajo la norma ASTM D-1784 la cual también cumple con los requisitos de la NTC 4764 para uso en alcantarillados.

La tubería de PVC RIB LOC posee muchas ventajas entre ellas: tubería flexible fabricada en PVC con refuerzo en acero, alta resistencia a efectos corrosivos, alto rendimiento durante el proceso de instalación, fácil instalación en lugares de muy difícil acceso, entre otros.

Se utilizará el reglamento de condiciones de instalación y diseño de tuberías perfiladas de PVC para alcantarillado de Durman Esquivel Guatemala, S. A.

Para el diseño de las fosas sépticas se utilizará el código ACI 318S-14 para el diseño de elementos estructurales (vigas y losas) simplemente apoyadas.

2.2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es necesario para realizar un diseño más preciso para el sistema de alcantarillado sanitario, en el municipio de San Lucas Tolimán se realizó el levantamiento y así se identificó que la colonia Pampojilá tiene 3 puntos de desfogue según la topografía del terreno, por lo cual se hizo la propuesta de diseñar 3 sistemas de alcantarillado sanitario independientes.

Para un correcto levantamiento topográfico es necesario tomar en cuenta medidas con equipo especializado, para el levantamiento topográfico en la colonia Pampojilá se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Teodolito digital
- Estadal

- Cinta métrica
- Plomada
- Estacas
- Clavos
- Libreta topográfica

Habiendo seleccionado el equipo e instrumentos a utilizar se procede a tomar medidas donde se colocarán pozos de visita y en los puntos de interés en el terreno, estas suelen estar en las siguientes ubicaciones:

- Principio de calles
- Cruces de calles
- Distancias no mayores a 20 metros
- Puntos con cambio de pendiente de terreno
- Punto donde se tenga planeado realizar el desfogue

La topografía está dividida en 2 partes las cuales son la planimetría y la altimetría.

2.2.3.1. Planimetría

Es una rama de la topografía encargada de determinar desde un punto fijo de observación, la ubicación de puntos de interés sobre un plano horizontal, para ello existen diversos procedimientos que permiten, determinar la distancia recta entre el punto de interés y nuestro punto fijo de observación.

Para la realización de la planimetría para el sistema de alcantarillado sanitario se utilizó el método de conservación de azimut.

2.2.3.2. Altimetría

Es una parte de la topografía encargada de determinar desde un nivel de referencia establecido las diferentes alturas o cotas de ciertos puntos de interés, esto con el fin de determinar un perfil del terreno en un tramo específico.

La altimetría tiene suma importancia en el diseño de alcantarillado sanitario debido que las aguas residuales son llevadas por gravedad por medio del colector desde las casas hacia el punto de desfogue. Por lo cual la altura de los pozos de visita dependerá directamente del caudal recibido, la altura del terreno, y la altura a la cual tiene su cota invert de entrada.

Para la realización de la altimetría para el sistema de alcantarillado sanitario se utilizó el método de nivelación taquimétrico.

2.2.4. Descripción del sistema a utilizar

Para un sistema de alcantarillado existen distintos tipos para utilizar, todos funcionan por gravedad, cambiando únicamente en la condición de recolección de las aguas que transporta.

- Sistema de alcantarillado sanitario

Este sistema se restringe a transportar únicamente aguas residuales (provenientes de las casas, establecimientos, comercios, industrias, entre otros) por medio de un colector hacia una planta de tratamiento o hacia un sistema de tratamiento primario y posteriormente depositarlo en el cuerpo hídrico receptor más cercano.

- Sistema de alcantarillado pluvial

Este sistema se restringe a transportar aguas pluviales recaudándolas por medio de rejillas transversales, rejillas longitudinales y cunetas para luego depositarlas en un colector y posteriormente depositarlas en un cuerpo receptor.

- Sistema de alcantarillado combinado

Este sistema transporta las aguas residuales junto con las aguas pluviales por medio de un colector hacia una planta de tratamiento, este tipo de sistema no es recomendado debido que contamina las aguas pluviales al mezclarse con las aguas residuales, aunque resulta más económico que aplicar los 2 sistemas anteriores por separado para una comunidad.

Por lo tanto, para este diseño se utilizará un sistema de alcantarillado sanitario, debido que la comunidad ya cuenta con una red de cunetas para la evacuación de aguas pluviales y así evitar la contaminación de las aguas pluviales.

2.2.5. Partes del alcantarillado sanitario

El alcantarillado sanitario está compuesto principalmente por colector, pozos de visita y las conexiones domiciliarias, cada uno tiene una función importante para el alcantarillado.

2.2.5.1. Colector

Se le llama así al conjunto de tuberías que transportan las aguas residuales a lo largo del alcantarillado por gravedad, por lo cual el punto de desfogue será

el punto más bajo en los territorios de la comunidad. Los colectores cuentan con ciertos parámetros de velocidades máxima y mínima para evitar la erosión de la tubería y la sedimentación de las aguas residuales en la tubería; Así como también parámetros de relación de tirantes de agua en la tubería.

Según la norma Durman de RIB LOC este colector debe estar a una profundidad mínima de 1,20 m hasta la parte superior de la tubería, para calles donde circulan vehículos pesados.

El colector de diseño consta de 351 tubos de 6 metros de tubería de PVC RIB LOC de diámetro de 160 mm cumpliendo la norma NTC 4764.

2.2.5.2. Pozos de visita

Son una parte fundamenta en un alcantarillado debido que son puntos de control donde se puede verificar el funcionamiento del alcantarillado en un punto específico, realizar mantenimiento de la red de colectores e identificar problemas de obstrucción, entre otros.

Estos pozos de visita pueden ser contruidos de cualquier material que garantice la durabilidad de estos, también suelen tener una sección circular plana en el fondo y en la parte superior poseen una forma de cono truncado, y cubiertos con una tapadera de metal o de concreto para facilitar el acceso del personal de mantenimiento.

Para el sistema de alcantarillado sanitario se colocaron 46 pozos de visita con alturas desde 1,35 m hasta 3,85 m además en este diseño se realizarán de mampostería de ladrillo para que estos sean mucho más duraderos e impermeables y contarán con tapaderas de concreto armado.

2.2.5.3. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son las encargadas de recaudar las aguas residuales de las casas, comercios, industrias para luego depositarlas en los colectores, estas conexiones están compuestas de una candela y una acometida domiciliar.

Para la colonia Pampojilá se tienen 349 viviendas, donde cada una de ellas debe poseer su propia acometida domiciliar adecuada para evacuar sus aguas residuales.

2.2.5.4. Candela

Tiene forma de un pozo, tiene la función de reunir las aguas residuales de un conjunto de viviendas en un mismo punto y luego dirigirlas hacia el colector del sistema de alcantarillado.

Este puede ser de mampostería donde su lado menor sea de 0,45 metros o de tubos de concreto de 12 pulgadas de diámetro colocado verticalmente, ambos con una altura de un metro. También debe contar con una tapadera, toda la candela debe ser impermeable para evitar fugas o filtraciones de aguas residuales en el suelo.

2.2.5.5. Conexión de candela a colector

Esta candela debe tener una tubería de salida la cual depositara las aguas residuales en el colector, dicha unión entre la tubería de la candela y el colector debe tener un ángulo de 45° debe tener una pendiente del 2 % y debe ser tubería de 4 pulgadas para tubería de PVC.

Es necesario tomar en cuenta que debe colocarse un accesorio para la unión con el colector principal y este debe ser una Yee del diámetro del colector con un reductor de diámetro de 4 pulgadas.

2.2.6. Periodo de diseño

Según las normas del INFOM indica que los sistemas de alcantarillado deben ser proyectados durante un periodo de diseño de 30 a 40 años a partir de la fecha en la cual se desarrolla el diseño.

Por lo tanto, para este diseño de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá se tomará un periodo de diseño de 30 años, tiempo en el cual deberá tener un funcionamiento adecuado para la evacuación de aguas residuales de la comunidad.

2.2.7. Estimación de la población futura

Es necesario hacer uso de métodos matemáticos para la estimación de la población futura de la colonia Pampojilá, expresando el crecimiento poblacional en función del tiempo utilizando una tasa de crecimiento uniforme, esta se calculará mediante el método geométrico utilizando la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{actual} * (1 + r\%)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

P_{actual} = Población actual

r% = Tasa de crecimiento

n = Periodo de diseño

2.2.7.1. Tasa de crecimiento

Para la tasa de crecimiento se tomó la tasa utilizada por la municipalidad de San Lucas Tolimán para sus proyectos igual a 2,15 %.

NOTA: Mediante las proyecciones del INE se puede observar que poseen una tasa municipal de 2,04 %.

2.2.7.2. Población actual

La población actual de la colonia Pampojilá, según el censo realizado durante la realización del periodo de EPS fue de 2 094 habitantes, utilizando una densidad de habitantes por vivienda de 6.

2.2.7.3. Población futura

Por lo tanto, la población futura al final del periodo de diseño es igual a:

$$P_{2048} = 2\,094 * (1 + 0,0215)^{30}$$
$$P_{2048} = 3\,963,95 \approx 3\,964 \text{ Habitantes}$$

2.2.8. Determinación de caudales

Para el diseño de un sistema de alcantarillado es necesario determinar el caudal que corre en cada tramo del sistema expresado como (litros por segundo o metro cúbico por segundo), este caudal debe ser calculado con el fin de cumplir con los parámetros de velocidad mínima para la población actual y velocidad máxima para la población futura, durante todo el periodo de diseño.

El primer paso es determinar el caudal sanitario, el cual está compuesto por el caudal medio, caudal industrial, caudal comercial, caudal por conexiones ilícitas y caudal por infiltración, para luego determinar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y finalmente determinar el caudal de diseño.

El caudal de diseño para el sistema de alcantarillado debe trabajar como canal abierto durante todo el periodo de diseño, esto con el objetivo de que la red de alcantarillado trabaje por gravedad.

2.2.8.1. Dotación

Según los registros de la Dirección municipal de planificación (DMP) de la municipalidad de San Lucas Tolimán, en la colonia Pampojilá actualmente cuenta con una dotación de 160 litros/habitante/día.

2.2.8.2. Factor de retorno del sistema

El factor de retorno es la relación entre el agua vertida en el alcantarillado sanitario respecto del agua que se le suministra a una vivienda, esto debido que existen perdidas debido a riego de jardines, limpieza de viviendas, entre otros, por lo cual esa cantidad de agua no regresa a las redes de alcantarillados sanitarios, este factor de retorno puede estar entre 0,75 y 0,95.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Pampojilá se tomará un factor de retorno de 0,85 esto debido que muchos de los patios de las viviendas son de tierra.

2.2.8.3. Caudal sanitario

El caudal sanitario es aquel que sirve para determinar el factor de caudal medio, el caudal sanitario está conformado por el caudal medio, caudal industrial, caudal comercial, caudal por conexiones ilícitas y caudal por infiltración como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_s = q_{dom} + q_{industrial} + q_{comercial} + q_{CI} + q_{inf}$$

Donde:

Q_s = Caudal sanitario (L/s)

q_{dom} = Caudal medio (L/s)

$q_{industrial}$ = Caudal industrial (L/s)

$q_{comercial}$ = Caudal comercial (L/s)

q_{CI} = Caudal de conexiones ilícitas (L/s)

q_{inf} = Caudal de infiltración (L/s)

2.2.8.3.1. Caudal medio

Este es el caudal que proviene del agua utilizada en cada una de las viviendas para distintas actividades, tales como lavado de trastos, uso del servicio sanitario, uso de las duchas, entre otras, y es enviada al sistema de alcantarillado; este caudal se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$q_{dom} = \frac{(Dot) * P_{2049} * FR}{86\ 400}$$

Donde:

q_{dom} = Caudal medio (L/s)

Dot = Dotación (L/hab/día)

P_{2049} = Población proyectada al año 2 049 (hab)

FR = Factor de retorno

Por lo tanto, el caudal medio será igual a:

$$q_m = \frac{(160) * 3\,964 * 0,85}{86\,400}$$
$$q_m = 6,240 \text{ L/seg}$$

2.2.8.3.2. Caudal industrial

El caudal industrial es aquel proveniente de procesos industriales, tales como fábricas textiles, rastros, entre otros.

En este diseño no se consideró el caudal industrial debido que no se tienen con ningún tipo de industrias en la colonia Pampojilá.

2.2.8.3.3. Caudal comercial

Este caudal es mayormente proveniente de los mercados, escuelas, hoteles, entre otros. Estos suelen tener cierta dotación según sus actividades y horarios, a continuación, se calculará el caudal comercial de la escuela y del salón comunal y la iglesia de la colonia Pampojilá:

- Escuela:

Capacidad – 250 alumnos

Dotación -40 L/alumno/día

$$q_{comercial,escuela} = Capacidad * Dotación$$

$$q_{comercial,escuela} = \left(250 \text{ alumnos} * 40 \frac{L}{\text{Alumno}} \frac{1}{\text{dia}} \right)$$

$$q_{comercial,escuela} = 10\,000 \frac{L}{\text{dia}}$$

$$q_{comercial,escuela} = 10\,000 \frac{L}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{86\,400 \text{ seg}}$$

$$q_{comercial,escuela} = 0,12 \text{ L/seg}$$

- Sal6n comunal:

Capacidad – 20 Habitantes

Dotaci6n -25 L/Hab/d6a

$$q_{comercial,salon} = \text{Capacidad} * \text{Dotaci6n}$$

$$q_{comercial,salon} = \left(20 \text{ Habitante} * 25 \frac{L}{\text{Habitante}} \frac{1}{\text{dia}} \right)$$

$$q_{comercial,salon} = 500 \frac{L}{\text{dia}}$$

$$q_{comercial,salon} = 500 \frac{L}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{86\,400 \text{ seg}}$$

$$q_{comercial,salon} = 0,01 \text{ L/seg}$$

- Iglesia:

Capacidad – 350 Habitantes

Dotaci6n -25 L/Hab/d6a

$$q_{comercial,iglesia} = \text{Capacidad} * \text{Dotaci6n}$$

$$q_{comercial,iglesia} = \left(350 \text{ Habitante} * 25 \frac{L}{\text{Habitante}} \frac{1}{\text{dia}} \right)$$

$$q_{comercial,iglesia} = 8\,750 \frac{L}{\text{dia}}$$

$$q_{comercial,iglesia} = 8\,750 \frac{L}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{86\,400 \text{ seg}}$$

$$q_{comercial,iglesia} = 0,10 \text{ L/seg}$$

- Caudal comercial total

$$q_{comercial} = q_{comercial,escuela} + q_{comercial,salon} + q_{comercial,iglesia}$$

$$q_{comercial} = 0,12 \text{ L/seg} + 0,01 \text{ L/seg} + 0,10 \text{ L/seg}$$

$$q_{comercial} = 0,23 \text{ L/seg}$$

2.2.8.3.4. Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal está conformado por el porcentaje de agua pluvial que algunas viviendas depositan en el sistema de alcantarillado por medio de bajadas de agua de los techos o por medio de reposaderas en los patios.

Para la estimación del caudal el normativo del INFOM establece como mínimo el 10 % del caudal medio, para este diseño se tomara como factor el 30 % del caudal medio, esto debido a que la colonia Pampojilá actualmente no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial, además se observó en las visitas de campo que muchas de las casas cuentan con patios internos y bajadas de agua de los techos hacia los mismos patios, por lo cual se asume que al momento de implementar el sistema de alcantarillado sanitario un número considerable de viviendas colocaran conexiones ilícitas.

Por lo tanto, este caudal se calculará de la siguiente manera:

$$q_{CI} = 30 \% * q_m$$
$$q_{CI} = 30 \% * 6,240$$
$$q_{CI} = 1,872 \text{ L/seg}$$

2.2.8.3.5. Caudal por infiltración

Este caudal está conformado por la cantidad de agua subterránea que se penetra al sistema de alcantarillado, en cada una de las uniones de esta, este caudal depende del material de la tubería, de la longitud del alcantarillado, del diámetro que se utilice y si se encuentra debajo o por encima del nivel freático.

Para el diseño de este sistema de alcantarillado se utilizará tubería de PVC RIB LOC, se trabajará con diámetros de 160 mm, una longitud del colector aproximada de 2 085 m y se colocará sobre el nivel freático. Para un sistema de PVC el INFOM establece que el caudal de infiltración se calculará la siguiente manera.

$$q_{inf} = \frac{0,01 * L * \emptyset}{1\ 000}$$

Donde:

q_{inf} = Caudal de infiltración (L/s)

L = Longitud total del Sistema de alcantarillado (m)

\emptyset = Diámetro del colector (pulg)

$$q_{inf} = \frac{0,01 * 2\ 085 * 6,5}{1\ 000}$$
$$q_{inf} = 0,135 \text{ L/Seg}$$

2.2.8.3.6. Caudal sanitario

El caudal medio es igual al caudal sanitario, siendo la suma de los caudales medio, industrial, comercial, por conexiones ilícitas y por infiltración. Habiendo obtenido dichos caudales, se procederá a calcular el caudal medio para la colonia Pampojilá de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}Q_s &= q_{dom} + q_{industrial} + q_{comercial} + q_{CI} + q_{inf} \\Q_s &= 6,240 + 0,000 + 0,230 + 1,872 + 0,135 \\Q_s &= 8,477 \text{ L/Seg}\end{aligned}$$

2.2.8.3.7. Factor de caudal medio

Para calcular este factor es necesario dividir el caudal sanitario dentro de la población futura de la comunidad. Este factor representa, la cantidad de caudal sanitario que contribuye al sistema de alcantarillado cada una de las personas proyectadas a futuro.

$$fqm = \frac{Q_s}{P_f}$$

Donde:

fqm = Factor de caudal medio

Q_s = Caudal sanitario (L/seg)

P_f = Población futura (habitantes)

Este factor se calculará para toda la comunidad, aplicando también los límites máximo y mínimo que se presentan a continuación:

$$fqm_{mn} = 0,002 \quad fqm_{max} = 0,005$$

- Cálculo de factor caudal medio

$$fqm = \frac{Q_s}{P_{2048}} = \frac{8,477}{3\,964}$$

$$fqm = 0,00214$$

Por lo tanto, se realizará la comprobación de los límites:

$$fqm > fqm_{min}$$

$$0,00214 > 0,002$$

Si cumple

$$fqm < fqm_{max}$$

$$0,00214 < 0,005$$

Si cumple

Por lo tanto, se utilizará el factor caudal medio de 0,00214 para el diseño del alcantarillado.

2.2.8.3.8. Factor de Harmond

Este es un factor unitario que representa la probabilidad que muchas viviendas de un mismo tramo evacuen aguas residuales de forma simultánea. Es importante debido a que es necesario para calcular el caudal de diseño con el que se trabajara en el sistema de alcantarillado.

El factor de Harmond depende directamente de la cantidad de la población por lo cual es necesario calcular un factor de Harmond para la población actual y

otro para la población futura. Este factor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FH_{O,f} = \frac{18 + \sqrt{\frac{P_{O,f}}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P_{O,f}}{1\,000}}}$$

Donde:

$FH_{O,f}$ = Factor de Harmond

P_O = Población actual acumulada

P_f = Población futura acumulada

$$FH_O = \frac{18 + \sqrt{\frac{2\,094}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{2\,094}{1\,000}}}$$

$$FH_O = 3,570$$

$$FH_F = \frac{18 + \sqrt{\frac{3\,964}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{3\,964}{1\,000}}}$$

$$FH_F = 3,337$$

2.2.8.3.9. Caudal de diseño

El caudal de diseño es aquel con el cual se diseñará cada uno de los tramos del sistema de alcantarillado, analizando las viviendas que estos poseen de forma acumulativa tanto para la población actual como para la población futura, utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = P_{O,f} * fqm * FH_{O,f}$$

Donde:

Q_{dis} = Caudal de diseño (L/seg)

P_o = Población actual acumulada (habitantes)

P_f = Población futura acumulada (habitantes)

f_{qm} = Factor caudal medio (L/Hab/seg)

FH = Factor de Harmond

Es necesario realizar las comprobaciones de velocidades en cada uno de los tramos para su respectivo caudal de diseño debido que de no cumplirlos será necesario cambiar la pendiente o el diámetro del colector hasta que se cumplan todos los parámetros.

2.2.9. Fundamentos hidráulicos

Es necesario recurrir a los conocimientos hidráulicos para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, el cual tiene como función evacuar las aguas residuales de la comunidad, recolectando dichas aguas de cada vivienda y transportándolas mediante un colector, el cual trabaja por gravedad, llevando las aguas residuales de un punto hacia un punto más bajo que el anterior.

Para un sistema por gravedad es necesario que el colector trabaje como un canal abierto, por lo cual este no debe trabajar a sección llena, en ninguno de los tramos del sistema.

El colector de un sistema de alcantarillado debe tener una pendiente, la cual tendrá valores permitidos según el material del colector, para este diseño se utilizará tubería PVC RIBLOC de diámetro 160 mm, la cual posee pendientes entre 0,20 % y 35,00 %.

2.2.9.1. Ecuación de Manning para flujo

La ecuación de Manning se utiliza para encontrar la velocidad del flujo a sección llena dentro de una tubería, es necesario conocer el coeficiente de rugosidad, el diámetro y la pendiente de dicha tubería a utilizar.

Esta ecuación es válida para flujo uniforme, el cual se asume no cambia a lo largo de un tramo, la ecuación de Manning para el sistema Internacional es la siguiente:

$$V_{\text{manning}} = \frac{1}{n_{\text{manning}}} * Rh^{2/3} * S_T^{1/2}$$
$$Q_{\text{manning}} = \frac{1}{n_{\text{manning}}} * Rh^{2/3} * S_T^{1/2} * A_{\text{colector}}$$

Donde:

V_{manning} = Velocidad a sección llena del colector (m/s)

Q_{manning} = Caudal a sección llena del colector (m³/s)

n_{manning} = Coeficiente de rugosidad de Manning

Rh = Radio hidráulico del colector (m)

S_T = Pendiente de la superficie o del terreno (%)

A_{colector} = Área del colector (m²)

Donde el radio hidráulico es igual a:

$$Rh = \frac{\text{Area}}{\text{Perimetro}}$$
$$Rh = \frac{\frac{\pi}{4} * \emptyset^2}{\pi * \emptyset} = \frac{\emptyset}{4}$$

Según la norma Durman de la tubería de PVC RIBLOC el coeficiente de rugosidad de Manning es de $n = 0,009$

2.2.9.2. Relaciones de diámetro

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es importante comprobar las relaciones de diámetro y caudal para la población actual y la futura, esto con el fin que el colector trabaje siempre por gravedad como un canal abierto cumpliendo los siguientes parámetros.

- Relación de diámetro

$$0,10 < \frac{d}{D} < 0,75$$

2.2.9.3. Relaciones hidráulicas

Para el diseño del sistema de alcantarillado es necesario utilizar las relaciones hidráulicas entre ellas (v/V , q/Q , d/D), esto con el fin de obtener los cálculos de velocidad y área de manera más rápida y eficiente, para este proceso es necesario determinar el caudal de diseño (para población actual y futura) y dividirlo dentro del caudal a sección llena de una determinada tubería, con una determinada pendiente.

Las nomas de Durman Esquivel proporcionan una tabla de velocidades y caudales a sección llena para una pendiente y diámetro específico, habiendo obtenido la velocidad y caudal a sección llena a utilizar, se procede a dividir el caudal de diseño obtenido en el inciso 2.2.8.3.9, habiendo obtenido la relación hidráulica de caudales, se buscara el dato más cercano en las tablas de “Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular” en anexos, habiendo seleccionado la relación de caudales más cercana a la calculada, se procede a tomar la relación de velocidades y la relación de diámetros correspondiente.

Es necesario resaltar que es necesario determinar las relaciones hidráulicas de caudal, velocidad y diámetros durante todo el periodo de diseño es decir tanto para el caudal de diseño de la población actual como para el caudal de diseño de la población futura, esto con el fin de realizar la comprobación de cumplir con los parámetros del inciso 2.2.9.2.

De no cumplir con los límites de velocidad para la tubería de PVC RIBLOC se deberá modificar la pendiente o los diámetros de tubería.

2.2.9.4. Diámetro de colector

Es necesario determinar el diámetro del colector a utilizar al cual se le debe proporcionar una pendiente la cual debe iniciarse con el mínimo y de no cumplir con los parámetros de las relaciones hidráulicas, debe aumentarse y evaluarse de nuevo. Según el reglamento del INFOM para tubería de PVC el diámetro mínimo a utilizar es de 6 pulgadas.

2.2.9.5. Profundidad del colector

En el diseño del sistema de alcantarillado otro punto importante a tomar en cuenta es la profundidad que se le dé al colector, la cual depende de algunos factores, entre ellos la profundidad mínima según el tipo de tránsito que soporte, la pendiente propia del colector y del diámetro del colector.

Es necesario conocer el tipo de tránsito que circulará sobre las calles de la comunidad con el objetivo de proporcionar la profundidad mínima admisible según las normas Durman para la tubería de PVC RIBLOC, garantizando la durabilidad de la tubería.

2.2.9.5.1. Profundidad mínima del colector

Para establecer la profundidad mínima del colector es necesario conocer el tipo de tránsito que circulara en las calles de la colonia Pampojilá ya que no se desea que el colector tenga alguna fractura debido a la carga vertical sobre el mismo.

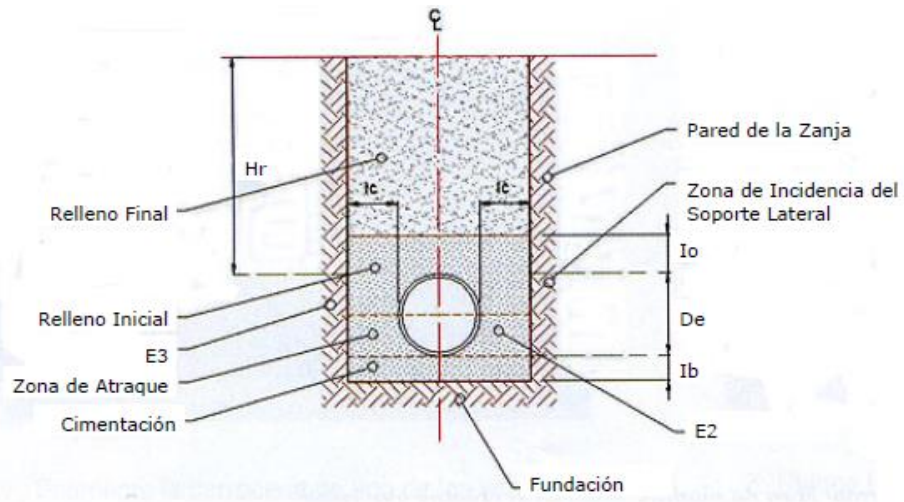
Habiendo preguntado a la comunidad se determinó que en la colonia Pampojilá el tránsito es liviano y mediano, por lo tanto, se utilizará una profundidad mínima de 1,00 m medida desde la subrasante hacia la parte superior del colector, sumando 0,20 m a esta profundidad mínima debido al diámetro del colector obteniendo así la profundidad mínima del colector.

$$H_{\min \text{ colector}} = 1,00 + 0,20 = 1,20 \text{ m}$$

2.2.9.5.2. Ancho de zanja

Es necesario determinar el ancho de la zanja a utilizar debido que se trata del espacio libre de los trabajadores para la colocación de la tubería, para ello se utilizara la norma Durman la cual estima los siguientes parámetros:

Figura 70. Dimensiones propuestas de zanja



Fuente: ESQUIVEL, Durman. *Condiciones de instalación y diseño RIBLOC*, p.14.

Donde los valores de l_o , l_b , l_c , se determinan según la siguiente tabla:

Tabla LXXXV. Dimensiones propuestas de zanja

Di	Valores recomendados (mm)		
	lb	lc	lo
> 150 ≤ 300	100	150	150
> 300 ≤ 450	100	200	150
> 450 ≤ 900	150	300	150
> 900 ≤ 1 500	150	350	200
> 1 500 ≤ 2 000	150	0,25xDe	300

Fuente: ESQUIVEL, Durman. *Condiciones de instalación y diseño RIBLOC*, pág. 14.

También la norma Durman Esquivel, para tubería de PVC RIBLOC establece que para condiciones críticas de profundidad o suelos de muy mala calidad la distancia l_c podrá aumentarse a dos veces el diámetro de la tubería utilizada, debido a que no especifica a partir de cual se considera una altura crítica, se propone utilizar el ancho l_c de 150 mm para zanjas menores a 2,0 metros de profundidad y utilizar un ancho l_c de dos veces el diámetro para zanjas mayores a 2,0 metros de profundidad.

Por lo tanto, se tienen 2 anchos de zanja los cuales son los siguientes

$$A_{Z1} = 160 + 150 + 150 = 460 \text{ mm} = 46 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$A_{Z2} = 160 + (2 * 160) + (2 * 160) = 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Para Zanjas menores a 2,0 metros} \rightarrow A_1 = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Para Zanjas mayores a 2,0 metros} \rightarrow A_2 = 80 \text{ cm}$$

Si en algún tramo se encuentra en un extremo una profundidad menor a 2,0 metros y en el otro extremo una profundidad mayor a 2,0 metros, se tomará la profundidad mayor para la selección del ancho de zanja.

2.2.9.5.3. Volumen de excavación

También es importante conocer el volumen de excavación a realizar debido que es uno de los renglones a calcular en el presupuesto del sistema de alcantarillado, se denomina excavación como la cantidad en m^3 de suelo a remover para la colocación de la tubería RIBLOC, este volumen de excavación entre cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$Vol = \frac{(H_1 + H_2)}{2} * D_{H\text{ pozos}} * A_Z$$

Donde:

Vol = Volumen de excavación (m³)

H₁ = Altura del primer pozo de visita (m)

H₂ = Altura del segundo pozo de visita (m)

D_{H pozos} = Distancia horizontal entre pozos de visita (m)

A_Z = Ancho de zanja utilizado en el tramo (m)

2.2.9.5.4. Cotas invert

Las cotas invert es un término utilizado en los pozos de visita de un sistema de alcantarillado, estas se refieren a la distancia vertical medida desde la subrasante hacia la parte inferior del colector, se suelen calcular las cotas invert para el o los colectores de entrada y para el colector de salida.

Para determinar las cotas invert en un tramo inicial, es necesario conocer la cota del terreno del pozo de visita inicial, la profundidad mínima del colector, la pendiente final del colector entre los pozos de visitas y la distancia horizontal entre los pozos de visita. Teniendo estos datos se calcula la cota invert de salida del pozo de visita inicial y la cota invert del siguiente pozo de visita mediante la siguiente ecuación:

$$CI_{S1} = CT_1 - H_{\text{min colector}}$$

$$CI_{E2} = CI_{S1} - \left(D_{H\text{ pozos}} * \frac{S_{Col}}{100} \right)$$

$$CI_{S2} = CI_{E2} - 0,03$$

$$CI_{E3} = CI_{S2} - \left(D_{H \text{ pozos}} * \frac{S_{Col}}{100} \right)$$

$$CI_{S3} = CE_{S3} - 0,03$$

Donde:

CI_{S1} = Cota invert de salida del pozo de visita inicial (m)

CI_{E2} = Cota invert de entrada del segundo pozo de visita (m)

CI_{S2} = Cota invert de salida del segundo pozo de visita (m)

CI_{E3} = Cota invert de entrada del tercer pozo de visita (m)

CI_{S3} = Cota invert de salida del tercer pozo de visita (m)

CT_1 = Cota del terreno del pozo de visita inicial (m)

$D_{H \text{ pozos}}$ = Distancia horizontal del tramo entre pozos de visita (m)

S_{Col} = Pendiente del colector del tramo analizado (%)

2.2.9.6. Ubicación de pozos de visita

Es necesario ubicar los pozos de visita de forma correcta ya sea para un mejor control en intersecciones, para un mejor control del caudal recibido o para dar mantenimiento. Para ello se tienen algunas condiciones según el manual de diseño de alcantarillados del INFOM.

Los pozos de visita se colocan en las siguientes ubicaciones:

- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24 pulgadas.
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En extremos superiores de ramales iniciales.

- A distancias no mayores a 100 metros en línea recta en diámetros menores de 24 pulgadas.
- A distancias no mayores a 300 metros en línea recta en diámetros mayores a 24 pulgadas.

2.2.9.7. Profundidad de pozos de visita

Es necesario determinar la profundidad de los pozos de visita, esto para realizar la excavación adecuada en el proceso de construcción del sistema de alcantarillado. Para el cálculo de la profundidad de los pozos de visita es igual a la profundidad mínima del colector obtenida en el inciso 2.2.9.5.1 y sumarle el peralte de la losa de fondo del pozo de visita (la cual se propondrá de 0,15 m) a la profundidad mínima del colector. Obteniendo así una profundidad mínima de pozo de visita de 1,35 m.

$$H_{\min \text{ pozo}} = 1,20 + 0,15 = 1,35 \text{ m}$$

También para el cálculo de profundidad de cada uno de los pozos es necesario emplear la siguiente ecuación:

$$H_{\text{pozo}} = CT - (CI_S + t_{\text{llosa pozo}})$$

Donde:

H_{pozo} = Altura del pozo de visita (m)

CT = Cota del terreno del pozo de visita (m)

CI_S = Cota invert de salida del pozo de visita (m)

$t_{\text{llosa pozo}}$ = Peralte de la losa de fondo del pozo de visita = 0,15 m

2.2.10. Características de las conexiones domiciliarias

La función de las conexiones domiciliarias es evacuar las aguas residuales de las viviendas hacia el colector del sistema de alcantarillado sanitario, estas conexiones domiciliarias están conformadas por varios elementos que se enuncian a continuación:

Candela: son recolectores de mampostería o de tubos de concreto colocados verticalmente de al menos 12 pulgadas de diámetro, los cuales deben ser impermeabilizados en su interior y se les debe colocar una tapadera con el fin de realizar inspecciones de mantenimiento.

Tubería: esta es la conexión entre la candela y el colector del sistema de alcantarillado la cual será de PVC de 4 pulgadas de diámetro y se le dará una pendiente de 2 %, es necesario resaltar que esta tubería debe tener su conexión en la parte superior del colector esto con el objetivo de evitar el retorno de las aguas residuales dado el caso que el colector trabaje en algún momento a sección llena.

Es necesario resaltar que la conexión con el colector dependerá directamente de la profundidad de es, para ello se hará de la siguiente manera:

- Cuando la profundidad del colector es menor a 2 metros la conexión domiciliar se realizará por medio de una YEE y un codo a 45 grados.
- Cuando la profundidad del colector es mayor a 2 metros la conexión domiciliar se realizará por medio de una TEE y un codo a 90 grados.

2.2.11. Diseño hidráulico, ejemplo de diseño de un tramo

A continuación, se realizará el diseño hidráulico del tramo PV 27 – PV 29:

Datos:

Cota del terreno PV 27 ($CT_{PV\ 27}$) = 89,6004 m

Cota del terreno PV 29 ($CT_{PV\ 29}$) = 82,6489 m

DH = 73,60 m

Viviendas en tramo PV 27 – PV 29 = 0 viviendas

Viviendas acumuladas en el PV 24 = 123 viviendas

Diámetro interno de colector = 6 pulgadas

$f_{qm} = 0,00214$

Periodo de diseño = 30 años

Tasa de crecimiento = 2,15 %

$Cl_E\ PV\ 27 = 88,29\ m$

- Topografía

Por lo cual se inicia con el área de topografía realizando el cálculo de la pendiente del terreno, es necesario resaltar que en este proyecto se tomaron las pendientes positivas aquellas estén a favor de la dirección del flujo deseada, esta pendiente del terreno se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$S_{Terreno} = \left(\frac{CT_{PV\ 24} - CT_{PV\ 27}}{DH} \right) * 100 \%$$
$$S_{Terreno} = \left(\frac{89,6004 - 82,6489}{73,60} \right) * 100 \%$$
$$S_{Terreno} = 9,44 \%$$

- Caudal de diseño
 - Viviendas

Habiendo obtenido la pendiente del terreno, se procede a calcular el caudal de diseño para la población actual y la población futura.

$$\begin{aligned} \text{Total de Viviendas} &= \text{Viviendas acumuladas en PV 24} + \text{Viviendas en tramo} \\ \text{Total de Viviendas} &= 123 \text{ viviendas} + 0 \text{ viviendas} = 123 \text{ viviendas} \end{aligned}$$

- Cálculo de población
 - Población actual

$$P_{\text{actual}} = \text{No. casas} * \text{Densidad por vivienda}$$

$$P_{\text{actual}} = 123 \text{ Vivienda} * 6 \frac{\text{Habitante}}{\text{Vivienda}}$$

$$P_{\text{actual}} = 738 \text{ Habitantes}$$

- Población futura

$$P_F = 738 * (1 + 0,0215)^{30}$$

$$P_F = 1\,397,04 \approx 1\,398 \text{ Habitantes}$$

- Cálculo del factor de Harmond
 - Población actual

$$FH_o = \frac{18 + \sqrt{\frac{P_o}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P_o}{1\,000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{738}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{738}{1\,000}}}$$

$$FH_o = 3,88$$

- Población futura

$$FH_F = \frac{18 + \sqrt{\frac{P_F}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P_F}{1000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{1398}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{1398}{1000}}}$$

$$FH_F = 3,70$$

- Cálculo del caudal de diseño

- Población actual

$$Q_{disO} = P_{actual} * fqm * FH_O$$

$$Q_{disO} = 738 * 0,00214 * 3,88$$

$$Q_{disO} = 6,13 \text{ L/seg}$$

- Población futura

$$Q_{disF} = P_O * fqm * FH_O$$

$$Q_{disF} = 1398 * 0,00214 * 3,70$$

$$Q_{disF} = 11,07 \text{ L/seg}$$

- Caudal y velocidad a sección llena

Es necesario utilizar las ecuaciones de Manning, para facilidad de cálculo la norma Durman ofrece los valores de caudal y velocidad a sección llena dada una pendiente del colector. Para ello será necesario recurrir a la pendiente del terreno que se analizará según los siguientes criterios:

Si $S_{Terreno} > 0 \rightarrow$ Empezar calculo con pendientes cercanas a $S_{Terreno}$

Es necesario resaltar que es necesario buscar la optimización y el cumplimiento de los parámetros de las relaciones hidráulicas a través de un proceso iterativo.

Habiendo realizado dicho proceso se determinó que la pendiente óptima del colector en el tramo es la siguiente:

$$S_{col} = 9,50 \%$$

A su vez, la norma Durman para tubería de PVC RIBLOC para la pendiente 9,50 % tiene los siguientes valores de caudal y velocidad a sección llena para un colector de 6 pulgadas de diámetro interno.

Tabla LXXXVI. **Velocidad y caudal a sección llena del tramo PV 27 – PV 29**

Diámetro (pulgadas)	Pendiente (%)	Caudal a sección llena (L/s)	Velocidad a sección llena (m/s)
6	9,5	76,26	3,81

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de relaciones hidráulicas
 - Relación de caudales
 - Población Actual

$$\frac{Q_{diso}}{Q_{seccion\ llena}} = \frac{6,13}{76,26}$$

$$\frac{Q_{diso}}{Q_{seccion\ llena}} = 0,080379$$

- Población futura

$$\frac{Q_{dis_F}}{Q_{seccion\ llena}} = \frac{11,07}{76,26} = 0,145210$$

Habiendo determinado las relaciones de caudales para las poblaciones actual y futura, se procede a buscar en las tablas “Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular” en anexos obteniendo las siguientes relaciones hidráulicas de velocidad y diámetros para la población actual y futura.

- Relación de diámetros
 - Población actual

$$\frac{d_o}{D} = 0,192$$

$$0,10 < \frac{d_o}{D} < 0,75$$

$$0,10 < 0,192 < 0,75$$

Si cumple

- Población futura

$$\frac{d_F}{D} = 0,258$$

$$0,10 < \frac{d_F}{D} < 0,75$$

$$0,10 < 0,258 < 0,75$$

Si cumple

- Relación de velocidades

Las relaciones de velocidades serán utilizadas para calcular la velocidad de diseño la cual según la norma Durman para tubería de PVC RIBLOC.

- Población actual

$$\frac{V_{disO}}{V_{seccion\ llena}} = 0,6003$$

$$V_{disO} = 0,6003 * V_{seccion\ llena}$$

$$V_{disO} = 0,6003 * 3,81$$

$$V_{disO} = 2,29 \text{ m/s}$$

$$0,45 \text{ m/s} < V_{disO} < 10 \text{ m/s}$$

$$0,45 \text{ m/s} < 2,29 \text{ m/s} < 10 \text{ m/s}$$

Si cumple

- Población futura

$$\frac{V_{disF}}{V_{seccion\ llena}} = 0,7134$$

$$V_{disF} = 0,7134 * V_{seccion\ llena}$$

$$V_{disF} = 0,7134 * 3,81$$

$$V_{disO} = 2,72 \text{ m/s}$$

$$0,45 \text{ m/s} < V_{disF} < 10 \text{ m/s}$$

$$0,45 \text{ m/s} < 2,72 \text{ m/s} < 10 \text{ m/s}$$

Si cumple

- Cotas Invert

Para el cálculo de las cotas invert de los pozos de visita, es necesario conocer la ubicación de los pozos de visita, debido que el PV 27 no es pozo inicial de un tramo, este posee una cota invert de entrada de:

$$CI_{E PV 27} = 88,29 \text{ m}$$

Por lo tanto, la cota invert de salida del PV 27 se calculará de la siguiente manera:

$$CI_{S PV 27} = CI_{E PV 27} - 0,03$$

$$CI_{S PV 27} = 88,29 - 0,03$$

$$CI_{S PV 27} = 88,26 \text{ m}$$

$$CI_{E PV 29} = CI_{S PV 27} - \left(D_{H \text{ pozos}} * \frac{S_{Col}}{100} \right)$$

$$CI_{E PV 29} = 88,26 - \left(73,60 * \frac{9,50}{100} \right)$$

$$CI_{E PV 29} = 81,26 \text{ m}$$

Para el cálculo de la cota invert de salida del PV 29, es necesario conocer antes si este pozo recibe caudal de otro pozo de visita diferente a PV 27, según el diseño de la Red 2 del sistema de alcantarillado sanitario, el PV 28 también se conecta al PV 29 teniendo la cota invert de entrada de este tramo igual a:

$$CI_{E PV 29} = 80,94 \text{ m}$$

Por lo tanto, se tomará la cota invert de entrada inferior del PV 29 para el cálculo de su cota invert de salida siendo de la siguiente manera:

$$CI_{E PV 29_1} = 81,26 \text{ m}$$

$$CI_{E PV 29_2} = 80,94 \text{ m}$$

$$CI_{S PV 29} = CI_{E PV 29_2} - 0,03$$

$$CI_{S PV 29} = 80,94 - 0,03$$

$$CI_{S PV 29} = 80,91 \text{ m}$$

- Profundidad de pozos

Para el cálculo de profundidad de pozos se tomarán en cuenta la cota del terreno y la cota invert de salida de PV 27 y de PV 29.

- PV 27

$$H_{PV 27} = CT_{PV 27} - (CI_{S PV 27} + t_{losa pozo})$$

$$H_{PV 27} = 89,6004 - (88,26 + 0,15)$$

$$H_{PV 27} = 1,49 \text{ m}$$

- PV 29

$$H_{PV 29} = CT_{PV 29} - (CI_{S PV 29} + t_{losa pozo})$$

$$H_{PV 29} = 82,6489 - (80,91 + 0,15)$$

$$H_{PV 29} = 1,88 \text{ m}$$

- Excavación

Para el cálculo de la excavación realizada en el tramo PV 27 – PV 29 únicamente se utilizará la distancia horizontal del tramo, el ancho de zanja, la cota invert de salida de PV 27 y la cota invert de entrada del tramo.

$$Vol = \frac{(H_{PV\ 27} + H_{PV\ 29})}{2} * D_{H\ pozos} * A_Z$$

Debido que las alturas de pozos no exceden los 2 metros el ancho de zanja será de 0,50 metros.

$$Vol = \frac{(1,49 + 1,88)}{2} * 73,60 * 0,50$$

$$Vol = 62,01\ m^3$$

2.2.12. Propuesta de tratamiento primario

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es necesario realizar una propuesta de tratamiento primario para así luego depositarlo sobre un cuerpo hídrico receptor, la implementación de un tratamiento primario tiene el objetivo de reducir la contaminación de los recursos hídricos del país, para este diseño se propone el uso de fosas sépticas anaeróbicas. Pero se hace mención que es necesario el diseño posterior de una planta de tratamiento para poder reducir de mejor forma la contaminación.

A continuación, se realizará un diseño de las fosas sépticas a utilizar en cada una de las redes de sistema de alcantarillado.

2.2.12.1. Diseño de fosas sépticas

Debido que no se cuenta con un manual de diseño de fosas sépticas en el país, se recurrió al “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de México” en el libro 37 de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: saneamiento básico pág. 32 – 36. A continuación, se realizará el ejemplo del diseño de las fosas sépticas de la Red 1 de alcantarillado sanitario.

Datos:

Dotación = 160 L/Hab/día

Factor de Retorno = 0,85

Tiempo de retención de lodos = 12 – 72 horas

Tiempo de mantenimiento = 5 años

Volumen de lodos = 50 – 70 L/hab/año

- Cantidad de Fosas sépticas para la Red 1 del sistema de alcantarillado

Es necesario determinar el número de fosas sépticas que se necesitan para cada una de las redes, teniendo que cada fosa séptica puede abarcar hasta 60 viviendas.

$$\# \text{ Fosas sépticas} = \frac{\text{No. viviendas}}{60}$$

$$\# \text{ Fosas sépticas} = \frac{\frac{P_F}{\text{Densidad de poblacion}}}{60}$$

$$\# \text{ Fosas sépticas} = \frac{\frac{1\ 284 \text{ Hab}}{6 \text{ Hab/vivienda}}}{60}$$

$$\# \text{ Fosas sépticas} = 3,57 \approx 4 \text{ Fosas sépticas}$$

- Número de viviendas por fosa séptica

$$\frac{\# \text{ Viviendas}}{\text{Fosa séptica}} = \frac{\frac{P_F}{\text{Densidad de poblacion}}}{\# \text{ Fosas sépticas}}$$

$$\frac{\# \text{ Viviendas}}{\text{Fosa séptica}} = \frac{1\ 284 \text{ Hab}}{4 \text{ Fosas}} \cdot \frac{6 \text{ Hab/vivienda}}{6}$$

$$\frac{\# \text{ Viviendas}}{\text{Fosa séptica}} = 54 \text{ Viviendas} / \text{Fosa séptica}$$

Por lo tanto, se construirán fosas sépticas para cada 54 viviendas, estas se construirán progresivamente conforme se necesiten.

- Volumen de fosa séptica
 - Determinación de la primera ecuación de volumen

El manual establece que debe proponerse una altura predimensionada del volumen de la fosa séptica, la cual se propone una altura de 2,50 metros.

También especifica que debe establecerse la relación Largo: Ancho de la fosa la cual puede ser desde 2:1 hasta 3:1, para este diseño se tomara una relación de 2:1.

También es necesario saber que la fosa séptica tendrá una pendiente del 2 % en el fondo de la fosa la cual se tomará en cuenta para el cálculo de la altura útil en dicha ecuación de volumen.

$$V = L * A * H_{util}$$

Donde se debe sustituir las siguientes relaciones:

$$L = 2 * A \quad H_{util} = H_{predimensionamiento} + 2 \%(L)$$

Obteniendo la primera ecuación de volumen como se muestra a continuación:

$$V = (2 * A) * A * (H_{predimensionamiento} + 2 \%(2 * A))$$

$$V = (2 * A) * A * (2,50 + 2 \%(2 * A))$$

$$V = 0,08A^3 + 5A^2$$

- Determinación de la segunda ecuación de volumen

Para la determinación de la segunda ecuación de volumen es necesario calcular el volumen de líquidos y el volumen de lodos que producirán las 54 viviendas, utilizando la dotación, el factor de retorno, el tiempo de retención de lodos, el tiempo de mantenimiento y la cantidad de lodos por habitante.

Donde:

$$\text{Tiempo de retención de lodos} = T_R = 48 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de mantenimiento} = T_M = 5 \text{ años}$$

$$\text{Cantidad de lodos por habitante} = \# \text{ Lodos} = 60 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{año}}$$

El volumen de la fosa séptica es igual a:

$$V = V_{liq} + V_{lodos}$$

Donde:

V = Volumen de la fosa séptica (L)

V_{liq} = Volumen de líquidos (L)

V_{lodos} = Volumen de lodos (L)

- Volumen de líquidos

Por lo cual el volumen de líquidos se calcula de la siguiente manera:

$$V_{liq} = \# \text{viviendas} * \text{Densidad de población} * \text{Dot} * T_R * FR$$

$$V_{liq} = 54 \text{ viviendas} * 6 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 160 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{dia}} * 48 \text{ horas} * \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} * 0,85$$

$$V_{liq} = 88\,128 \text{ L} = 88,13 \text{ m}^3$$

- Volumen de lodos

El volumen de lodos se calcula de la siguiente manera:

$$V_{lodos} = \#viviendas * Densidad\ de\ poblacion * Cantidad\ de\ lodos * T_M$$

$$V_{liq} = 54\ viviendas * 6\ \frac{hab}{vivienda} * 60\ \frac{L}{año} * 5\ años$$

$$V_{liq} = 97\ 200\ L = 97,20\ m^3$$

- Volumen total

$$V = V_{liq} + V_{lodos}$$

$$V = 88,13 + 97,20 = 185,33\ m^3$$

- Método de igualación para determinar el ancho de la fosa séptica

$$V = V$$

$$185,33\ m^3 = 0,08A^3 + 5A^2$$

Obteniendo así

$$A_1 = -61,90\ m$$

$$A_2 = 5,82 \approx 5,85\ m$$

$$A_3 = -6,43 \approx -6,45\ m$$

Debido que no puede existir una fosa séptica con medidas negativas, se tomara el dato de ancho igual a 5,85 metros.

