



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO
LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ**

José Mauricio Us de León

Asesorado por el Ing. Juan Merk Cos

Guatemala, enero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO
LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Córdova 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 Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merk Cos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO
LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 17 de julio de 2018.

José Mauricio Us de León



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de mayo de 2019
REF.EPS.DOC.176.05.2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Mauricio Us de León, Registro Académico 201212661 y CUI 1848 12453 1401** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ.**

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
Ing. Juan Merck Cos
SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 17 de julio de 2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Mauricio Us de León, con CUI 1848124531401 Registro Académico No. 201212661, quien contó con la asesoría del Ingeniero 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,



FACULTAD DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO DE
 HIDRAULICA
 USAC

Rafael Enrique Morales Ochoa
 Ingeniero Civil
 Maestría en Ingeniería Sanitaria
 Maestría en Energía y Ambiente
 Col. 2,662

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

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
18 de octubre de 2019

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

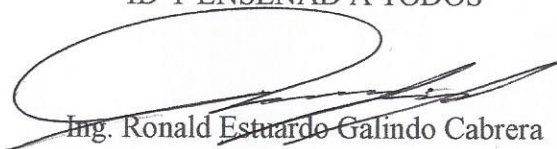
Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Mauricio Us de León, con Registro Estudiantil No. 201212661, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 23 de octubre de 2019

REF.EPS.D.380.10.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

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 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Mauricio Us de León, CUI 1848 12453 1401 y Registro Académico 201212661**, 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





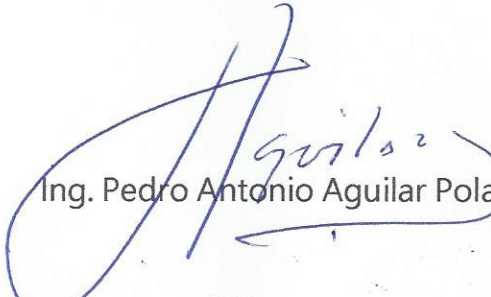
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante José Mauricio Us de León titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHE** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, enero 2020

/mrrm.

Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

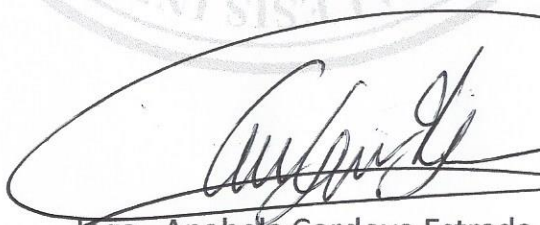



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 027.2020

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 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario: **José Mauricio Us de León**, 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, enero de 2020

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la dicha y bendición de sumar un logro más en mi preparación académica y profesional.
Mis padres	Faustino Us y Juliana de León, por ser mi ejemplo de vida y brindarme su apoyo incondicional.
Mis hermanos	Miguel, Juan, Hugo, Julia, Byron, ya en la presencia de Dios, Miguel y Margarita Us de León, por darme el apoyo emocional y compartir los momentos más importantes de mi vida.
Mis sobrinos	Faustino, Hugo, Enrique, Alejandro, Kevin, Kristian, Jefferson, Juliana, Rocío, Fernanda y Melany Ventura, por ser la alegría de la familia.
Mis cuñados	Pedro Ventura, Zoila López, Ana Cámara y Nancy González, por formar parte de mi familia.
Mis amigos	Cindy Pérez, Misael Trinidad, Brandon Chiquichon, Daniel Arias, Javier, Alfredo Quiñonez y Walter García, por mencionar algunos, por su ayuda en las diferentes etapas de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por brindarme la capacidad de cumplir las metas pretendidas.
Mis padres	Por darme la oportunidad de llevar a cabo mis metas, además, de aconsejarme en todo momento.
Mis hermanos	Por darme el apoyo emocional en los momentos más críticos de la carrera.
Mi asesor	Ing. Juan Merk, por asesorarme en el desarrollo de este trabajo de graduación y compartirme sus conocimientos y vivencias.
Mis amigos	Por el apoyo brindado en las diferentes actividades, convirtiéndolas en momentos de alegre aprendizaje.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitir desarrollarme profesionalmente y ser un orgulloso egresado de esta casa de estudios.
Municipalidad de Chinique	Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en su sede.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del caserío El Manzanillo II.....	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Primeros habitantes.....	2
1.1.3. Demografía.....	2
1.1.4. Ubicación geográfica	2
1.1.4.1. Localización	2
1.1.4.2. Límites	3
1.1.4.3. Vías de acceso	3
1.1.4.4. Hidrografía.....	4
1.1.5. Tipos de suelos.....	5
1.1.6. Flora	13
1.1.7. Fauna	14
1.1.8. Topografía	14
1.1.9. Economía.....	14
1.1.10. Servicio público.....	15
1.1.10.1. Educación.....	15
1.1.10.2. Salud	16

	1.1.10.3.	Drenaje.....	16
	1.1.11.	Aspectos culturales	17
		1.1.11.1. Celebraciones	17
		1.1.11.2. Traje típico.....	17
	1.1.12.	Tasa de mortalidad.....	18
	1.1.13.	Religión	19
1.2.		Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío El Manzanillo II, Chinique, Quiché.....	20
	1.2.1.	Descripción de las necesidades	20
	1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades	22
2.		SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	23
	2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Manzanillo II, Chinique, Quiché.....	23
		2.1.1. Descripción del proyecto	23
		2.1.2. Tasa de crecimiento poblacional	24
		2.1.3. Periodo de diseño	24
		2.1.4. Determinación de población y proyección.....	24
		2.1.5. Factores de caudales de consumo.....	26
		2.1.5.1. Factor de día máximo (FMD).....	26
		2.1.5.2. Factor de hora máximo (FMH)	26
		2.1.5.3. Caudal medio diario	27
		2.1.5.4. Caudal máximo diario.....	27
		2.1.5.5. Caudal máximo horario	28
		2.1.5.6. Diseño hidráulico.....	29
		2.1.5.6.1. Consideraciones generales	29
	2.1.6.	Dotación	32

2.1.7.	Topografía	33
2.1.7.1.	Planimetría.....	33
2.1.7.2.	Altimetría.....	33
2.1.8.	Diseño del sistema	34
2.1.8.1.	Captación.....	34
2.1.8.2.	Línea de conducción.....	34
2.1.8.3.	Tanque de distribución	41
2.1.8.4.	Red de distribución	56
2.1.8.5.	Obras hidráulicas.....	60
2.1.8.5.1.	Caja unificadora de caudal.....	60
2.1.8.5.2.	Caja rompe presión	61
2.1.8.5.3.	Caja de válvulas	61
2.1.8.5.4.	Pasos aéreos y de zanjón.....	62
2.1.9.	Sistema de desinfección.....	80
2.1.10.	Manual de operación y mantenimiento	81
2.1.11.	Planos.....	85
2.1.12.	Presupuesto.....	85
2.1.13.	Cronograma de ejecución.....	87
2.1.14.	Evaluación de impacto ambiental	88
2.2.	Diseño de la edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz, Chinique, Quiché	98
2.2.1.	Descripción del proyecto	98
2.2.2.	Investigación preliminar	98
2.2.2.1.	Capacidad soporte del suelo	99
2.2.2.1.1.	Ensayo triaxial	103
2.2.2.2.	Dimensiones y área de terreno disponible.....	103

2.2.2.3.	Normas para el diseño de edificios educativos	103
2.2.2.4.	Ubicación de edificio en terreno	104
2.2.2.5.	Sistema estructural por utilizar	105
2.2.3.	Análisis estructural	105
2.2.3.1.	Predimensionamiento estructural	106
2.2.3.2.	Integración de carga horizontal por método de AGIES	111
2.2.3.3.	Cargas verticales en marcos dúctiles.	134
2.2.3.4.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos	138
2.2.3.5.	Análisis estructural de marcos dúctiles utilizando software de análisis y método numérico	142
2.2.3.6.	Momentos de diseño por envolventes de momentos.....	155
2.2.4.	Diseño estructural	163
2.2.4.1.	Losas.....	163
2.2.4.2.	Vigas	179
2.2.4.3.	Columnas	200
2.2.4.4.	Cimientos	218
2.2.4.4.1.	Zapata aislada concéntrica Z_1	220
2.2.4.4.2.	Zapata aislada excéntrica Z_2	231
2.2.4.4.3.	Zapata combinada Z_3 ..	241
2.2.4.4.4.	Cimientos para muros.	259
2.2.4.5.	Gradas.....	260
2.2.4.6.	Diseño de instalaciones.....	264

	2.2.4.6.1.	Instalaciones eléctricas	264
	2.2.4.6.2.	Instalaciones hidráulicas	268
	2.2.4.6.3.	Instalaciones sanitarias	271
2.2.5.	Planos constructivos.....		275
2.2.6.	Presupuesto.....		276
2.2.7.	Cronograma de ejecución.....		278
CONCLUSIONES			281
RECOMENDACIONES			283
BIBLIOGRAFÍA			285
APÉNDICES			287
ANEXOS.....			309

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de municipio de Chinique	3
2.	Mapa de carreteras del municipio de Chinique	4
3.	Mapa de ríos de Chinique, Quiché	5
4.	Mapa del departamento de Quiché, mostrando la localización de los diferentes grupos de suelos.....	7
5.	Losa de tanque de distribución/almacenamiento	42
6.	Momentos actuantes en losa	44
7.	Representación de muro del tanque de almacenamiento	52
8.	Evaluación ambiental inicial	89
9.	Ubicación de edificio en terreno	105
10.	Distribución de áreas tributarias para columnas	110
11.	Distribución de áreas tributarias para vigas	111
12.	Cargas aplicadas a eje B, sentido X.....	139
13.	Cargas aplicadas a eje 3, sentido Y	139
14.	Cargas aplicadas a eje K, sentido X.....	140
15.	Cargas aplicadas a eje 2, sentido Y	140
16.	Cargas aplicadas a eje N, sentido X	141
17.	Cargas aplicadas a eje 4, sentido Y	141
18.	Orden de iteración.....	142
19.	Distribución de losas de primer nivel.....	164
20.	Distribución de losas de segundo nivel	164
21.	Representación de losa 1.....	167
22.	Momentos de losas primer nivel módulo 1	173

23.	Armado de losa.....	178
24.	Detalle de vigas de eje 3, segundo nivel, módulo 1	199
25.	Detalle de sección transversal de viga tipo A	199
26.	Diagrama de interacción de columna.....	211
27.	Detalle de columnas tipo C-1, C-2 y C-3.....	217
28.	Diagrama de área de acción de fuerza cortante simple.....	225
29.	Diagrama de área de acción del corte punzonante	227
30.	Armado de zapata aislada concéntrica	231
31.	Armado de zapata tipo Z_2	240
32.	Sección de zapata combinada	242
33.	Datos de predimensionamiento	242
34.	Presiones ejercidas sobre el suelo	246
35.	Presiones sobre cimentación	247
36.	Presión sobre cimiento	248
37.	Presión última por metro lineal.....	249
38.	Diagrama de corte de zapata combinada	251
39.	Diagrama de momentos de zapata combinada	252
40.	Plata de vigas transversales	255
41.	Planta de armado de zapata tipo Z_{3-1}	257
42.	Secciones de armado de zapata tipo Z_{3-1}	258

TABLAS

I.	Información demográfica	2
II.	Suelos y clases de terreno, su área y extensión relativa del departamento de Quiché	8
III.	Información académica	15
IV.	Mortalidad en general	18
V.	Causas de mortalidad en niños menores de 1 año.....	19

VI.	Causas de mortalidad en niños de 1 a 4 años	19
VII.	Templos existentes en el municipio de Chinique	20
VIII.	Necesidades insatisfechas del caserío El Manzanillo II	21
IX.	Población por beneficiar.....	25
X.	Aforo de nacimientos.....	30
XI.	Diámetros interiores de tubería de PVC.....	38
XII.	Diámetros interiores de tubería de HG.....	39
XIII.	Áreas de acero y espaciamentos	46
XIV.	Momentos actuantes en muro de tanque	53
XV.	Caudales de diseño por tramo	58
XVI.	Integración de cargas de paso aéreo	73
XVII.	Programa de operación y mantenimiento.....	82
XVIII.	Reglones de trabajo	86
XIX.	Cronograma de ejecución	87
XX.	Datos y resultados de los suelos.....	102
XXI.	Espesor de losa por módulos.....	107
XXII.	Cargas de diseño	116
XXIII.	Peso sísmico.....	119
XXIV.	Distribución vertical de fuerza sísmica del módulo 1	121
XXV.	Distribución vertical de fuerza sísmica del módulo 2.....	121
XXVI.	Distribución vertical de fuerza sísmica del módulo 3.....	121
XXVII.	Coordenadas del centro geométrico	122
XXVIII.	Coordenadas de centros de masa	123
XXIX.	Centro de rigidez segundo nivel, sentido X.....	125
XXX.	Centro de rigidez segundo nivel, sentido Y	126
XXXI.	Coordenadas del centro de rigidez	126
XXXII.	Excentricidades directas	127
XXXIII.	Excentricidades accidentales de primer nivel.....	128
XXXIV.	Torsión primer nivel, sentido X, módulo 1	129

XXXV.	Torsión primer nivel, sentido Y, módulo 1	129
XXXVI.	Torsión segundo nivel, sentido X, módulo 1	130
XXXVII.	Torsión segundo nivel, sentido Y, módulo 1	130
XXXVIII.	Torsión primer nivel, sentido X, módulo 2.....	131
XXXIX.	Torsión primer nivel, sentido Y, módulo 2.....	131
XL.	Torsión segundo nivel, sentido X, módulo 2	132
XLI.	Torsión segundo nivel, sentido Y, módulo 2	132
XLII.	Torsión primer nivel, sentido X, módulo 3.....	133
XLIII.	Torsión primer nivel, sentido Y, módulo 3.....	133
XLIV.	Torsión segundo nivel, sentido X, módulo 3	134
XLV.	Torsión segundo nivel, sentido Y, módulo 3	134
XLVI.	Cargas verticales del módulo 1	137
XLVII.	Cargas verticales de módulo 2	137
XLVIII.	Cargas verticales de módulo 3	138
XLIX.	Resultados de última iteración del método de Kani	152
L.	Momentos generados por cargas existentes	156
LI.	Momentos y cortantes últimos de eje 3, módulo 1	158
LII.	Momentos y cortantes últimos de eje B, módulo 1.....	158
LIII.	Momentos y cortantes últimos de eje K, módulo 2.....	158
LIV.	Momentos y cortantes últimos de eje 2, módulo 2.....	159
LV.	Momentos y cortantes últimos de eje N, módulo 3	159
LVI.	Momentos y cortantes últimos de eje 4, módulo 3.....	159
LVII.	Momentos y cortantes últimos de eje 3, módulo 1	161
LVIII.	Momentos y cortantes últimos de eje B, módulo 1.....	161
LIX.	Momentos y cortantes últimos de eje 2, módulo 1	161
LX.	Momentos y cortantes últimos de eje K, módulo 1.....	162
LXI.	Momentos y cortantes últimos de eje 4, módulo 1	162
LXII.	Momentos y cortantes últimos de eje N, módulo 1	163

LXIII.	Momentos positivos y negativos de losas de primer nivel, módulo 1. (Kg·m)	168
LXIV.	Momentos positivos y negativos de losas de primer nivel, módulo 2. (Kg·m)	169
LXV.	Momentos positivos y negativos de losas de primer nivel, módulo 3. (Kg·m)	169
LXVI.	Momentos positivos y negativos de losas de segundo nivel, módulo 1. (Kg·m)	170
LXVII.	Momentos positivos y negativos de losas de segundo nivel, módulo 2. (Kg·m)	170
LXVIII.	Momentos positivos y negativos de losas de segundo nivel, módulo 3. (Kg·m)	171
LXIX.	Áreas de acero mayores al mínimo.....	177
LXX.	Armado de vigas eje B, módulo 1	188
LXXI.	Armado de vigas eje 3, módulo 1	190
LXXII.	Armado de vigas eje 2, módulo 2	191
LXXIII.	Armado de viga eje K, módulo 2	195
LXXIV.	Armado de viga eje 4, módulo 3.....	196
LXXV.	Armado de viga eje N, módulo 3	197
LXXVI.	Diseño y armado longitudinal de columnas.....	212
LXXVII.	Armado transversal de columnas.....	216
LXXVIII.	Costo de tratamiento de suelo	218
LXXIX.	Resultados de diseño de zapatas aisladas concéntricas	231
LXXX.	Resultado de diseño de zapata	241
LXXXI.	Resultados de diseño de zapata combinada (exc-exc).....	258
LXXXII.	Detalle de cimiento corrido para muros.....	259
LXXXIII.	Diámetro de subramales	269
LXXXIV.	Unidades gasto de aparatos sanitarios	270
LXXXV.	Gasto y diámetro de derivaciones simples.....	272

LXXXVI.	Renglones de trabajo.....	277
LXXXVII.	Cronograma de ejecución.....	278

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
P_u	Carga axial pura
$P't$	Carga de trabajo
W	Carga, peso
Q	Caudal
Q_{ins}	Caudal instantáneo
Q_m	Caudal medio diario
c'	Cohesión
C	Coeficiente de fricción de tubería
C_s	Coeficiente sísmico
ρ	Cuantía de acero
d_f	Desplante de cimentación
\emptyset	Diámetro (tubería, acero)
S	Espaciamiento entre barras de acero
$S_{pén}$	Espaciamiento entre péndolas
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
e_d	Excentricidad de diseño
K	Factor de longitud efectiva
Ψ	Grado de empotramiento
I_o	Índice de sismicidad
I	Inercia
Kg	Kilogramo
$Kg\cdot m$	Kilogramo metro

psi	Libra sobre pulgada cuadrada (<i>pound square inch</i>)
δ	Magnificador de momentos
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
γ_{con}	Peso específico del concreto
b_o	Perímetro de punzonamiento
d	Peralte efectivo
q_{máx}	Presión máxima ejercida sobre el suelo
q_{dis}	Presión de diseño
f'c	Resistencia última del concreto
r	Tasa de crecimiento poblacional
T	Tensión máxima
V	Velocidad del fluido en tubería, fuerza cortante

GLOSARIO

Aforo	Medición para determinar el caudal conducido por un canal o ducto.
Ag	Área gruesa de columna.
Análisis estructural	Proceso por el cual se determinan las fuerzas y momentos actuantes en cada elemento de la estructura.
Ap	Área de punzonamiento.
As_{min}	Cuantía de acero mínima.
As_{máx}	Cuantía de acero máxima.
Az	Área de la zapata.
ACI	Instituto Americano del Concreto (<i>American Concrete Institute</i>).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.

Carga muerta	Peso de los objetos que estarán permanentemente en la construcción, además del peso propio de los elementos que conforman la estructura.
Carga viva	Peso variable que soportará la estructura dependiendo del uso que se le dé a la estructura.
Caudal	Cantidad de flujo que circula dentro de una sección transversal deseada en una unidad de tiempo (l/s).
CG	Centro de gravedad.
Cimentación	Conjunto de elementos estructurales que, además de transmitir las cargas recibidas de las columnas al suelo, tiene la función de garantizar la estabilidad de la estructura evitando daños estructurales y no estructurales.
Coefficiente sísmico	Es un porcentaje o número que ajusta las fuerzas sísmicas actuantes en función de las cargas de una estructura.
Columna	Elemento estructural generalmente usado para soportar cargas axiales, asimismo, transmitir las cargas recibidas de las vigas y losas hacia la cimentación.
CR	Centro de rigidez.

C.R.C.	Caja reunidora de caudal.
C.R.P.	Caja rompe presión.
CU	Carga última.
Dotación	Volumen de consumo asignado a una persona en un día.
E	Esbeltez de una columna.
Ec	Módulo de elasticidad del concreto.
Estribo	Refuerzo colocado en un elemento estructural para soportar las fuerzas cortantes.
Excentricidad	Distancia existente entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
FC	Flujo de cloro.
FCU	Factor de carga última.
Fd	Factor de deslizamiento.
FMD	Factor de día máximo.
FMH	Factor de hora máximo.

Fuente de captación	Cuerpo de agua que se utiliza para abastecer a una población.
Fy	Esfuerzo de fluencia del acero.
H	Diferencia de cotas entre dos puntos.
Hf	Pérdida de carga en tubería.
HG	Hierro galvanizado.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
LD	Carga muerta (<i>load dead</i>).
LL	Carga viva (<i>load live</i>).
Losa	Elemento estructural en el cual se aplican las cargas y este, a su vez, la transmite a los elementos de apoyo (vigas o muros).
mca	Metros columna de agua.
Mu	Momento último.
n	Periodo de diseño (años).
M₍₋₎	Momento negativo.

M₍₊₎	Momento positivo.
Pa	Presión activa.
Paso aéreo	Estructura utilizada para transportar un fluido que tiene que pasar por un terreno con topografía de difícil acceso.
P_{cr}	Carga crítica de la columna.
P_f	Población futura.
Pendiente	Diferencia de alturas existente entre un punto y otro, también llamado inclinación de terreno.
Peralte efectivo	Distancia desde la fibra extrema de compresión hacia el centroide del refuerzo longitudinal inferior.
Pérdida de carga	Caída de presión generada por la fricción entre el fluido conducido y las paredes del ducto transportador.
P_o	Población actual.
P_p	Presión pasiva.
PVC	Cloruro de polivinilo.
QMD	Caudal máximo diario.

QMH	Caudal máximo horario.
Qv	Caudal de vivienda.
Recubrimiento	Es el espacio entre los bordes del elemento estructural y el refuerzo, utilizado para la protección de la armadura.
TH	Tensión horizontal.
TV	Tensión vertical.
U'	Carga última aplicada sobre cable.
V_B	Corte basal.
V_c	Fuerza cortante que resiste el concreto.
V_s	Capacidad de soporte de suelo.
V_u	Fuerza cortante última.
Zapata	Elemento estructural individual, aislado o combinado, utilizado para transmitir las cargas recibidas de una o más columnas hacia el suelo.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en la sede municipal de Chinique, departamento de Quiché, se enfocó en la planificación de los proyectos: diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Manzanillo II y de la edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz, la cual tiene como principal objetivo mejorar la calidad de vida y educación del municipio.

El presente documento está conformado por un capítulo destinado a la fase de investigación, en la cual se describen las condiciones de vida actuales de la población de Chinique, como servicios básicos, características de la población, necesidades e infraestructura y un segundo capítulo que contiene la fase técnica de los proyectos.

El capítulo 2 está conformado con el diseño y la planificación de los proyectos mencionados. En la primera parte del capítulo se refiere al diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Manzanillo II, en el cual se describen los parámetros y criterios de diseño. La segunda parte consta del diseño de un edificio escolar de dos niveles basado en normas nacionales (AGIES) e internacionales (ACI), utilizando métodos exactos para el análisis estructural.

La parte final de este trabajo contiene las conclusiones, recomendaciones, anexos y juego de planos.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Manzanillo II y de la edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz, Chinique, Quiché.

Específicos

1. Llevar a cabo una investigación monográfica y el diagnóstico de necesidades de servicios básicos y de infraestructura del caserío El Manzanillo II y del casco urbano del municipio de Chinique, Quiché.
2. Realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Manzanillo II, aplicando las normas vigentes en el país.
3. Efectuar el análisis y diseño estructural para la edificación escolar de dos niveles para el barrio la Cruz.
4. Realizar el juego de planos correspondiente a cada uno de los proyectos diseñados.
5. Desarrollar el presupuesto de los proyectos tomando en cuenta el precio, calidad y ubicación de los comercios ferreteros cercanos al lugar.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Chinique ubicado aproximadamente a 184 Km de la ciudad capital de Guatemala, es uno de los 21 municipios que conforman el departamento de Quiché, asimismo, es uno de los primeros municipios del departamento y del país.

Ante las diferentes necesidades del municipio, se realizó un estudio de necesidades insatisfechas en el cual se determinó, en conjunto con la municipalidad, que las necesidades prioritarias para cubrir con prontitud son las relacionadas con infraestructura para el área de educación y servicios básicos como agua potable.

De tal forma, los proyectos por desarrollar son: el diseño de un edificio escolar de dos niveles ubicado en el barrio La Cruz, el cual está destinado para estudiantes de nivel básico y un sistema de abastecimiento de agua potable, para el caserío El Manzanillo II. Con estas constituciones se busca reducir los índices de enfermedades gastrointestinales, causadas por el posible consumo de agua contaminada.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del caserío El Manzanillo II

A continuación, se muestra la monografía del caserío El Manzanillo II.

1.1.1. Reseña histórica

En el municipio de Chinique, por situaciones adversas, la comunidad de El Manzanillo fue dividida tanto política como geográficamente a mediados de 2005, creándose así dos nuevas comunidades llamadas: caserío El Manzanillo I y El Manzanillo II respectivamente.

Actualmente el caserío El Manzanillo II, por su reciente creación, no tiene celebraciones, ya que no cuenta con un patrono en la comunidad, ni tampoco tiene lugares ceremoniales. Sin embargo, los fieles católicos de la comunidad acostumbran celebrar la feria del municipio en honor al Cristo Negro de Esquipulas y todas las celebraciones practicadas por el catolicismo.

El origen del nombre del municipio de Chinique data de entre 1872 y 1900, cuando se estableció como uno de los pocos municipios de Guatemala para esa fecha. Asimismo, el caserío inicialmente llamado El Manzanillo se formó al momento de realizar el ordenamiento del municipio, nombrándolo así, porque en el lugar abundaban las manzanillas.

1.1.2. Primeros habitantes

Las primeras familias que vivieron en el caserío El Manzanillo II, son las de Pablo Luna, Humberto Noriega, Casimiro Luna y la de Eleuterio Reyes.

1.1.3. Demografía

A continuación, se muestra en la tabla I la información demográfica obtenida.

Tabla I. Información demográfica

Cantidad de habitantes		
Hombres	Mujeres	Total
120	139	259
Cantidad de familias		
Familias indígenas	Familias no indígenas	Total
33	27	60

Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Ubicación geográfica

A continuación, se muestra la localización geográfica.

1.1.4.1. Localización

El caserío El Manzanillo II está ubicado a 1 kilómetro de la cabecera municipal, cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 650 mil metros cuadrados y 3 916,82 metros de longitud perimetral.

Figura 1. Mapa de municipio de Chinique



Fuente: diagnóstico del municipio de Chinique, Quiché.

1.1.4.2. Límites

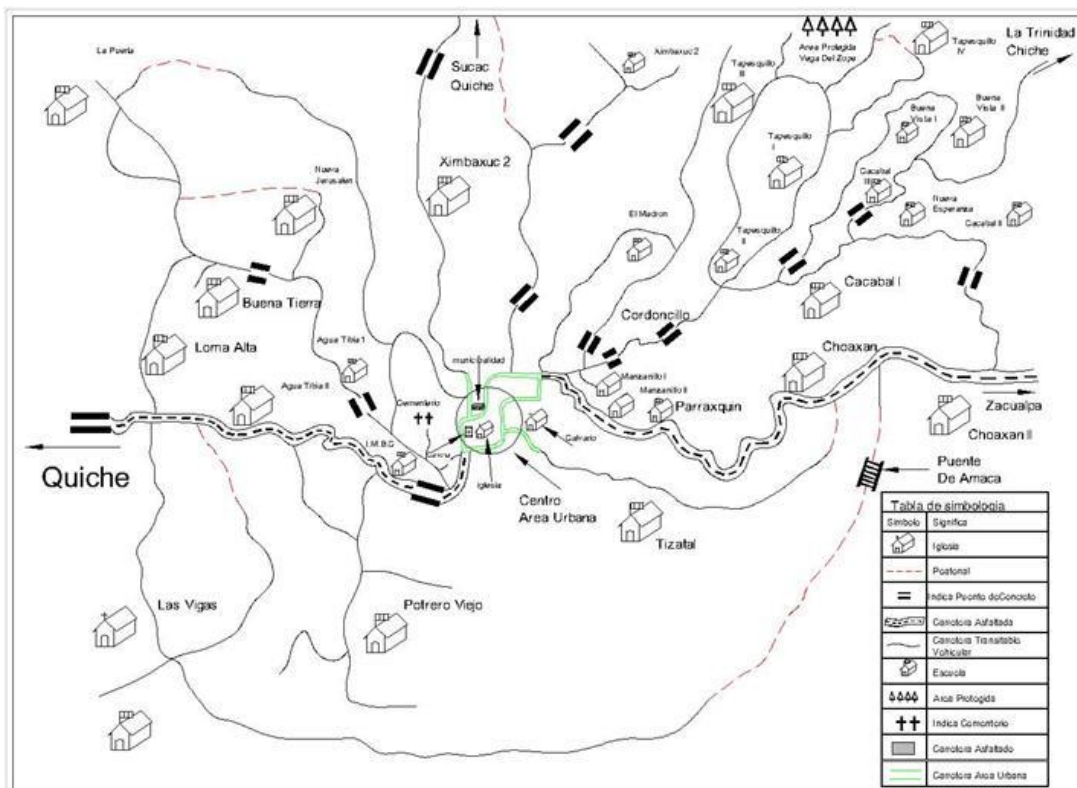
El caserío El Manzanillo II colinda al norte con el caserío El Madrón; al sur, con El Tizatal; al este, con El Manzanillo I y Parraxquín y al oeste; con el área urbana del municipio de Chinique.

1.1.4.3. Vías de acceso

El caserío El Manzanillo II cuenta con un camino rural, que inicia en el entronque que está en cercanía de la estación de gasolina América y conduce,

tanto al caserío ya mencionado, como a otras comunidades más, dicho camino se encuentra adoquinado.

Figura 2. Mapa de carreteras del municipio de Chinique



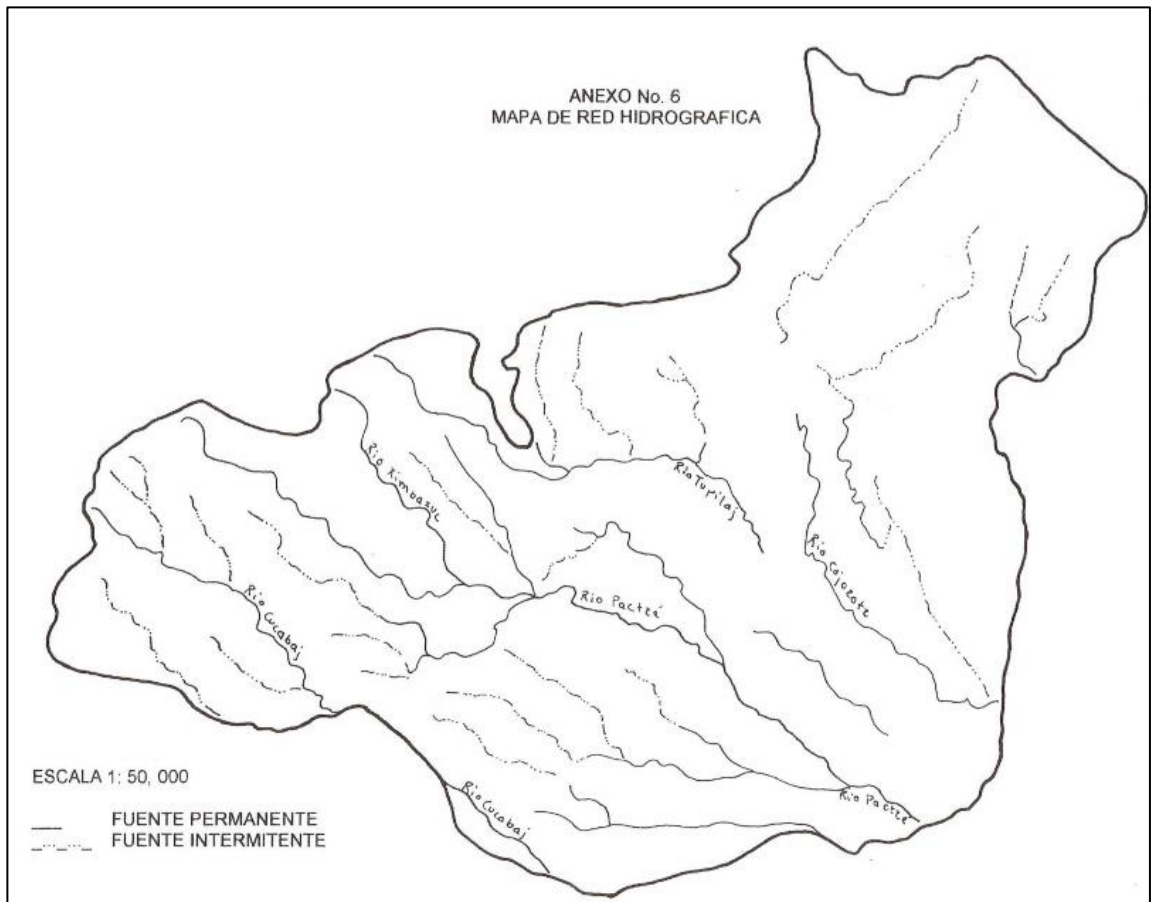
Fuente: diagnóstico del municipio de Chinique, Quiché.

1.1.4.4. Hidrografía

La comunidad cuenta con el río llamado Tupilaj, el cual es uno de los más importantes del municipio, es la línea divisoria entre las comunidades El Madrón y El Manzanillo II. Este río es perteneciente a la cuenca del Motagua que pasa por la aldea Sepelá en Chichicastenango y atraviesa el municipio de Chiché y al llegar a Chinique cambia su nombre a río Tupilaj. Este río mantiene un caudal

constante a lo largo de la temporada veraniega y aumenta en temporada de lluvia.

Figura 3. **Mapa de ríos de Chinique, Quiché**



Fuente: diagnóstico del municipio de Chinique, Quiché.

1.1.5. Tipos de suelos

Los suelos del departamento de Quiché han sido divididos en 24 unidades que consisten en 22 series de suelos y dos clases de terreno misceláneo. Estos han sido divididos en cinco amplios grupos.

- Suelos de las montañas volcánicas
- Suelos de la altiplanicie central
- Suelos de los cerros de caliza
- Suelos de las tierras bajas del Petén-Caribe
- Clases misceláneas de terreno

Así mismo, los grupos II, III y IV han sido divididos según el drenaje, la profundidad del suelo y el material madre. Los subgrupos en el grupo II son:

- Suelos bien drenados, profundos, sobre ceniza volcánica de color claro.
- Suelos bien drenados, poco profundos, sobre ceniza volcánica de color claro.
- Suelos bien drenados, profundos, sobre roca.
- Suelos bien drenados, poco profundos sobre roca.
- Suelos mal drenados.

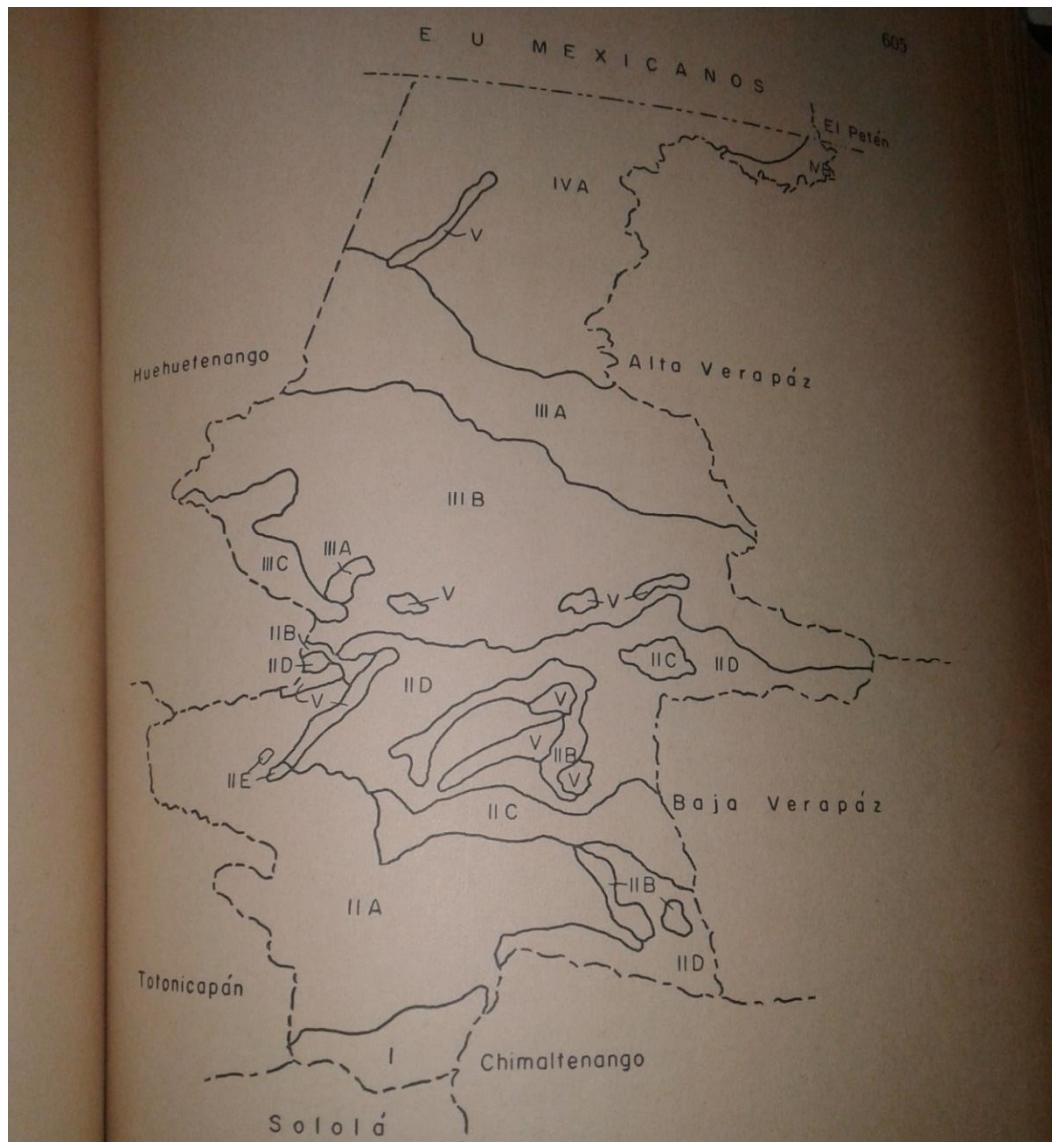
En el grupo III son:

- Suelos profundos drenados
- Suelos poco profundos

Y en el IV son:

- Suelos bien drenados
- Suelos mal drenados

Figura 4. **Mapa del departamento de Quiché, mostrando la localización de los diferentes grupos de suelos**



Fuente: clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala de Charles Simmons.

Tabla II. **Suelos y clases de terreno, su área y extensión relativa del departamento de Quiché**

Símbolo	Serie	Área (Hectáreas)	Porcentaje
Am	Amay	127 215	15,18
Ca	Calanté	147 949	17,66
Cm	Camanchá	13 320	1,59
Cr	Carchá	5 930	0,71
Ci	Civija	30 907	3,69
Ce	Cunén	2 342	0,28
Chl	Chapayal	9 306	1,11
Chx	Chixocol	1 335	0,16
Chy	Chixoy	36 420	4,35
Chg	Chol	42 886	5,12
Pz	Patzité	12 813	1,53
Qi	Quiché	97 228	11,61
Sa	Sacapulas	48 216	5,76
Si	Sinaché	27 235	3,25
Sl	Salamá	2 410	0,29
Sub	Subinal	3 607	0,43
Sn	Sholonimá	26 117	3,12
SA	Suelos aluviales no diferenciados	3 304	0,39
SV	Suelos de los Valles, no diferenciados	11 664	1,39
Tq	Toquiá	19 163	2,29
Tp	Totonicapán	3 304	0,39
Tz	Tzejá	148 411	17,71
Zc	Zacualpa	16 718	2,00
Total		837 800	100,00

Fuente: elaboración propia.

- Suelos de las montañas volcánicas

Los suelos de las montañas volcánicas comprenden solo una pequeña parte del área del departamento. En este grupo están incluidos los suelos Camanchá y Totonicapán. Se encuentran a elevaciones mayores a 2 300 metros sobre el nivel del mar y se caracterizan por sus suelos superficiales con alto contenido de materia orgánica, que en terrenos no cultivados puede ser sobre el 20 %. En las áreas cultivadas, dicho contenido ha

bajado por causa de los procesos biológicos y de la erosión. Generalmente, estos suelos no están cultivados porque gran parte del área está a elevaciones tan altas que pueden ocurrir heladas en cualquier época del año.

- Suelos de la altiplanicie central

La parte sur de Quiché, alrededor de una tercera parte del área, yace en la altiplanicie central. Es una región fuertemente ondulada sujeta a la erosión activa. Profundos y numerosos barrancos, muchos de los cuales tienen más de 200 metros de profundidad. Han cortado la región que está densamente poblada, mayormente por indígenas cuyos antepasados la poblaban cuando los españoles llegaron al principio del siglo XVI.

En efecto, una de las ciudades mayas más importantes estaba cerca del sitio actual de Santa Cruz del Quiché. En algunos pocos lugares se usan fertilizantes con éxito. La mayoría de los finqueros no puede pagar el precio. Aquellos que tienen ganado usan el estiércol como abono y otros finqueros llevan a sus campos el suelo superficial de los bosques.

Los suelos incluidos en el subgrupo A son bien drenados, profundos, sobre ceniza volcánica de color claro, son Patzité, Quiché y Sinaché. Difieren en características tales como la posición, la profundidad, la textura y el color de las capas superficiales y del subsuelo, y en la naturaleza de su material madre.

Los suelos incluidos en el subgrupo B son bien drenados, poco profundos, sobre ceniza volcánica de color claro, son Salamá y Zacualpa. No son comúnmente cultivados, pero gran parte del área es apropiada para el pastoreo.

Los únicos suelos incluidos en el subgrupo C, son bien drenados, profundos, sobre roca, son los civija. Se encuentran a elevaciones relativamente altas en Quiché y, generalmente, no están cultivados. Ocupan pendientes inclinadas y son adaptables a los bosques y al pastoreo. En algunos otros departamentos estos suelos yacen a elevaciones lo suficientemente bajas como para ser usados para el cultivo del café.

En el subgrupo D, son suelos bien drenados, poco profundos, sobre roca, están incluidos los Chol, Sacapulas, Sholonimá y Subinal. Con la excepción de las subinal, son raramente cultivados y casi todas las áreas están en bosques o maleza; pueden ser usados para el pastoreo. Ocupan pendientes inclinadas y gran parte del área es pedregosa. Se diferencian principalmente por la clase de roca sobre la cual se han desarrollado.

En el subgrupo E hay suelos mal drenados, se incluyen solamente los de Chixocol, que ocupan terreno plano en las depresiones leves.

- Suelos de los cerros de caliza

La parte central de Quiché, más de un tercio del área, yace en la región fisiográfica de los cerros de caliza. Varía en elevación desde cerca de 3 000 hasta más de 3 300 metros sobre el nivel del mar, y el relieve varía de fuertemente ondulado a inclinado. La región está levemente poblada y muy poca ha sido desmontada para los cultivos. En general, está densamente forestada con especies de árboles deciduos.

En algunos lugares es común el pino, particularmente en la parte sur de la región. Casi todas las áreas que están cultivadas tienen el mismo sistema de agricultura de milpas. En la parte central se produce algún café, gran parte del

área de esta división es apta para el pastoreo y para el cultivo de árboles maderables, ya que hay poco terreno que puede ser cultivado con maquinaria.

Incluidos en el subgrupo A, suelos profundos, están los suelos de Amay y Carchá. Ocupan pendientes menos inclinadas y son más adaptables para el desarrollo agrícola.

En el subgrupo B, suelos poco profundos, están incluidos los suelos de Calanté, Cunén, Chixoy y Toquiá. Ocupan pendientes inclinadas y, generalmente, son aptos para la producción de los cultivos limpios.

- Suelos de las tierras bajas del Petén-Caribe

La parte de Quiché yace en la región fisiográfica de las tierras bajas del Petén-Caribe. Esta región está en una planicie seccionada que se inclina hacia el norte. El relieve es fuertemente ondulado a inclinado. La región está poco poblada y solo pequeños campos están cultivados. La clasificación incluye dos suelos; uno está bien drenado y el otro está mal drenado. Las áreas bien drenadas están clasificadas como suelos Tzejá y las áreas mal drenadas como suelos Chapayal.