- Cálculo de longitud por método de sustitución

$$L = 2 * A$$

$$L = 2 * 5,85$$

$$L = 11,70 \text{ m}$$

- Cálculo de altura útil por método de sustitución

$$H_{util} = H_{predimensionamiento} + 2 \%(L)$$

$$H_{util} = 2,50 + 2\%(11,70)$$

$$H_{util} = 2,734 \approx 2,75 \text{ m}$$

- Cálculo de altura real

Es necesario que la altura útil represente el 80 % de la altura real interna de la fosa séptica, esto con el objetivo de la retención de espumas.

$$H_{real} = \frac{H_{util}}{0,80}$$

$$H_{real} = \frac{2,75}{0,80}$$

$$H_{real} = 3,438 \approx 3,45 \text{ m}$$

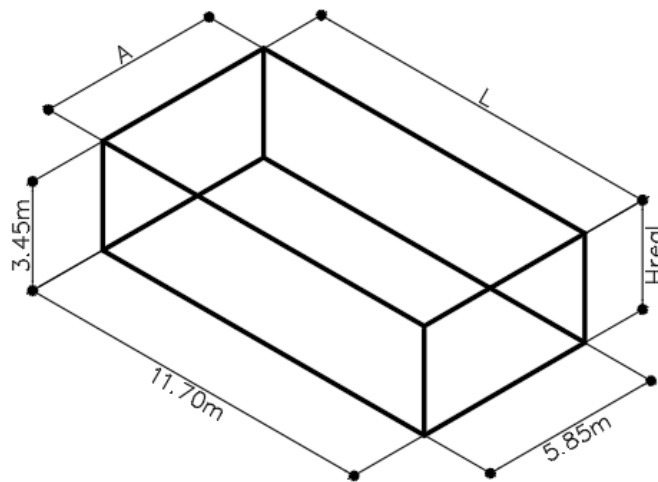
Obteniendo así las medidas internas finales de las fosas sépticas del alcantarillado sanitario.

Tabla LXXXVII. **Medidas internas de la fosa séptica**

Ancho	Largo	Altura
5,85 m	11,70 m	3,45 m

Fuente: elaboración propia.

Figura 71. **Dimensiones internas de la fosa séptica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

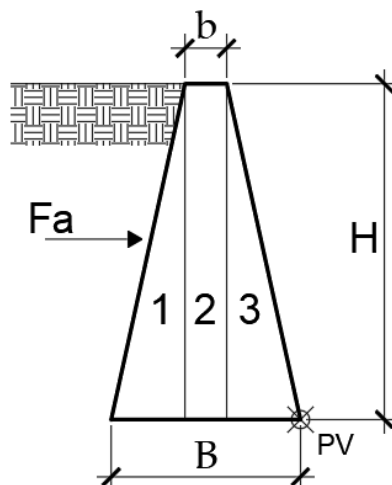
Las fosas sépticas se construirán con muros de gravedad de sección trapezoidal de concreto ciclópeo, los cuales estarán construidos bajo tierra. También se fundirá una losa de concreto ciclópeo de espesor de 0,20 metros, lo cual se le sumará a la altura interna de la fosa séptica para la altura total del muro de gravedad, también serán cubiertas con losas de concreto simplemente apoyadas diseñadas bajo método 3 del ACI.

- Muro de gravedad

Para el diseño de un muro de gravedad este debe predimensionarse bajo las siguientes consideraciones:

- Es necesario establecer el ancho superior del muro, el cual debe de estar entre 0,30 m y 0,60 m.
- El muro debe poseer una profundidad de hinchamiento en el suelo (en este diseño el hinchamiento será causado por la losa de concreto ciclópeo en el fondo de las fosas sépticas).
- La base inferior del muro de gravedad debe estar entre $0,5 H$ y $0,7 H$ de la altura total del muro de gravedad.
- El muro de gravedad debe cumplir con el chequeo contra volteo, con la ayuda del momento resistente y el momento de volteo.
- El muro de gravedad debe cumplir con el chequeo de deslizamiento calculando la fuerza resistente y la fuerza actuante.

Figura 72. **Diagrama de fuerzas actuantes del muro de gravedad**



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realizará el diseño del muro de gravedad de concreto ciclópeo, para la determinación del peso específico del suelo, el ángulo de fricción interna y el valor soporte del suelo de la colonia Pampojilá se recurrió a la DMP. Por lo cual se utilizarán los siguientes datos:

Datos:

Altura = 3,65 m

Base superior del muro = 0,45 m

Base inferior del muro = 0,56 H = 2,05 m

Angulo de fricción interna (ϕ_{suelo}) – 25,02°

Peso específico del suelo (γ_s) – 0,76 Ton/m³

Peso específico del concreto ciclópeo = 2,70 T/ m³

VS = 21,91 T/m²

- Chequeo por volteo

Para el diseño del muro de gravedad de la fosa séptica se diseñará bajo la condición más crítica la cual es cuando la fosa séptica está vacía por lo cual únicamente se ejercerán sobre esta la fuerza de empuje de suelo y el peso propio del muro de gravedad respecto al punto de volteo (PV). Este chequeo debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{M_R}{M_A} > 1,50$$

- Momento resistente

Para el cálculo del momento resistente es necesario calcular el área, peso y el brazo del momento, de cada una de las figuras geométricas que componen la sección del muro de gravedad.

- Área figura 1

$$A_1 = \frac{1}{2} * B_1 * H_1$$
$$A_1 = \frac{1}{2} * (0,80) * (3,65)$$
$$A_1 = 1,46 \text{ m}^2$$

- Peso W figura 1

$$W_1 = A_1 * PU_{\text{ciclopeo}}$$
$$W_1 = 1,46 * 2,70$$
$$W_1 = 3\,942 \text{ T/m}$$

- Brazo del momento de la figura 1

$$r_1 = B_3 + B_2 + \frac{1}{3} B_1$$
$$r_1 = 0,80 + 0,45 + \frac{1}{3} (0,80)$$
$$r_1 = 1\,517 \text{ m}$$

- Momento resistente de la figura 1

$$M_{R1} = W_1 * r_1$$

$$M_{R1} = 3\,942 * 1\,517$$

$$M_{R1} = 5\,979 \text{ T} - \text{m/m}$$

De esta misma manera se calcularon los datos de las figuras 2 y 3 obteniendo la siguiente tabla.

Tabla LXXXVIII. **Datos para el cálculo del momento resistente del muro de gravedad**

Figura	Área (m ²)	Peso específico (T/m ³)	W (T/m)	Brazo (m)	Momento resistente (T-m/m)
1	1,46	2,70	3 942	1 517	5 979
2	1,643	2,70	4 435	1 025	4 546
3	1,46	2,70	3 942	0,533	2 102
			12 319		12627

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo así el momento resistente del muro de gravedad con un momento resistente de 12 627 T-m/m.

- Momento actuante

Es necesario calcular el momento actuante provocado por el empuje de tierra, el cual se calculará con el siguiente procedimiento.

$$M_A = F_A * r_A$$

Donde:

$$F_A = \frac{\gamma_s * H^2 * K_A}{2}$$

$$r_A = \frac{H}{3}$$

Entonces se procede a calcular K_A

$$K_A = \frac{(1 - \text{sen } \emptyset)}{(1 + \text{sen } \emptyset)}$$
$$K_A = \frac{(1 - \text{sen } 33,48^\circ)}{(1 + \text{sen } 33,48^\circ)}$$
$$K_A = 0,289$$

Luego se calcula la fuerza actuante del suelo F_a

$$F_A = \frac{1,72 * (3,65)^2 * 0,289}{2}$$
$$F_A = 3,31 \text{ T/m}$$

Finalmente se calcula el momento actuante M_a

$$M_A = F_A * r_A$$
$$M_A = F_A * \frac{H}{3}$$
$$M_A = 3,31 * \frac{3,65}{3}$$
$$M_A = 4,03 \text{ T - m/m}$$

$$\frac{M_R}{M_A} > 1,50$$

$$\frac{12\,627\,T - m/m}{4,03\,T - m/m} > 1,50$$

$$3,13 > 1,50$$

Si cumple

- Chequeo de deslizamiento

Este chequeo debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{F_R}{F_A} > 2,00$$

Donde:

$$F_R = \text{Coeficiente de fricción} * W$$

$$F_R = [0,90 * \tan(\emptyset_{\text{suelo}})] * W$$

$$F_R = [0,90 * \tan(33,48)] * 12\,319$$

$$F_R = 7,33\,T$$

Entonces conociendo el valor de la fuerza resistente se procede a verificar la condición anterior.

$$\frac{F_R}{F_A} > 2,00$$

$$\frac{7,33}{3,31} > 2,00$$

$$2,21 > 2,00$$

Si cumple

- Chequeo de soporte

Para el chequeo es necesario encontrar primero la excentricidad la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$e = \left| \frac{B}{2} - \left(\frac{M_R - M_A}{W} \right) \right|$$

$$e = \left| \frac{2,05}{2} - \left(\frac{12\,627 - 4,03}{12\,319} \right) \right|$$

$$e = 0,327 \text{ m}$$

Habiendo encontrado la excentricidad se procede a calcular la presión mínima y máxima las cuales deben ser mayores a cero e inferiores al valor soporte del suelo.

- Presión mínima

$$q_{min} = \frac{W}{B_{inferior}} * \left(1 - \frac{6 * e}{B_{inferior}} \right)$$

$$q_{min} = \frac{12\,319}{2,05} * \left(1 - \frac{6 * 0,327}{2,05} \right)$$

$$q_{min} = 0,258 \text{ T/m}^2$$

- Comprobación de presión mínima

$$q_{min} > 0,00$$

$$0,258 \text{ T/m}^2 > 0,00$$

Si cumple

- Presión máxima

$$q_{max} = \frac{W}{B_{inferior}} * \left(1 + \frac{6 * e}{B_{inferior}} \right)$$

$$q_{max} = \frac{12\ 319}{2,05} * \left(1 + \frac{6 * 0,327}{2,05} \right)$$

$$q_{max} = 11,76 \text{ T/m}^2$$

- Comprobación de presión máxima

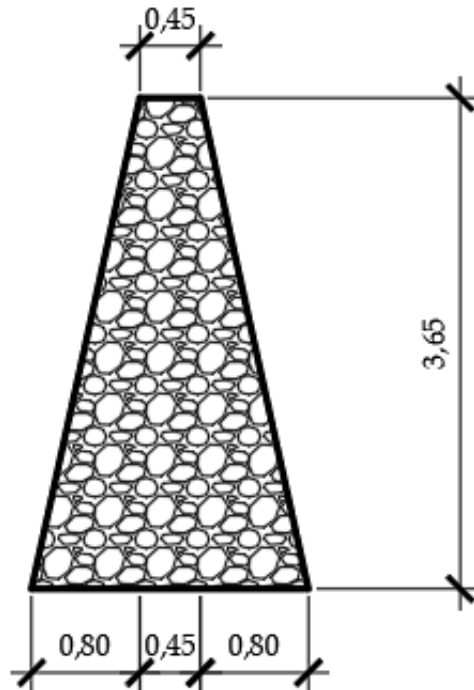
$$q_{max} < VS$$

$$11,76 \text{ T/m}^2 < 21,91 \text{ T/m}^2$$

Si cumple

Por lo tanto, habiendo realizado los chequeos de volteo, deslizamiento y de soporte, se tiene que las medidas finales del muro de gravedad para las fosas sépticas serán las siguientes:

Figura 73. Dimensiones del muro de gravedad



Fuente: elaboración propia.

2.2.12.2. Desfogue hacia cuerpo receptor

El desfogue se hará en tres puntos, debido a la topografía de la colonia Pampoijlá fue necesario realizar tres redes de alcantarillado, los tres puntos de desfogue se depositarán en el río Madre Vieja, el cual una parte proviene del volcán Atitlán, recorriendo gran parte del municipio de San Lucas Tolimán y este desemboca en el océano Atlántico.

2.2.13. Administración, operación y mantenimiento

Según el folleto informativo de operación y mantenimiento del alcantarillado de *United States Environmental Protection Agency* se determinará la manera

apropiada para la administración, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado. Para esto se recomienda que la colonia Pampojilá ceda la responsabilidad a un comité existente o establezca un comité nuevo para la coordinación y administración de las tareas de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado. El mantenimiento se divide en inspección y limpieza.

El sistema de alcantarillado con el paso del tiempo es necesario que tenga procesos de limpieza e inspección para evitar que los colectores o pozos de visita tengan obstrucciones o deterioros los cuales si no se solucionan puede afectar los tramos anteriores aguas arriba provocando un daño mayor al sistema de alcantarillado.

2.2.13.1. Inspección

La inspección tiene la finalidad de determinar la condición actual del sistema de alcantarillado y prolongar la vida útil del mismo. Para una buena inspección esta debe realizarse cuando el colector presente un bajo caudal, puede emplearse un taponamiento parcial temporal del colector si este posee un caudal grande. La inspección se debe realizar de manera visual en los pozos de visita y de los colectores.

Los encargados de la inspección deben prestar especial atención a las acumulaciones de aguas residuales, los pozos de visita con más de un colector de entrada, el estado físico de cada uno de los pozos de visita, el estado físico de los brocales y las tapaderas de los pozos de visita.

2.2.13.2. Limpieza

La mejor medida de limpieza es la prevención a los vecinos de la comunidad, es necesario realizar charlas informativas para todos los pobladores, haciendo conciencia de evitar el desecho de grasas y aceites en el sistema de alcantarillado, así como también el desecho de objetos de gran tamaño, esto para evitar la contaminación y reducir las obstrucciones, las cuales de presentarse en el sistema deberán ser removidas a través de chorros a presión o a través de algún método mecánico.

Para la limpieza del sistema de alcantarillado es necesario que el personal que ingrese a cada uno de los pozos tenga equipo de protección, casco, mascarilla, guantes, botas, entre otros, también se hace énfasis que el área del pozo de visita a trabajar debe ser claramente señalada y circulada para la protección de cualquier persona que circule por el área, también se es necesario que el personal cuente con un compañero en la superficie atento a la condición de los trabajadores que ingresen al pozo de visita por seguridad.

Con la colaboración de los pobladores y de un buen sistema de inspección y limpieza se puede asegurar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado y reducir costos de mantenimiento, lo cual beneficia directamente a la comunidad prolongando la vida útil de cada una de las partes del alcantarillado.

2.2.14. Elaboración de planos

Habiendo realizado el diseño de cada uno de los tramos y el diseño de las fosas sépticas se procede a realizar el juego de planos respectivo los cuales se encontrarán en los anexos.

El juego de planos está compuesto por los siguientes:

- Planta topográfica
- Plano de densidad de vivienda
- Plano de conjunto hidráulico
- Detalles de planta – perfil
- Plano de detalles de Fosa séptica

2.2.15. Elaboración de presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se realizó mediante precios unitarios, integrando costos directos (materiales de construcción y mano de obra) y los costos indirectos equivalente a 35 %.

Tabla LXXXIX. **Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá**

Resumen presupuesto					
N.º	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Replanteo topográfico	MI	2086	Q 3,66	Q 7 628,51
2	Construcción bodega	Unidad	1	Q 12 286,37	Q 12 286,37
3	Remoción y reposición de adoquinado	M2	7 319,4	Q 48,00	Q 351 345,21
4	Excavación	M3	10 326	Q 85,57	Q 883 588,22
5	Relleno	M3	3 574	Q 45,55	Q 162 781,37
6	Colocación de tubería de 6"	MI	2 086	Q 58,56	Q 122 158,75
7	Construcción				
7.1	Pozo de visita de 1.35 m	Unidad	13	Q 8 367,81	Q 108 781,51
7.2	Pozo de visita de 1.85 m	Unidad	25	Q 10 161,99	Q 254 049,83

Continuación de la tabla LXXXIX

N.º	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
7.3	Pozo de visita de 2.35 m	Unidad	2	Q 11 620,59	Q 23 241,17
7.4	Pozo de visita de 2.85 m	Unidad	0	Q 13 996,59	Q 0,00
7.5	Pozo de visita de 3.35 m	Unidad	2	Q 16 156,35	Q 32 312,71
7.6	Pozo de visita de 3.83 m	Unidad	4	Q 18 018,41	Q 72 073,65
7.7	Construcción fosas sépticas	Unidad	12	Q 507 893,45	Q 6 094 721,38
8	Limpieza final	M2	7319.4	Q 9,48	Q 69 394,86
Total					Q 8 194 363,54

Fuente: elaboración propia.

2.2.16. Cronograma de ejecución

A continuación se encuentra la propuesta de cronograma de ejecución física para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla XC. **Cronograma de ejecución física del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá**

NO.	REGLON	1er. Mes		2do. Mes				3er. Mes				4to. Mes				5to. Mes				6to. Mes					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	■																							
2	CONSTRUCCION BODEGA (5 M X 6 M)	■	■																						
3	REMOCIÓN Y REPOSICION DE ADOQUINADO		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	EXCAVACIÓN			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	COLOCACIÓN DE TUBERÍA				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	CONSTRUCCION FOSAS SEPTICAS													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
7	RELLENO									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
8	LIMPIEZA FINAL																						■	■	

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el diagnóstico de necesidades básicas de servicios básicos saneamiento e infraestructura practicado, en el municipio de San Lucas Tolimán, se determinó las siguientes necesidades prioritarias: infraestructura escolar para el caserío Totolyá y un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, para los cuales se realizó los documentos (juego de planos, presupuesto y cronograma de ejecución) de cada proyecto.
2. El diseño de la edificación escolar de 2 niveles se efectuó, según los requerimientos de construcción del código ACI, el método numérico aproximado de Kani, las normas de seguridad estructural de AGIES y una comprobación mediante el *software* ETABS. Para beneficiar a la población estudiantil de la Escuela Oficial Rural Mixta (EORM) del caserío Totolyá.
3. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá se diseñó basándose en los criterios necesarios para asegurar un correcto funcionamiento que posea una longitud aproximada de 2 085 metros lineales. El colector será de PVC RIB LOC de 6 pulgadas de diámetro, este sistema beneficiará en la actualidad a 2 094 habitantes y luego del periodo de diseño de 30 años beneficiará a 3 965 habitantes.
4. Por la importancia de estos proyectos, la municipalidad deberá gestionar el financiamiento de cada uno de ellos para llevarlos a la realidad en el menor tiempo posible; por los beneficios que se le proveerá a la población en los servicios básicos de saneamiento e infraestructura escolar.

RECOMENDACIONES

Al alcalde de la municipalidad de San Lucas Tolimán

1. Realizar la supervisión técnica durante la construcción de la edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá y el sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, a través de un profesional de la ingeniería civil para garantizar que se use los materiales de construcción especificados en los planos y verificar la calidad de la mano de obra.
2. Realizar periódicamente un proceso de mantenimiento de los proyectos, con el fin de garantizar el buen estado de cada uno para que tengan un óptimo funcionamiento a lo largo del periodo de estimado de uso.
3. Realizar charlas en cada una de las comunidades para promover el cuidado de las instalaciones de la edificación escolar y no contaminar el sistema de alcantarillado sanitario con grasas, aceites u otros objetos de gran tamaño.
4. Actualizar el presupuesto de cada proyecto antes de la contratación de mano de obra para ofrecer precios actualizados de materiales y de mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute, Comité conjunto ACI-ASCE 352. *Recomendaciones para el diseño de conexiones viga-columna en estructuras monolíticas de concreto reforzado*. USA, ACI 352RS-02. 2010. 64 p.
2. American Concrete Institute, Comité 318. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. USA, ACI 318S-14. 2014. 592 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2018. 1 017 p.
4. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 178 p.
5. Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*. CONAGUA. México. 2019. 600 p.
6. DAS, Braja M. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. 7a ed. Latinoamerica: Cenage Learning. 2012. 819 p.
7. ESQUIVEL, Durman. *Condiciones de instalación y diseño RIBLOC: Tuberías perfiladas de PVC para alcantarillado*. Guatemala. 53 p.

8. GONZÁLEZ CUEVAS, Oscar. *Análisis estructural*. México: Limusa. 2014. 584 p.
9. HIBBELLER, Russell. *Análisis estructural*. 8a ed. México: Pearson Education. 2012. 720 p.
10. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM. 2001. 33 p.
11. MC CORMAC, Jack.; BROWN, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. 8a ed. México: Alfaomega Grupo Editor, S. A. 2016. 724 p.
12. Ministerio de Educación de Guatemala. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. Guatemala: MINEDUC. 2016. 168 p.
13. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. Columbia: McGraw-Hill / Interamericana de Colombia. 2009. 739 p.

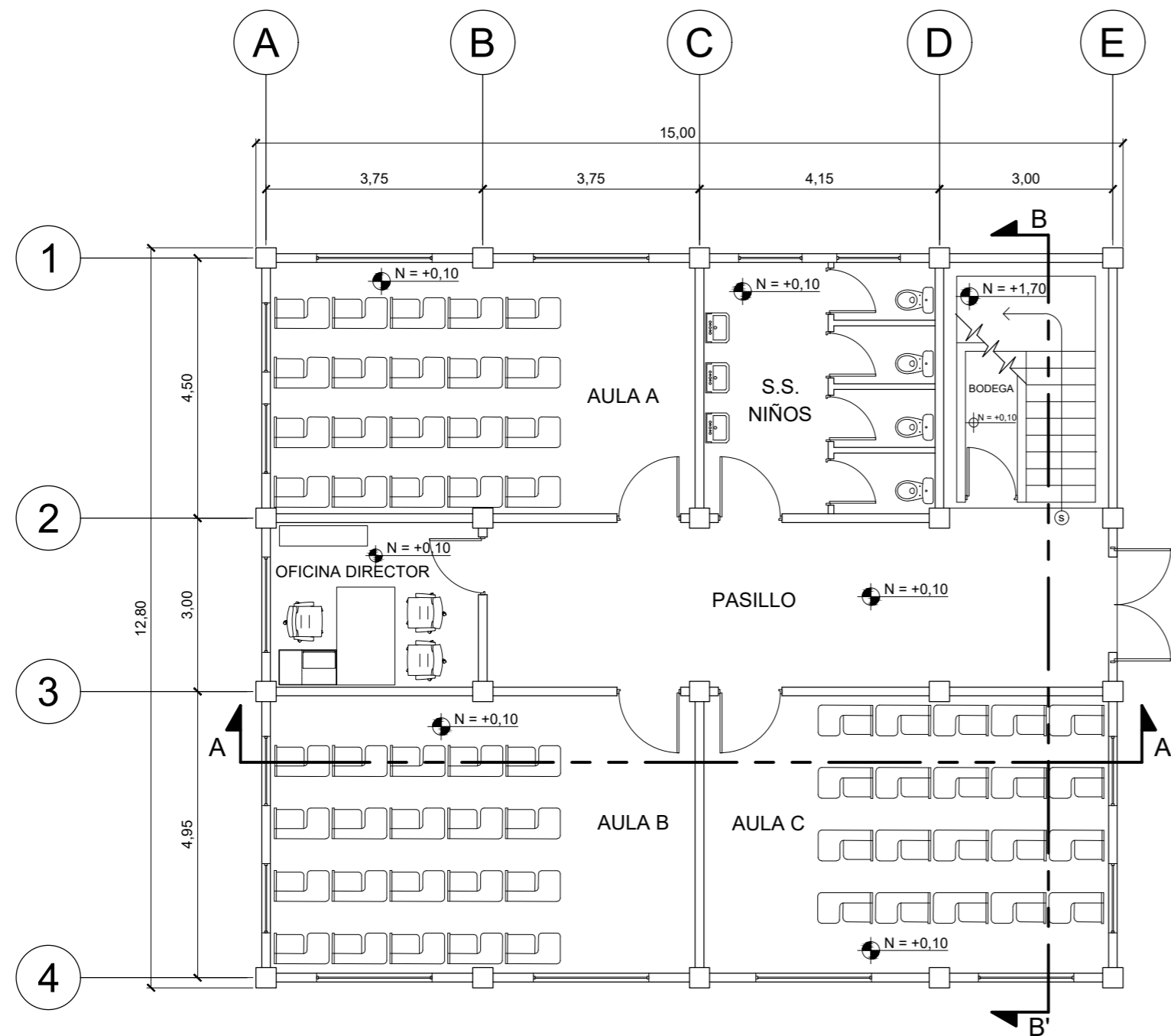
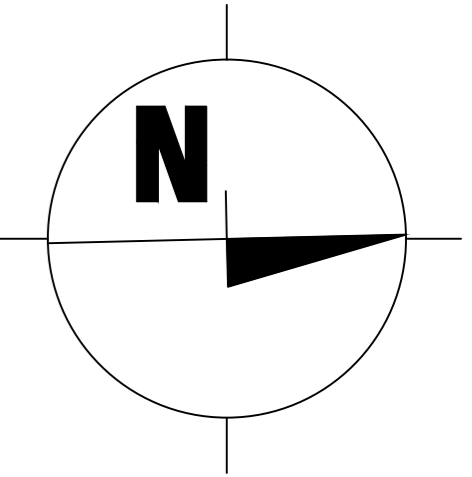
APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos constructivos de diseño de edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá**

NOTA:

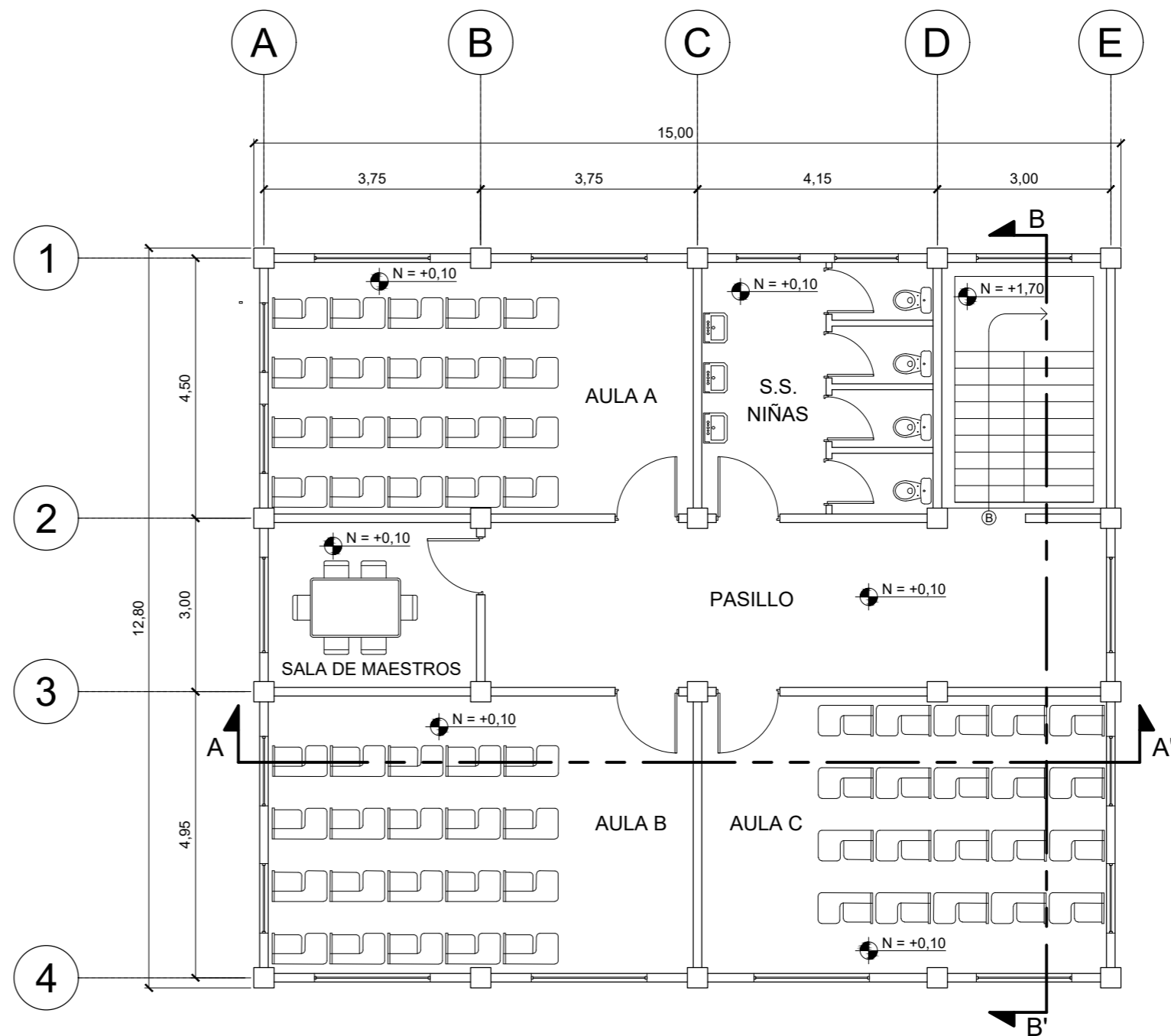
La escala indicada en los planos originales para la edificación escolar son las escalas aplicadas a un formato A-2 por lo tanto, deberá ser tomado en cuenta de ser vistos en un formato de diferente tamaño.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



PLANTA BAJA AMUEBLADA

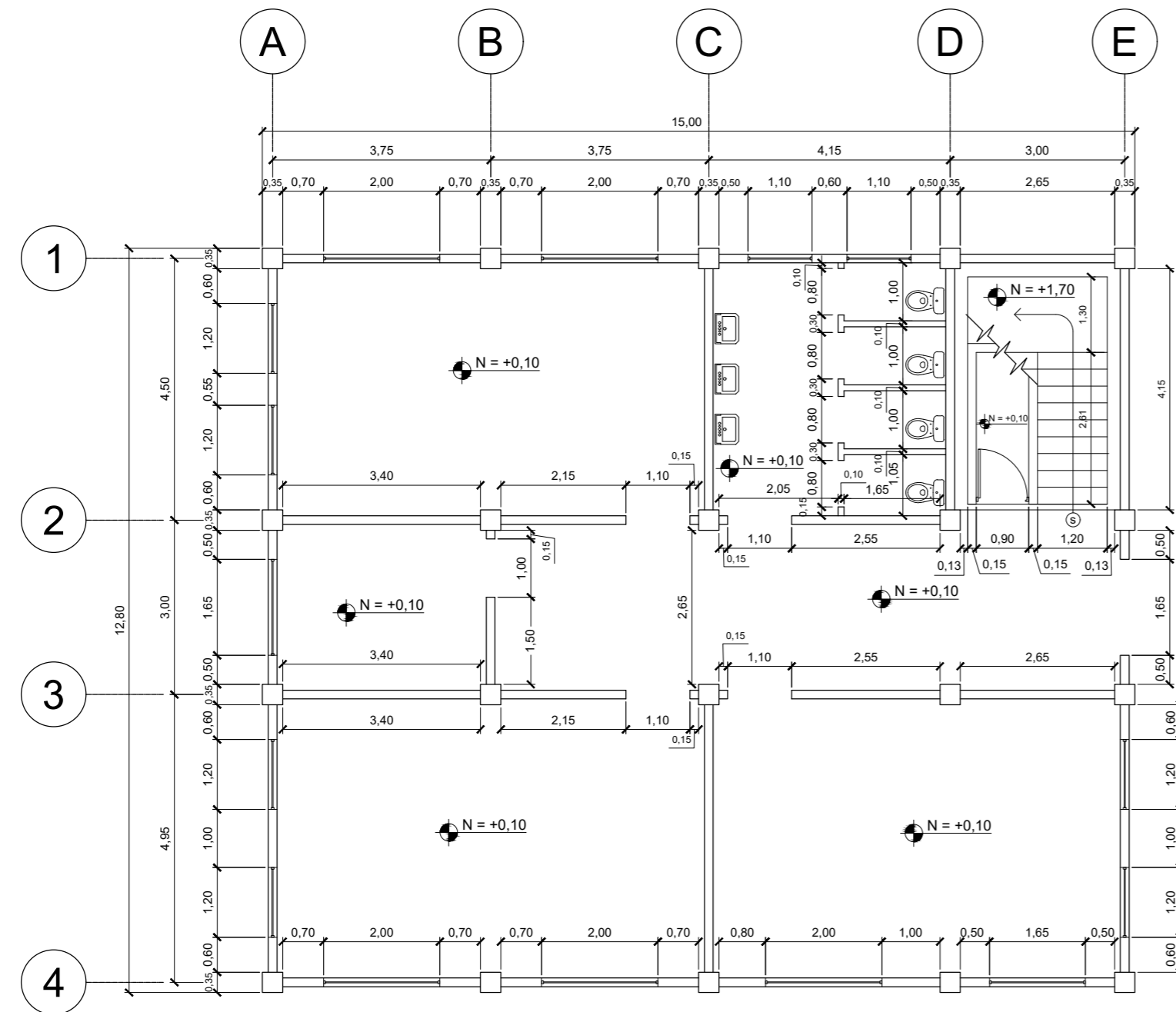
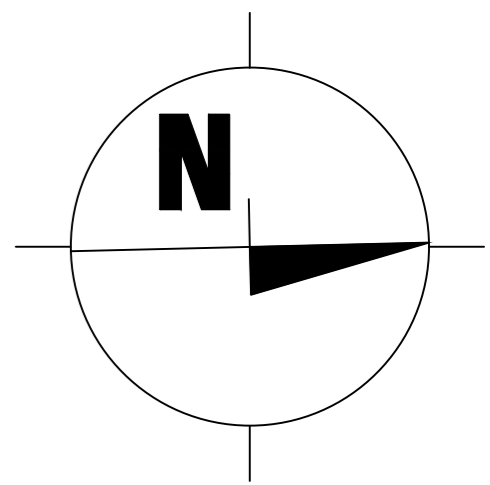
ESCALA 1:100



PLANTA ALTA AMUEBLADA

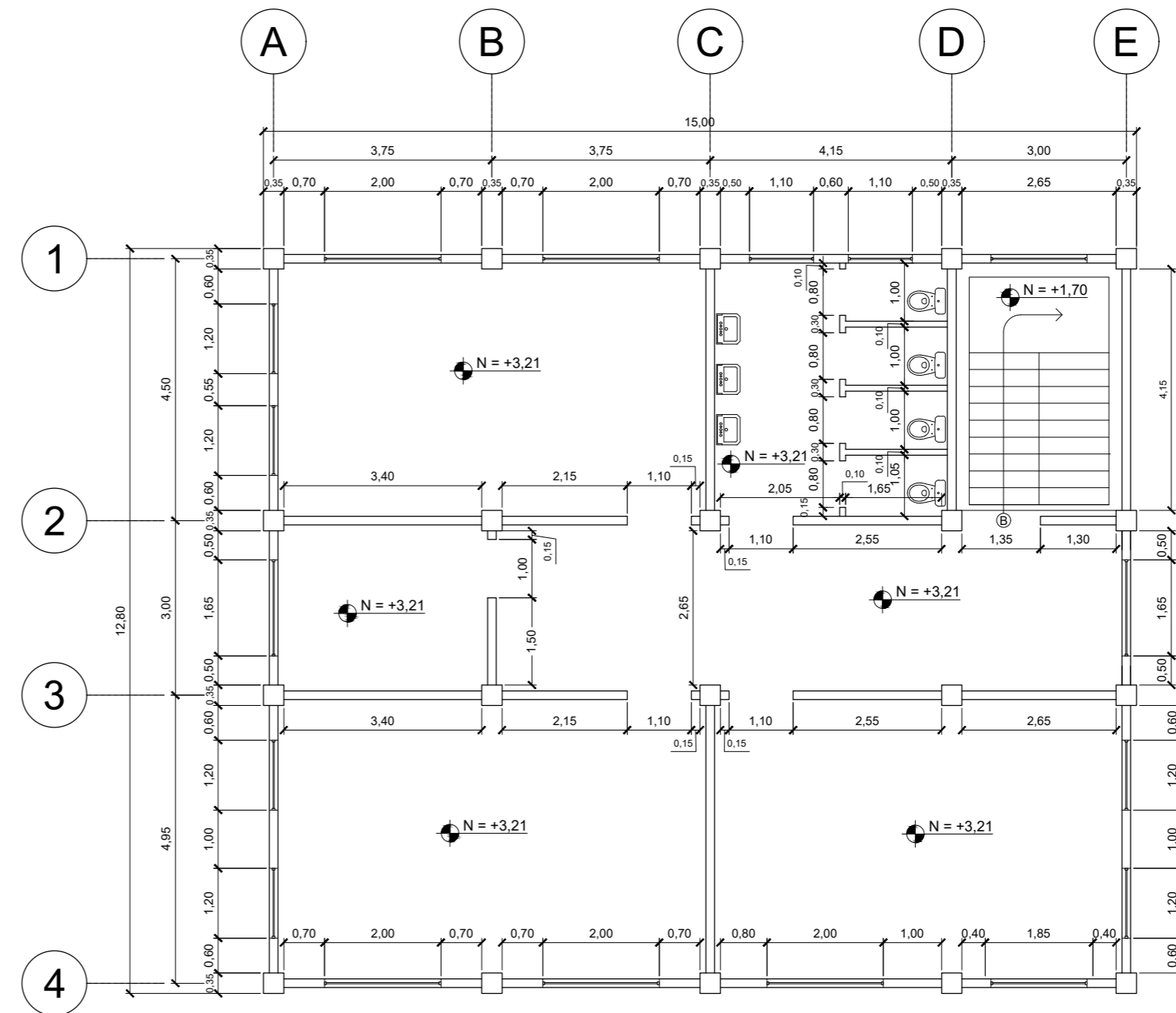
ESCALA 1:100

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ		
CONTENIDO PLANTA AMUEBLADA	ESCALA INDICADA	
F.	HOJA NO. 1 / 17	
Ing. Juan Merck Cos ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Ing. Juan Merck Cos Facultad de Ingeniería Asesor Supervisor E.P.S.		




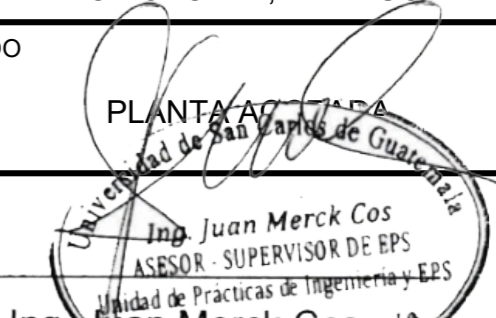
PLANTA BAJA ACOTADA

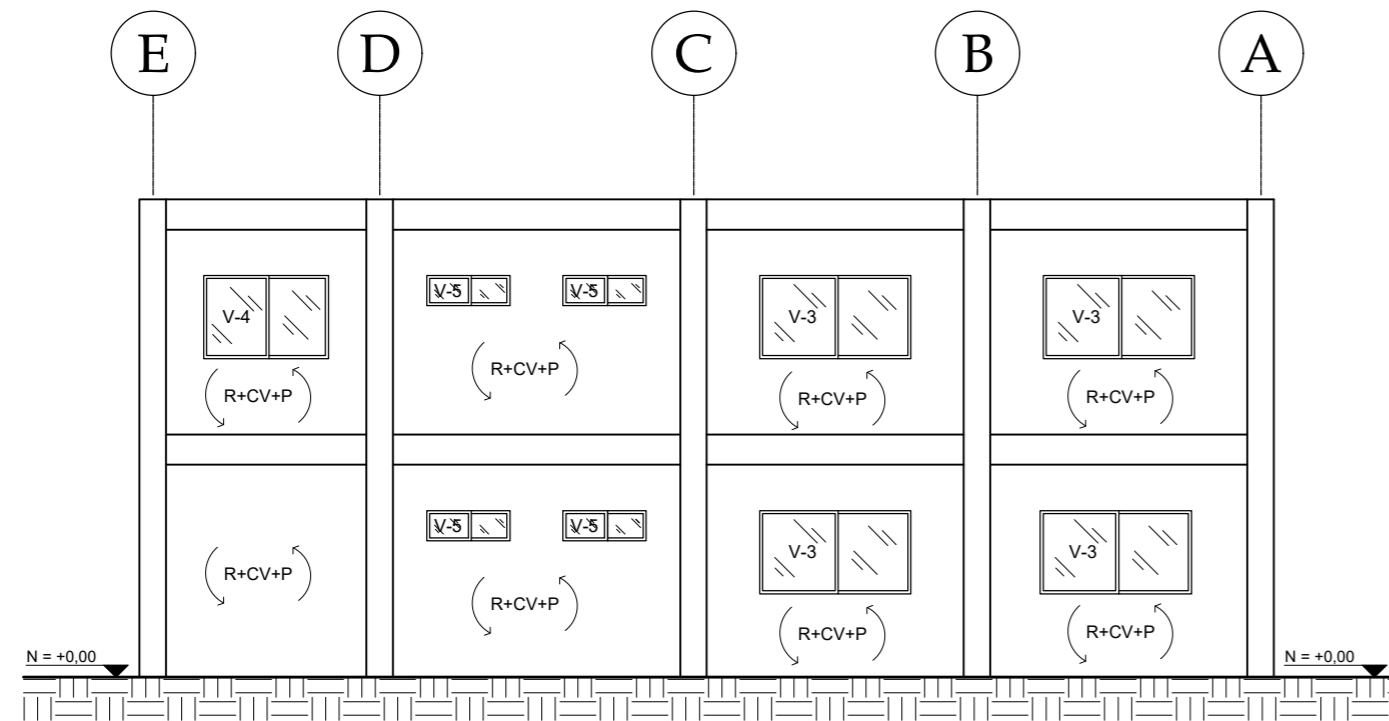
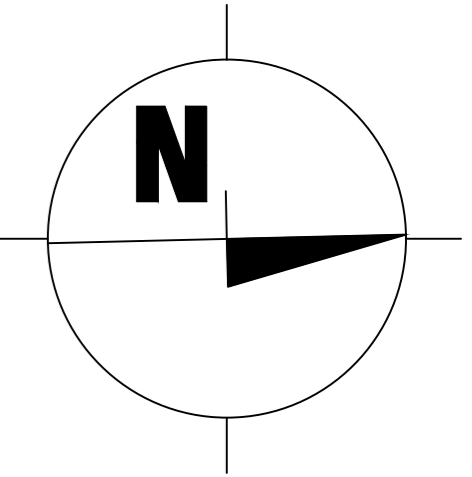
ESCALA 1:100



PLANTA ALTA ACOTADA

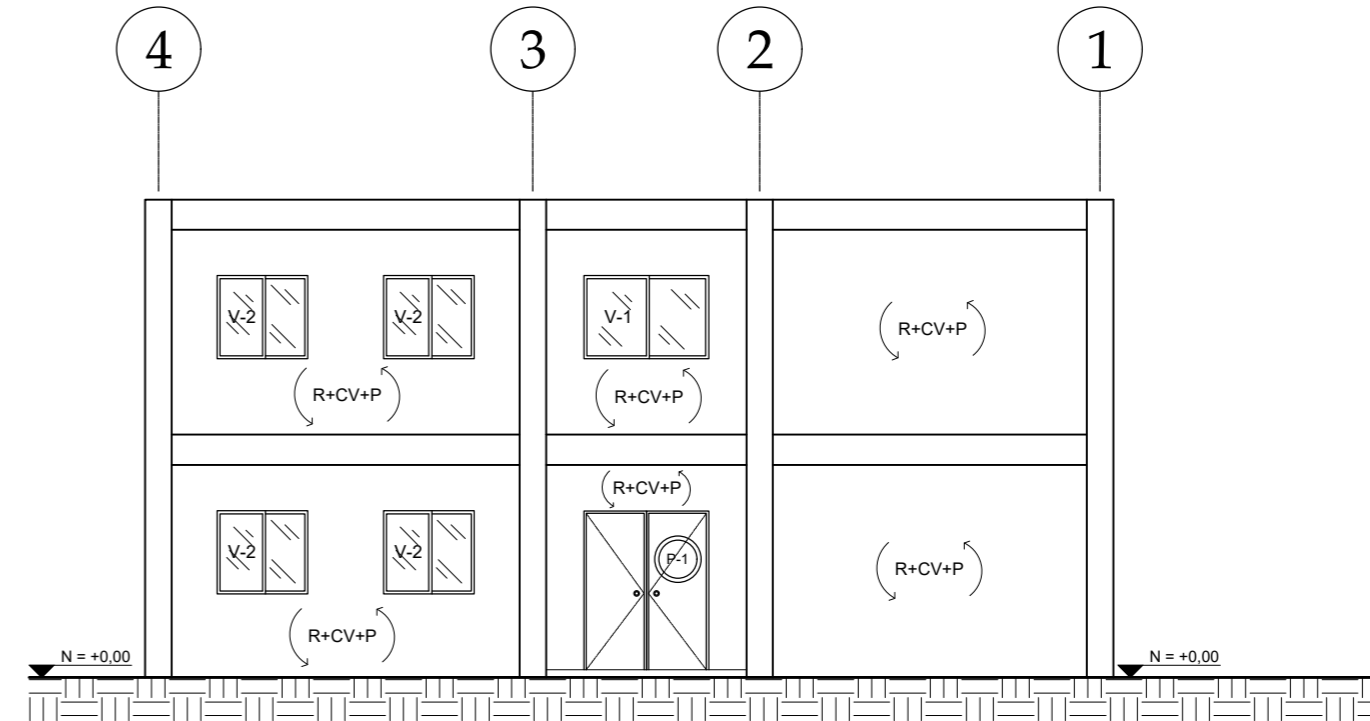
ESCALA 1:100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA BAJA ACOTADA PLANTA ALTA ACOTADA	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EES Ing. Juan Merck Cos Asesor Supervisor EPS	HOJA NO. 2 / 17
(f) SERGIO JOSUE GARCIA ASESOR ING. JUAN MERCK	



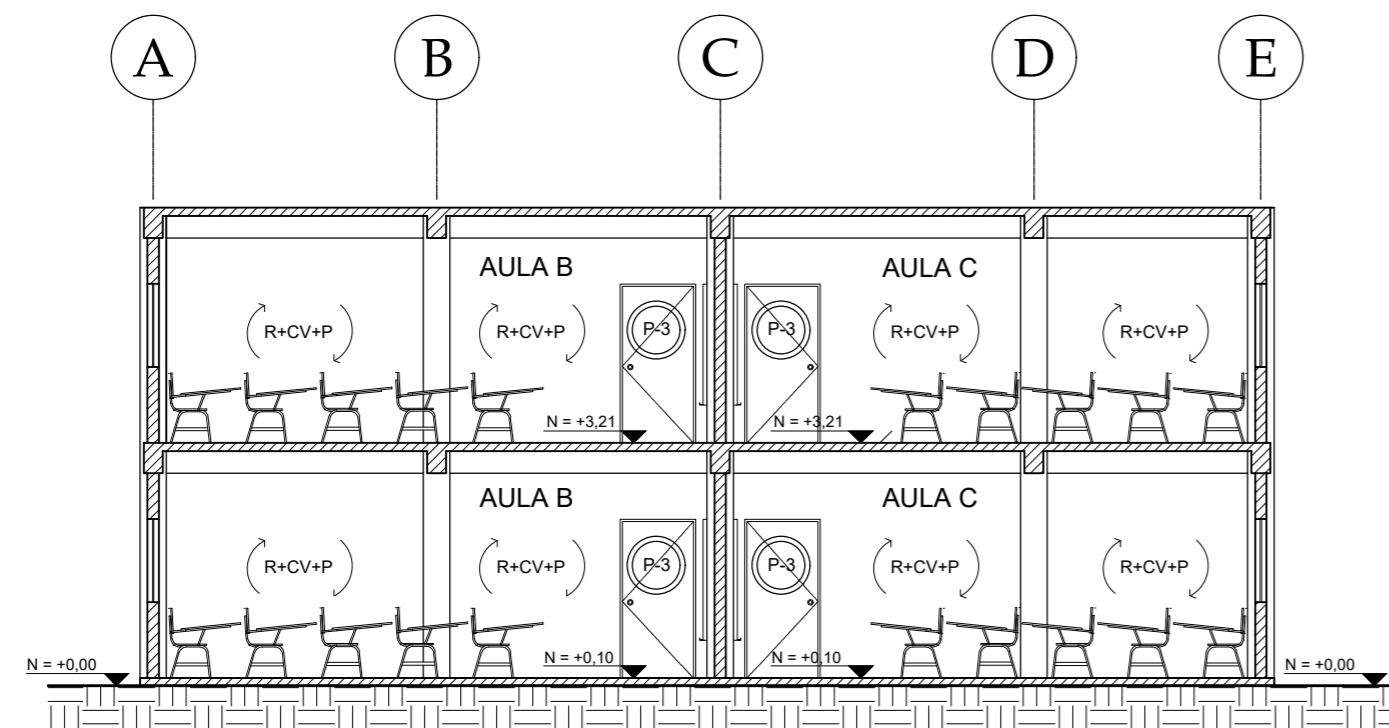
ELEVACION LATERAL

ESCALA 1:100



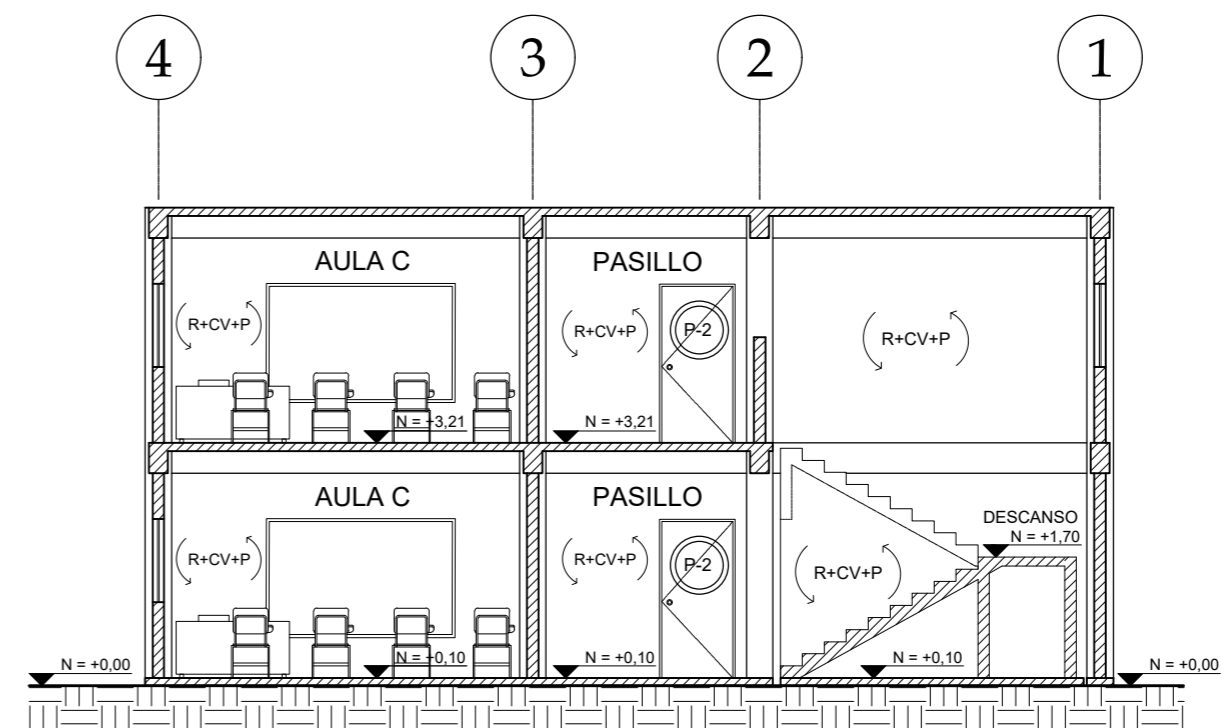
ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1:100




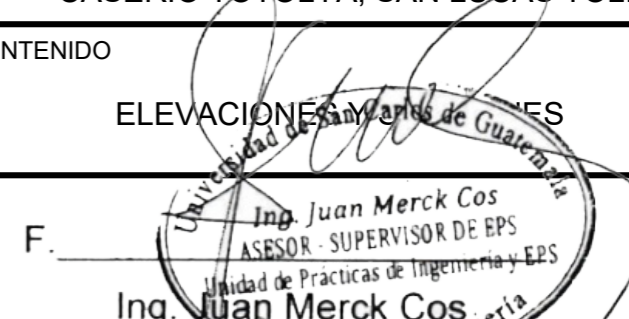
SECCION A - A'

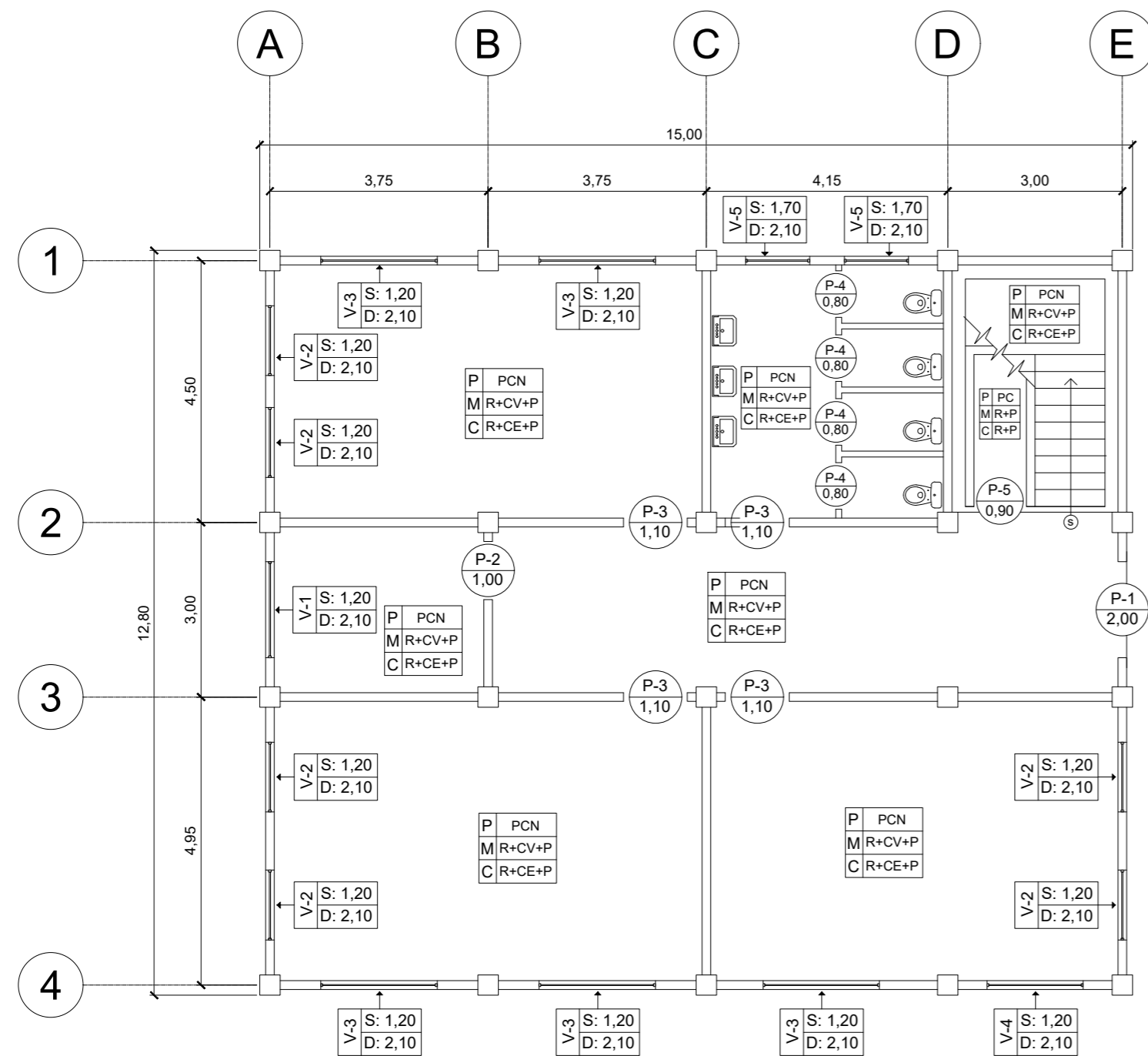
ESCALA 1:100



SECCION B - B'

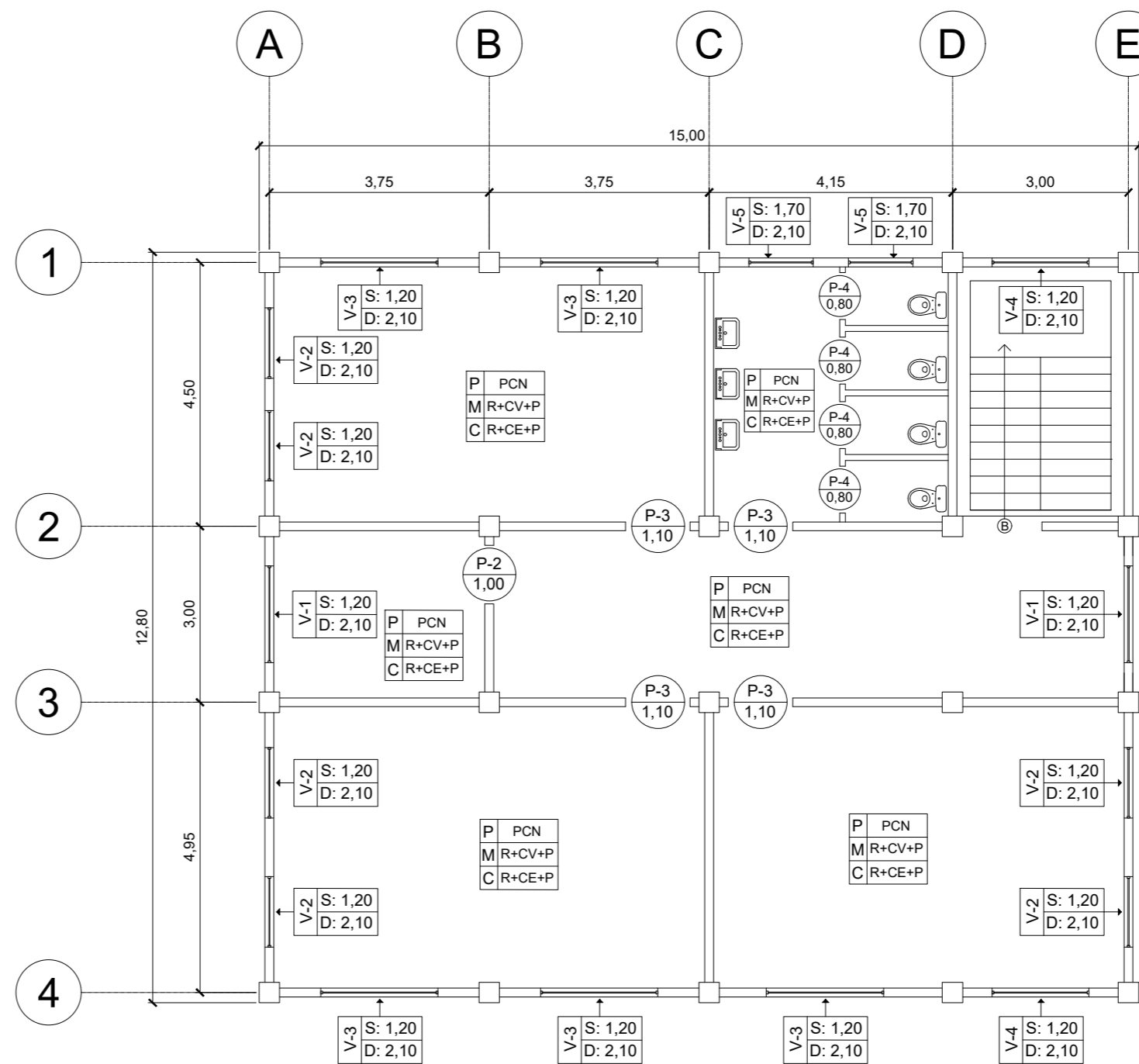
ESCALA 1:100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACION ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERIO TOTOLYA, SAN LUCAS TOLIMAN, SOLOLA	
CONTENIDO ELEVACIONES Y SECCIONES	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS Ing. Juan Merck Cos Facultad de Ingenieria	HOJA NO. 3 / 17
(f) SERGIO ASESOR SUPERVISOR DE EPS. ING. JUAN MERCK	



PLANTA BAJA DE ACABADOS

ESCALA 1:100




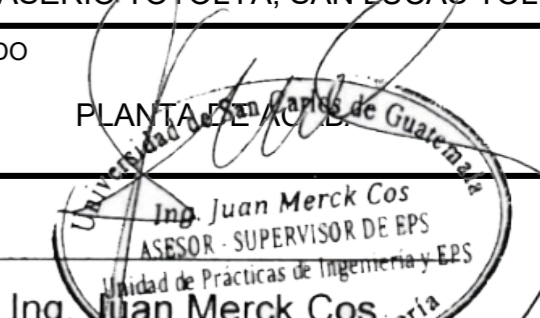
PLANTA ALTA DE ACABADOS

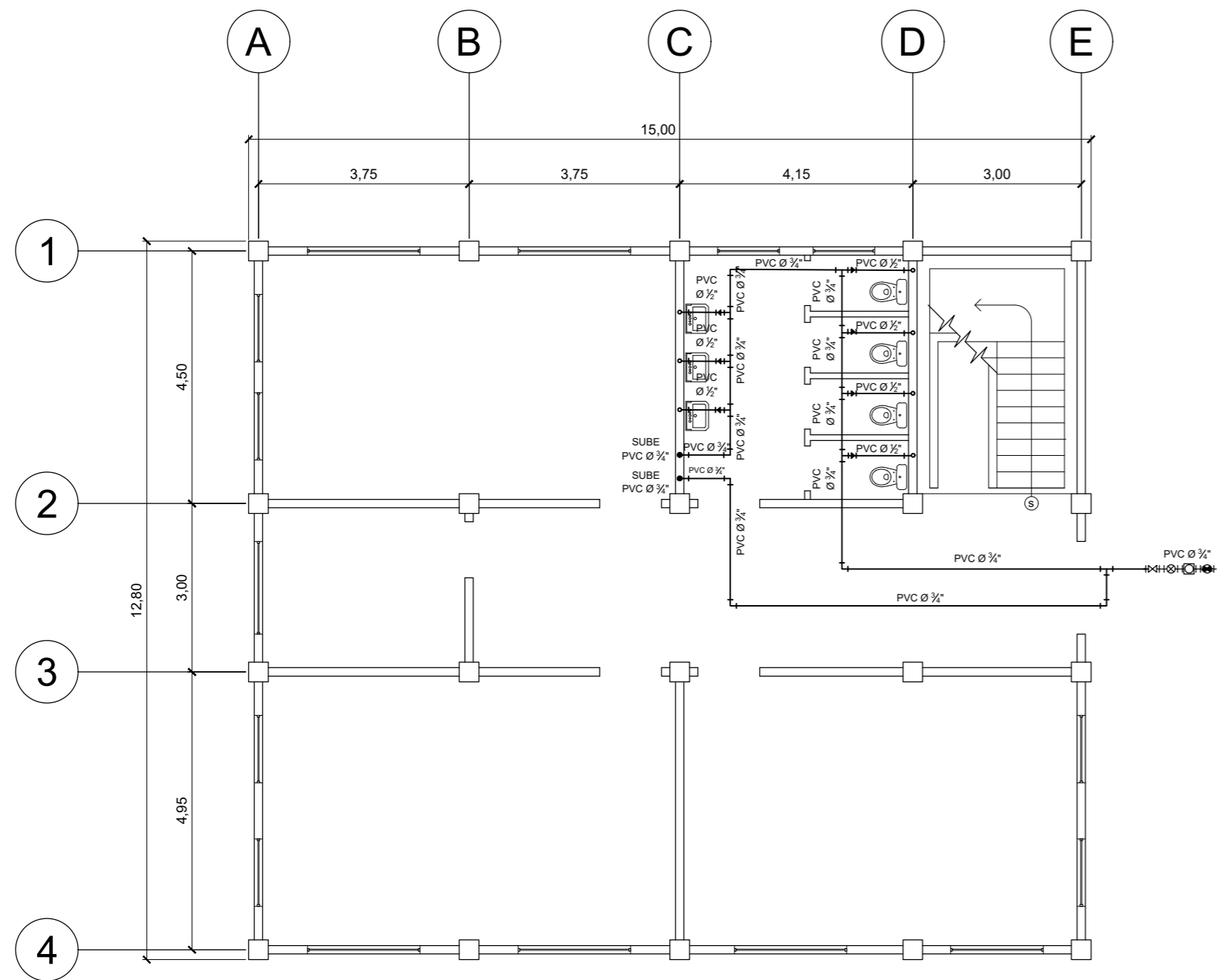
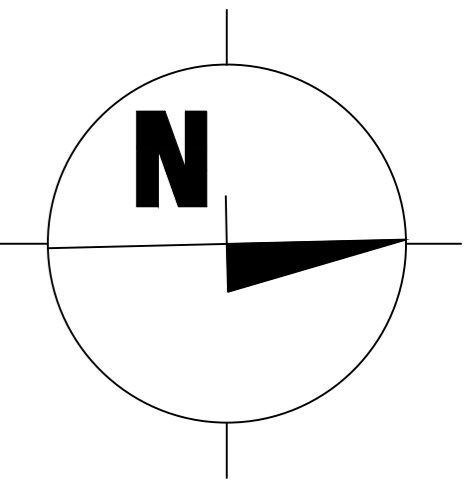
ESCALA 1:100

PLANTILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	CANTIDAD	UBICACION
1	2,00	2,10	METAL	1	INGRESO
2	1,00	2,10	METAL	2	OFICINA DIRECTOR Y SALA DE MAESTROS
3	1,10	2,10	MADERA	8	AULA A, AULA B, AULA C
4	0,80	1,70	METAL	8	S. S.
5	0,90	2,10	METAL	1	BODEGA

PLANTILLA DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	CANTIDAD	UBICACION
1	1,65	0,90	MARCO DE PVC Y VIDRIO	3	OFICINA DIRECTOR, SALA DE MAESTROS Y PASILLO
2	1,20	0,90	MARCO DE PVC Y VIDRIO	12	AULA A, AULA B, AULA C
3	2,00	0,90	MARCO DE PVC Y VIDRIO	10	AULA A, AULA B, AULA C
4	1,85	0,90	MARCO DE PVC Y VIDRIO	2	AULA C Y MODULO DE GRADAS
5	1,20	0,40	MARCO DE PVC Y VIDRIO	4	AULA C

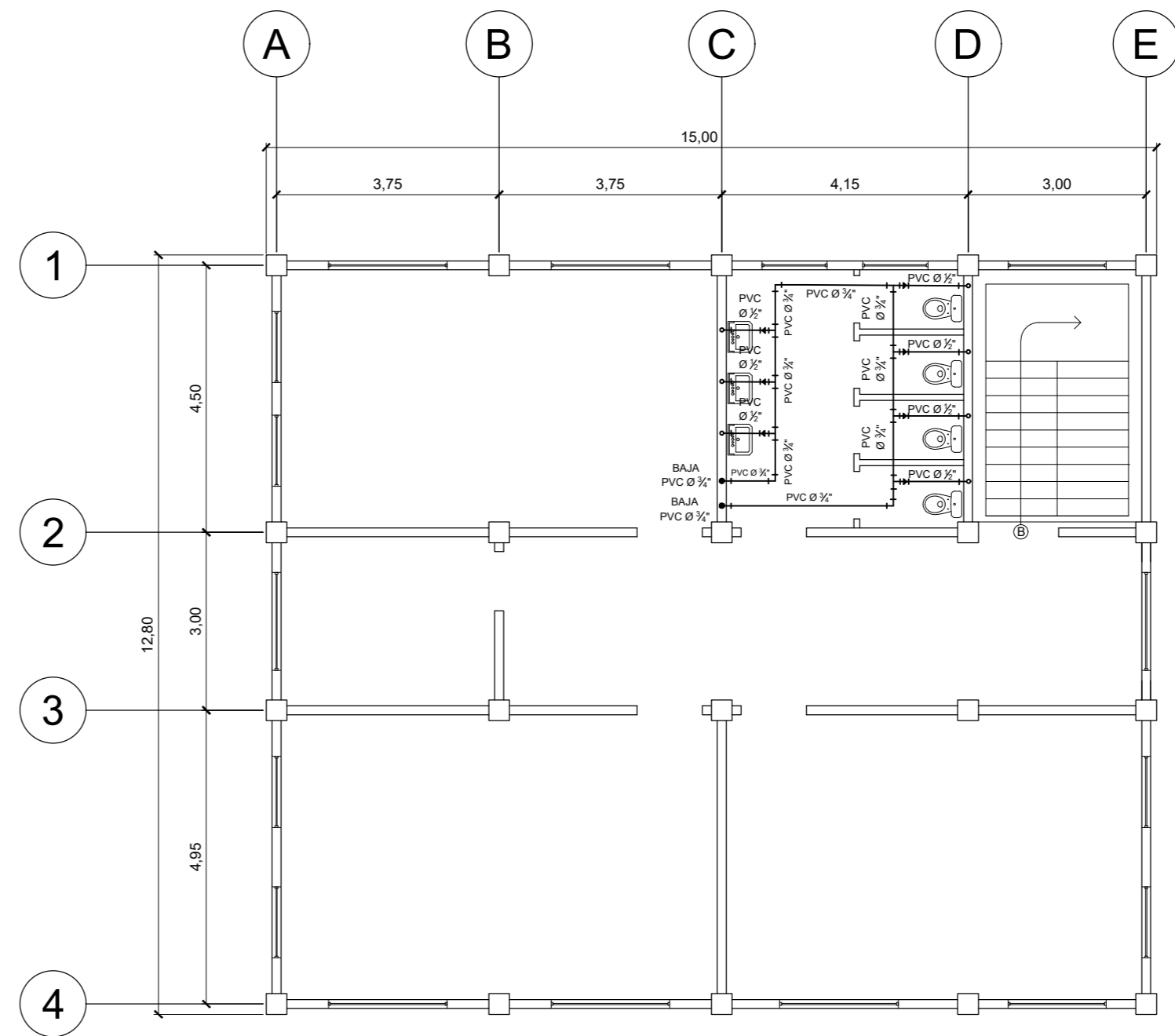
SIMBOLOGIA	
NOMENCLATURA	SIGNIFICADO
PCN	PISO CERAMICO NACIONAL
R+CV+P	REPELLO + CERNIDO VERTICAL + PINTURA
R+CE+P	REPELLO + CERNIDO ESPIRAL + PINTURA
R+P	REPELLO + PINTURA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA DE ACABADOS	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS Facultad de Ingenieria	HOJA NO. 4 / 17
(f) SERVICIO DE ASesor SUPERVISOR E.P.S. ASesor INGENIERO JUAN MERCK	



PLANTA BAJA - INSTALACIONES HIDRÁULICAS

ESCALA 1:100

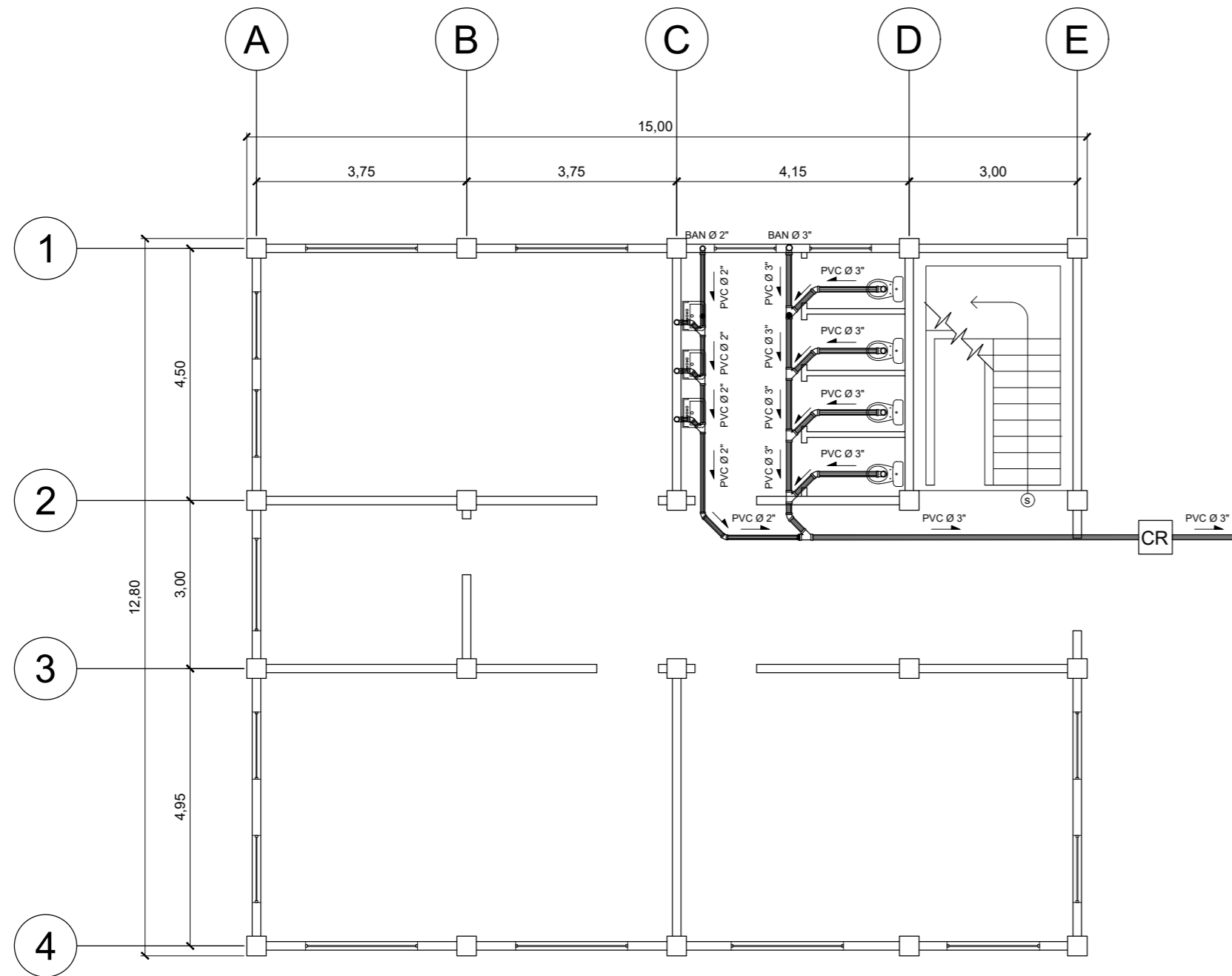
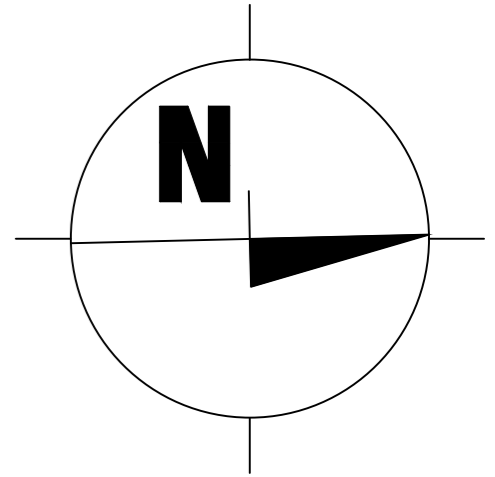


PLANTA ALTA - INSTALACIONES HIDRÁULICAS

ESCALA 1:100

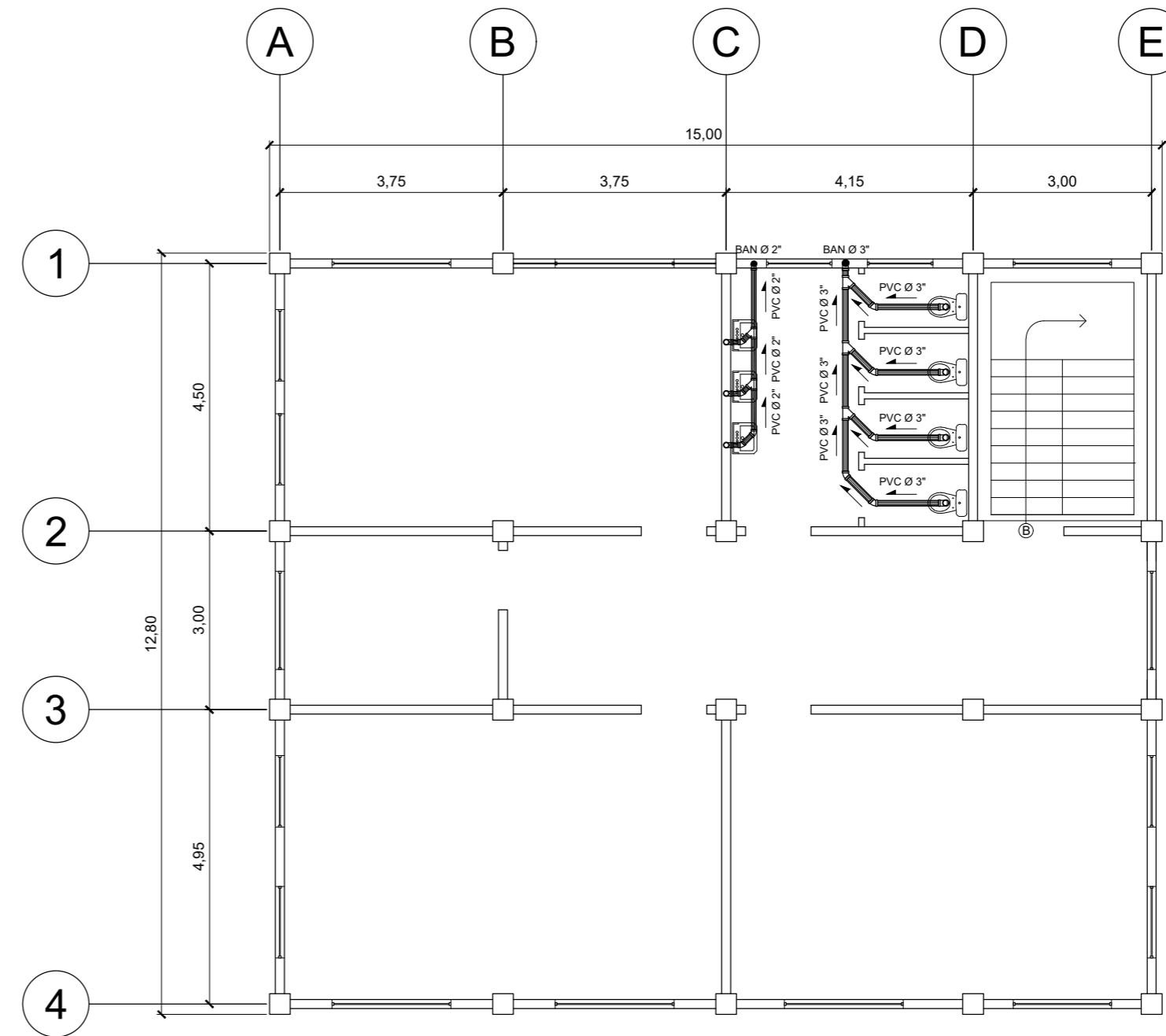
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
—	TUBO DE PVC DEL Ø INDICADO
├─┤	CODO 90° HORIZONTAL DE PVC
├─┬─┤	TEE HORIZONTAL DE PVC
┌─┴─┐	CODO 90° VERTICAL DE PVC
⊥	REDUCTOR DE 3/4" A 1/2" DE DIAMETRO
●	BAJADA O SUBIDA DE TUBERIA DE PVC
⊙	LLAVE DE PASO
⊖	CONTADOR
⊗	LLAVE DE COMPUERTA
⊘	VALVULA DE CHEQUE

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO INSTALACIONES HIDRÁULICAS	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos. ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 5 / 17
(f) SERVICIO DE SUPERVISIÓN DE EPS DE ING. JUAN MERCK	



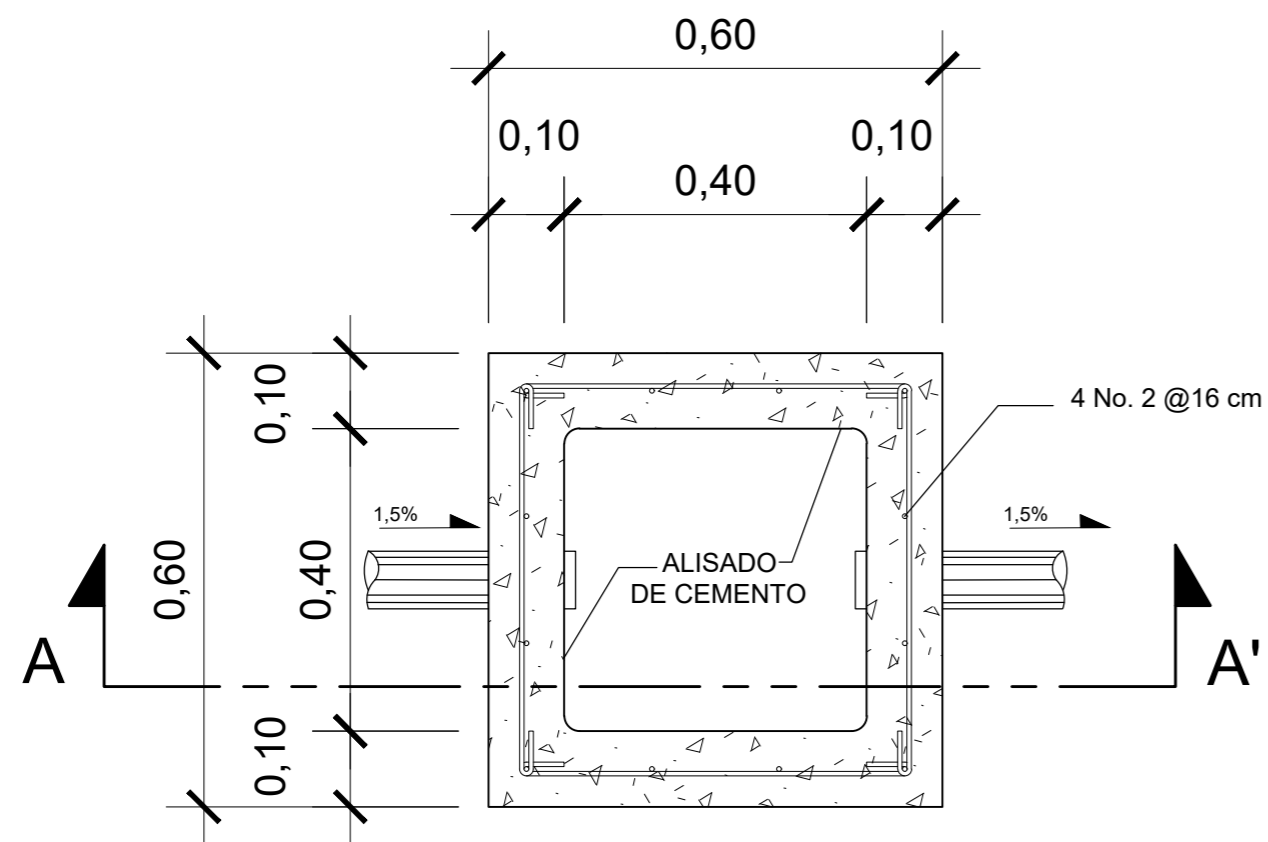
PLANTA BAJA - DRENAJE SANITARIO

ESCALA 1:100



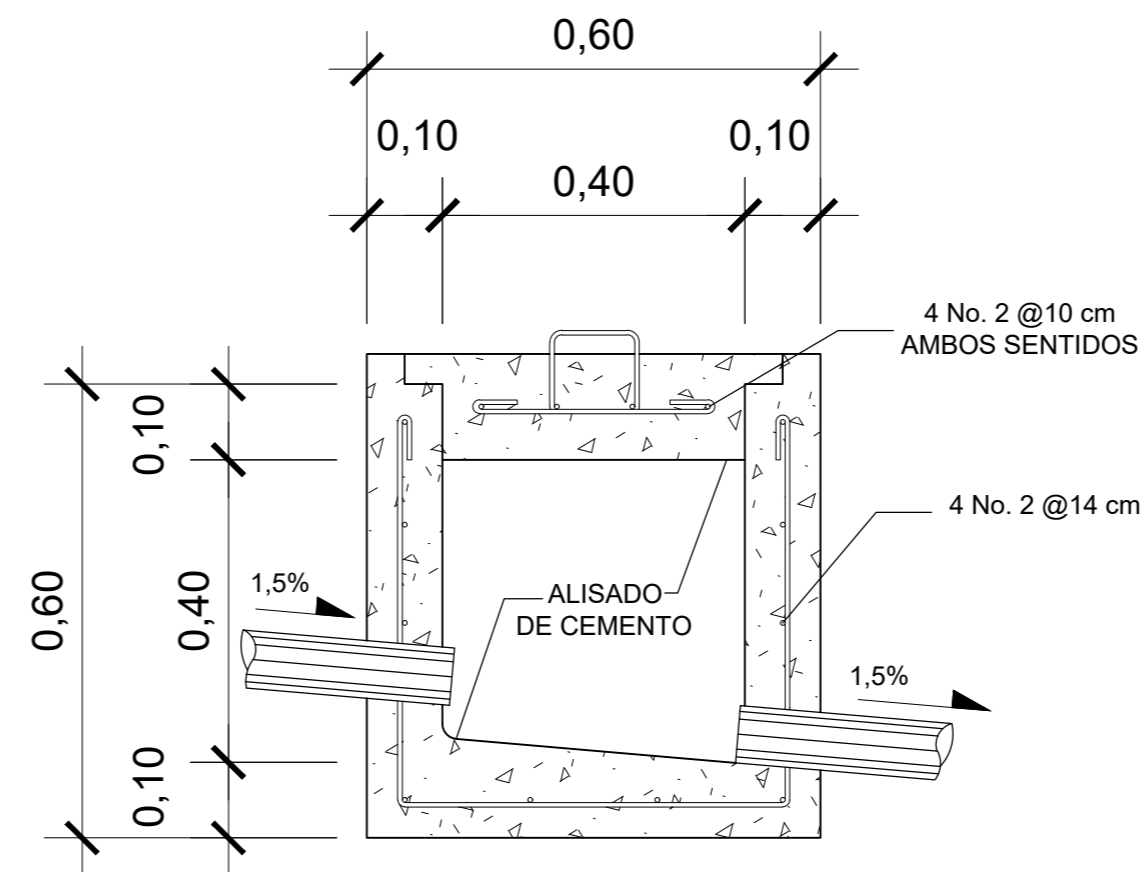
PLANTA ALTA - DRENAJE SANITARIO

ESCALA 1:100



PLANTA DE CAJA DE REGISTRO


ESCALA 1:10



SECCION A - A', CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1:10

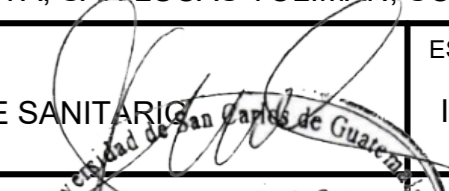
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBO PVC PARA DRENAJE SANITARIO
	TUBO PVC PARA DRENAJE PLUVIAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE HORIZONTAL
	CODO A 45° HORIZONTAL
	BAJADA DE DRENAJE
	YEE HORIZONTAL
	CODO A 90° VERTICAL
	CAJA DE REGISTRO
	REDUCTOR DE 3" A 2" DE Ø


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN

PROYECTO
DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ

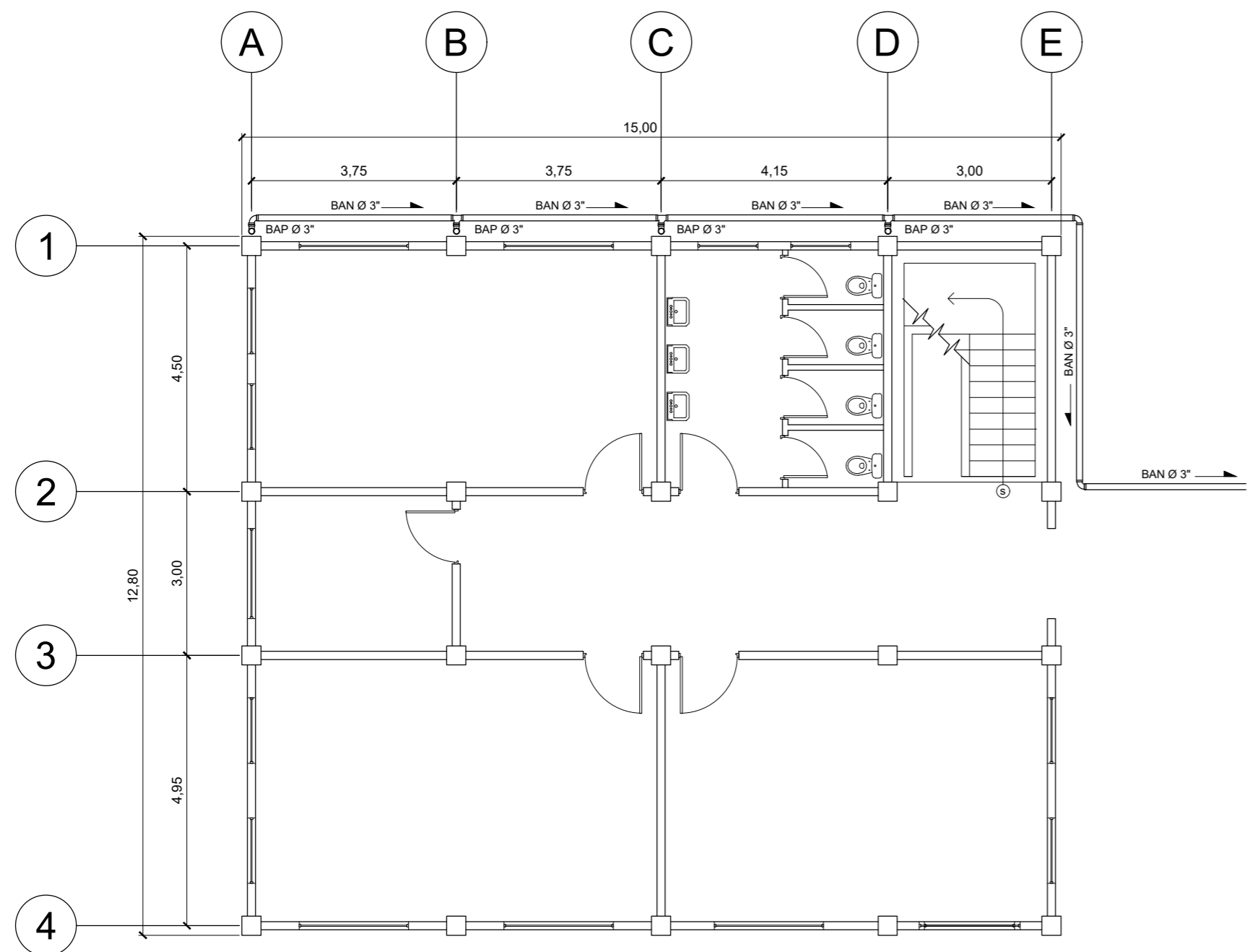
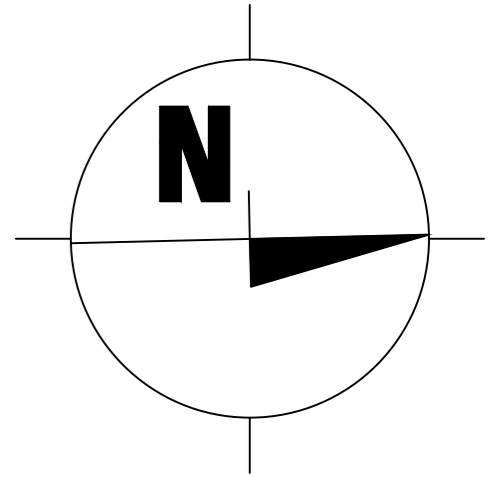
CONTENIDO
DRENAJE SANITARIO

ESCALA
 INDICADA

F. 
Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingenieria y EP
 Facultad de Ingenieria

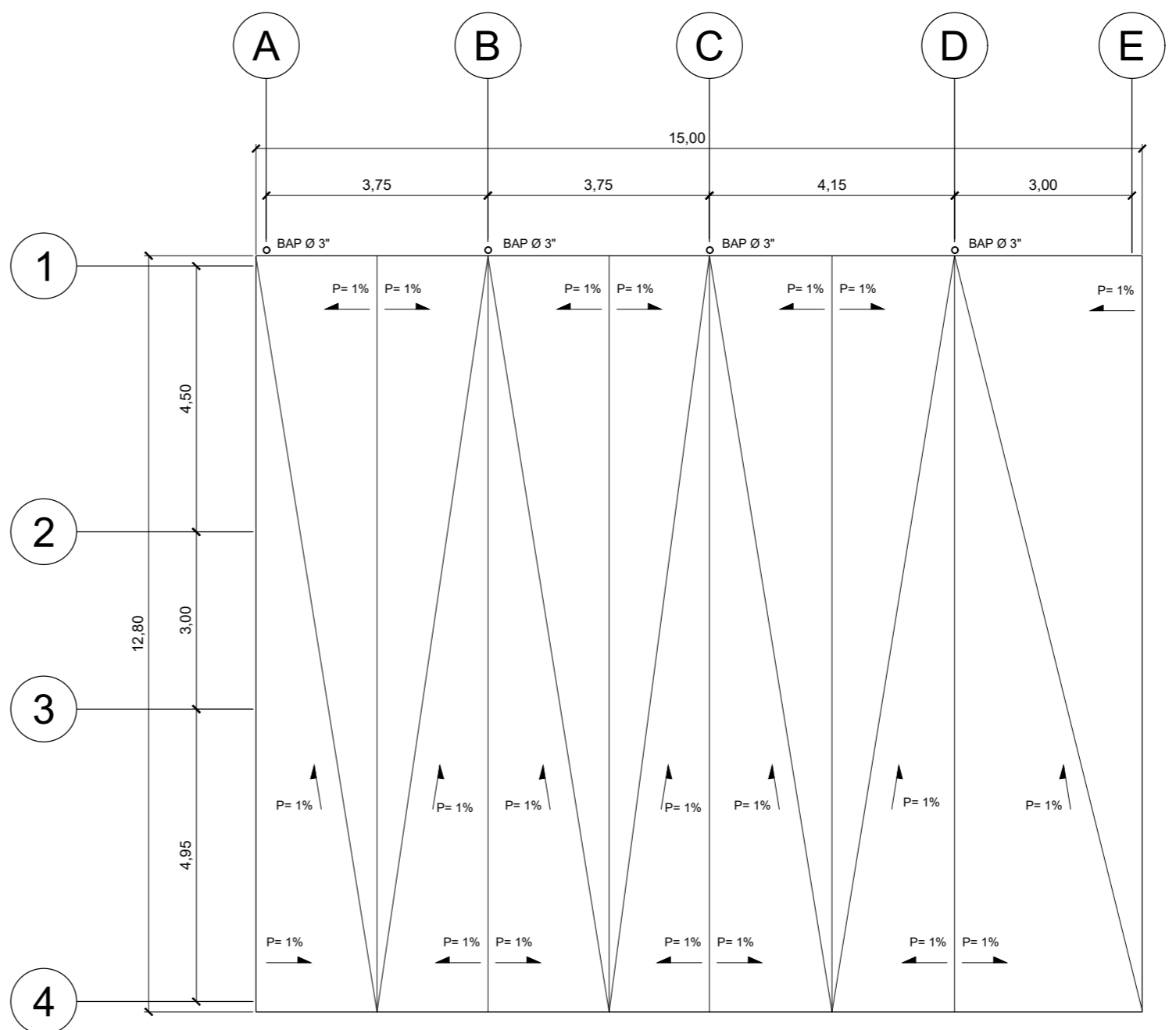
HOJA NO. **6** / 17

(f) SERGIO JOSUE GARCIA ASESOR



PLANTA BAJA - DRENAJE PLUVIAL

ESCALA 1:100

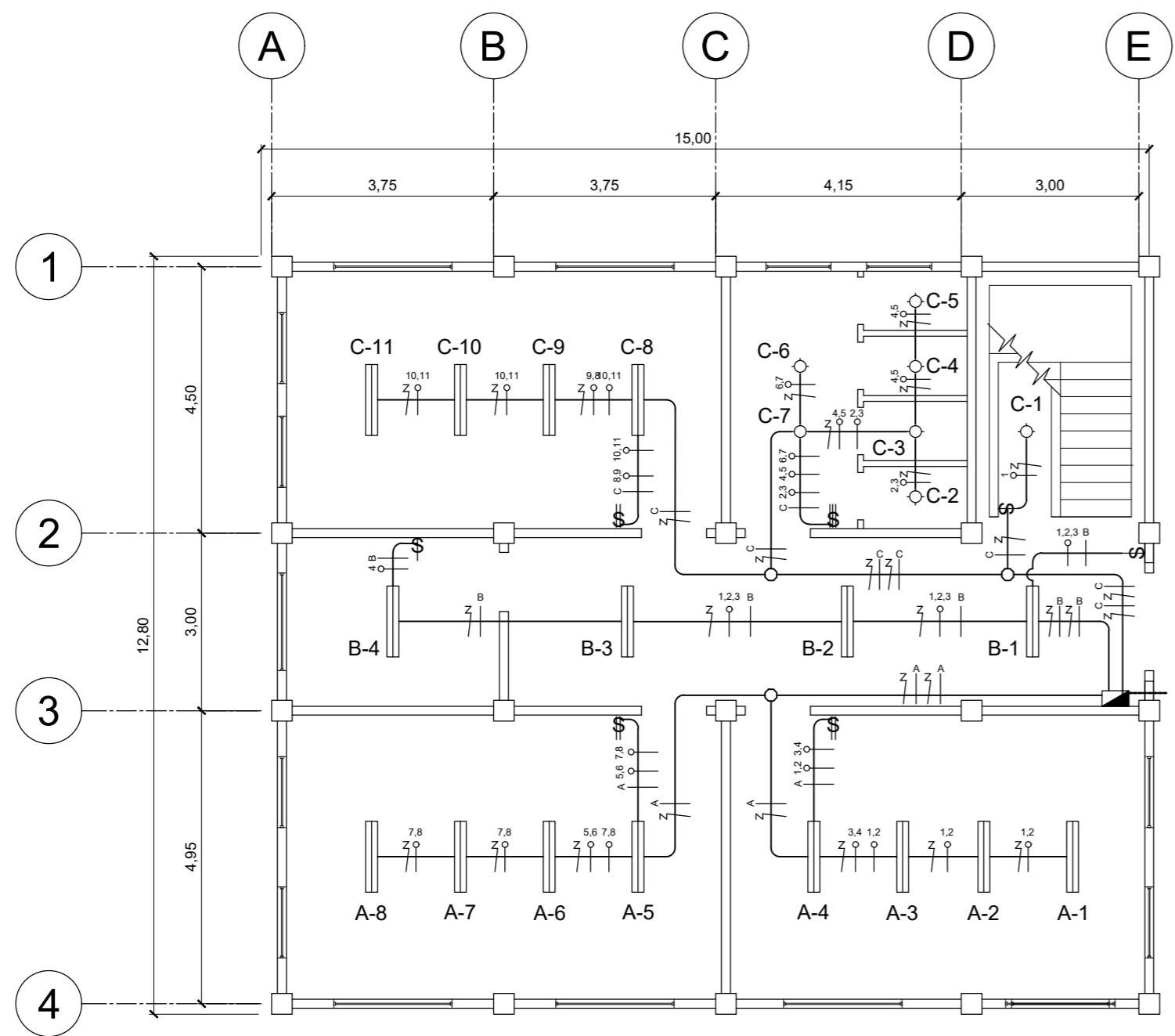
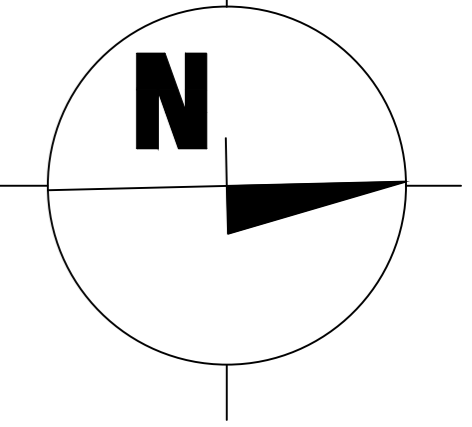