- Clases misceláneas de terreno

Las clases misceláneas de terreno incluyen áreas donde domina ninguna clase particular de suelo, o donde alguna característica geológica, o algún otro factor, limita su uso agrícola permanente. Las clases de este terreno en Quiché, son los suelos aluviales no diferenciados, y los suelos de los valles, no diferenciados. Ambas clases son arables y parte del terreno más productivo del departamento está incluido. En muchos lugares las áreas son muy pequeñas

para incluir en el mapa y constituyen el único terreno arable que se encuentra localmente.

Los suelos aluviales no diferenciados están ampliamente distribuidos en el departamento. No obstante, solo el área a lo largo del río San Blas es lo suficientemente grande como para aparecer en el mapa. Ocupan terreno casi plano a lo largo de los ríos. En general, estos suelos son arenosos y bien drenados, aunque se encuentran algunas áreas mal drenadas y algunos suelos de textura pesada. Están sujetas a las inundaciones, por lo que se usan para maíz y otros cultivos anuales. Son altamente productivos.

Los suelos de los valles, no diferenciados son una clase de terreno que incluye una gran variedad de condiciones de suelos y de pendiente. Muchas áreas son adaptables al cultivo.

Gran parte de la región, particularmente en declive norte, es apropiada para el café y la producción de ganado de carne. En la región de las montañas volcánicas hay muy poca agricultura. Gran parte yace a elevaciones tan altas que el peligro de las heladas en cualquier mes es tan grande que el área es apta solamente para los bosques y pastoreo. Deben mejorarse los potreros con pastos nutritivos y resistentes.

Es necesario controlar el pastoreo para evitar los estragos de la erosión. Los bosques pueden ser mejorados eliminando las especies indeseables y los árboles mal formados, y reforestando donde sea necesario. No es común en la región el quemar los bosques como en otras partes de Guatemala, práctica que debe continuarse. En las áreas protegidas más bajas pueden producirse el trigo y las papas; sin embargo, debe elegirse estos sitios cuidadosamente para evitar pérdidas a causa de las heladas.

Las tierras bajas del Petén-Caribe se caracterizan por sus suelos lixiviados y poco productivos, debiendo dejarse en bosques permanentes. Además, deben hacerse estudios cuidadosos, incluyendo experimentos de siembras, antes de intentar el desarrollo agrícola de la región. Es necesario mejorar los bosques con especies maderables, como la caoba, y evitando los incendios.

El suelo del caserío El Manzanillo II pertenece a la serie “Sacapulas”. Este suelo es poco profundo, bien drenado desarrollado sobre granito suave que, de acuerdo con las estaciones meteorológicas más cercanas, ubicadas en Huehuetenango y Quetzaltenango, respectivamente, indican que el clima va de seco a húmedo seco.

1.1.6. Flora

Dentro del caserío se puede encontrar una gran variedad de plantas en las cuales destacan: crisantemo, gladiolo, clavel, dalia, rosa, margarita, cartucho, geranio, pensamiento, petunia, pitaya, violeta, azucena, entre otras.

En la rama de las plantas medicinales se encuentran las siguientes: ruda, sábila, hierbabuena, apasote, verbena, manzanillo; y productos de consumo diario como maíz, frijol, garbanzo, haba, arveja, avena y cebada.

Dentro de las especies boscosas se encuentran: pino, en la gran mayoría, pinabete, ciprés, madrón y roble, además de árboles frutales como naranja, lima, limón, aguacatales.

1.1.7. Fauna

Las especies silvestres que se encuentran en el área son; conejos, ardillas, tacuazines, mapaches y zorros, además de las aves, tales como: tecolotes, guardabarrancas, senzontes, chocoyos, gavilanes, xaras, zopes, chipitos, codornices, palomas de castilla, cantadoras, torcazas, tortolitas, gorriones, chorchas, carpinteros, corrochoch, sanates, golondrinas.

Entre los animales domésticos los más comunes son: vacas, cerdos, mulas, caballos, perros y gatos, además de aves de corral como gallos, gallinas, chompipes y patos.

1.1.8. Topografía

En la comunidad se tienen relieves inclinados a altitudes relativamente medianas, en las cuales el manto superficial de los suelos es café grisáceo o café grisáceo oscuro.

1.1.9. Economía

Dentro del caserío existen varias actividades económicas en las que predominan la agricultura, el comercio, la albañilería y mano de obra no calificada; el salario oscila entre los Q. 40,00 y Q. 60,00. En la comunidad, los hombres en su mayoría trabajan en labores agrícolas y las mujeres al cuidado de la casa. Asimismo, existe un porcentaje muy reducido de hombre y mujeres que ejerce algún oficio.

También hay gran variedad de cultivos en los cuales, los principales productos son: maíz, frijol, tomate, haba, arveja; el proceso de siembra es en la

época de invierno, debido a las condiciones de terreno de la comunidad. De la cosecha producida, el 90 % aproximadamente, es para consumo propio y tan solo el 10 % es para la comercialización, el cual es vendido en el mercado municipal o bien, a otras personas que residen fuera de la comunidad.

Dentro de las actividades artesanales se tienen: la elaboración de adobes, las cuales está destinado para la construcción de viviendas propias y en pequeñas cantidades para el comercio y carpintería.

1.1.10. Servicio público

A continuación, se muestran los servicios públicos que se ofrecen.

1.1.10.1. Educación

Debido a la cercanía con el casco urbano y otras comunidades, el caserío El Manzanillo II no tiene ningún centro educativo. La mayoría de niños de la comunidad asiste a la escuela de Parraxquín o al área urbana del municipio.

Tabla III. **Información académica**

	Hombres	Mujeres	Total
Personas que saben leer y escribir:	54	44	98
Personas que no saben leer ni escribir:	66	95	161
Personas con educación media:	Maestros	Peritos	otros
	13	4	6

Fuente: Diagnóstico comunitario del caserío El Manzanillo II.

1.1.10.2. Salud

Dentro del caserío no hay ningún centro de convergencia en el cual se pueda prestar servicio a la población, al igual que no existe control sobre la calidad del agua.

Las enfermedades más frecuentes en la población son: dolor de estómago, diarrea, fiebre, gripe, entre otras; en un porcentaje muy reducido, personas que padezcan enfermedades como la diabetes, gastritis, ceguera parcial, hipertensión y otras generadas por alteraciones nerviosas.

La mayor parte de las enfermedades comunes en la población es por el uso inadecuado de los servicios públicos, así también como la poca educación sobre la buena higiene personal.

En la actualidad existen dos comadronas que prestan sus servicios para la atención de mujeres en periodo de gestación, también se utiliza medicina alternativa como las plantas medicinales, en las cuales las más usadas son: pericón, verbena, hierba buena y manzanilla.

1.1.10.3. Drenaje

La falta de sistemas de drenaje es una de las causas más importantes en la generación de enfermedades en la comunidad, así mismo, no se cuenta con letrinas, esto aumenta la contaminación ambiental generada por el agua residual estancada en la comunidad, la cual facilita la reproducción de focos de insectos transmisores de enfermedades.

1.1.11. Aspectos culturales

A continuación, se muestran los aspectos culturales de la región.

1.1.11.1. Celebraciones

Como tal, el caserío de El Manzanillo II no cuenta con patrono, por lo cual los feligreses católicos asisten a la fiesta más grande del municipio que es la feria del 15 de enero en honor al Cristo Negro de Esquipulas, en donde se tienen varias actividades que caracterizan al municipio como jaripeo, carrera de cintas, pelea de gallos, carrera de motos en duro, además de conservar el baile de la conquista, del torito, de la culebra, de los atzellez, o quema de toritos de fuego.

Los fieles católicos en actividades de Semana Santa tienen la costumbre de realizar coloridas alfombras que adornan el recorrido de las procesiones, las cuales son elaboradas por familias completas destacando el ingenio chiniquense.

1.1.11.2. Traje típico

El traje típico, tanto del municipio de Chinique como del caserío de El Manzanillo II, consta de los siguientes elementos:

- Blusa blanca: representa la pureza de la mujer y la paz.
- El corte, el delantal y el perraje: representan el esplendor de la naturaleza.

- El collar y los aretes: representan la belleza de la mujer maya.
- Las trenzas: representa el respeto de la mujer.
- Los caites: son el color de la tierra y representan la humildad y la fuerza de la mujer chiniquense.

1.1.12. Tasa de mortalidad

Los datos de mortalidad se describen en las siguientes tablas:

Tabla IV. **Mortalidad en general**

Morbilidad por grupos de edad	No. de muertes (Numerador)	Población (Denominador)	Constante	Tasa de Mortalidad
Tasa de mortalidad de 0 a 7 días	1	315	1 000	3
Tasa de mortalidad de 8 a 26 días	0	315	1 000	0
Tasa de mortalidad Infantil (1 año)	6	315	1 000	19
Tasa de mortalidad de 1 a 4 años	5	1 091	1 000	5
Tasa de mortalidad de 5 a 9 años	1	1 271	1 000	1
Tasa de mortalidad de 10 a 14 años	0	552	1 000	0
Tasa de mortalidad de 15 a 19 años	1	450	1 000	2

Fuente: Diagnóstico comunitario del caserío El Manzanillo II.

Tabla V. **Causas de mortalidad en niños menores de 1 año**

No.	Causas de mortalidad en menores de 1 año	Número de muertes	%
1	Bronco neumonía	3	50
2	Enfermedad diarreica aguda bacteriana	1	16,67
3	Hidrocefalo no especificado	1	16,67
4	Causa mal definida	1	16,67
Total de causas		6	

Fuente: Diagnóstico comunitario del caserío El Manzanillo II.

Tabla VI. **Causas de mortalidad en niños de 1 a 4 años**

No.	Causas de mortalidad de 1 a 4 años	Número de muertes	%
1	Bronco neumonía	2	40
2	Disentería amebiana aguda	1	20
3	Desequilibrio hidro electrolítico	1	20
4	Apendicitis aguda	1	20
Total de causas		5	

Fuente: Diagnóstico comunitario del caserío El Manzanillo II.

1.1.13. Religión

Dentro del municipio de Chinique se profesa la religión católica, evangélica y mormona. Los templos ubicados en el municipio son:

Tabla VII. **Templos existentes en el municipio de Chinique**

1	Iglesia católica
2	Iglesia de Cristo Elim
3	Iglesia de Jesucristo Palabra Miel
4	Iglesia Evangelio Completo
5	Iglesia Vida Cristiana
6	Iglesia Adventista del séptimo día
7	Testigos de Jehová
8	Iglesia Mormona
9	Iglesia Carismática

Fuente: elaboración propia.

1.2. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío El Manzanillo II, Chinique, Quiché

A continuación, se muestra el diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío El Manzanillo II, Chinique, Quiché.

1.2.1. Descripción de las necesidades

De acuerdo con el estudio realizado en el caserío, acerca de las condiciones de vida además de las necesidades insatisfechas del lugar, se generó la siguiente tabla, en la que se describe los principales problemas de la comunidad.

Tabla VIII. **Necesidades insatisfechas del caserío El Manzanillo II**

No.	Problema	Causa	Solución	¿En qué puede ayudar la comunidad?
1	Carretera en mal estado	Desinterés de las autoridades municipales para brindar mantenimiento a la carretera	Pavimentación de la cruz a Eleuterio Reyes.	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada
2	Inexistencia de un nacimiento de agua comunitario	Escasos recursos económicos para la adquisición de un nacimiento de agua	Compra de nacimiento de agua potable	
3	Falta de mantenimiento a la carretera de la comunidad	Negligencia de las autoridades locales	Mejoramiento de la carretera de Manzanillo ii, sector los Montúfar.	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada.
4	Inexistencia de un salón comunal	Inexistencia de apoyo institucional para la construcción de un salón comunal	Construcción centro de capacitación (salón)	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada
5	Tala inmoderada de árboles	El recurso bosque es utilizado para la cocción de los alimentos	Proyecto de estufas mejoradas	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada.
6	Techos de viviendas en mal estado	Los fuertes cambios climáticos actuales	Dotación de techo mínimo	
7	Inexistencia de un centro educativo	Oposición de autoridades educativas municipales y	Construcción de una escuela	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada.
8	Contaminación ambiental	Aguas servidas se encuentran a flor de tierra de tierra	Proyecto de drenaje	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada
9	Inseguridad poblacional por las noches	Insuficiente cobertura del alumbrado público	Ampliación del alumbrado público	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada
10	Escasez de agua potable	Crecimiento poblacional	Ampliación del agua potable	Se cuenta con: • Mano de obra no calificada

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

Al considerar la importancia de la salud y la educación, no solo en el caserío El Manzanillo II, sino también en el municipio de Chinique, se determinó propiciar que el desarrollo de proyectos que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida y la evolución social e integral de los habitantes del caserío.

Después de tomar en cuenta las necesidades del caserío El Manzanillo II, el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable contribuirá a disminuir la tasa de enfermedades generadas por el consumo de agua contaminada y el diseño de un centro escolar de dos niveles en el barrio La Cruz del casco urbano, mejorará en gran parte a la población estudiantil.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Manzanillo II, Chinique, Quiché

A continuación, se describe el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Manzanillo II, Chinique, Quiché.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto corresponde al diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para el caserío El Manzanillo II, el cual cuenta con una población actual de 284 habitantes distribuidos en 65 familias. La fuente de la cual se suministrará el agua consta de una serie de 10 nacimientos ubicados dentro una pendiente en común.

El sistema se compondrá de la siguiente manera:

- 3 857,60 metros de línea de conducción
- 1 tanque de distribución de 20 metros cúbicos
- 3 359,44 metros de red de distribución
- 7 pasos aéreos de diferentes longitudes
- 65 unidades de conexiones domiciliarias

2.1.2. Tasa de crecimiento poblacional

De acuerdo con censos realizados por el INE y documentación existente en la municipalidad de Chinique, se determinó que el crecimiento poblacional del municipio es del 2,4 %.

2.1.3. Periodo de diseño

Es el periodo de tiempo en el cual un sistema de agua potable tendrá una funcionalidad óptima, es decir, abastecerá a la comunidad con eficiencia, la cual comienza desde el inicio de operación del sistema. De acuerdo con la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano hay varios factores por tomar en cuenta para determinar el periodo de diseño como, por ejemplo, la vida útil de los materiales, comportamiento del sistema en los primeros años, entre otros. La guía ya mencionada sugiere lo siguiente:

- Para obras civiles: 20 años
- Equipos mecánicos: 5 a 10 años
- En casos especiales se considerará el proyecto por etapas
- Considerar un tiempo de gestión aproximado de 2 años

Considerando lo anterior, se determinó que se utilizará un periodo de diseño de 22 años.

2.1.4. Determinación de población y proyección

La población del caserío El Manzanillo II está compuesta de la siguiente forma:

Tabla IX. **Población por beneficiar**

Cantidad de habitantes		
Hombres	Mujeres	Total
132	152	284
Cantidad de familias		
Familias indígenas	Familias no indígenas	Total
35	30	65

Fuente: elaboración propia.

Para realizar la proyección de una población existen varios métodos, de los cuales se utilizó el método de incremento geométrico, que se usa generalmente para poblaciones pequeñas, y está basada en el crecimiento poblacional de un lugar.

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

Donde:

P_f = población futura	=479 habitantes
P_o =población inicial o actual	=284 habitantes
r =tasa de crecimiento	=2,4 %
n =período de diseño en años	=22 años

Por lo tanto, la población después de 22 años es la siguiente:

$$P_f = 284 \text{ hab} * (1 + 0,024)^{22\text{años}} = 478,53 \text{ hab} \cong 479 \text{ habitantes}$$

2.1.5. Factores de caudales de consumo

Nota: los criterios para la determinación de los factores son tomadas de la guía de normas de diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para el consumo humano.

2.1.5.1. Factor de día máximo (FMD)

Este factor se generó a partir de la observación de la cantidad del consumo de agua a lo largo del año, debido a que en temporada seca se utiliza más agua en comparación de temporada de lluvia o de frío. Este factor oscila entre 1,2 y 1,5 dependiendo la población futura por servir; los criterios para determinar el factor son los siguientes:

1,2 cuando $P_f > 1\ 000$ habitantes

1,5 cuando $P_f < 1\ 000$ habitantes

Para este proyecto valor que toma el FMD es de 1,5.

2.1.5.2. Factor de hora máximo (FMH)

A diferencia del factor anterior, este factor está entre 2 y 3, y se produjo debido al consumo de agua a lo largo del día, dado que la utilización del agua no va a ser la misma al amanecer que al atardecer o en horas de la noche. Al igual que el factor anterior, depende del número de habitantes por servir en el futuro, y para determinar el factor se sigue la siguiente condición:

2 cuando $P_f > 1\ 000$ habitantes

3 cuando $P_f < 1\ 000$ habitantes

El valor que toma el FMH para este proyecto es de 3.

2.1.5.3. Caudal medio diario

Se define como el producto de la dotación y la población futura dividida por la cantidad de segundos que contiene un día (86 400).

$$Q_m = \frac{Dot * P_f}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario dado en L/s
 Dot = dotación
 P_f = estimación de población futura

$$Q_m = \frac{\frac{95 \frac{L}{hab}}{dia} * 479hab}{86\ 400} = 0,56 L/s$$

2.1.5.4. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario es el producto del caudal medio diario por el factor máximo diario (FMD), descrito anteriormente:

$$QMD = Q_m * FMD$$

Donde:

QMD = caudal máximo diario

Qm = caudal medio diario

FMD = factor máximo diario

La estimación futura de la población del caserío El Manzanillo II es de 479 habitantes, por lo tanto, el coeficiente por utilizar es de 1,5.

$$QMD = 0,56 \frac{L}{s} * 1,5 = 0,84 L/s$$

2.1.5.5. Caudal máximo horario

Se define como el producto del caudal medio diario por el factor máximo horario (FMH), y se establece matemáticamente de la siguiente forma:

$$QMH = Q_m * FMH$$

Donde:

QMH: caudal máximo diario

Qm: caudal medio diario

FMH: factor máximo horario

De acuerdo con el cálculo de población futura, se estableció que es de 479 habitantes por lo tanto el FMH es de 3.

$$QMH = 0,56 \frac{L}{s} * 3 = 1,68 L/s$$

2.1.5.6. Diseño hidráulico

A continuación, se muestra el diseño hidráulico.

2.1.5.6.1. Consideraciones generales

- Fuentes de captación

De acuerdo con la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de consumo humano, muestra que la fuente está en condiciones de proveer un caudal continuo, especialmente en período de estiaje.

Asimismo, las utilidades de las fuentes no deben comprometer el recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo, por lo tanto, se debe garantizar actividades relacionadas con la recarga hídrica, por lo cual, se construirán captaciones de brote definido. Se deberán establecer las convenciones necesarias sobre la utilización de las fuentes para evitar conflictos entre comunidades.

- Aforo de fuentes

Es la práctica en la cual se determina el caudal que tiene una fuente. Aunque existen varios métodos de aforo, el más utilizado es el método volumétrico que consiste en establecer el tiempo que le toma al agua en llenar un recipiente de volumen conocido.

El sistema de abastecimiento para el caserío El Manzanillo II, cuenta con 10 nacimientos en total, las cuales fueron aforadas por el método volumétrico.

Los caudales establecidos por el método ya mencionado, se describen en la siguiente tabla:

Tabla X. **Aforo de nacimientos**

Nacimiento	Caudal	Fecha
Nacimiento 1	0,205	27-04-18
Nacimiento 2	0,1	27-04-18
Nacimiento 3	0,05	27-04-18
Nacimiento 4	0,04	27-04-18
Nacimiento 5	0,06	27-04-18
Nacimiento 6	0,03	27-04-18
Nacimiento 7	0,04	27-04-18
Nacimiento 8	0,03	27-04-18
Nacimiento 9	0,03	27-04-18
Nacimiento 10	0,04	27-04-18
Total	0,625	

Fuente: elaboración propia.

- Calidad de agua
 - Normas de calidad del agua

Para establecer la calidad de los nacimientos de agua que abastecerán el sistema destinado al caserío El Manzanillo II, se consultó la siguiente norma:

- Coguanor ntg 29001: agua para consumo humano

Esta norma describe todas las características físicas y organolépticas, en sus valores límites máximos tanto aceptables como permisibles que debe poseer el agua de los nacimientos que abastecerán el sistema de agua.

COGUANOR NTG 29006: agua para consumo humano (agua potable). generalidades para la recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras, esta describe el método correcto para la extracción de la muestra de las fuentes de captación.

- Análisis fisicoquímico

El principal objetivo del análisis físico es determinar las características físicas del agua como el olor, color, sabor, las cuales se pueden ser detectadas por medio de los sentidos, además del potencial de hidrógeno por el cual pueden ser establecidas la acidez o alcalinidad del agua y la turbidez.

Asimismo, el análisis químico se realiza para determinar las cantidades de materia mineral y orgánica que posee el agua y que puede afectar la calidad, además de proporcionar datos significativos acerca de la contaminación del agua que pueden ser importantes para el proceso de purificación. Las concentraciones de las sustancias minerales químicas que puede contener el agua deben estar por debajo de los límites permisibles o aceptables, que es cuando el agua no afecta la salud del consumidor.

Para la evolución de calidad de agua de los nacimientos, se tomó la muestra equivalente a un galón de agua, el cual fue analizado en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con resultados satisfactorios de acuerdo con la normativa de la OMS (ver resultados en anexo 1).

- **Análisis bacteriológico**

El análisis bacteriológico se realiza para determinar el nivel de contaminación que posee el agua debido a la presencia de microorganismos patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales.

Al igual que el análisis fisicoquímico, el análisis bacteriológico se realizó en el centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería con una muestra de 100 ml y de acuerdo con la norma COGUANOR NTG 29001 y las normas internacionales de la OMS. Se determinó que el agua se encuentra en la clasificación II, por cual, el agua necesita métodos habituales de desinfección (Ver resultados en anexo 1).

2.1.6. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a un habitante por día, generalmente se expresa en L/hab./día y se deben tomar en cuenta varios factores como el clima, nivel de vida, actividades productivas, calidad y cantidad de agua, entre otros.

La guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano establece que el servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales tendrán una dotación de 60 a 90 L/hab./día.

Tomando en cuenta que el caserío de El Manzanillo II es un lugar semiboscoso, con climas muy peculiares en los cuales en época seca se caracteriza por el intenso calor, y en el resto del año con climas templados a fríos, y con actividad agrícola moderada, se utilizó una dotación de 95 L/hab./día.

2.1.7. Topografía

Es la ciencia que consiste en la aplicación de métodos y procesos para la realización de mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. Para la realización del levantamiento topográfico se utilizó el siguiente equipo.

- Teodolito digital
- Estadal
- Plomada
- Cinta métrica
- Trípode

Además, de contar con la participación de habitantes de la comunidad para realizar más rápida el trabajo topográfico.

2.1.7.1. Planimetría

Es la rama de la topografía que se encarga de la determinación de las distancias horizontales y las coordenadas y su proyección en dos dimensiones (vista en planta). Existen varios métodos de levantamientos topográficos para un sistema de agua potable, como el método de dobles deflexiones y conservación del azimut, que fue el método utilizado y realizar radiaciones hacia las viviendas.

2.1.7.2. Altimetría

Es la rama de la topografía que tiene como principal objetivo establecer los desniveles (diferencia de niveles) que conforman el terreno del sistema de

abastecimiento. Existen varios métodos altimétricos como la nivelación geométrica o también llamada por alturas, la nivelación trigonométrica o taquimetría, la nivelación por láser y la batimetría.

El método usado para el sistema de agua fue la nivelación taquimétrica, ya que se utilizó el mismo equipo con el que se realizó la planimetría, tomando como dato adicional el ángulo cenital.

2.1.8. Diseño del sistema

A continuación, se muestra el diseño del sistema.

2.1.8.1. Captación

La captación se realizará mediante una obra de captación típica, la cual es una obra civil que se encarga de recolectar el agua proveniente, en este caso, de nacimientos de brotes definidos que emergen de la montaña. Se realizarán 10 cajas de captación, sistemáticamente construidas además de promover la correcta captación para garantizar la continuidad del caudal que se necesita para satisfacer a la población demandante.

La obra de captación está constituida por los siguientes componentes: caja de válvulas, muro de contención, sello sanitario, caja reunidora y depósito de agua.

2.1.8.2. Línea de conducción

- Ubicación de caja rompe presión

Para el diseño de la línea de conducción se utilizó tubería de PVC, con diferentes resistencias, debido a los cambios de nivel, además de usar una caja rompe presión (CRP). En el tramo que indica desde la caja unificadora de caudal ubicada en la estación 0 hasta la CRP se colocó tubería de 160 psi y desde la CRP hasta el tanque de distribución (TD) se empleó tubería de 250 psi.

Para determinar el punto en el cual se ubicó la C.R.P. se realizará la diferencia de cotas entre los puntos más altos y más bajos, además de determinar el punto en el cual se realizará el cambio de resistencia de tubería.

Para determinar lo anterior se utilizará las equivalencias de presiones de libra por pulgada cuadrada (psi) a metro columna de agua (mca). En los cuales se usarán los siguientes:

160 psi	=	112,50	mca
250 psi	=	176	mca
315psi	=	222	mca

- Diferencias de cotas entre C.R.C. y tanque de distribución

Cota C.R.C.: 500 m

Cota T.D.: 418 615 m

$$H = C_{C.R.C} - C_{T.D.}$$

Donde:

H = Diferencia de cotas

$C_{C.R.C.}$ = Cota caja reunidora de caudal

$C_{T.D.}$ = Cota tanque de distribución

$$H = 500m - 418\,615m = 81\,385m < 112\,5mca$$

- Diferencia de cotas entre C.R.C y primer punto más bajo (1+559 953).

Cota C.R.C.: 500 m

Cota E-21: 421 903 m

$$H = C_{C.R.C} - C_{E-21}$$

Donde:

H = Diferencia de cotas

$C_{C.R.C.}$ = Cota caja reunidora de caudal

$C_{T.D.}$ = Cota E-21

$$H = 500m - 421\,903m = 78\,097m < 112,5mca$$

- Diferencia de cotas entre C.R.C y fondo de riachuelo 1+559 953 (344 063m).

Cota C.R.C.: 500 m

Cota 1+559,953: 344,063 m

$$H = C_{C.R.C} - C_{1+559.953}$$

Donde:

H = Diferencia de cotas
C_{C.R.C.} = Cota caja reunidora de caudal
C_{T.D.} = Cota 1+559 953

$$H = 500m - 344\,063m = 155\,937m > 112,5mca$$

Para mantener una cota piezométrica elevada la caja rompe presión se construirá en la estación E-20, en el cual llegará la tubería de 160 psi y en los tramos posteriores se alternarán entre tubería de 160 psi y 250 psi.

- Diferencia de alturas desde 1+120 hasta punto más bajo (riachuelo, 2+728,089).

Cota C.R.P.: 454,966 m

Cota 1+2+728,089: 275,526m

$$H = C_{C.R.C} - C_{1+559.953}$$

Donde:

H = Diferencia de cotas
C_{C.R.C.} = Cota caja reunidora de caudal
C_{T.D.} = Cota 1+053,671

$$H = 454,966m - 275,526m = 179,44m > 176mca$$

- Diseño de línea de conducción

Para determinar las pérdidas ocasionadas por la fricción del material de la tubería, se utilizará la ecuación de Hazen Williams, la cual está dada por:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \emptyset^{4,87}}$$

Donde:

- Hf= Pérdidas de carga (m)
- L= Longitud del tramo (m)
- Q= Caudal (L/s)
- C= Coeficiente de fricción que depende del material
- ∅= Diámetro interno de la tubería (pulgadas)

El valor de ∅ por utilizar, se describen en la siguiente tabla:

Tabla XI. **Diámetros interiores de tubería de PVC**

Diámetro comercial	Diámetro interior				
	100 psi	125 psi	160 psi	250psi	315 psi
1/2					0,716
3/4				0,926	
1			1,195	1,161	
1 1/4			1,532	1,464	
1 1/2			1,754	1,676	
2			2,193	2,095	
2 1/2			2,655	2,537	
3		3,284	3,23	3,088	
4	4,28	4,224	4,154	3,97	
6	6,301	6,217	6,115	5,845	
8	8,205	8,095	7961	7,609	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Diámetros interiores de tubería de HG**

Diámetro comercial	Diámetro interior
1/2	0,731
3/4	0,937
1	1,182
1 1/4	1,52
1 1/2	1,755
2	2,221
2 1/2	2,672
3	3,284
4	4,263
5	5,305
6	6,345
8	8,303
10	10,385
12	12,375

Fuente: elaboración propia.

Tramo 1

Datos de diseño: Material por utilizar: PVC = C=150

Caudal máximo diario: = QMD=0,80 L/s

Longitud del tramo: = L=560 m

- Determinar el diámetro por usar

$$H = 500m - 455,934m = 44,066m$$

$$\emptyset = \left(\frac{1743,811 * 560m * 1,05 * \left(\frac{0,80L}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 44,066m} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,079 \text{ pulgadas}$$

Se utilizará tubería de 1".

- Calcular las pérdidas de carga

$$H_{f_{1''}} = \frac{1743,811 * 560m * 1,05 * \left(\frac{0,80L}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 1,195^{4,87}} = 25,856m$$

- Cálculo de pérdidas reales

$$H_{f_{1''}} = \frac{1743,811 * 560m * \left(\frac{0,69L}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 1,195^{4,87}} = 25,577m$$

$$\sum H_{f_{1''}} = 25,577m < 44,066m \rightarrow \text{Cumple}$$

Debido a que la cota piezométrica de la línea de conducción queda por debajo del nivel del suelo en el siguiente tramo, se aumentará el diámetro de la tubería para disminuir las pérdidas por fricción, utilizando así, tubería de 1 ¼".

- Cálculo de pérdidas reales

$$H_{f_{1\frac{1}{4}''}} = \frac{1743,811 * 560m * \left(\frac{0,80L}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 1,532^{4,87}} = 7,628m$$

$$\sum H_{f_{1\frac{1}{4}''}} = 7,628m < 44,066m \rightarrow \text{OK}$$

Los resultados de pérdidas, diámetro y velocidad se encuentran descritos la tabla del anexo 2.

2.1.8.3. Tanque de distribución

- Volumen de almacenamiento

$$\bar{V}_A = Q_m * F_{vol}$$

$$\bar{V}_A = 0,53 \frac{L}{s} * 40 \% * \frac{86\ 400\ s}{dia} * \frac{1m^3}{1\ 000\ L} = 18,32m^3 / dia$$

El volumen de almacenamiento de diseño será de 20 m3.

- Dimensionamiento del tanque

Se asume que la relación largo-ancho será de 1:2 con una altura de 1,70 m.

$$L = 2a$$

$$V = L * a * h$$

$$Area = a * 2a = a^2$$

$$2a^2 * h = 19m^3$$

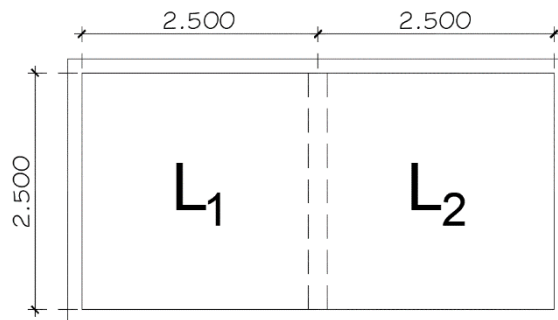
$$a = \sqrt{\frac{20m^3}{2 * 1,7m}} = 2,43m \cong 2,50\ m$$

$$L = 2 * 2,50m = 5m$$

- Diseño de losa

Utilizando como referencia el ACI 318, se realiza el diseño de la losa del tanque, tomando como referencia la siguiente figura:

Figura 5. **Losa de tanque de distribución/almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

- Determinar tipo de losa por utilizar

$$M = \frac{\text{Lado corto}}{\text{Lado largo}} = \frac{2,5m}{2,5m} = 1 \geq 0,5; \text{ losa en dos direcciones}$$

- Establecer espesor de losa (t)

$$t = \frac{2 * \text{largo} + 2 * \text{ancho}}{180} = \frac{4 * 250cm}{180} = 6,67cm \cong 10cm$$

- Integración de cargas

Carga muerta

$$DL = P_{\text{losa}} + P_{\text{sobrecarga}}$$

$$P_{sobrecarga} = 50 \text{ kg/m}$$

$$P_{plosa} = \frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3} * 0,10 \text{ m} * 1 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}$$

$$DL = 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 315 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$LL = 100 \text{ kg/m}$$

Carga última

$$CU = 1,4 DL + 1,7 LL$$

$$CU = 1,4 * 315 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 1,7 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 611 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de momentos

$$M_{A+} = A^2 * (C_{am} * DL + C_{av} * LL)$$

$$M_{A+} = (2,5 \text{ m})^2 * \left(0,023 * 441 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0,030 * \frac{170 \text{ kg}}{\text{m}} \right) = 95,27 \text{ kg} * \text{ m}$$

$$M_{A1-} = \frac{M_{A+}}{3}$$

$$M_{A1-} = \frac{95,27 \text{ kg} * \text{ m}}{3} = 31,76 \text{ kg} * \text{ m}$$

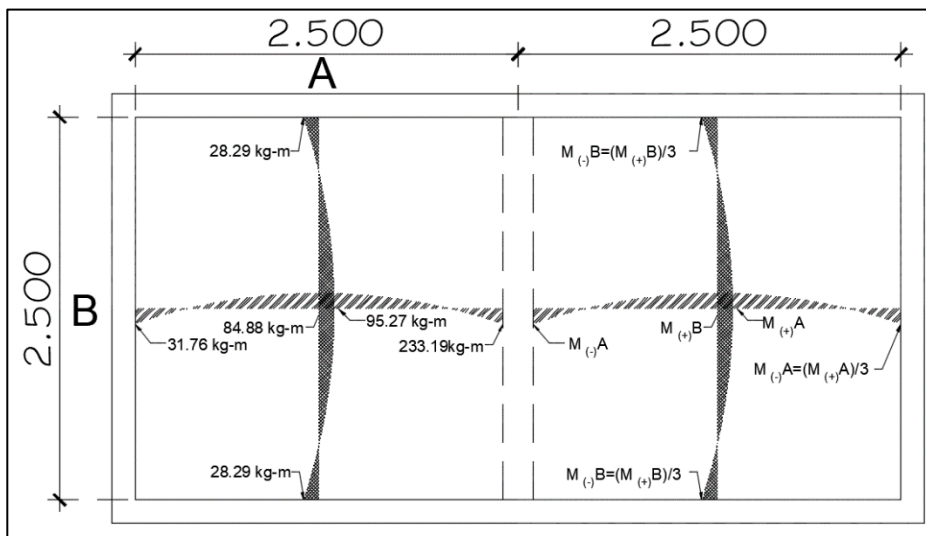
$$M_{A2-} = (2,5m)^2 * \left(0,061 * 441 \frac{kg}{m} + 0,033 * \frac{170kg}{m}\right) = 233,19 kg * m$$

$$M_{B+} = B^2 * (C_b * DL + C_b * LL)$$

$$M_{B+} = (2,5m)^2 * \left(0,020 * 441 \frac{kg}{m} + 0,028 * \frac{170kg}{m}\right) = 84,88 kg * m$$

$$M_{B-} = \frac{84,88 kg * m}{3} = 28,29 kg * m$$

Figura 6. Momentos actuantes en losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

- Cálculo de refuerzo

$$A_s = \left[B * d - \sqrt{(B * d)^2 - \frac{M_u * B}{0,003825 F'c}} \right] * \frac{0,85 * F'c}{F'y}$$

Datos por utilizar:

F'c=	resistencia a compresión del concreto:	210 kg/cm ²
F'y=	módulo de fluencia del acero:	2 810 kg/cm ²
Ø=	diámetro de la varilla longitudinal:	3/8 in
t=	espesor de losa:	10cm
Rec=	recubrimiento:	2,5cm
d=	peralte efectivo	cm
M _u =	momento último	kg/m
B=	franja unitaria	cm

Peralte efectivo (d)

$$d = t - rec - \frac{\phi}{2}$$
$$d = 10cm - 2,5cm - \frac{0,95cm}{2} = 7,025cm$$

Acero mínimo (A_{smín})

De acuerdo con el ACI 318-14, el refuerzo mínimo en la parte inferior de la losa, en cada dirección, debe ser el mayor de las siguientes ecuaciones:

$$A_s = \frac{14.1}{f'y} * b * d$$

$$A_s = \frac{0,8 * \sqrt{f'c} * b_w * d}{f'y}$$

$$A_{smin} = \frac{14,1}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 100cm * 7,025cm = 3,53 cm^2$$

$$A_s = \frac{0,8 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}} * 100cm * 7,025cm}{\frac{2810kg}{cm^2}} = 2,90 cm^2$$

$$A_s = \left[100 * 7,025 - \sqrt{(100 * 7,025)^2 - \frac{362,78 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 2,09$$

Tabla XIII. **Áreas de acero y espaciamientos**

Momento (Kg-m)	As (cm ²)	S (cm)	S _{max} (cm)
233,19	1,3324	95,07	30
95,27	0,5395	234,81	30
84,88	0,4803	263,75	30
31,76	0,1971	642,72	30
28,29	0,1595	794,232	30

Fuente: elaboración propia.

Considerando que las áreas de acero requeridas por cada uno de los momentos son menores a la cuantía mínima establecida por el ACI 318-14, sección losas en dos direcciones, se utilizará el acero mínimo, que es de 3,53 cm².

Espaciamiento

El armado de la losa se realizará con varillas núm. 3, por lo tanto, el espaciamiento entre varillas es la siguiente:

$$S = \frac{A_{varilla} * b}{A_{smin}}$$

$$S = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100\text{cm}}{3,53 \text{ cm}^2} = 20,11 \text{ cm} \cong 20\text{cm}$$

$$S_{max} = 2t = 2 * 10\text{cm} = 20\text{cm}$$

Para el armado de la losa, usar: varillas núm. 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Diseño de viga

De acuerdo con el inciso 9.3.1 del ACI 318-14, en el cual se describe la forma de establecer el peralte mínimo de una viga simplemente apoyada, la cual se determina mediante la siguiente ecuación:

$$h_{viga} = \frac{\text{longitud de viga}}{16} = \frac{250\text{cm}}{16} = 15,63 \text{ cm}$$

El peralte de viga por utilizar es de 20 cm.

Para la determinación de la base de una viga, generalmente se utilizan la más conveniente de las siguientes relaciones:

$$\frac{h}{2} \leq b \leq \frac{2h}{3}$$

$$\frac{20\text{cm}}{2} = 10\text{cm} \leq b \leq \frac{2(20\text{cm})}{3} = 13.3\text{cm}$$

Con el fin de una fácil construcción, se le aumentará 5 cm de altura y base, por lo tanto, la sección de la viga será de 20 cm *25 cm.

- Integración de cargas

Datos por utilizar:

$$F'y: 2\,810\text{ kg/cm}^2$$

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

$$P_{sc}: 100\text{ kg/m}^2$$

$$P_{CV}: 125\text{ kg/m}^2$$

$$A_{trib}: 4,02\text{m}^2$$

$$h_{viga}: 25\text{cm}$$

$$b_{viga}: 20\text{cm}$$

$$\text{Rec}: 4\text{ cm}$$

$$V_{Ref}: 3/8''$$

Carga muerta

$$W_{losa} = \gamma_c * t_{losa} = \frac{2\,400\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,1\text{m} = 240\text{kg/m}^2$$

$$W_{parcial} = \frac{240\text{kg}}{\text{m}^2} + \frac{100\text{kg}}{\text{m}^2} = \frac{340\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{DLP} = \frac{340\text{kg}}{\text{m}^2} * 4,02\text{m}^2 = 1\,366,80\text{ kg}$$

$$W_{viga} = h_{viga} * b_{viga} * L_{viga} * \gamma_c$$

$$W_{viga} = 0,25\text{m} * 0,2\text{m} * 2,5\text{m} * \frac{2\,400\text{kg}}{\text{m}^3} = 300\text{kg}$$

$$W_{DLT} = 1\,366,80\text{ kg} + 300\text{kg} = 1\,666,80\text{ kg}$$

Carga viva

$$W_{LL} = P_{CV} * A_{trib}$$

$$W_{LL} = 125 \text{ kg/m}^2 * 4,02\text{m}^2 = 502,50 \text{ kg}$$

Carga última

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

$$CU = 1,4 * 1666,80 \text{ kg} + 1,7 * 502,50 \text{ kg} = 3 \text{ 187,77 kg}$$

Carga última distribuida

$$CU_{dis} = \frac{CU}{L} = \frac{3 \text{ 187,77 kg}}{2,50\text{m}} = 1 \text{ 275,11 kg/m}$$

- Cálculo de momentos

La viga del tanque de almacenamiento/distribución será analizada como un elemento simplemente apoyado.

$$M_{(+)} = \frac{CU * L^2}{8} = \frac{1 \text{ 275,11} \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2,5\text{m})^2}{8} = 996,18 \text{ kg} - \text{m}$$

- Refuerzo longitudinal

$$d' = 25\text{cm} - 4\text{cm} - \frac{0,95\text{cm}}{2} = 20,525\text{cm}$$

Teniendo el peralte efectivo y el momento que actúa sobre la viga, se procede a calcular la cuantía de acero requerida, la cual es la siguiente:

$$A_s = \left[20 * 20,525 - \sqrt{(20 * 20,525)^2 - \frac{996,18 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 2,00$$

El área de acero requerida es de 2,00 cm².

De igual modo, se debe calcular la cuantía mínima que debe tener el elemento, la cual se determina mediante las siguientes ecuaciones:

$$A_{smin1} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{f'y} * b * d = \frac{0,8 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}}}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 20cm * 20,525cm = 1,69cm^2$$

$$A_{smin2} = \frac{14,1}{f'y} * b * d = \frac{14,1}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 20cm * 20,525cm = 2,06cm^2$$

Se utilizará el mayor de los resultados anteriores, tanto de la cuantía mínima como de la requerida, por lo tanto, se utilizará un área de 2,06 cm², la cual será cubierta con varillas de 3/8".

$$No.var = \frac{A_s}{A_{var}} = \frac{2,06cm^2}{0,7126cm^2} = 2,89 \cong 3$$

Para cubrir la cantidad de acero mínima, se necesitan 3 varillas, pero para proporcionarle simetría al elemento se utilizarán 4 varillas núm. 3.

- Refuerzo transversal

$$V_{actuante} = \frac{W * L}{2} = \frac{1\,275,11 \frac{kg}{m} * 2,50m}{2} = 1\,593,8875Kg$$

$$V_c = 0,53 * \lambda * \sqrt{f'c} * b * d = 0,53 * 0,85 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}} * 20cm * 20,365cm = 2\,659,00 kg$$

Debido a que, la fuerza cortante resistente (V_c) es mayor a la fuerza cortante actuante, se espaciamiento entre estribos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{d'}{2} = \frac{20,525cm}{2} = 10,26 cm \cong 10 cm$$

El espaciamiento por utilizar es de 10 cm.

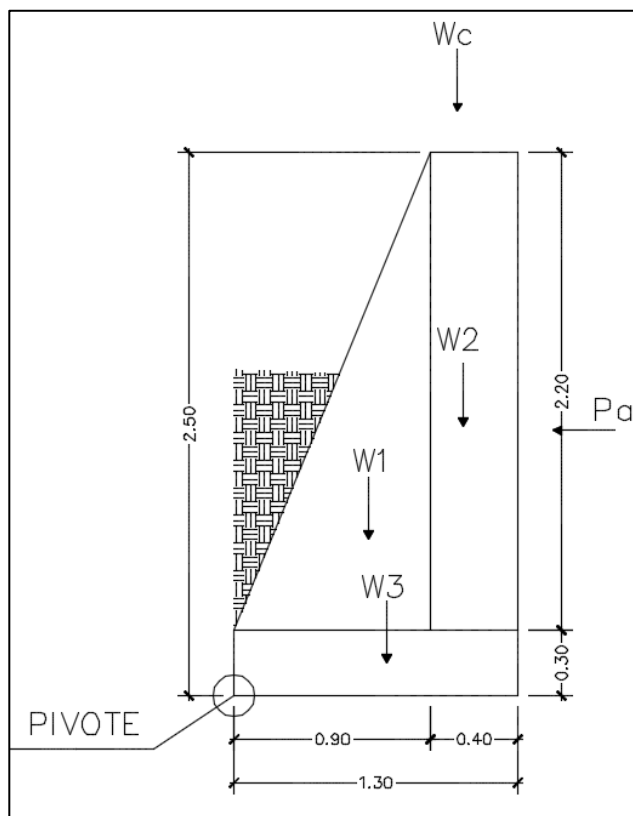
- Diseño de muro

Datos:

γ_{agua} :	peso específico del agua=	1 000kg/m ³
γ_{con} :	peso específico del concreto=	2 400kg/m ³
γ_{cc} :	peso específico del concreto ciclópeo=	2 700kg/m ³
γ_s :	peso específico del suelo=	1 780kg/m ³
C_{ss} :	capacidad de soporte del suelo=	15 780 kg/m ²
\emptyset :	ángulo de fricción interna=	21,5°

Nota: los valores correspondientes a las propiedades mecánicas del suelo, se asumieron de acuerdo con una inspección del suelo con base en un pozo recién excavado en el cual se pudo visualizar el tipo de suelo, e investigar sus características más usuales.