PLANTA ALTA - DRENAJE PLUVIAL

ESCALA 1:100

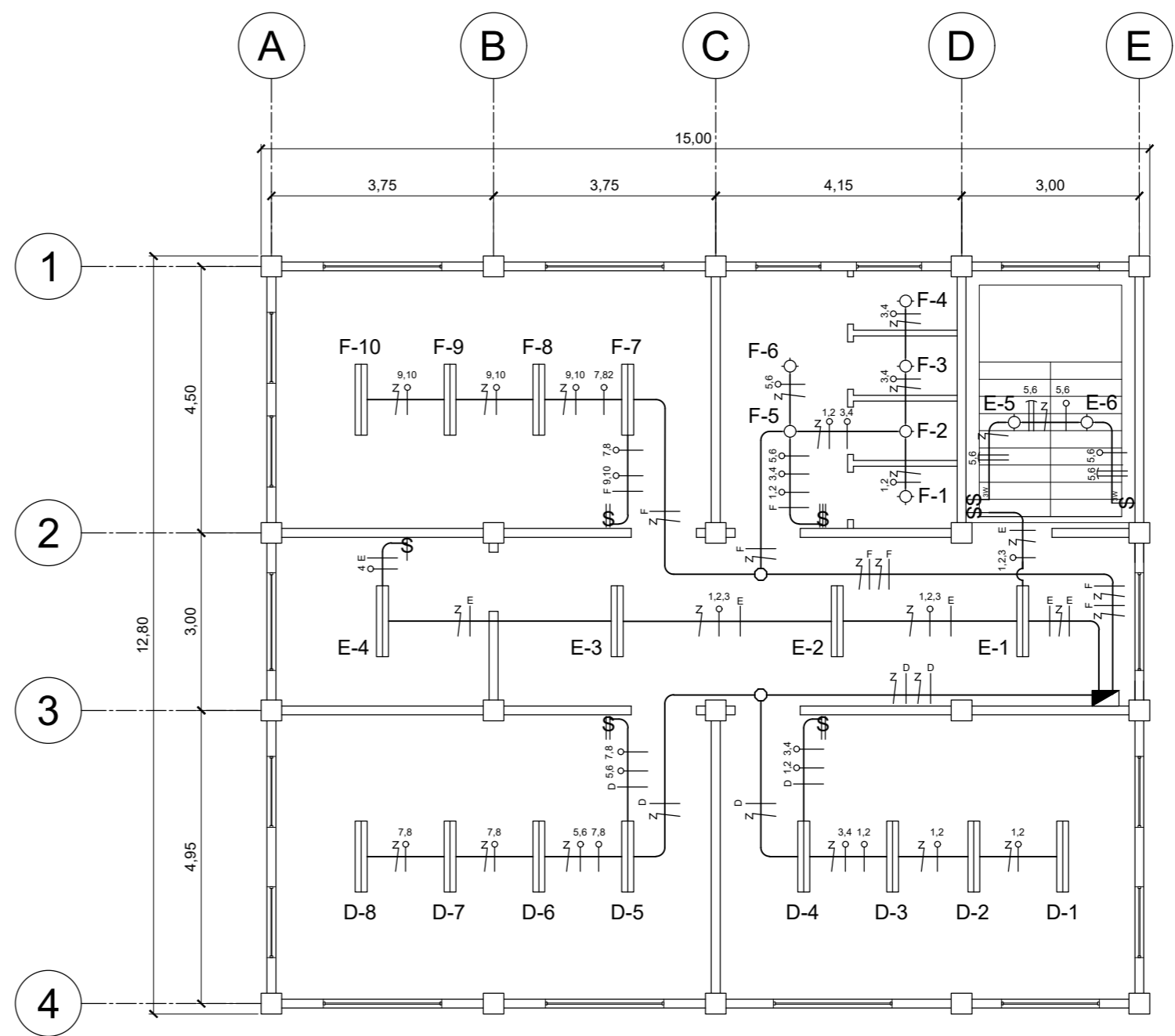
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBO PVC PARA DRENAJE SANITARIO
	TUBO PVC PARA DRENAJE PLUVIAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE HORIZONTAL
	CODO A 45° HORIZONTAL
	BAJADA DE DRENAJE
	YEE HORIZONTAL
	CODO A 90° VERTICAL
	CAJA DE REGISTRO
	REDUCTOR DE 3" A 2" DE Ø

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ		
CONTENIDO DRENAJE PLUVIAL		ESCALA INDICADA
F.		HOJA NO. 7 / 17
Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería		
(f) SE ASESOR SUPERVISOR E.P.S. ASesor Ing. JUAN MERCK		



PLANTA BAJA DE ILUMINACIÓN

ESCALA 1:100

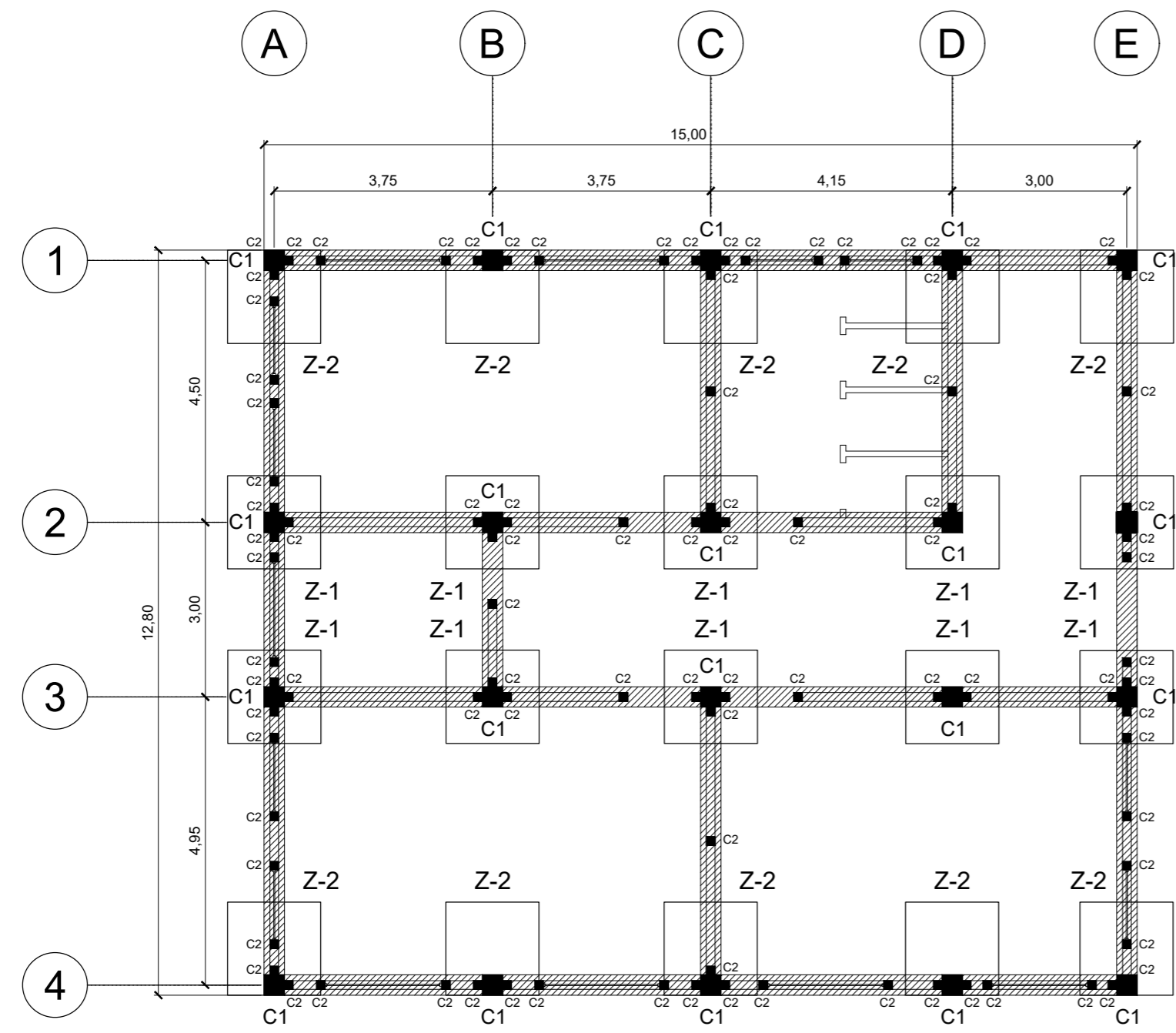
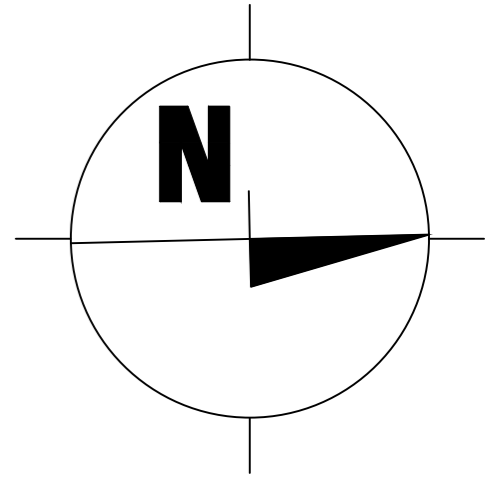


PLANTA ALTA DE ILUMINACIÓN

ESCALA 1:100

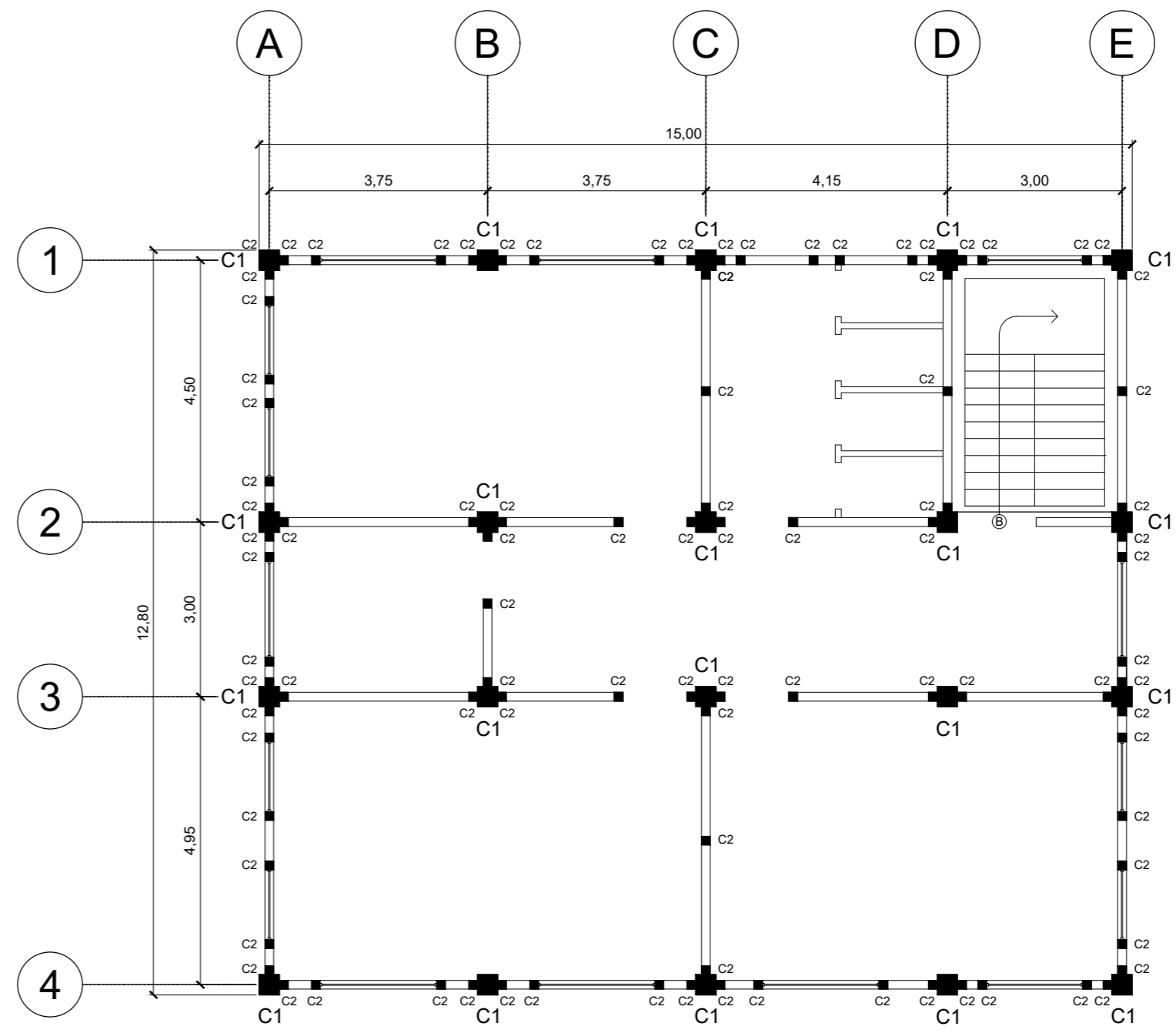
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA LED 1X20W
	FOCO LED 5W + PLAFONERA EN TECHO
	LINEA VIVA 120V CIRCUITO A - CABLE CALIBRE NO. 12
	LINEA NEUTRA - CABLE CALIBRE NO. 12
	RETORNO - CABLE NO. 12
	PUENTE - CABLE CALIBRE NO. 12
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	INTERRUPTOR 3 WAY
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE 12 CIRCUITOS
	TUBERIA PVC EN PARED O TECHO
	LINEA DESDE CONTADOR - CABLE CALIBRE NO. 8

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TÓTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA DE ILUMINACIÓN	ESCALA INDICADA
F. Ing. Juan Merck Cos ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 8 / 17
(f) SERGIO... ASesor SUPERVISOR DE EPS... ING. JUAN MERCK	



PLANTA BAJA DE CIMENTACIÓN

ESCALA 1:100



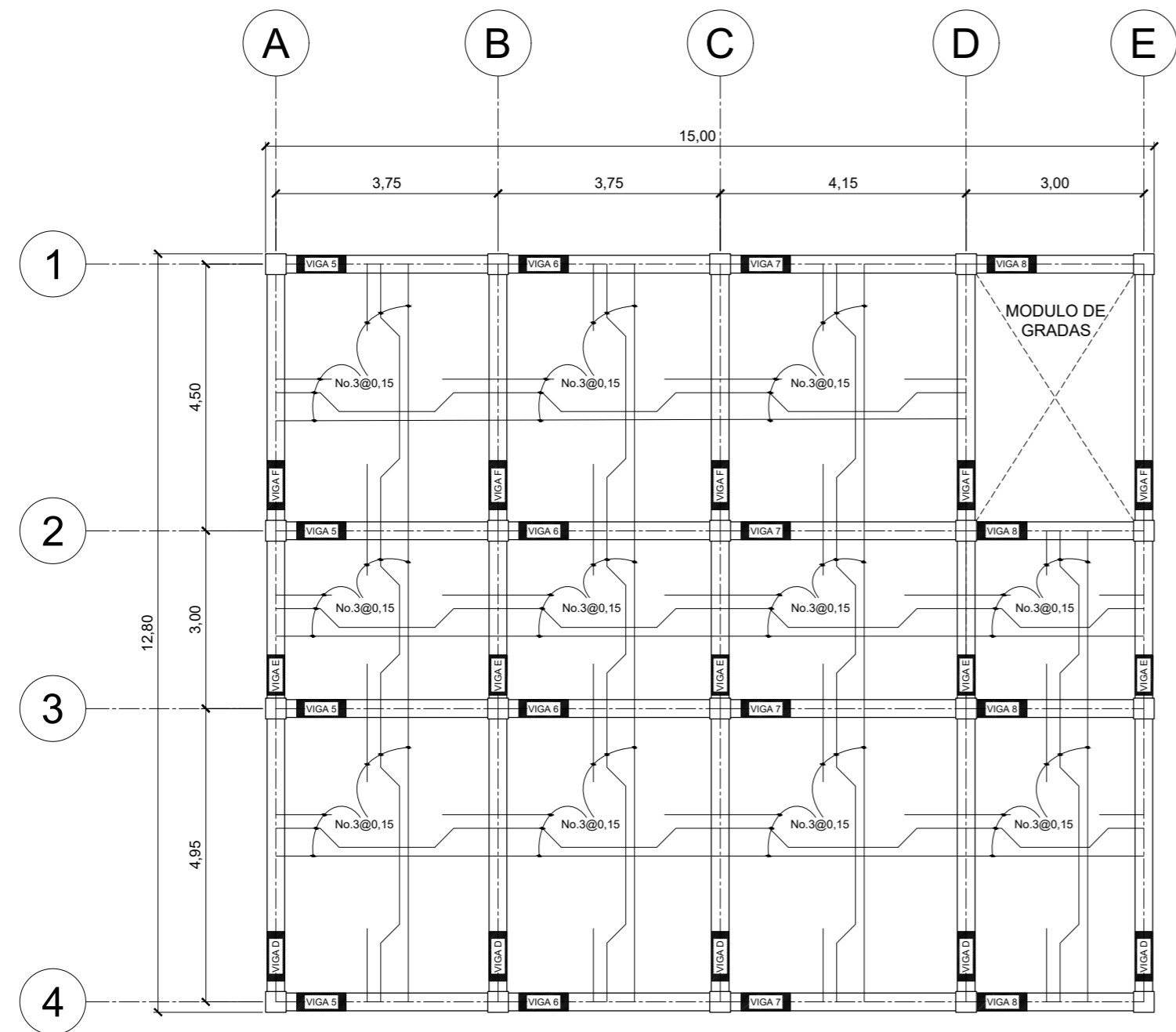
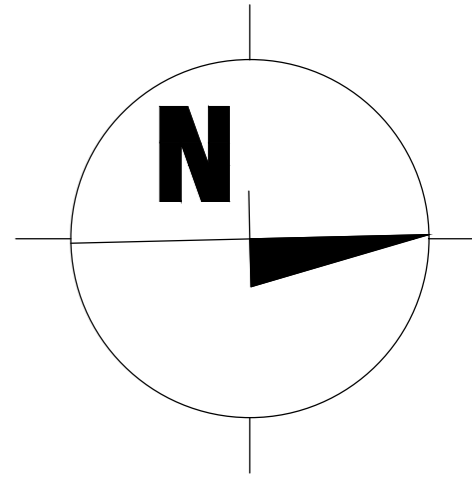
PLANTA ALTA DE CIMENTACIÓN

ESCALA 1:100

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
C1	COLUMNA PRINCIPAL DEL SISTEMA DE MARCOS ESTRUCTURALES
C2	COLUMNA SECUNDARIA PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA
	CIMIENTO CORRIDO PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA
Z-1	ZAPATA AISLADA CONCENTRICA
Z-2	ZAPATA AISLADA EXCÉNTRICA

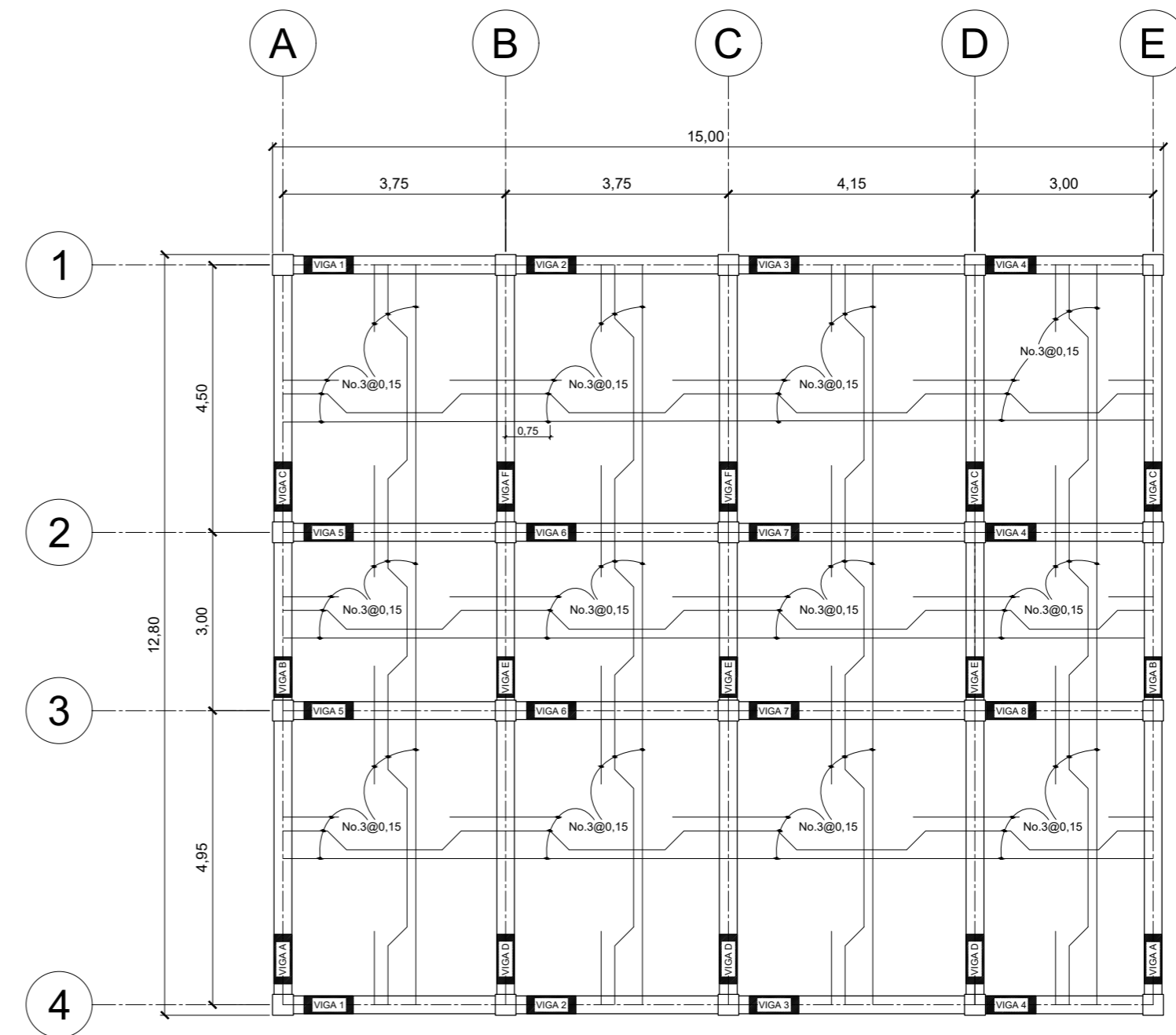
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS C1 Y ZAPATAS DEBERÁ TENER UN $F'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$
EL ACERO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS C1 Y ZAPATAS DEBERÁ TENER UN $F_y = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$
EL VALOR SOPORTE CONSIDERADO PARA LAS ZAPATAS ES DE $VS = 30,00 \text{ T/m}^2$

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA DE CIMENTACIÓN	ESCALA INDICADA
F. Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 10 / 17
(f) SERGIO JOSÉ... JUAN MÉRCK	



PLANTA BAJA - VIGAS Y LOSAS

ESCALA 1:100



PLANTA ALTA - VIGAS Y LOSAS

ESCALA 1:100

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS LOSAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $F'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$



EL ACERO UTILIZADO EN LAS LOSAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $Fy = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$

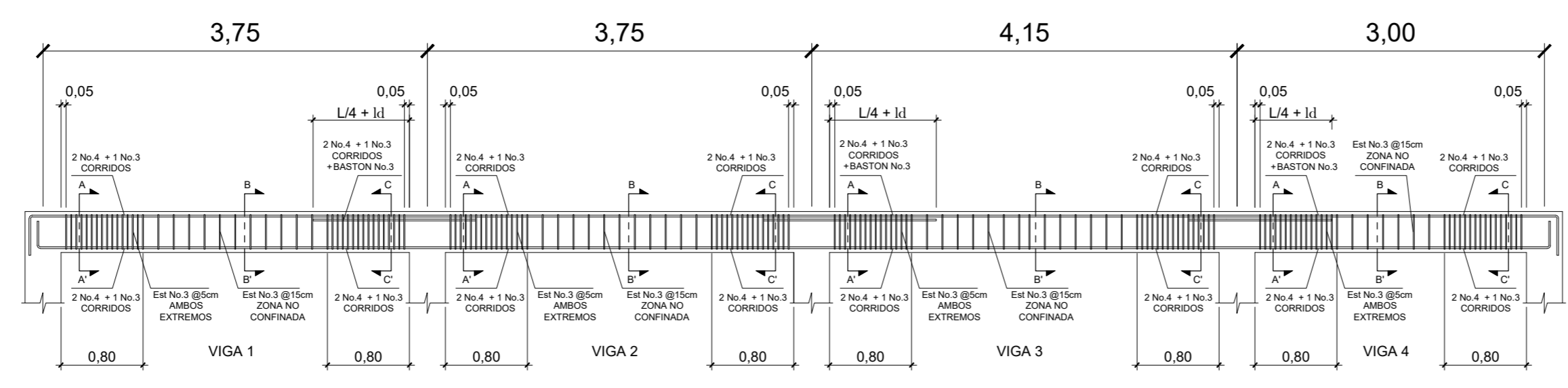
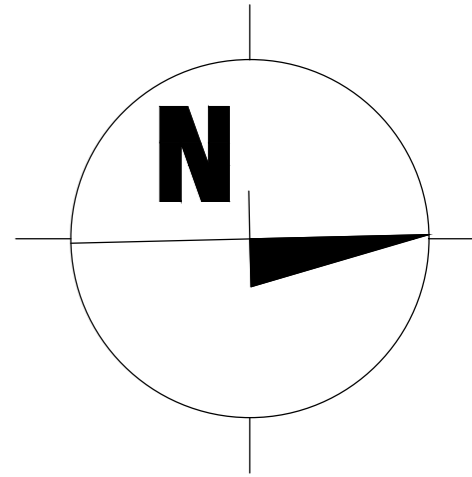
LOS EMPALMES MÍNIMOS SEGUN ACI 318S-14 TABLA 25.5.2.1:

- No. 3 = 47 cm
- No. 4 = 63 cm
- No. 5 = 79 cm
- No. 6 = 94 cm

LA LONGITUD DE LOS BASTONES SERA IGUAL A LA CUARTA PARTE DE LA LUZ LIBRE + LONGITUD DE DESARROLLO, MEDIDA DESDE LA CARA DEL APOYO

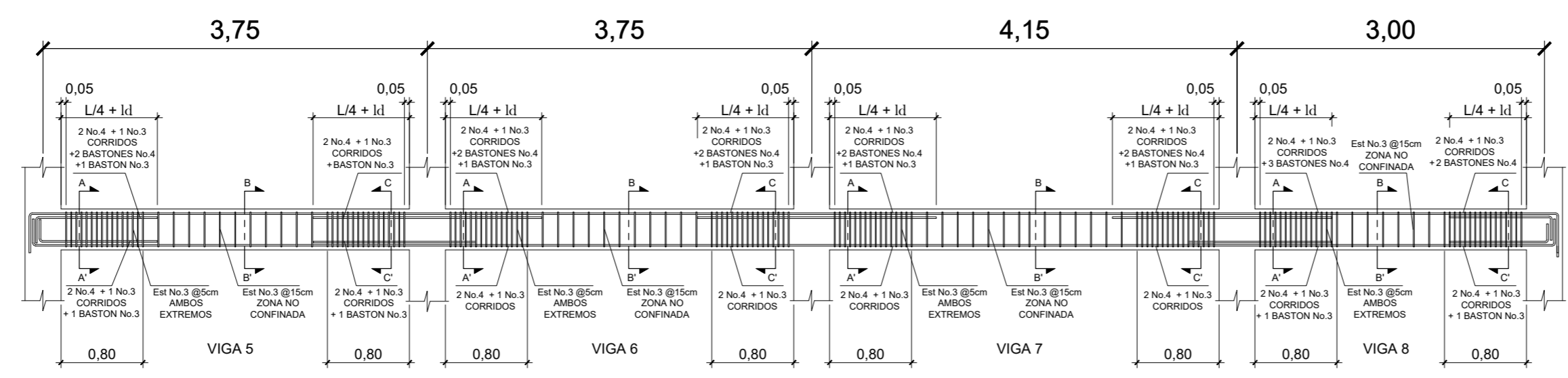
LA LONGITUD DE LAS TENSIONES SERA IGUAL A LA QUINTA PARTE DE LA LUZ LIBRE MEDIDA DESDE LA CARA DEL APOYO

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO VIGAS Y LOSAS	ESCALA INDICADA
F.  ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Ing. Juan Merck Cos. Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 11 / 17
(f) SERGIO ASesor SUPERVISOR DE EPS	



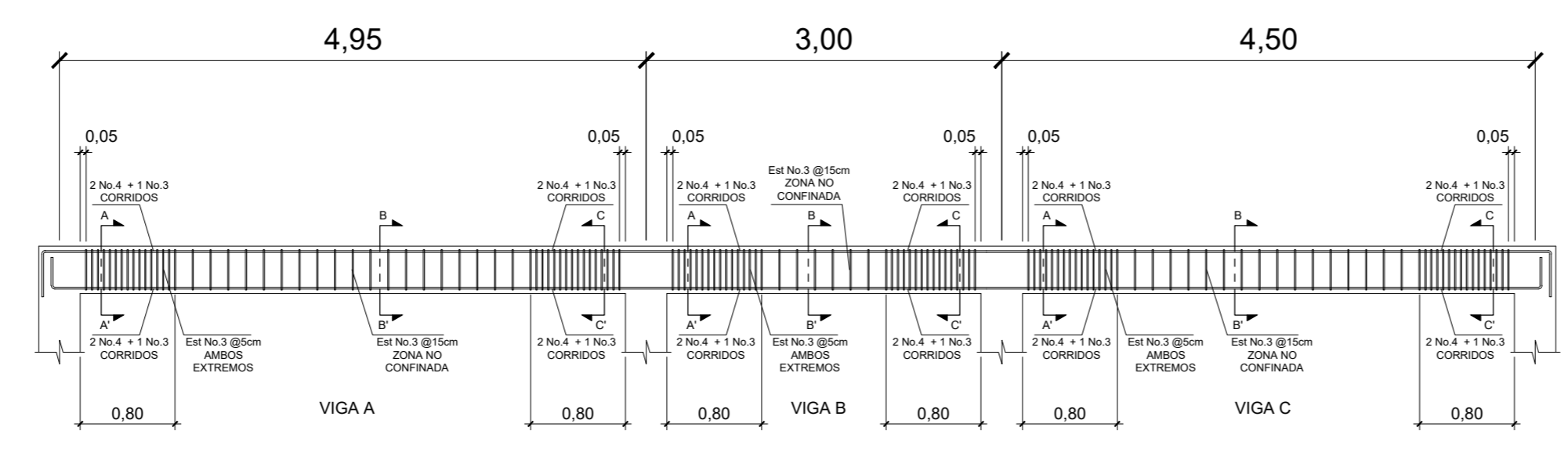
DETALLE VIGAS 2DO NIVEL, EJE X

ESCALA 1:50



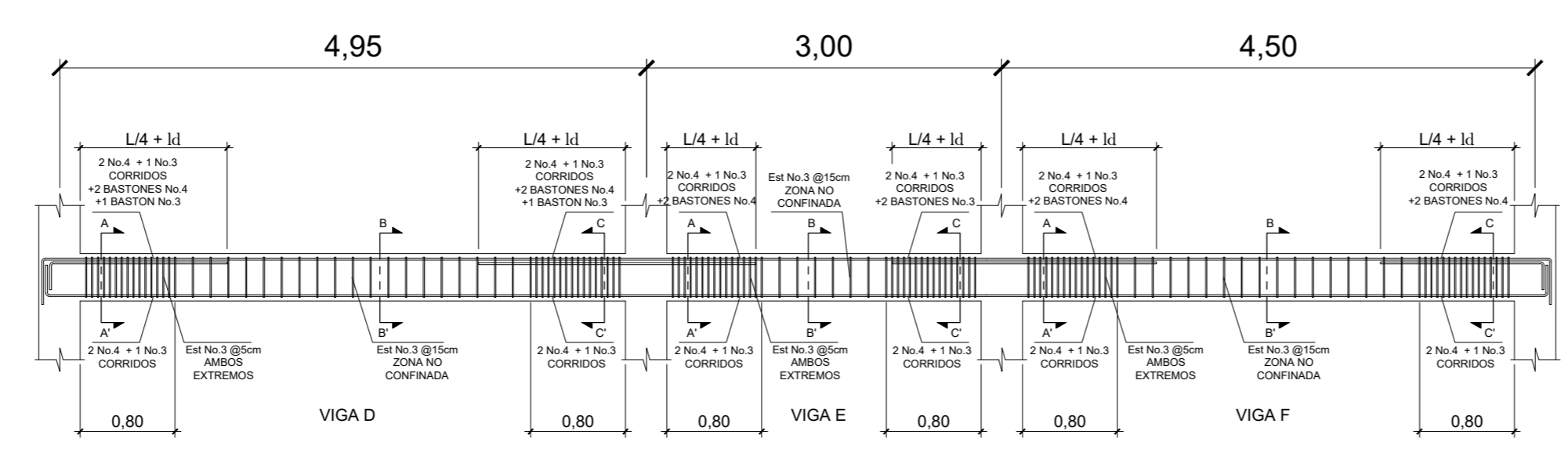
DETALLE VIGAS 1ER NIVEL, EJE X

ESCALA 1:50



DETALLE VIGAS 2DO NIVEL, EJE Y

ESCALA 1:50



DETALLE VIGAS 1ER NIVEL, EJE Y

ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

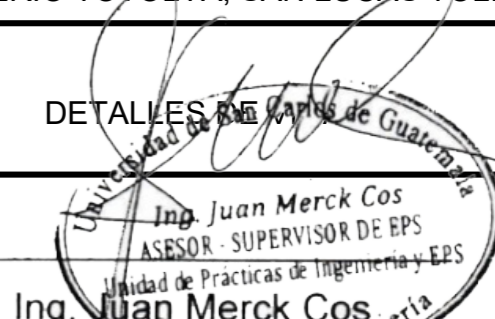
EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $F'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$

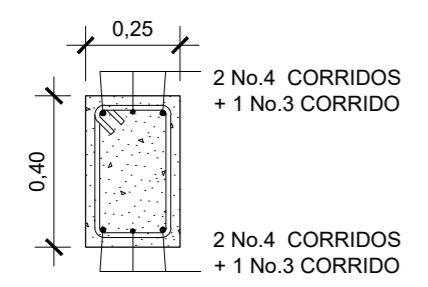
EL ACERO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $Fy = 4 200 \text{ Kg/cm}^2$

GANCHOS DE 90° PARA VARILLAS EN TRACCIÓN DEBERA SER IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 12 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA

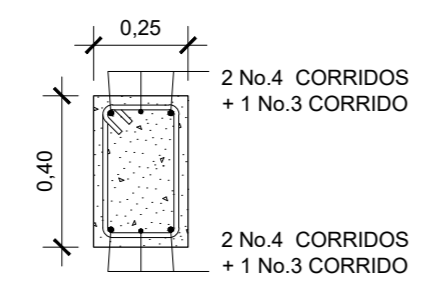
GANCHOS DE 90° Y 135° PARA ESTRIBOS DEBERAN SER IGUAL A 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA

- LOS EMPALMES EN REFUERZOS LONGITUDINALES DEBERÁN SER DE:
- No. 3 = 30 cm
 - No. 4 = 40 cm
 - No. 5 = 50 cm
 - No. 6 = 60 cm

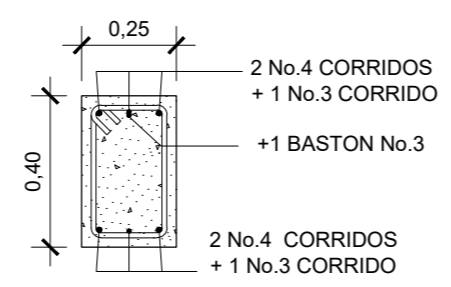
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO DETALLES DE VIGAS	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería - EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 12 / 17
(f) SERGIO J. J. ASesor SUPERVISOR DE EPS. JUAN MERCK	



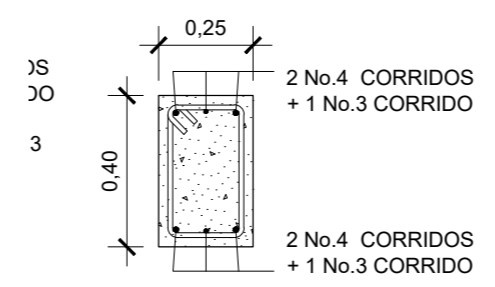
CORTE A - A', VIGA 1
ESCALA 1:20



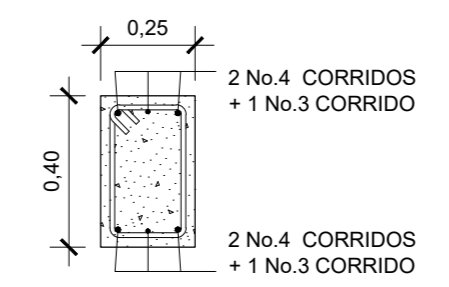
CORTE B - B', VIGA 1
ESCALA 1:20



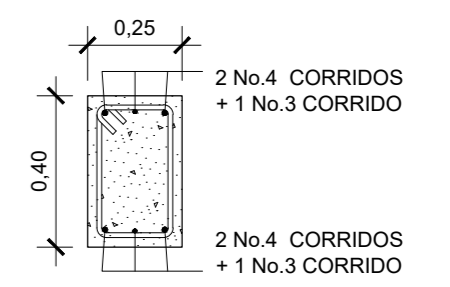
CORTE C - C', VIGA 1
ESCALA 1:20



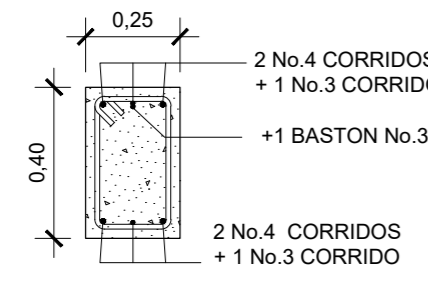
CORTE A - A', VIGA 2
ESCALA 1:20



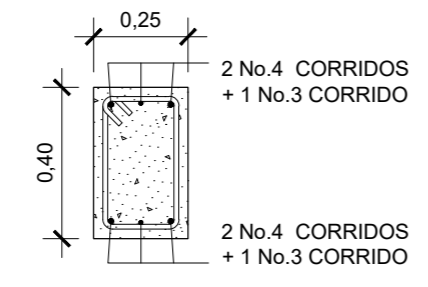
CORTE B - B', VIGA 2
ESCALA 1:20



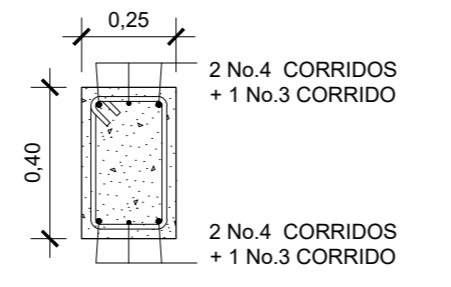
CORTE C - C', VIGA 2
ESCALA 1:20



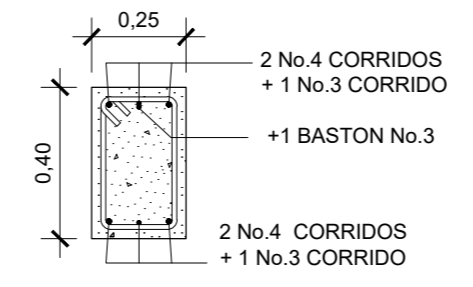
CORTE A - A', VIGA 3
ESCALA 1:20



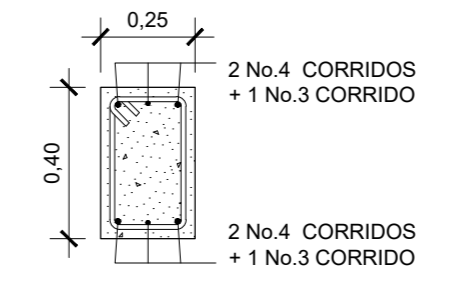
CORTE B - B', VIGA 3
ESCALA 1:20



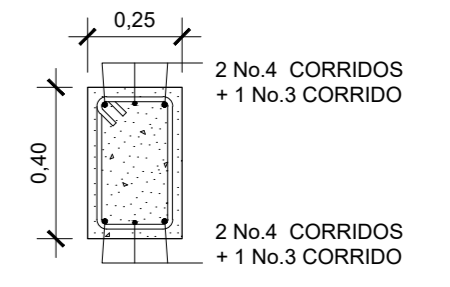
CORTE C - C', VIGA 3
ESCALA 1:20



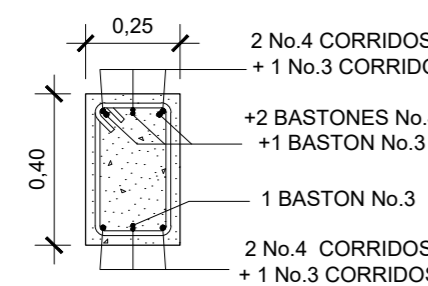
CORTE A - A', VIGA 4
ESCALA 1:20



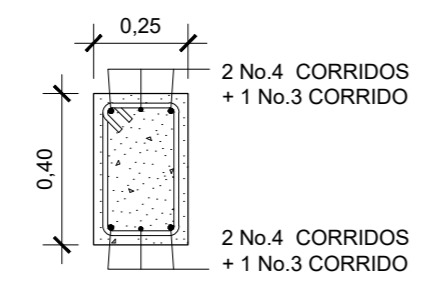
CORTE B - B', VIGA 4
ESCALA 1:20



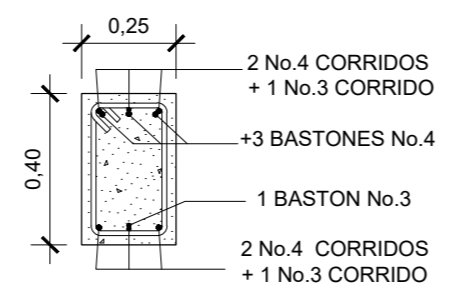
CORTE C - C', VIGA 4
ESCALA 1:20



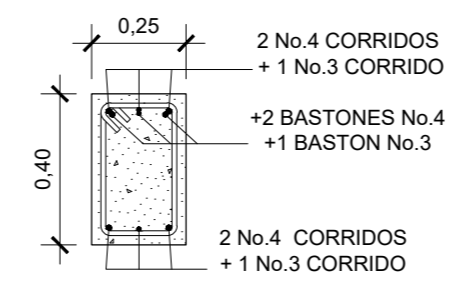
CORTE A - A', VIGA 5
ESCALA 1:20



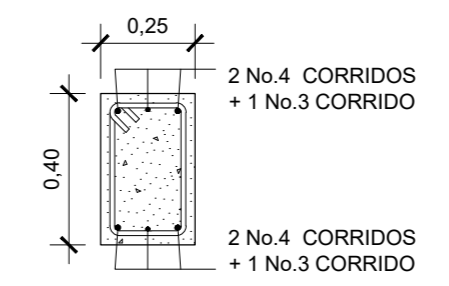
CORTE B - B', VIGA 5
ESCALA 1:20



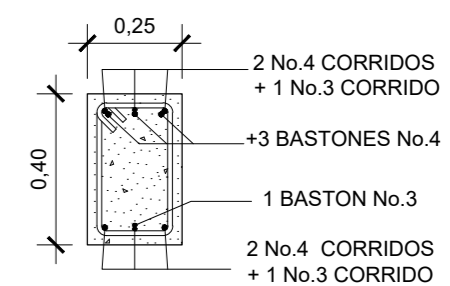
CORTE C - C', VIGA 5
ESCALA 1:20



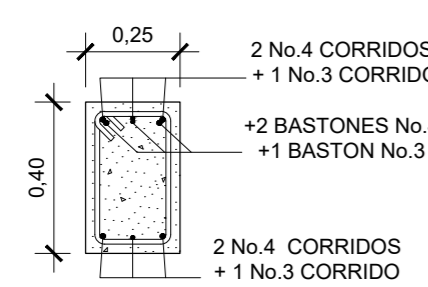
CORTE A - A', VIGA 6
ESCALA 1:20



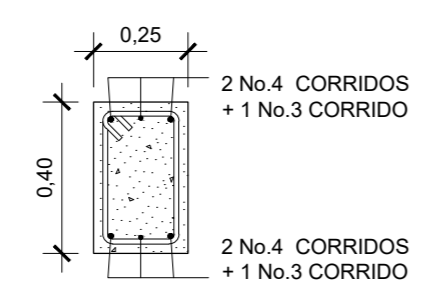
CORTE B - B', VIGA 6
ESCALA 1:20



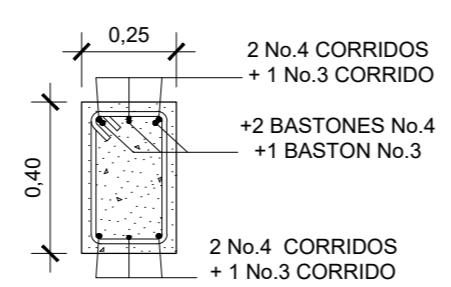
CORTE C - C', VIGA 6
ESCALA 1:20



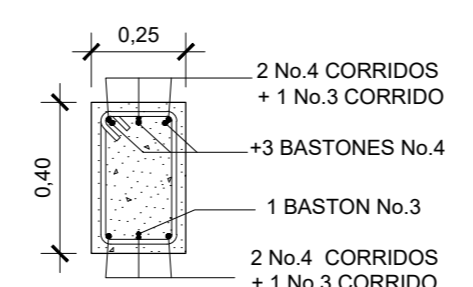
CORTE A - A', VIGA 7
ESCALA 1:20



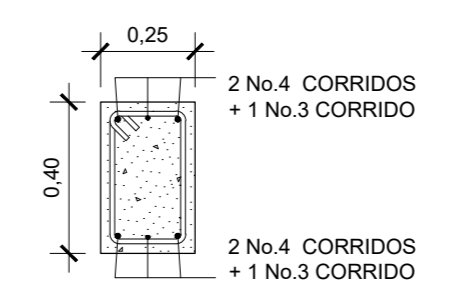
CORTE B - B', VIGA 7
ESCALA 1:20



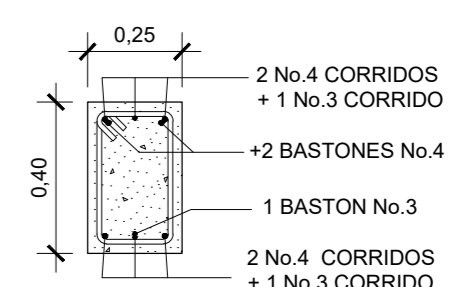
CORTE C - C', VIGA 7
ESCALA 1:20



CORTE A - A', VIGA 8
ESCALA 1:20



CORTE B - B', VIGA 8
ESCALA 1:20



CORTE C - C', VIGA 8
ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $f'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$
- EL ACERO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $Fy = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$
- GANCHOS DE 90° PARA VARILLAS EN TRACCIÓN DEBERA SER IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 12 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA
- GANCHOS DE 90° Y 135° PARA ESTRIBOS DEBERAN SER IGUAL A 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA
- LOS EMPALMES MÍNIMOS SEGUN ACI 318S-14 TABLA 25.5.2.1:
 - No.3 = 47 cm
 - No. 4 = 63 cm
 - No. 5 = 79 cm
 - No. 6 = 94 cm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN

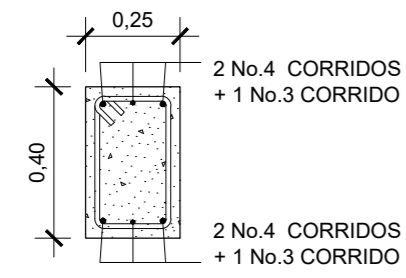
PROYECTO
DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ

CONTENIDO
DETALLE DE VIGAS

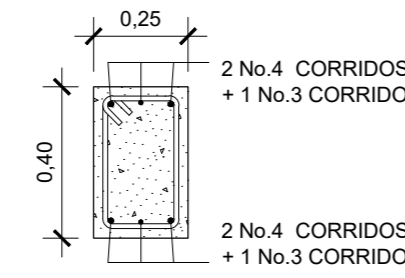
ESCALA
INDICADA

HOJA NO.
13 / 16

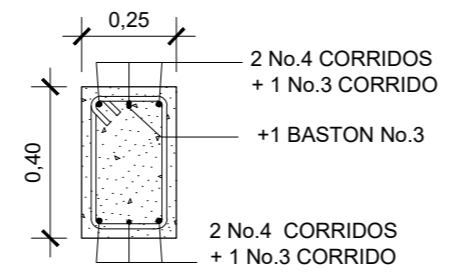
Ing. Juan Merck Cos
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



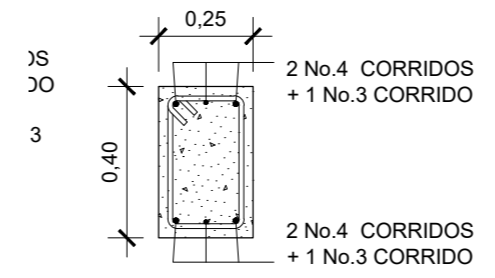
CORTE A - A', VIGA 1
ESCALA 1:20



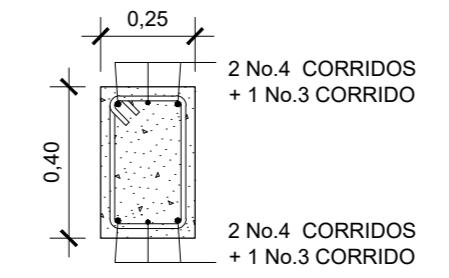
CORTE B - B', VIGA 1
ESCALA 1:20



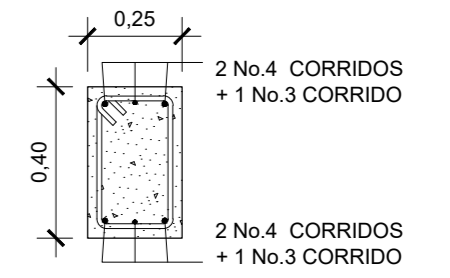
CORTE C - C', VIGA 1
ESCALA 1:20



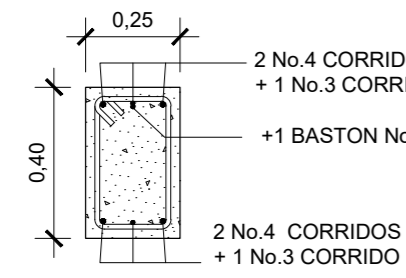
CORTE A - A', VIGA 2
ESCALA 1:20



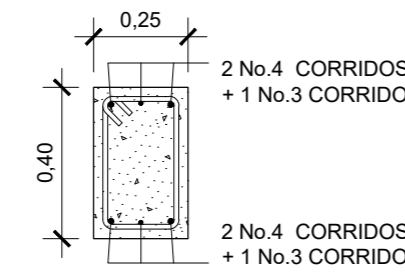
CORTE B - B', VIGA 2
ESCALA 1:20



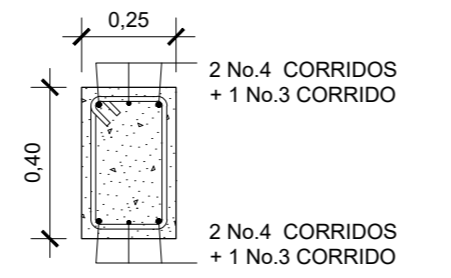
CORTE C - C', VIGA 2
ESCALA 1:20



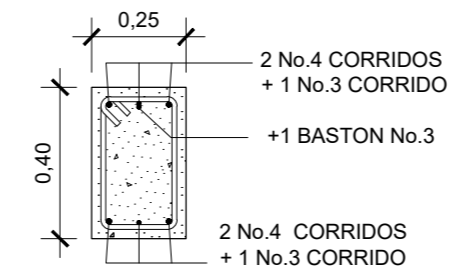
CORTE A - A', VIGA 3
ESCALA 1:20



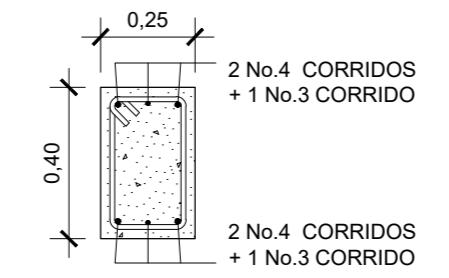
CORTE B - B', VIGA 3
ESCALA 1:20



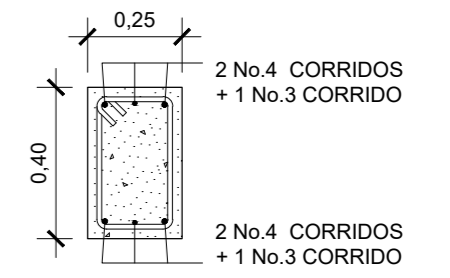
CORTE C - C', VIGA 3
ESCALA 1:20



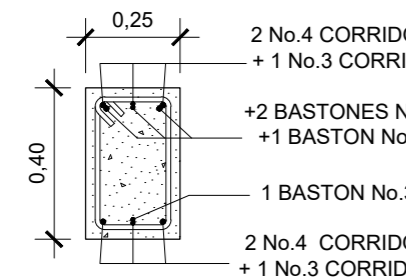
CORTE A - A', VIGA 4
ESCALA 1:20



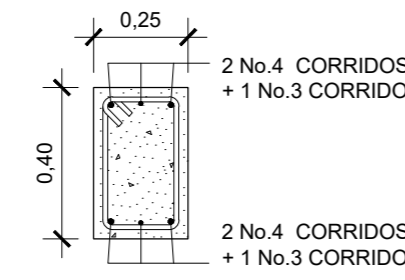
CORTE B - B', VIGA 4
ESCALA 1:20



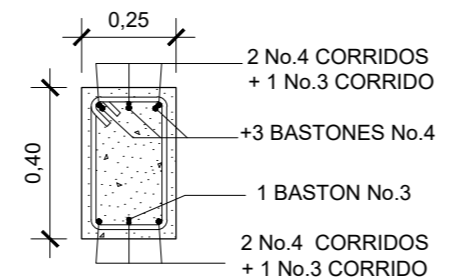
CORTE C - C', VIGA 4
ESCALA 1:20



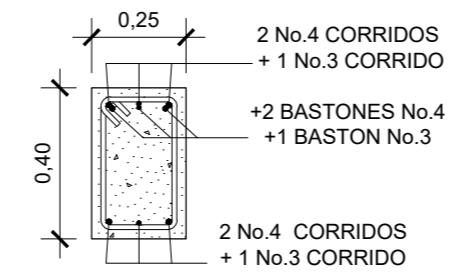
CORTE A - A', VIGA 5
ESCALA 1:20



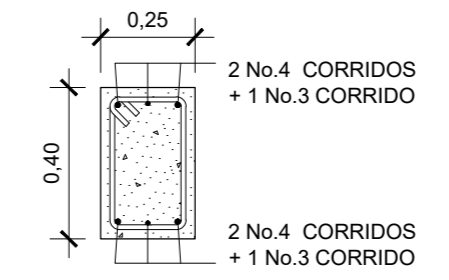
CORTE B - B', VIGA 5
ESCALA 1:20



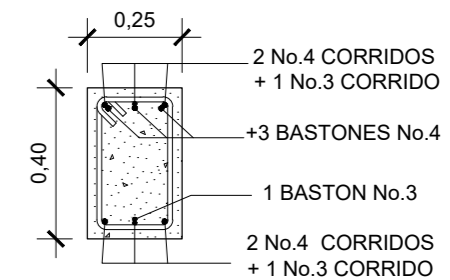
CORTE C - C', VIGA 5
ESCALA 1:20



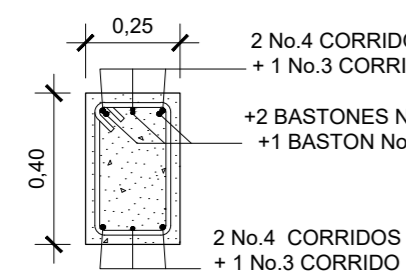
CORTE A - A', VIGA 6
ESCALA 1:20



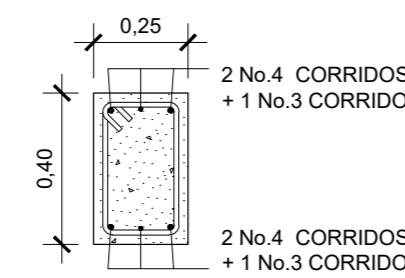
CORTE B - B', VIGA 6
ESCALA 1:20



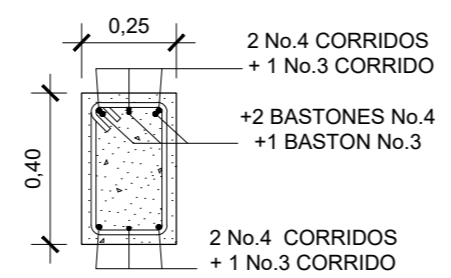
CORTE C - C', VIGA 6
ESCALA 1:20



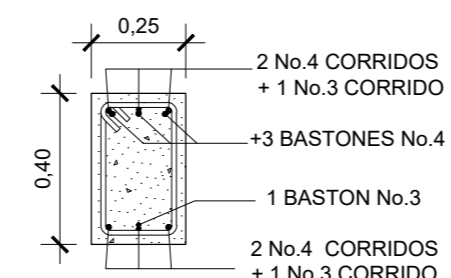
CORTE A - A', VIGA 7
ESCALA 1:20



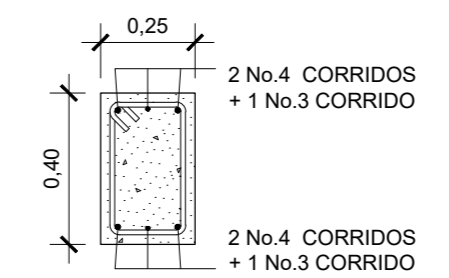
CORTE B - B', VIGA 7
ESCALA 1:20



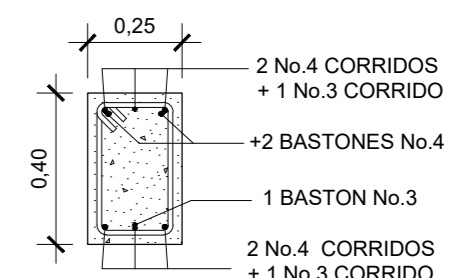
CORTE C - C', VIGA 7
ESCALA 1:20



CORTE A - A', VIGA 8
ESCALA 1:20



CORTE B - B', VIGA 8
ESCALA 1:20



CORTE C - C', VIGA 8
ESCALA 1:20

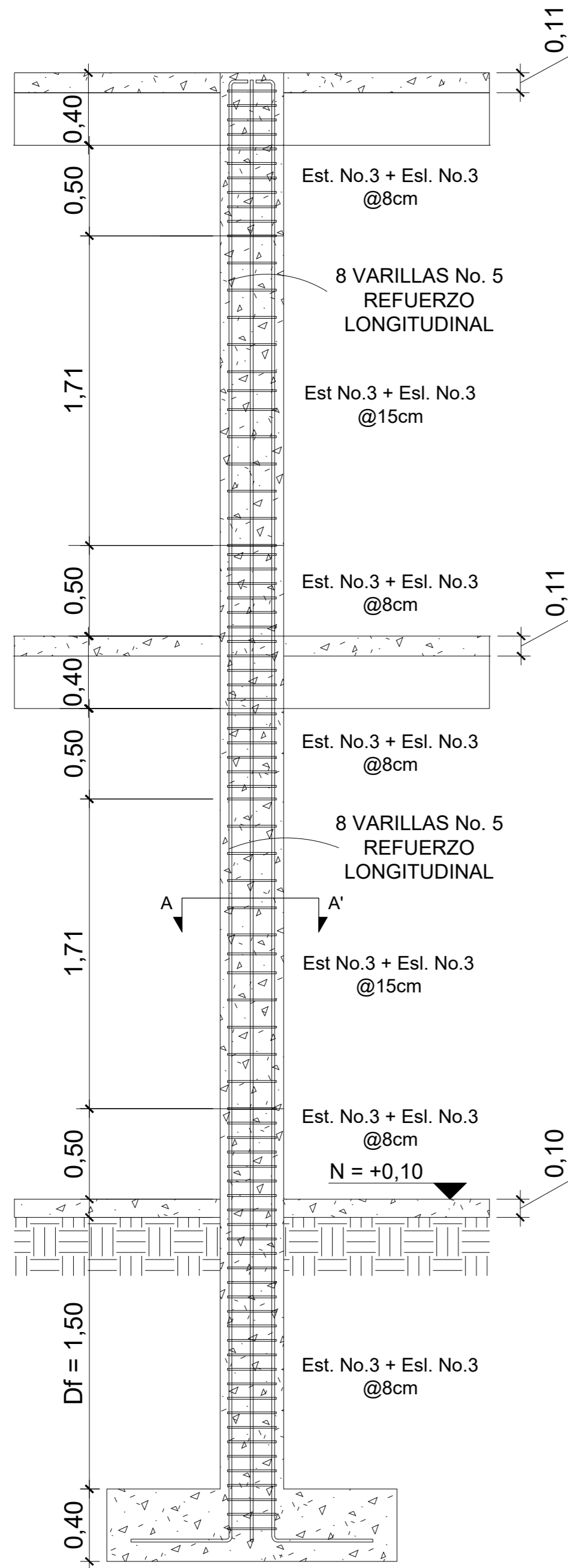
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $f'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$
- EL ACERO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBERÁ TENER UN $Fy = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$
- GANCHOS DE 90° PARA VARILLAS EN TRACCIÓN DEBERA SER IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 12 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA
- GANCHOS DE 90° Y 135° PARA ESTRIBOS DEBERAN SER IGUAL A 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA
- LOS EMPALMES MÍNIMOS SEGUN ACI 318S-14 TABLA 25.5.2.1:
 - No.3 = 47 cm
 - No. 4 = 63 cm
 - No. 5 = 79 cm
 - No. 6 = 94 cm

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

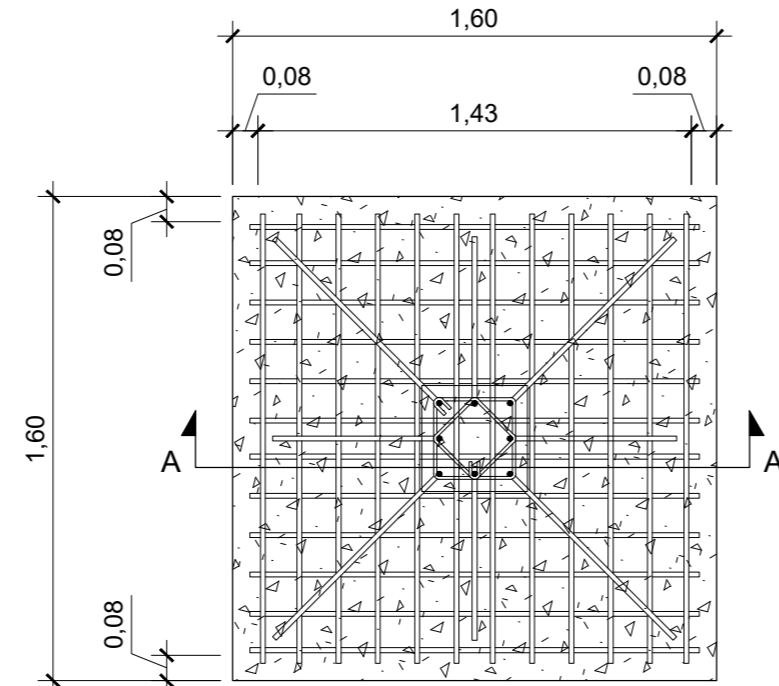
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN

PROYECTO		ESCALA
DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ		INDICADA
CONTENIDO	DETALLES DE VIGAS	ESCALA
<p>Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS Facultad de Ingenieria</p>		HOJA NO.
<p>(f) SERGIO JOSE TORRES</p>		14 / 17



ARMADO DE COLUMNA C1

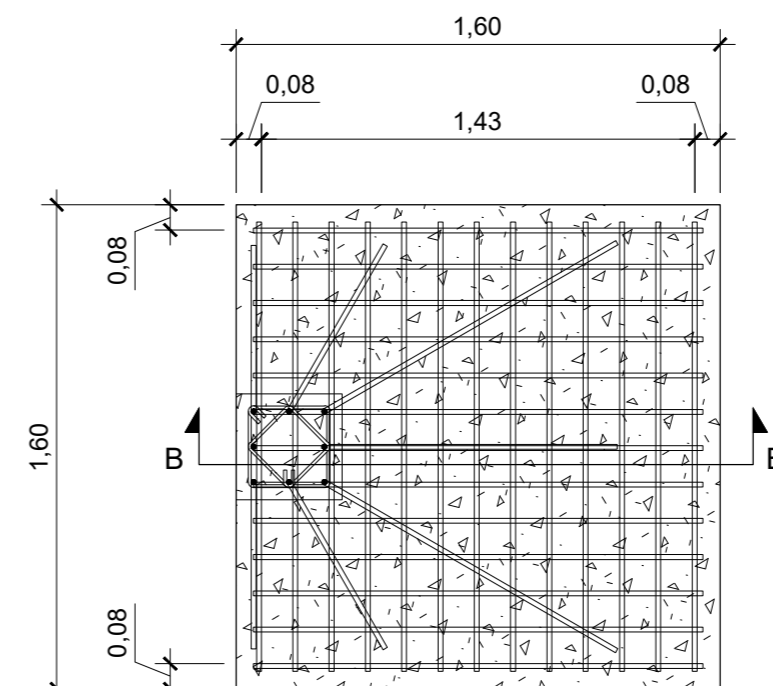
ESCALA 1:25



No. 4 @20cm AMBOS SENTIDOS (CAMA SUPERIOR)
No. 5 @12cm AMBOS SENTIDOS (CAMA INFERIOR)

ZAPATA Z-1

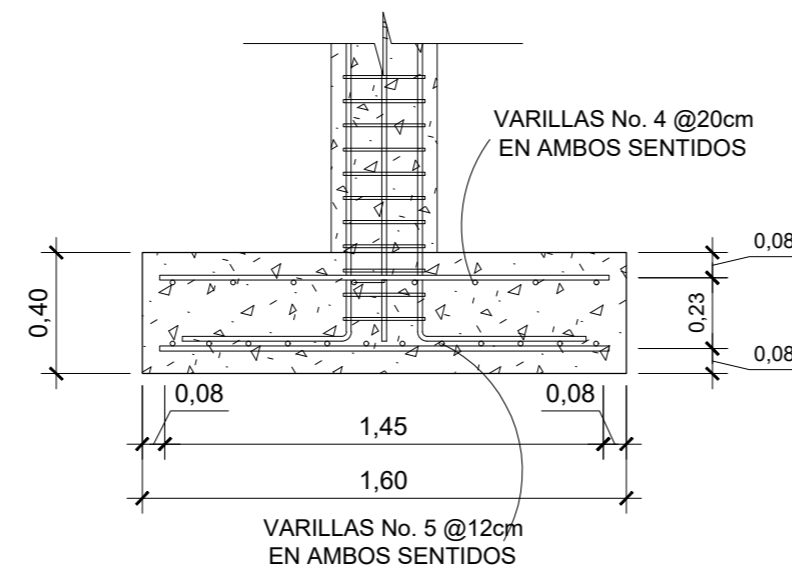
ESCALA 1:25



9 No. 4 @20cm AMBOS SENTIDOS (CAMA SUPERIOR)
13 No. 6 @11cm AMBOS SENTIDOS (CAMA INFERIOR)

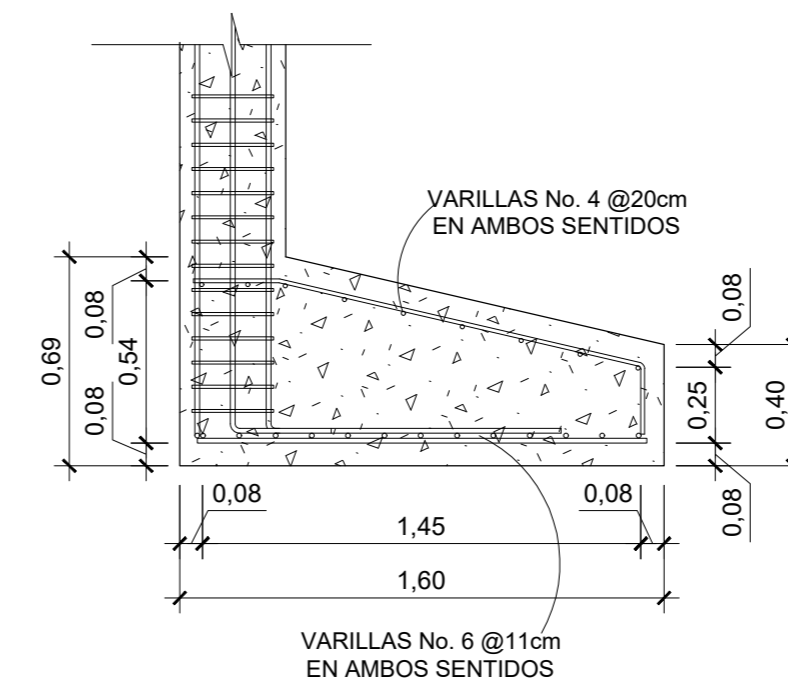
ZAPATA Z-2

ESCALA 1:25



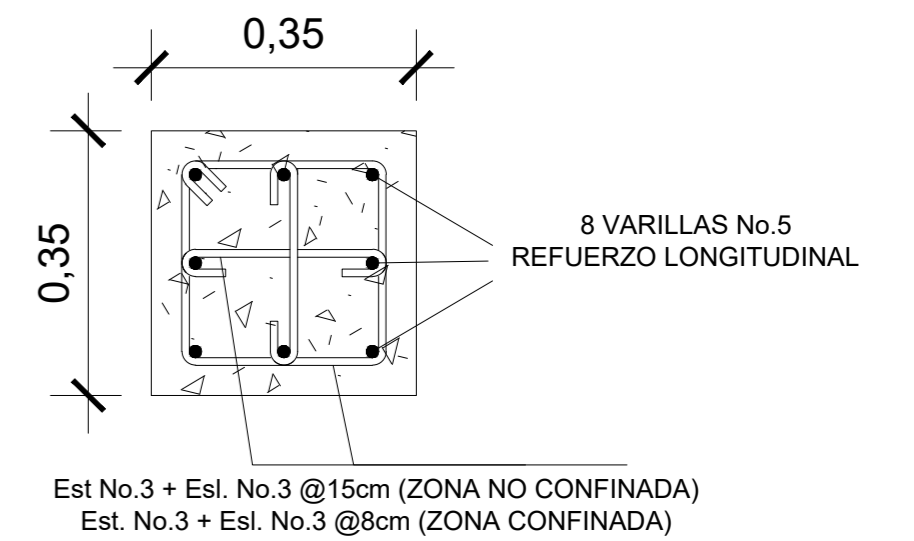
SECCIÓN A - A', ZAPATA Z-1

ESCALA 1:25



SECCIÓN B - B', ZAPATA Z-2

ESCALA 1:25



COLUMNA C1

ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS C1 Y ZAPATAS DEBERÁ TENER UN $F'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$

EL ACERO UTILIZADO EN LAS COLUMNAS C1 Y ZAPATAS DEBERÁ TENER UN $Fy = 4 200 \text{ Kg/cm}^2$

EL VALOR SOPORTE CONSIDERADO PARA LAS ZAPATAS ES DE $VS = 30,00 \text{ T/m}^2$

GANCHOS DE 90° PARA VARILLAS EN TRACCIÓN DEBERA SER IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 12 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA

GANCHOS DE 90° Y 135° PARA ESTRIBOS DEBERAN SER IGUAL A 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA

LOS EMPALMES EN REFUERZOS LONGITUDINALES DEBERÁN SER DE:

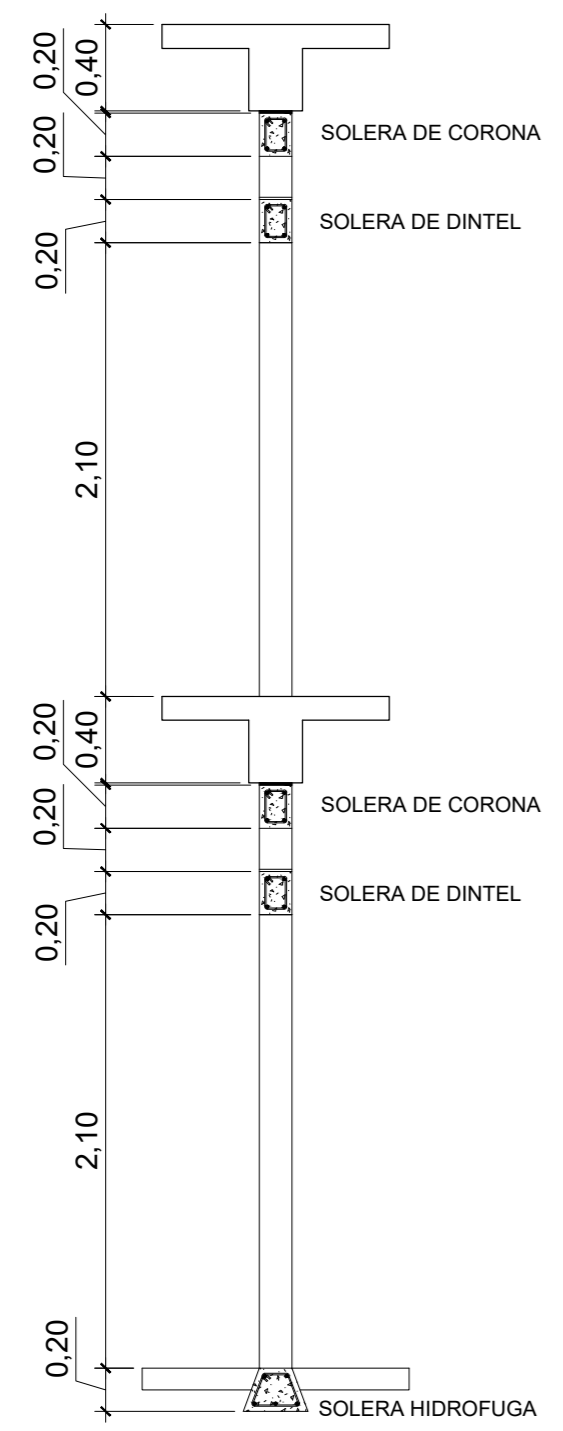
- No. 3 = 30 cm
- No. 4 = 40 cm
- No. 5 = 50 cm
- No. 6 = 60 cm

<p>USAC TRICENTENARIA Universidad de San Carlos de Guatemala</p>	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN</p>
	<p>PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ</p>

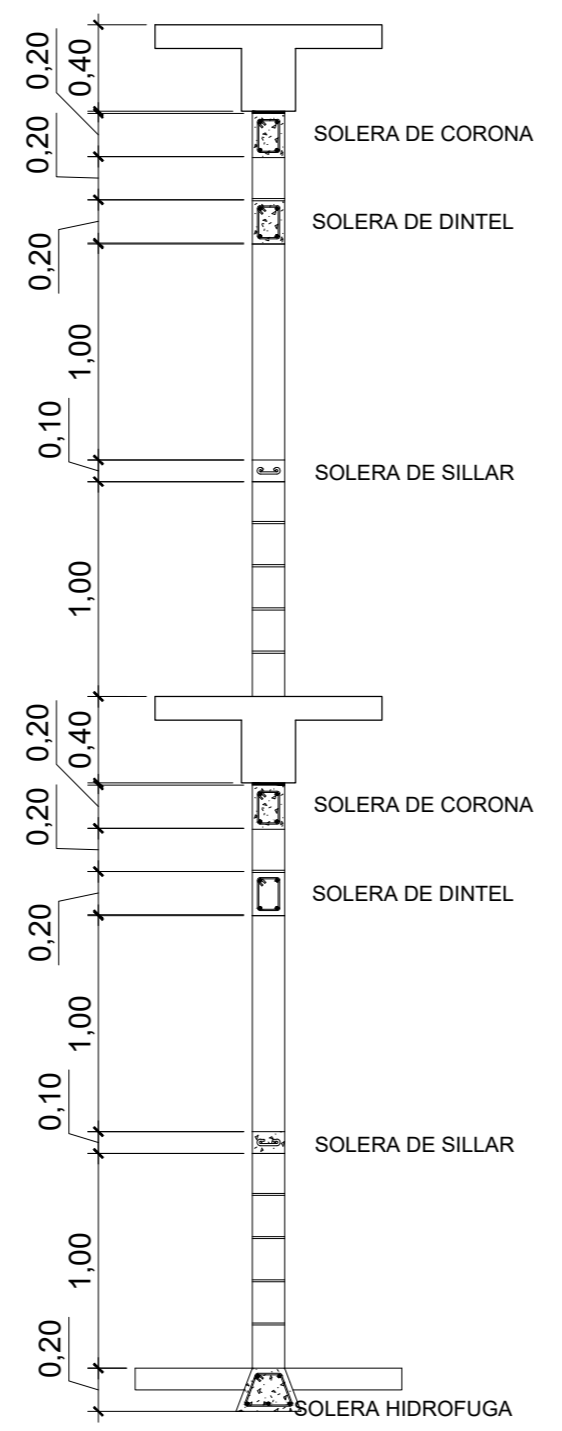
<p>CONTENIDO DETALLES DE COLUMNAS Y ZAPATAS</p>	<p>ESCALA INDICADA</p>
---	----------------------------

<p>F. </p> <p>Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Practicas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería</p>	<p>HOJA NO. 15</p>
---	------------------------

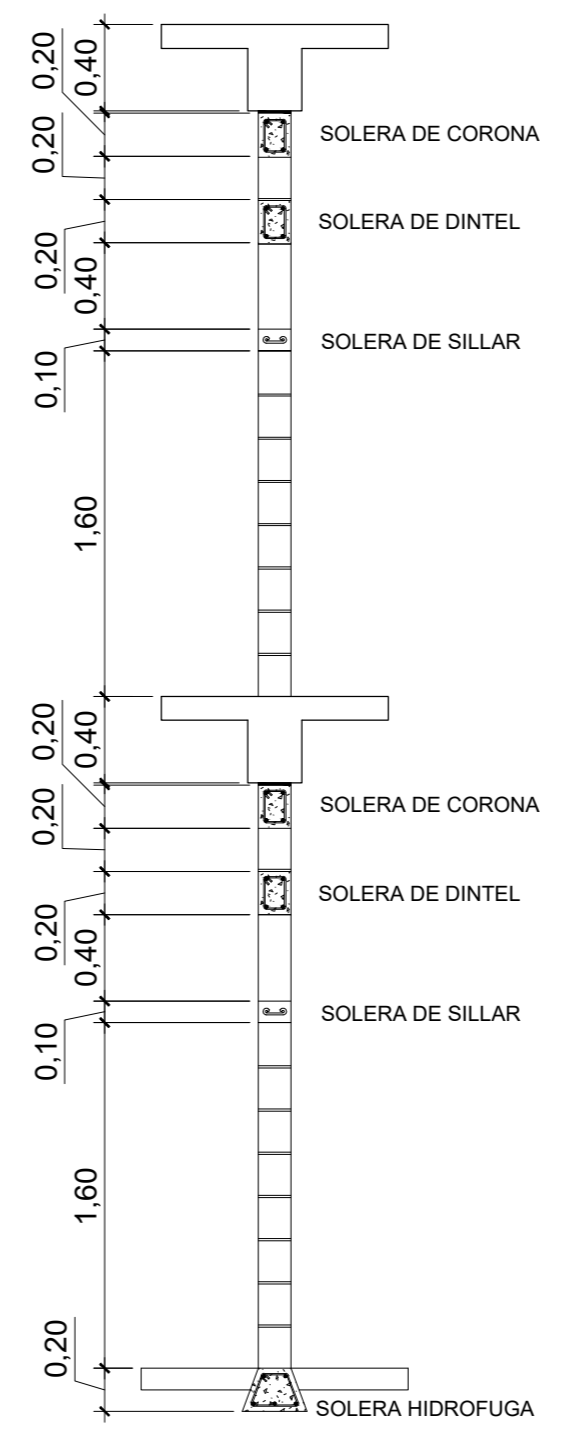
<p>(f) SERGIO ASESOR SUPERVISOR EN EPS</p>	<p>ING. JUAN MERCK</p>
--	------------------------



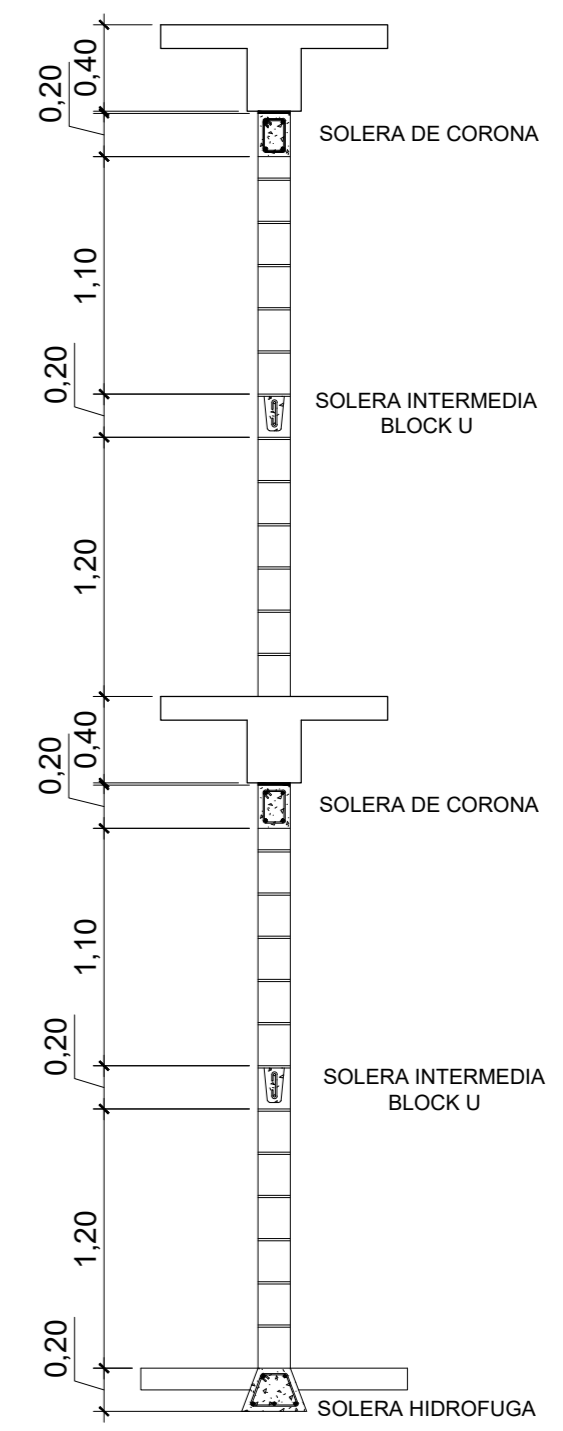
DETALLE MURO CON PUERTA
ESCALA 1:35



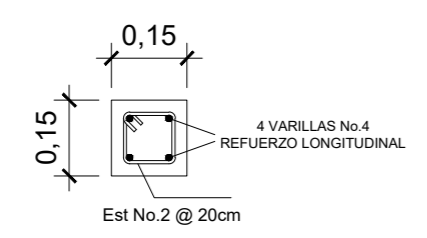
DETALLE MURO CON VENTANA
ESCALA 1:35



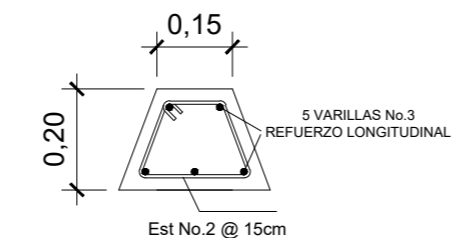
DETALLE MURO S.S
ESCALA 1:35



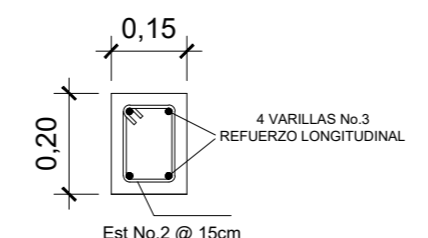
DETALLE MURO
ESCALA 1:35



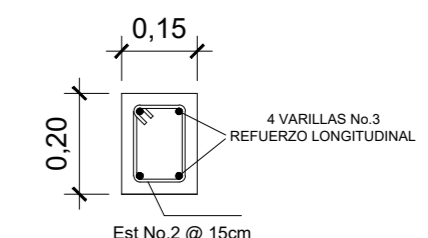
COLUMNA C2
ESCALA 1:15



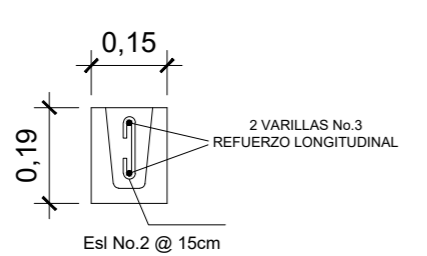
SOLERA HIDROFUGA
ESCALA 1:15



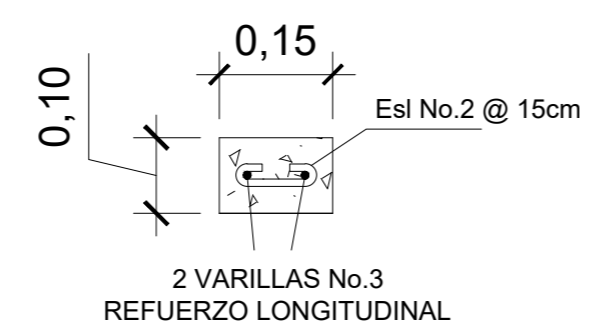
SOLERA DE DINTEL
ESCALA 1:15



SOLERA DE CORONA
ESCALA 1:15



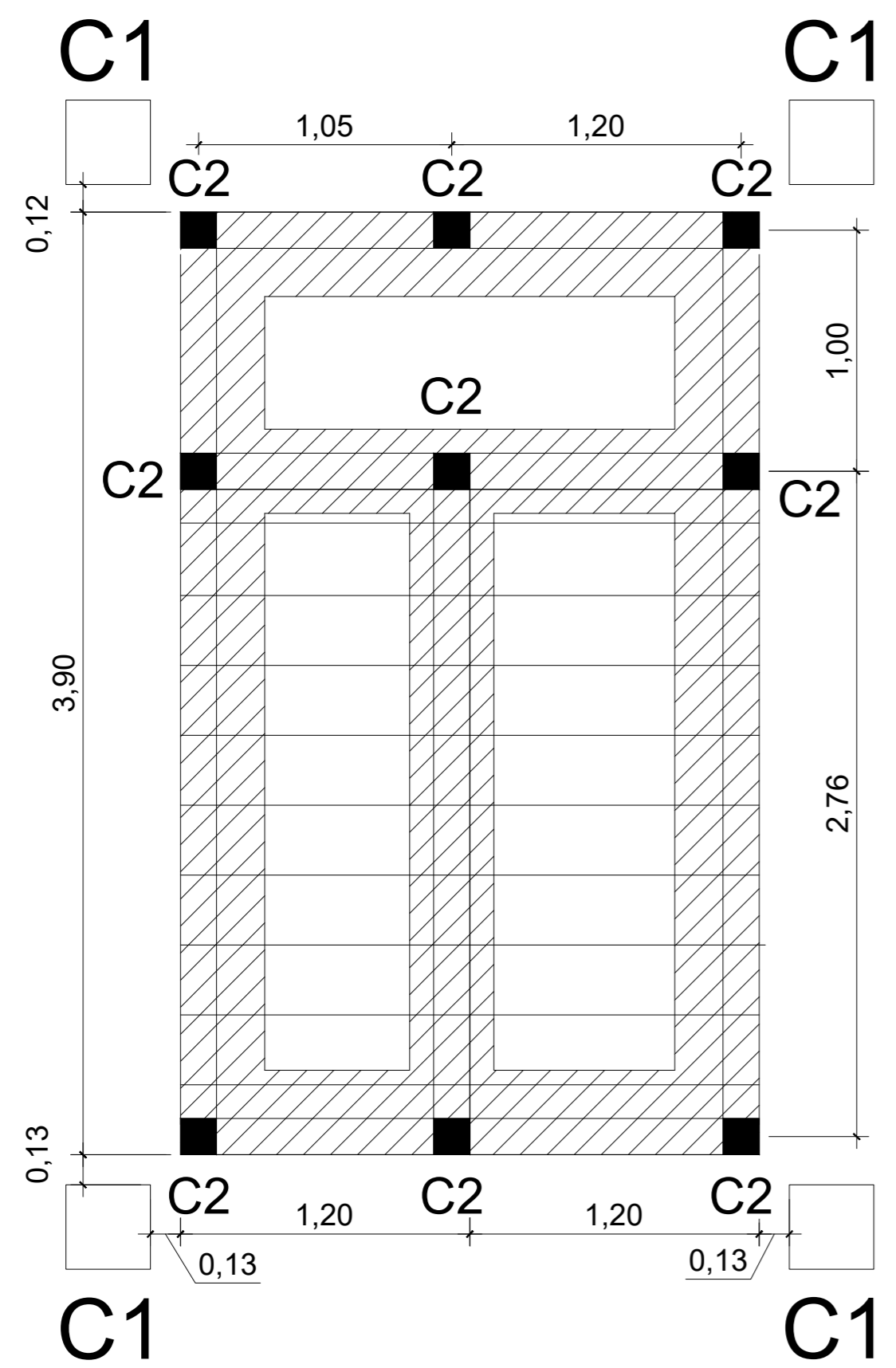
SOLERA INTERMEDIA
ESCALA 1:15



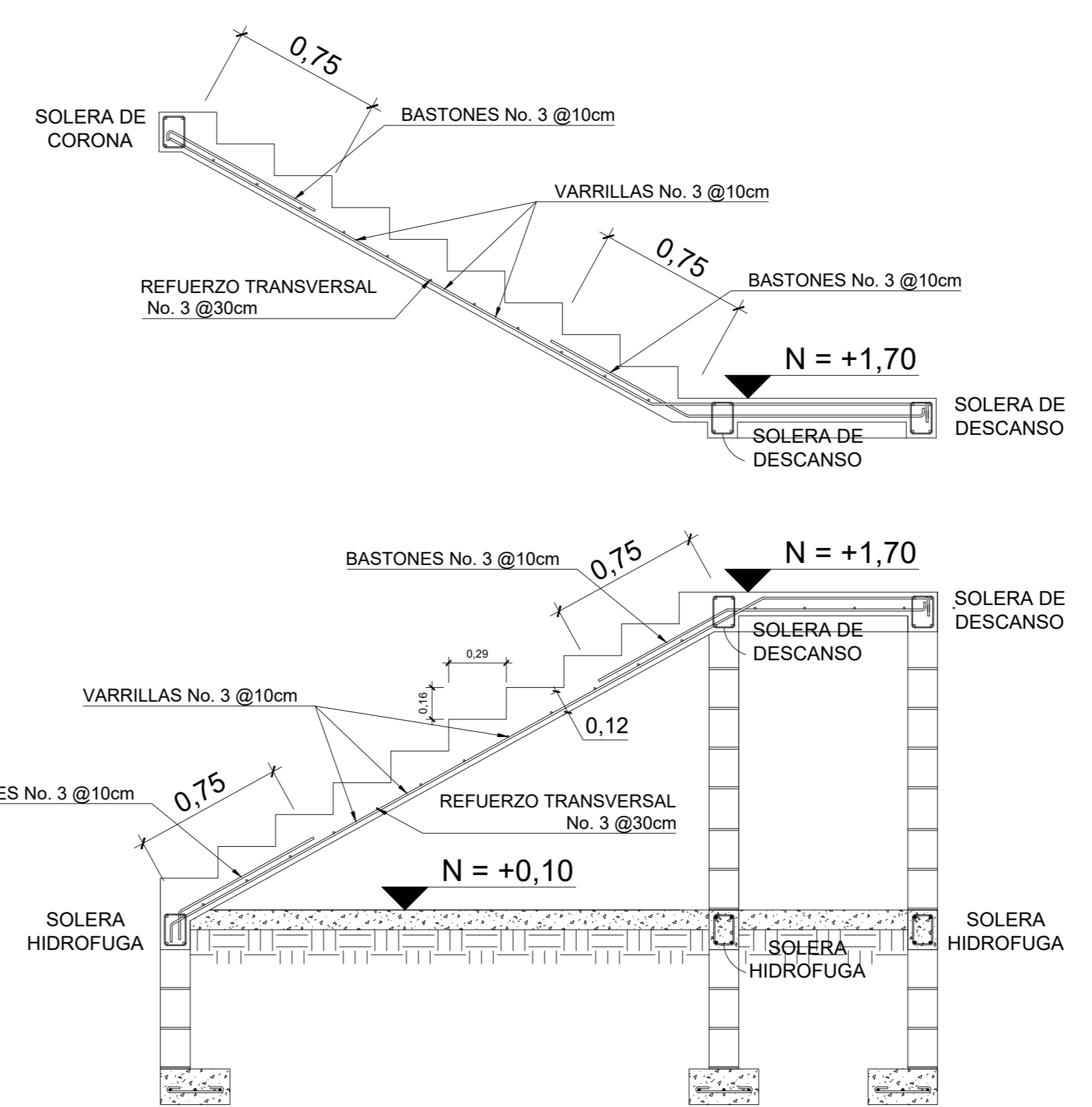
SOLERA DE SILLAR
ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
EL CONCRETO UTILIZADO EN COLUMNAS C2, SOLERAS Y CIMIENTO CORRIDO DEBERÁ TENER UN $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	
EL ACERO UTILIZADO EN COLUMNAS C2, SOLERAS Y CIMIENTO CORRIDO DEBERA TENER UN $Fy = 2810 \text{ Kg/cm}^2$	
GANCHOS DE 90° Y 135° PARA ESTRIBOS DEBERAN SER IGUAL A 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA	
LOS EMPALMES EN REFUERZOS LONGITUDINALES DEBERÁN SER DE:	
- No. 3 = 30 cm	
- No. 4 = 40 cm	
- No. 5 = 50 cm	
- No. 6 = 60 cm	

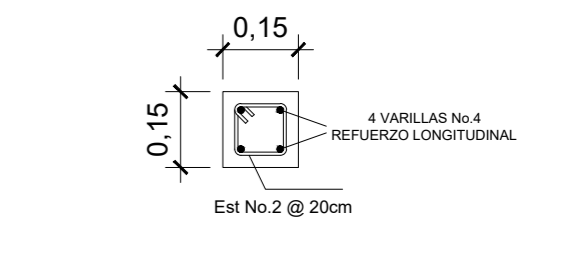
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO DETALLES DE MUROS DE M... TERIA	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 16 / 17