Figura 7. **Representación de muro del tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Tabla XIV. **Momentos actuantes en muro de tanque**

	Carga (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	$0,5 \cdot 0,9 \cdot 2,2 \cdot 2\ 700 = 2\ 673$	$(2/3) \cdot 0,9 = 0,60$	1 603,80
2	$0,4 \cdot 2,2 \cdot 2\ 700 = 2\ 376$	$0,9 + (0,4/2) = 1,1$	2 613,60
3	$0,3 \cdot 1,30 \cdot 2\ 700 = 1\ 053$	$1,3/2 = 0,65$	1 036,8
	6 102		4 901,85

Fuente: elaboración propia

- Carga distribuida de losa y viga sobre muro

$$W_{losa} = \frac{CU * B}{L}$$

$$W_{losa} = \frac{611\text{kg/m} * 5,00\text{m}}{2,50\text{m}} = 1\ 222\ \text{kg/m}$$

$$W_{viga} = \gamma_{\text{Concreto}} * b * d$$

$$W_{viga} = 2\ 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,15\text{m} * 0,20\text{m} = 72\ \text{kg/m}$$

$$W_{vigalosa} = W_{losa} + W_{viga}$$

$$W_{vigalosa} = 1\ 222 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 72 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1\ 294\ \text{kg/m}$$

Carga concentrada en un punto específico de una franja unitaria (W_c).

$$W_c = W_{vigalosa} * 1\text{m}$$

$$W_c = 1\,294 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 1\text{m} = 1\,294\text{kg}$$

Momento ejercido por W_c .

$$M_{W_c} = 1\,294\text{kg} * \left(0,9\text{m} + \frac{0,4\text{m}}{2}\right) = 1\,423,40\text{kg} - \text{m}$$

Carga total actuante

$$W_t = W_{\text{muro}} + W_c$$

$$W_t = 6\,102\text{kg} + 1\,294\text{kg} = 7\,396\text{kg}$$

Fuerza activa

$$F_a = \frac{\gamma_a * H^2}{2}$$

$$F_a = \frac{1\,000\text{kg}/\text{m}^3 * (1,70\text{m})^2}{2} = 1\,445\text{kg}/\text{m}$$

Momento de volteo

$$M_V = F_a * \frac{H}{3}$$

$$M_V = 1\,445 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \left(\frac{1,70\text{m}}{3} + 0,6\text{m}\right) = 1\,685,83\text{kg} - \text{m}$$

Comprobaciones

Contra volteo = condición: Si $F_s > 1.5$; cumple

$$F_s = \frac{M_r}{M_v}$$

$$F_s = \frac{4\,901,85 \text{ kg} \cdot \text{m}}{1\,685,83 \text{ kg} \cdot \text{m}} = 2,91 > 1,5 \rightarrow \text{Cumple}$$

Contra deslizamiento = condición: Si $F_s > 1.5$; cumple

$$F_d = W_t * \phi * 90$$

$$F_d = 7\,396 \text{ kg} * \tan(21,5^\circ) * 0,90 = 2\,622,03 \text{ kg}$$

$$F_s = \frac{2\,622,03 \text{ kg}}{1\,445 \text{ kg}} = 1,81$$

Verificación de resultante

$$X = \frac{M_{W_{muro}} - M_v}{W}$$

$$X = \frac{4\,901,85 \text{ kg} \cdot \text{m} - 1\,685,83 \text{ kg} \cdot \text{m}}{7\,396 \text{ kg}} = 0,43 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - X$$

$$e = \frac{1,3m}{2} - 0,43m = 0,22m$$

Cálculo de presiones

$$P = \frac{W}{A} * \left(1 + \frac{6 * e}{b}\right)$$

$$P = \frac{6\,748kg}{1,6m * 1m} * \left(1 \pm \frac{6 * 0,46m}{1,60m}\right)$$

$$P_1 = \frac{7\,396g}{1,3m * 1m} * \left(1 + \frac{6 * 0,22m}{1,30m}\right) = 11\,339,11kg/m^2$$

$$P_2 = \frac{7\,396g}{1,3m * 1m} * \left(1 - \frac{6 * 0,22m}{1,30m}\right) = 39,35kg/m^2$$

Con las presiones resultantes, la cuales son mayores a 0 y menores a la capacidad soporte del suelo, se comprueba que el muro no sufre volteo.

2.1.8.4. Red de distribución

- Cálculo hidráulico

Debido a la distribución de las viviendas en el caserío, se utilizó el método de ramales abiertos, teniendo los datos siguientes:

V_{ac} :	viviendas actuales	65
V_{fut} :	viviendas futuras	110
D_{vi} :	densidad de vivienda (hab/viv)	5
P_o :	población actual (habitantes)	284

P _f :	población futura (habitantes)	479
QMH:	caudal máximo horario (l/s)	1,59

Para determinar el caudal de diseño de cada tramo, se necesita conocer cuál es el caudal que abastecerá a cada vivienda, para así con base en el número de viviendas determinar el caudal deseado. Para abastecer el caudal unitario de vivienda se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{uv} = \frac{QMH}{No. viv_{futuras}}$$

Donde:

Q _{uv} :	caudal unitario de vivienda
QMH:	caudal máximo horario
No. viv:	cantidad futura de viviendas

$$Q_{uv} = \frac{1,59 \text{ l/s}}{110 \text{ viviendas}} = 0,0145 \text{ l/s}$$

- Caudal de vivienda

$$Q_v = Q_{uv} * No. viv_{futuras}$$

Donde:

Q _v :	caudal de vivienda
Q _{uv} :	caudal unitario de vivienda
No. viv:	número de viviendas

$$Q_v = 0,0145 \frac{l}{s} * 22 \text{ viviendas} = 0,319 \text{ l/s}$$

Tabla XV. **Caudales de diseño por tramo**

	Nodo	PO	Número de viviendas actuales	Número de viviendas futuras	Caudal de vivienda (L/s)	Caudal por utilizar (L/s)
	TD	N ₁	13	22	1,59	1,59
Ramal 1	N ₁	N _{1,1}	3	5	0,0725	0,15
Ramal 2	N ₁	N ₂	3	5	0,0725	1,121
Ramal 3	N ₂	N _{2,2}	30	51	0,7395	0,7395
Ramal 4	N ₂	N ₃	9	15	0,2175	0,3815
Ramal 5	N ₃	N _{3,1}	3	5	0,0725	0,15
Ramal 6	N ₃	N _{3,2}	4	7	0,1015	0,2315

Fuente: elaboración propia.

Nota: en el tramo central se utilizará el caudal total, debido que hasta la E-94 se ramificó, caudal no deberá ser menor a 0,15 l/s, esto para que cumpla con la velocidad mínima correspondiente a 0,4 m/s como lo indica la guía para diseño de sistemas de abastecimiento rurales de agua potable.

Para determinar el diámetro de la tubería por utilizar es necesario calcular la presión disponible del tramo, el cual se establece con la diferencia de cotas entre el punto inicial y el final.

$$H = 418,645m - 367,084m = 51,56m$$

El establecimiento de la tubería por usar se establece mediante la ecuación de Hazen Williams.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

Donde:

H_f= pérdidas de carga (m)

L= longitud del tramo (m)

Q= caudal (l/s)

C= coeficiente de fricción que depende del material

Ø= diámetro interno de la tubería (pulgadas)

Procediendo con el cálculo para el primer tramo central de la red de distribución.

- Determinación de diámetro

$$\varnothing = \left(\frac{1\,743,811 * 227,70m * \left(\frac{1,59L}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 51,56m} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,12 \text{ pulgadas}$$

Regularmente, se utilizan los diámetros comerciales inferior y superior del resultado, en caso particular, debido al número de tramos de diseño y para tener la menor cantidad de pérdidas por fricción, únicamente se tomarán diámetros superiores, que es de 1 1/2".

$$H_{f \rightarrow \varnothing=1\,1/4"} = \frac{1\,743,811 * 227,70m * \left(\frac{1,59L}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 1,754^{4,87}} = 5,72m$$

Verificando la velocidad del tramo, la cual debe oscilar entre 0,60 m/s y 3 m/s. La velocidad se calcula de la siguiente forma:

$$V = \frac{1,974 * Q_{dis}}{\varnothing^2}$$

Donde:

V: velocidad en el tramo
Q_{dis}: caudal de diseño (l/s)
Ø: diámetro por utilizar (pulgadas)

$$V = \frac{1,974 * 1,59L/s}{(1,754in)^2} = 1,02m/s$$

Debido a que el resultado de la velocidad se encuentra en el rango de velocidad anteriormente mencionado, este cumple con la norma.

Los resultados de velocidad, diámetro y caudal de la red de distribución se encuentran descritos en la tabla del anexo 2.

2.1.8.5. Obras hidráulicas

A continuación, se muestran las obras hidráulicas.

2.1.8.5.1. Caja unificadora de caudal

Esta caja se utiliza para reunir dos o más caudales previamente captados. Generalmente, se construye a base de mampostería reforzada con varillas de acero de 3/8", además de contar con un rebalse y una entrada de aire con tubería de PVC de 2".

Para el sistema de abastecimiento del caserío El Manzanillo II se utilizará una caja unificadora de caudal, en la cual desembocará el agua captada de 10 nacimientos con un caudal total de 0,625 L/s, y se construirá en la estación E-0.

2.1.8.5.2. Caja rompe presión

Son obras usadas para reducir la presión del agua y evitar el rompimiento de la tubería, como se colocan tanto en la línea de conducción, como en la red de distribución. Se construyen de concreto armado y block o ladrillo.

Para determinar la ubicación de la caja rompe presión, se sugiere colocarla en un punto en el cual la presión estática no exceda los 90 mca, y para redes de distribución lo ideal es colocarlo en una estación en donde la presión estática sea menor de 60 mca, cuando la caja se ubica en la red de distribución este contará con una válvula de flote.

En el caso particular de este diseño, la caja rompe presión se ubicará en la estación E-20, aunque existen puntos en el cual la presión estática excede de los 112,5 mca, que es la presión de trabajo de la tubería de 160 psi. No obstante, también existen picos muy pronunciados en la topografía del terreno, de tal forma se utilizará tubería de diferentes presiones de trabajo para llevar a cabo la línea de conducción.

La estructura principal de la caja rompe presión será de mampostería y tapadera de concreto y tendrá un volumen efectivo de 1 metro cúbico, asimismo la tubería de entrada, salida y ventilación será de material PVC con válvulas de control y de pila para su respectivo mantenimiento.

2.1.8.5.3. Caja de válvulas

Son las cajas que tienen como objetivo principal la protección de las válvulas del sistema, para este caso se colocarán tales como válvulas de compuerta, de aire, de limpieza.

2.1.8.5.4. Pasos aéreos y de zanjón

Los pasos aéreos se utilizan para salvar depresiones de terreno o atravesar un río, y en dado caso, la depresión o río no exceda de los 12 metros de longitud se puede utilizar pasos de zanjón, en ambos casos se utilizará tubería de hierro galvanizado. Para el diseño de pasos aéreos se realiza el siguiente procedimiento:

- 13 metros

Datos por utilizar:

$\varnothing_{\text{Tubo}}$:	1 ¼"
Longitud:	14,1 metros
$W_{\text{tub } 1 \frac{1}{4}''}$:	3,4 kg/m
W_{acc} :	0,75 kg/m

- Cargas actuantes

Carga muerta

$$W_{DL} = W_{\text{tubería}} + W_{\text{agua}}$$

$$W_{\text{tubería}} = W_{\text{tubo}} + W_{\text{acc}}$$

$$W_{\text{tubería}} = 3,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{0,75\text{kg}}{\text{m}} = \frac{4,15\text{kg}}{\text{m}} = 2,79\text{lb/ft}$$

$$W_{\text{agua}} = \text{Area}_{\text{tubo}} * \gamma_{\text{agua}}$$

$$W_{agua} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{1,25 \text{ in}}{12} \right)^2 * 62,4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} = 0,53 \text{ lb/ft}$$

$$W_{DL} = W_{tubería} + W_{agua}$$

$$W_{DL} = \frac{2,79 \text{ lb}}{\text{ft}} + \frac{0,53 \text{ lb}}{\text{ft}} = 3,32 \text{ lb/ft}$$

Carga viva

En casos remotos, en el cual una persona podría pasar apoyándose de la tubería a manera de puente, se asumirá una persona de 175 lb.

$$W_{LL} = \frac{175 \text{ lb}}{20 \text{ ft}} = 8,75 \text{ lb/ft}$$

Cargas horizontales

Debido a la zona y la vegetación del lugar, se tendrá la acción del viento. Se asumirá que la velocidad del viento en el lugar es de 80 Km/H la cual ejerce una presión de 25 lb/ft².

$$W_W = \phi_{tub} * Presión_{viento}$$

$$W_W = \frac{1,25 \text{ pulg}}{12} * \frac{25 \text{ lb}}{\text{ft}^2} = 2,60 \text{ lb/ft}$$

Carga última

De acuerdo con el ACI 318-99, cuando actué una carga de viento paralelamente a las cargas convencionales, se utilizará la siguiente ecuación para determinar la carga última:

Condición: U' no debe de ser menor que U''

$$U' = 0,75 * (1,4DL + 1,7LL + 1,7WL)$$

$$U'' = 1,4DL + 1,7LL$$

$$U' = 0,75 * \left(1,4 * \frac{3,32lb}{ft} + 1,7 * 8,75 \frac{lb}{ft} + 1,7 * 2,60 \frac{lb}{ft} \right) = 17,96 lb/ft$$

$$U'' = 1,4 * \frac{3,32lb}{ft} + 1,7 * 8,75 \frac{lb}{ft} = 19,52lb/ft$$

U' es menor que U'' , entonces se utiliza U''

Diseño de cable principal

Las tensiones que actúan en el cable se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$T_H = \frac{U * l^2}{8 * d}$$

$$T = T_H * \left(1 + \frac{16 * d^2}{l^2} \right)^{1/2}$$

$$T_V = (T^2 - T_H^2)^{1/2}$$

Donde:

TH: tensión horizontal
TV: tensión vertical
T: tensión máxima
U: carga última
l: luz del paso aéreo
d: flecha

La sugerencia de David Bernard Steinman sobre la determinación de la flecha en puentes colgantes y pasos aéreos, consiste en la relación entre la flecha y la luz, en la cual recomienda entre L/9 a L/12. Por lo tanto, se utilizará L/12 para que la flecha sea lo menor posible.

$$d = \frac{l}{12}$$

$$d = \frac{14,1m}{12} = 1,17m = 3,83ft$$

Se propone un cable de 3/8" con un peso aproximado de 0,26 lb/ft y una resistencia a la ruptura de 11 155 lb, estandarizado bajo la norma ASTM-A-1023. Por lo tanto, la nueva carga total es:

$$W_{DL} = 3,32lb/ft + \frac{0,26lb}{ft} = 3,58lb/ft$$

De tal manera, la carga última es:

$$U'' = 1,4 * 3,55lb/ft + 1,7 * 8,75 \frac{lb}{ft} = 19,89 Lb/ft$$

Y obteniendo las tensiones del cable principal:

$$T_H = \frac{19,89b/ft * (45,93ft)^2}{8 * 3,83ft} = 1\,370,21\,lb$$

$$T = 1\,370,21\,lb * \left(1 + \frac{16 * (3,83ft)^2}{(45,93ft)^2}\right)^{\frac{1}{2}} = 1\,444,33lb$$

$$T_V = ((1\,444,33lb)^2 - (1\,370,21\,lb)^2)^{1/2} = 419,63lb$$

Comparando las diferentes tensiones que actúan en el cable principal, se puede observar que la tensión máxima es de 1 444,33 lb el cual es menor a 11 155 lb, lo cual indica que el cable de $\varnothing=3/8''$, si soportara las cargas.

Longitud de cables principales

Para determinar la longitud total del cable, es necesario considerar la cantidad requerida tanto de columna a columna como de columnas a anclajes. Las longitudes necesarias de cable se determinan de la siguiente forma:

$$L_t = [L_1 + 2 * L_2] * 1,15$$

Donde:

- L_t: longitud total de cable (m)
- L₁: longitud de cable entre apoyo-apoyo
- L₂: longitud de cable entre apoyo-anclaje

En el cual L₁ y L₂, se determina mediante la siguiente expresión:

$$L_1 = longitud + \left[\frac{8 * d^2}{3 * Longitud} \right]$$

$$L_1 = 14m + \left[\frac{8 * (1,17m)^2}{3 * 14m} \right] = 14,22m$$

$$L_2 = \sqrt{\left(\frac{Longitud}{4}\right)^2 + d^2}$$

$$L_2 = \sqrt{\left(\frac{14m}{4}\right)^2 + (1,17m)^2} = 3,69m$$

$$L_t = [14,22m + 2 * 3,69m] * 1,15 = 24,84 m$$

Péndolas o tirantes

La distancia de separación entre las péndolas será de 1,5 metros, para determinar la carga que soportarán se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_p = U' * S_{pén}$$

Donde:

Q_p : carga que soportan las péndolas

U' : carga última

$S_{pén}$: espaciamiento entre péndolas

Por lo tanto, la carga que soportan las péndolas es la siguiente:

$$Q_p = \frac{19,89Lb}{ft} * 4,92ft = 97,87 Lb$$

El cable por utilizar para las péndolas será de $\varnothing=1/4"$, y la carga que resiste es de 8 300 lb y la carga necesaria es únicamente de 96,84 lb. Asimismo, el largo de las péndolas se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Y = U' * X * \frac{(L - X)}{2 * T_H}$$

Donde:

- Y: variación de la flecha (m)
- U': carga última (kg/m)
- X: separación de la péndola hacia la torre más cercana (m).
- L: luz del paso aéreo (m)
- TH: tensión horizontal (Kg)

Es necesario agregar aproximadamente un 15 % del largo de la péndola que se utilizaran los dobleces para sujetar el tubo. La longitud de la péndola es:

$$Y = \left(\frac{29,60kg}{m} * 1,5m * \frac{(14m - 1,5m)}{2 * 621,52 kg} \right) = 0,45 m$$

$$Y' = Y * 1,15 = 0,45m * 1,15 = 0,51m$$

Para determinar la longitud de la péndola, se realiza la siguiente operación:

$$L_{pén} = L - Y$$

Donde:

$L_{pén}$: longitud de la péndola
L: luz libre de la columna
Y: variación de la flecha

Por lo tanto, la longitud de la péndola respecto de 1,5 m de la columna es:

$$L_{pén} = 2,70m - 0,45m = 2,25m$$

Columnas de soporte

La esbeltez de la columna, necesita la altura de columna, la cual servirá para tener una proporción adecuada del paso aéreo. La altura de la columna se conforma de la siguiente forma:

$$L = d + S_{pén}$$

$$L_t = L + C_{cim}$$

Donde:

L_t : altura total de la columna (m)
L: luz libre de la columna (m)
d: flecha (m)
 $S_{pén}$: espaciamiento entre péndolas
 C_{cim} : cortina de cimentación

De tal forma, la altura de la columna queda así:

$$L = 1,17 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = 2,67 \text{ m} \cong 2,70 \text{ m}$$

$$L_t = 2,70 \text{ m} + 1,50 \text{ m} = 4,20 \text{ m}$$

Con base a la altura establecida anteriormente, la esbeltez de la columna se determina mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{2 * L}{r}$$

Donde:

- E: esbeltez
- L: luz libre de la columna
- r: radio de giro

La ecuación requiere calcular el radio de giro de la columna, el cual se establece de la siguiente forma:

$$r = \left(\frac{I}{A} \right)^{1/2}$$

En el cual:

- r: radio de giro
- I: inercia
- A: área

Entonces, el radio de giro y la esbeltez son las siguientes:

$$r = \left(\frac{\frac{1}{12} * 30cm * (30cm)^3}{(30cm)^2} \right)^{1/2} = 8,66 \text{ cm}$$

$$E = \frac{2 * 270cm}{8,66cm} = 62,35$$

Según los criterios de clasificación del ACI 318, las columnas se categorizan mediante las siguientes condiciones:

$$E < 21 \rightarrow \text{columnas cortas}$$

$$21 \leq E \leq 100 \rightarrow \text{columnas intermediaas}$$

$$E > 100 \rightarrow \text{columnas largas}$$

En el caso de clasificarse como columna corta, no se cambian los datos, si es intermedia se magnifican los momentos para el diseño y si es larga no se diseña.

Carga crítica de la columna (P_{cr})

Para la ecuación de Euler, la carga crítica es la carga que provoca pandeo en 2 puntos de inflexión, y se describe de la siguiente forma:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{(k * L)^2} \rightarrow K = 2$$

$$P_{cr} = \frac{\frac{\pi^2 * 15\ 100 * \sqrt{210kg/cm^2 * 67\ 500cm^2}}{(2 * 270)^2}}{1\ 000} = 501,02 \text{ ton}$$

Refuerzo de la columna

Se siguen las especificaciones del ACI 318, en el cual establece que el porcentaje de acero que debe tener una columna oscila entre el 1 % al 6 % de la mitad del área gruesa de la columna. Se utilizará el 1 % de acero, debido a que la columna en cuestión únicamente soportará la fuerza vertical del cable, haciéndola trabajar únicamente a compresión. Por lo tanto, el área de acero de la columna es la siguiente:

$$A_{s_{min}} = 1 \% * \frac{A_g}{2}$$

$$A_{s_{min}} = 1 \% * \frac{30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}}{2} = 4,50 \text{ cm}^2$$

Para determinar el número de varillas necesarias para cubrir la cuantía mínima de la columna, utilizando varillas núm. 3, se procede de la siguiente forma:

$$N_{o_{varillas}} = \frac{Area_{Requerida}}{Area_{varilla}}$$

$$N_{o_{varillas}} = \frac{4,50 \text{ cm}^2}{0,71 \text{ cm}^2} = 6,32 \text{ varillas}$$

Para mantener la simetría en la columna se utilizará 8 varilla núm. 3, por lo tanto, el área de acero neta y la carga última son la siguientes:

$$A_{s_{neta}} = 0,71 \text{ cm}^2 * 8 = 5,70 \text{ cm}^2$$

Zapatatas

Los datos que se asumen para el diseño de la zapata son los siguientes:

- b: base (0,8 m)
- a: ancho (0,8 m)
- t: peralte (0,3 m)
- rec: recubrimiento (0,075 m)
- Vs: capacidad soporte del suelo (10 ton/m², asumido)

Como primer paso para el diseño de la zapata, se determina el factor de carga última, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_{cu} = \frac{U'}{W_{DL} + W_{LL}}$$

$$F_{cu} = \frac{19,89 \text{ Lb/ft}}{3,58 \frac{\text{Lb}}{\text{ft}} + 8,75 \text{ Lb/ft}} = 1,61$$

Tabla XVI. **Integración de cargas de paso aéreo**

Elemento	Integración	Carga
Tensión vertical	0,2072 ton /2	0,1036 ton
Peso columna	$2,4 * ((0,3\text{m})^2 * 2,7 + (0,4\text{m})^2 * 1,5)$	0,9672 ton
Peso suelo	$1,5 * 1,78 * ((0,8\text{m})^2 - (0,4\text{m})^2)$	1,2816 ton
Peso zapata	$0,3\text{m} * 0,8\text{m} * 0,8\text{m}$	0,4608 ton
Total		2,8132 ton

Fuente: elaboración propia.

La primera comprobación de seguridad se establece mediante la siguiente condición:

$$\frac{P_z}{A_z} < \text{Valor soporte del suelo} \left(10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\frac{2,8132 \text{ ton}}{(0,8\text{m})^2} = 4,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Cumple}$$

La carga última que soporta la zapata se establece por medio de la siguiente ecuación:

$$CU = 4,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * F_{cu}$$

$$CU = 4,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 1,61 = 7,09 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Chequeo de corte simple

Primero se establece el peralte efectivo de la zapata, mediante la siguiente expresión:

$$d' = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2}$$

$$d' = 30 \text{ cm} - 7,50 \text{ cm} - \frac{1,27 \text{ cm}}{2} = 21,865 \text{ cm}$$

$$e = b - d'$$

$$e = 80\text{cm} - 21,865\text{cm} = 58,135\text{cm}$$

Corte actuante (V_a)

$$V_a = CU * a * e$$

$$V_a = 7,09 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 0,80 * 0,58135\text{m} = 3,30 \text{ ton}$$

Corte resistente (V_c)

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210 \frac{kg}{cm^2}} * 100cm * 21,865cm = 11,44 ton$$

La condición de cumplimiento para determinar si la verificación es aprobada es:

$$V_a < V_c$$

$$3,30 ton < 11,44 ton \rightarrow Si cumple$$

Chequeo de corte por punzonamiento

Corte actuante por punzonamiento

$$V_{ap} = CU * (A_z - A_{pz})$$

$$V_{ap} = 7,09 \frac{ton}{m^2} * ((0,8m)^2 - (0,30m + 0,21865m)^2) = 2,63 ton$$

Corte resistente por punzonamiento

$$V_{cp} = 0,85 * Per_{punz} * 1,07 * \sqrt{f'c} * d$$

$$V_{cp} = \frac{0,85 * (4 * (30 + 21,865)) * 1,07 * \sqrt{210 \frac{kg}{cm^2}} * 21,865}{1000} = 59,91 ton$$

Al igual que la verificación por corte simple, la condición es que el corte actuante sea menor al corte resistente.

$$2,63 \text{ ton} < 59,91 \text{ ton} \rightarrow \text{Si cumple}$$

Cálculo de acero

Determinación del momento último:

$$M_u = \frac{CU * l^2}{2}$$

$$M_u = \frac{7,09 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * \left(\frac{0,8\text{m}-0,3\text{m}}{2}\right)^2}{2} = 221,55\text{kg} - \text{m}$$

El área de acero se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{0,85 * f'c}{f'y} * \left[bd - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] = 0,4\text{cm}^2$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * \left[21,865\text{cm} * 80\text{cm} - \sqrt{(21,865\text{cm} * 80\text{cm})^2 - \frac{221,55\text{kg} - \text{m} * 80\text{cm}}{0,003825 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} \right] = 0,4\text{cm}^2$$

$$A_s = 0,002 * b * d$$

$$A_s = 0,002 * 100\text{cm} * 21,865\text{cm} = 4,37\text{cm}^2$$

Debido a que el área de acero requerido es menor al área de acero mínimo, se utilizará el mínimo, que es de 4,37 cm².

Anclajes (muerto)

Son generalmente contruidos de concreto ciclópeo, y sobre los anclajes actúan tres diferentes cargas, las cuales son: la tensión del cable, la carga del suelo y el peso propio. A su vez, la tensión del cable se descompone en dos fuerzas, en las cuales la fuerza vertical la contrarresta el peso propio del muerto, y la horizontal que es equilibrada por la fricción y el empuje del suelo.

Datos por utilizar:

- α_{inc} : ángulo de inclinación (14°)
- γ_{cic} : peso específico del concreto ciclópeo ($2,7 \text{ ton/m}^3$)
- γ_s : peso específico del suelo ($1,78 \text{ ton/m}^3$)
- T: tensión máxima del cable ($0,328 \text{ ton}$)

Se determinan las componentes de la tensión máxima del cable:

$$T_x = 0,328 \text{ ton} * \cos(14^\circ) = 0,318 \text{ ton}$$

$$T_y = 0,328 \text{ ton} * \sen(14^\circ) = 0,079 \text{ ton}$$

Se determinan los coeficientes K:

$$K_p = \frac{1 + \sen(14^\circ)}{1 - \sen(14^\circ)} = 1,64$$

$$K_p = \frac{1 - \sen(14^\circ)}{1 + \sen(14^\circ)} = 0,61$$

Presión pasiva

$$P_p = K_p * \gamma_s * \frac{h^3}{2} = 1,64 * 1,78 \frac{\text{ton}^3}{\text{m}} * \frac{h^3}{2} = 1,46 h^3$$

Presión activa

$$P_a = K_a * \gamma_s * \frac{h^3}{2} = 0,61 * 1,78 \frac{\text{ton}^3}{\text{m}} * \frac{h^3}{2} = 0,54 h^3$$

Carga del preso propio

$$W_{propio} = h^3 * \gamma_{cic}$$

$$W_{propio} = h^3 * 2,7 \frac{\text{ton}^3}{\text{m}} = 2,7 h^3$$

Momento que ejerce la presión pasiva

$$M_p = P_p * \frac{h}{3} = 1,46 h^3 * \frac{h}{3} = 0,49 h^4$$

Momento que ejerce la presión activa

$$M_a = P_a * \frac{h}{3} = 0,54 h^3 * \frac{h}{3} = 0,18 h^4$$

Momento que ejerce el anclaje

$$M_{W_{propio}} = W * \frac{h}{2} = 2,7 h^3 * \frac{h}{2} = 1,35 h^4$$

Chequeo contra volteo

El criterio de aprobación es que los momentos resistentes sea mayor a 1,5 veces los momentos actuantes, en el cual, para mayor certeza se tomará un factor de 1,6 veces mayor.

$$\sum M_{res} = 0,49 h^4 + 1,35 h^4 = 1,84 h^4$$

$$1,6 * \sum M_{act} = \frac{0,318 \text{ ton} * h}{2} + \frac{0,079 \text{ ton} * h}{2} + 0,18 h^4 = 0,2 h + 0,18 h^4$$

$$1,6 * \sum M_{act} = 0,32 h + 0,29 h^4$$

$$1,84 h^4 = 0,32 h + 0,29 h^4$$

$$h = 0,59$$

Se utilizará múltiplos de 0,25 m, por facilidad de construcción, por lo tanto, h será de 0,75 m.

$$M_{res} = 1,84 (0,75m)^4 = 0,58 \text{ Ton} - m$$

$$M_{act} = 0,32 (0,75m) + 0,29 (0,75m)^4 = 0,33 \text{ ton} - m$$

$$F_v = \frac{0,58 \text{ Ton} - m}{0,33 \text{ ton} - m} = 1,76 > 1,5$$

Chequeo contra deslizamiento

$$F_d = \frac{Cfs * (W - T_y) + P_p}{T_x + P_a}$$

$$Cfs = 0,9 \tan(14^\circ) = 0,22$$

$$F_d = \frac{0,22 * (1,14ton - 0,079 ton) + 0,615ton}{0,318ton + 0,229ton} = 1,55 > 1,5$$

Los resultados de los pasos aéreos de diferente longitud se encuentran detallado en las tablas ubicadas en el anexo 3 y los planos de detalles de la estructura en el anexo 7.

2.1.9. Sistema de desinfección

El proceso de desinfección será realizado mediante un hipoclorador que tendrá que cumplir con las siguientes condiciones: ser automático, no contar con piezas móviles, funcionar sin necesidad de energía eléctrica y admitir el acceso de agua a las tabletas para formar la solución.

El hipoclorador estará ubicado sobre la losa del tanque de almacenamiento/distribución, dentro de su respectiva caja, teniendo como principal objetivo, proteger el hipoclorador, contará con su tapadera y candado de intemperie.

Las tabletas que utilizará el sistema son de hipoclorito de calcio ($Ca(ClO_2)$) con al menos el 65 % de componentes activos de 300 gramos cada tableta.

De acuerdo con la norma COGUANOR 29001, indica la cantidad de solución que se le debe suministrar como tratamiento preventivo bacteriológico es de 2 partes por millón, o bien, 2mg/litro.

El cálculo de flujo de cloro se realiza con la siguiente ecuación:

$$FC = Q * CR * 0,06$$

Donde:

FC: flujo de cloro (g/h)

CR: cloro requerido (2mg/l)

Q: caudal conducido (l/s) = 0,8 l/s*(60 s)=48 l/min

Por lo tanto, el flujo de cloro es el siguiente:

$$FC = 48 \frac{l}{min} * \frac{2mg}{L} * 0,06 = 5,76 g/h$$

Conociendo el flujo de cloro, se procede a determinar el número de tabletas necesarias por utilizar en un mes (30 días).

$$5,76 \frac{g}{h} * \frac{720 horas}{1 mes} = 4 147,2 \frac{g}{mes} * \frac{30 tabletas}{300 gramos} = 13,8 \cong 14 \frac{Tabletas}{mes}$$

2.1.10. Manual de operación y mantenimiento

Para el funcionamiento óptimo de sistemas de abastecimiento es necesario realizar un plan tanto de operación como de mantenimiento del mismo. Para llevar a cabo de forma correcta el proceso de operación y mantenimiento se requiere de una comisión encargada, ya sea municipal o comunal, la cual tendrán que administrar los recursos y así resolver los problemas técnicos y operativos rápidamente.

El mantenimiento de un sistema de abastecimiento se divide en preventivo y correctivo; el primero se realiza para verificar que los componentes del

sistema estén funcionando correctamente, además de realizar la limpieza a cada una de las cajas de válvulas y tanque de almacenamiento y demás componentes. El correctivo se realiza cuando uno de los componentes del sistema de abastecimiento no esté funcionando óptimamente. El programa de mantenimiento sugerido es el siguiente:

Tabla XVII. **Programa de operación y mantenimiento**

Componente	Descripción	Tiempo	Proceso
Válvulas	Verificación de funcionamiento.	3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar si tiene fugas o si le faltan piezas. • Abrir y cerrar lentamente las válvulas para verificar si no tienen fugas o si no cierran completamente. • En cualquier incumplimiento de los casos anteriores, se debe reparar (si es posible) o cambiar la pieza.
Caja de válvulas	Limpieza de caja.	3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar paredes, tapaderas y candados. • Revisar si hay agua empozada en la caja. • Revisar si hay fugas. • Sellar las fugas. • Limpiar y engrasar los candados. • Limpiar el interior de la caja y drenar el agua empozada.
Tanque de almacenamiento.	Lavado y revisión de estructura.	6-8 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la estructura general. • Lavar el tanque siguiendo los siguientes pasos: • Cerrar la válvula de salida. • Cerrar la válvula del sistema de desinfección. • Abrir la válvula de desagüe. • Lavar piso y pared con agua y cepillo. • Emplear suficiente agua para evacuar todo tipo de residuos generados por la limpieza. • Cerrar la válvula de desagüe. • Abrir la válvula del sistema de desinfección. • Abrir la válvula de salida.

Continuación de la tabla XVII.

Sistema de desinfección.	Fugas y existencia de tabletas.	30 días	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar si el hipoclorador contiene tabletas. • Inspeccionar que no tenga fugas.
Línea de conducción y distribución.	Deterioro y fugas.	12 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Recorrer la trayectoria completa de la tubería. • Durante el recorrido, revisar: <ul style="list-style-type: none"> • Fugas. • Estado de la tubería. • Reparación de las anomalías encontradas.
Pasos aéreos y pasos de zanjón.	Revisión de estructura.	6-8 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el estado de las columnas soporte. • Revisar las uniones y verificar que no existan fugas. • Revisar el estado de los cables. • Realizar la limpieza de los elementos metálicos para evitar la corrosión y si es posible aplicar pintura anticorrosiva.

Fuente: elaboración propia.

Para realizar la reparación de la tubería de PVC, se procede de la siguiente forma:

Como primer paso, se descubre el tubo de 1 a 1,5 metros de ambos lados de la fuga, para posteriormente cortar 30 o 40 cm del tubo con una sierra y hacerle campana de ambos extremos del tubo a colocar. Preparar el niple de PVC y eliminar las rebabas de la tubería cortada y limpiarlas con un trapo, después aplicar el pegamento en los extremos de la tubería y en el interior de la campana, por último, aplicar presión y dejar secar.

- Propuesta de la tarifa de operación y mantenimiento

Dentro de la propuesta se considera que el proceso de operación y mantenimiento del sistema lo realizará una persona, quedando de la siguiente manera la tarifa:

Costo de la cantidad de cloro.

Cantidad de pastillas: 14
Precio de la pastilla: Q.17,00

$$CP = 14 \text{ pastillas} * Q17,00 = Q238,00$$

Costo de operación y mantenimiento:

Salario mínimo actual (2018): Q. 2 992,37

Salario de fontanero: Q.2 992,37
Costo de pastillas: Q .238,00
Costo total de operación y mantenimiento: Q.3 230,37

El número de viviendas beneficiadas con el proyecto, es de 60, de tal forma, la tarifa mensual por vivienda es la siguiente:

$$TM = \frac{Q. 3 230,37}{65 \text{ viviendas}} = Q 49,70/mes \cong Q. 50,00/mes$$

Considerando la calidad de vida de la población a servir y su disponibilidad para el desarrollo del sistema, la cuota mensual es accesible para el usuario.

2.1.11. Planos

Un plano es la representación gráfica de los detalles topográficos, de diseño y construcción de toda obra civil. Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se realizaron los planos de obras de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución, pasos aéreos y de zanjón, sistema de desinfección, entre otros. Los planos correspondientes se encuentran ubicados en el apéndice 5.

2.1.12. Presupuesto

El presupuesto se integró en base de precios unitarios, basados en renglones de trabajo y cotizados en ferreterías de la localidad, revistas de los fabricantes y CRONASA (cables de acero). Además, se consideraron los salarios de mano de obra que aplica la municipalidad para casos similares y un factor de indirectos del 35 %. En la siguiente tabla se detallan los renglones de trabajo en los cuales se divide la obra.

Tabla XVIII. Renglones de trabajo

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
APORTE MUNICIPAL					
1	Captación de brote definido				
1.01	Replanteo topográfico	ML	7112.06	Q2.03	Q14,401.92
1.02	Muestreo y calidad del agua	Unidad	10	Q1,071.56	Q10,715.63
1.03	Captación	Unidad	10	Q13,747.96	Q137,479.55
2	Línea de conducción				
2.01	Tubería de 1 1/4", 160 psi	ML	1747.15	Q27.38	Q47,838.35
2.02	Tubería de 1 1/2", 160 psi	ML	1274.86	Q33.27	Q42,417.00
2.03	Tubería de 1 1/2", 250 psi	ML	792.502	Q57.48	Q45,553.62
3	Red de distribución				
3.01	Tubería de 2" de 160 psi	ML	1628.26	Q45.60	Q74,248.71
3.02	Tubería de 2" de 250 psi	ML	200.6	Q59.38	Q11,911.47
3.03	Tubería de 1 1/2" de 160 psi	ML	704.083	Q48.49	Q34,141.09
3.04	Tubería de 3/4" de 250 psi	ML	402.158	Q25.02	Q10,062.81
3.05	Tubería de 1/2" de 315 psi	ML	379.383	Q19.79	Q7,506.24
4	Pasos aéreos				
4.01	14 metros de longitud	Unidad	1	Q18,451.83	Q18,451.83
4.02	Paso de Zanjón tipo E de 12 m de Tubo de Hg	Unidad	1	Q13,946.18	Q13,946.18
4.03	17 metros de longitud	Unidad	1	Q19,358.97	Q19,358.97
4.04	16 metros de longitud	Unidad	1	Q20,415.13	Q20,415.13
4.05	44 metros de longitud	Unidad	2	Q23,914.27	Q47,828.54
4.06	20 metros de longitud	Unidad	1	Q21,423.20	Q21,423.20
5	Caja reunidora de caudal	Unidad	1	Q10,016.41	Q10,016.41
6	Caja rompe presión	Unidad	1	Q9,393.41	Q9,393.41
7	Válvula de aire con caja	Unidad	4	Q2,968.16	Q11,872.63
8	Válvula de limpieza con caja	Unidad	4	Q3,383.15	Q13,532.62
9	Tanque de distribución de 20 metros cúbicos	Unidad	1	Q45,085.78	Q45,085.78
10	Sistema de desinfección	Unidad	1	Q10,373.96	Q10,373.96
11	Conexiones prediales con contador	Unidad	60	Q1,384.60	Q83,075.93
Subtotal					Q761,050.96
APORTE COMUNITARIO					
12	Excavación	m ³	6656.88	Q62.24	Q414,338.48
13	Relleno y compactación	m ³	6656.88	Q32.03	Q213,231.75
Subtotal					Q627,570.23
ULTIMA LÍNEA					
TOTAL					Q1,388,621.19

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Cronograma de ejecución

Es el tiempo en el que se planea realizar la ejecución. El cronograma se detalla en la siguiente tabla:

Tabla XIX. Cronograma de ejecución


No.	Etapas de construcción	Periodo de ejecución en meses y semanas																							
		1o. Mes				2do. Mes				3er. Mes				4to. Mes				5to. Mes				6to Mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Captación de brote definido																								
1.01	Replanteo topográfico																								
1.02	Muestreo y calidad del agua																								
1.03	Captación																								
2	Línea de conducción																								
2.01	Tubería de 1 1/4", 160 psi																								
2.02	Tubería de 1 1/2", 160 psi																								
2.03	Tubería de 1 1/2", 250 psi																								
3	Red de distribución																								
3.01	Tubería de 2" de 160 psi																								
3.02	Tubería de 2" de 250 psi																								
3.03	Tubería de 1 1/2" de 160 psi																								
3.04	Tubería de 3/4" de 250 psi																								
3.05	Tubería de 1/2" de 315 psi																								
4	Pasos aéreos																								
4.01	13 metros de longitud																								
4.02	Paso de Zanjón tipo E de 12 m de tubo de Hg																								
4.03	17 metros de longitud																								
4.04	16 metros de longitud																								
4.05	44 metros de longitud																								
4.06	20 metros de longitud																								
5	Caja reunidora de caudal																								
6	Caja rompe presión																								
7	Válvula de aire con caja																								
8	Válvula de limpieza con caja																								
9	Tanque de distribución																								
10	Sistema de desinfección																								
11	Conexiones prediales con contador																								

Fuente: elaboración propia.


2.1.14. Evaluación de impacto ambiental

Es el procedimiento administrativo que se realiza previo al inicio de la construcción de cualquier obra civil, esto para identificar y prevenir el impacto que le provocará al ambiente, mediante la evaluación de impacto ambiental inicial.

Figura 8. Evaluación ambiental inicial

 <p>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>		<table border="1"> <tr> <td>FORMATO</td> <td>DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002
FORMATO	DVGA-GA-002			
<p>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p>				
<p>EVALUACION AMBIENTAL INICIAL</p>				
<p>ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL (ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)</p>				
<p>INSTRUCCIONES</p>	<p>PARA USO INTERNO DEL MARN</p>			
<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: yunica@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>Firma y Sello de Recibido</p>			
<p>I. INFORMACIÓN LEGAL</p>				
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar): DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II Y DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ.</p>				
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO QUE CONSTA DE NACIMIENTOS COMO FUENTES DE CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO, Y RED DE DISTRIBUCIÓN Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR CONSTA DE 3 MÓDULOS DE MARCOS DÚCTILES DE CONCRETO ARMADO.</p>				
<p>1.2. Información legal:</p>				
<p>A) Persona Individual: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE, QUICHÉ A.1. Representante Legal: JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 1848-12453-1401</p>				
<p>B) De la empresa: Razón social: <u>MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE</u> 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. _____</p>				
<p>C) De la Propiedad: No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p>				
<p>D) De la Empresa y/o persona individual: Número de Identificación Tributaria (NIT): _____</p>				
<p>7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500</p>				
<p>www.marn.gob.gt Siguenos en:    </p>				

Continuación de la figura 8.



**GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA**
MINISTERIO DE AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

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 <u>50145132</u> 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 style="margin-top: 20px;">Especificar Coordenadas Geográficas</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%; text-align: center;"> <p>Coordenadas Geográficas Datum WGS84 EDIFICACIÓN ESCOLAR; LATITUD: 15°02'46.87" N, LONGITUD: 91°01'11.22"W, ALTURA: 1917 M SISTEMA DE ABASTECIMIENTO: 15°02'45.16" N, LONGITUD: 91°00'47.35"W, ALTURA: 1914 M</p> </div>								
<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) OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN, MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE, QUICHE</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>								
II. INFORMACION GENERAL								
<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%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="text-align: center;">II.1 Etapa de Construcción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> Actividades a realizar Insumos necesarios Maquinaria Otros de relevancia </td> </tr> </tbody> </table>	II.1 Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Actividades a realizar Insumos necesarios Maquinaria Otros de relevancia 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="text-align: center;">Operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> Actividades o procesos Materia prima e insumos Maquinaria Productos y Subproductos (bienes y servicios) Horario de Trabajo Otros de relevancia </td> </tr> </tbody> </table>	Operación	<ul style="list-style-type: none"> Actividades o procesos Materia prima e insumos Maquinaria Productos y Subproductos (bienes y servicios) Horario de Trabajo Otros de relevancia 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="text-align: center;">Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> Acciones a tomar en caso de cierre </td> </tr> </tbody> </table>	Abandono	<ul style="list-style-type: none"> Acciones a tomar en caso de cierre
II.1 Etapa de Construcción								
<ul style="list-style-type: none"> Actividades a realizar Insumos necesarios Maquinaria Otros de relevancia 								
Operación								
<ul style="list-style-type: none"> Actividades o procesos Materia prima e insumos Maquinaria Productos y Subproductos (bienes y servicios) Horario de Trabajo Otros de relevancia 								
Abandono								
<ul style="list-style-type: none"> Acciones a tomar en caso de cierre 								
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 1439.92 M² _____</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 1439.92 m² _____</p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 546 M² _____</p>								

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt Siguenos en:

Continuación de la figura 8.



**GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA**
MINISTERIO DE AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

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 style="text-align: center;"> NORTE _____ TERRENO VERDE (PASTO) _____ SUR _____ CASA HABITACIONAL _____ ESTE _____ CALLE _____ OESTE _____ TERRNO BOSCOZO CON PENDIENTE _____ </p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 30%;">DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="width: 30%;">DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TERRENO VERDE (PASTO)</td> <td>NORTE</td> <td>10 M</td> </tr> <tr> <td>TERRENO BOSCOZO CON PENDIENTE</td> <td>OESTE</td> <td>25 M</td> </tr> <tr> <td>CASA HABITACIONAL</td> <td>SUR</td> <td>10 M</td> </tr> <tr> <td>CALLE</td> <td>ESTE</td> <td>25 M</td> </tr> <tr> <td>TERRENO MUNICIPAL (PASTO)</td> <td>ESTE</td> <td>35 M</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	TERRENO VERDE (PASTO)	NORTE	10 M	TERRENO BOSCOZO CON PENDIENTE	OESTE	25 M	CASA HABITACIONAL	SUR	10 M	CALLE	ESTE	25 M	TERRENO MUNICIPAL (PASTO)	ESTE	35 M			
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																				
TERRENO VERDE (PASTO)	NORTE	10 M																				
TERRENO BOSCOZO CON PENDIENTE	OESTE	25 M																				
CASA HABITACIONAL	SUR	10 M																				
CALLE	ESTE	25 M																				
TERRENO MUNICIPAL (PASTO)	ESTE	35 M																				
<p>II.5 Dirección del viento:</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 (x) d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio (x) e) Otro () </p> <p>Detalle la información _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																						
<p>II.7 Datos laborales</p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna () Nocturna () Mixta (x) Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada _____ 15 _____ Total empleados _____ 15 _____</p>																						
<p>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO... COMBUSTIBLES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MAQUINARIA Y FLETES PARA TRANSPORTE DE MATERIALES, CONSUMO DE AGUA PARA ELABORACIÓN DE CONCRETO.</p> <p> </p>																						






7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt Síguenos en:


Continuación de la figura 8.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-	FORMATO DVGA-GA-002					
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	840L/DIA	MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE			TONEL
	Pozo	NO					
	Agua especial	NO					
	Superficial	NO					
Combustible	Otro	NO					
	Gasolina	SI	3 GAL/DIA	MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE			EXPENDIO CERCANO
	Diesel	SI	10 GAL/HORA	MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE			EXPENDIO CERCANO
	Bunker	NO					
	Glp	NO					
	Otro	NO					
Lubricantes	Solubles	SI	1 LITRO/DIA	MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE			EXPENDIO CERCANO
	No solubles	NO					
Refrigerantes		NO					
Otros		NO					
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							
III. IMPACTO AL AIRE							
GASES Y PARTICULAS							
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? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? DEBIDO A LA EXCAVACIÓN EN AMBOS PROYECTOS SE GENERA POLVO Y MATERIAL PARTICULADO, A LA OPERACIÓN DE MAQUINARIA GENERA HUMO							
MITIGACION 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? HUMEDECIMIENTO DE LA SUPERFICIE EN EL TEMA DE POLVO Y MATERIAL PARTICULADO, ADEMAS DEL USO DE MASCARILLAS TANTO PARA EL POLVO COMO PARA EL HUMO GENERADO POR LA MAQUINARIA. ADEMAS DE							
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500							
www.marn.gob.gt				Siguenos en:    			


Continuación de la figura 8.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002
FORMATO	DVGA-GA-002		
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">MANTENER EN BUEN ESTADO LAS MAQUINAS.</div>			
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN		
RUIDO Y VIBRACIONES III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? SI III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehiculos, etc.) MAQUINARIA Y EQUIPO 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? PARA LOS TRABAJADORES EL USO DE PROTECTORES, Y LA VIVIENDA UBICADA EN EL VECINDARIO ESTA RELATIVAMENTE ALEJADA DEL AREA DE CONSTRUCCION.			
OLORES 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: SI III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? EL LUGAR ES LO SUFICIENTEMENTE DESPEJADO PARA LA DISPERSION.			
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA			
AGUAS RESIDUALES			
CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES 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; _____ Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____ ESPECIALES, GENERALMENTE SE GENERAN UN CAUDAL DE 1 L/S _____ _____ _____ IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ 5 _____ _____ _____			
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 www.marn.gov.gt Síguenos en:    			






Continuación de la figura 8.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002	DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-
FORMATO	DVGA-GA-002			
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 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</p> <p>COLECTOR MUNICIPAL</p> <p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</p> <p>IV.5 <u>Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</u></p> <p>ZANJONES QUE DESEMBOCAN EN COLECTOR MUNICIPAL</p>				
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)				
DESECHOS SOLIDOS				
VOLUMEN DE DESECHOS				
V.1 <u>Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</u>				
<input 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>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, CONCRETO, SUELO, PLASTICO</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 style="text-align: center;">NO</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 style="text-align: center;">NO</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 style="text-align: center;">SI, TREN DE ASEO MUNICIPAL ASIGNADO</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>				
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500				
www.marn.gov.gt Síguenos en: 				






Continuación de la figura 8.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002
FORMATO	DVGA-GA-002		
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-			
<p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">BASURERO MUNICIPAL</p>			
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) _____ 800KW/MES _____			
VI. 2 Forma de suministro de energía a) Sistema _____ público MUNICIPAL 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 _____ TRANSFORMADORES _____ NO _____			
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? OPTIMIZAR EL USO DE APARATOS ELECTRICOS			
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)			
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen: - Bosques - Animales _____ - Otros _____ Especificar información _____			
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? DENTRO DEL TERRENO DE OPERACION NO SE UBICAN ARBOLES			
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 _____ VARIADO b) Tipo de vehículo _____ PICK-UP, MOTOCICLETAS _____ c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ 100 M ² _____ d) Horario de circulación vehicular _____ TODO EL DIA _____ e) Vías alternas _____ NO _____			
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJISTICOS			
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500			
www.marn.gob.gt			
Síguenos en:			

Continuación de la figura 8.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál?	
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 _____	
b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____	
c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____	
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, DEBIDO A QUE NO AFECTARA AREA BOSCOSEA O NO SE TALARAN ARBOLES	
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 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 serían las actividades riesgosas:	
X.3 riesgos ocupacionales:	
<input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores	
Ampliar información:	
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500	
www.marn.gob.gt	
Síguenos en:    	

Continuación de la figura 8.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-	
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: BOTAS, CASCO, MARCARILLA, CHALECO, GUANTES, LENTES. 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? PARA LOS TRABAJADORES, SUPERVISAR QUE TODOS UTILICEN EL EQUIPO DE SEGURIDAD Y PARA LA POBLACION, ACCESO RESTRINGIDO A LOS ALREDEDORES.	
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500	
www.marn.gob.gt Síguenos en:    	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Evaluación ambiental inicial*. p. 23.

2.2. Diseño de la edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz, Chinique, Quiché

A continuación, se muestra el diseño de la edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz, Chinique, Quiché.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles con ubicación en el barrio La Cruz del municipio de Chinique, Quiché, el cual será de uso exclusivamente académico de nivel básico.

La distribución de ambientes se realizará de la siguiente forma: 6 aulas de enseñanza (primero, segundo y tercero básico; 2 aulas por grado), salón de computación, un aula para artes industriales y uno para educación del hogar, un salón de usos múltiples, área de recreación y administración tanto institucional como docente.

El centro educativo estará dividido en tres módulos que serán diseñados con base a un sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos y losas de concreto armado, las divisiones de ambientes se realizarán con muros de block de piedra pómez, en el área de aulas y con tabla yeso en el área docente/administrativa, puertas de metal y piso de granito.

2.2.2. Investigación preliminar

A continuación, se muestra la investigación preliminar realizada.

2.2.2.1. Capacidad soporte del suelo

Para determinar la capacidad de carga que soporta el suelo, se realizó un ensayo de compresión triaxial (ver anexo 3), la cual se establece de la siguiente forma:

Datos del suelo:

Descripción del suelo: limo con arena fina color café

Ángulo de fricción interna (ϕ) : 6,85°

Cohesión (C_u): 1,70 T/m²

Densidad húmeda (γ): 1,78 T/m³

Utilizando la siguiente ecuación de Meyerhof:

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

Donde:

$q_u =$ Carga última

$c' =$ Cohesión

$q =$ Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

$\gamma =$ Peso específico del suelo

$B =$ Ancho de la cimentación

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

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

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

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

En el cual:

$$q = \gamma * d_f$$

Donde:

$q =$ Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

$\gamma =$ Peso específico del suelo

$d_f =$ desplante de cimentación

La ecuación general de carga queda, de la siguiente forma:

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + \gamma d_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Los factores N_c, N_q, N_γ , se obtienen a partir del ángulo de fricción interna del suelo, las cuales se calcularán de la siguiente manera:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} = \tan^2 \left(45 + \frac{6,85^\circ}{2} \right) e^{\pi \tan(6,85^\circ)} = 1,8535$$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi' = (1,85 - 1) * \cot(6,85^\circ) = 7,1049$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 2 * (1,85 + 1) * \tan 6,85^\circ = 0,6856$$

Para el cálculo de factores, se utilizan las siguientes expresiones:

- Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) * \left(\frac{N_q}{N_c}\right) = 1 + \left(\frac{1,5m}{1,5m}\right) * \left(\frac{1,8535}{7,1049}\right) = 1,2609$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) * \tan 6,85^\circ = 1 + \left(\frac{1,5m}{1,5m}\right) * \tan 6,85^\circ = 1,1201$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L}\right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,5m}{1,5m}\right) = 0,6$$

- Factores de profundidad

$$\frac{2m}{1,5m} = 1,333 > 1$$

Para $\phi' > 0$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 6,85^\circ (1 - \sin 6,85^\circ)^2 \left(\frac{2m}{1,5m}\right) = 1,1728$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'} = 1,19 - \frac{1 - 1,1728}{7,08 \tan 6,85^\circ} = 1,3753$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

- Factores de inclinación

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

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\phi^\circ}\right) = \left(1 - \frac{0^\circ}{6.85^\circ}\right) = 1$$

$$q_u = \left(1700 \frac{kg}{m^2} * 7,1049 * 1,2609 * 1,3753 * 1\right)$$

$$+ \left(\frac{1780kg}{m^3} * 2m * 1.8535 * 1.1201 * 1.1728 * 1\right)$$

$$+ \frac{1}{2} \left(\frac{1780kg}{m^3} * 2m * 0,6856 * 0,6 * 1 * 1\right) = 301162,2309 \frac{kg}{m^2}$$

$$q_{admi} = \frac{q_u}{3} = \frac{301162,2309 \frac{kg}{m^2}}{3} = 10054,077 \frac{kg}{m^2} = 10,05 \frac{Ton}{m^2}$$

Tabla XX. **Datos y resultados de los suelos**

	Suelo existente	Suelo de sustitución
Descripción del suelo	Limo con arena fina color café	Arena pómez limosa color café claro
Cohesión	1,40 T/m ²	0,11 T/m ²
Ángulo de fricción interna	6,85°	34,02°
Peso específico	1,78 T/m ³	1,42 T/m ³
N _q	1,85	29,51
N _c	7,10	42,24
N _r	0,69	41,19
F _{cs}	1,26	1,70
F _{qs}	1,12	1,68
F _{rs}	0,6	0,60
F _{qd}	1,17	1,27
F _{cd}	1,38	1,26
F _{rd}	1	1
F _{ci}	1	1
F _{qi}	1	1
F _{ri}	1	1
q último	30,12 T/m ²	159,94 T/m ²
q admisible	10,05 T/m ²	53,31 T/m ²

Fuente: elaboración propia. Nota: la justificación del suelo de sustitución se encuentra en la página No. 219.

2.2.2.1.1. Ensayo triaxial

Es una prueba que se le realiza al suelo el cual determina las propiedades mecánicas y físicas del mismo, es uno de los métodos más confiables para establecer la resistencia cortante del suelo. Existen varios tipos del ensayo, los cuales son: no consolidados-no drenados (UU) o rápidos (Q), consolidado-no drenado (CU) o consolidados rápidos (RC) y el consolidado-drenado (CD) o lentos (S).

El principal objetivo de la realización del ensayo triaxial es la determinación de las propiedades mecánicas del suelo, como lo son el ángulo de fricción interna, cohesión, además de las propiedades físicas como el peso volumétrico y la clasificación del suelo. (Resultados de estudio de suelo en el anexo 4)

2.2.2.2. Dimensiones y área de terreno disponible

De acuerdo con las escrituras proporcionadas por las autoridades del área de educación del municipio de Chinique, indica que legalmente el terreno cuenta con un perímetro de 173,24 metros lineales, distribuidos en 65,72 metros tanto al norte como al sur y 20,90 metros al este y oeste, y 1 373,68 metros cuadrados correspondientes al área disponible.

2.2.2.3. Normas para el diseño de edificios educativos

Para establecer las dimensiones de los ambientes del centro educativo, se utilizará el manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de

centros educativos oficiales con el cual indica aspectos como planificación, áreas de servicio entre otros.

El manual establece que todos los centros educativos de nivel básico deberían tener, como mínimo, área educativa, administrativa, de apoyo y de servicio. La educativa está conformada por las aulas teóricas, tecnológicas y de experimentación, este último tendrá un laboratorio de ciencias naturales, así también, las aulas de desarrollo y productividad, también conocidas como aulas para artes industriales y para el hogar.

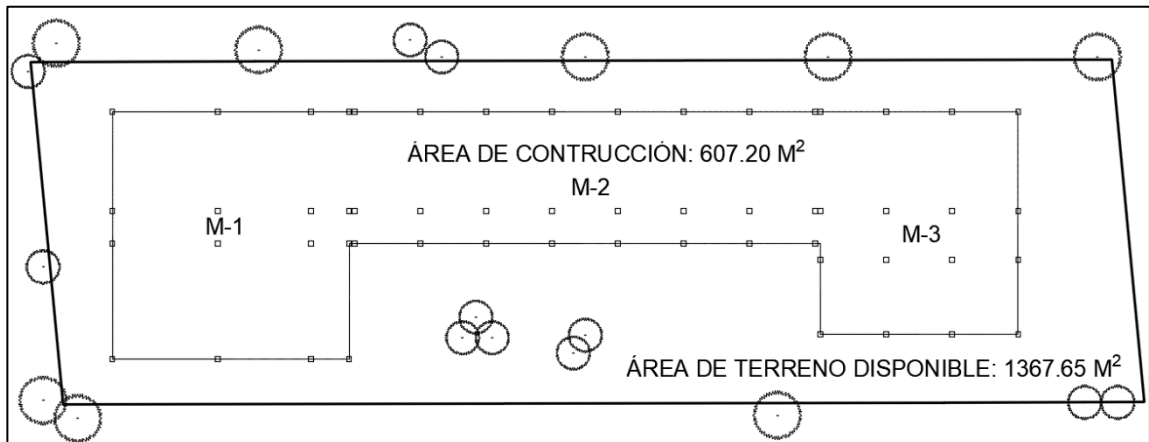
El área administrativa la componen las oficinas de dirección, secretaria y contabilidad, asimismo como las oficinas correspondientes a delegados municipales y del ministerio de educación. Tomando en cuenta la actualización de los medios de consulta, el área tecnológica podrá ser utilizada como una biblioteca virtual y un salón de usos.

Además de contar con un área de servicio que está conformada por una cocina, una bodega y una amplia cafetería que también podría ser utilizada como un lugar de estudio.

2.2.2.4. Ubicación de edificio en terreno

El diseño del centro educativo se realizó adecuándose al terreno proporcionado por la municipalidad de Chinique, el cual está ubicado en el barrio La Cruz. El espacio de construcción se detalla en la siguiente figura:

Figura 9. **Ubicación de edificio en terreno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

2.2.2.5. Sistema estructural por utilizar

El proceso para establecer el sistema estructural con el cual se diseñará el centro educativo depende de varios aspectos como la importancia que tendrá o podría tener el edificio, así también como la accesibilidad, precio de los materiales, la mano de obra, ubicación del terreno, zona sísmica y principalmente escoger un sistema, que provea la durabilidad necesaria, para reducir el índice de centros educativos en mal estado.

Se utilizará el sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos, con el fin de utilizar su ductilidad, para disipar de una forma más eficiente la energía generada por algún evento sísmico.

2.2.3. Análisis estructural

A continuación, se muestra el análisis estructural del proyecto.

2.2.3.1. Predimensionamiento estructural

- Losa

Para establecer el tipo de losa por utilizar, se procede a realizar la relación geométrica lado corto/lado largo, que define el criterio:

$$\text{si } \frac{\text{lado corto}}{\text{lado largo}} < 0,5 \rightarrow \text{losa en una dirección}$$

$$\text{si } \frac{\text{lado corto}}{\text{lado largo}} \geq 0,5 \rightarrow \text{losa en dos direcciones}$$

Analizando la losa crítica de cada módulo, la distribución de tipo de losas queda de la siguiente forma:

Dimensiones de losa crítica, módulo 1:

Lado largo: 6,40 metros

Lado corto: 3,50 metros

$$\frac{3,50 \text{ metros}}{6,40 \text{ metros}} \geq 0,55 \rightarrow \text{losa en dos direcciones}$$

Para determinar el espesor (t) de losa de dos direcciones se utiliza la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180}$$

$$t_1 = \frac{640\text{cm} * 2 + 350\text{cm} * 2}{180} = 11\text{cm}$$

Tabla XXI. **Espesor de losa por módulos**

Módulo	Relación	Losa	Espesor (t)
1	0,55	Dos direcciones	11 cm
2	0,67	Dos direcciones	11,11 cm
3	0,67	Dos direcciones	11,11 cm

Fuente: elaboración propia.

Para proporcionar uniformidad entre edificios, se tomará el mayor de los espesores y con este se realizará el diseño, por lo tanto, el espesor de la losa será de 12 cm.

- **Viga**

De acuerdo con la tabla 9.3.1.1 del ACI 318-14, en el cual indica la altura mínima de una viga tomando en consideración la condición del apoyo. Al igual que las losas, se tomará la viga crítica para determinar la altura que debiesen tener las vigas de cada uno de los módulos por diseñar.

La viga crítica de cada módulo tiene como condición de apoyo un extremo continuo, por lo tanto, la ecuación que determina su altura es la siguiente:

$$h_{viga} = \frac{L}{18,5}$$

Donde:

h_{viga} : Altura de la viga (cm)
L: Longitud de la viga (cm)

Además de las ecuaciones dictadas en el ACI, se utilizará la ecuación en la cual la altura de la viga depende de la luz libre de la misma, la ecuación es la siguiente:

$$h_{viga} = 8 \% * L_{viga}$$

Longitud de viga crítica, módulo 1:

$$h_{viga} = \frac{700cm}{18,5} = 37,84 \text{ cm}$$

$$h_{viga} = 8 \% * 700cm = 56cm$$

Para el diseño de la viga, se tomará el promedio de los resultados de ambas ecuaciones, asimismo múltiplos de 5 para facilidad de construcción, por lo tanto, la altura de la viga es la siguiente:

$$h_{viga} = \frac{56cm + 37,84cm}{2} = 46,92cm \cong 45cm$$

Para la determinación de la base, es criterio del diseñador la relación altura/base por tomar, en este caso la relación por utilizar es de 2.

$$\frac{Altura}{base} = 2 \rightarrow base = \frac{Altura}{2} = \frac{45cm}{2} = 22,5cm \cong 25 \text{ cm}$$

Sección de la viga=25cm*45cm

- Columna

Para el predimensionamiento de columnas se utilizará la ecuación que determina la carga axial que soporta una columna. La ecuación es la siguiente:

$$P_o = 0.85 * f'c * (A_g - A_s) + f'y * A_s$$

Donde, la carga axial también se representa de la siguiente forma:

$$P_o = Area_{tributaria} * \gamma_{concreto}$$

$$P_o = 27,225m^2 * 2\,400 \frac{kg}{m} = 65\,340 \, kg/m$$

De acuerdo con el inciso 10.6.1.1 del ACI 318-14, se indica que el acero longitudinal para elementos sometidos a esfuerzos de compresión debe contener entre el 1 % al 8 % de la sección de la columna.

Se utilizará concreto de 210 kg/cm² (3 000 psi) y acero de 2 810 kg/cm² (40 000 psi).

$$65\,340 \frac{kg}{m} = 210kg/cm^2 * (A_g - 0,01 * A_g) + 0,01 * A_g * 2\,810kg/cm^2$$

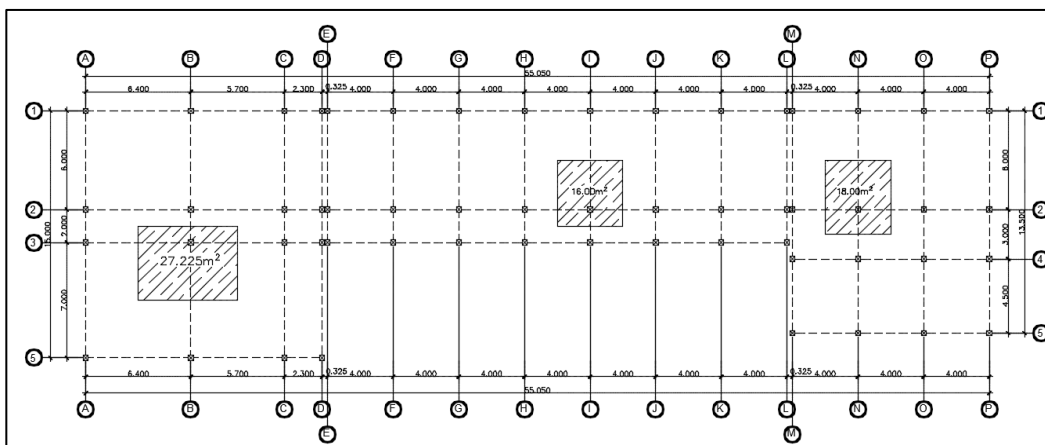
$$A_g = 276,86cm^2$$

Considerando que la sección mínima para columnas sismo-resistentes es de 900 cm^2 ($30\text{cm} \times 30\text{cm}$). Asimismo, el método de predimensionamiento es para soportar carga axial, de tal forma a la sección se le adicionarán 5 cm por lado para garantizar que la columna soporte otras posibles cargas que se le pudiesen aplicar.

Sección de la columna= $35\text{cm} \times 35\text{cm}$

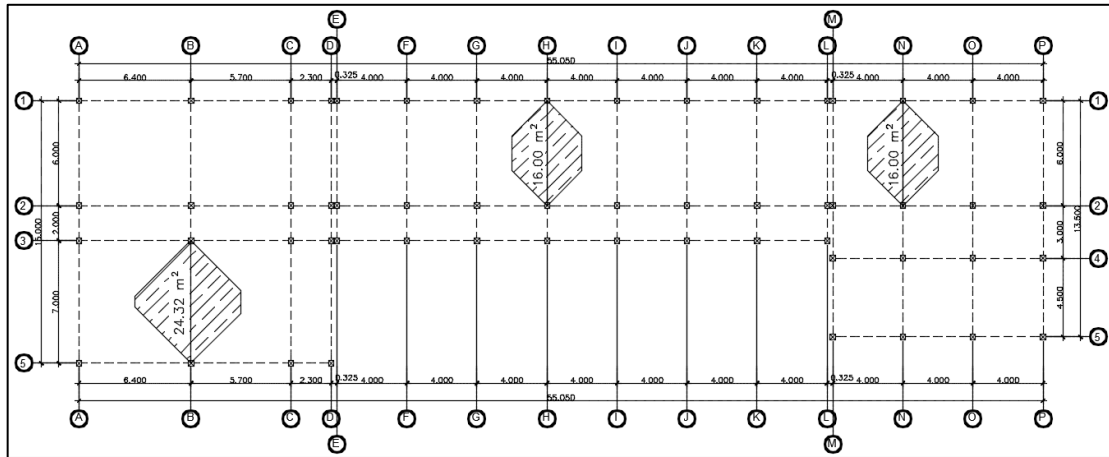
La sección resultante se utilizará para los tres módulos, dado que es la carga crítica de entre los módulos por diseñar.

Figura 10. **Distribución de áreas tributarias para columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Figura 11. Distribución de áreas tributarias para vigas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

2.2.3.2. Integración de carga horizontal por método de AGIES

- Coeficiente sísmico
 - Índice de sismicidad

De acuerdo con el AGIES NSE 2.10, se define como una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad, necesario para el diseño de edificaciones ya que incide en el nivel de protección del mismo.

- Ubicación

Chinique, Quiché

$$I_o = 4, \rightarrow S_{cr} = 1,5 g, \rightarrow S_{1r} = 0,55 g$$

- Clasificación de la obra

Considerando el NSE 1.10, clasifica las obras en categorías ocupacionales para los requisitos de diseño por sismo, viento e inundaciones, y el propietario podrá requerir al diseñador que clasifique su obra en una categoría más alta que la especificada.

Tomando en cuenta lo anterior, las obras se clasifican en utilitarias, ordinarias, importantes y esenciales. La estructura por diseñar es un centro educativo, por lo que la obra es importante.

- Nivel de protección sísmica y probabilidad de sismo de diseño

Se presenta en la tabla 4-1 del AGIES NSE 2.1.

Nivel de Protección: D → 5 % en 50 años

- Tipo de suelo

De acuerdo con la guía por clasificación de sitio, tabla 4-4 del AGIES NSE 2.1, y la visita realizada al lugar donde se construirá, se determina que el suelo es suelo firme y rígido, lo cual indica tipo D.

En las tablas 4-2 y 4-3 se proporcionan los coeficientes de sitio F_a y F_v .

$$F_a = 1, \rightarrow F_v = 1,5$$

- Ajuste por clase de sitio

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

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

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

$$S_{1s} = 0,55g * 1,50 = 0,825 g$$

- Ajustes por intensidades sísmicas especiales

Los factores N_a y N_v se obtienen de las tablas 4-6 y 4-7 respectivamente, además el tipo de fuente sísmica detallada en la tabla 4-5, proporciona un parámetro para determinar los factores anteriores, por lo tanto, se define como fuente de tipo B, ya que las fallas existentes más cercanas se encuentran a una distancia mayor a 5 km.

$$N_a=1, \rightarrow N_v = 1,1$$

$$S_{cs} = S_{cs} * N_a = 1,5g * 1 = 1,5g$$

$$S_{1s} = S_{cs} * N_v = 0,825g * 1,1 = 0,9075g$$

- Factores de escala

Considerando el nivel de protección, la probabilidad de ocurrencia del sismo es de 5 % en 50 años, por lo tanto, de acuerdo al AGIES NSE 2-1, el sismo de diseño es de tipo severo, el cual tiene un factor de escala (K_d) igual a 0,8.

- Espectro calibrado

Según el inciso 4.3.4.2, el espectro calibrado se establece con las siguientes ecuaciones:

$$S_{cd} = K_d * S_{cs} = 0,8 * 1,5g = 1,2g$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s} = 0,8 * 0,9075g = 0,726 g$$

Con base al inciso 4.3.4.3, la aceleración máxima del suelo se determina de la siguiente forma:

$$AMS_d = 0,4 * S_{cd} = 0,4 * 1,2g = 0,48 g$$

- Periodo de la estructura

Para calcular el período empírico de la estructura, el inciso 2.1.4.1 describe que la ecuación por utilizar es la siguiente:

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

Donde, h_n es la altura total del edificio, K_t y X están en función del sistema estructural con algunas variantes, las cuales se dividen en cinco casos que pudiesen ser utilizadas tanto para el eje X como Y, o bien, distintos casos para cada uno.

En el caso del centro educativo, se utilizarán sistemas tipo E-1 (marcos especiales tipo A), con la mayor parte del edificio cubierto con mampostería, por

lo tanto, se utilizarán 0,047 y 0,85 para los valores de K_t y X respectivamente. De tal forma el periodo será el mismo para ambos ejes, y será el siguiente valor:

Altura total del edificio: 6,00 m

$$T_a = 0,047 * (6,00m)^{0,90} = 0,236 s$$

- Periodo de transición

El periodo de transición se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}} = \frac{0,726 g}{1,2 g} = 0,605s$$

- Coeficiente sísmico

Para determinar el coeficiente sísmico, es necesario primero establecer la demanda sísmica de diseño, la cual se calcula bajo las siguientes condiciones.

$$S_a(T) = S_{cd} \rightarrow si, T_a < T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \rightarrow si, T_a > T_s$$

Por lo tanto, $S_a(T)=1.2 g$, y el coeficiente sísmico indicado por el AGIES NSE 3-10 inciso 2.1.2, se utilizará tanto para el eje Y como para el X, es el siguiente:

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

Los valores para el coeficiente R, se encuentran en la tabla 1-1. El sistema por utilizar en el centro educativo es de marcos tipo A de concreto reforzado, por lo tanto, R tiene un valor de 8.

$$C_s = \frac{1,2 g}{8} = 15 \%$$

- **Peso sísmico**

De acuerdo con el inciso 1.10.3 del AGIES NSE 3-10 indica que el peso sísmico corresponde a la carga muerta total más el 25 % de la carga viva que se le aplicará a la estructura.

Las cargas tanto vivas como muertas se describen en la siguiente tabla:

Tabla XXII. **Cargas de diseño**

Carga	Magnitud (Kg/m ²)	Tipo	Referencia
Aulas	200	Viva	AGIES 2-10
Pasillos y escaleras	500		
Áreas de cafetería y cocina	500		
Techo sin acceso	100		
Sobrecarga y acabados	100	Muerta	Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado basado en ACI 318-02
Muros	175		
Concreto	2 400 kg/m ³		

Fuente: elaboración propia.

- **Primer nivel módulo 1:**
 - **Carga muerta**

$$CM = W_{losa} + W_{columnas} + W_{vigas} + W_{muros} + W_{scaca}$$

$$W_{losa} = \frac{216m^2 * 0,12m * 2\,400kg/m^3}{1\,000} = 62,21 \text{ Toneladas}$$

$$W_{columnas} = \frac{0,35m * 0,35m * 4,50m * 2\,400kg/m^3 * 16}{1\,000} = 21,17 \text{ Toneladas}$$

$$W_{vigas} = \frac{0,25m * (0,45m - 0,12m) * 146,4m * 2\,400kg/m^3}{1\,000} = 28,99 \text{ Toneladas}$$

$$W_{Muros} = \frac{103,3m * 4,5m * 175kg/m^2}{1\,000} = 81,35 \text{ Toneladas}$$

$$W_{sc} = \frac{216m^2 * 100kg/m^2}{1\,000} = 21,60 \text{ Toneladas}$$

$$\sum W_{CM} = 215,31 \text{ Toneladas}$$

Carga viva

$$CV = W_{aulas} + W_{pasillos}$$

$$W_{aulas} = \frac{171,10 m^2 * 200kg/m^2}{1\,000} = 34,22 \text{ Toneladas}$$

$$W_{pasillos} = \frac{44,90 m^2 * 500kg/m^2}{1\,000} = 22,45 \text{ Toneladas}$$

$$\sum W_{CV} = 56,67 \text{ Toneladas}$$

$$W_s = W_{CM} + 25\% * W_{CV} = 215,31 \text{ Ton} + 0,25 * 56,67 \text{ Ton} = 229,48 \text{ Ton}$$

Segundo nivel módulo 1:

Carga muerta

$$CM = W_{losa} + W_{columnas} + W_{vigas} + W_{muros} + W_{scaca}$$

$$W_{losa} = \frac{216m^2 * 0,12m * 2\,400kg/m^3}{1\,000} = 62,21 \text{ Toneladas}$$

$$W_{columnas} = \frac{0,35m * 0,35m * 1,5m * 2\,400kg/m^3 * 16}{1\,000} = 7,06 \text{ Toneladas}$$

$$W_{vigas} = \frac{0,25m * (0,45m - 0,12m) * 146,4m * 2\,400kg/m^3}{1\,000} = 28,99 \text{ Toneladas}$$

$$W_{Muros} = \frac{85,65m * 1,5m * 175kg/m^2}{1\,000} = 22,48 \text{ Toneladas}$$

$$W_{sc} = \frac{216m^2 * 100kg/m^2}{1\,000} = 21,60 \text{ Toneladas}$$

$$\sum W_{CM} = 142,33 \text{ Toneladas}$$

Carga viva

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

$$W_{techo \text{ sin acceso}} = \frac{216 \text{ m}^2 * 100kg/m^2}{1\,000} = 21,6 \text{ Toneladas}$$

$$\sum W_{CV} = 21,6 \text{ Toneladas}$$

$$W_s = W_{CM} + 25 \% * W_{CV} = 142,33 \text{ Ton} + 0,25 * 21,6 \text{ Ton} = 147,73 \text{ Kg}$$

Tabla XXIII. **Peso sísmico**

	W _{TN} Módulo 1			W _{TN} Módulo 2			W _{TN} Módulo 3		
	CM	CV	PS	CM	CV	PS	CM	CV	PS
Primer nivel	215,31	56,67	229,48	220,56	56,80	234,76	175,10	81,00	195,35
Segundo nivel	142,33	21,6	147,73	156,73	22,40	162,33	107,04	16,2	111,09
Peso sísmico total:	377,21			397,09			306,44		

Fuente: elaboración propia. (Cargas expresadas en toneladas).

- Corte basal

Es la representación de las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura, y para determinarla el AGIES NSE 3-10 inciso 2.1.1 indica que la ecuación por utilizar es la siguiente:

$$V_B = C_s * W_s$$

Debido, a que se utilizará la misma variante del sistema estructural, el corte basal será el mismo tanto para el eje Y como para el X, de tal forma, da como resultado el siguiente valor:

$$V_{B_{Módulo\ 1}} = 0,15 * 377,21\ Ton = 56,58\ Toneladas$$

$$V_{B_{Módulo\ 2}} = 0,15 * 397,09\ Ton = 59,56\ Toneladas$$

$$V_{B_{Módulo\ 3}} = 0,15 * 306,44\ Ton = 45,97\ Toneladas$$

- Distribución vertical de las fuerzas sísmicas

De acuerdo con el inciso 2.2 del AGIES NSE 3-10 la distribución vertical de las fuerzas sísmicas se calcula con la siguiente expresión:

$$F_x = C_{vx} * V_B$$

En el cual, C_{vx} está en función del peso sísmico y de la altura de cada nivel, como está descrita en la ecuación:

$$C_{vx} = \frac{W_s * h_x^k}{\sum_{i=1}^n (W_s * h_x^k)}$$

Donde k, se determina mediante las siguientes condiciones:

$$k = 1 \rightarrow \text{si } T \leq 0,5 \text{ s}$$

$$k = 0,75 + 0,5T_s \rightarrow \text{si } 0,5 < T \leq 2,5 \text{ s}$$

$$k = 2 \rightarrow \text{si } T > 2,5 \text{ s}$$

Debido a que $T=0,311$ s menor que 0,5 s, el coeficiente $k=1$. Conociendo los valores necesarios, se realiza el cálculo de C_{vx} .

$$W_1 * h_1 = 229,48 \text{ Ton} * (3,00\text{m})^1 = 688,44 \text{ Ton} - m$$

$$W_2 * h_2 = 147,73 \text{ Ton} * (6,00\text{m})^1 = 886,38 \text{ Ton} - m$$

$$\sum_{i=1}^n (W_s * h_x^k) = 1\,574,82 \text{ Ton} - m$$

$$C_{vx1} = \frac{229,48 \text{ Ton} * (3,00\text{m})^1}{1\,574,82 \text{ Ton} - m} = 0,44$$

$$C_{vx2} = \frac{147,73 \text{ Ton} * (6,00\text{m})^1}{1\ 574,82 \text{ Ton} - m} = 0,56$$

$$F_1 = 0,44 * 56,58 \text{ Ton} = 24,73 \text{ Ton}$$

$$F_2 = 0,56 * 56,58 \text{ Ton} = 31,85 \text{ Ton}$$

Tabla XXIV. **Distribución vertical de fuerza sísmica del módulo 1**

Nivel	W _i	H _i	W _i *H _i	C _{vx}	F _i	V _i
2	147,73	6,00	886,38	0,56	31,85	31,85
1	229,48	3,00	688,44	0,44	24,73	56,58
	377,21		1574,82			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Distribución vertical de fuerza sísmica del módulo 2**

Nivel	W _i	H _i	W _i *H _i	C _{vx}	F _i	V _i
2	162,33	6,00	973,98	0,58	34,57	34,57
1	234,76	3,00	704,28	0,42	25,00	59,56
	397,09		1678,26			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Distribución vertical de fuerza sísmica del módulo 3**

Nivel	W _i	H _i	W _i *H _i	C _{vx}	F _i	V _i
2	111,09	6,00	666,54	0,53	24,46	24,46
1	195,35	3,00	586,05	0,47	21,51	45,97
	306,44		1252,59			

Fuente: elaboración propia.

- Distribución de fuerzas horizontales

Debido a la asimetría de los módulos del edificio, se realizará el análisis de torsión para evaluar el comportamiento de las fuerzas sísmicas.

- Centro geométrico

Para calcular el centro geométrico de un edificio se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * x_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = 7,2m$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * y_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = 7,5m$$

Tabla XXVII. **Coordenadas del centro geométrico**

	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
X	7,2	14	6
Y	7,5	4	6,75

Fuente: elaboración propia.

- Centro de masa (C_m)

El centro de masa de una estructura es el punto en el cual se concentra la masa, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^m W * L}{\sum_{i=1}^m W}$$

- Centro de masa, segundo nivel, módulo 1

$$C_{m-x} = \frac{758\,937,60\text{Kg} - m}{105\,408\text{Kg}} = 7,2\text{ m}$$

$$C_{m-y} = \frac{790\,560\text{Kg} - m}{105\,408\text{Kg}} = 7,5\text{ m}$$

Tabla XXVIII. **Coordenadas de centros de masa**

	Primer nivel			Segundo nivel		
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
X	7,36	13,20	6,23	7,2	14	6
Y	7,42	3,70	6,89	7,5	4	6,75

Fuente: elaboración propia, coordenadas expresadas en metros.

- Centro de rigidez

Es el punto en el cual una estructura soporta las fuerzas horizontales, y se calcula de la siguiente forma:

$$CR = \frac{\sum K_m * L}{\sum K_m}$$

Donde:

CR: centro de rigidez (m)

- K_m : rigidez de columna
 L : longitud de la columna (m)

En el cual K_m es igual a K_c por el número de columnas existentes en el eje a analizar. Debido a las condiciones de apoyo entre el primer y segundo nivel, la ecuación de K_c difiere como se muestra en las siguientes ecuaciones:

- K_c para último nivel (voladizo)

$$K_c = \frac{1}{\frac{F \cdot H^3}{3 \cdot E \cdot I_{col}} + \frac{1.2 \cdot F \cdot H}{A \cdot G}}$$

- K_c para niveles intermedios o primer nivel

$$K_c = \frac{1}{\frac{F \cdot H^3}{12 \cdot E \cdot I_{col}} + \frac{1.2 \cdot F \cdot H}{A \cdot G}}$$

Donde:

- F : fuerza actuante en el nivel (Kg)
 H : luz libre de la columna por analizar (cm)
 E : módulo de elasticidad del concreto ($15\ 100 \cdot \sqrt{f'c}$)
 I : inercia de la columna (cm^4)
 G : $0,4 \cdot E$

$$I = \frac{1}{12} * (35\text{cm}) * (35\text{cm})^3 = 125\ 052,10\ \text{cm}^4$$

$$E = 15\ 100 * \sqrt{210\ \text{kg/cm}^2} = 219\ 299,05$$

$$G = 0,4 * 219\,299,05 = 87\,719,62$$

✓ K_c para último nivel, módulo 1

$$K_c = \frac{1}{\frac{31\,850\,Kg*300cm^3}{3*219\,299,05*125\,052,10\,cm^4} + \frac{1,2*31\,850\,Kg*300cm}{1\,225\,cm^2*87\,719,62}} = 0,095$$

✓ K_c para primer nivel, módulo 1

$$K_c = \frac{1}{\frac{31\,850\,Kg*300cm^3}{12*219\,299,05*125\,052,10\,cm^4} + \frac{1,2*31\,850\,Kg*300cm}{1\,225\,cm^2*87\,719,62}} = 0,474$$

Tabla XXIX. Centro de rigidez segundo nivel, sentido X

Marco	No. Col	Kc	Km	L (m)	Km*L
A	4	0,095	0,379	0	0
B	4	0,095	0,379	6,4	2,42
C	4	0,095	0,379	12,1	4,58
D	4	0,095	0,379	14,4	5,46
			1,515		12,46

Fuente: elaboración propia.

$$CRx = \frac{12,46}{1,515} = 8,225\,m$$

Tabla XXX. **Centro de rigidez segundo nivel, sentido Y**

Marco	No. Col	Kc	Km	L (m)	Km*L
5	4	0,095	0,379	0	0,000
3	4	0,095	0,379	7	2,652
2	4	0,095	0,379	9	3,409
1	4	0,095	0,379	15	5,682
			1,515		11,743

Fuente: elaboración propia.

$$CRx = \frac{11,743}{1,515} = 7,75 \text{ m}$$

Tabla XXXI. **Coordenadas del centro de rigidez**

	Primer nivel			Segundo nivel		
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
X	8,225	14,000	6,000	8,225	14,000	6,000
Y	7,750	3,333	6,375	7,750	3,333	6,375

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los valores de los centros de masa y rigidez, se calculan las excentricidades tanto directas como accidentales, las cuales generan fuerzas torsionantes.

- Excentricidades directas

Es la excentricidad generada por la diferencia entre las coordenadas del centro de masa y centro de rigidez, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$e_x = |CM_x - CR_x|$$

$$e_y = |CM_y - CR_y|$$

- Módulo 1, primer nivel

$$e_x = |7,36m - 8,225m| = 0,863m$$

$$e_y = |7,42m - 7,75m| = 0,33m$$

Tabla XXXII. Excentricidades directas

	Primer nivel			Segundo nivel		
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
X	0,863	0,798	0,229	1,025	0,000	0,000
Y	0,333	0,363	0,518	0,250	0,667	0,375

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidades accidentales

De acuerdo con AGIES NSE inciso 2.3.2, para el análisis torsional de un edificio se deberá sumar una excentricidad accidental generada por un momento de giro accidental, y se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$e_{acc} = |CM_{x/y} - CR_{x/y}| + 0,05 * b$$

$$e_{acc} = |CM_{x/y} - CR_{x/y}| - 0,05 * b$$

- Módulo 1, primer nivel

$$e_{acc-1x} = 0.863m + 0.05 * 14,4m = 1,583 m$$

$$e_{acc-2x} = 0,863m - 0,05 * 14,4 m = 0,143 m$$

$$e_{acc-1y} = 0,33m + 0,05 * 15m = 1,083 m$$

$$e_{acc-2y} = 0,33m - 0,05 * 15m = -0,417 m$$

Tabla XXXIII. **Excentricidades accidentales de primer nivel**

	Primer nivel			Segundo nivel		
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
1X	1,583	2,198	0,829	1,745	1,400	0,600
2X	0,143	-0,602	-0,371	0,305	-1,400	-0,600
1Y	1,083	0,763	1,193	1,000	1,067	1,050
2Y	-0,417	-0,037	-0,157	-0,500	0,267	-0,300

Fuente: elaboración propia.