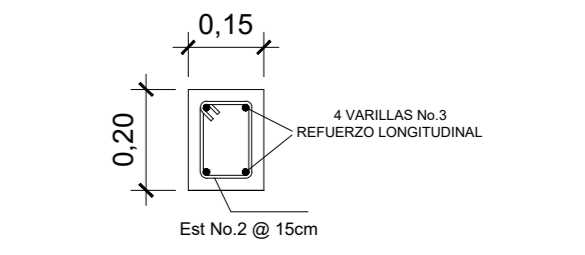
CIMENTACION MODULO DE GRADAS
ESCALA 1:25



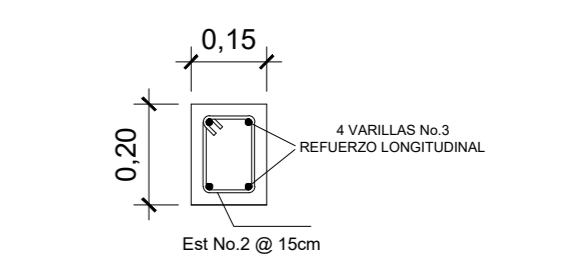
ARMADO DE MODULO DE GRADAS
ESCALA 1:25



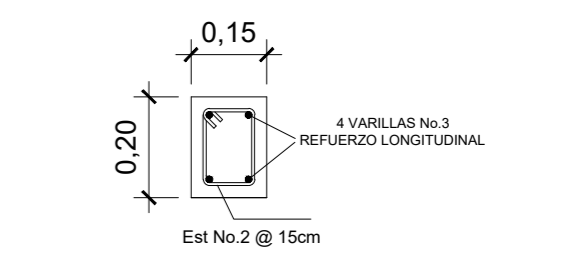
COLUMNNA C2
ESCALA 1:15



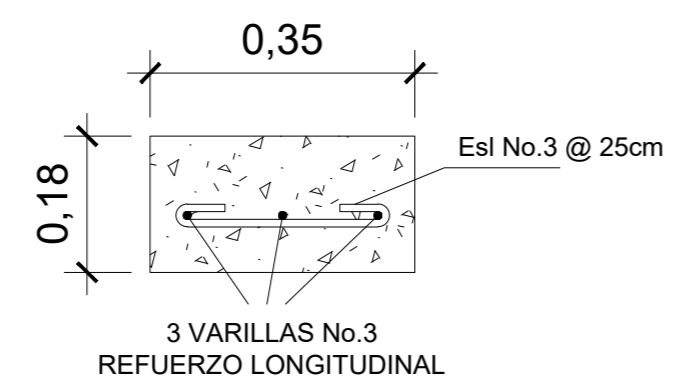
SOLERA HIDROFUGA
ESCALA 1:15



SOLERA INTERMEDIA
ESCALA 1:15



SOLERA DE CORONA
ESCALA 1:15



CIMENTO CORRIDO
ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
EL CONCRETO UTILIZADO EN COLUMNAS C2, SOLERAS, LOSA DE GRADAS Y CIMENTO CORRIDO DEBERÁ TENER UN $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	
EL ACERO UTILIZADO EN COLUMNAS C2, SOLERAS, LOSA DE GRADAS Y CIMENTO CORRIDO DEBERA TENER UN $Fy = 2810 \text{ Kg/cm}^2$	
GANCHOS DE 90° Y 135° PARA ESTRIBOS DEBERAN SER IGUAL A 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA UTILIZADA, TENIENDO UNA EXTENSION RECTA IGUAL A 6 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA	
LOS EMPALMES EN REFUERZOS LONGITUDINALES DEBERÁN SER DE:	
- No.3 = 30 cm	
- No. 4 = 40 cm	
- No. 5 = 50 cm	
- No. 6 = 60 cm	

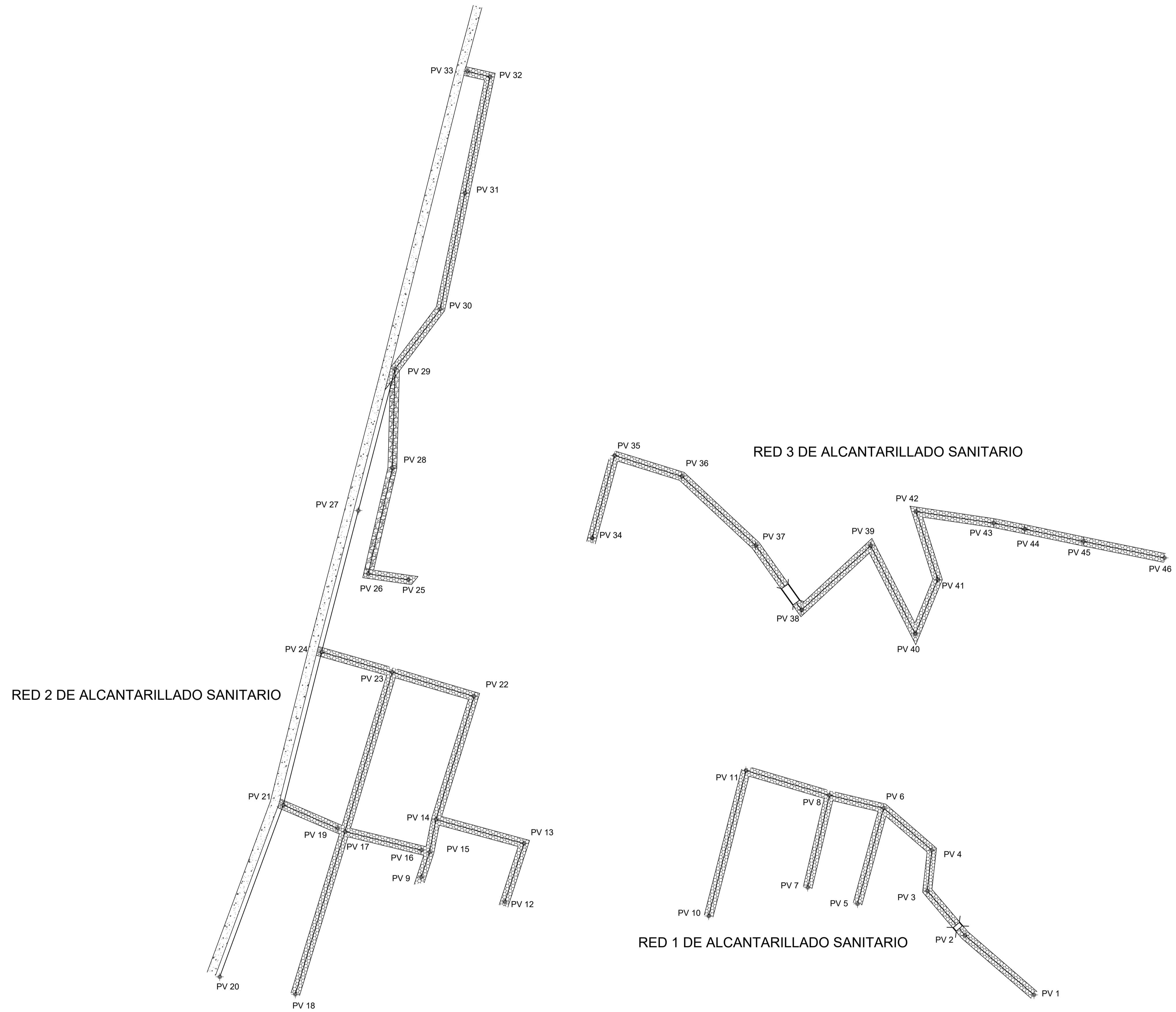
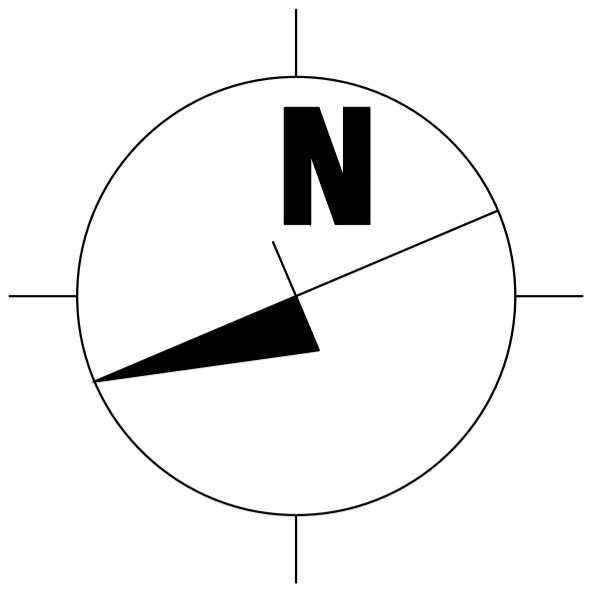
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICACIÓN ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL CASERÍO TOTOLYÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO DETALLE MODULO DE GRADAS	ESCALA INDICADA
F. Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 17 / 17
(f) SERGIO ASESOR SUPERVISOR E.P.S. ING. JUAN MERCK	

Apéndice 2. **Planos constructivos de diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá**

NOTA:

La escala indicada en los planos originales para la edificación escolar son las escalas aplicadas a un formato A-1 por lo tanto, deberá ser tomado en cuenta de ser vistos en un formato de diferente tamaño.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

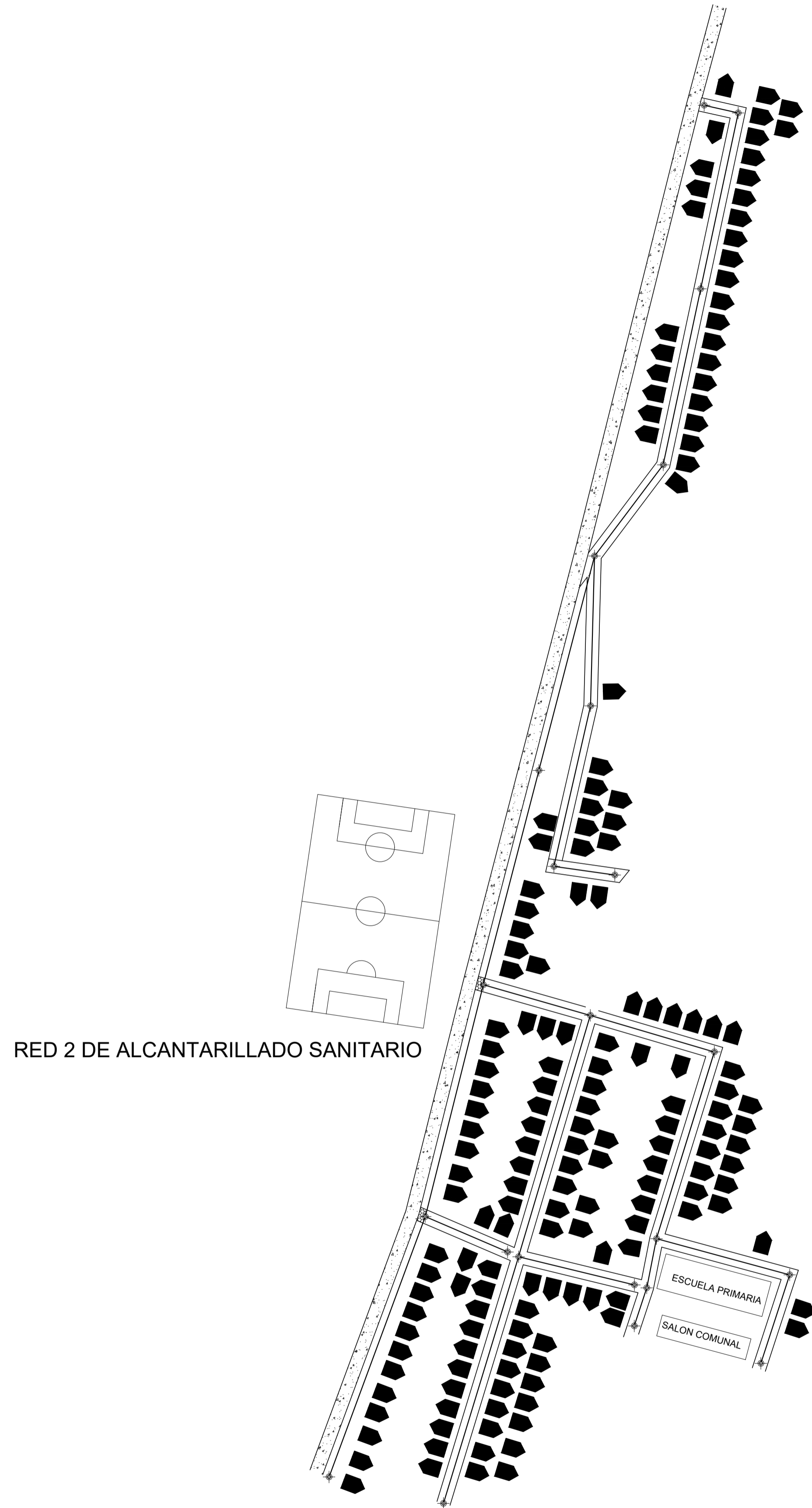
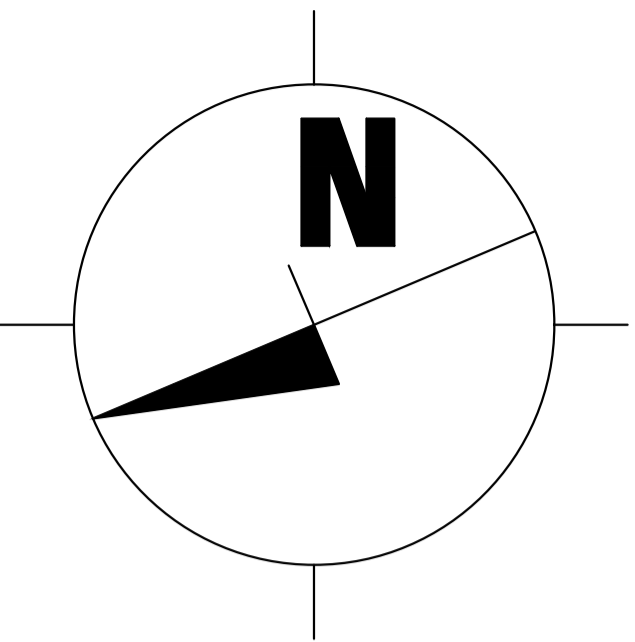


SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
	VIVIENDA
	CANCHA DE FUTBOL
PV 39	NOMBRE DE POZO DE VISITA
LH: 43.00 m	LONGITUD HORIZONTAL ENTRE POZOS DE VISITA EN METROS
	SENTIDO DEL FLUJO
	UBICACION DE LA TUBERIA
	PERFIL DE LA TUBERIA
CT: 109.59	COTA DEL TERRENO
H: 1.40	ALTURA DE POZO DE VISITA
S: 14.00%	PENDIENTE DE TUBERÍA
CIS: 95.87 CIE: 95.78	COTA INVERT DE ENTRADA Y SALIDA DE LA TUBERÍA EN POZOS DE VISITA
	PUENTE
	TRAMO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
	TRAMO DE TERRACERIA
	TRAMO DE ADOQUINAMIENTO

PLANTA GENERAL - PLANTA TOPOGRAFICA

ESCALA 1 : 1100

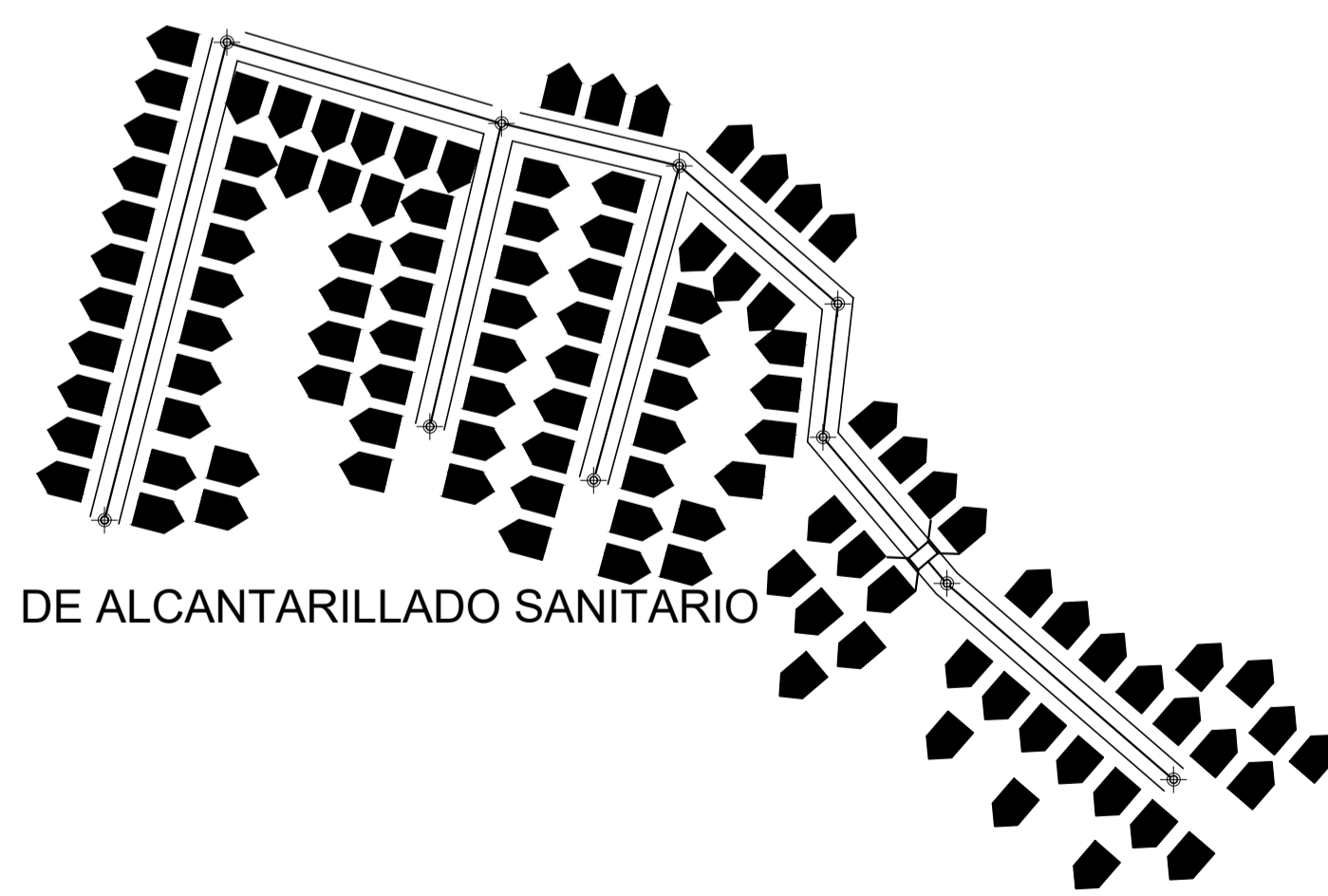
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ			
CONTENIDO		ESCALA	
PLANTA GENERAL - PLANTA TOPOGRÁFICA		1:1100	
F. Ing. Juan Merck Cos <small>Asesor - Supervisor de EPS</small> <small>Unidad de Prácticas de Ingeniería - EPS</small> <small>Facultad de Ingeniería</small>		HOJA NO.	
(f) SERGIO JOSE...		1 / 12	



RED 2 DE ALCANTARILLADO SANITARIO



RED 3 DE ALCANTARILLADO SANITARIO



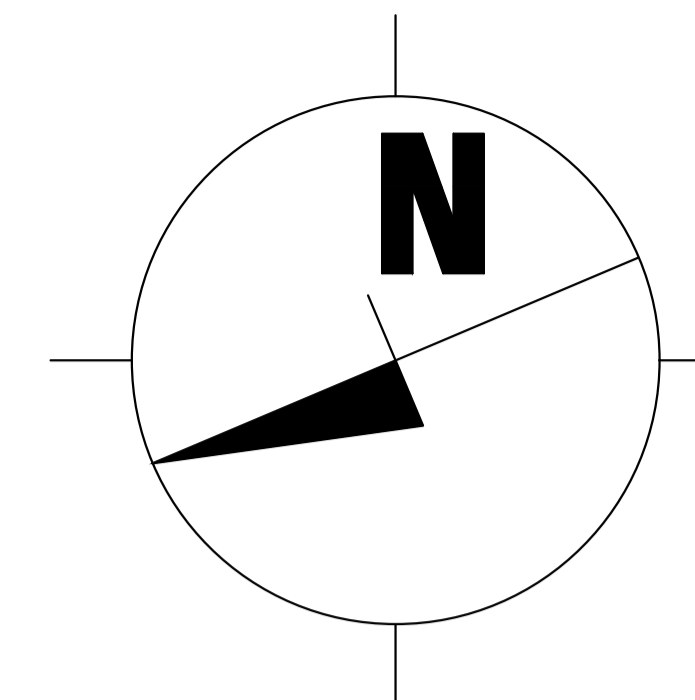
RED 1 DE ALCANTARILLADO SANITARIO

PLANTA GENERAL - DENSIDAD DE VIVIENDA

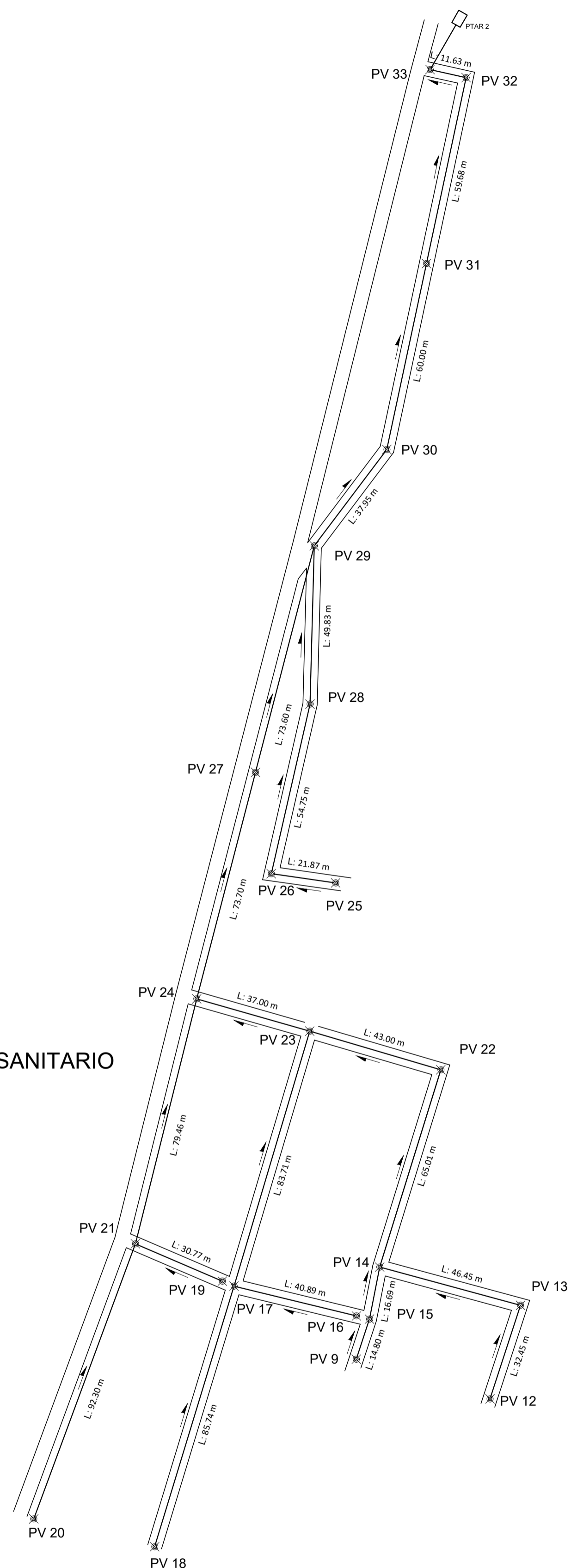
ESCALA 1:1100

SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
	VIVIENDA
	CANCHA DE FUTBOL
PV 39	NOMBRE DE POZO DE VISITA
LH: 43.00 m	LONGITUD HORIZONTAL ENTRE POZOS DE VISITA EN METROS
	SENTIDO DEL FLUJO
	UBICACION DE LA TUBERIA
	UBICACION DE LA TUBERIA
CT: 109.59	COTA DEL TERRENO
H: 1.40	ALTURA DE POZO DE VISITA
S: 14.00%	PENDIENTE DE TUBERIA
CIS: 95.87 CIE: 95.78	COTA INVERT DE ENTRADA Y SALIDA DE LA TUBERIA EN POZOS DE VISITA
	PUENTE
	TRAMO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
	TRAMO DE TERRACERIA
	TRAMO DE ADOQUINAMIENTO

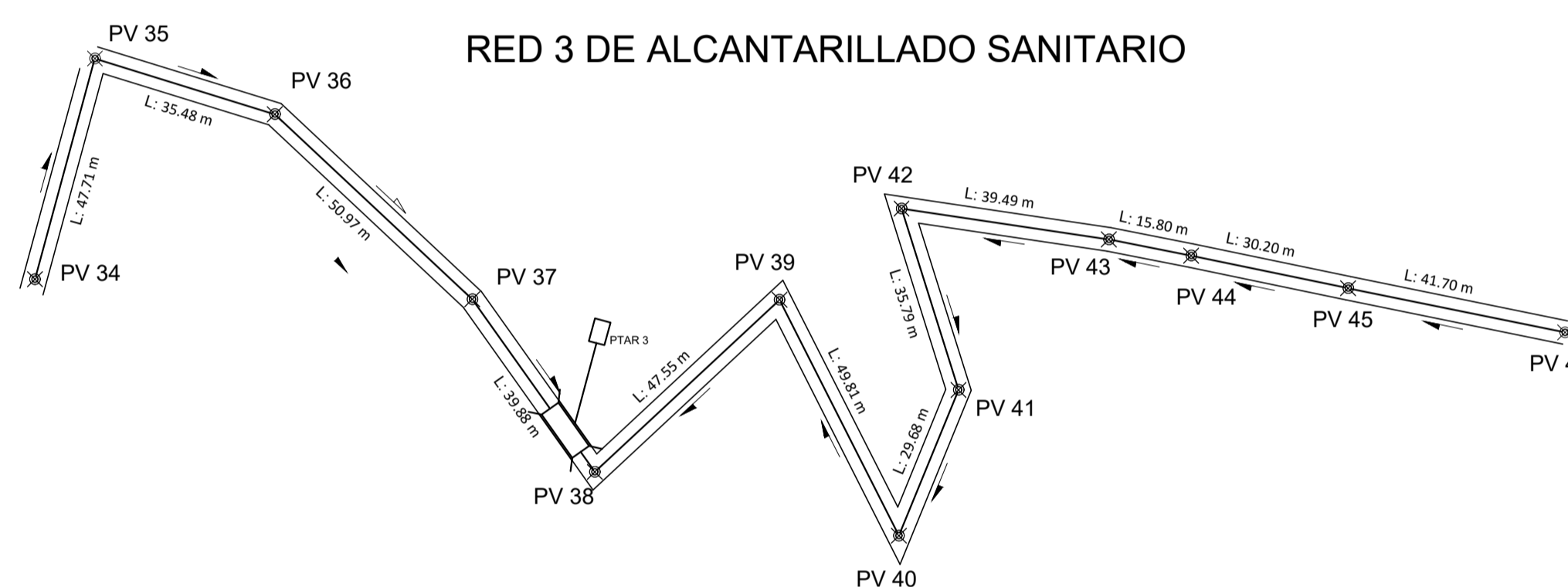
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA GENERAL - DENSIDAD DE VIVIENDA	ESCALA 1:1100
F. _____ Ing. Juan Merck Cos <small>asesor Supervisor EPS</small>	HOJA NO. 2 12
<small>(f) SERGIO JOSÉ ASESOR SUPERVISOR EPS</small>	



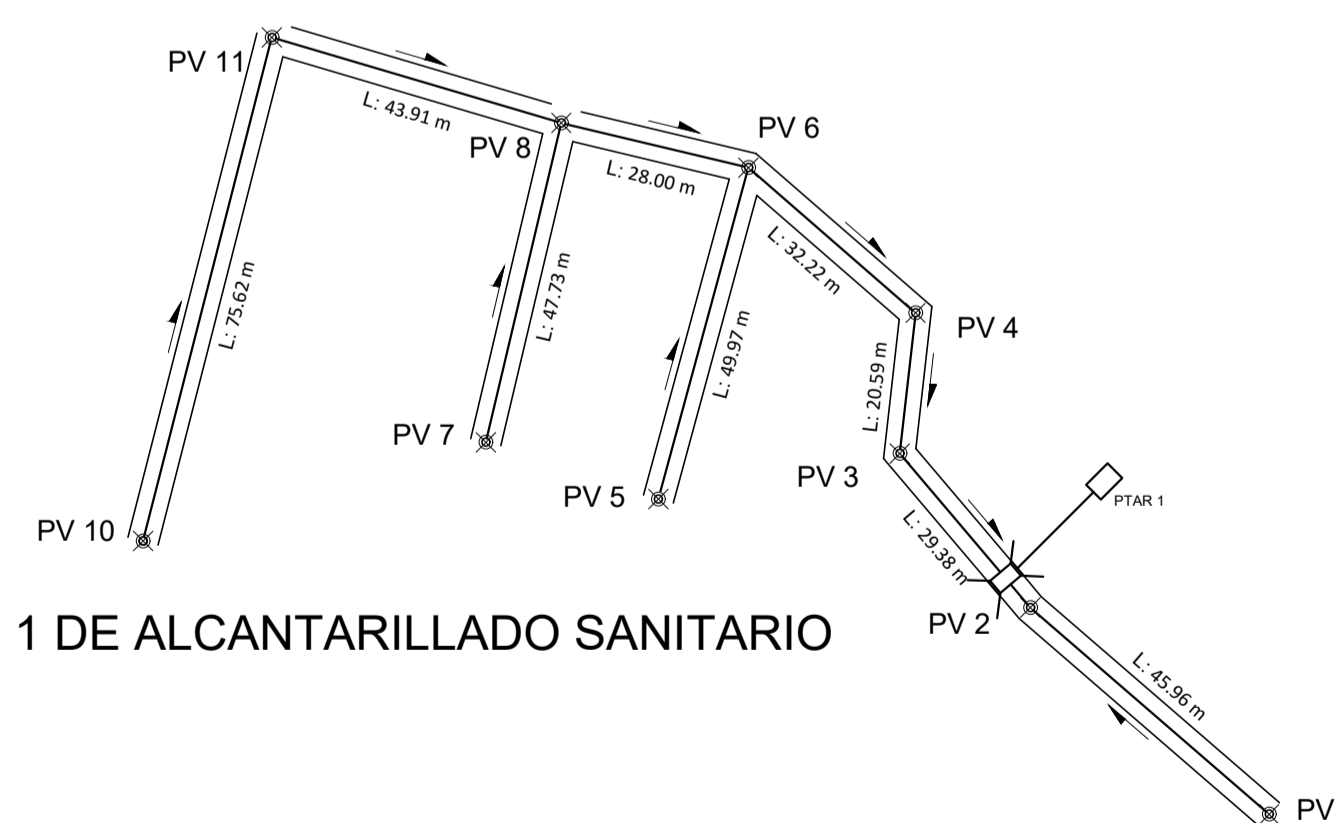
RED 2 DE ALCANTARILLADO SANITARIO



RED 3 DE ALCANTARILLADO SANITARIO



RED 1 DE ALCANTARILLADO SANITARIO



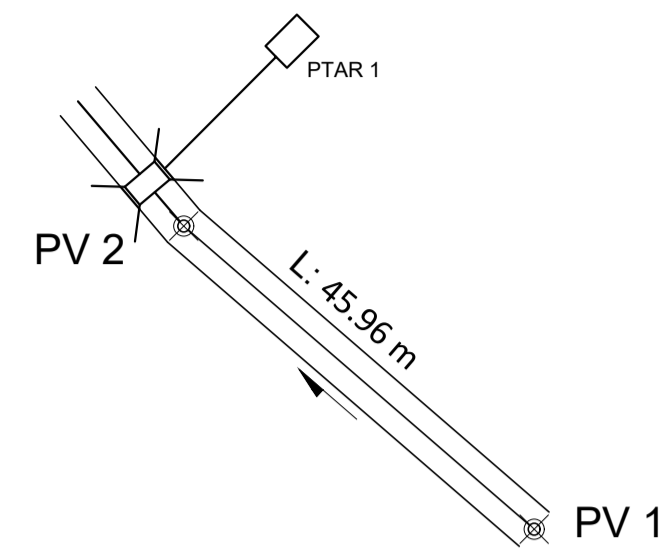
PLANTA GENERAL - CONJUNTO HIDRAULICO

ESCALA 1:1100

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
ASTM D-1784 NTC - 369	TUBERÍA RIB LOC - COMPUESTO DE PVC RIGIDO TIPO GRADO 1
ASTM F794 NTC 4764	TUBERÍA RIB LOC PARA USO EN ALCANTARILLADO SANITARIO
TODA LA TUBERÍA UTILIZADA PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO SERA RIB LOC DE Ø 6" (160mm) LAS UNIONES DE TUBERÍA RIB LOC SE REALIZARAN CON UNA SOLUCIÓN DE CEMENTO SOLVENTE DE PVC	

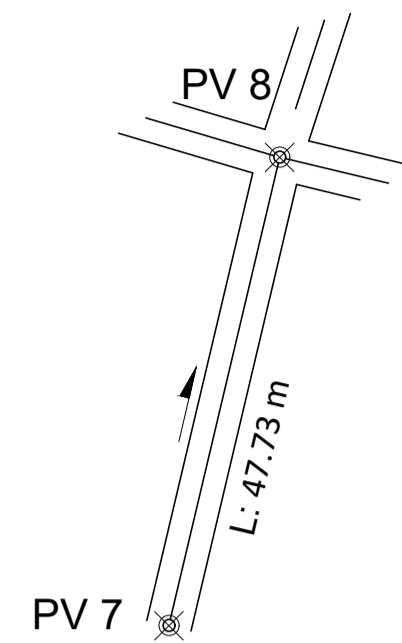
SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
	VIVIENDA
	CANCHA DE FUTBOL
PV 39	NOMBRE DE POZO DE VISITA
LH: 43.00	LONGITUD HORIZONTAL ENTRE POZOS DE VISITA EN METROS
	SENTIDO DEL FLUJO
	UBICACION DE LA TUBERÍA
	UBICACION DE LA TUBERÍA
CT: 109.59	COTA DEL TERRENO
H: 1.40	ALTURA DE POZO DE VISITA
S: 14.00%	PENDIENTE DE TUBERÍA
CIS: 95.87 CIE: 95.78	COTA INVERT DE ENTRADA Y SALIDA DE LA TUBERÍA EN POZOS DE VISITA
	PUENTE
	TRAMO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
	TRAMO DE TERRACERIA
	TRAMO DE ADOQUINAMIENTO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA GENERAL - CONJUNTO HIDRÁULICO	ESCALA 1/1100
F. Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 3 / 12
(f) SERGIO JOSE... ASesor Supervisor... ING. JUAN MERCK	



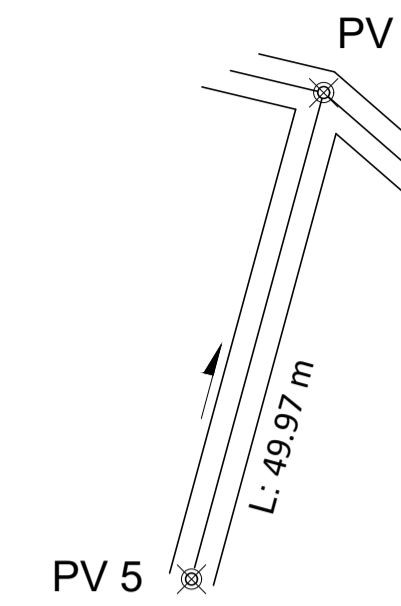
PLANTA DEL PV 1 AL PV 2

ESCALA 1:750



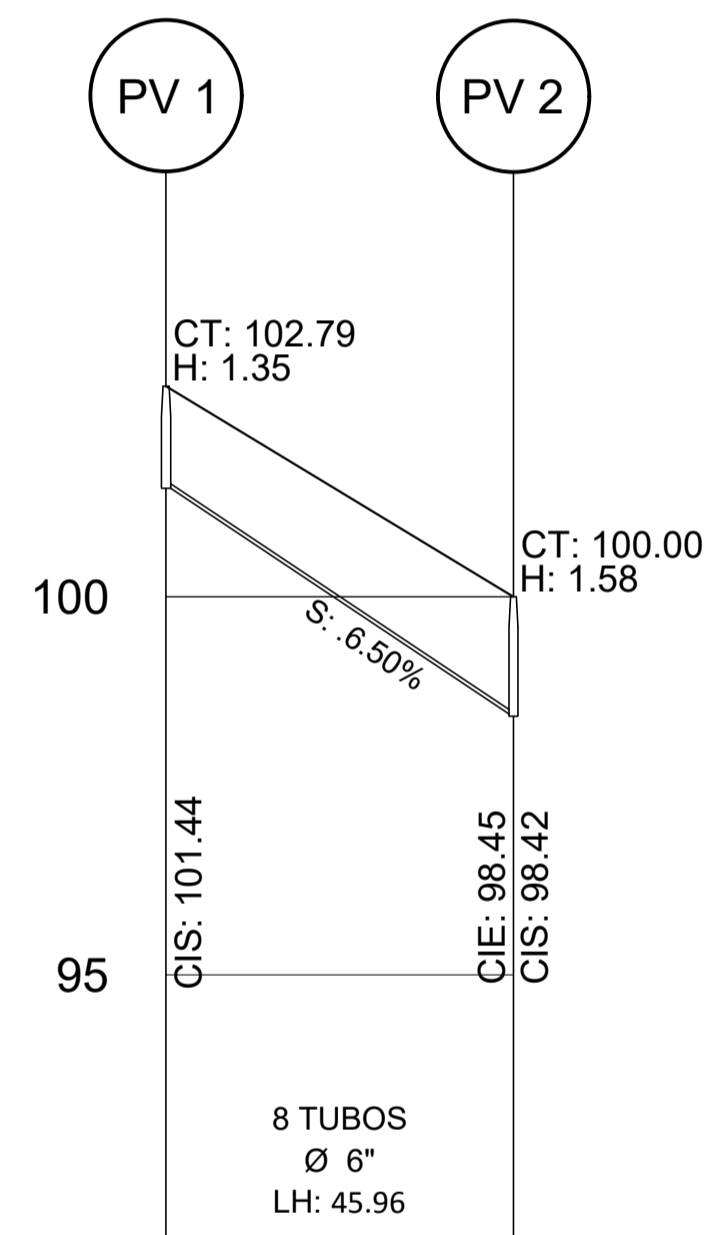
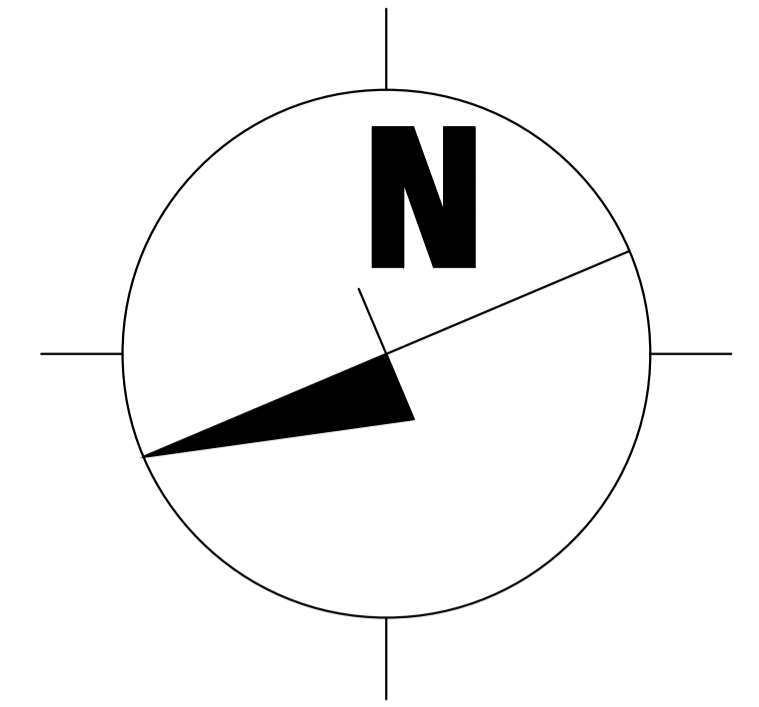
PLANTA DEL PV 7 AL PV 8

ESCALA 1:750



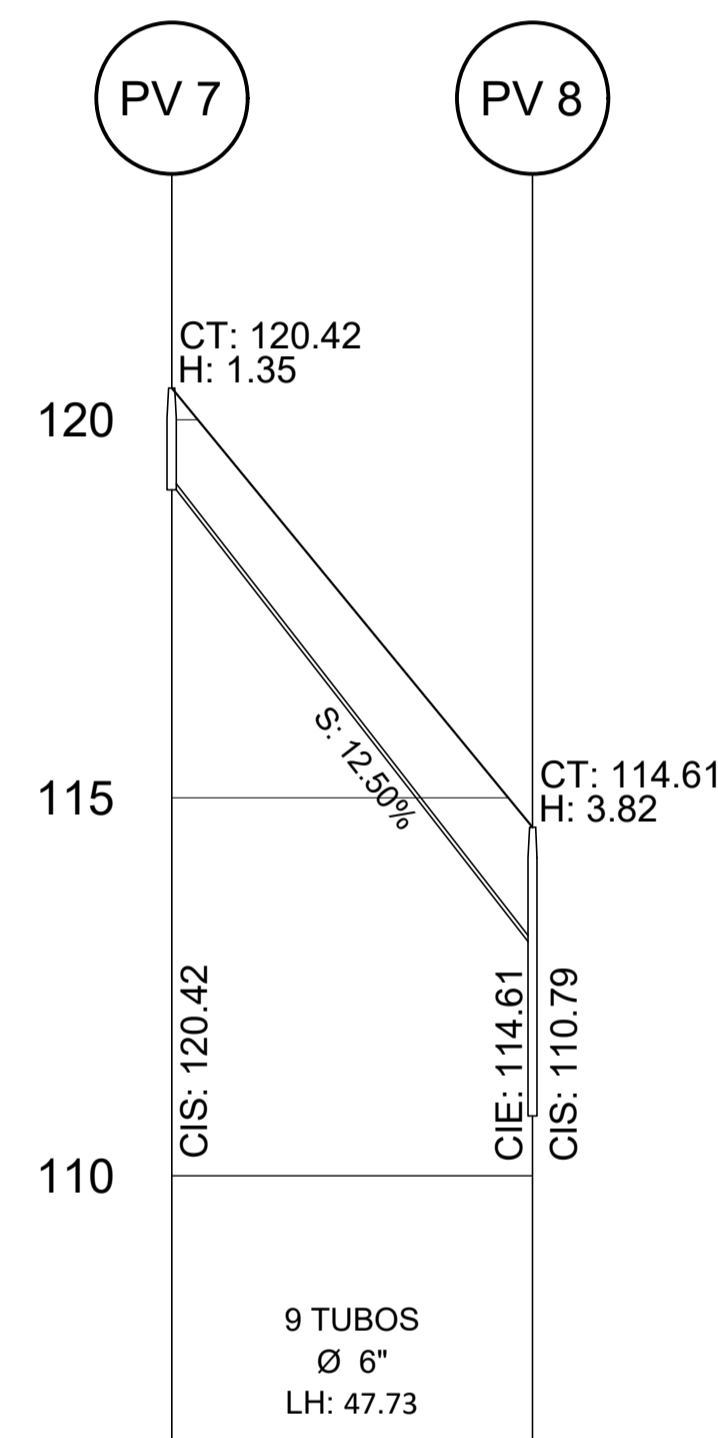
PLANTA DEL PV 5 AL PV 6

ESCALA 1:750



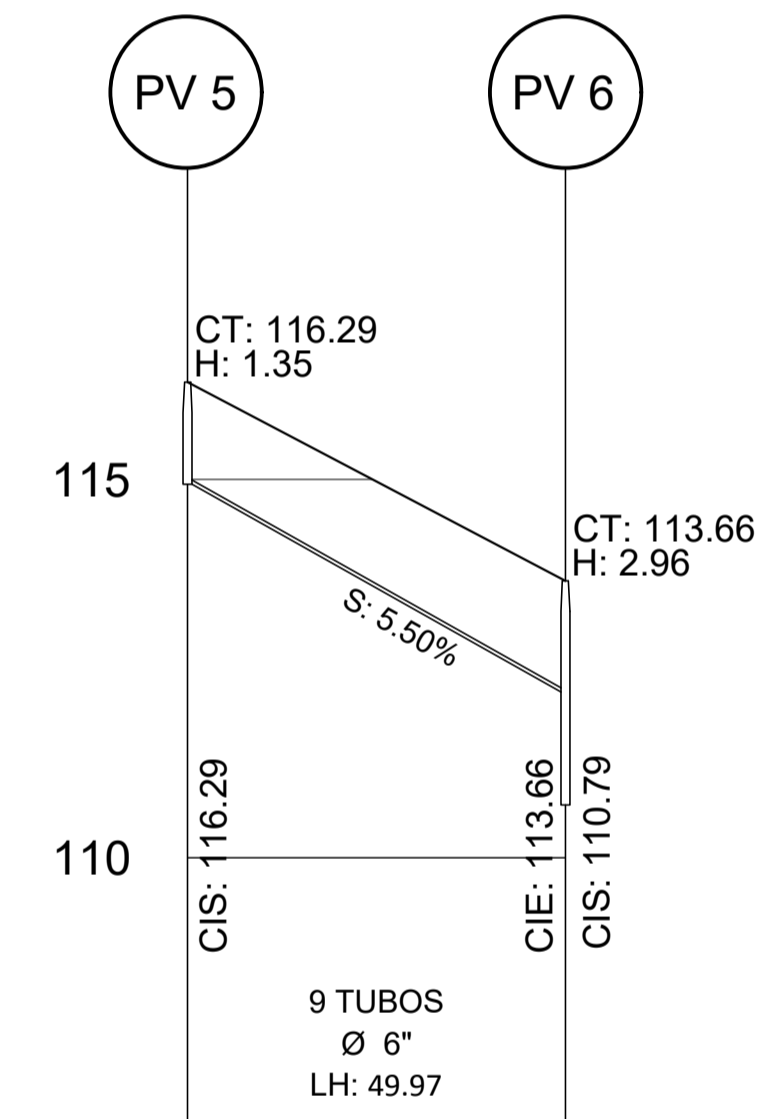
PERFIL DEL PV 1 AL PV 2

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100



PERFIL DEL PV 7 AL PV 8

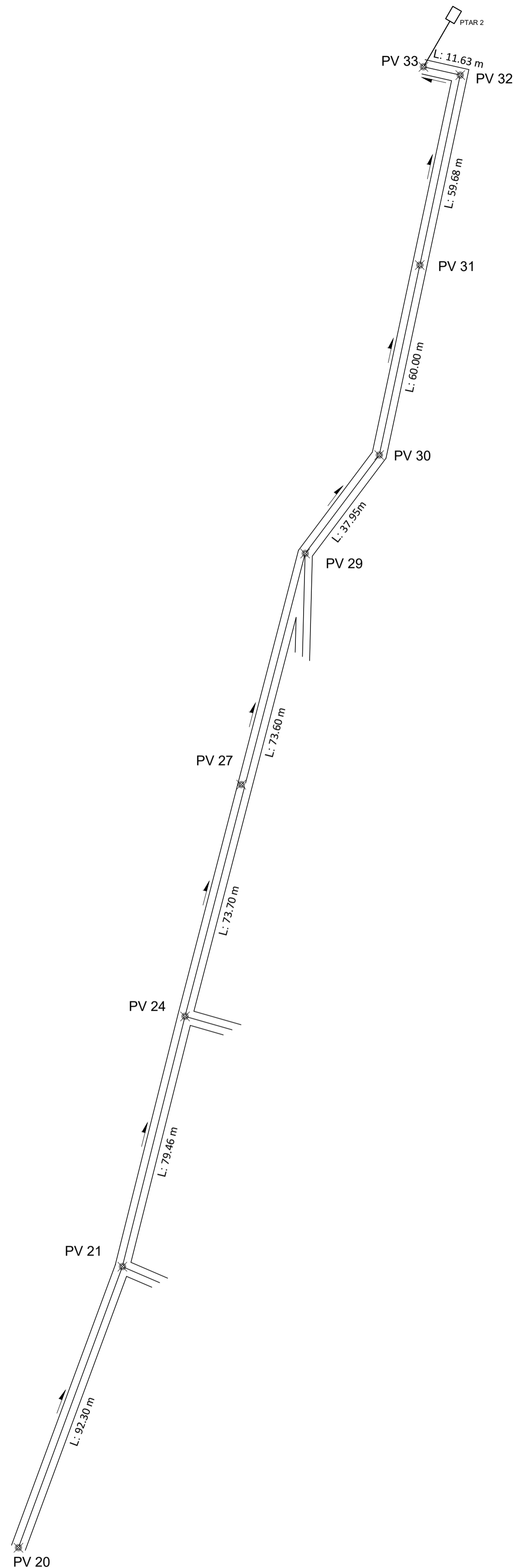
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100



PERFIL DEL PV 5 AL PV 6

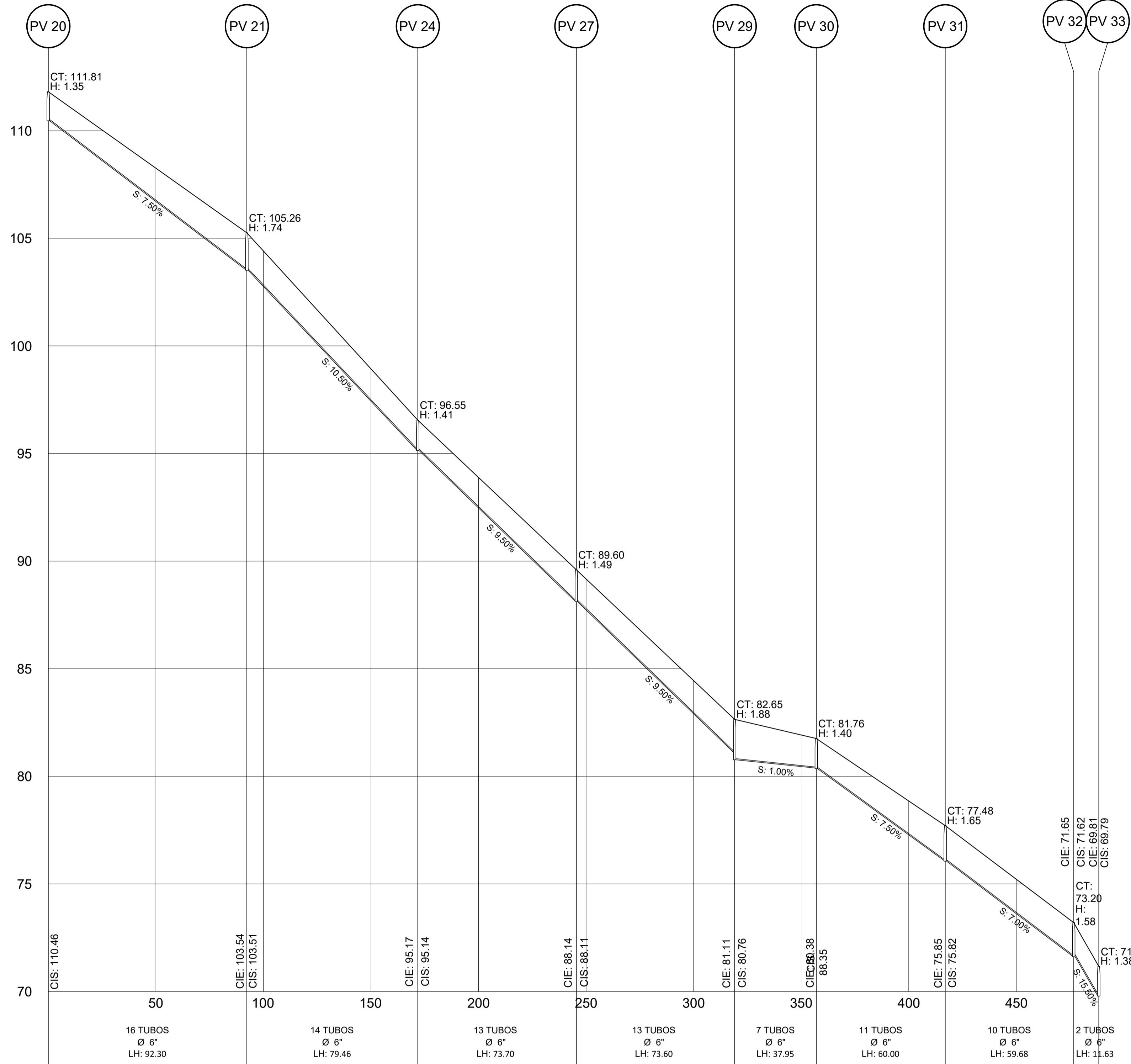
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA - PERFIL POR TRAMOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 1	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería - EPS Facultad de Ingeniería	HOJA NO. 4 12
(f) SERGIO J. ESPINOZA ASesor Supervisor EPS ING. JUAN MERCK	



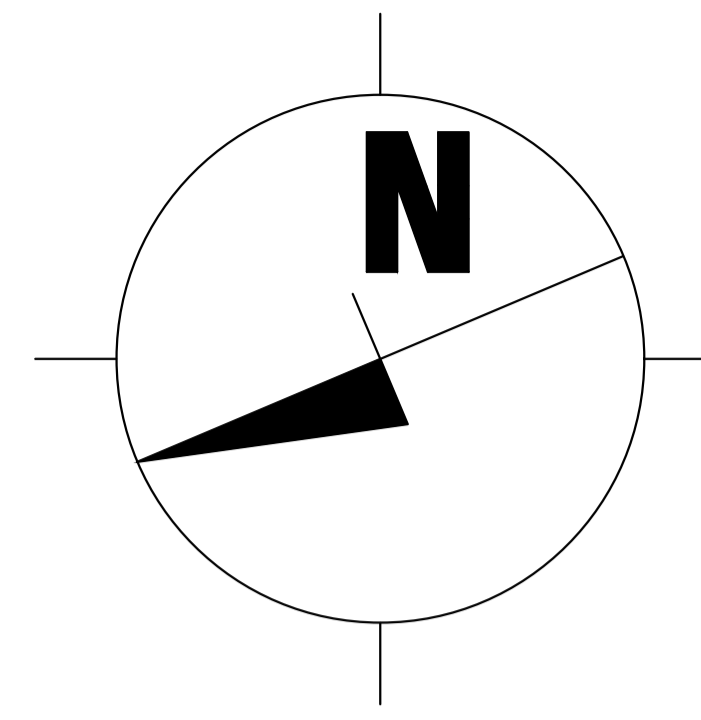
PLANTA DEL PV 20 AL PV 33

ESCALA 1:1000

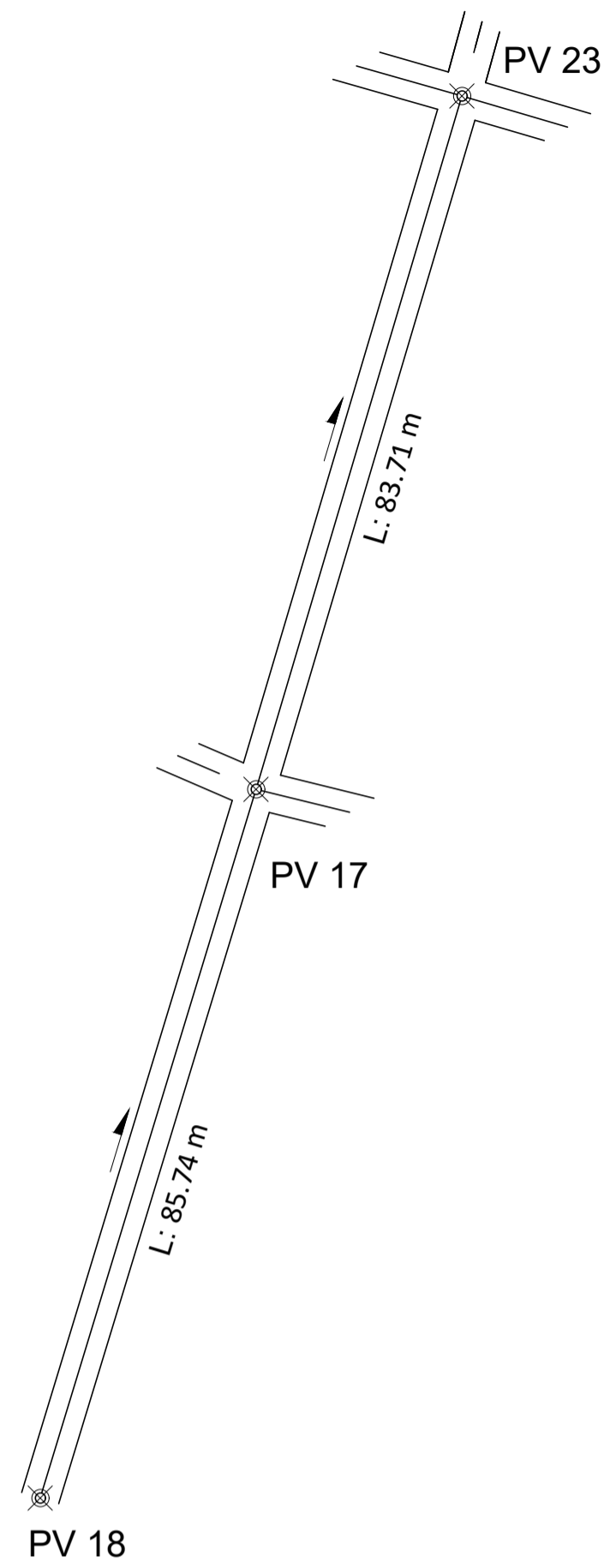
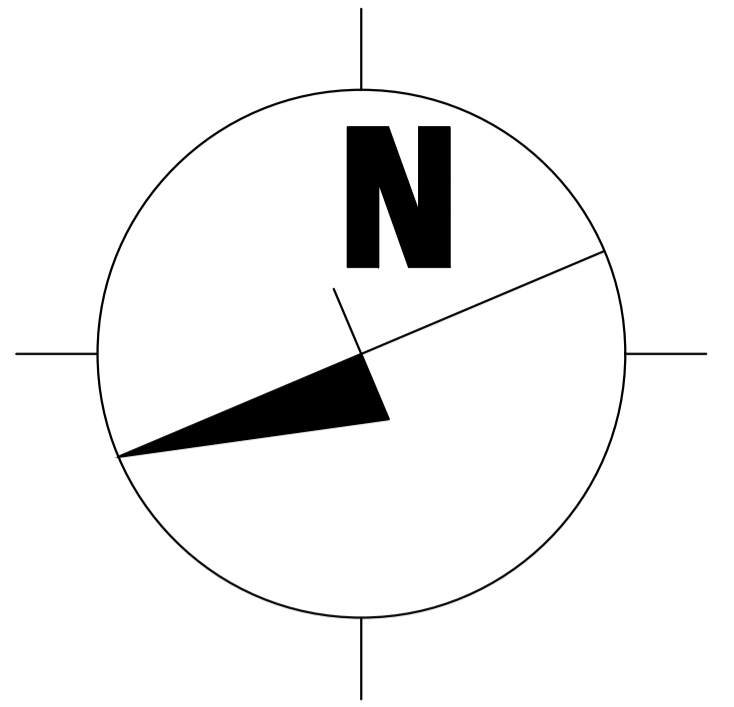


PERFIL DEL PV 20 AL PV 33

ESCALA HORIZONTAL 1:1250
ESCALA VERTICAL 1:125

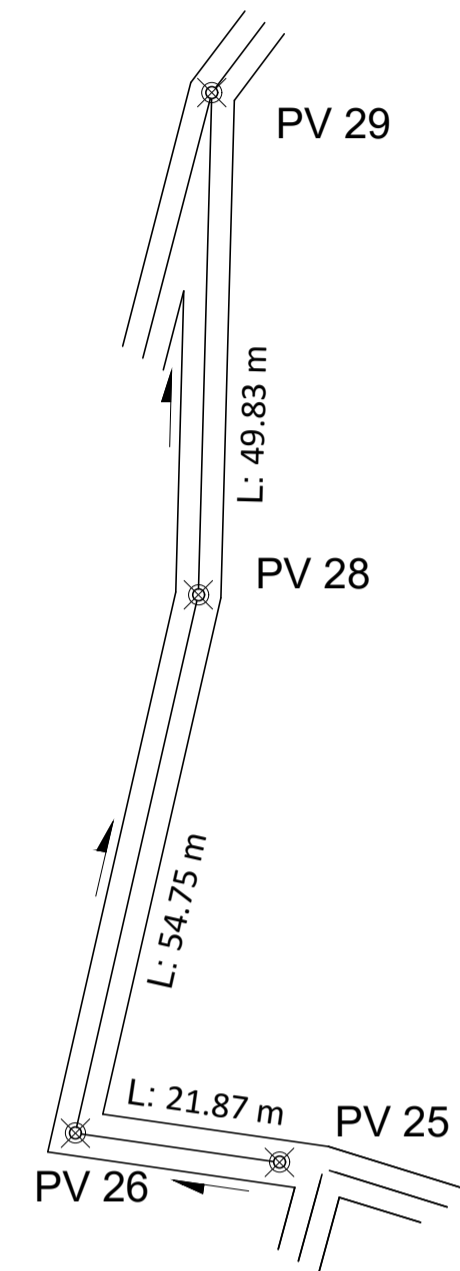


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA - PERFIL POR TRAMOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 2	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS Facultad de Ingenieria	HOJA NO. 6 / 12
(f) SERGIO ANTONIO GONZALEZ / ASESOR ING. JUAN MERCK	



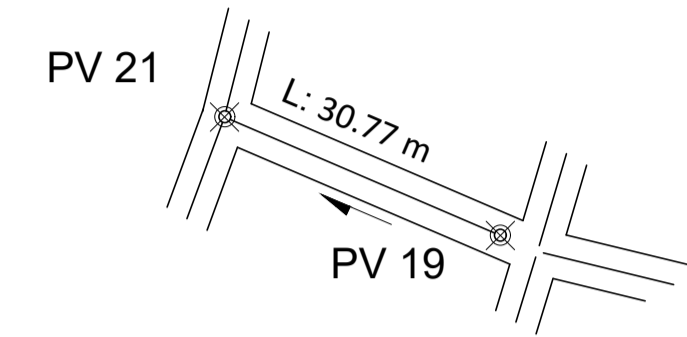
PLANTA DEL PV 18 AL PV 23

ESCALA 1:750



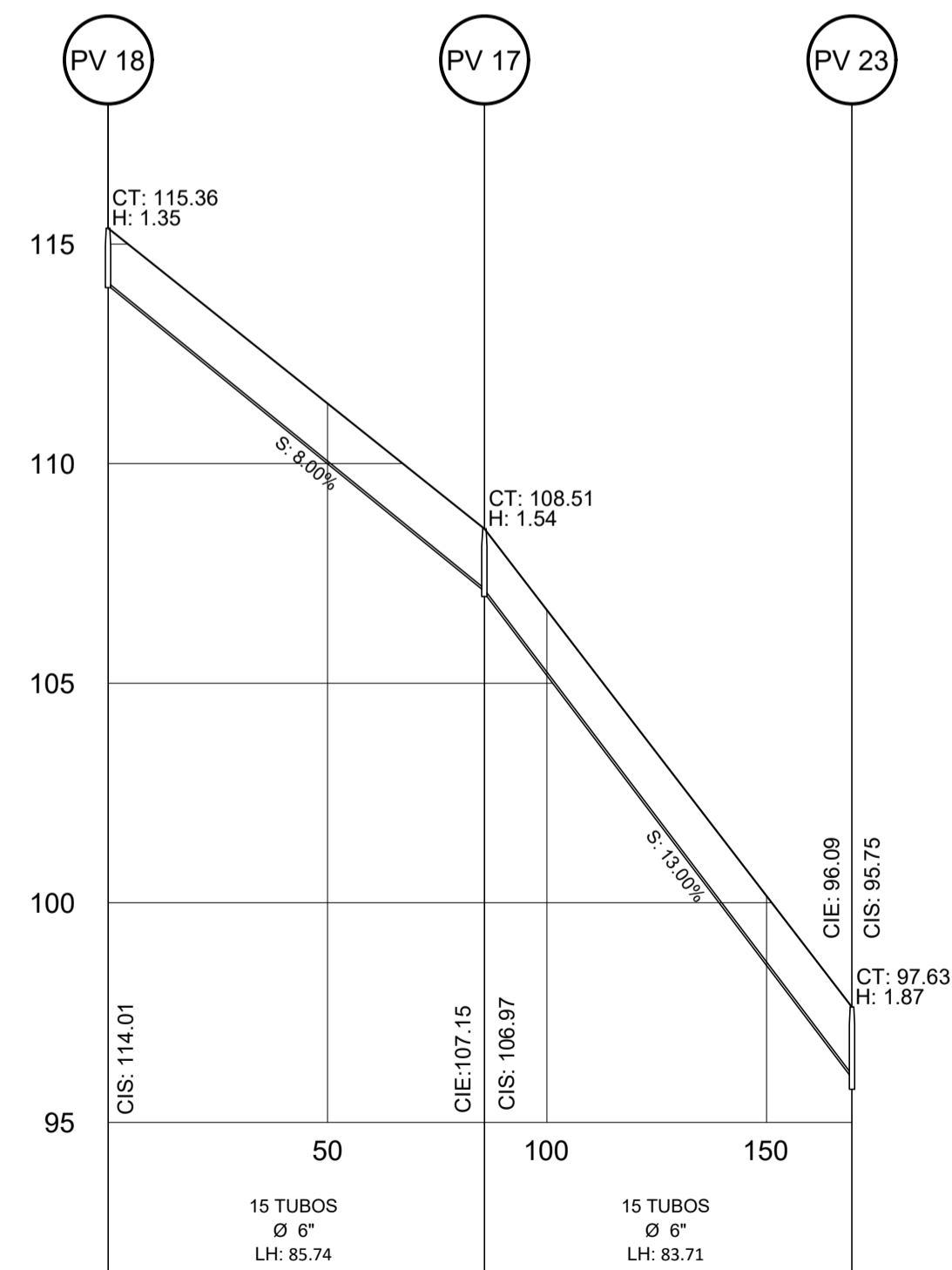
PLANTA DEL PV 25 AL PV 29

ESCALA 1:750



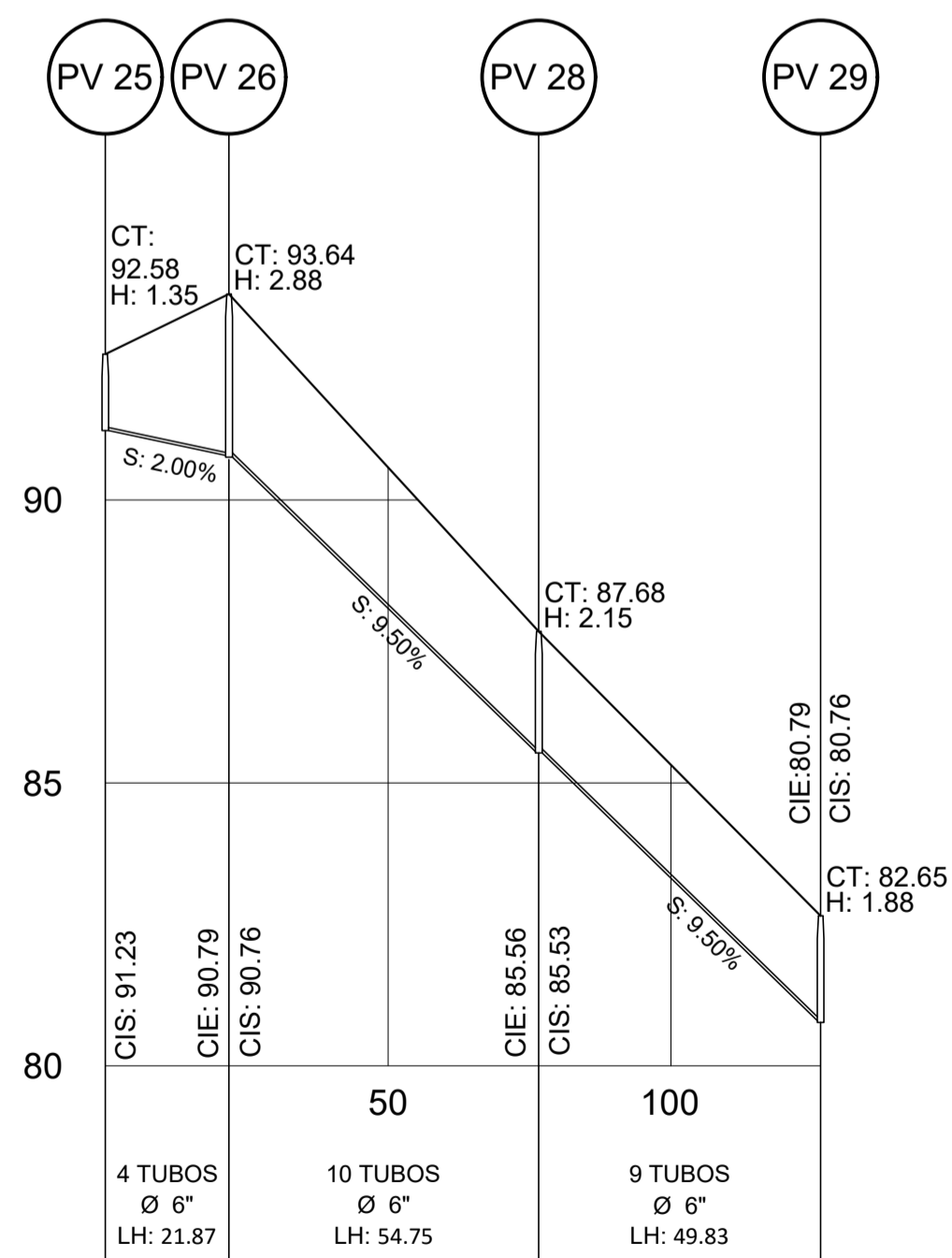
PLANTA DEL PV 19 AL PV 21

ESCALA 1:750



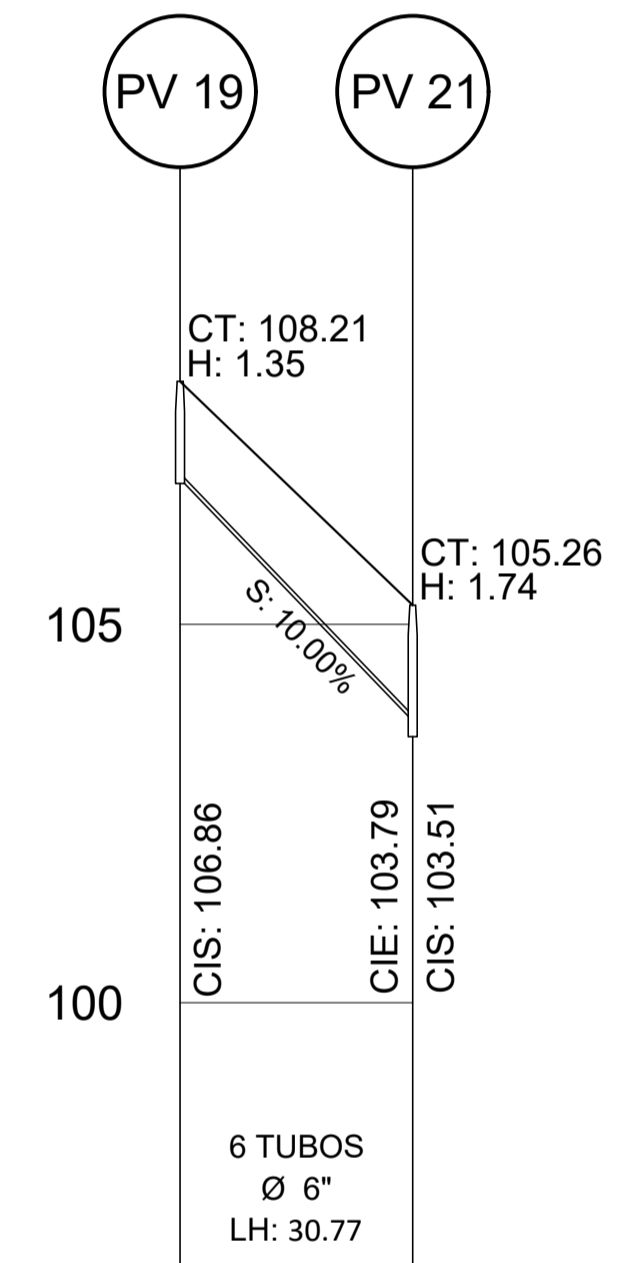
PERFIL DEL PV 18 AL PV 23

ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:150



PERFIL DEL PV 25 AL PV 29

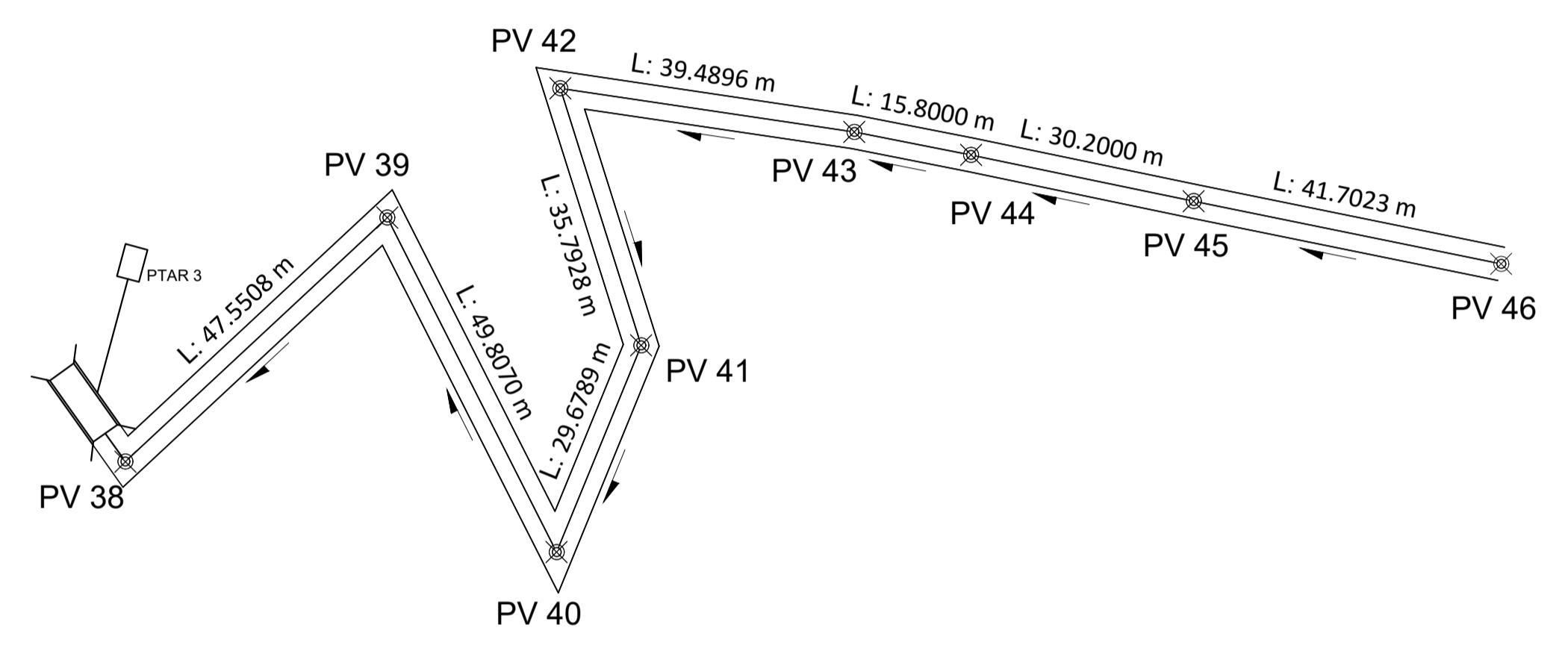
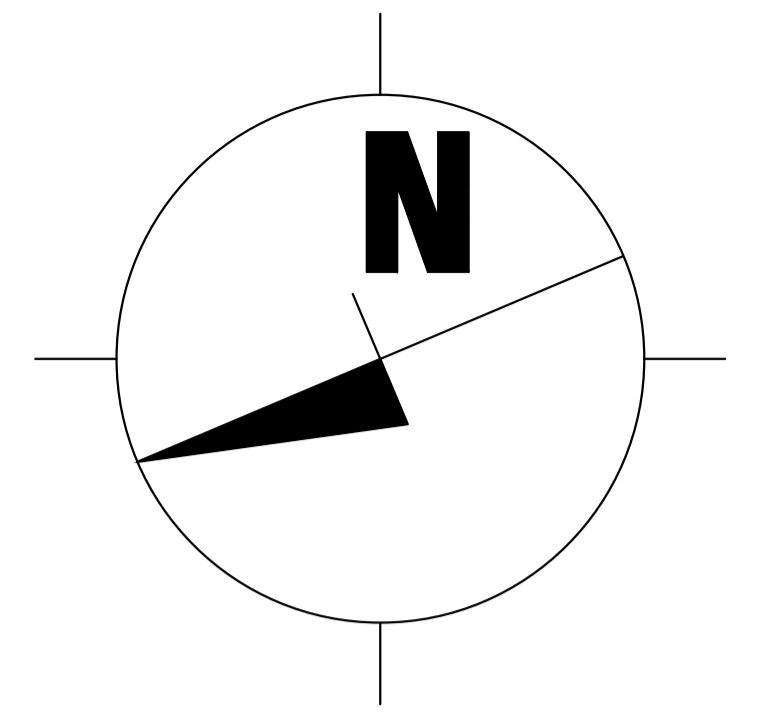
ESCALA HORIZONTAL 1:1250
ESCALA VERTICAL 1:125



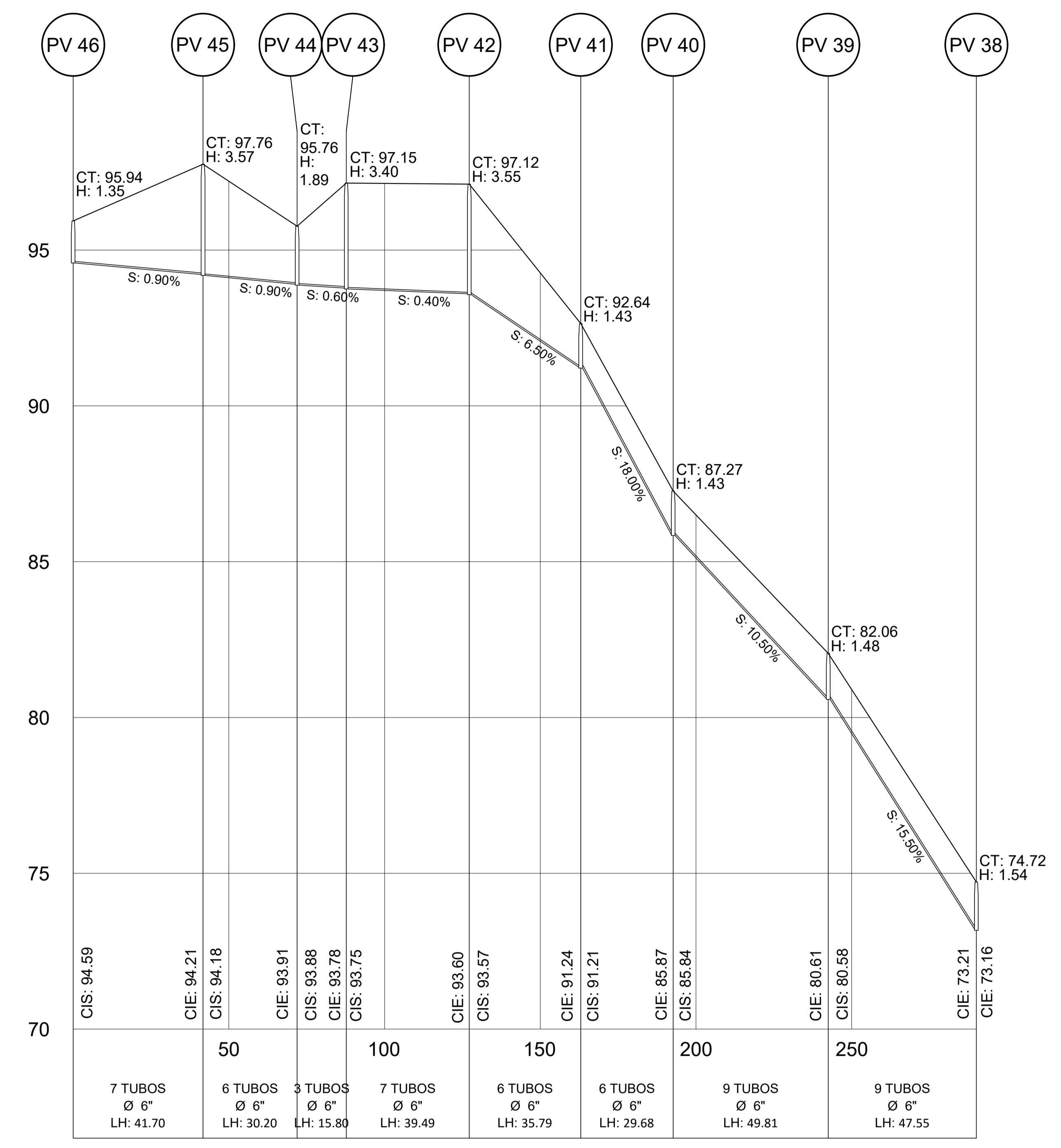
PERFIL DEL PV 19 AL PV 21

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ	
CONTENIDO PLANTA - PERFIL POR TRAMOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 2	ESCALA INDICADA
F.  Ing. Juan Merck Cos Asesor Supervisor de EPS	HOJA NO. 8 12
(f) SERGIO JOSE... ASesor Supervisor de EPS... ING. JUAN MERCK	

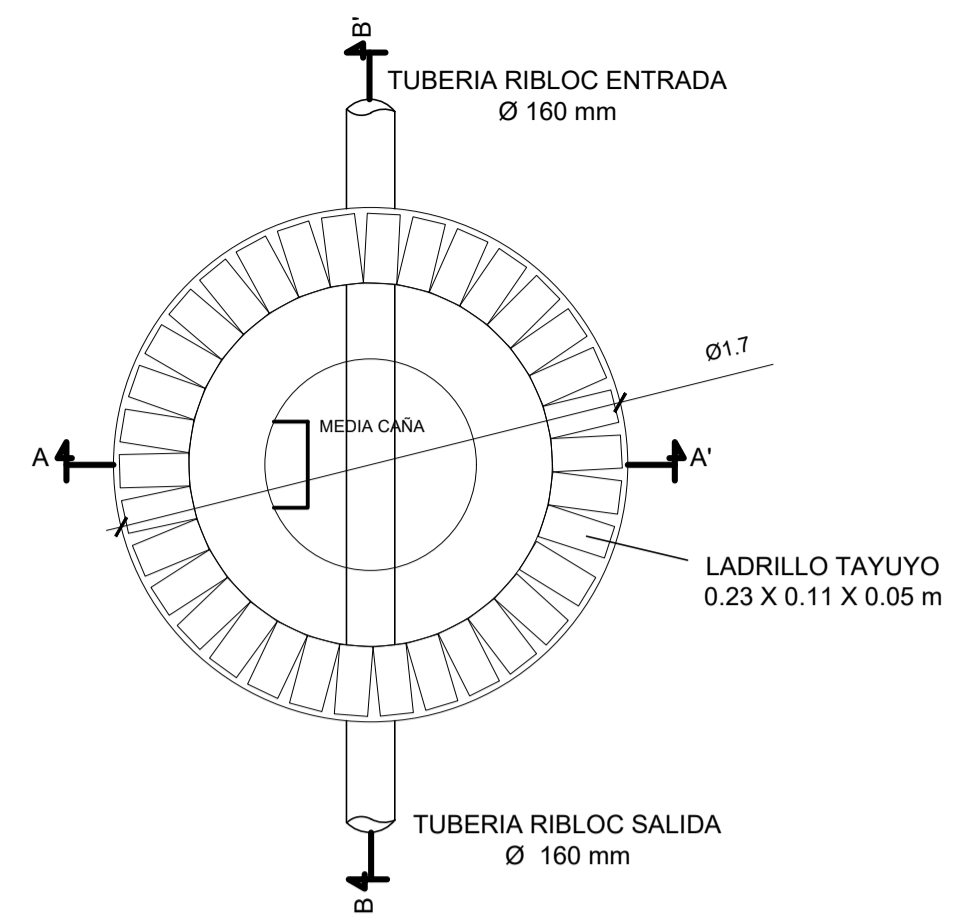


PERFIL DEL PV 46 AL PV 38
ESCALA 1:750



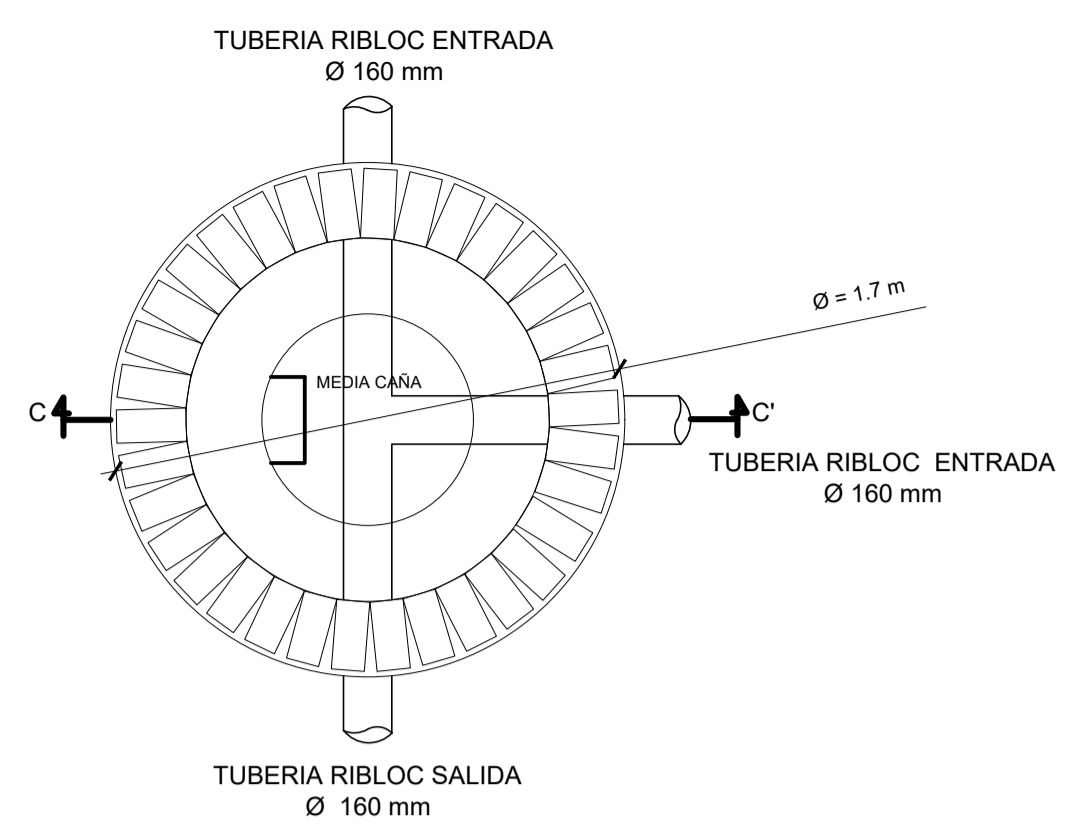
PERFIL DEL PV 46 AL PV 38
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMÁN
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ		
CONTENIDO PLANTA / PERFIL POR TRAMOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 3		ESCALA INDICADA
F.		HOJA NO.
		10 / 12
(f) SERGIO JOAQUÍN... ASesor Supervisor... ING. JUAN MERCK		



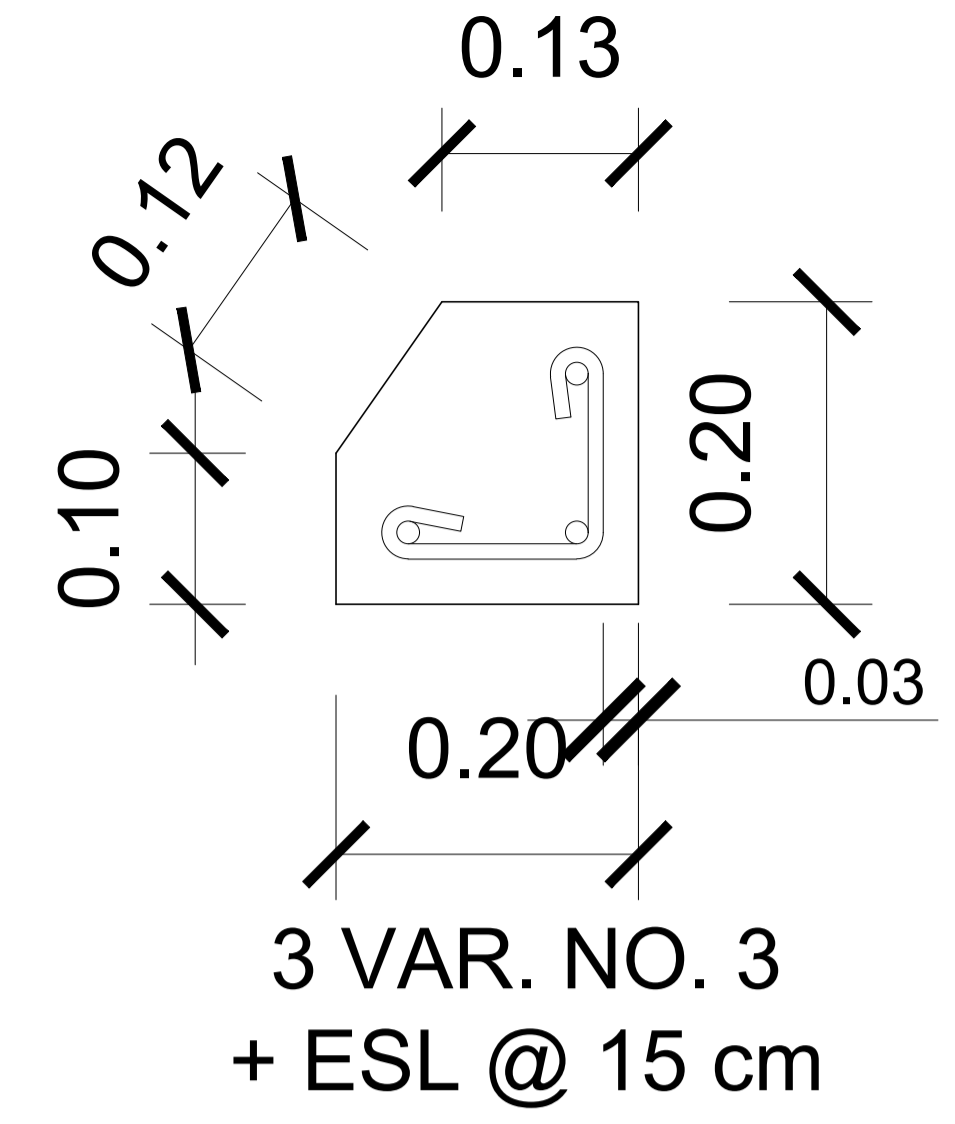
PLANTA POZO DE VISITA

ESCALA 1/25



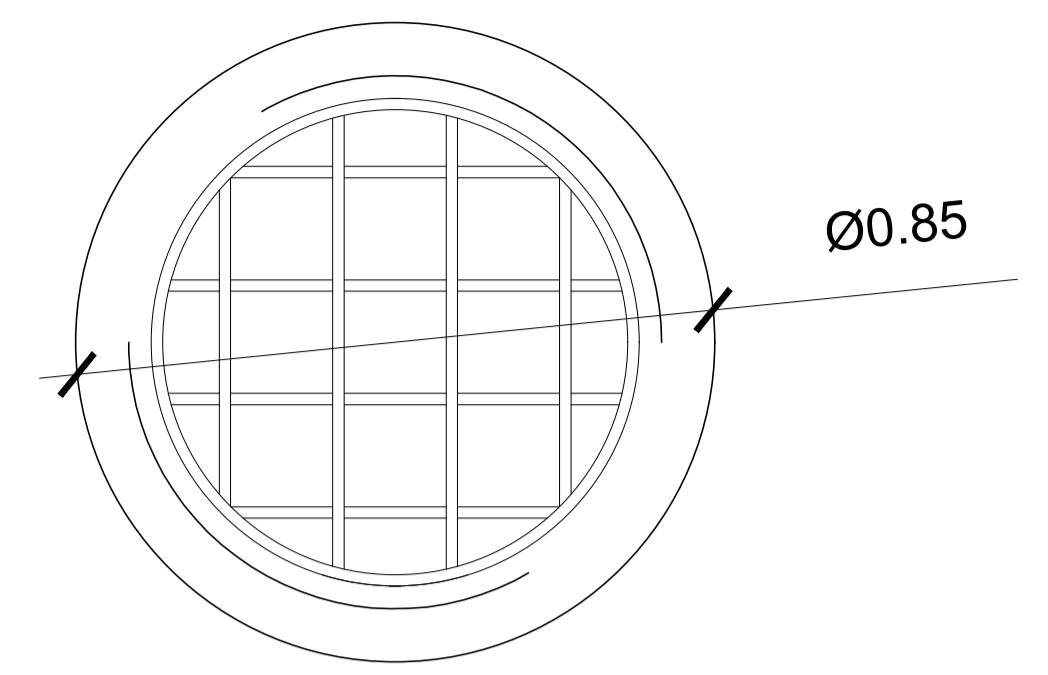
PLANTA POZO DE VISITA

ESCALA 1/25



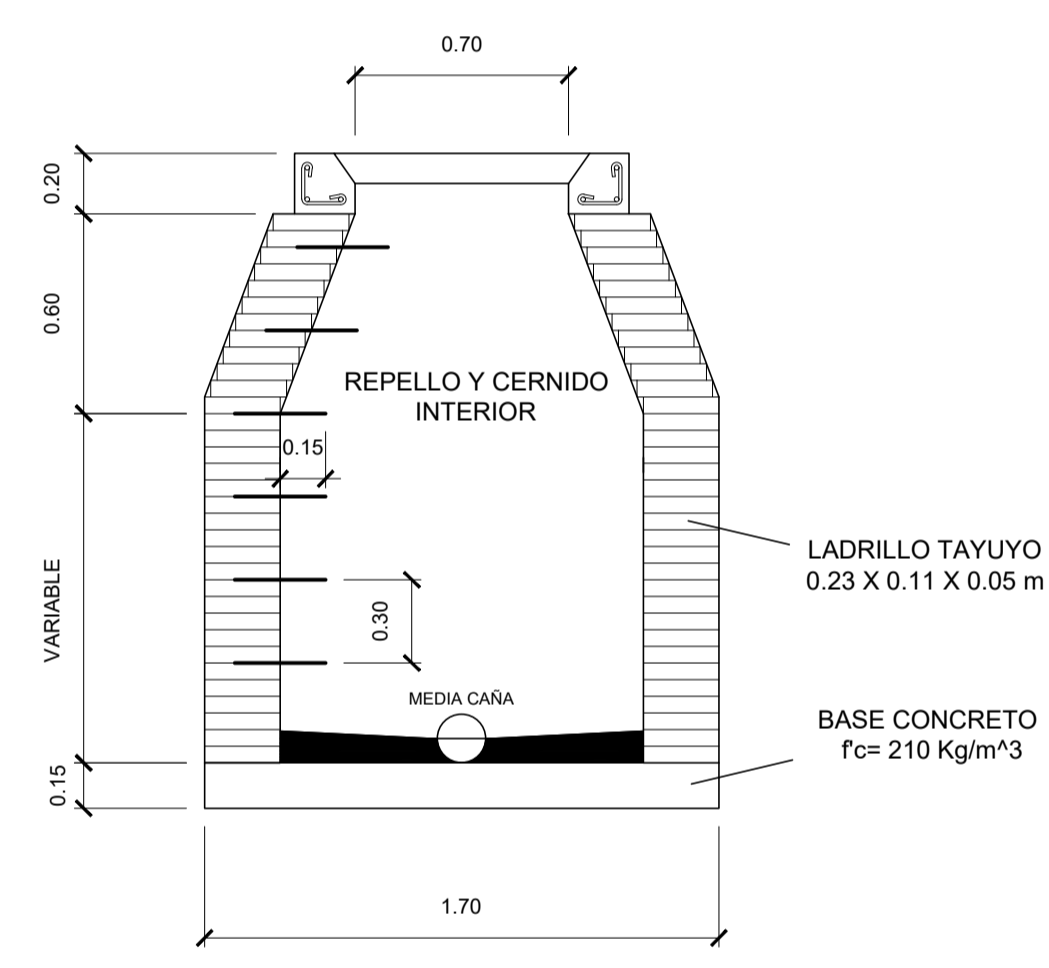
DETALLE BROCAL

ESCALA 1/5



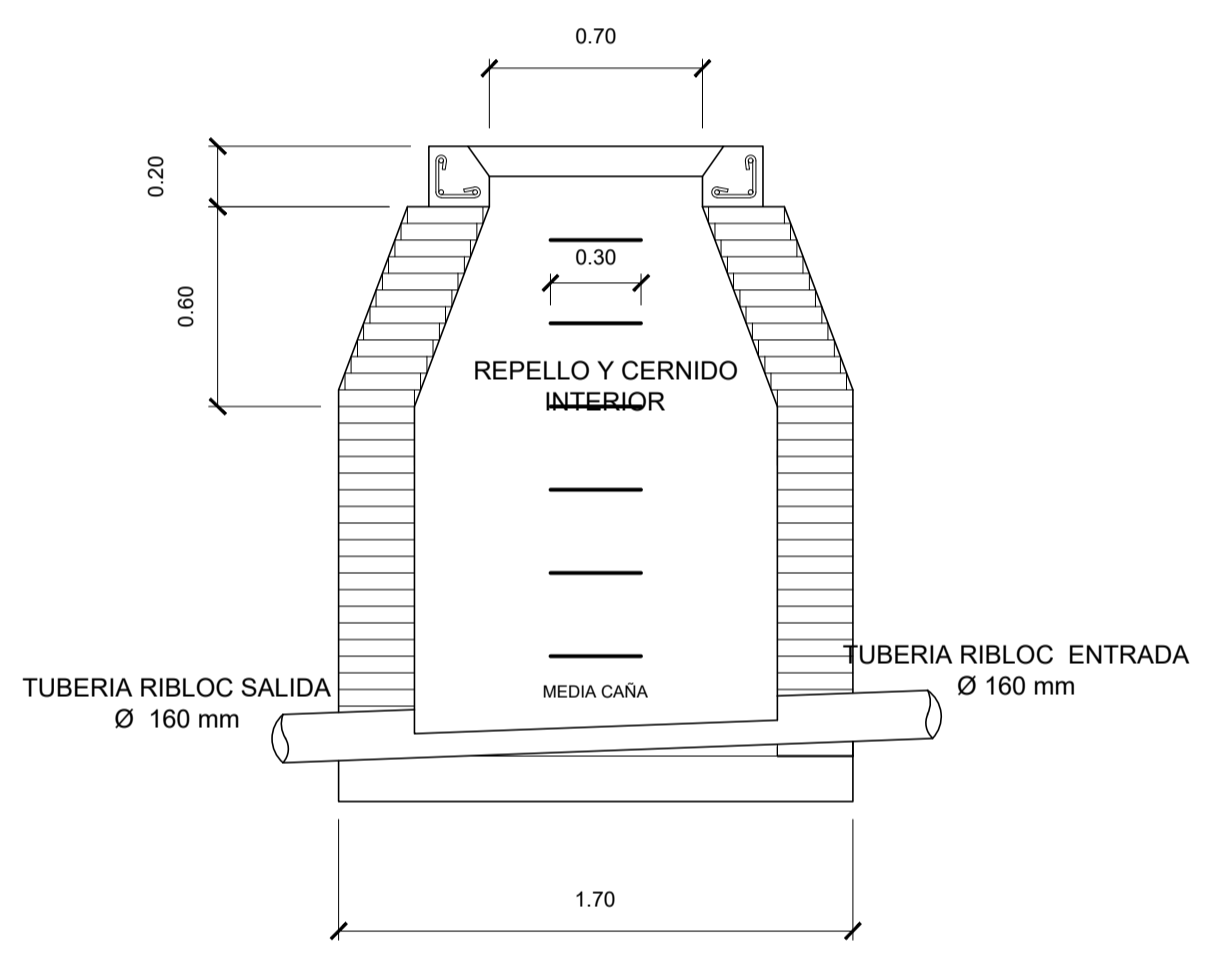
DETALLE PLANTA TAPADERA

ESCALA 1/25



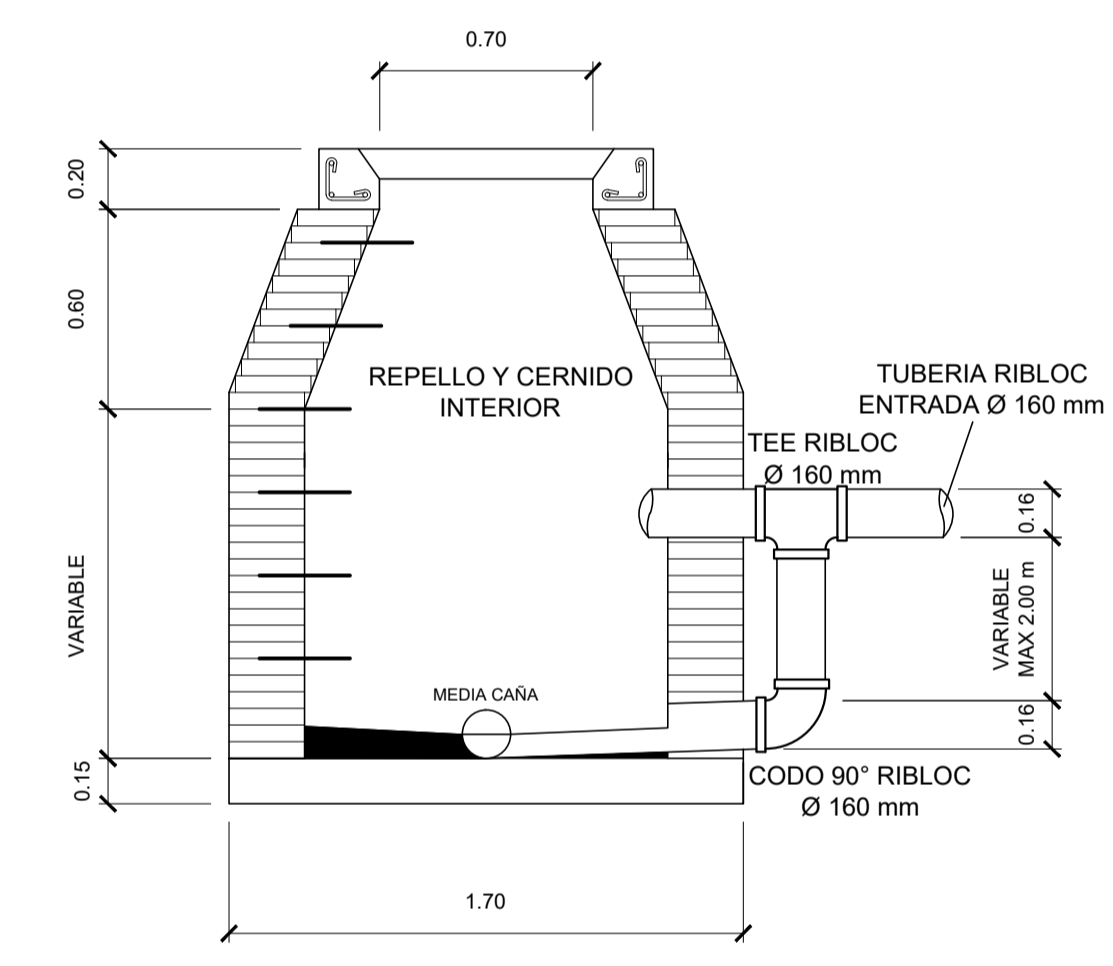
SECCION A - A'