- Análisis de cortantes
 - Cortante por sismo

Esta fuerza cortante es la generada directamente por la fuerza horizontal, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{K_m * F_x}{\sum K_m}$$

- Cortante por torsión

Es la fuerza que provoca el desplazamiento de los marcos a partir de las excentricidades existentes en el edificio, y la ecuación para determinarla es:

$$V_t = \frac{e_{xy} * F_x * (K_m * di)}{\sum(K_m * di^2)}$$

- Cortante total

$$V_T = V_s + V_t$$

Tabla XXXIV. **Torsión primer nivel, sentido X, módulo 1**

Eje	e	F	K _m	di	K _m *di	K _m *di ²	V _s	V _t	V _T
A	1,583	24 730	1,894	-7,362	-13,945	102,671	6 182,5	-2266,949	3 915,551
	0,143							-204,166	5 978,334
B	1,583	24 730	1,894	-0,962	-1,823	1,755	6 182,5	-296,352	5 886,148
	0,143							-26,690	6 155,810
C	1,583	24 730	1,894	4,738	8,973	42,511	6 182,5	1 458,712	7 641,212
	0,143							131,375	6 313,875
D	1,583	24 730	1,894	7,038	13,330	93,808	6 182,5	2 166,896	8 349,396
	0,143							195,155	6 377,655
			7,576		6,535	240,745			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Torsión primer nivel, sentido Y, módulo 1**

Eje	e	F	K _m	di	K _m *di	K _m *di ²	V _s	V _t	V _T
6	1,083	24 730	1,894	-7,417	-14,048	104,186	6 182,5	-1 724,988	4 457,512
	-0,417							663,307	6 845,807
3	1,083	24 730	1,894	-0,417	-0,789	0,329	6 182,5	-96,894	6 085,606
	-0,417							37,259	6 219,759
2	1,083	24 730	1,894	1,583	2,999	4,749	6 182,5	368,275	6 550,775
	-0,417							-141,612	6 040,888
1	1,083	24 730	1,894	7,583	14,364	108,925	6 182,5	1 763,784	7 946,284
	-0,417							-678,225	5 504,275
			7,576		2,526	218,189			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Torsión segundo nivel, sentido X, módulo 1**

Eje	e	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	1,745	31 850	0,379	-7,200	-2,727	19,638	7 962,5	-3118,237	4 844,263
	0,305							-545,021	7 417,479
B	1,745	31 850	0,379	-0,800	-0,303	0,242	7 962,5	-346,471	7 616,029
	0,305							-60,558	7 901,942
C	1,745	31 850	0,379	4,900	1,856	9,095	7 962,5	2 122,134	10 084,634
	0,305							370,917	8 333,417
D	1,745	31 850	0,379	7,200	2,727	19,638	7 962,5	3 118,237	11 080,737
	0,305							545,021	8 507,521
			1,515			1,553	48,613		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Torsión segundo nivel, sentido Y, módulo 1**

Eje	E	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
6	1,00	31 850	0,38	-7,50	-2,84	21,31	7 962,50	-2 077,17	5 885,33
	-0,50							1 038,59	9 001,09
3	1,00	31 850	0,38	-0,50	-0,19	0,09	7 962,50	-138,48	7 824,02
	-0,50							69,24	8 031,74
2	1,00	31 850	0,38	1,50	0,57	0,85	7 962,50	415,43	8 377,93
	-0,50							-207,72	7 754,78
1	1,00	31 850	0,38	7,50	2,84	21,31	7 962,50	2 077,17	10 039,67
	-0,50							-1 038,59	6 923,91
			1,52			0,38	43,56		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Torsión primer nivel, sentido X, módulo 2**

Eje	e	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
E	2,198	25 000	1,405	-14,000	-19,673	275,424	3 125	-1 145,008	1 979,992
	-0,602							313,325	3 438,325
F	2,198	25 000	1,405	-10,000	-14,052	140,522	3 125	-817,863	2 307,137
	-0,602							223,804	3 348,804
G	2,198	25 000	1,405	-6,000	-8,431	50,588	3 125	-490,718	2 634,282
	-0,602							134,282	3 259,282
H	2,198	25 000	1,405	-2,000	-2,810	5,621	3 125	-163,573	2 961,427
	-0,602							44,761	3 169,761
I	2,198	25 000	1,405	2,000	2,810	5,621	3 125	163,573	3 288,573
	-0,602							-44,761	3 080,239
J	2,198	25 000	1,405	6,000	8,431	50,588	3 125	490,718	3 615,718
	-0,602							-134,282	2 990,718
K	2,198	25 000	1,405	10,000	14,052	140,522	3 125	817,863	3 942,863
	-0,602							-223,804	2 901,196
L	2,198	25 000	1,405	14,000	19,673	275,424	3 125	1 145,008	4 270,008
	-0,602							-313,325	2 811,675
			11,242		0,000	944,310			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Torsión primer nivel, sentido Y, módulo 2**

Eje	e	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	0,763	25 000	3,747	-3,696	-13,849	51,185	8 333,333	-2009,439	6 323,894
	-0,037							98,802	8 432,135
B	0,763	25 000	3,747	-1,696	-6,355	10,777	8 333,333	-922,034	7 411,300
	-0,037							45,335	8 378,669
C	0,763	25 000	3,747	4,304	16,129	69,421	8 333,333	2340,182	10 673,516
	-0,037							-115,064	8 218,269
			11,242		-4,075	131,382			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Torsión segundo nivel, sentido X, módulo 2**

Eje	E	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
E	1,400	34 570	0,262	-14,000	-3,665	51,304	4 321,250	-1 008,292	3 312,958
	-1,400							1 008,292	5 329,542
F	1,400	34 570	0,262	-10,000	-2,618	26,176	4 321,250	-720,208	3 601,042
	-1,400							720,208	5 041,458
G	1,400	34 570	0,262	-6,000	-1,571	9,423	4 321,250	-432,125	3 889,125
	-1,400							432,125	4 753,375
H	1,400	34 570	0,262	-2,000	-0,524	1,047	4 321,250	-144,042	4 177,208
	-1,400							144,042	4 465,292
I	1,400	34 570	0,262	2,000	0,524	1,047	4 321,250	144,042	4 465,292
	-1,400							-144,042	4 177,208
J	1,400	34 570	0,262	6,000	1,571	9,423	4 321,250	432,125	4 753,375
	-1,400							-432,125	3 889,125
K	1,400	34 570	0,262	10,000	2,618	26,176	4 321,250	720,208	5 041,458
	-1,400							-720,208	3 601,042
L	1,400	34 570	0,262	14,000	3,665	51,304	4 321,250	1 008,292	5 329,542
	-1,400							-1 008,292	3 312,958
			2,094		0,000	175,900			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Torsión segundo nivel, sentido Y, módulo 2**

Eje	E	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	1,067	34 570	0,262	-4,000	-1,047	4,188	11 523,333	-4 097,185	7 426,148
	0,267							-1 024,296	10 499,037
B	1,067	34 570	0,262	-2,000	-0,524	1,047	11 523,333	-2 048,593	9 474,741
	0,267							-512,148	11 011,185
C	1,067	34 570	0,262	4,000	1,047	4,188	11 523,333	4 097,185	15 620,519
	0,267							1 024,296	12 547,630
			0,785		-0,524	9,423			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Torsión primer nivel, sentido X, módulo 3**

Eje	e	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	0,829	21 510	2,178	-6,229	-13,564	84,483	5 377,5	-1 384,142	3 993,358
	-0,371							620,292	5 997,792
B	0,829	21 510	2,178	-2,229	-4,853	10,816	5 377,5	-495,254	4 882,246
	-0,371							221,944	5 599,444
C	0,829	21 510	2,178	1,771	3,857	6,833	5 377,5	393,633	5 771,133
	-0,371							-176,403	5 201,097
D	0,829	21 510	2,178	5,771	12,568	72,534	5 377,5	1 282,521	6 660,021
	-0,371							-574,751	4 802,749
			8,711		-1,992	174,666			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Torsión primer nivel, sentido Y, módulo 3**

Eje	e	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	1,193	21 510	2,178	-6,893	-15,010	103,464	5 377,5	-1 818,497	3 559,003
	-0,157							239,480	5 616,980
B	1,193	21 510	2,178	-2,393	-5,211	12,469	5 377,5	-631,300	4 746,200
	-0,157							83,137	5 460,637
C	1,193	21 510	2,178	0,607	1,322	0,803	5 377,5	160,165	5 537,665
	-0,157							-21,092	5 356,408
D	1,193	21 510	2,178	6,607	14,388	95,061	5 377,5	1 743,094	7 120,594
	-0,157							-229,550	5 147,950
			8,711		-4,511	211,797			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Torsión segundo nivel, sentido X, módulo 3**

Eje	E	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	0,60	24 460	0,49	-6,00	-2,96	17,76	6 115	-1 100,70	5 014,30
	-0,60							1 100,70	7 215,70
B	0,60	24 460	0,49	-2,00	-0,99	1,97	6 115	-366,90	5 748,10
	-0,60							366,90	6 481,90
C	0,60	24 460	0,49	2,00	0,99	1,97	6 115	366,90	6 481,90
	-0,60							-366,90	5 748,10
D	0,60	24 460	0,49	6,00	2,96	17,76	6 115	1 100,70	7 215,70
	-0,60							-1 100,70	5 014,30
			1,97		0,00	39,46			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Torsión segundo nivel, sentido Y, módulo 3**

Eje	E	F	K _m	di	Km*di	Km*di ²	V _s	V _t	V _T
A	1,05	24460	0,493	-6,750	-3,330	22,474	6 115	-1 791,837	4 323,163
	-0,30							511,953	6 626,953
B	1,05	24460	0,493	-2,250	-1,110	2,497	6 115	-597,279	5 517,721
	-0,30							170,651	6 285,651
C	1,05	24460	0,493	0,750	0,370	0,277	6 115	199,093	6 314,093
	-0,30							-56,884	6 058,116
D	1,05	24460	0,493	6,750	3,330	22,474	6 115	1 791,837	7 906,837
	-0,30							-511,953	5 603,047
			1,973		-0,740	47,723			

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.3. Cargas verticales en marcos dúctiles

Las cargas verticales que actúan sobre una estructura se clasifican en cargas vivas y muertas. Las cargas muertas son aquellas que permanecen fijas permanentemente como el peso propio de la estructura o bien los muebles que permanecen temporadas largas en un mismo lugar. Las cargas vivas son las ocasionadas por el transitar de las personas, es decir, son aquellas que

permanecen en la estructura por lapsos cortos. Las cargas por utilizar se describen en la tabla XXII de este documento.

Para la integración de cargas verticales, es necesario seleccionar el marco crítico en cada sentido de los módulos y con los resultados obtenidos se realizará el análisis estructural de los módulos.

- Módulo 1, marco B
 - Tramo 1-2
 - Primer nivel

Área tributaria: 17,9775 m²

Carga muerta

$$CM = W_{losa} + W_{vigas} + W_{muros} + W_{Scyacab}$$

$$W_{losa} = 17,9775m^2 * 0,12m * 2\,400 \frac{Kg}{m^3} = 5\,177,52\,kg$$

$$W_{viga} = 0,25m * (0,45m - 0,12m) * (6m + 5,85m) * 2\,400 \frac{Kg}{m^3} = 2\,346,30\,kg$$

$$W_{muro} = 3,00m * 6m * 175 \frac{Kg}{m^2} = 3\,150,00\,kg$$

$$W_{Scyacab} = 17,9775m^2 * 100 \frac{Kg}{m^2} = 1\,797,75\,kg$$

$$CM = 5\,177,52\,kg + 2\,346,30\,kg + 3\,150,00\,kg + 1\,797,75\,kg = 12\,471,57\,kg$$

$$W_{dCM} = \frac{12\,471,57\,kg}{6m} = 2\,078,60\,kg/m$$

Carga viva

$$CV = W_{salon} + W_{pasillo}$$

$$W_{salon} = 17,9775m^2 * 200 \frac{kg}{m^2} = 3\,595,50\,kg$$

$$W_{dcv} = \frac{3\,595,50\,kg}{6m} = 599,25\,kg/m$$

- Segundo nivel

Área tributaria: 17,9775 m²

Carga muerta

$$CM = W_{losa} + W_{vigas} + W_{Scyacab}$$

$$W_{losa} = 17,9775m^2 * 0,12m * 2\,400 \frac{Kg}{m^3} = 5\,177,52\,kg$$

$$W_{viga} = 0,25m * (0,45m - 0,12m) * (6m + 5,85m) * 2\,400 \frac{Kg}{m^3} = 2\,346,30\,kg$$

$$W_{Scyacab} = 17,9775m^2 * 100 \frac{Kg}{m^2} = 1\,797,75\,kg$$

$$CM = 5\,177,52\,kg + 2\,346,30\,kg + 1\,797,75\,kg = 9\,321,57\,kg$$

$$W_{dcm} = \frac{9\,321,57\,kg}{6m} = 1\,553,60\,kg/m$$

Carga viva

$$CV = W_{techo\ sin\ acceso}$$

$$W_{techo\ sin\ acceso} = 17,9775\,m^2 * \frac{100kg^2}{m} = 1\,797,75\,kg$$

$$W_{dcv} = \frac{1\,797,75\,kg}{6m} = 299,625\,kg/m$$

Tabla XLVI. **Cargas verticales del módulo 1**

Tramo	Marco B		Tramo	Marco 3	
	Carga muerta	Carga viva		Carga muerta	Carga viva
Primer nivel					
1-2	2 078,60 kg/m	599,25kg/m	A-B	1 671,175kg/m	741,875kg/m
2-3	586 kg/m	500 kg/m	B-C	1 595,83kg/m	697,28kg/m
3-5	2 223,72kg/m	685,357kg/m	C-D	640,40kg/m	570,11kg/m
Segundo nivel					
1-2	1 553,60kg/m	299,625kg/m	A-B	1 146,175kg/m	244,375kg/m
2-3	586,kg/m	100kg/m	B-C	1 070,83kg/m	224,956kg/m
3-5	1 698,72kg/m	342,629kg/m	C-D	640,40kg/m	114,02kg/m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Cargas verticales de módulo 2**

Tramo	Marco K		Tramo	Marco 2	
	Carga muerta	Carga viva		Carga muerta	Carga viva
Primer nivel					
1-2	1 757,67 kg/m	933,33kg/m	E-F	1 402,00kg/m	575,00kg/m
2-3	586 kg/m	500 kg/m	Para los tramos F-G, G-H, H-I, I-J, J-K son las mismas que el tramo E-F,		
			K-L	1 208,00g/m	875,00kg/m
Segundo nivel					
1-2	1 232,67kg/m	266,67kg/m	E-F	877,00kg/m	175 kg/m
2-3	586,kg/m	100kg/m	Para los tramos F-G, G-H, H-I,I-J, J-K, K-L son las mismas que el tramo E-F,		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Cargas verticales de módulo 3**

Tramo	Marco N		Tramo	Marco 4	
	Carga muerta	Carga viva		Carga muerta	Carga viva
Primer nivel					
1-2	1 757,67 kg/m	1 333,33kg/m	M-N	1 474,75kg/m	968,75kg/m
2-4	1 305,00 kg/m	750 kg/m	N-O	1 474,75kg/m	968,75kg/m
4-5	1 585,22kg/m	1 111,11kg/m	O-P	1 474,75kg/m	968,75kg/m
Segundo nivel					
1-2	1 232,67kg/m	266,67kg/m	M-N	949,75kg/m	193,75kg/m
2-4	780kg/m	150 kg/m	N-O	949,75kg/m	193,75kg/m
4-5	1 060,22kg/m	222kg/m	O-P	949,75kg/m	193,75kg/m

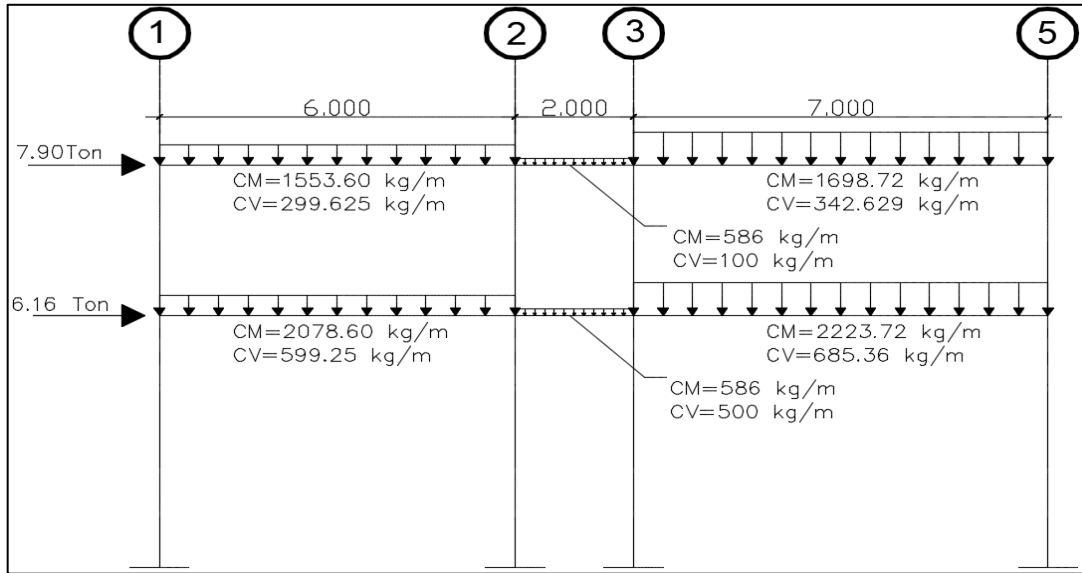
Fuente: elaboración propia.

2.2.3.4. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

Un modelo matemático de marcos dúctiles es la representación gráfica de las fuerzas tanto horizontales como verticales actuantes sobre un eje específico de un edificio. Los modelos matemáticos del proyecto son los siguientes:

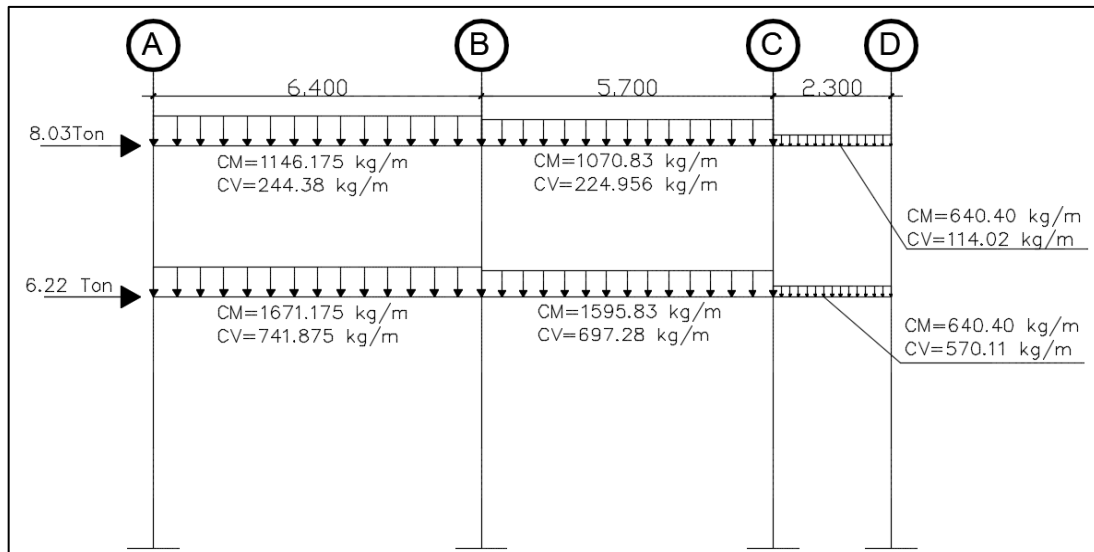
- Módulo 1

Figura 12. Cargas aplicadas a eje B, sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

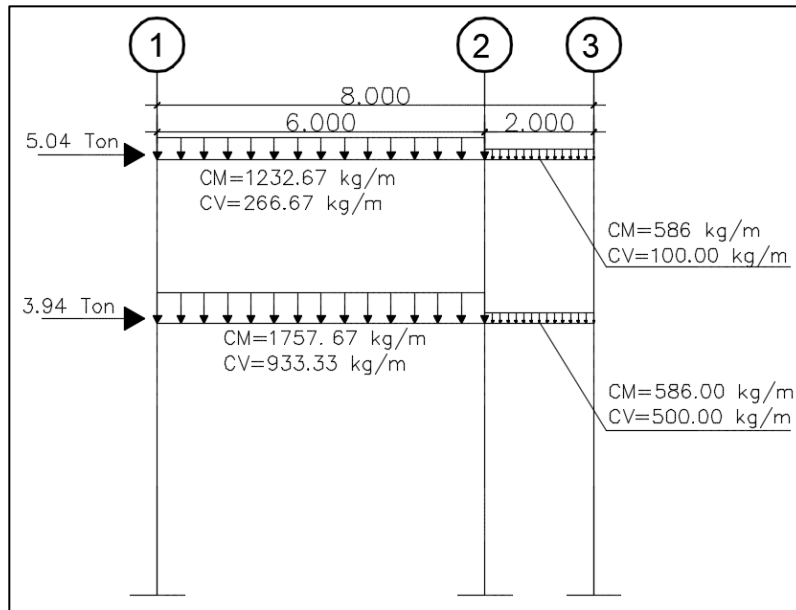
Figura 13. Cargas aplicadas a eje 3, sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

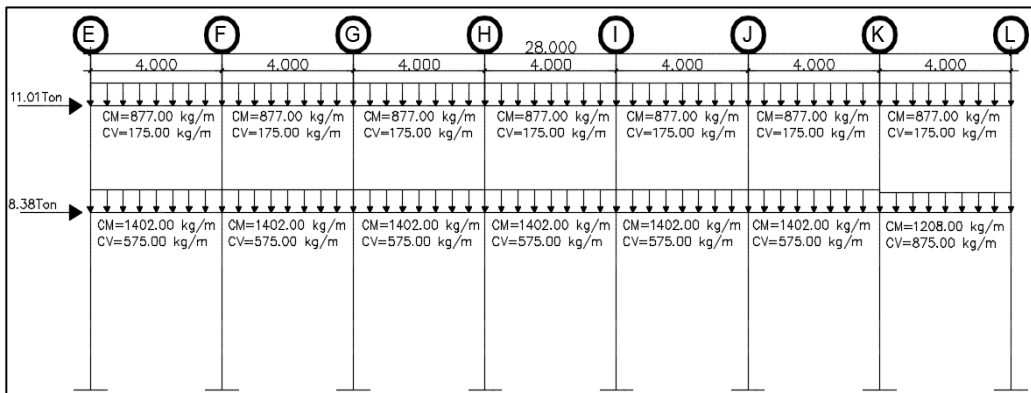
- Módulo 2

Figura 14. **Cargas aplicadas a eje K, sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

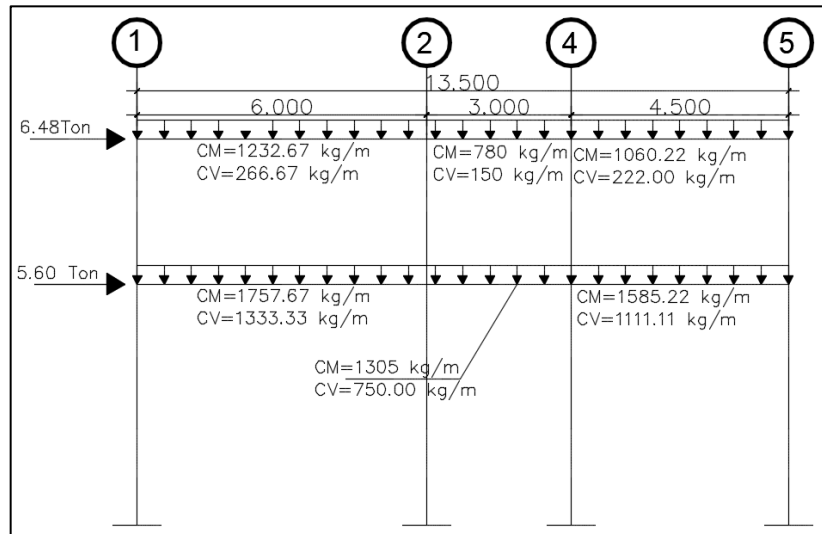
Figura 15. **Cargas aplicadas a eje 2, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

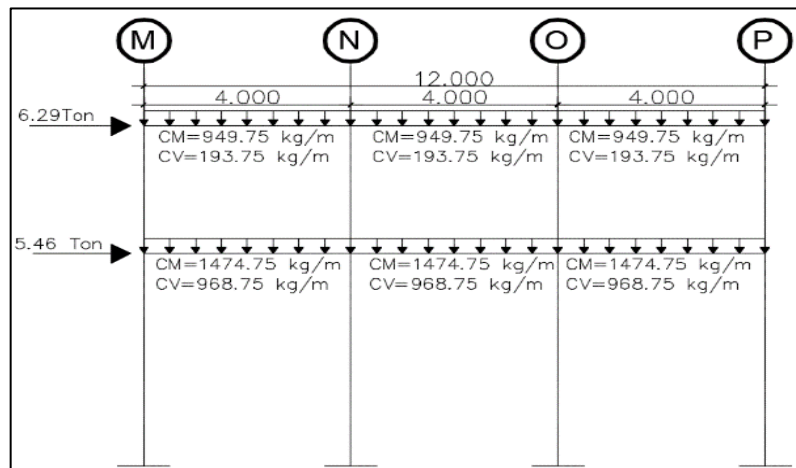
- Módulo 3

Figura 16. Cargas aplicadas a eje N, sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Figura 17. Cargas aplicadas a eje 4, sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

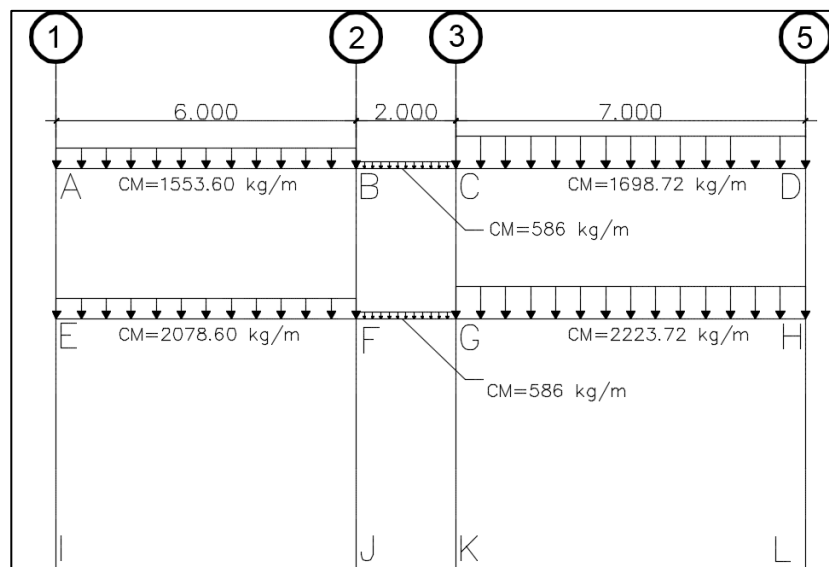
2.2.3.5. Análisis estructural de marcos dúctiles utilizando software de análisis y método numérico

Para el análisis estructural por procedimiento numérico se utilizará el método de Kani, y realizando la comparación de resultados con ETABS, que es el software de análisis seleccionado.

- Eje B, carga muerta
 - Orden de iteración

Este indica el orden de los nodos en los que se realizará el análisis, dicho orden se encuentra representado en la siguiente figura.

Figura 18. Orden de iteración



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

El orden es el siguiente: A-B-C-D-H-G-F-E-I-J-K-L

- Rigidez relativa

Para determinar la rigidez se utiliza la siguiente ecuación:

$$K = \frac{4EI}{L}$$

Debido a que se deben realizar relaciones de rigideces, y el valor de E es el mismo para todos los elementos, la expresión queda de la siguiente forma:

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

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * (25cm) * (45cm)^3 = 189\,843,75cm^4$$

$$I_{columna} = \frac{1}{12} * (35cm) * (35cm)^3 = 125\,052,08cm^4$$

$$\frac{I_{columna}}{I_{viga}} = \frac{125\,052,08cm^4}{189\,843,75cm^4} = 0,659$$

$$K_{AB} = K_{BA} = K_{EF} = K_{FE} = \frac{1}{6} = 0,167$$

$$K_{BC} = K_{CB} = K_{FG} = K_{GF} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$K_{CD} = K_{DC} = K_{GH} = K_{HG} = \frac{1}{7} = 0,143$$

$$K_{AE} = K_{EA} = K_{BF} = K_{FB} = K_{CG} = K_{GC} = K_{DH} = K_{HD} = \frac{0,356}{3} = 0,22$$

$$K_{EI} = K_{IE} = K_{FJ} = K_{JF} = K_{GK} = K_{KG} = K_{HL} = K_{LH} = \frac{0,356}{3} = 0,22$$

- Factor de distribución

Se utiliza para dividir las cargas de forma proporcional, se calcula con la siguiente expresión:

$$F_D = -\frac{1}{2} * \frac{K}{\sum K_{nudos}}$$

Nodo A

$$F_{D_{AB}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,167}{0,167 + 0,22} = -0,216$$

$$F_{D_{AE}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,167 + 0,22} = -0,284$$

Nodo B

$$F_{D_{BA}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,167}{0,167 + 0,5 + 0,22} = -0,094$$

$$F_{D_{BC}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,5}{0,167 + 0,5 + 0,22} = -0,282$$

$$F_{D_{BF}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,167 + 0,5 + 0,22} = -0,124$$

Nodo C

$$F_{D_{CB}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,5}{0,5 + 0,22 + 0,143} = -0,29$$

$$F_{D_{CG}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,5 + 0,22 + 0,143} = -0,127$$

$$F_{D_{CD}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,143}{0,5 + 0,22 + 0,143} = -0,083$$

Nodo D

$$F_{D_{DC}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,143}{0,143 + 0,22} = -0,197$$

$$F_{D_{DH}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,143 + 0,22} = -0,303$$

Nodo E

$$F_{D_{EA}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,167 + 0,22 + 0,22} = -0,181$$

$$F_{D_{EF}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,167}{0,22 + 0,167 + 0,22} = -0,138$$

$$F_{D_{EI}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,22 + 0,167 + 0,22} = -0,181$$

Nodo F

$$F_{D_{FB}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,167 + 0,5 + 0,22 + 0,22} = -0,099$$

$$F_{D_{FG}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,5}{0,167 + 0,5 + 0,22 + 0,22} = -0,226$$

$$F_{D_{FJ}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,167 + 0,5 + 0,22 + 0,22} = -0,099$$

$$F_{D_{FE}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,167}{0,167 + 0,5 + 0,22 + 0,22} = -0,075$$

Nodo G

$$F_{D_{GC}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,5 + 0,143 + 0,22 + 0,22} = -0,101$$

$$F_{D_{GH}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,143}{0,5 + 0,143 + 0,22 + 0,22} = -0,066$$

$$F_{D_{GK}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,5 + 0,143 + 0,22 + 0,22} = -0,101$$

$$F_{D_{GF}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,5}{0,5 + 0,143 + 0,22 + 0,22} = -0,231$$

Nodo H

$$F_{D_{HD}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,22 + 0,143 + 0,22} = -0,189$$

$$F_{D_{HG}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,143}{0,22 + 0,143 + 0,22} = -0,123$$

$$F_{D_{HL}} = -\frac{1}{2} * \frac{0,22}{0,22 + 0,143 + 0,22} = -0,189$$

- Factor de ladeo

El factor de ladeo esta expresada mediante la ecuación siguiente:

$$\mu = -\frac{3}{2} * \frac{K_{col}}{\sum K_{colnivel}}$$

Primero y segundo nivel

$$\mu = -\frac{3}{2} * \frac{0,062}{0,062 * 4} = -0,375$$

- Momento de piso

El momento de piso se calcula cuando existe una fuerza horizontal actuante, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$M_{piso} = \frac{Q * h}{3}$$

$$M_{nivel2} = \frac{7,90 \text{ ton} * 3,00m}{3} = 7,90 \text{ ton} - m$$

$$M_{nivel1} = \frac{(7,90 \text{ ton} + 6,16) * 3,00m}{3} = 14,06 \text{ ton} - m$$

- Momentos fijos

Los momentos de sujeción son aquellas que son generadas por fuerzas verticales (distribuidas o puntuales), se expresan de la siguiente forma:

- Tramo 1-2

✓ Primer nivel

- Tramo E-F

$$M_{FE} = -\frac{\frac{2\,078,60kg}{m} * (6m)^2}{12} = -6\,235,80 \text{ kg} - m$$

$$M_{EF} = \frac{\frac{2\,078,60kg}{m} * (6m)^2}{12} = 6\,235,80 \text{ kg} - m$$

✓ Segundo nivel

- Tramo A-B

$$M_{AB} = -\frac{\frac{1553,60kg}{m} * (6m)^2}{12} = -4660,80 kg - m$$

$$M_{BA} = \frac{\frac{1553,60kg}{m} * (6m)^2}{12} = 4660,80 kg - m$$

- Tramo 2-3

✓ Primero y segundo nivel

- Tramo F-G y B-C

$$M_{BC} = -\frac{\frac{586kg}{m} * (2m)^2}{12} = -195,33kg - m$$

$$M_{CB} = \frac{\frac{586kg}{m} * (2m)^2}{12} = 195,33 kg - m$$

- Tramo 3-5

✓ Primer nivel

- Tramo G-H

$$M_{GH} = -\frac{\frac{2\ 223,72kg}{m} * (7m)^2}{12} = -9\ 080,19 kg - m$$

$$M_{HG} = \frac{\frac{2\,223,72\text{kg}}{m} * (7\text{m})^2}{12} = 9\,080,19 \text{ kg} - m$$

✓ Segundo nivel

▪ Tramo C-D

$$M_{CD} = -\frac{\frac{1\,698,72\text{kg}}{m} * (7\text{m})^2}{12} = -6\,936,44 \text{ kg} - m$$

$$M_{DC} = \frac{\frac{1\,698,72\text{kg}}{m} * (7\text{m})^2}{12} = 6\,936,44 \text{ kg} - m$$

○ Momentos de sujeción

Son aquellos que actúan directamente en los nudos del sistema de marcos por analizar, es la sumatoria de los momentos fijos que actúan en un nudo específico.

$$\text{Nodo A} = -4\,660,80 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo B} = 4\,660,80 \text{ kg} * m - 195,33 \text{ kg} * m = 4\,465,47 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo C} = 195,33 \text{ kg} * m - 6\,936,44 \text{ kg} * m = -6\,741,11 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo D} = 6\,936,44 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo E} = -6\,235,80 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo F} = 6\,235,80 \text{ kg} * m - 195,33 \text{ kg} * m = 6\,040,47 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo G} = 195,33 \text{ kg} * m - 9\,080,19 \text{ kg} * m = -8\,884,86 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nodo H} = 9\,080,19 \text{ kg} * m$$

▪ Aplicación de método de Kani (cargas verticales, muertas)

Es un método denominado exacto, se utiliza para determinar los momentos generados por cargas horizontales y/o verticales, y combinados. El método de Kani es iterativo, lo cual indica que el error existente desaparece mientras se realizan más repeticiones.

La expresión que determina los momentos en cada nudo es la siguiente:

$$M_{Tramo} = (M_{sujecion} + M_{columna} + M_{viga} + M_{gen.sismo}) * F_{DTramo}$$

Nodo A

$$M_{AB} = (-4\,660,80 \text{ Kg} * m + 0 + 0) * -0,216 = 1\,005,601 \text{ kg} * m$$

$$M_{AE} = (-4\,660,80 \text{ Kg} * m + 0 + 0) * -0,284 = 1\,324,799 \text{ kg} * m$$

Nodo B

$$M_{BA} = (4\,465,467 \text{ Kg} * m + 1\,005,601 \text{ Kg} * m + 0 + 0) * -0,094 = -514,447 \text{ kg} * m$$

$$M_{BF} = (4\,465,467 \text{ Kg} * m + 1\,005,601 \text{ Kg} * m + 0 + 0) * -0,124 = -2 = -677,744 \text{ kg} * m$$

$$M_{BC} = (4\,465,467 \text{ Kg} * m + 1\,005,601 \text{ Kg} * m + 0 + 0) * -0,282 = -1\,543,342 \text{ kg} * m$$

Nodo C

$$M_{CB} = (-6741,107 \text{ kg} * m - 1\,543,342 \text{ kg} * m + 0 + 0) * -0,29 = 2\,401,492 \text{ kg} * m$$

$$M_{CG} = (-6741,107 \text{ kg} * m - 1\,543,342 \text{ kg} * m + 0 + 0) * -0,127 = 1\,054,592 \text{ kg} * m$$

$$M_{CD} = (-6741,107 \text{ kg} * m - 1\,543,342 \text{ kg} * m + 0 + 0) * -0,083 = 686,141 \text{ kg} * m$$

Nodo D

$$M_{DC} = (6\,936,44 \text{ kg} * m + 686,141 \text{ kg} * m + 0) * -0,197 = -1\,502,287 \text{ kg} * m$$

$$M_{DH} = (6\,936,44 \text{ kg} * m + 686,141 \text{ kg} * m + 0) * -0,303 = -2\,309,003 \text{ kg} * m$$

Nodo H

$$M_{HD} = (9\,080,190\text{ kg} * m - 2\,309,003\text{ kg} * m + 0) * -0,189 = -1\,277,283\text{ kg} * m$$

$$M_{HG} = (9\,080,190\text{ kg} * m - 2\,309,003\text{ kg} * m + 0) * -0,123 = -831,028\text{ kg} * m$$

$$M_{HL} = (9\,080,190\text{ kg} * m - 2\,309,003\text{ kg} * m + 0) * -0,189 = -1\,277,283\text{ kg} * m$$

Nodo G

$$M_{GC} = (-8\,884,857\text{ kg} * m - 831,028\text{ kg} * m + 1\,054,592\text{ kg} * m + 0) * -0,110 = 878,820\text{ kg} * m$$

$$M_{GH} = (-8\,884,857\text{ kg} * m - 831,028\text{ kg} * m + 1\,054,592\text{ kg} * m + 0) * -0,066 = 571,779\text{ kg} * m$$

$$M_{GK} = (-8\,884,857\text{ kg} * m - 831,028\text{ kg} * m + 1\,054,592\text{ kg} * m + 0) * -0,101 = 878,820\text{ kg} * m$$

$$M_{GF} = (-8\,884,857\text{ kg} * m - 831,028\text{ kg} * m + 1\,054,592\text{ kg} * m + 0) * -0,231 = 2\,001,227\text{ kg} * m$$

Nodo F

$$M_{FB} = (6\,040,467\text{ kg} * m - 677,744\text{ kg} * m + 2\,001,227\text{ kg} * m + 0) * -0,099 = -731,097\text{ kg} * m$$

$$M_{FG} = (6\,040,467\text{ kg} * m - 677,744\text{ kg} * m + 2\,001,227\text{ kg} * m + 0) * -0,226 = -1\,664,836\text{ kg} * m$$

$$M_{FE} = (6\,040,467\text{ kg} * m - 677,744\text{ kg} * m + 2\,001,227\text{ kg} * m + 0) * -0,099 = -731,097\text{ kg} * m$$

$$M_{FJ} = (6\,040,467\text{ kg} * m - 677,744\text{ kg} * m + 2\,001,227\text{ kg} * m + 0) * -0,075 = -554,945\text{ kg} * m$$

Nodo E

$$M_{EA} = (-6\,235,80\text{ kg} * m + 1\,324,799\text{ kg} * m - 554,945\text{ kg} * m + 0) * -0,181 = 990,545\text{ kg} * m$$

$$M_{EF} = (-6\,235,80\text{ kg} * m + 1\,324,799\text{ kg} * m - 554,945\text{ kg} * m + 0) * -0,138 = 751,882\text{ kg} * m$$

$$M_{EI} = (-6\,235,80\text{ kg} * m + 1\,324,799\text{ kg} * m - 554,945\text{ kg} * m + 0) * -0,181 = 990,545\text{ kg} * m$$

Para realizar el análisis más exacto posible se realizaron 23 iteraciones mediante una hoja de cálculo desarrollada en Excel, el cual dio los siguientes resultados.

Tabla XLIX. **Resultados de última iteración del método de Kani**

Tramo	Momento (kg*m)	Tramo	Momento (kg*m)
A-B	929,862	H-L	-1 491,866
A-E	1 022,578	G-C	1 077,435
B-A	-671,542	G-H	701,003
B-F	-832,514	G-F	2 453,510
B-C	-2 014,626	G-K	1 077,435
C-B	2 578,929	F-B	-832,514
C-G	1 132,512	F-G	-1 895,781
C-D	736,837	F-J	-832,514
D-C	-1 218,256	F-E	-631,927
D-H	-1 872,449	E-A	1 022,578
H-D	-1 491,866	E-F	776,197
H-G	-970,640	E-I	1 022,578

Fuente: elaboración propia.

✓ Momentos finales

Para el cálculo de los momentos finales del marco, se utiliza la siguiente expresión:

$$M_{total} = M_{fijo} + 2 * M_{cercano} + M_{lejano}$$

$$\sum M_{Nudo} = 0$$

Nodo A

$$M_{AB} = -4 660,80kg * m + 2 * (929,862kg * m) - 671,542kg * m = -3 472,62k g * m$$

$$M_{AE} = 0 + 2 * 1 225,020kg * m + 1 022,578kg * m = 3 472,62kg * m$$

$$-3 472,62k g * m + 3 472,62k g * m = 0 \rightarrow Cumple$$

Nodo B

$$\begin{aligned}M_{BA} &= 4\,660,80kg * m + 2 * (671,542kg * m) + 929,862kg * m = 4\,247,58kg * m \\M_{BF} &= 0 + 2 * (-884,704kg * m) - 832,514kg * m = -2\,601,92kg * m \\M_{BC} &= -195,33kg * m + 2 * (-2\,014,626kg * m) + 2\,578,929kg * m = -1\,645,66kg * m \\4\,247,58kg * m - 2\,601,92kg * m - 1\,645,66kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}\end{aligned}$$

Nodo C

$$\begin{aligned}M_{CB} &= 195,33kg * m + 2 * (2\,578,929kg * m) - 2\,014,626kg * m = 3\,338,56kg * m \\M_{CG} &= 0 + 2 * (1\,132,512kg * m) + 1\,077,435kg * m = 3\,342,46kg * m \\M_{CD} &= -6\,936,44kg * m + 2 * (736,837kg * m) - 1\,218,256kg * m = -6\,681,02kg * m \\3\,338,56kg * m + 3\,342,46kg * m - 6\,681,02kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}\end{aligned}$$

Nodo D

$$\begin{aligned}M_{DC} &= 6\,936,44kg * m + 2 * (-1\,218,256kg * m) + 736,837kg * m = 5\,236,76kg * m \\M_{DH} &= 0 + 2 * (-1\,872,449kg * m) - 1\,491,866kg * m = -5\,236,76kg * m \\5\,236,76kg * m - 5\,236,76kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}\end{aligned}$$

Nodo H

$$\begin{aligned}M_{HD} &= 0 + 2 * (-1\,491,866kg * m) - 1\,872,449kg * m = -4\,856,18kg * m \\M_{HG} &= 9\,080,19kg * m + 2 * (-970,640kg * m) + 701,003kg * m = 7\,839,91kg * m \\M_{HL} &= 2 * (-1\,491,866kg * m) = -2\,983,73kg * m \\-4\,856,18kg * m + 7\,839,91kg * m - 2\,983,73kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}\end{aligned}$$

Nodo G

$$\begin{aligned}M_{GC} &= 0 + 2 * (1\,077,435kg * m) + 1\,132,512kg * m = 3\,287,38kg * m \\M_{GH} &= -9\,080,19kg * m + 2 * (701,003kg * m) - 970,640kg * m = -8\,648,82kg * m \\M_{GK} &= 2 * (1\,077,435kg * m) = 2\,154,87kg * m \\M_{GF} &= 195,33kg * m + 2 * (2\,453,510kg * m) - 1\,895,781kg * m = 3\,206,57kg * m \\3\,287,38kg * m - 8\,648,82kg * m + 2\,154,87kg * m + 3\,206,57kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}\end{aligned}$$

Nodo F

$$\begin{aligned}
 M_{FB} &= 0 + 2 * (-832,514kg * m) - 884,704kg * m = -2 549,73k g * m \\
 M_{FG} &= -195,33kg * m + 2 * (-1 895,781kg * m) + 2 453,510kg * m = -1 533,38k g * m \\
 M_{FJ} &= 2 * (-832,514kg * m) = -1 665,03k g * m \\
 M_{FE} &= -6 235,80kg * m + 2 * (-631,927kg * m) + 776,197kg * m = 5748,14k g * m \\
 -2 549,73k g * m - 1 533,38k g * m - 1 665,03kg * m + 5 748,14kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}
 \end{aligned}$$

Nodo E

$$\begin{aligned}
 M_{EA} &= 0 + 2 * 1 231,004kg * m + 1 158,656kg * m = 3 270,18kg * m \\
 M_{EF} &= -6 235,80kg * m + 2 * (934,405kg * m) - 730,880kg * m = -5 315,33kg * m \\
 M_{EI} &= 2 * (738,603kg * m) = 2 045,16k g * m \\
 3 270,18k g * m - 5 315,33k g * m + 2 045,16kg * m &= 0 \rightarrow \text{Cumple}
 \end{aligned}$$

Con los momentos finales obtenidos, se determinan los momentos positivos de cada tramo, los cuales se establecen mediante la siguiente ecuación:

$$M_+ = \frac{Wl^2}{8} - \frac{M_{iniciotramo} + M_{fintramo}}{2}$$

De tal forma, el momento queda de con el siguiente valor:

$$\begin{aligned}
 M_{AB} &= \frac{1 553,60 kg/m(6m)^2}{8} - \frac{3 472,62kg * m + 4 247,58kg * m}{2} = 3 131,10 kg * m \\
 M_{BC} &= \frac{586 kg/m(2m)^2}{8} - \frac{1 645,66kg * m + 3 338,56kg * m}{2} = -2 199,11 kg * m \\
 M_{CD} &= \frac{1 698,72 kg/m(7m)^2}{8} - \frac{6 681,02kg * m + 5 236,76kg * m}{2} = 4 445,77 kg * m \\
 M_{EF} &= \frac{2 078,60 kg/m(6m)^2}{8} - \frac{5 315,33kg * m + 5 748,14kg * m}{2} = 3 821,96 kg * m \\
 M_{FG} &= \frac{586 kg/m(2m)^2}{8} - \frac{1 533,38kg * m + 3 206,57kg * m}{2} = -2 076,98 kg * m
 \end{aligned}$$

$$M_{GH} = \frac{2\,223,72\text{ kg/m}(7\text{m})^2}{8} - \frac{8\,648,82\text{kg} * \text{m} + 7\,839,91\text{kg} * \text{m}}{2} = 5\,375,92\text{ kg} * \text{m}$$

Los momentos de los ejes de cada módulo obtenidos mediante el método de Kaniy el software de comparación se encuentran detallados en el apéndice 4.

2.2.3.6. Momentos de diseño por envolventes de momentos

Para determinar los momentos de diseño de cada tramo es necesario realizar una envolvente de momentos, la cual es la magnificación de las fuerzas actuantes sobre un elemento estructural específico (viga). Las combinaciones de carga por utilizar son las descritas en el inciso 8.2.1 y 2 del AGIES NSE 2-10, los cuales son los siguientes:

$$1,4 M \rightarrow CR1$$

$$1,3 M + 1,6 V \rightarrow CR2$$

$$1,3 M + 1,0 V \rightarrow CR3$$

$$1,2 M + 1,0 V + 1,0 S \rightarrow CR4$$

$$0,9 M - S \rightarrow CR5$$

Donde:

M: momento ejercido por carga muerta

V: momento ejercido por carga viva

S: momento ejercido por carga de sismo

La envolvente de momentos se realizará utilizando los valores obtenidos mediante el análisis estructural desarrollado con el método de Kani, debido a

que los resultados arrojados por el software de comparación (ETABS), en sistema de marcos asimétricos tiende a aumentar a causa del método de análisis del programa, que ha criterio propio es innecesaria además de requerir más recursos económicos. De tal forma, los momentos últimos para el marco B del módulo 1, quedan con los siguientes valores:

- Tramo A-B

Tabla L. **Momentos generados por cargas existentes**

Momento generado por:	M _{-izq}	M ₊	M _{-der}
Carga muerta	3 472,62Kg·m	3 131,10 Kg·m	4 247,58 Kg·m
Carga viva	716,32 Kg·m	581,31 Kg·m	817,68 Kg·m
Carga de sismo	2,11 Ton·m	0,00 Ton·m	1,58 Ton·m

Fuente: elaboración propia.

Aplicando las combinaciones de carga del AGIES:

- Vigas
 - Momento negativo izquierdo

$$1,4 (3\ 472,62\ \text{Kg} \cdot \text{m}) = 4\ 861,67\ \text{Kg} - \text{m}$$

$$1,3 (3\ 472,62\ \text{Kg} \cdot \text{m}) + 1,6 (716,32\ \text{Kg} \cdot \text{m}) = 5\ 660,52\ \text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\ 472,62\ \text{Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (716,32\ \text{Kg} \cdot \text{m}) = 5\ 230,72\ \text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,2 (3\ 472,62\ \text{Kg} \cdot \text{m}) + (716,32\ \text{Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (2,11\ \text{Ton} \cdot \text{m} * 1\ 000) = 6\ 997,50\ \text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$0,9 (3\ 472,62\ \text{Kg} \cdot \text{m}) - (2,11\ \text{Ton} \cdot \text{m} * 1\ 000) = 1\ 011,32\ \text{Kg} \cdot \text{m}$$

- Momento positivo

$$1,4 (3\ 131,10 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 4\ 383,54 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\ 131,10 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,6 (581,31 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 5\ 000,53 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\ 131,10 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (581,31 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 4\ 651,74 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,2 (3\ 131,10 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (581,31 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (0) = 4\ 338,63 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$0,9 (3\ 131,10 \text{ Kg} \cdot \text{m}) - (0) = 2\ 817,99 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

- Momento negativo derecho

$$1,4 (4\ 247,58 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 5\ 946,61 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (4\ 247,58 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,6 (817,68 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 6\ 830,14 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (4\ 247,58 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (817,68 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 6\ 339,53 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,2 (4\ 247,58 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (817,68 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (1,58 \text{ Ton} \cdot \text{m} * 1\ 000) = 7\ 498,91 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$0,9 (4\ 247,58 \text{ Kg} \cdot \text{m}) - (1,58 \text{ Ton} \cdot \text{m} * 1\ 000) = 2\ 238,69 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Posteriormente se procede a determinar los momentos de diseño, el cual es el mayor de los valores de los resultados obtenidos de los envolventes de momentos.

Asimismo, para calcular las fuerzas cortantes últimas, las cuales se determinan mediante la combinación predominante de la envolvente de momentos, la cual es la ecuación CR4 (descrito al inicio del inciso), y es utilizada de la siguiente manera:

$$V_{vigas} = \frac{1,2 (W_M * L)}{2} + \frac{1,0 (W_V * L)}{2} + \frac{\sum M_s}{L}$$

Fuerza cortante ultima en tramo A-B del marco B, módulo 1.

W_m : 1 553,60 Kg/m

W_v : 299,625 Kg/m

ΣMs : 2 110,00 kg·m+1 580,00 kg·m=3 690 kg·m

$$V_{A-B} = \frac{1,2 (1 553,60 \text{ Kg/m} * 6,40\text{m})}{2} + \frac{1,0 (299,625 \text{ Kg/m} * 6,40\text{m})}{2} + \frac{3 690 \text{ kg} \cdot \text{m}}{6,40 \text{ m}}$$

$$V_{A-B} = 7 106,84 \text{ Kg}$$

Tabla LI. **Momentos y cortantes últimos de eje 3, módulo 1**

Tramo	M-lzq	M+	M-Der	V
A-B	6 092,17	3 836,92	7 776,17	5 795,56
B-C	6 479,95	2 401,97	4 546,78	4 811,72
C-D	5 014,03	475,64	3 818,27	3 988,89
E-F	11 679,10	6 579,29	13 756,00	10 048,45
F-G	11 466,26	4 437,37	8 637,00	8 525,89
G-H	9 721,77	841,45	8 031,76	7 842,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Momentos y cortantes últimos de eje B, módulo 1**

Tramo	M-lzq	M+	M-Der	V
A-B	6 997,50	5 000,53	7 498,91	7 108,20
B-C	5 461,57	3 078,75	7 883,81	4 051,47
C-D	10 827,85	7 163,56	9 315,03	8 809,62
E-F	12 083,05	6 754,11	11 795,06	10 520,82
F-G	9 220,27	2 907,77	11 955,19	8 113,79
G-H	15 965,31	9 669,36	15 528,48	12 690,17

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Momentos y cortantes últimos de eje K, módulo 2**

Tramo	M-lzq	M+	M-Der	V
A-B	5 537,70	3 828,78	6 317,77	5 699,68
B-C	5 537,49	1 475,35	3 590,86	3 675,72
D-E	10 796,71	6 875,23	11 348,40	10 096,72
E-F	10 152,94	2 512,50	7 556,25	7 420,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Momentos y cortantes últimos de eje 2, módulo 2**

Tramo	M-lzq	M+	M-Der	V
A-B	2 748,23	1 161,17	3 241,34	3 228,94
B-C	2 808,04	915,25	2 742,70	3 009,99
C-D	2 812,47	951,55	2 821,45	3 047,27
D-E	2 808,31	945,68	2 807,77	3 039,91
E-F	2 820,84	949,61	2 814,22	3 047,27
F-G	2 744,23	922,76	2 802,07	3 009,99
G-H	3 242,69	1 145,84	2 755,92	3 228,94
I-J	6 177,98	2 175,77	6 669,35	6 363,44
J-K	5 712,49	1 785,12	5 688,69	5 842,68
K-L	5 839,60	1 833,85	5 836,11	5 930,94
L-M	5 808,25	1 826,52	5 809,08	5 913,62
M-N	5 837,75	1 838,01	5 835,51	5 930,94
N-O	5 677,78	1 755,54	5 740,86	5 842,68
O-P	6 748,32	2 387,27	6 243,03	6 497,84

Fuente: elaboración propia

Tabla LV. **Momentos y cortantes últimos de eje N, módulo 3**

Tramo	M-lzq	M+	M-Der	V
A-B	5847,63	3803,60	6441,51	5771,60
B-C	4497,03	535,88	2910,73	3004,29
C-D	3980,45	1951,23	4005,02	4215,12
E-F	12102,96	8129,41	12904,07	11435,91
F-G	8953,88	718,68	6200,64	6446,92
G-H	8314,77	4219,04	8387,04	8566,55

Fuente: elaboración propia

Tabla LVI. **Momentos y cortantes últimos de eje 4, módulo 3**

Tramo	M-lzq	M+	M-Der	V
A-B	3 265,90	1 247,19	3 801,08	3 644,16
B-C	3 301,15	971,78	3 301,15	3 400,68
C-D	3 801,08	1 247,19	3 265,90	3 644,16
E-F	7 023,88	2 768,57	7 978,37	7 579,84
F-G	6 967,36	2 196,54	6 967,36	7 090,81
G-H	7 978,37	2 768,57	7 023,88	7 579,84

Fuente: elaboración propia.

Para los momentos últimos (momentos de diseño) de las columnas se realiza el mismo procedimiento con la diferencia de que no cuentan con momento en el centro del elemento.

- Columnas

Momento superior

$$1,4 (3\,472,62 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 4\,861,67 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\,472,62 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,6 (716,32 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 5\,660,52 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\,472,62 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (716,32 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 5\,230,72 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,2 (3\,472,62 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (716,32 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (2,11 \text{ Ton} \cdot \text{m} * 1\,000) = 6\,997,50 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$0,9 (3\,472,62 \text{ Kg} \cdot \text{m}) - (2,11 \text{ Ton} \cdot \text{m} * 1\,000) = 1\,011,32 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Momento inferior

$$1,4 (3\,470,18 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 4\,858,25 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\,470,18 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,6 (844,68 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 5\,602,71 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,3 (3\,470,18 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + 1,0 (844,68 \text{ Kg} \cdot \text{m}) = 5\,095,91 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$1,2 (3\,470,18 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (844,68 \text{ Kg} \cdot \text{m}) + (0,99 \text{ Ton} \cdot \text{m} * 1\,000) = 5\,763,44 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$0,9 (3\,470,18 \text{ Kg} \cdot \text{m}) - (0,99 \text{ Ton} \cdot \text{m} * 1\,000) = 1\,948,61 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Para determinar la fuerza cortante que actúa en la columna, se utiliza la siguiente ecuación:

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

Tabla LVII. **Momentos y cortantes últimos de eje 3, módulo 1**

Tramo	M _{Sup}	M _{Inf}	V _c
A-E	6 092,17	5 303,51	3 798,56
B-F	4 419,67	3 637,08	2 685,58
C-G	5 926,97	5 626,36	3 851,11
D-H	3 818,27	3 090,68	2 302,98
E-I	6 375,59	7 023,89	4 466,49
F-J	5 268,67	6 470,43	3 913,03
G-K	6 916,18	7 294,19	4 736,79
H-L	4 941,08	6 306,64	3 749,24

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Momentos y cortantes últimos de eje B, módulo 1**

Tramo	M _{Sup}	M _{Inf}	V _c
A-E	6 997,50	5 763,44	4 253,65
B-F	8 476,81	7 986,41	5 487,74
C-G	9 453,78	8 976,85	6 143,54
D-H	9 315,03	8 442,27	5 919,10
E-I	6 319,61	7 048,72	4 456,11
F-J	8 297,36	8 037,59	5 444,98
G-K	8 966,64	8 372,23	5 779,62
H-L	7 626,28	7 702,05	5 109,44

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **Momentos y cortantes últimos de eje 2, módulo 1**

Tramo	M _{Sup}	M _{Inf}	V _c
A-I	2 748,23	2 446,61	1 731,61
B-J	2 594,52	2 381,10	1 658,54
C-K	2 350,05	2 086,50	1 478,85
D-L	2 353,56	2 096,07	1 483,21
E-M	2 354,05	2 096,39	1 483,48
F-N	2 350,27	2 089,49	1 479,92
G-O	2 601,84	2 404,88	1 668,91
H-P	2 755,92	2 476,69	1 744,20
I-Q	3 731,37	4 070,43	2 600,60

Continuación de la tabla LIX.

J-R	3 746,50	4 078,00	2 608,16
K-S	3 516,67	3 963,09	2 493,25
L-T	3 527,09	3 968,29	2 498,46
M-U	3 529,50	3 969,50	2 499,67
N-V	3 529,41	3 969,46	2 499,62
O-W	3 804,40	4 106,95	2 637,12
P-X	3 766,34	4 087,92	2 618,09

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Momentos y cortantes últimos de eje K, módulo 1**

Tramo	M _{Sup}	M _{Inf}	V _c
A-D	5 537,70	5 285,73	3 607,81
B-E	6 096,65	6 008,09	4 034,91
C-F	3 590,86	3 047,01	2 212,62
D-G	5 804,69	6 059,07	3 954,58
E-H	6 786,81	6 550,13	4 445,65
F-I	4 509,24	5 411,34	3 306,86

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Momentos y cortantes últimos de eje 4, módulo 1**

Tramo	M _{Sup}	M _{Inf}	V _c
A-E	3 265,90	2 710,26	1 992,06
B-F	3 435,05	2 948,36	2 127,80
C-G	3 435,05	2 948,36	2 127,80
D-H	3 265,90	2 710,26	1 992,06
E-I	4 313,62	5 283,42	3 199,01
F-J	4 518,31	5 385,76	3 301,36
G-K	4 518,31	5 385,76	3 301,36
H-L	4 313,62	5 283,42	3 199,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Momentos y cortantes últimos de eje N, módulo 1**

Tramo	M_{Sup}	M_{Inf}	V_c
A-E	5 847,63	6 010,47	3 952,70
B-F	6 147,28	6 079,47	4 075,58
C-G	5 118,69	4 864,56	3 327,75
D-H	4 005,02	3 479,51	2 494,84
E-I	6 504,45	6 561,21	4 355,22
F-J	6 945,97	6 781,97	4 575,98
G-K	6 011,81	6 314,89	4 108,90
H-L	4 907,53	5 762,75	3 556,76

Fuente: elaboración propia.

Los diagramas de momento y corte último de cada eje de los módulos están detallados en el apéndice 4.

2.2.4. Diseño estructural

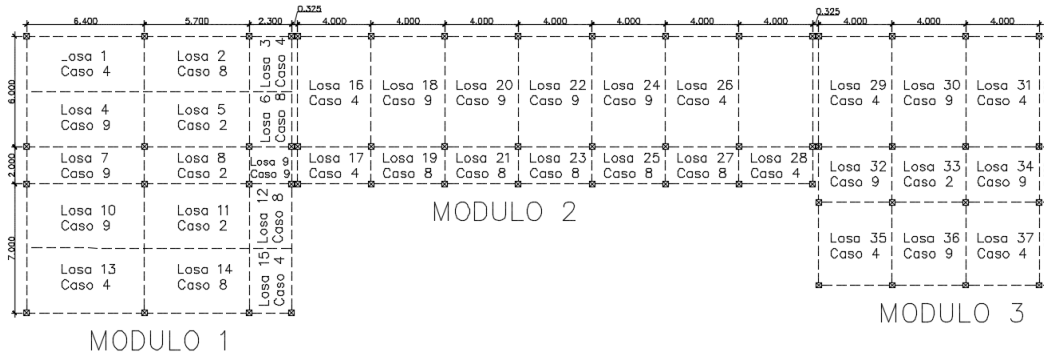
A continuación, se muestra el diseño estructural del sistema de abastecimiento.

2.2.4.1. Losas

Para llevar a cabo el diseño de las losas se utilizará el método 3 del ACI 318 de 1965, el cual sigue siendo válido en la actualidad. Teniendo el espesor de losa calculado en el inciso 2.2.3.1 de este documento.

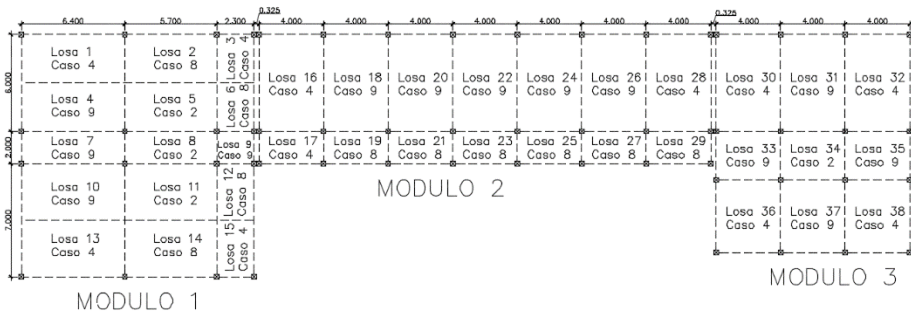
La distribución de losas se describe en la siguiente figura:

Figura 19. Distribución de losas de primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Figura 20. Distribución de losas de segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

- Integración de cargas

Las cargas para las losas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 22, 24 y 26 los cuales corresponden a las aulas, asimismo las losas 7, 8, 9, 12, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 28 y del 29 al 37 correspondientes a pasillos, cafetería y cocina.

Las cargas, tanto vivas como muertas por utilizar, se encuentran descritas en la tabla XXXIX. Asimismo, para calcular la carga última se utilizará la siguiente expresión:

$$CU = CUM + CUV$$

Donde:

CUM: carga última generado por las cargas muertas (1,4 carga muerta)

CUV: carga última generado por las cargas vivas (1,7 carga viva)

Cargas para aulas

$$C_{muerta} = W_{losa} + W_{sobrecargayacabados}$$

$$W_{losa} = t_{losa} * \gamma_{concreto} = 0,12m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 288 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_{sobrecargayacabados} = 100 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{muerta} = 288 \frac{kg}{m^2} + 100 \frac{kg}{m^2} = 388 \frac{kg}{m^2}$$

$$CUM = 1,4 * 388 \frac{kg}{m^2} = 543,2 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{viva} = 200 \frac{kg}{m^2}$$

$$CUV = 1,7 * 200 \frac{kg}{m^2} = 340 \frac{kg}{m^2}$$

$$CU = 543,2 \frac{kg}{m^2} + 340 \frac{kg}{m^2} = 883,20 \frac{kg}{m^2}$$

Cargas para pasillos, cafetería, bodega y cocina.

$$W_{losa} = t_{losa} * \gamma_{concreto} = 0,12m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 288 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_{sobrecargayacabados} = 100 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{muerta} = 288 \frac{kg}{m^2} + 100 \frac{kg}{m^2} = 388 \frac{kg}{m^2}$$

$$CUM = 1,4 * 388 \frac{kg}{m^2} = 543,2 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{viva} = 500 \frac{kg}{m^2}$$

$$CUV = 1,7 * 500 \frac{kg}{m^2} = 850 \frac{kg}{m^2}$$

$$CU = 543,2 \frac{kg}{m^2} + 850 \frac{kg}{m^2} = 1393,2 \frac{kg}{m^2}$$

- Determinación de momentos actuantes

Para calcular los momentos que actúan tanto en los extremos como en el centro de la losa se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$M_{a-} = C_a * CU * a^2$$

$$M_{b-} = C_b * CU * b^2$$

$$M_{a+} = a^2 * (C_{am} * DL + C_{av} * LL)$$

$$M_{b+} = b^2 * (C_{bm} * DL + C_{bv} * LL)$$

Donde:

C_a, C_b : coeficientes para momentos negativos

C_{am}, C_{bm} : coeficientes para momentos debido a cargas muertas

C_{av}, C_{bv} : coeficientes para momentos debido a cargas vivas

Tales coeficientes se encuentran descritos en diferentes casos en las tablas 12.3, 12.4 y 12.5 del libro de diseño de estructuras de concreto de Arthur Nilson.

Se calcularán los momentos para la losa 1, la cual tiene continuidad en uno de sus lados cortos y largos, el cual se identifica con el caso 4, de las tablas antes mencionadas. Los datos de la losa son:

Lado corto: 3 m

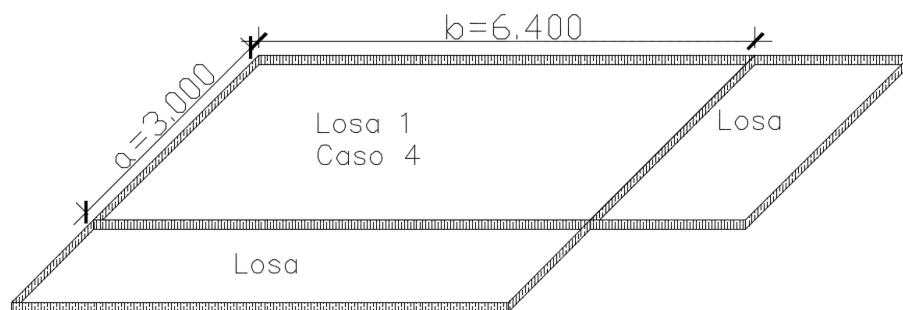
Lado largo: 6 m

Para establecer los coeficientes, es necesario establecer una relación lado corto/lado largo de la losa, el cual es el siguiente:

$$m = \frac{3m}{6.40} = 0,47 \cong 0,5$$

Una vez identificado el caso y la relación, se realiza la búsqueda en las tablas y se calculan los momentos:

Figura 21. Representación de losa 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

$$M_{a-} = 0,094 * 883,20 \frac{kg}{m^2} * (3m)^2 = 747,19kg - m$$

$$M_{b-} = 0,006 * 883,20 \frac{kg}{m^2} * (6,40m)^2 = 217,06kg - m$$

$$M_{a+} = (3m)^2 * \left(0,059 * 543,2 \frac{kg}{m^2} + 0,077 * 340 \frac{kg}{m^2} \right) = 524,06kg - m$$

$$M_{b+} = (6,40m)^2 * \left(0,004 * 543,2 \frac{kg}{m^2} + 0,005 * 340 \frac{kg}{m^2} \right) = 158,83kg - m$$

Los momentos en los lados sin continuidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$M_{a-} = \frac{M_{a+}}{3} \rightarrow M_{b-} = \frac{M_{b+}}{3}$$

$$M_{a-} = \frac{524,06kg - m}{3} = 103,29kg - m$$

$$M_{b-} = \frac{158,63kg - m}{3} = 52,88kg - m$$

Tabla LXIII. **Momentos positivos y negativos de losas de primer nivel, módulo 1. (Kg·m)**

Losa No.	a	b	a/b	Caso	Ma-izq	Ma+	Ma-Der	Mb-Sup	Mb+	Mb-inf
1	3	6,4	0,5	4	174,69	524,06	747,19	52,88	158,63	217,06
2	3	5,7	0,55	8	675,65	468,42	675,65	55,19	165,57	401,73
3	2,3	3	0,8	4	331,72	198,40	66,13	230,52	139,42	46,47
4	3	6,4	0,5	9	130,26	390,79	699,49	108,53	100,20	108,53
5	3	5,7	0,55	2	667,70	360,83	667,70	200,87	119,23	200,87
6	2,3	3	0,8	8	256,97	171,09	256,97	325,90	131,47	43,82
7	2	6,4	0,5	9	103,46	310,37	490,41	171,20	183,76	171,20
8	2	5,7	0,5	2	479,26	304,79	479,26	271,59	145,76	271,59
9	2	2,3	0,9	9	378,95	178,89	59,63	184,25	142,03	184,25
10	3,5	6,4	0,55	9	169,53	508,60	930,45	180,88	150,31	180,88
11	3,5	5,7	0,65	2	833,08	433,68	833,08	401,73	216,36	401,73
12	2,3	3,5	0,7	8	501,16	357,75	501,16	494,93	218,97	72,99
13	3,5	6,4	0,55	4	800,62	538,52	800,62	688,68	280,35	93,45
14	3,5	5,7	0,65	8	171,92	515,77	692,78	409,60	314,72	104,91
15	2,3	3,5	0,7	4	129,49	388,48	596,97	324,27	218,97	72,99

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Momentos positivos y negativos de losas de primer nivel, módulo 2. (Kg-m)**

Losa No.	a	b	a/b	Caso	Ma _{-Izq}	Ma ₊	Ma _{-Der}	Mb _{-Sup}	Mb ₊	Mb _{-inf}
16	4	6	0,7	4	1 144,63	709,88	236,63	128,82	386,47	604,11
17	2	4	0,5	4	130,00	390,00	523,84	133,75	102,76	34,25
18	4	6	0,7	9	1 144,63	558,81	186,27	349,75	251,97	349,75
19	2	4	0,5	8	495,98	380,08	495,98	222,91	102,76	34,25
20	4	6	0,7	9	1 144,63	558,81	186,27	349,75	251,97	349,75
21	2	4	0,5	8	495,98	380,08	495,98	222,91	102,76	34,25
22	4	6	0,7	9	1 144,63	558,81	186,27	349,75	251,97	349,75
23	2	4	0,5	8	495,98	380,08	495,98	222,91	102,76	34,25
24	4	6	0,7	9	1 144,63	558,81	186,27	349,75	251,97	349,75
25	2	4	0,5	8	495,98	380,08	495,98	222,91	102,76	34,25
26	4	6	0,7	4	1 328,33	931,66	310,55	190,77	139,42	46,47
27	2	4	0,5	8	495,98	380,08	495,98	222,91	102,76	34,25
28	2	4	0,5	4	523,84	390,00	130,00	34,25	102,76	34,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Momentos positivos y negativos de losas de primer nivel, módulo 3. (Kg-m)**

Losa No.	a	b	a/b	Caso	Ma _{-Izq}	Ma ₊	Ma _{-Der}	Mb _{-Sup}	Mb ₊	Mb _{-inf}
29	4	6	0,7	4	1 805,59	1 175,00	391,67	214,50	643,51	952,95
30	4	6	0,7	4	1 805,59	966,81	322,27	551,71	453,93	551,71
31	4	6	0,7	9	1 805,59	1 175,00	391,67	952,95	643,51	214,50
32	3	4	0,75	8	167,82	503,45	978,03	312,08	237,64	312,08
33	3	4	0,75	9	865,18	481,14	865,18	490,41	268,62	490,41
34	3	4	0,75	8	9 78,03	503,45	167,82	312,08	237,64	312,08
35	4	4,5	0,9	9	2 72,40	817,21	1 337,47	229,84	689,52	1128,49
36	4	4,5	0,9	8	2 38,52	715,57	1 515,80	705,31	543,67	705,31
37	4	4,5	0,9	9	2 72,40	817,21	1 337,47	1 128,49	689,52	229,84

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Momentos positivos y negativos de losas de segundo nivel, módulo 1. (Kg-m)**

Losa No.	a	b	a/b	Caso	Ma _{-Izq}	Ma ₊	Ma _{-Der}	Mb _{-Sup}	Mb ₊	Mb _{-inf}
1	3	6,4	0,5	4	135,42	406,25	603,37	41,27	123,81	292,13
2	3	5,7	0,55	8	545,60	361,32	545,60	42,30	126,91	324,41
3	2,3	3	0,8	4	267,87	155,23	51,74	186,15	108,82	36,27
4	3	6,4	0,5	9	96,09	288,28	564,85	87,64	72,35	87,64
5	3	5,7	0,55	2	539,18	265,97	539,18	162,20	86,09	162,20
6	2,3	3	0,8	8	207,51	131,52	207,51	263,17	102,40	34,13
7	2	6,4	0,5	9	42,71	128,13	251,05	87,64	72,35	87,64
8	2	5,7	0,5	2	245,34	125,27	245,34	139,03	57,39	139,03
9	2	2,3	0,9	9	193,99	80,97	26,99	94,32	62,89	94,32
10	3,5	6,4	0,55	9	125,80	377,40	751,36	146,06	108,53	146,06
11	3,5	5,7	0,65	2	672,73	323,31	672,73	324,41	161,12	324,41
12	2,3	3,5	0,7	8	256,55	163,50	256,55	253,36	102,35	34,12
13	3,5	6,4	0,55	4	174,19	522,58	803,78	233,70	159,99	53,33
14	3,5	5,7	0,65	8	646,52	415,65	646,52	556,12	314,72	104,91
15	2,3	3,5	0,7	4	61,15	183,44	305,60	166,00	102,35	34,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVII. **Momentos positivos y negativos de losas de segundo nivel, módulo 2. (Kg-m)**

Losa No.	a	b	a/b	Caso	Ma _{-Izq}	Ma ₊	Ma _{-Der}	Mb _{-Sup}	Mb ₊	Mb _{-inf}
16	4	6	0,7	4	924,31	554,84	184,95	100,26	300,79	604,11
17	2	4	0,5	4	60,19	180,56	268,16	68,47	48,36	16,12
18	4	6	0,7	9	924,31	422,81	140,94	282,43	184,65	282,43
19	2	4	0,5	8	253,90	173,36	253,90	114,11	48,36	16,12
20	4	6	0,7	9	924,31	422,81	140,94	282,43	184,65	282,43
21	2	4	0,5	8	253,90	173,36	253,90	114,11	48,36	16,12
22	4	6	0,7	9	924,31	422,81	140,94	282,43	184,65	282,43
23	2	4	0,5	8	253,90	173,36	253,90	114,11	48,36	16,12
24	4	6	0,7	9	924,31	422,81	140,94	282,43	184,65	282,43
25	2	4	0,5	8	253,90	173,36	253,90	114,11	48,36	16,12
26	4	6	0,7	9	924,31	422,81	140,94	282,43	184,65	282,43
27	2	4	0,5	8	253,90	173,36	253,90	114,11	48,36	16,12
28	4	6	0,7	4	924,31	554,84	184,95	604,11	300,79	100,26
29	2	4	0,5	4	268,16	180,56	60,19	68,47	48,36	16,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVIII. **Momentos positivos y negativos de losas de segundo nivel, módulo 3. (Kg·m)**

Losa No.	a	b	a/b	Caso	Ma _{-Izq}	Ma ₊	Ma _{-Der}	Mb _{-Sup}	Mb ₊	Mb _{-inf}
30	4	6	0,7	4	924,31	554,84	184,95	100,26	300,79	487,83
31	4	6	0,7	4	924,31	422,81	140,94	282,43	184,65	282,43
32	4	6	0,7	9	924,31	554,84	184,95	487,83	300,79	100,26
33	3	4	0,75	8	73,98	221,93	500,67	159,76	96,20	159,76
34	3	4	0,75	9	442,90	195,96	442,90	251,05	133,68	251,05
35	3	4	0,75	8	500,67	221,93	73,98	159,76	96,20	159,76
36	4	4,5	0,9	9	130,96	392,89	684,67	110,50	331,50	577,69
37	4	4,5	0,9	8	107,96	323,89	775,96	361,06	240,73	361,06
38	4	4,5	0,9	9	130,96	392,89	684,67	577,69	331,50	110,50

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos

Es un procedimiento que se realiza cuando existe continuidad de losas únicamente separadas por algún elemento estructural (viga), ya sea de uno, dos o tres lados. Existe dos formas de balancear los momentos entre dos losas, la utilización de tales formas depende de las siguientes condiciones:

$$\text{si } 0,8 \cdot M_{mayor} \leq M_{menor} \rightarrow M_{bal} = \frac{M_{mayor} + M_{menor}}{2}$$

$$\text{si } 0,8 \cdot M_{mayor} \geq M_{menor} \rightarrow \text{Utilizar metodo de rigideces}$$

Se realizará el análisis a las losas 2 y 3 del módulo 1, para determinar el momento balanceado entre ambas.

M_{L2}: 675,65 Kg·m

M_{L3}: 230,52 Kg·m

L_{L2}: 5,70 m

L_{L3}: 2,30 m

Para balancear los momentos, se establecen los factores de distribución a partir de las rigideces, los cuales se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

Rigidez

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \rightarrow K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$K_1 = \frac{1}{5,70m} = 0,18 \rightarrow K_2 = \frac{1}{2,30m} = 0,43$$

Factor de distribución

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \rightarrow D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

$$D_1 = \frac{0,18}{0,18 + 0,43} = 0,29 \rightarrow D_2 = \frac{0,43}{0,18 + 0,43} = 0,71$$

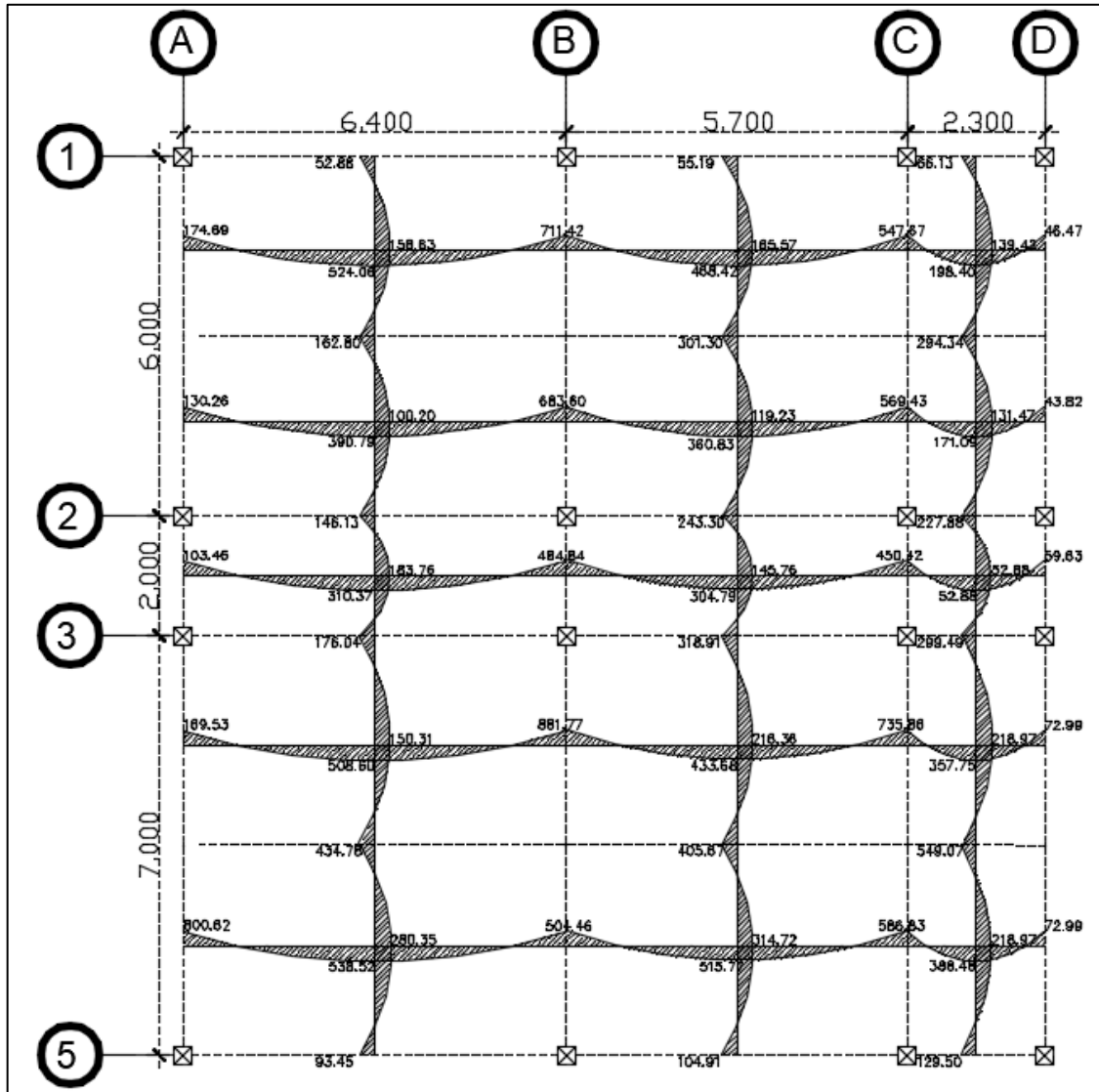
Momentos balanceados

$$M_{bal} = 675,65kg \cdot m - (675,65kg \cdot m - 230,52kg \cdot m) * 0,29 = 547,47kg \cdot m$$

$$M_{bal} = 230,52kg \cdot m + (675,65kg \cdot m - 230,52kg \cdot m) * 0,71 = 547,47kg \cdot m$$

Los momentos balanceados de las losas restantes se calcularon de la misma manera, de tal forma, se mostrarán los resultados tanto en una tabla como en gráficamente.

Figura 22. Momentos de losas primer nivel módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

- Refuerzo de losa

Para llevar a cabo el cálculo del refuerzo se utilizarán los siguientes datos:

F'c: 210 Kg/cm²
Fy: 2 810 kg/cm²
B: 100 cm

Se comenzará el cálculo determinando el peralte efectivo de la losa, la cual se realiza con la siguiente ecuación:

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

En el cual, el recubrimiento se estableció en base a la tabla 20.6.1.3.1 del ACI 318-14 el cual indica que tiene un valor mínimo de 2 cm, además de asumir el diámetro del refuerzo por usar para el diseño.

De tal forma los datos restantes son:

Rec: 2cm
 ϕ_{var} : 3/8 in

Entonces el peralte efectivo (d) obtendrá el siguiente valor:

$$d = 12cm - 2cm - \frac{0,95cm}{2} = 9,52 cm$$

Posteriormente se determina la cuantía de acero mínima correspondiente a elementos sometidos a flexión, la cual se determina tomando el valor mayor de las siguientes ecuaciones:

$$A_{smin} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{f'y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{14}{f'y} * b * d$$

Por lo tanto, el acero mínimo que tendrá la losa es la siguiente:

$$A_{smin} = \frac{0,8 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}}}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 100cm * 9,52 cm = 3,93 cm^2$$

$$A_{smin} = \frac{14}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 100 * 9,52 cm = 4,74 cm^2$$

Después de haber determinado el acero mínimo, se establece el espaciamiento que tendrán las varillas en la losa, distribuidas en rieles, bastones y tensiones.

$$Si 4,74 cm^2 \rightarrow 100cm$$

$$0,71 cm^2 \rightarrow X cm$$

$$X = \frac{0,71 cm^2 * 100cm}{4,74 cm^2} = 14,98 cm \cong 14,00 cm$$

De acuerdo con el inciso 8.7.2.2 del ACI 318-14 el espaciamiento máximo entre varillas longitudinales deberá ser el menor entre 2 veces el espesor de la losa y 45 cm. De tal forma el espaciamiento máximo es:

$$2 * t = 2 * 12cm = 24cm$$

$$24cm < 45 cm \rightarrow usar 24 cm$$

Teniendo el valor del acero mínimo, se verificará que este es suficiente para soportar los momentos actuantes, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$M_{As_{min}} = \phi * As * fy * \left(d - \frac{As * fy}{1.7 * f'c * b} \right)$$

Por lo tanto, el momento que resiste la cuantía mínima de acero es:

$$M_{As_{min}} = 0.9 * 4.74 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left(9.52 \text{ cm} - \frac{4.74 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{1.7 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 100 \text{ cm}} \right)$$

$$M_{As_{min}} = 1\,096,48 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

El momento de acero mínimo calculado es mayor a los momentos de todas las losas del segundo nivel y las losas del primer nivel del módulo 1 y 2. Para el módulo 3 se procederá a calcular el acero requerido.

Momento crítico: 1 367,19 Kg·m

$$A_s = \frac{0,85 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{\frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} * \left[100 \text{ cm} * 9,52 \text{ cm} - \sqrt{(100 \text{ cm} * 9,52 \text{ cm})^2 - \frac{1\,367,19 \text{ Kg} \cdot \text{m} * 100 \text{ cm}}{0,003825 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}} \right] = 5,97 \text{ cm}^2$$

Tabla LXIX. **Áreas de acero mayores al mínimo.**

Momento (Kg·m)	As _{requerido} (cm ²)	S (cm)	Armado
1 175,00	5,10	13,92	Tensión y bastón No. 3 @10 y riel No. 3 @10 cm
1 307,75	5,70	12,45	Tensión y bastón No. 3 @10 y riel No. 3 @10 cm
1 367,19	5,97	11,89	Tensión y bastón No. 3 @10 y riel No. 3 @10 cm

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla No. LXIX, el momento máximo por soportar es de 1 367 19 Kg·m, el cual requiere un área de acero de 5,97 centímetros cuadrados que serán cubiertos utilizando tensiones y bastones No. 3 @ 10 cm y rieles No. 3 @ 10 cm (se utiliza espaciamento de 10 cm por facilidad constructiva).

Se verificará si el espesor de la losa es adecuado, utilizando la losa crítica, es decir, la que soporta más carga. De tal forma el cálculo es el siguiente:

$$V_{act} = \frac{1\,393,2 \frac{kg}{m} * 6m}{2} = 4\,179,60 Kg$$

Tomando nuevamente como referencia el ACI 318-14, la fuerza cortante resistente por el concreto está indicada mediante la ecuación 22.5.5.1, la cual es la siguiente:

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

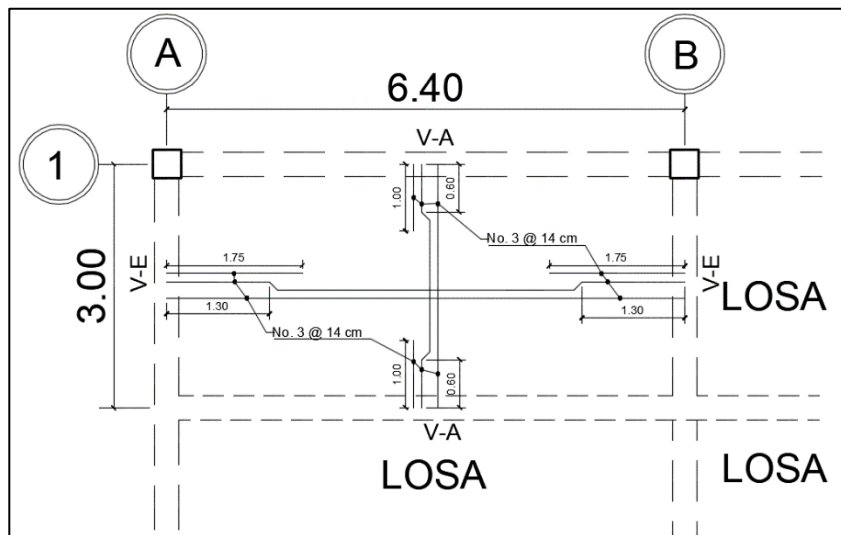
Donde λ toma un valor de 0,85, y por lo tanto la fuerza cortante tiene un valor de:

$$V_c = 0,53 * 0,85 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}} * 100cm * 9,52 cm = 6\ 215\ kg$$

Como $V_c > V_u$, el espesor de la losa es el correcto.