ESCALA 1/25



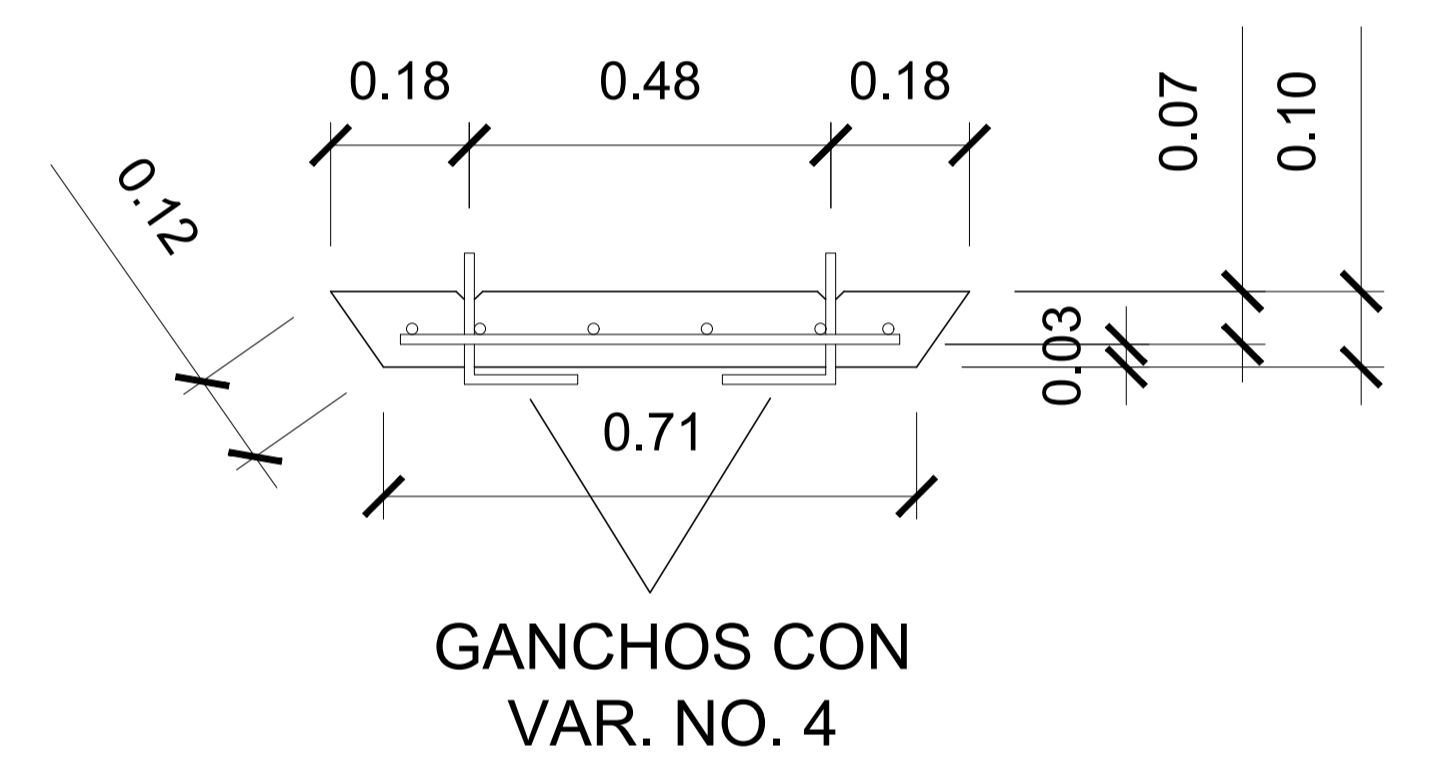
SECCION B - B'

ESCALA 1/25



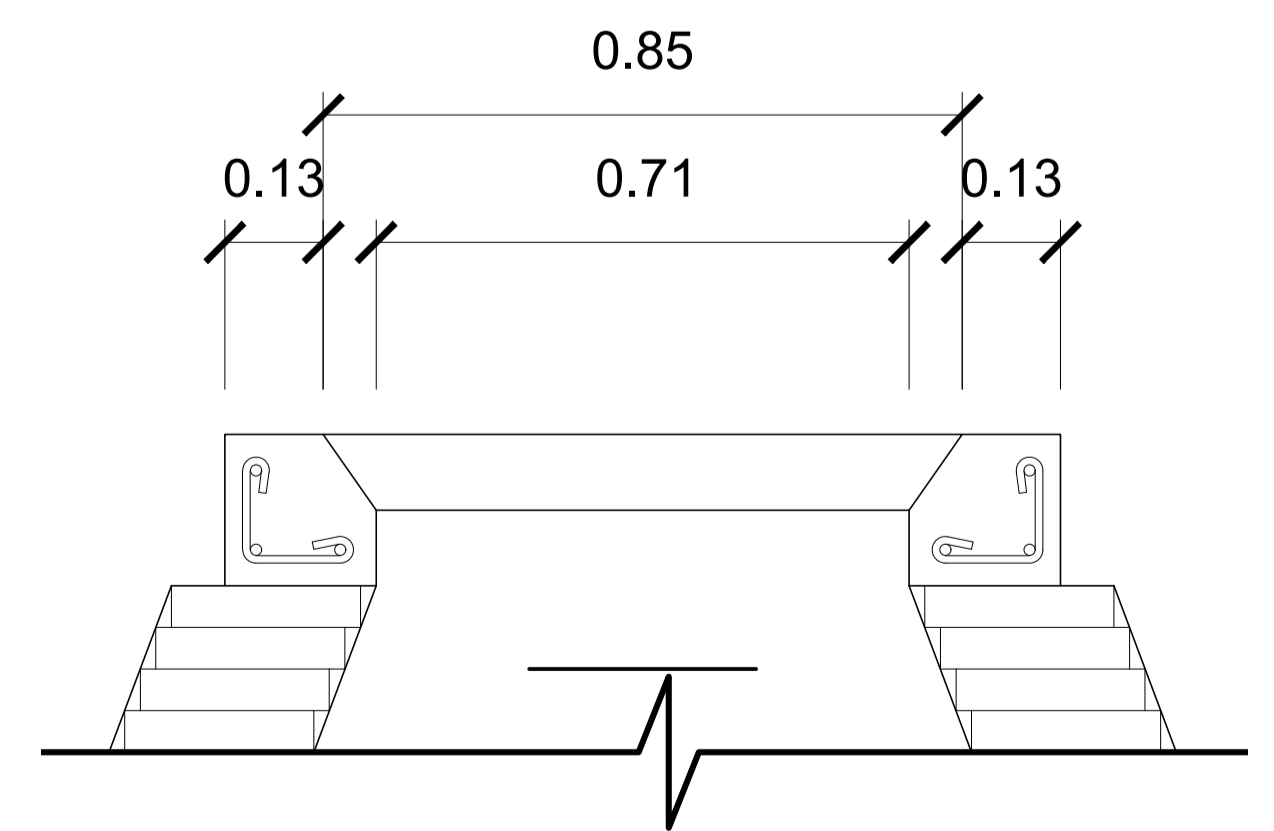
SECCION C - C'

ESCALA 1/25



DETALLE ELEVACION TAPADERA

ESCALA 1/10



DETALLE TAPADERA + BROCAL

ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
EL CONCRETO UTILIZADO EN LOS POZOS DE VISITA DEBERA TENER UN F'c = 210 Kg/cm2 CON PROPORCION VOLUMETRICA 1:2:3:0.5	
EL ACERO UTILIZADO EN LOS POZOS DE VISITA DEBERA TENER UN Fy = 2810 Kg/cm2	
TODA LA TUBERÍA UTILIZADA EN LAS INSTALACIONES DE LOS POZOS DE VISITA SERA RIB LOC DE Ø 6" (160mm) LAS UNIONES DE TUBERIA RIB LOC SE REALIZARAN CON UNA SOLUCIÓN DE CEMENTO SOLVENTE DE PVC	

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS TOLIMAN	
PROYECTO DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ			
CONTENIDO PLANO DETALLE DE POZO DE VISITA		ESCALA INDICADA	
F.		HOJA NO. 11 / 12	
(f) SERGIO JOSE... ASesor Supervisor EPS... ING. JUAN MERCK			

Apéndice 3. Evaluación ambiental inicial de la edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en los casilleros donde corresponde y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiere. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunics@mem.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Diseño, construcción y ampliación de centros educativos (Escuelas o Institutos) - Clase 4220 - Categoría C</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):	
Edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá	
I.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.	
Se realizará la construcción de una edificación escolar de 2 niveles para el caserío Totolyá, teniendo un área de 188 metros cuadrados	
I.2. Información legal:	
A) Persona Individual:	
A.1. Representante Legal:	
A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):	
B) De la empresa:	
Razón social: <u>Municipalidad de San Lucas Totolmán</u>	
Nombre Comercial: <u>Municipalidad de San Lucas Totolmán</u>	
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. _____	
C) De la Propiedad:	
No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____	
dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
D) De la Empresa y/o persona individual:	
Número de Identificación Tributaria (NIT): _____	

Continuación de apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN						
<p>1.3 Teléfono Correo electrónico:</p> <p>1.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>Situada en el Caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá.</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84 14°34'41.94" N 91°07'37.52" O 1220 MSNM</p>							
<p>1.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>Escuela Oficial Rural Mixta del Caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá</p> <p>1.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p> <p>Ing. Juan Merck Cos</p>							
<p>II. INFORMACION GENERAL</p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>II.1 Etapa de Construcción</th> <th>Operación</th> <th>Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Excavación • Encofrado • Fundición • Relleno • Mezcladora </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • La municipalidad deberá estar pendiente de que la ejecución de la construcción se realice cumpliendo con protocolos de seguridad. </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Se deberá dejar las instalaciones listas y aptas para la población estudiantil </td> </tr> </tbody> </table>		II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación • Encofrado • Fundición • Relleno • Mezcladora 	<ul style="list-style-type: none"> • La municipalidad deberá estar pendiente de que la ejecución de la construcción se realice cumpliendo con protocolos de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberá dejar las instalaciones listas y aptas para la población estudiantil
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono					
<ul style="list-style-type: none"> • Excavación • Encofrado • Fundición • Relleno • Mezcladora 	<ul style="list-style-type: none"> • La municipalidad deberá estar pendiente de que la ejecución de la construcción se realice cumpliendo con protocolos de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberá dejar las instalaciones listas y aptas para la población estudiantil 					
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>1 214</u></p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>182,40</u></p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: <u>182,40</u></p>							

Continuación de apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN																					
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p>NORTE_ Escuela Oficial Rural Mixta Caserio Totolyá_ SUR_ Campos de siembra _____ ESTE_ Vivienda _____ OESTE_ Calle y lote baldío _____</p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th>DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EORM Caserio Totolya.</td> <td>Norte</td> <td>6 metros</td> </tr> <tr> <td>Vivienda</td> <td>Sur</td> <td>15 metros</td> </tr> <tr> <td>Barranco</td> <td>Oeste</td> <td>70 metros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	EORM Caserio Totolya.	Norte	6 metros	Vivienda	Sur	15 metros	Barranco	Oeste	70 metros									
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																					
EORM Caserio Totolya.	Norte	6 metros																					
Vivienda	Sur	15 metros																					
Barranco	Oeste	70 metros																					
<p>II.5 Dirección del viento:</p> <p>Sureste</p>																							
<p>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos () d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro (X)</p> <p>Detalle la información _____ Se han tenido leves eventos sísmicos en la región _____ _____ _____ _____</p>																							
<p>II.7 Datos laborales</p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____ b) Número de empleados por jornada _____ 8 _____ Total empleados _____ 16 _____</p>																							
<p>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</p>																							

Continuación apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
---------------	---------------------------

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	120L/día/persona	Municipalidad	fundición		Tanques
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina						
	Diesel						
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p> <p>III. IMPACTO AL AIRE</p> <p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire?</p> <p>El polvo generado por el movimiento de tierras puede ser dispersado por el aire</p> <p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Se rociará agua para disminuir el transporte de partículas de polvo por el aire</p>							

Continuación apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? No</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) Ninguna</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? Se trabajará de forma manual para evitar los sonidos fuertes por maquinaria</p>	
OLORES	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: No</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? No se generan olores</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado,____</p> <p>Se _____ tendrán aguas residuales ordinarias generados por los trabajadores _____</p> <hr/> <hr/>	
<p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ _____ se utilizarán los servicios sanitarios de la escuela oficial rural mixta siendo estos la cantidad de 4 _____</p> <hr/> <hr/>	

Continuación apéndice 3.



FORMATO

DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar X e) Etc.</p>	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior Se depositara en el Colector municipal</p>	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
<p>IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p>	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SOLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	
<p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día <input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día <input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día <input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>	
<p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</p> <p>Basura comun</p>	
<p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p>	
<p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p>Se le encarga al tren de aseo del municipio</p>	
<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p> <p>Tren de aseo municipal</p>	
<p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p> <p>No</p>	
<p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p> <p>Basurero Municipal</p>	

Continuación de apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ 200KW/mes _____	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público <input checked="" type="checkbox"/> _____	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia _____	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/> _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Trabajar jornadas de 8:00 – 17:00 para disminuir el uso de energía eléctrica	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques <input checked="" type="checkbox"/>	
- Animales _____	
- Otros _____	
Especificar información _____ Existen bosques del otro lado del barranco al oeste _____	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? No se tendrá contacto alguno con la flora y fauna del municipio	
VIII. TRANSPORTE	
VIII.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 _____	
b) Tipo de vehículo _____ Pickup _____	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ Ecom Caserío Totolyá _____	
d) Horario de circulación vehicular _____ 9:00-15:00 _____	
e) Vías alternas _____	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Kaqchikel	

Continuación de apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES	
IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:	
a) <input type="checkbox"/>	La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico. <u>No</u>
b) <input type="checkbox"/>	La actividad se encuentre adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico. <u>No</u>
c) <input type="checkbox"/>	La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico. <u>No</u>
Ampliar información de la respuesta seleccionada	
ASPECTOS SOCIAL	
IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)	
IX.4. Qué tipo de molestias?	
IX.5. Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?	
PAISAJE	
IX.6. Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué?	
No, porque es un lote baldío adenaño a la EORM del caserío Totolyá	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:	
a) <input checked="" type="checkbox"/>	la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio
b) <input type="checkbox"/>	la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores
c) <input type="checkbox"/>	la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:	
Debido que no se tendrá contacto directo con los vecinos del caserío.	
X.3 riesgos ocupacionales:	
<input type="checkbox"/>	Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores
<input checked="" type="checkbox"/>	La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores
<input type="checkbox"/>	No existen riesgos para los trabajadores
Ampliar información:	
Es necesario que los trabajadores utilicen su equipo de protección personal en todo momento al entrar al área de trabajo.	
Equipo de protección personal	
X.4. Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()	
X.5. Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:	
Casco, Guantes, botas punta de acero y Chalecos de identificación	
X.6. ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?	
Limitarse a trabajar durante el horario establecido, y tener cuidado en el transporte de materiales para la obra.	

Fuente: elaboración propia, con formato de Evaluación Ambiental inicial del MARN.

Apéndice 4. Evaluación ambiental inicial del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Diseño, construcción y operación de empresas que realizan proyectos de gestión de sistemas de alcantarillado, colectores subterráneos y de instalaciones de captación, tratamiento y eliminación de aguas residuales - Clase 3700 - categoría B1</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):	
Sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá	
1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.	
Sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pampojilá	
1.2. Información legal:	
A) Persona Individual: Sergio Josue García López	
A.1. Representante Legal:	
A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 2916210310101	
B) De la empresa:	
Razón social: _____	
Nombre Comercial: _____	
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. _____	
C) De la Propiedad:	
No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____	
D) De la Empresa y/o persona individual:	
Número de Identificación Tributaria (NIT): _____	

Continuación de apéndice 4.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN						
<p>I.3 Teléfono Correo electrónico:</p>							
<p>I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>Situada en la colonia Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;"><i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i> 14°36'14.42" N 91°08'07.36" O 1462 MSNM</p>							
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>Municipalidad de San Lucas Tolimán, Sololá</p>							
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p>							
<p>II. INFORMACION GENERAL</p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>II.1 Etapa de Construcción</th> <th>Operación</th> <th>Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Excavación • Remoción de adoquinado • Colocación de tubería • Construcción de pozos de visita • Relleno </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Uso del sistema de alcantarillado por viviendas de la comunidad • Inspección y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un rediseño de capacidad del sistema de alcantarillado sanitario </td> </tr> </tbody> </table>		II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación • Remoción de adoquinado • Colocación de tubería • Construcción de pozos de visita • Relleno 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del sistema de alcantarillado por viviendas de la comunidad • Inspección y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un rediseño de capacidad del sistema de alcantarillado sanitario
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono					
<ul style="list-style-type: none"> • Excavación • Remoción de adoquinado • Colocación de tubería • Construcción de pozos de visita • Relleno 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del sistema de alcantarillado por viviendas de la comunidad • Inspección y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un rediseño de capacidad del sistema de alcantarillado sanitario 					
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>102603.42</u></p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>3354.8</u></p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: <u>845.34</u></p>							

Continuación de apéndice 4.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN																					
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p>NORTE <u>Casco Urbano de San Lucas Tolimán</u> SUR <u>Campos de siembra</u> ESTE <u>Aldea Panimaquip</u> OESTE <u>Colonia Xejuyu</u></p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th>DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Río Madre Vieja</td> <td>Sur</td> <td>100 metros</td> </tr> <tr> <td>Iglesia</td> <td>Este</td> <td>20 metros</td> </tr> <tr> <td>Barranco</td> <td>Oeste</td> <td>50 metros</td> </tr> <tr> <td>Bosque</td> <td>Oeste</td> <td>150 metros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Río Madre Vieja	Sur	100 metros	Iglesia	Este	20 metros	Barranco	Oeste	50 metros	Bosque	Oeste	150 metros						
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																					
Río Madre Vieja	Sur	100 metros																					
Iglesia	Este	20 metros																					
Barranco	Oeste	50 metros																					
Bosque	Oeste	150 metros																					
<p>II.5 Dirección del viento:</p> <p>Sureste</p>																							
<p>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos () d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro (X)</p> <p>Detalle la información <u>Se han tenido leves eventos sísmicos en la región</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																							
<p>II.7 Datos laborales</p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada <u>25</u> Total empleados <u>25</u></p>																							
<p>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																							

Continuación de apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES				PARA USO INTERNO DEL MARN			
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/N o	Cantidad (mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	160L/día/per	Municipalidad	fundición		Tanques
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina						
	Diesel						
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p> <p>III. IMPACTO AL AIRE</p> <p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire?</p> <p>El polvo generado por el movimiento de tierras puede ser dispersado por el aire</p> <p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Se rociará agua para disminuir el transporte de partículas de polvo por el aire</p>							

Continuación de apéndice 4.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? Si</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) Apisonadora</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? Se trabajará únicamente en periodos cortos por día después de haber realizado el relleno, dichas condiciones de ruido se deberán acordar con la municipalidad de San Lucas Tolimán y el COCODE de la colonia Pampojilá.</p>	
OLORES	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: No</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? No se generan olores</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuere el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado____</p> <p>Se _____ tendrán aguas residuales ordinarias generados por los trabajadores_____</p> <hr/> <hr/> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios_____ Se utilizaran los servicios sanitarios de la escuela oficial rural mixta, siendo estos la cantidad de 3 servicios sanitarios</p> <hr/> <hr/>	

Continuación de apéndice 4.



FORMATO

DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)	
<ul style="list-style-type: none"> a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar <input checked="" type="checkbox"/> e) Etc. 	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior Se depositara en el pozo séptico existente para la escuela oficial rural mixta	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
IV.5. Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	
A través del Sistema de alcantarillado sanitario a implementar	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SOLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:	
<input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día <input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día <input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día <input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día	
V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):	
Basura común	
V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?	
No	
V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos). Explicar el método y/o equipo utilizado	
Las aguas residuales se depositan en pozos sépticos y la basura comun es llevada por el tren de aseo municipal	
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado	
Tren de aseo municipal	
V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?	
No	
V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)	
Basurero Municipal	

Continuación de apéndice 4.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ 200kW/mes _____	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema Público _____ X _____	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia _____	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO _____ X _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Trabajar jornadas de 8:00 – 17:00 para disminuir el uso de energía eléctrica	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques X	
- Animales _____	
- Otros _____	
Especificar información _____ Existen bosques del otro lado del barranco al oeste _____	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? No se tendrá contacto alguno con la flora y fauna del municipio	
VIII. TRANSPORTE	
VIII.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 _____ 4 _____	
b) Tipo de vehículo _____ Pickup _____	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupe _____ Campo de tierra al este de la colonia _____	
d) Horario de circulación vehicular _____ 9:00-15:00 _____	
e) Vías alternas _____	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Kaqchikel	

Continuación de apéndice 4.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES	
IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:	
a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico. No	
b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico. No	
c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico. No	
Ampliar información de la respuesta seleccionada	
ASPECTOS SOCIAL	
IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)	
IX.4. Qué tipo de molestias?	
IX.5. Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? Charlas con el COCODE y la Municipalidad de San Lucas Tolimán	
PAISAJE	
IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué?	
No, porque es una obra que quedará por debajo de las calles adoquinadas de la colonia.	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:	
a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio	
b) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestias y riesgo a la salud de pobladores	
c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:	
Debido que no se tendrá contacto directo con los vecinos del caserío.	
X.3 riesgos ocupacionales:	
<input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores	
<input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores	
Ampliar información:	
Es necesario que los trabajadores utilicen su equipo de protección personal en todo momento al entrar al área de trabajo.	
Equipo de protección personal	
X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()	
X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:	
Casacos, Guantes, botas punta de acero y Chalecos de identificación	
X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?	
Limitarse a trabajar durante el horario establecido, y tener cuidado en el transporte de materiales para la obra.	

Fuente: elaboración propia, con formato de Evaluación Ambiental inicial del MARN.

Hoja de calculo para diseño de sistema de alcantarillado sanitario

DE A	COTAS TERRENO	DH	S(%)	NO. CASAS	HAB. SERVIDOR		FACTOR HABITA		CASA(S)	DIAM. (mm)	S(%)	VMA (m³/s)	SECCION LINEA		RELACION V/VMA		V (m³/s)	COTA INVERT	COT. INVERT	PROF. POZOS						
					ACT.	POT.	ACT.	POT.					Actual	Future	Actual	Future					Actual	Future				
10	9	120.2723	112.6597	76.2027	-10.07	21	126	283.52	270.69	4.21	4.12	0.002	1.136	2.078	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
5	6	112.6597	114.6597	48.3144	4.44	9	100	340.74	341.00	4.18	4.05	0.002	1.604	2.938	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
7	6	114.6597	111.6596	27.9999	-3.40	3	312	596.62	593.00	4.07	3.84	0.002	2.718	4.978	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
5	6	114.6597	111.6596	27.9999	-3.40	3	312	596.62	593.00	4.07	3.84	0.002	2.718	4.978	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
4	3	108.6311	103.5318	26.538	-2.86	4	486	500.00	500.00	3.98	3.82	0.002	4.140	7.537	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
3	2	104.5318	100	29.384	-12.03	11	552	1044.54	1045.90	3.95	3.79	0.002	4.668	8.470	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
2	PTABLA	100	95	35																						
DE A	COTAS TERRENO	DH	S(%) <td>NO. CASAS</td> <td colspan="2">HAB. SERVIDOR</td> <td colspan="2">FACTOR HABITA</td> <td>CASA(S)</td> <td>DIAM. (mm)</td> <td>S(%)</td> <td>VMA (m³/s)</td> <td colspan="2">SECCION LINEA</td> <td colspan="2">RELACION V/VMA</td> <td>V (m³/s)</td> <td>COTA INVERT</td> <td>COT. INVERT</td> <td>PROF. POZOS</td>	NO. CASAS	HAB. SERVIDOR		FACTOR HABITA		CASA(S)	DIAM. (mm)	S(%)	VMA (m³/s)	SECCION LINEA		RELACION V/VMA		V (m³/s)	COTA INVERT	COT. INVERT	PROF. POZOS						
PV	INICIO	FINAL	LOCAL	ACT.	POT.	ACT.	POT.	ACT.	POT.	ACT.	POT.	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	
12	13	114.1507	109.5882	32.6511	13.94	2	27.72	29.00	4.41	4.37	0.002	0.113	0.315	6	13.94	14.00	4.89	7.277	107.1550	107.1550	1.35	1.37	1.35	1.37		
12	14	109.5882	108.5248	48.6597	2.93	2	28	24.67	25.08	4.59	4.54	0.002	0.859	1.621	6	13.94	14.00	4.89	7.277	107.1550	107.1550	1.35	1.37	1.35	1.37	
11	15	112.3592	101.9963	14.7994	10.56	2	22	22.72	23.00	4.41	4.37	0.002	0.113	0.315	6	13.94	14.00	4.89	7.277	107.1550	107.1550	1.35	1.37	1.35	1.37	
13	14	110.5983	105.3484	36.692	13.55	1	18	18.07	18.50	4.59	4.54	0.002	0.189	0.325	6	13.94	14.00	4.89	7.277	107.1550	107.1550	1.35	1.37	1.35	1.37	
14	15	107.1550	102.9921	26.538	12.03	1	18	18.07	18.50	4.59	4.54	0.002	0.189	0.325	6	13.94	14.00	4.89	7.277	107.1550	107.1550	1.35	1.37	1.35	1.37	
22	23	97.6454	97.6257	43.0005	-0.20	8	216	408.38	405.20	4.54	4.02	0.002	1.932	3.516	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
18	17	110.3893	108.3447	86.9797	4.66	3	30	36.78	37.00	4.53	4.02	0.002	0.280	0.525	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
17	23	108.5347	97.6257	87.7448	11.01	23	318	601.67	602.00	4.07	3.93	0.002	2.768	5.005	6	13.01	13.00	4.71	94.11	107.0500	107.0500	1.45	1.43	1.40	1.39	
23	24	97.6257	96.5523	38.9998	-2.50	3	552	1044.54	1045.00	3.95	3.79	0.002	4.668	8.470	6	4.44	0.30	3.74	113.92	115.92	1.35	1.68	1.35	1.68		
19	21	108.2147	105.2553	38.7632	-9.62	4	28	28.43	28.00	4.57	4.32	0.002	0.234	0.425	6	14.02	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
20	21	111.8548	105.2558	52.3043	-7.11	12	72	116.50	117.00	4.28	4.20	0.002	0.659	1.232	6	14.02	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
21	22	105.2558	103.5318	38.9998	-1.72	12	72	116.50	117.00	4.28	4.20	0.002	0.659	1.232	6	14.02	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
24	27	96.5523	89.6044	70.7034	9.63	6	258	497.04	498.00	3.88	3.70	0.002	1.630	3.1784	6	8.43	8.50	4.02	10.7062	117.0500	117.0500	1.38	1.43	1.38	1.43	
27	29	89.6044	82.6469	71.6	9.44	8	718	1397.94	1398.00	3.88	3.70	0.002	6.130	11.074	6	8.44	8.50	4.02	10.7062	117.0500	117.0500	1.38	1.43	1.38	1.43	
28	28	97.6257	97.6257	54.753	10.89	10	120	177.00	177.00	4.29	4.20	0.002	0.659	1.232	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
28	29	87.6782	82.6469	49.8337	10.09	1	13	17.65	18.00	4.27	4.13	0.002	0.713	1.338	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
29	30	82.6469	81.2569	37.8456	2.15	1	137	822	1056.05	1057.00	3.85	3.67	0.002	6.778	12.221	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
30	31	81.2569	79.6782	38.9998	-1.58	15	195	366.00	366.00	3.85	3.67	0.002	1.630	3.1784	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
31	32	77.4996	75.1986	58.6771	7.17	15	195	366.00	366.00	3.85	3.67	0.002	1.630	3.1784	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
32	33	77.4996	75.1986	58.6771	7.17	15	195	366.00	366.00	3.85	3.67	0.002	1.630	3.1784	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
32	33	77.4996	75.1986	58.6771	7.17	15	195	366.00	366.00	3.85	3.67	0.002	1.630	3.1784	6	14.08	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
33	PTABLA	100	95	35																						
DE A	COTAS TERRENO	DH <td>S(%) <td>NO. CASAS</td> <td colspan="2">HAB. SERVIDOR</td> <td colspan="2">FACTOR HABITA</td> <td>CASA(S)</td> <td>DIAM. (mm)</td> <td>S(%)</td> <td>VMA (m³/s)</td> <td colspan="2">SECCION LINEA</td> <td colspan="2">RELACION V/VMA</td> <td>V (m³/s)</td> <td>COTA INVERT</td> <td>COT. INVERT</td> <td>PROF. POZOS</td> </td>	S(%) <td>NO. CASAS</td> <td colspan="2">HAB. SERVIDOR</td> <td colspan="2">FACTOR HABITA</td> <td>CASA(S)</td> <td>DIAM. (mm)</td> <td>S(%)</td> <td>VMA (m³/s)</td> <td colspan="2">SECCION LINEA</td> <td colspan="2">RELACION V/VMA</td> <td>V (m³/s)</td> <td>COTA INVERT</td> <td>COT. INVERT</td> <td>PROF. POZOS</td>	NO. CASAS	HAB. SERVIDOR		FACTOR HABITA		CASA(S)	DIAM. (mm)	S(%)	VMA (m³/s)	SECCION LINEA		RELACION V/VMA		V (m³/s)	COTA INVERT	COT. INVERT	PROF. POZOS						
PV	INICIO	FINAL	LOCAL	ACT.	POT.	ACT.	POT.	ACT.	POT.	ACT.	POT.	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	Actual	Future	
38	35	97.6257	92.2774	47.7006	9.78	13	90	170.37	175.00	4.28	4.17	0.002	0.630	1.227	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
38	37	86.4807	77.5288	52.9344	12.95	8	28	148	148.02	145.00	4.17	4.07	0.002	1.501	2.776	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
37	38	77.2038	74.7179	33.8777	6.55	4	32	192	192.46	194.00	4.15	4.04	0.002	1.707	3.148	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
45	45	98.3986	87.7358	41.7023	-4.38	4	24	45.43	46.00	4.37	4.32	0.002	0.294	0.425	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
46	44	97.7508	95.2648	39.2	6.59	1	30	36.78	37.00	4.35	4.30	0.002	0.330	0.525	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47	
40	42	97.1318	91.8496	35.7028	12.51	0	12	72	148.50	147.00	4.28	4.20	0.002	0.694	1.332	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
41	41	97.1318	92.6468	35.7028	12.51	0	12	72	148.50	147.00	4.28	4.20	0.002	0.694	1.332	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
41	40	92.6468	87.2682	29.6789	18.10	2	14	84	159.01	160.00	4.26	4.18	0.002	0.796	1.432	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
40	39	87.2682	82.0291	49.897	10.46	14	28	148	148.02	145.00	4.17	4.07	0.002	1.501	2.776	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
39	38	82.0291	78.2719	47.5088	15.44	7	35	210	397.53	398.00	4.14	4.02	0.002	1.861	3.427	6	14.74	14.00	4.13	12.21	106.7213	106.7213	1.35	1.47	1.35	1.47
38	PTABLA	100	95	35																						

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Coeficientes para momentos negativos en losas

Coeficientes para momentos negativos en losas*

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 378.

Anexo 2. **Coefficientes para momentos positivos en losas por carga muerta**

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas"

$$M_{i, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2 \quad \text{donde } w = \text{carga muerta uniforme total}$$

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
l_b									
1.00	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.018	$C_{a, dl}$ 0.018	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.020	$C_{a, dl}$ 0.023
	$C_{b, dl}$ 0.036	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.033	$C_{b, dl}$ 0.023	$C_{b, dl}$ 0.020
0.95	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.020	$C_{a, dl}$ 0.021	$C_{a, dl}$ 0.030	$C_{a, dl}$ 0.028	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.031	$C_{a, dl}$ 0.022	$C_{a, dl}$ 0.024
	$C_{b, dl}$ 0.033	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.025	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.031	$C_{b, dl}$ 0.021	$C_{b, dl}$ 0.017
0.90	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{a, dl}$ 0.022	$C_{a, dl}$ 0.025	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{a, dl}$ 0.025	$C_{a, dl}$ 0.026
	$C_{b, dl}$ 0.029	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.021	$C_{b, dl}$ 0.028	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{b, dl}$ 0.015
0.85	$C_{a, dl}$ 0.050	$C_{a, dl}$ 0.024	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.031	$C_{a, dl}$ 0.042	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{a, dl}$ 0.028
	$C_{b, dl}$ 0.026	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.017	$C_{b, dl}$ 0.025	$C_{b, dl}$ 0.017	$C_{b, dl}$ 0.013
0.80	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.026	$C_{a, dl}$ 0.034	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{a, dl}$ 0.029
	$C_{b, dl}$ 0.023	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.020	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{b, dl}$ 0.010
0.75	$C_{a, dl}$ 0.061	$C_{a, dl}$ 0.028	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.043	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{a, dl}$ 0.048	$C_{a, dl}$ 0.051	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.031
	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{b, dl}$ 0.020	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.007
0.70	$C_{a, dl}$ 0.068	$C_{a, dl}$ 0.030	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{a, dl}$ 0.051	$C_{a, dl}$ 0.058	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.033
	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.017	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.006
0.65	$C_{a, dl}$ 0.074	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{a, dl}$ 0.050	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{a, dl}$ 0.065	$C_{a, dl}$ 0.044	$C_{a, dl}$ 0.034
	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.005
0.60	$C_{a, dl}$ 0.081	$C_{a, dl}$ 0.034	$C_{a, dl}$ 0.062	$C_{a, dl}$ 0.053	$C_{a, dl}$ 0.037	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.073	$C_{a, dl}$ 0.048	$C_{a, dl}$ 0.036
	$C_{b, dl}$ 0.010	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.004
0.55	$C_{a, dl}$ 0.088	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{a, dl}$ 0.071	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.038	$C_{a, dl}$ 0.058	$C_{a, dl}$ 0.081	$C_{a, dl}$ 0.052	$C_{a, dl}$ 0.037
	$C_{b, dl}$ 0.008	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{b, dl}$ 0.003
0.50	$C_{a, dl}$ 0.095	$C_{a, dl}$ 0.037	$C_{a, dl}$ 0.080	$C_{a, dl}$ 0.059	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{a, dl}$ 0.061	$C_{a, dl}$ 0.089	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.038
	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.001	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.002

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 379.

Anexo 3. **Coefficientes para momentos positivos en losas por carga muerta**

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas''

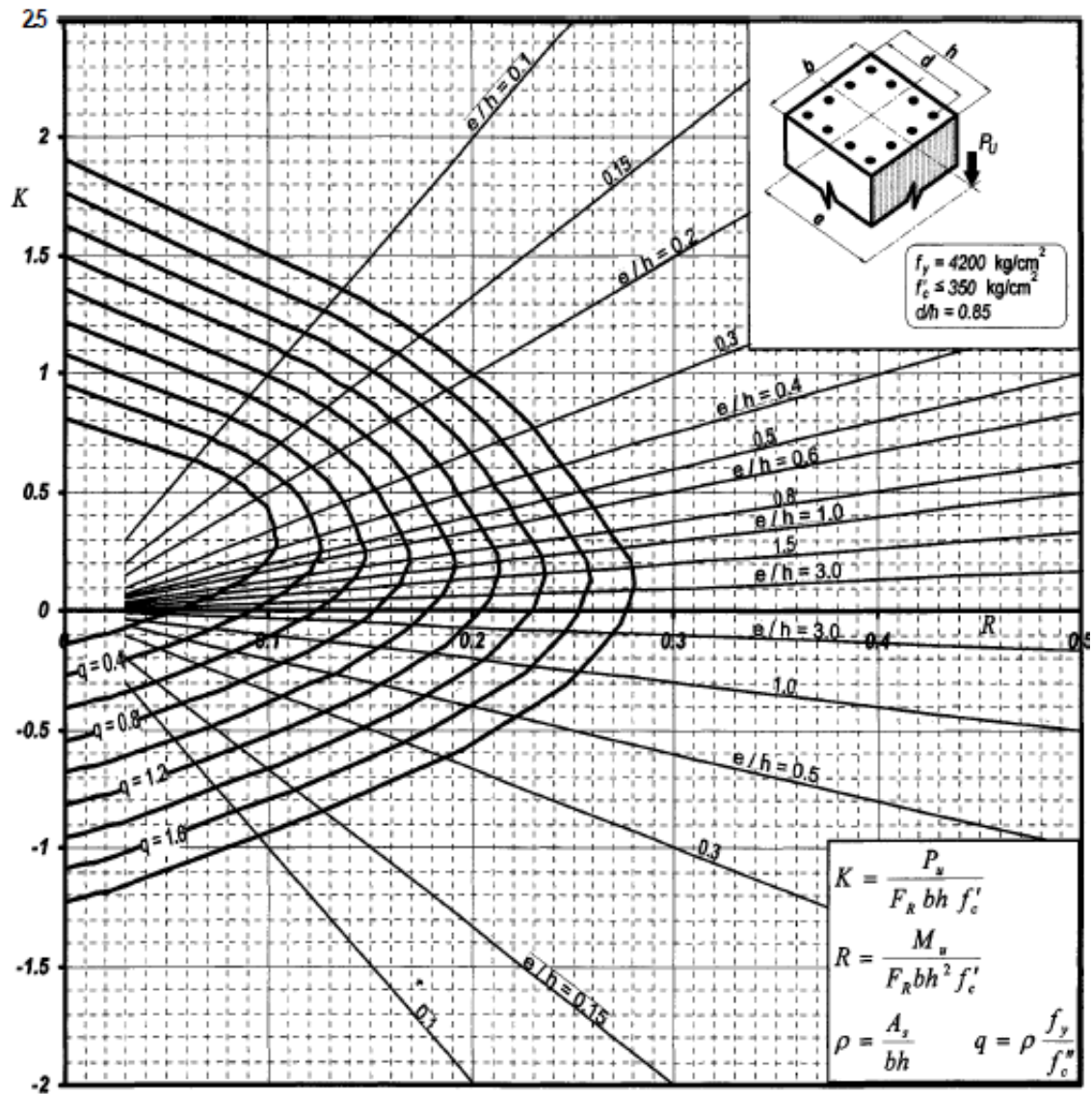
$$M_{a,por,II} = C_{a,II} w l_a^2 \quad \text{donde } w = \text{carga viva uniforme total}$$

$$M_{b,por,II} = C_{b,II} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
	$C_{a,II}$ 0.036	$C_{a,II}$ 0.027	$C_{a,II}$ 0.027	$C_{a,II}$ 0.032	$C_{a,II}$ 0.032	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.032	$C_{a,II}$ 0.028	$C_{a,II}$ 0.030
	$C_{b,II}$ 0.036	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.035	$C_{b,II}$ 0.030	$C_{b,II}$ 0.028
0.95	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.030	$C_{a,II}$ 0.031	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.034	$C_{a,II}$ 0.038	$C_{a,II}$ 0.036	$C_{a,II}$ 0.031	$C_{a,II}$ 0.032
	$C_{b,II}$ 0.033	$C_{b,II}$ 0.025	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.024	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.025
0.90	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.034	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.039	$C_{a,II}$ 0.037	$C_{a,II}$ 0.042	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.036
	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.026	$C_{b,II}$ 0.021	$C_{b,II}$ 0.025	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.024	$C_{b,II}$ 0.022
0.85	$C_{a,II}$ 0.050	$C_{a,II}$ 0.037	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.043	$C_{a,II}$ 0.041	$C_{a,II}$ 0.046	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.039
	$C_{b,II}$ 0.026	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.024	$C_{b,II}$ 0.023	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.026	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.020
0.80	$C_{a,II}$ 0.056	$C_{a,II}$ 0.041	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.048	$C_{a,II}$ 0.044	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.044	$C_{a,II}$ 0.042
	$C_{b,II}$ 0.023	$C_{b,II}$ 0.017	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.020	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.023	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.017
0.75	$C_{a,II}$ 0.061	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.052	$C_{a,II}$ 0.047	$C_{a,II}$ 0.055	$C_{a,II}$ 0.056	$C_{a,II}$ 0.049	$C_{a,II}$ 0.046
	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.013	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.020	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.013
0.70	$C_{a,II}$ 0.068	$C_{a,II}$ 0.049	$C_{a,II}$ 0.057	$C_{a,II}$ 0.057	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.060	$C_{a,II}$ 0.063	$C_{a,II}$ 0.054	$C_{a,II}$ 0.050
	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.012	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.013	$C_{b,II}$ 0.017	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011
0.65	$C_{a,II}$ 0.074	$C_{a,II}$ 0.053	$C_{a,II}$ 0.064	$C_{a,II}$ 0.062	$C_{a,II}$ 0.055	$C_{a,II}$ 0.064	$C_{a,II}$ 0.070	$C_{a,II}$ 0.059	$C_{a,II}$ 0.054
	$C_{b,II}$ 0.013	$C_{b,II}$ 0.010	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.010	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009
0.60	$C_{a,II}$ 0.081	$C_{a,II}$ 0.058	$C_{a,II}$ 0.071	$C_{a,II}$ 0.067	$C_{a,II}$ 0.059	$C_{a,II}$ 0.068	$C_{a,II}$ 0.077	$C_{a,II}$ 0.065	$C_{a,II}$ 0.059
	$C_{b,II}$ 0.010	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.008	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007
0.55	$C_{a,II}$ 0.088	$C_{a,II}$ 0.062	$C_{a,II}$ 0.080	$C_{a,II}$ 0.072	$C_{a,II}$ 0.063	$C_{a,II}$ 0.073	$C_{a,II}$ 0.085	$C_{a,II}$ 0.070	$C_{a,II}$ 0.063
	$C_{b,II}$ 0.008	$C_{b,II}$ 0.006	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.006	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.006
0.50	$C_{a,II}$ 0.095	$C_{a,II}$ 0.066	$C_{a,II}$ 0.088	$C_{a,II}$ 0.077	$C_{a,II}$ 0.067	$C_{a,II}$ 0.078	$C_{a,II}$ 0.092	$C_{a,II}$ 0.076	$C_{a,II}$ 0.067
	$C_{b,II}$ 0.006	$C_{b,II}$ 0.004	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.004	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.004

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*, p. 380.

Anexo 4. Diagrama de interacción de columna



Fuente: GONZALES CUEVAS, Oscar. Aspectos fundamentales del concreto reforzado, p. 774.

Anexo 5. **Ensayo de compresión triaxial no drenado no consolidado, diagrama de Mohr**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



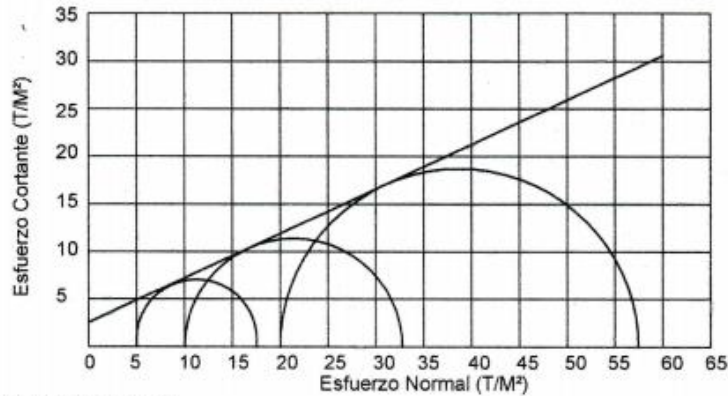
**USAC
TRICENTENARIA**
Universidad de San Carlos de Guatemala

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 172 S.S.A.

O.T.: 39,714

INTERESADO: Segio Josué García López
PROYECTO: EPS "Diseño de edificación escolar 2 niveles, caserío Totolyá, San Lucas Tolimán, Sololá"
UBICACIÓN: San Lucas Tolimán
FECHA: miércoles, 15 de mayo de 2019
MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD: 1.50 m



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 25.02^\circ$ **COHESIÓN: $C_u = 2.58 \text{ Ton/m}^2$**

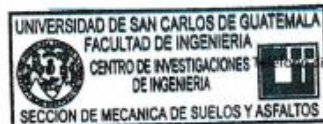
TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café oscuro
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	12.49	22.79	37.44
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	1.5	4.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	0.60	0.60	0.60
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	0.76	0.76	0.76
HUMEDAD (%H)	27.59	27.59	27.59

Atentamente,

Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Edwin Josué Ixpátá Reyes
Ing. Edwin Josué Ixpátá Reyes
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
teléfono 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Departamento de suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