El armado final de las losas se realizará de la siguiente forma: para todas las losas del segundo nivel y módulo 1 y 2 del primer nivel; tensiones y bastones No. 3 @ 14 cm y rieles No. 3 @ 14 cm, para las losas del módulo 3 del primer nivel; tensiones y bastones con varillas No. 3 @ 10 cm y rieles No. 3 @ 10 cm.

Figura 23. Armado de losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

2.2.4.2. Vigas

En sistemas conformados por marcos estructurales son los elementos horizontales que reciben las cargas transmitidas por la losa para dirigirlas a las columnas y están sometidas principalmente a esfuerzos flexionantes.

Los datos para el diseño de las vigas son las siguientes:

Altura de la viga (h):	45 cm
Base de la viga (b):	25 cm
Recubrimiento (Rec):	4 cm
F'c:	210 kg/cm ²
F'y:	2 810 Kg/cm ²
Varilla transversal:	3/8 pulgada
Varilla longitudinal:	3/4 pulgada

- Peralte efectivo (d') de la viga

$$d' = h - rec - \phi_t - \frac{\phi_t}{2}$$
$$d' = 45cm - 4cm - 0,9525cm - \frac{1,905cm}{2} = 39,10 cm$$

- Cálculo de cuantía mínima de acero (A_{smin})

De acuerdo con el inciso 9.6.1.2 del ACI 318-14 indica que el acero mínimo deberá ser el mayor de los valores resultantes de las siguientes ecuaciones:

$$A_{smin} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{f'y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{14}{f'y} * b * d$$

De tal forma, el acero mínimo para la viga es la siguiente:

$$A_{smin} = \frac{0,8 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}}}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 25cm * 39,10 cm = 4,04 cm^2$$

$$A_{smin} = \frac{14}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 25cm * 39,10 cm = 4,87 cm^2$$

La ecuación 3-1 del libro de texto de *Diseño de estructuras de concreto* de Jack McCormac, indica que el momento que resiste un elemento sometido a flexión con una cantidad de acero conocida, es la siguiente:

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y * (d - a/2)$$

Donde:

Φ : factor de reducción (tabla 21.2.2 ACI 318-14, $\Phi=0,90$)

M_n : momento que resiste el elemento

A_s : área de acero que contiene el elemento

d : peralte efectivo

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'c * b}$$

Entonces, el momento mínimo es el siguiente:

$$a = \frac{4,87 \text{ cm}^2 * \frac{2\ 810\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0,85 * \frac{210\text{kg}}{\text{cm}^2} * 25\text{cm}} = 3,07\text{cm}$$

$$\phi M_n = 0,90 * 4,87 \text{ cm}^2 * \frac{2\ 810\text{kg}}{\text{cm}^2} * \left(39,10\text{cm} - \frac{3,07\text{cm}}{2} \right) = 462659,18 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\phi M_n = 4\ 626,59\text{kg} \cdot \text{m}$$

- Cálculo de cuantía máxima de acero ($A_{s\text{máx}}$)

El ACI 318-14 indica que en zonas no sísmicas el acero máximo permitido es del 75 % de la cuantía balanceada (ρ_b) mientras que en zonas sísmicas es del 50 %; el ACI 318-11 apéndice B.8.4.2 establece que la ecuación para calcular ρ_b es la siguiente:

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f'_y} * \left(\frac{6\ 120}{6\ 120 + f'_y} \right)$$

La tabla 22.2.2.4.3 del ACI318-14 establece que valor de β_1 para concretos entre 175 y 285 kg/cm² es de 0,85, entonces, ρ_b tiene el siguiente valor.

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * \frac{210\text{kg}}{\text{cm}^2}}{\frac{2\ 810\text{kg}}{\text{cm}^2}} * \left(\frac{6\ 120}{6\ 120 + \frac{2\ 810\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) = 0,0371$$

Por lo tanto, la cuantía máxima de acero es:

$$A_{s\text{max}} = 0,5 * 0,0371 * 25\text{cm} * 39,10\text{cm} = 18,14 \text{ cm}^2$$

Momento máximo

$$a = \frac{18,14 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{0,85 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 25 \text{ cm}} = 11,42 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = 0,90 * 18,14 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left(39,10 \text{ cm} - \frac{11,42 \text{ cm}}{2} \right) = 1531801,64 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\phi M_n = 15318,02 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Comparando los momentos máximo y mínimo con los momentos del elemento crítico, el cual es el tramo G-H del eje B, teniendo como condición de cumplimiento la siguiente expresión:

$$M_{\text{mínimo}} < M_{\text{actuante}} < M_{\text{máximo}}$$

Por lo tanto:

$$4626,59 \text{ kg} \cdot \text{m} < M_{Izq-} = 15965,31 \text{ kg} \cdot \text{m} > 15318,02 \text{ kg} \cdot \text{m} \rightarrow \text{No cumple}$$

$$4626,59 \text{ kg} \cdot \text{m} < M_{+} = 9669,36 \text{ kg} \cdot \text{m} < 15318,02 \text{ kg} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$4626,59 \text{ kg} \cdot \text{m} < M_{Der-} = 15528,48 \text{ kg} \cdot \text{m} > 15318,02 \text{ kg} \cdot \text{m} \rightarrow \text{No cumple}$$

Tomando en cuenta la comparación anterior, se determina que la viga no soporta los momentos negativos, de tal forma, el código ACI permite aumentar un 10 % de sección transversal de la viga sin realizar nuevamente el procedimiento inicial, entonces, la nueva sección de viga es de 25 cm x 50 cm.

Realizando de nuevo el procedimiento inicial, el $A_{s_{\text{min}}}$ es de 5,49 cm² el cual resiste un momento de 5882,95 kg·m, ρ_b sigue siendo el mismo, y el acero

máximo toma el valor de 20,46 cm² que soporta un momento de 19 486,54 kg·m. De tal forma, utilizando la nueva sección, se verifica nuevamente que el elemento soporte, y queda de la siguiente manera:

$$5\,882,95 \text{ kg} \cdot \text{m} < M_{Izq-} = 15\,965,31 \text{ kg} \cdot \text{m} > 19\,486,54 \text{ kg} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$5\,882,95 \text{ kg} \cdot \text{m} < M_{+} = 9\,669,36 \text{ kg} \cdot \text{m} < 19\,486,54 \text{ kg} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$5\,882,95 \text{ kg} \cdot \text{m} < M_{Der-} = 15\,528,48 \text{ kg} \cdot \text{m} > 19\,486,54 \text{ kg} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Cumple}$$

Para determinar el acero requerido por los momentos, se utilizará la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{0,85 * F'c}{F_y} * \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b_{viga}}{0,003825 * F'c}} \right]$$

Asimismo, para llevar a cabo el armado del elemento se utilizarán los siguientes criterios:

Para armar longitudinalmente la viga se deben cumplir con los siguientes requerimientos dados por el ACI 318-14 en el capítulo 18:

- Inciso 18.6.3.1
 - Las vigas deberán tener al menos dos varillas tanto en la cama superior como en la inferior.
 - En cualquier sección de la viga, el área de refuerzo de las camas superior e inferior de la viga deberá ser al menos igual a $A_{s_{min}}$.

- La cuantía de refuerzo ρ no será mayor a 0,025.
- Inciso 18.6.3.2
 - La resistencia en el momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia del momento negativo proporcionada por esa misma cara.
 - La resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección a lo largo de la longitud del miembro, debe ser al menos igual a un cuarto de la resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos.

Cama superior

- Debe llevar dos o más varillas corridas
- Estar conformada con el valor mayor de las siguientes expresiones
 - Si 33 % $A_{s_{req}} (M^-)$
 - $A_{s_{min}}$

De tal forma, el armado de la cama superior queda de la siguiente forma:

$$33 \% A_{s_{req}}(M_-) = 16,16 \text{ cm}^2 * 0,33 = 5,39 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 5,49 \text{ cm}^2$$

Cama inferior

Para calcular la cantidad de acero, se debe tomar el área de acero mayor de las siguientes condiciones:

- $A_{s_{min}}$: 5,49 cm²
 - 50 % $A_s M_+$: 9,28 cm² * 0,5 = 5,34 cm²
 - 50 % $A_s -l_{zq}$: 16,16 cm² * 0,5 = 8,08 cm²
 - 50 % $A_s -Der$: 15,66 cm² * 0,5 = 7,83 cm²
- Determinar longitud de desarrollo

El código ACI 318-11 en su capítulo 21, inciso 21.7.5.1 indica la longitud de desarrollo para varillas corrugadas en tracción, que terminen con un gancho estándar, deberá ser el mayor de los resultados de las siguientes condiciones:

- a. $l_{dh} = \left(\frac{f_y * d_b}{17,2 * \sqrt{f'_c}} \right)$
- b. 15 cm
- c. 8 d_b

Por lo cual, la longitud de desarrollo es la siguiente:

$$l_{dh} = \left(\frac{\frac{2810kg}{cm^2} * 1,905 cm}{17,2 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}}} \right) = 21,47 cm$$

$$l_{dh} = 15 cm$$

$$l_{dh} = 8 * 1,905 = 15,24 cm$$

La longitud de desarrollo por utilizar es 21,47 cm

- Diseño por cortante

El ACI 318-14 sección 22.5.5, indica la ecuación que para la resistencia del concreto ante las fuerzas cortantes actuantes, estableciendo así el refuerzo transversal del elemento, además de tener una función confinante lo cual adiciona ductilidad al sistema y disminuye el riesgo de fallas por pandeo. Por lo tanto, el valor de resistencia al corte es el siguiente:

$$V_c = 0,53 * 0,85 * \sqrt{\frac{210kg}{cm^2}} * 25 cm * 44,10 cm = 7 212,47 kg$$

La viga por diseñar es la del tramo G-H del eje B, con un cortante último de 12690,17 Kg, las condiciones para el refuerzo de corte o transversal son las siguientes:

- Si $V_c > V_u$ Únicamente estribos a $d/2$
Si $V_c < V_u$ Calcular espaciamiento de estribos

$$7 212,47 kg < 12 690,17 Kg \rightarrow \text{Calcular estribos de corte}$$

El ACI 318-11 en el inciso 21.3.4.2 indica que se debe colocar refuerzo por confinamiento como mínimo a una distancia de 2 veces la altura del elemento. Asimismo, se debe calcular la longitud crítica de confinamiento mediante relación de triángulos la cual da como resultado la siguiente ecuación:

$$L_{nocon} = \frac{V_c}{V_a} * \frac{L}{2} = \left(\frac{7 212,47 kg}{12 690,17 Kg} \right) * \left(\frac{7m}{2} \right) = 1,98 m \cong 2,00m$$

$$L_{con} = \frac{L}{2} - L_{nocon} = \left(\frac{7m}{2}\right) - 2,00 m = 1,50 m$$

$$2 * h = 2 * 0,50m = 1,00 m$$

Al tener una longitud crítica de confinamiento mayor a 2h, se utilizará la longitud de confinamiento.

Para calcular el espaciamiento entre estribos se utiliza la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 * Av * Fy * d}{Va}$$

Por lo tanto, el espaciamiento queda con el siguiente valor:

$$S = \frac{\frac{2810kg}{cm^2} * 2 * 0,7126cm^2 * 44,10cm}{12690,17 Kg} = 13,92 cm$$

$$S_{max} = \frac{d}{4} = \frac{44,10 cm}{4} = 11,02 cm$$

El valor del espaciamiento no debe exceder de d/4, el cual es el espaciamiento máximo, de tal forma se utilizará 10 cm.

Además, se debe calcular la separación máxima para proporcionar el acero mínimo, la cual tendrá que ser mayor a d/2, se calcula de la siguiente forma:

$$S = \frac{A_v * f' y}{0,2 * \sqrt{f' c} * b} = \frac{2 * 0,7126 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{0,2 * \sqrt{\frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} * 25 \text{ cm}} = 55,19 \text{ cm}$$

$$S_{max} = \frac{44,10 \text{ cm}}{2} = 22,05 \text{ cm}$$

En la longitud de la viga en el cual no se necesitan estribos cerrados de confinamiento no debe ser mayor a d/2 de longitud.

$$S_{max} = \frac{44,10 \text{ cm}}{2} = 22,05 \text{ cm}$$

Teniendo todos los datos, por razones de facilidad constructiva y proporcionarle mayor ductilidad al elemento, se colocarán estribos de confinamiento No. 3 @ 10 cm colocando el primer estribo a 5 cm de la cara de la viga y en el resto de la viga estribos No. 3 @ 20 cm.

Tabla LXX. Armado de vigas eje B, módulo 1

	Viga A-B, tramo 1-2			Viga B-C, tramo 2-3		
	M _{Izq} (kg-m)	M _c (kg-m)	M _{Der} (kg-m)	M _{Izq} (kg-m)	M _c (kg-m)	M _{Der} (kg-m)
	6997.50	5000.53	7498.91	5461.57	3078.75	7883.81
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	6.28	4.63	7.08	5.08	2.81	7.46
As _{utilizar} (cm ²)	6.28	5.49	7.08	5.49	5.49	7.46
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXX.

	Viga C-D, tramo 3-6			Viga E-F, tramo 1-2		
	M_{Lzq} (kg-m)	M. (kg-m)	M_{Der} (kg-m)	M_{Lzq} (kg-m)	M. (kg-m)	M_{Der} (kg-m)
		10827.85	7163.56	9315.03	12083.05	6754.11
AS_{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
AS_{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
$AS_{requerido}$ (cm ²)	10.48	6.74	8.91	11.82	6.34	11.51
$AS_{utilizar}$ (cm ²)	10.48	6.74	8.91	11.82	6.34	11.51
Refuerzo superior	3 corridos No. 6 + 1 baston No. 5	3 corridos No. 6	3 corridos No. 6 + 1 baston No. 5	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4	4 No. 6 en paquetes de 2	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
Si en zona de confinada	10 cm			10 cm		
Si en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga F-G, tramo 2-3			Viga G-H, tramo 3-6		
	M_{Lzq} (kg-m)	M. (kg-m)	M_{Der} (kg-m)	M_{Lzq} (kg-m)	M. (kg-m)	M_{Der} (kg-m)
		9220.27	2907.77	11955.19	15965.31	9669.36
AS_{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
AS_{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
$AS_{requerido}$ (cm ²)	8.81	2.66	11.68	16.16	9.28	15.66
$AS_{utilizar}$ (cm ²)	8.81	5.49	11.68	16.16	9.28	15.66
Refuerzo superior	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4	4 No. 6 en paquetes de 2	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4	4 No. 6 en paquetes de 2 + 2 bastones No. 6	4 No. 6 en paquetes de 2	4 No. 6 en paquetes de 2 + 2 bastones No. 6
Refuerzo inferior	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos	2 No. 6 + 1 No. 5 Corridos
Longitud de confinamiento	1 m			1.50 m		
Si en zona de confinada	10 cm			10 cm		
Si en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. Armado de vigas eje 3, módulo 1

	Viga A-B, tramo A-B			Viga B-C, tramo B-C		
	M _{izq} (kg·m)	M _l (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _l (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		6092.17	3836.92	7776.17	3835.80	887.59
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	5.69	3.53	7.35	3.53	0.80	1.81
As _{utilizar} (cm ²)	5.69	5.49	7.35	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 baston No. 5	2 No. 6 corridos	2 corridos No. 6 + 1 baston No. 5	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga C-D, tramo C-D			Viga E-F, tramo A-B		
	M _{izq} (kg·m)	M _l (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _l (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		5004.49	475.92	3828.33	11679.10	6579.29
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	4.64	0.43	3.52	11.39	6.17	13.65
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	11.39	6.17	13.65
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	4 No. 6 empaquetadas en pares corridas + 2 bastones No. 4	4 corridos No. 6	4 No. 6 empaquetadas en pares corridas + 2 bastones No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXXI.

	Viga F-G, tramo B-C			Viga G-H, tramo C-D		
	M _{izq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
	11466.26	4437.37	8637.00	9721.77	841.45	8031.76
A _{smin} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
A _{smax} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
A _{srequerido} (cm ²)	11.16	4.10	8.22	9.33	0.76	7.61
A _{sutilizar} (cm ²)	11.16	5.49	8.22	9.33	5.49	7.61
Refuerzo superior	2 No. 6 corridos + 2 bastones No. 6	2 corridos No. 6	2 No. 6 corridos + 2 bastones No. 6	2 No. 6 corridos + 2 bastones No. 6	2 corridos No. 6	2 No. 6 corridos + 2 bastones No. 6
Refuerzo inferior	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. Armado de vigas eje 2, módulo 2

	Viga A-B, tramo E-F			Viga B-C, tram F-G		
	M _{izq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
	2748.23	1161.17	3241.34	2808.04	915.25	2742.70
A _{smin} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
A _{smax} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
A _{srequerido} (cm ²)	2.51	1.05	2.97	2.56	0.82	2.50
A _{sutilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXXII.

	Viga C-D, tramo G-H			Viga D-E, tramo H-I		
	M _{Izq} (kg·m)	M _z (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{Izq} (kg·m)	M _z (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		2812.47	951.55	2821.45	2808.31	945.68
A _{Smin} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
A _{Smax} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
A _{Srequerido} (cm ²)	2.57	0.86	2.58	2.56	0.85	2.56
A _{Sutilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga E-F, tramo I-J			Viga F-G, tramo J-K		
	M _{Izq} (kg·m)	M _z (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{Izq} (kg·m)	M _z (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		2820.84	949.61	2814.22	2744.23	922.76
A _{Smin} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
A _{Smax} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
A _{Srequerido} (cm ²)	2.57	0.86	2.57	2.50	0.83	2.56
A _{Sutilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXXII.

	Viga G-H, tramo K-L			Viga I-J, tramo E-F		
	M _{izq} (kg·m)	M _r (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _r (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		3242.69	1145.84	2755.92	6177.98	2175.77
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	2.97	1.03	2.51	5.77	1.98	6.25
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.77	5.49	6.25
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga I-J, tramo E-F			Viga J-K, tramo F-G		
	M _{izq} (kg·m)	M _r (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _r (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		6177.98	2175.77	6669.35	5712.49	1785.12
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	5.77	1.98	6.25	5.32	1.62	5.30
As _{utilizar} (cm ²)	5.77	5.49	6.25	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXXII.

	Viga L-M, tramo H-I			Viga M-N, tramo I-J		
	M _{Lzq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{Lzq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		5808.25	1826.52	5809.08	5837.75	1838.01
A _{S_{min}} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
A _{S_{max}} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
A _{S_{requerido}} (cm ²)	5.41	1.66	5.41	5.44	1.67	5.44
A _{S_{utilizar}} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga N-O, tramo J-K			Viga O-P, tramo K-L		
	M _{Lzq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{Lzq} (kg·m)	M _c (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		5677.78	1755.54	5740.86	6748.32	2387.27
A _{S_{min}} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
A _{S_{max}} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
A _{S_{requerido}} (cm ²)	5.29	1.59	5.35	6.33	2.17	5.84
A _{S_{utilizar}} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	6.33	5.49	5.84
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. Armado de viga eje K, módulo 2

	Viga A-B, tramo 1-2			Viga B-C, tramo 2-3		
	M _{izq} (kg·m)	M _i (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _i (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		5537.70	3828.78	6317.77	5537.49	1475.35
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	5.15	3.52	5.91	5.15	1.33	3.29
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.91	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga D-E, tramo 1-2			Viga E-F, tramo 2-3		
	M _{izq} (kg·m)	M _i (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M _i (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		10796.71	6875.23	11348.40	10152.94	2512.50
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	10.45	6.46	11.03	9.78	2.29	7.13
As _{utilizar} (cm ²)	10.45	6.46	11.03	9.78	5.49	7.13
Refuerzo superior	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4	4 corridos No. 6 en paquetes de 2	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4	4 corridos No. 6 en paquetes de 2	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastones No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. Armado de viga eje 4, módulo 3

	Viga A-B, tramo M-N			Viga B-C, tramo N-O		
	M _{izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
	3265.90	1247.19	3801.08	3301.15	971.78	3301.15
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	2.29	1.13	3.49	3.02	0.88	3.02
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

	Viga C-D, tramo O-P			Viga E-F, tramo M-N		
	M _{izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
	3801.08	1247.19	3265.90	7023.88	2768.57	7978.37
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	3.49	1.13	2.99	6.60	2.53	7.55
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	6.60	5.49	7.55
Refuerzo superior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXXIV.

	Viga F-G, tramo N-O			Viga G-H, tramo O-P		
	M _{l-izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{l-izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		6967.36	2196.54	6967.36	7978.37	2768.57
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	6.55	2.00	6.55	7.55	2.53	6.60
As _{utilizar} (cm ²)	6.55	5.49	6.55	7.55	5.49	6.60
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 5
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXV. Armado de viga eje N, módulo 3

	Viga A-B, tramo 1-2			Viga B-C, tramo 2-4		
	M _{l-izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{l-izq} (kg·m)	M ₊ (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		5847.63	3803.60	6441.51	4497.03	535.88
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	5.45	3.49	6.03	4.15	0.48	2.66
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	6.03	5.49	5.49	5.49
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Continuación de tabla LXXV

	Viga C-D, tramo 4-5			Viga E-F, tramo 1-2		
	M _{l-izq} (kg·m)	M _s (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{l-izq} (kg·m)	M _s (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		3980.45	1951.23	4005.02	12102.96	8129.41
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	3.66	1.77	3.69	11.84	7.71	12.71
As _{utilizar} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	11.84	7.71	12.71
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 4	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastón No. 5	4 corridos No. 6 en paquetes de 2	4 No. 6 en paquetes de 2 + 1 bastón No. 5
Refuerzo inferior	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos
Longitud de confinamiento	1 m			1.10 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

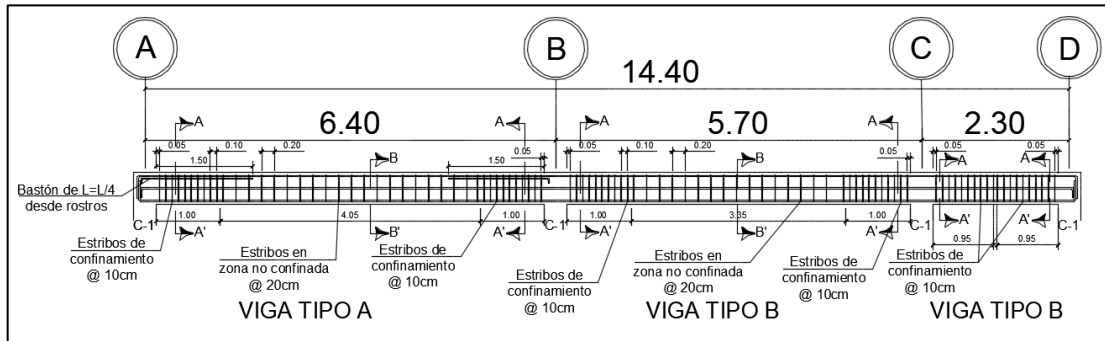
	Viga F-G, tramo 2-4			Viga G-H, tramo 4-5		
	M _{l-izq} (kg·m)	M _s (kg·m)	M _{Der} (kg·m)	M _{l-izq} (kg·m)	M _s (kg·m)	M _{Der} (kg·m)
		8953.88	718.68	6200.64	8314.77	4219.04
As _{min} (cm ²)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
As _{max} (cm ²)	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46	20.46
As _{requerido} (cm ²)	8.54	0.65	5.79	7.89	3.89	7.97
As _{utilizar} (cm ²)	8.54	5.49	5.79	7.89	5.49	7.97
Refuerzo superior	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 6	2 corridos No. 6	2 corridos No. 6 + 1 bastón No. 6
Refuerzo inferior	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos	2 No. 6 + 1 No. 4 corridos
Longitud de confinamiento	1 m			1 m		
S en zona de confinada	10 cm			10 cm		
S en zona no confinada	20 cm			20 cm		

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el inciso 18.6.4.2 del ACI 318-14, en vigas donde el refuerzo superior e inferior tiene una distancia entre sí mayor a 35 cm, es

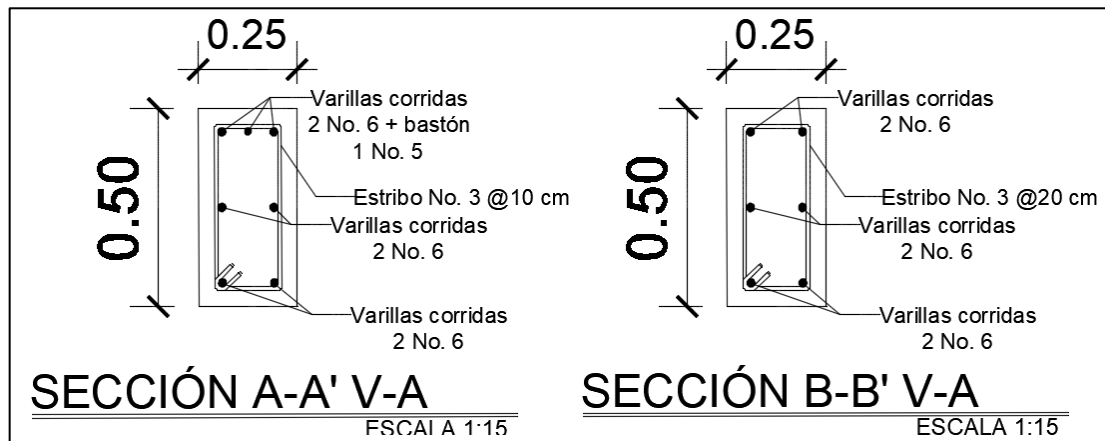
necesario agregar un refuerzo central para la estabilización y absorción de esfuerzos internos del elemento.

Figura 24. **Detalle de vigas de eje 3, segundo nivel, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3d 2015.

Figura 25. **Detalle de sección transversal de viga tipo A**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3d 2015.

2.2.4.3. Columnas

Es un elemento generalmente vertical, el cual tiene como función principal transmitir las cargas recibidas de las vigas y losas hacia los cimientos. Las columnas son diseñadas en su mayor parte para resistir cargas axiales, aunque también pueden soportar fuerzas cortantes y de torsión.

Para llevar a cabo el diseño de columnas se integran todas las cargas que actúan dentro del área tributaria correspondiente, las cuales también hay que magnificarlas y así convertirlas en cargas axiales últimas. Así también, las columnas por diseñar serán sismos resistentes, por lo tanto, resistirán fuerzas cortantes y torsionantes los cuales están detalladas en el análisis estructural anteriormente realizado.

En el diseño de la columna por seleccionar, se utilizan los momentos y fuerzas cortantes con mayor valor de cada eje. Para localizar la columna crítica, es decir, la columna que será sometida a la mayor cantidad de esfuerzos, los cuales son esfuerzos compresivos o cargas axiales que se establecen mediante el área tributaria correspondiente a la columna. Se detallará el diseño de la columna B-3, del primer nivel, módulo 1.

Las cargas por utilizar serán las detalladas en la tabla XXXIX de este documento, además de los siguientes datos:

Datos:

Sección de la columna:	35 cm x 35 cm
Longitud de la columna:	5 m
Sección de la viga:	30 cm x 45 cm

Longitud tributaria de viga:	10,55 m
Recubrimiento:	4 cm
γ_{concreto} :	2 400 Kg/m ³
Área tributaria:	27,225 m ²
$\emptyset_{\text{Longitudinal}}$:	3/4 pulgada
$\emptyset_{\text{Transversal}}$:	3/8 pulgada
Momento en X:	7 294,19Kg-m
Momento en Y:	8 966,64Kg-m

Al igual que los demás elementos estructurales, se debe establecer el peralte efectivo de la columna, el cual es el siguiente:

$$d' = 35\text{cm} - 4\text{cm} - 0,95\text{cm} - \frac{1,91\text{ cm}}{2} = 29,095\text{ cm}$$

Para determinar el factor de carga última, se magnifican las cargas actuantes sobre la columna de cada nivel, lo cual se realiza de la siguiente forma:

$$CU = 1,4 DL + 1,7 LL$$

$$CU_{2N} = 1,4 \left(288 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) = 713,20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CU_{1N} = 1,4 \left(288 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(21,175\text{m}^2 * 200 + 6,05\text{m}^2 * 500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) = 996,53 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CU_{\text{Total}} = 713,20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 996,53 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 1 709,73 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$FCU = \frac{CU}{DL + LL} = \frac{1 709,73 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}}{\left(288 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 2 + 100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 2 \right) + \left(100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right)} = 1,24$$

$$P_{viga} = 0,30m * 0,45m * 10,55m * 2\,400 \frac{Kg}{m^3} = 3\,418,20 Kg$$

Posteriormente, se calcula la carga axial mediante la siguiente operación:

$$Pu = (A_{tributaria} * CU) + (P_{viga} * FCU)$$

$$Pu = \left(27,225 m^2 * 1\,709,73 \frac{Kg}{m^2} \right) + (3\,418,20 Kg * 1,24) = 50\,794,74 Kg$$

$$Pu = 50,79 Ton$$

Teniendo la carga puntual, se procede a calcular la esbeltez la cual es la relación que existe entre la sección transversal y la longitud del elemento y que dependiendo de su valor se clasifica en corta, intermedia o esbelta. La esbeltez se expresa con la siguiente ecuación:

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

Existe una forma general para la clasificación de las columnas en función a la esbeltez, el cual es:

$$E < 22 \rightarrow \text{Columna corta}$$

$$22 < E < 100 \rightarrow \text{Columna intermedia}$$

$$E > 100 \rightarrow \text{Columna esbelta}$$

El ACI 318-14 inciso 6.2.5 indica que para columnas no arriostradas con desplazamiento lateral con $(K*Lu) / r$ menor a 22 se pueden ignorar los efectos de la esbeltez, en caso contrario, se deberá diseñar la columna en función de los momentos magnificados de cada eje.

Para la determinación del factor de longitud efectiva (K) se deben calcular los coeficientes de grado de empotramiento (Ψ) la cual esta descrita en el ACI318-14 6.2.5.1.

Los coeficientes de grado de empotramiento (Ψ) es igual a 0 cuando la columna esta empotrada y mediante la siguiente ecuación cuando no lo está:

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_u} \right)_{columna}}{\sum \left(\frac{EI}{L_u} \right)_{viga}}$$

E es el módulo de elasticidad del concreto y debido a que todos los elementos serán construidos con mismo material tendrá el valor de 1, I es la inercia del elemento y Lu la longitud del elemento. Además, la inercia para elementos ya sea cuadrados o rectangulares se calcula mediante la expresión siguiente:

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

El cálculo de la longitud efectiva (K) se puede calcular de formas diferentes; mediante la figura R.6.2.5 o bien mediante bien mediante las siguientes condiciones y ecuaciones:

$$si \psi_m < 2 \rightarrow K = \frac{20 - \psi_m}{20} * \sqrt{1 + \psi_m}$$

$$si \psi_m \geq 2 \rightarrow K = 0,9 * \sqrt{1 + \psi_m}$$

Ψ_m es el promedio de los grados de empotramiento de la columna, llamando Ψ_A al extremo superior y Ψ_B al extremo inferior.

El radio de giro del elemento, de acuerdo al ACI318-14 sección 6.2.5.1, pueden ser calculado mediante la raíz del cociente entre la inercia y la sección del elemento, el 30 % del lado en el cual se realiza el análisis en columnas a rectangulares y el 25 % en circulares.

Esbeltez en X

Inercia de elementos

$$I_{col} = \frac{1}{12} * (0,35m) * (0,35m)^3, 1,251 * 10^{-3}m^4$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * (0,30m) * (0,45m)^3 = 2,278 * 10^{-3}m^4$$

Grado de empotramiento

$$\Psi_A = \frac{\frac{1,251*10^{-3}m^4}{5m} + \frac{1,251*10^{-3}m^4}{3m}}{\frac{2,278*10^{-3}m^4}{6,40m} + \frac{2,278*10^{-3}m^4}{5,700m}} = 0,88$$

$$\Psi_B = 0$$

$$\Psi_m = \frac{0,88 + 0}{2} = 0,44 < 2$$

Factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - 0,44}{20} * \sqrt{1 + 0,44} = 1,17$$

Esbeltez

$$E = \frac{1,17 * 5m}{0,3 * 0,35m} = 55,90 \rightarrow \textit{Intermedia}$$

Esbeltez en Y

Grado de empotramiento

$$\Psi_A = \frac{\frac{1,251*10^{-3}m^4}{5m} + \frac{1,251*10^{-3}m^4}{3m}}{\frac{2,278*10^{-3}m^4}{2m} + \frac{2,278*10^{-3}m^4}{7m}} = 0,46$$
$$\Psi_B = 0$$

$$\Psi_m = \frac{0,46 + 0}{2} = 0,228 < 2$$

Factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - 0,228}{20} * \sqrt{1 + 0,228} = 1,095$$

Esbeltez

$$E = \frac{1,095 * 5m}{0,3 * 0,35m} = 52,16 \rightarrow \textit{Intermedia}$$

Debido a que tanto en el sentido X como en el Y, el valor de la esbeltez se encuentra entre 22 y 100, se clasifica como columna intermedia, de tal forma, para llevar a cabo el diseño se deberán magnificar los momentos.

- Factor de magnificación de momentos

El ACI 318-14 en su inciso 6.6.4.5.2, indica la ecuación para calcular el factor de magnificación de momentos, el cual es el siguiente:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}}$$

Donde:

- δ: factor de magnificación
- C_m: factor de corrección igual a 1 cuando se tiene desplazamiento lateral.
- P_u: carga axial última
- P_c: carga crítica de Euler (ACI 318-14; .6.6.4.4.2)

$$P_c = \frac{\pi^2 * EI}{(kl_u)^2}$$

En el cual EI representa la rigidez y se calcula mediante la siguiente ecuación con base en el inciso 6.6.4.4.4 del ACI 318-14.

$$EI = \frac{0,4 * E_c * I_g}{1 + \beta_d}$$

Donde:

- E_c: módulo de elasticidad del concreto (15100*√f'c)
- I_g: momento de inercia de la columna

β_d : relación máxima entre la carga axial sostenida mayorada dentro de un piso y la máxima carga axial mayorada asociada. (mismo inciso del ACI)

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU} = \frac{1,4 * (288 \text{ kg} * 2 + 100 \text{ kg} * 2)}{1\,709,73 \text{ kg}} = 0,635$$

Por lo tanto, es la siguiente:

$$EI = \frac{0,4 * 15\,100 * \sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2 * \frac{1}{12} * (35 \text{ cm})^4}}{1 + 0,635} = 6\,707\,461\,172,99 \text{ Kg} - \text{cm}^2$$

Con los datos obtenidos, se calcula el factor de magnificación para ambos sentidos de la columna:

- Sentido X
 - Carga crítica de Euler

$$P_C = \frac{\pi^2 * 6\,707\,461\,172,99 \text{ Kg} - \text{cm}^2}{(1,174 * 5 \text{ m})^2} = 1\,921\,051\,163,99 \text{ Kg}$$

- Factor de magnificación

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{50\,794,74 \text{ Kg}}{0,75 * 1\,921\,051\,163,99 \text{ Kg}}} = 1,000$$

- Sentido Y

- Carga crítica de Euler

$$P_C = \frac{\pi^2 * 6\,707\,461\,172,99 \text{ Kg} - \text{cm}^2}{(1,095 * 5\text{m})^2} = 2\,206\,838\,278,25 \text{ Kg}$$

- Factor de magnificación

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{50\,794,74 \text{ Kg}}{0,75 * 2\,206\,838\,278,25 \text{ Kg}}} = 1,000$$

- Magnificación de momentos

$$Md_{xy} = \delta_{xy} * M_{xy}$$

$$Md_x = 1,000 * 7\,294,19 \text{ Kg} \cdot \text{m} = 7\,294,19 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$Md_x = 1,000 * 8\,966,64 \text{ Kg} \cdot \text{m} = 8\,966,64 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

- Refuerzo longitudinal

Para diseñar el armado de la columna, se utilizará el método de carga inversa desarrollada por Bresler y consiste.

Para evaluar si la columna resiste esfuerzos axiales y momentos flexionantes, se debe proponer un armado.

De acuerdo con ACI 318-14 el refuerzo longitudinal de una columna sismo-resistente debe ser mayor al 1 % y menor al 8 % del área gruesa de la columna.

$$A_{s_{min}} = 1 \% A_g = 1\,225\text{ cm}^2 * 1 \% = 12,25\text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 8 \% A_g = 1\,225\text{ cm}^2 * 8 \% = 98,00\text{ cm}^2$$

Armado propuesto

$$12\text{ varillas No. 6} = 12 * (2,85\text{ cm}^2) = 11,40\text{ cm}^2$$

$$\text{Área total} = 34,20\text{ cm}^2$$

$$12,25\text{ cm}^2 < 34,20\text{ cm}^2 < 98\text{ cm}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Para calcular la resistencia nominal de una columna con excentricidades dadas en ambos sentidos se utiliza la siguiente ecuación, de acuerdo con el ACI 318-11 en el comentario 10.3.6-10.3.7:

$$\frac{1}{P_{ni}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} + \frac{1}{P_o}$$

Donde:

P_{ni}: resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes.

P_{no}: resistencia nominal a cargas axiales para excentricidad cero.

P_{nx}: resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje x.

P_{ny}: resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad a lo largo del eje Y.

Con base al ACI 318-11 apéndice C 9.3.2.2 se requiere aplicar un factor de reducción para elementos sometidos a compresión en el cual elementos con secciones no circulares, el factor corresponde a 0,70. De tal forma, la ecuación anterior, queda de la siguiente manera:

$$\Phi P_{ni} = \frac{1}{\frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} + \frac{1}{\Phi P_o}}$$

En el cual, ΦP_o , se calcula mediante la ecuación dada en el ACI 318-14 inciso 22.4.2.2, que es la siguiente:

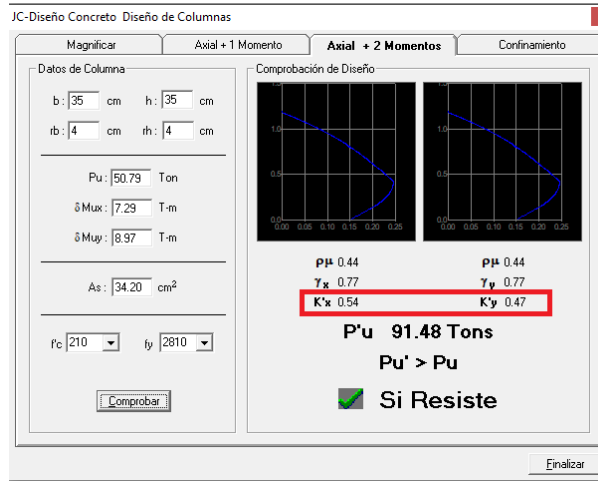
$$\Phi P_o = 0,80 * [0,85 * f'c * (A_g - A_s) + fy * A_s]$$

Donde ϕ es 0,80 para elementos no preesforzados con estribos. Para la obtención de las cargas P_{nx} y P_{ny} se utilizan la siguiente ecuación:

$$Pn_{(x,y)} = K_{(x,y)} * f'c * b * h$$

Para determinar el factor $K_{(x,y)}$ se utilizara el software llamado JC Diseño concreto (figura 25), con valores de K'_{x} de 0,54 y K'_{y} de 0,47 respectivamente.

Figura 26. Diagrama de interacción de columna



Fuente: elaboración propia, empleando JC Diseño Concreto.

Con los datos obtenidos anteriormente, se verificará si la columna soporta los diferentes esfuerzos a los que es sometido utilizando la siguiente condición:

$$si P_{ni} > P_u \rightarrow La\ columna\ resiste$$

Donde P_u se calcula de la siguiente forma:

$$P_u = \frac{50\,794,74Kg}{0,70} = 72\,563,91\ Kg$$

- Carga nominal a cargas axiales con excentricidad cero

$$\Phi P_o = 0,80 * \left[0,85 * \sqrt{210\ Kg/cm^2} * (1\,225cm^2 - 34,20cm^2) + 2\,810\ Kg/cm^2 * 34,20cm^2 \right]$$

$$\Phi P_o = 247\,741,67\ Kg$$

- Carga nominal a cargas axiales con excentricidad a lo largo del eje X

$$P_{nx} = 0,54 * 210 \text{ Kg/cm}^2 * 35\text{cm} * 35\text{cm} = 139\,524,17 \text{ Kg}$$

- Carga nominal a cargas axiales con excentricidad a lo largo del eje Y

$$P_{ny} = 0,47 * 210 \text{ Kg/cm}^2 * 35\text{cm} * 35\text{cm} = 121\,437,70 \text{ Kg}$$

- Carga nominal a cargas axiales con excentricidad a lo largo de ambos ejes

$$\Phi P_{ni} = \frac{1}{\frac{1}{121\,437,70 \text{ Kg}} + \frac{1}{139\,524,17 \text{ Kg}} + \frac{1}{247\,741,67 \text{ Kg}}} = 87\,986,12 \text{ Kg}$$

$$P_{ni} > P_u \rightarrow 87\,986,12 \text{ Kg} > 72\,563,91 \text{ Kg} \rightarrow \text{Cumple}$$

Al cumplir con la condición de resistencia, la columna será armada con 12 varillas No. 6, grado 40.

Tabla LXXVI. **Diseño y armado longitudinal de columnas**

Columna	Momento X (Kg-m)	Momento Y (Kg-m)	Pu (Kg)	Pu' (Kg)	Po (Kg)	Kx	Ky	Pni (Kg)	Armado
B-3 1N	7294.19	8966.64	50794.74	72563.91	223726.81	0.54	0.47	87986.12	12 varillas No. 6
B-3 2N	6092.17	9453.78	24412.49	34874.98	247741.67	0.34	0.2	37455.64	12 varillas No. 6
I-2 1N	4106.95	6786.81	30829.75	44042.50	209051.07	0.45	0.24	50141.95	8 varillas No. 6
I-2 2N	2755.92	6096.65	15199.34	21713.35	209051.07	0.32	0.1	21732.45	8 varillas No. 6
N-2 1N	5385.76	6945.97	42131.06	60187.23	216388.94	0.48	0.39	74818.66	4 varillas No. 6 + 4 varillas No. 5
N-2 2N	3948.36	6147.28	16862.50	24089.29	216388.94	0.25	0.14	24611.51	4 varillas No. 6 + 4 varillas No. 5

Fuente: elaboración propia.

- Refuerzo transversal

Se utiliza para soportar fuerzas generadas por agentes externos (sismos), dicho refuerzo es ejercido por medio de estribos.

- Fuerza cortante última generados por cargas externas. Fuerza cortante crítica: 5779,62 Kg
- Corte que resiste el concreto: para determinar la fuerza cortante que resiste la columna se describen en el ACI 318-14 inciso 22.5.6.1, el cual es el siguiente:

$$V_c = 0,53 * \left(1 + \frac{Nu}{140A_g} \right) \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

Nu: fuerza axial

$$V_c = 0,53 * \left(1 + \frac{50\,794,74Kg}{140 * 1\,225 * cm^2} \right) \sqrt{\frac{210Kg}{cm^2}} * 35cm * 29,10cm$$

$$V_c = 10\,159,85Kg$$

La fuerza cortante que resiste el concreto es mayor a las fuerzas generadas por cargas externas, por lo tanto, la columna resiste y se colocará estribos de la siguiente forma:

De acuerdo con ACI 318-11 21.3.5.2 se debe colocar refuerzo transversal en una longitud de confinamiento medida desde cada cara del nudo. El

espaciamiento del refuerzo de confinamiento no debe ser menor que el mayor de las siguientes condiciones:

- $S=(1/6)L_{col}$: (1/6)*5m=0,83m
- La dimensión mayor de la columna 35cm
- 45cm 45cm

Por lo tanto, la longitud de confinamiento se redondea a 85 cm.

Asimismo, el ACI indica que el área del refuerzo transversal proporcionado a través de estribos cerrados de confinamiento (A_{sh}), no sea menor a las requeridas en las siguientes ecuaciones:

$$A_{sh} = 0,3 * \frac{S * b_c * f'_c}{f_y} * \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

Donde:

S: separación entre estribos

b_c : dimensión transversal del núcleo

A_g : área gruesa del elemento

A_{ch} : área de la sección transversal del núcleo del elemento

- Lado de sección transversal del núcleo

$$b_c = b - 2 * rec - \phi_{var\ trans}$$

$$b_c = 35cm - 2 * 4cm - 0,9525cm = 26,05cm$$

- Área de la sección transversal del núcleo

$$A_{ch} = (35cm - 2 * 4cm)^2 = 729cm^2$$

- Área de refuerzo transversal

$$A_{sh} = 4 * A_{var\ trans}$$

$$A_{sh} = 4 * 0,7126cm^2$$

Se utilizarán varillas No. 3 donde el área de la sección de la varilla se multiplicará por 4, debido a que es el número de varillas longitudinales que estarán amarradas al refuerzo.

Teniendo los datos anteriores, queda la siguiente ecuación:

$$2,85cm^2 = 0,3 * \frac{S * 26,05cm * \sqrt{\frac{210Kg}{cm^2}}}{\frac{2\ 810Kg}{cm^2}} * \left[\frac{1\ 600cm^2}{729cm^2} - 1 \right]$$

$$S = 7,15cm \cong 5cm$$

Asimismo, cumplir con esta ecuación:

$$2,85cm^2 = 0,09 * \frac{S * 26,05cm * \sqrt{\frac{210Kg}{cm^2}}}{\frac{2\ 810Kg}{cm^2}}$$

$$S = 11,43cm \cong 10cm$$

Además, se requiere verificar que las separaciones del refuerzo anteriormente calculado deben ser mayores al menor de las siguientes condiciones (ACI 318-11; 21.6.4.3):

- $\frac{1}{4}$ de la dimensión mínima del elemento $\frac{1}{4} * 35 \text{ cm} = 8,75 \text{ cm}$
- 6 veces el diámetro del refuerzo longitudinal $6 * 1,905 \text{ cm} = 11,43 \text{ cm}$
- So, según lo definido en la siguiente ecuación, deberá ser menor a 15 cm.

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - 26,05 \text{ cm}}{3} \right) = 12,98 \text{ cm}$$

La separación que cumple con las especificaciones es de 8,75 cm, pero por facilidad de armado se utilizará una separación de 5 cm.

Para la longitud restante de la columna se requiere colocar refuerzo en forma de estribos cerrados de confinamiento en el cual la separación no debe exceder al menor de las siguientes ecuaciones (ACI 318-11; 21.6.4.5):

- 6 veces el diámetro longitudinal $6 * 1,905 \text{ cm} = 11,43 \text{ cm}$
- 15 cm

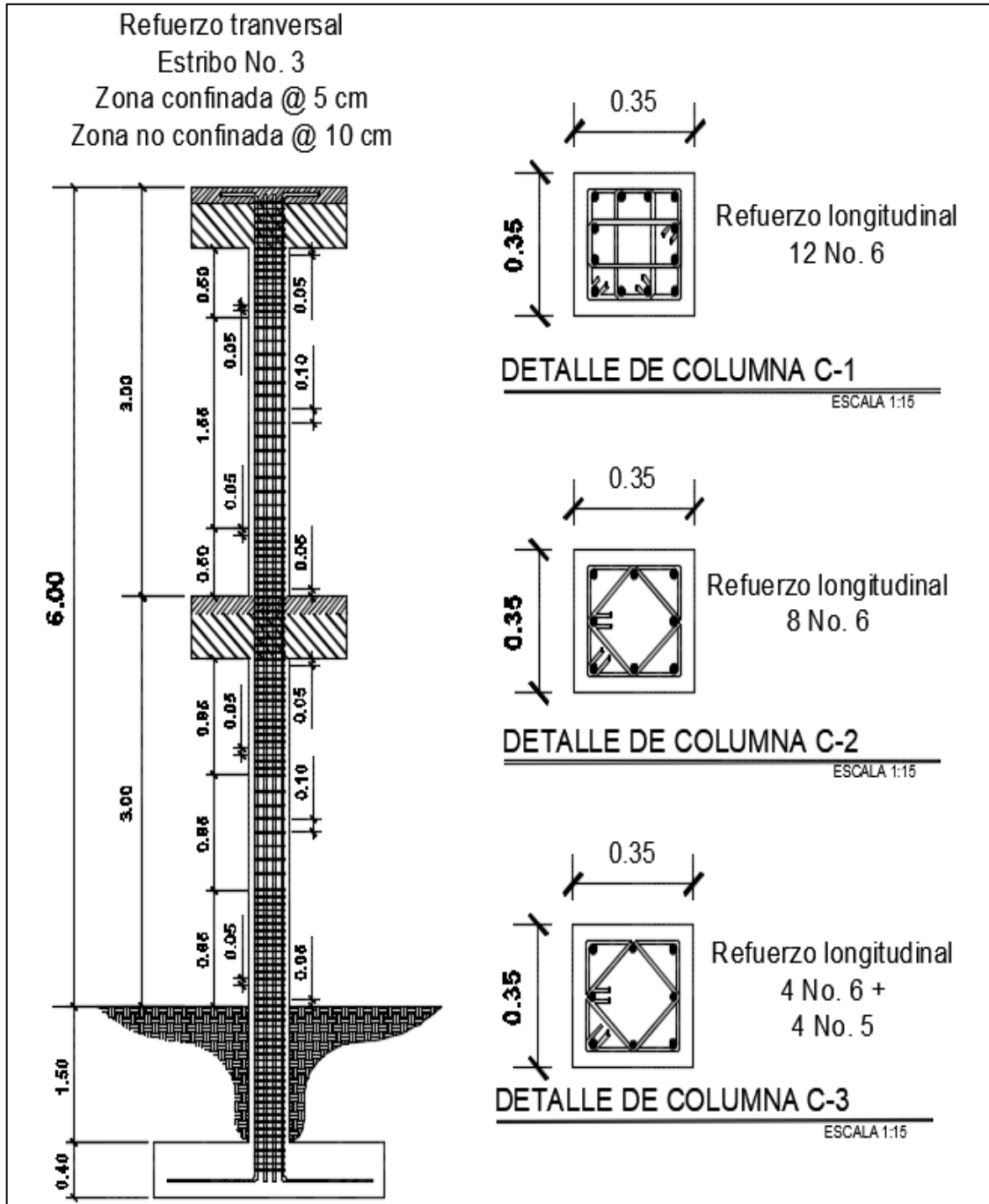
Por lo tanto, se colocarán estribos No. 3 @ 5 cm en la zona de confinamiento y en el resto de la columna estribos No. 3 @ 10 cm.

Tabla LXXVII. **Armado transversal de columnas**

Columna	Contante del concreto (Kg)	Cortante crítico (Kg)	Longitud de confinamiento (m)	S en zona confinada	S en zona no confinada
B-3 1N	10 159,846	5 779,62	80 cm	5 cm	10 cm
B-3 2N	8 954,06124	6 143,54	50 cm	5 cm	10 cm
I-2 1N	9 247,35827	4 445,35	80 cm	5 cm	10 cm
I-2 2N	8 532,98022	4 034,91	50 cm	5 cm	10 cm
N-2 1N	9 763,87802	4 575,98	80 cm	5 cm	10 cm
N-2 2N	8 608,9939	4 075,58	50 cm	5 cm	10 cm

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Detalle de columnas tipo C-1, C-2 y C-3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

2.2.4.4. Cimientos

Son los elementos estructurales encargados de transmitir uniformemente las cargas absorbidas de un edificio y distribuirlas al suelo generando en este, un sistema de esfuerzos lo cual evitará el asentamiento de la estructura. Dependiendo el tipo, uso de la obra y tipo de suelo, la cimentación puede ser superficial o profunda, individual o combinada, cuadrado o rectangular.

Previo al diseño de zapatas se realizó un análisis económico de las opciones para aumentar la capacidad de soporte del suelo, la cual es de 10,05 ton/m² a 20 ton/m² como mínimo. En la siguiente tabla se describen las opciones tomadas en cuenta, con su respectivo costo:

Tabla LXXVIII. **Costo de tratamiento de suelo**

Opción	Nueva capacidad de carga	Costo
Sustitución de suelo con material selecto	De 53,31Ton/m ² (ver anexo 5)	Q, 314 770,40
Pilotes fundidos en situ	De 20-30 Ton/m ² por pilote, dependiendo el diámetro y la profundidad	Q, 3 213 000,00
Pilotes prefabricados		Q, 3 591,000,00
Micro pilotes fundidos en situ		Q, 1 549,380,00
Micro pilotes prefabricados		Q, 1 640,520,00
Pilas perforadas		Q, 1 344,000,00

Fuente: elaboración propia.

El costo elevado de los pilotes, micro pilotes y pilas perforadas se debe a la excesiva profundidad de tales elementos, ya que, al no tener el perfil estratigráfico del suelo, el cual se obtiene con la prueba de penetración estándar (SPT) o ensayos similares, se ignora si existe presencia de arena, roca o algún tipo de suelo en el cual se puedan asentar los elementos ya

mencionados y darle mayor soporte al suelo, por lo tanto, se supone que el suelo es uniforme a cualquier profundidad.

Por el tipo de suelo (arcilla limosa) se tendrían que utilizar pilotes, micro pilotes o pilas por fricción, utilizando como datos el peso específico y la cohesión, que también es bajo (1,7 ton/ m²). De tal forma, los elementos cumplirían con la resistencia necesaria utilizando profundidades considerablemente grandes, por ello se recomienda al ente constructor realizar el ensayo denominado SPT y evaluar la factibilidad de la solución por tomar.

La opción por utilizar para el diseño de la cimentación, es la sustitución del suelo con material selecto compactado al 90 %, proporcionando una capacidad de soporte aproximado de 53 ton/m², y considerando que se le realizará el tratamiento al suelo, se reducirá la cota de cimentación a 1,5 metro y la altura total de columna a 7,5 metros.

De tal forma, el tratamiento de suelo se realizará con maquinaria y se ejecutara de la siguiente manera: se excavarán 755 metros cuadrados a 4 metros de profundidad desde la superficie. Posteriormente se rellenará 2,5 metros con material selecto, rellenando y compactado en capas de 20 cm de espesor.

Al terminar de rellenar con material selecto, se realizarán ensayos de densidad de campo para verificar que este compactado al 90 %, lo cual garantizará la capacidad de soporte que se desea y para terminar se rellenará y compactará con el material excavado.

2.2.4.4.1. Zapata aislada concéntrica Z₁

Las zapatas son estructuras generalmente individuales y cuadradas, ya que también pueden ser combinadas (dos o más columnas) y rectangulares dependiendo la cercanía de las columnas y es el tipo de cimentación más sencillo y económico de construir.

Datos

γ_{concreto} :	2 400 Kg/m ³
γ_{suelo} :	1 420 Kg/m ³
Vs:	53 314,87 Kg/m ²
f'c:	210 Kg/cm ²
fy:	2 810 Kg/cm ²
Desplante:	1,5 m
FCU:	1,16
Pu:	37 393,58 Kg
Mx:	7 023,89Kg·m
My:	7 702,05Kg·m
H _{col} :	7,5 m
A _{col} :	1 225 cm ²
t asumido:	30 cm

Para obtener la sección inicial de la zapata se utilizan las cargas de servicio (P_s) que soportará, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_s = \left(\frac{P_u}{FCU} \right) + (b_{col} * h_{col} * H_{col} * \gamma_{con})$$

$$P_s = \left(\frac{37\,393,58 \text{ Kg}}{1,16} \right) + \left(0,35\text{m} * 0,35\text{m} * 7,5 \text{ m} * 2\,400 \text{ Kg}/\text{m}^3 \right) = 34\,440,85 \text{ Kg}$$

$$P_s = 34,44 \text{ Ton}$$

- Determinar área de zapata

$$A_z = \frac{1,50 * 34,44 \text{ Ton}}{53,31 \text{ Ton}/\text{m}^2} = 0,97 \text{ m}^2$$

- Establecer dimensiones de zapata

Se construirán zapatas cuadradas, por lo tanto, las dimensiones de la zapata son las siguientes:

$$L = \sqrt{A_z} = \sqrt{0,97 \text{ m}^2} = 0,98 \text{ m} \cong 1,00 \text{ m}$$

El predimensionamiento realizado anteriormente únicamente considera la resistencia a cargas axiales, por lo tanto, se propone una zapata cuadrada de 1,85 m*1,85 m, cubriendo un área de 3,42 m², para que soporte los momentos actuantes.

Posteriormente, se evalúan las presiones ejercidas sobre el suelo en el cual se asentará el edificio, dichas presiones son ejercidas por las cargas de servicio, el peso propio de la zapata y el peso del desplante del suelo.

$$P = P_s + P_{suelo} + P_{zapata}$$

$$P_{suelo} = (A_z - A_{col}) * D_f * \gamma_{suelo} = ((1,85\text{m})^2 - 0,1225\text{m}^2) * 1,5 \text{ m} * \frac{1\,420\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$= 7\,029,00 \text{ Kg}$$

$$P_{suelo} = 7,029 \text{ Ton}$$

$$P_{zapata} = A_z * t * \gamma_{con} = (1,85m)^2 * 0,40m * \frac{2\,400Kg}{m^3} = 3\,285,60 \text{ Kg}$$

$$P_{zapata} = 3,29 \text{ Ton}$$

$$P = 34,44 \text{ Ton} + 7,029 \text{ Ton} + 3,29 \text{ Ton} = 44,76 \text{ Ton}$$

Teniendo la carga ejercida sobre el suelo, se procede a evaluar el comportamiento de las presiones que genera tal carga, la cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$q = \frac{P}{A_z} * \left(1 + \frac{6e_x}{B_x} + \frac{6e_y}{B_y} \right)$$

Previamente se evalúa que la excentricidad generada por los momentos existentes no sobrepase la excentricidad máxima, dichas excentricidades son las siguientes:

$$e_{max} = \frac{B}{6} = \frac{1,85 \text{ m}}{6} = 0,31 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{M_{sx}}{P} = \frac{7,023\text{Ton}/1,16}{44,76\text{Ton}} = 0,135 \text{ m} \rightarrow Ok$$

$$e_y = \frac{M_{sy}}{P} = \frac{7,702 \text{ Ton}/1,16}{44,76 \text{ Ton}} = 0,148\text{m} \rightarrow Ok$$

- Cálculo de presiones

$$q_1 = \frac{43,64 \text{ Ton}}{3,42 \text{ m}^2} * \left(1 + \frac{6 * 0,135\text{m}}{1,85\text{m}} + \frac{6 * 0,148\text{m}}{1,85\text{m}}\right) = 25,11 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_2 = \frac{43,64 \text{ Ton}}{3,42 \text{ m}^2} * \left(1 + \frac{6 * 0,135\text{m}}{1,85\text{m}} - \frac{6 * 0,148\text{m}}{1,85\text{m}}\right) = 12,52 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_3 = \frac{43,64 \text{ Ton}}{3,42 \text{ m}^2} * \left(1 - \frac{6 * 0,135\text{m}}{1,85\text{m}} - \frac{6 * 0,148\text{m}}{1,85\text{m}}\right) = 1,05 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_4 = \frac{43,64 \text{ Ton}}{3,42 \text{ m}^2} * \left(1 - \frac{6 * 0,135\text{m}}{1,85\text{m}} + \frac{6 * 0,148\text{m}}{1,85\text{m}}\right) = 13,63 \text{ Ton/m}^2$$

La presión máxima que se ejerce sobre el suelo es de 25,11 Ton/m², que es menor a la capacidad soporte que es de 53,3 Ton/m² y la presión mínima es mayor que cero, lo cual indica que no se ejercen cargas de tensión sobre la zapata, por lo tanto, este no sufre volteo.

Al estar las presiones dentro del rango permitido, se verifica que las dimensiones asumidas de la zapata soportan tanto la carga axial como los momentos actuantes.

- Presión de diseño

La presión de diseño se determina multiplicando la presión máxima por el factor de carga última, teniendo como presión última la siguiente:

$$q_{dis} = q_{max} * FCU = 25,11 \text{ Ton/m}^2 * 1,16 = 29,12 \text{ Ton/m}^2$$

- Diseño del espesor de la zapata

Para determinar el espesor de la zapata se utilizaron los siguientes criterios:

- ACI 318-14 inciso 13.3.1.2: para determinar la altura de la zapata se debe considerar que la altura efectiva del refuerzo inferior sea al menos 15 cm.
- ACI 318-14 tabla 20.6.1.3.1: elementos construidos contra el suelo y permanentemente en contacto contra él deberán tener un recubrimiento mínimo de 7,5 cm.

Tomando en cuenta lo anterior, la altura de la zapata es de 40 cm.

- Verificación de fuerzas cortantes

Existen dos fuerzas cortantes que actúan de forma diferente sobre las zapatas, las cuales son: la fuerza de corte simple y el corte por punzonamiento.

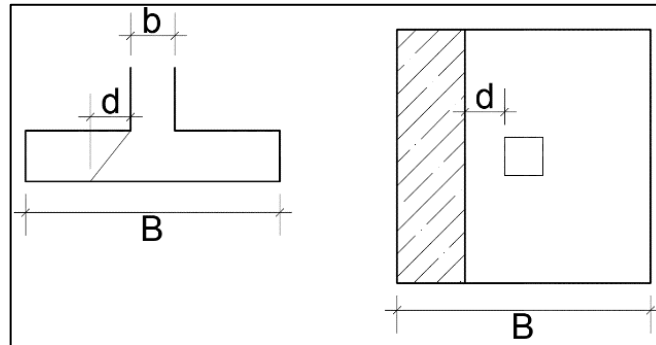
La primera actúa en un solo sentido y se extiende a lo largo de la sección, la segunda es la que actúa en dos sentidos, es decir, la penetración que sufre la zapata ante la carga axial soportada.

Para calcular las fuerzas cortantes, previamente se calcula el peralte efectivo de la zapata, la cual queda de así:

$$d = t - rec - \phi_{varilla\#6} / 2 = 40cm - 7,50 cm - 1,905 cm / 2 = 31,55 cm$$

- Corte simple

Figura 28. Diagrama de área de acción de fuerza cortante simple



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

- Corte actuante

Para determinar la fuerza actuante se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_a = q_{dis} * A$$

Donde:

V_a : corte actuante
 q_{dis} : presión de diseño
 A : sección de corte crítico

$$A = \left(\frac{b_z}{2} - \frac{t}{2} - d \right) * b_z$$

$$A = \left(\frac{185cm}{2} - \frac{40cm}{2} - 31,55cm \right) * 185cm = 7575,75 \text{ cm}^2 = 0,76 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$V_a = 29,12 \text{ Ton}/m^2 * 0,76 \text{ m}^2 = 22,06 \text{ Ton}$$

✓ Corte resistente

La ecuación 22.5.5.1 del ACI 318-14 indica la fuerza cortante que resiste el concreto de un elemento sometido a corte y flexión, la cual es la siguiente:

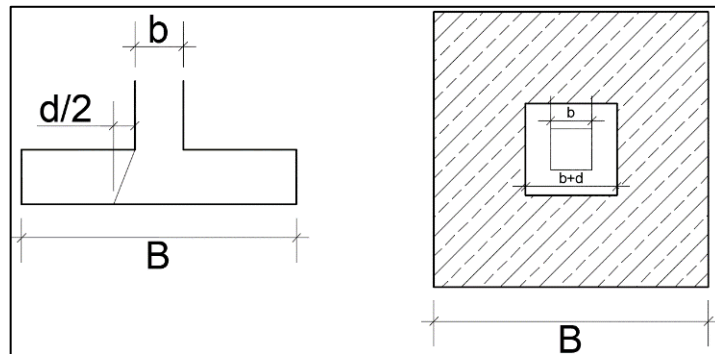
$$V_c = 0,53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d \rightarrow \lambda = 0,85$$
$$V_c = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210 \text{ Kg}/\text{cm}^2} * 185 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} = 38\,184,87 \text{ kg} \cong 38,18 \text{ ton}$$

El corte resistente (V_c) es mayor que el corte actuante (V_a), por lo tanto, la zapata resiste el esfuerzo de corte simple.

- Corte por punzonamiento

El corte por punzonamiento es generado al intentar la columna penetrar la zapata.

Figura 29. Diagrama de área de acción del corte punzonante



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

✓ Corte actuante

El corte que actúa sobre la zapata se define mediante la siguiente ecuación:

$$V_a = q_{dis} * A$$

En el cual, A, es el área de punzonamiento y se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = A_z - (b_{col} + d)^2$$

$$A = 3,42 \text{ m}^2 - (0,35\text{m} + 0,3155\text{m})^2 = 2,98\text{m}^2$$

$$V_a = 29,12 \text{ Ton/m}^2 * 2,98\text{m}^2 = 86,78 \text{ Ton}$$

✓ Corte resistente

La ecuación por utilizar para determinar el corte resistente es el siguiente:

$$V_c = \Phi * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

Donde:

b_o : perímetro de punzonamiento, que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$b_o = 4 * (b_{col} + d)$$

$$b_o = 4 * (0,35m + 0,3155m) = 2,66 m$$

Por lo tanto, la fuerza resistente es:

$$V_c = \Phi * 1,06 * \sqrt{210Kg/cm^2} * b_o * d \rightarrow \Phi = 0,85$$

$$V_c = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210Kg/cm^2} * 266cm * 31,55m = 109 885,72 Kg \cong 109,89 Ton$$

$V_c > V_a$, por lo tanto, la zapata resiste el corte por punzonamiento.

- Diseño del refuerzo

Todas las zapatas deberán llevar armadura que cubran esfuerzos flectores y de temperatura.

- Momento flexionante

Es el momento inducido por el empuje que ejerce el suelo hacia arriba, y se determina de igual forma a una losa en voladizo, está definida por la siguiente ecuación:

$$M_f = \frac{q_{dis} * L^2}{2} \rightarrow L = \frac{b_z}{2} - \frac{b_c}{2}$$

$$M_f = \frac{29,12 \text{ ton} * \left(\frac{1,85m}{2} - \frac{0,35m}{2}\right)^2}{2} = 8,19 \text{ ton} \cong 8\,191,06 \text{ Kg} \cdot m$$

La ecuación para calcular el refuerzo requerido es la misma que se utiliza para determinar la cuantía de acero necesaria para una viga, tomando una franja unitaria igual a un metro.

$$A_{s-1zq} = \frac{0,85 * \frac{210kg}{cm^2} * 100cm * 31,55cm}{\frac{2\,810kg}{cm^2}} * \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 8\,191,06 \text{ Kg} \cdot m * \frac{100cm}{1m}}{0,85 * 0,85 * \frac{210kg}{cm^2} * 100cm * (31,55cm)^2}} \right]$$

$$A_s = 11,17 \text{ cm}^2$$

El inciso 9.6.1.2 del ACI 318-14 indica que el acero mínimo para elementos sometidos a flexión se determina mediante la siguiente ecuación:

$$A_{smin} = \frac{14}{f'_y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{14}{\frac{2\,810kg}{cm^2}} * 100cm * 31,55 \text{ cm} = 15,82 \text{ cm}^2$$

Debido a que $A_{s_{min}} > A_{s_{req}}$, se utiliza $A_{s_{min}}$ y se determina el espaciamiento requerido utilizando una regla de tres simple, empleando varillas No. 6 ($A=2,85\text{cm}^2$).

$$15,82 \text{ cm}^2 \rightarrow 100\text{cm}$$

$$2,85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 18,02 \text{ cm}$$

Se usarán varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos.

- Acero por temperatura

Para determinar el acero por temperatura se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_t} = \rho * b * t \rightarrow \rho = 0,0020$$

$$A_{s_t} = 0,0020 * 185\text{cm} * 40\text{cm} = 14,8 \text{ cm}^2$$

Cálculo de espaciamiento

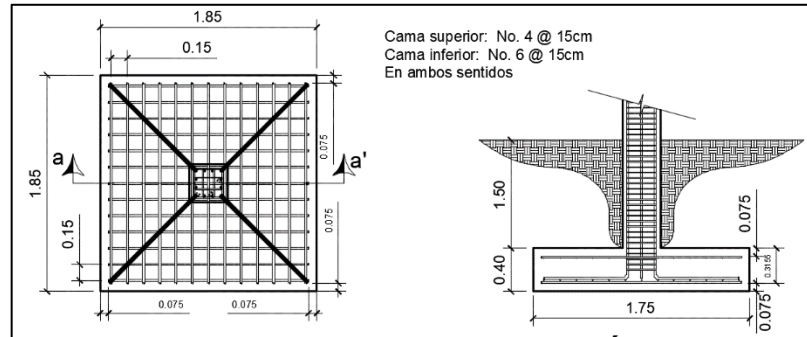
$$14 \text{ cm}^2 \rightarrow 185\text{cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 15,88 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 4 @ 15 cm en ambos sentidos.

Figura 30. Armado de zapata aislada concéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Tabla LXXIX. Resultados de diseño de zapatas aisladas concéntricas

Módulo 1 (Z_{1-1})			Módulo 2 y 3 (Z_{1-23})		
Pu	Mx	My	Pu	Mx	My
37393.58	7023.89	7702.05	42131.062	5385.76	6945.97
Dimensiones			Dimensiones		
1.85 x 1.85 x 0.40 m			1.4 x 1.4 x 0.4 m		
Armado			Armado		
Cama superior			Cama superior		
Varillas No. 4 @ 15 cm en ambos sentidos			Varillas No. 4 @ 15 cm en ambos sentidos		
Cama inferior			Cama inferior		
Varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos			Varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos		

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.4.2. Zapata aislada excéntrica Z_2

Datos:

γ_{concreto} : 2 400 Kg/m³

γ_{suelo} : 1 420 Kg/m³

Vs:	53 314,87 Kg/m ²
f'c:	210 Kg/cm ²
fy:	2 810 Kg/cm ²
Desplante:	1,5 m
FCU:	1,53
Pu:	19 827,10 Kg
M _x :	4 087,92 Kg·m
M _y :	6 786,61 Kg·m
H _{col} :	7,5 m
A _{col} :	1 225 cm ²
t asumido:	40 cm

- Carga y momentos de servicio

$$P_t = \frac{Pu}{FCU} = \frac{19\,827,10\text{ Kg}}{1,53} = 12\,958,89\text{ Kg}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{FCU} = \frac{4\,087,92\text{ Kg}}{1,53} = 2\,671,84\text{ Kg}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{FCU} = \frac{6\,786,61\text{ Kg}}{1,53} = 4\,435,69\text{ Kg}$$

- Predimensionamiento

$$A_z = \frac{1,5 * P_t}{V_s} = \frac{1,5 * 12\,958,89\text{ Kg}}{\frac{53,31\text{Ton}}{m^2}} = 0,36\text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{A_z} = \sqrt{0,36\text{ m}^2} = 0,60\text{ m}$$

Debido a que el predimensionamiento es a base de esfuerzo axial, se aumentará la sección a 1,00 m x1,00 m.

$$A_{neta} = 1,25 m * 1,25 m = 1,56 m^2$$

- Carga en centro geométrico de zapata

$$P_{cg} = P_t + P_{col} + P_{suelo} + P_{zap}$$

Donde:

$$P_{col} = 7,5m * 0,35m * 0,35m * 2400 \frac{Kg}{m^3} = 2205 Kg$$

$$P_{suelo} = 1,5 m * 1,56 m^2 * 1420 \frac{Kg}{m^3} = 3328,125 Kg$$

$$P_{zap} = 0,4m * 1,56 m^2 * 2400 \frac{Kg}{m^3} = 1500 Kg$$

$$P_{cg} = 12958,89 Kg + 2205 Kg + 3328,125 Kg + 1500 Kg = 19992,01 Kg$$

- Brazo de momento y momento ejercido en centro geométrico

$$L_x = \frac{B_z - b_{col}}{2} = \frac{1,25m - 0,35m}{2} = 0,45 m$$

$$M_{cg} = -M_{tx} + P_t * L_x + P_{col} * L_x$$

$$M_{cg} = -2671,84 Kg + 12958,89 Kg * 0,45 m + 2205 Kg * 0,45 m = 4151,91 Kg \cdot m$$

- Cálculo de excentricidades

$$e_{max} = \frac{L}{6} = \frac{1,25m}{6} = 0,208 m$$

$$e = \frac{M_{cg}}{P_{cg}} = \frac{4\,151,91 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{19\,992,01 \text{ Kg}} = 0,21 \text{ m}$$

Debido a que la excentricidad existente es mayor a la máxima, se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$a = \frac{L}{2} - e = \frac{1,25 \text{ m}}{2} - 0,21\text{m} = 0,417 \text{ m}$$

Y la presión máxima se determina con la expresión que sigue:

$$q_{max} = \frac{2 * P_{cg}}{3 * a * B_z} = \frac{2 * 19\,992,01 \text{ Kg}}{3 * 0,417\text{m} * 1,25\text{m}} = 25\,549,61 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

$$q_{max} < V_s \rightarrow \text{Dimensiones de zapata correctas}$$

- Presiones de diseño
 - Presión última de diseño

$$q_{udis} = q_{max} * FCU = 25\,549,61 \text{ Kg}/\text{m}^2 * 1,53 = 39\,090,90 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

- Presión distribuida de diseño

$$q_{adis} = q_{udis} * B_z = 39\,090,90 \text{ Kg}/\text{m}^2 * 1,25\text{m} = 48\,863,63 \text{ Kg}/\text{m}$$

- Presión del suelo y zapata

$$q_{s+z} = FCU * (D_f * \gamma_s + t * \gamma_{con})$$

$$q_{s+z} = 1,53 * \left(1,5 m * 1 420 \frac{Kg}{m^3} + 0,40m * 2 400 \frac{Kg}{m^3} \right) = 4 727,70 \frac{Kg}{m^2}$$

- Presión distribuida del suelo y zapata

$$q_{d s+z} = 4 727,70 \frac{Kg}{m^2} * 1,25m = 5 909,625 \frac{Kg}{m}$$

- Modelo de cargas uniformes de diseño

$$q_{(x)} = \frac{q_{dis}}{3a} * x = \frac{48 863,63 \frac{Kg}{m}}{3 * 0,417m} * x = 39 029,54 \frac{Kg}{m^2} * x$$

- Chequeos de fuerzas cortantes

Para realizar los chequeos, se asumen los siguientes valores:

$\emptyset_{var\#6}$: 1,9050 cm

Rec: 7,5 cm

$$d = t - rec - \frac{\emptyset_6}{2} = 40cm - 7,5cm - \frac{1,9050cm}{2} = 31,55 cm$$

- Cortante simple
 - Corte actuante

$$x_1 = 3a - (b_c + d) = 3 * 0,417m - (0,35m + 0,3155m) = 0,59m$$

Se modela una ecuación de corte que se encuentre en función de las cargas de diseño.

$$V = \sum F_v$$

$$V_{(x)} = q_{d\ s+z} * (L_z - 3a) + q_{d\ s+z} * x - 0,5 * q_{(x)} * x^2$$

$$V_{(x)} = 5\ 909,625 \frac{Kg}{m} * (1,25m - 3 * 0,417m) + 5\ 909,625 \frac{Kg}{m} * x - 0,5 * 39\ 029,54 \frac{Kg}{m^2} * x^2$$

$$V_{(x)} = -11,61Kg + 5\ 909,63 \frac{Kg}{m} * x - 19\ 514,77 \frac{Kg}{m^2} * x^2$$

Utilizando la teoría de máximos y mínimos mediante derivadas, se obtiene el punto en el cual se obtiene el cortante máximo.

$$dV(x) = \left(-11,61Kg + 5\ 909,63 \frac{Kg}{m} * x - 19\ 514,77 \frac{Kg}{m^2} * x^2 \right) dx$$

$$\frac{dV(x)}{dx} = 5\ 909,63 \frac{Kg}{m} - 39\ 029,54 \frac{Kg}{m^2} * x = 0$$

$$x_2 = 0,15m$$

Empleando la ecuación de corte se obtienen los cortes en los puntos encontrados:

$$V_{(0,59)} = -11,61 \frac{Kg}{m} + 5\ 909,63 \frac{Kg}{m} * (0,59m) - 19\ 514,77 \frac{Kg}{m^2} * (0,59m)^2 = -3\ 258,19 \frac{Kg}{m}$$

$$V_{(0,15)} = -11,61 \text{ Kg} + 5\,909,63 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * (0,15\text{m}) - 19\,514,77 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * (0,15\text{m})^2 = 435,79 \text{ Kg}$$

- Corte resistente

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \rightarrow \phi = 0,85$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} * 125\text{cm} * 31,55\text{cm} = 25\,800,60 \text{ Kg}$$

$V_r > V_{max} \rightarrow$ El peralte soporta los esfuerzos de corte simple

- Corte por punzonamiento

- Área de punzonamiento

$$A_o = (b_c + d/2) * (b_c + d)$$

$$A_o = (0,35\text{m} + 0,3155\text{m}/2) * (0,35\text{m} + 0,3155\text{m}) = 0,34\text{m}^2$$

- Corte actuante

$$V_{act} = Pu + q_{s+z} * A_o - q_{udis} * A_o$$

$$V_{act} = 19\,827,10\text{Kg} + 4\,727,70 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 0,34\text{m}^2 - 39\,090,90 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 0,34\text{m}^2 = 8\,216,23 \text{ Kg}$$

- Perímetro de punzonamiento

$$P_o = 2 * \left(0,35\text{m} + \frac{0,3155\text{m}}{2}\right) + 2 * (0,35\text{m} + 0,3155\text{m}) = 2,35\text{m}$$

- Corte resistente

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_0 * d$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210 \text{ Kg/m}^2} * 235 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} = 96\ 862,62 \text{ Kg}$$

$V_r > V_{act} \rightarrow$ El peralte soporta el corte por punzonamiento

- Diseño de refuerzo
 - Sentido X

Para determinar el momento crítico actuante en dicho eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_{ux} = \frac{q(x) \cdot (3a - b_c)^2}{3} - \frac{q_{d\ s+c} \cdot (3a - b_c)^2}{2}$$

$$M_{ux} = \frac{q(x) \cdot (3a - b_c)^2}{3} - \frac{q_{d\ s+c} \cdot (3a - b_c)^2}{2}$$

$$x = (3a - b_c) = 3 * 0,417 \text{ m} - 0,35 \text{ m} = 0,90 \text{ m}$$

$$= 39\ 029,54 \text{ Kg/m}^2 * 0,90 \text{ m} = 35\ 203,29 \text{ Kg/m}$$

$$M_{ux} = \frac{35\ 203,29 \text{ Kg/m} \cdot (0,90 \text{ m})^2}{3} - \frac{5\ 909,625 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot (0,90 \text{ m})^2}{2} = 7\ 153,04 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$A_{s-lzq} = \frac{0,85 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 100 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm}}{\frac{2\ 810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} * \left[1 - \sqrt{1 - \frac{7\ 153,04 \text{ Kg} \cdot \text{m} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}}{0,85 * 0,85 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 100 \text{ cm} * (31,55 \text{ cm})^2}} \right]$$

$$A_{sreq} = 9,72cm^2$$

Se verifica que no sea menor a la cuantía mínima para elementos sometidos a flexión:

$$A_{smin} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 100cm * 31,55cm = 15,82cm^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor que el requerido, se utilizará el mínimo.

$$S = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{2,85cm^2 * 100cm}{15,82cm^2} = 18,02 cm$$

Se emplearán varillas No. 6 @ 15 cm.

- Sentido Y

El establecimiento del momento al eje de la columna se calcula como sigue:

$$M_{uy} = \frac{q_{dis} \cdot \left(\frac{Lz-b_c}{2}\right)^2}{2} - \frac{q_{d\ s+z} \cdot \left(\frac{Lz-b_c}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_{uy} = \frac{48\ 863,63 \frac{Kg}{m} \cdot \left(\frac{1,25m-0,35m}{2}\right)^2}{2} - \frac{5\ 909,625 \frac{Kg}{m} \cdot \left(\frac{1,25m-0,35m}{2}\right)^2}{2} = 4\ 349,09 Kg \cdot m$$

$$A_{s-lzq} = \frac{0,85 * \frac{210kg}{cm^2} * 100cm * 31,55cm}{\frac{2810kg}{cm^2}} * \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4\ 349,09 Kg \cdot m * \frac{100cm}{1m}}{0,85 * 0,85 * \frac{210kg}{cm^2} * 100cm * (31,55cm)^2}} \right]$$

$$A_{sreq} = 5,85 \text{ cm}^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor que el requerido, se utilizará el mínimo.

$$S = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{2,85 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{15,82 \text{ cm}^2} = 18,02 \text{ cm}$$

Se recurrirá a varillas No. 6 @ 15 cm.

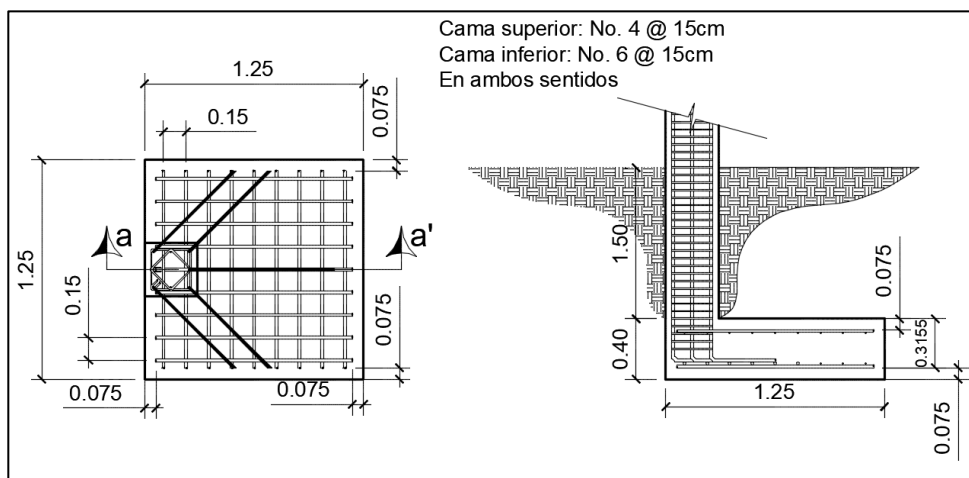
- Acero por temperatura

$$A_{st} = 0,002 * t * b = 0,002 * 40 \text{ cm} * 125 \text{ cm} = 10,00 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{1,27 \text{ cm}^2 * 125 \text{ cm}}{10,00 \text{ cm}^2} = 15,83 \text{ cm}$$

Se colocarán varillas No. 4 @ 15 cm.

Figura 31. Armado de zapata tipo Z₂



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Tabla LXXX. **Resultado de diseño de zapata**

Módulo 1 (Z ₂₋₁)			Módulo 2 (Z ₂₋₂)		
Pu	Mx	My	Pu	Mx	My
13 702,93	6 306,64	8 966,64	19 827,1	4 087,92	6 786,61
Dimensiones			Dimensiones		
1.50 x 1.50 x 0.40 m			1.25 x 1.25 x 0.40 m		
Armado			Armado		
Cama superior			Cama superior		
Varillas No. 4 @ 15cm en ambos sentidos			Varillas No. 4 @ 15cm en ambos sentidos		
Cama inferior			Cama inferior		
Varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos			Varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos		

Fuente: elaboración propia

2.2.4.4.3. Zapata combinada Z₃

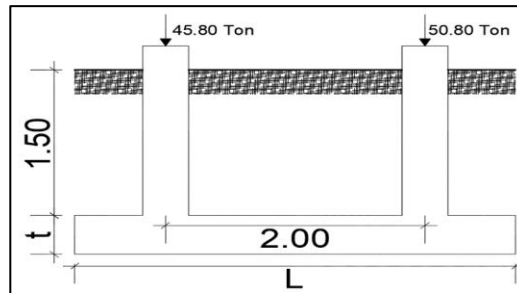
Las zapatas combinadas se utilizan cuando el espacio entre zapatas es tan pequeño que sea más factible realizar una combinada, o bien, dos o más zapatas se traslapen.

Datos

Desplante:	1,5 m	
Vs:	53 314,87 Kg/m ²	
γs:	1 420 Kg/m ³	
A _{col} :	35cm*35cm=0,1225m ²	
f'c:	210 Kg/cm ²	
fy:	2 810 Kg/cm ²	
FCU:	1,25	
Pu ₁ :	45 797,86 Kg	Pu ₂ : 50 794,74 Kg
Mx ₁ :	8 297,36Kg·m	Mx ₂ : 8 966,64Kg·m
My ₁ :	6 470,43 Kg·m	My ₂ : 6 470,43 Kg·m

Peralte asumido: 40 cm

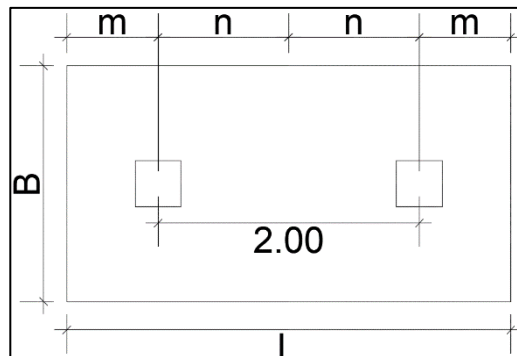
Figura 32. **Sección de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D.

Para realizar el predimensionamiento de la zapata se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones:

Figura 33. **Datos de predimensionamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

Donde:

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

$$B = \frac{R}{q * L}$$

$$R = P'_{t1} + P'_{t2}$$

$$q = V_s$$

- Cargas de servicio

$$P'_{t1} = \frac{45\,797,86 \text{ Kg}}{1,25} = 36\,638,29 \text{ Kg}$$

$$P'_{t2} = \frac{50\,794,74 \text{ Kg}}{1,25} = 40\,635,79 \text{ Kg}$$

$$M'_{tx1} = \frac{8\,297,36 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,25} = 6\,637,89 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M'_{tx2} = \frac{8\,966,64 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,25} = 7\,173,31 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M'_{ty1y2} = \frac{6\,470,43 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,25} = 5\,176,34 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Se asume $m=0,70 \text{ m}$, y con base a la figura 19 se establece que $n=1$.

$$L = 2 * (0,70 \text{ m} + 1,00 \text{ m}) = 3,40 \text{ m}$$

$$R = 36\,638,29 \text{ Kg} + 40\,635,79 \text{ Kg} = 77\,274,08 \text{ Kg}$$

$$B = \frac{77\,274,08 \text{ Kg}}{53\,314,87 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 3,40 \text{ m}} = 0,43 \text{ m}$$

Debido a que el predimensionamiento únicamente considera carga axial, se aumentará de dimensión a la base (B), la cual será de 1,40m.

$$A_t = 3,40 \text{ m} * 1,40 \text{ m} = 4,76 \text{ m}^2$$

- Chequeo de presiones sobre suelo

$$P = P'_t + P_z + P_s + P_{columna}$$

$$P_z = 3,40 \text{ m} * 1,40 \text{ m} * 0,4\text{m} * 2\,400 \text{ Kg/cm}^2 = 4\,569,60 \text{ Kg}$$

$$P_s = 3,40 \text{ m} * 1,40 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 1\,420 \text{ Kg/cm}^2 = 10\,138,80 \text{ Kg}$$

$$P_{columna} = 7,5 \text{ m} * 0,35\text{m} * 0,35\text{m} * 2\,400 \text{ Kg/cm}^2 = 2\,205 \text{ Kg}$$

$$P = 77\,274,08 \text{ Kg} + 4\,569,60 \text{ Kg} + 10\,138,80 \text{ Kg} + 2\,205 \text{ Kg} = 96\,392,48 \text{ Kg}$$

$$M_{cgx} = Mtx_2 + n(P_{col} + P't_2) - Mtx_1 - n(P't_1 + P_{col})$$

$$M_{cgx} = 7\,173,31 \text{ Kg} \cdot \text{m} + 1 \text{ m} * (2\,205 \text{ Kg} + 40\,635,79 \text{ Kg}) - 6\,637,89 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$- 1 \text{ m} * (36\,638,29 \text{ Kg} + 2\,205 \text{ Kg}) = 4\,532,93 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{cgy} = -Mty_1 - Mty_2$$

$$M_{cgy} = -5\,176,34 \text{ Kg} \cdot \text{m} - 5\,176,34 \text{ Kg} \cdot \text{m} = 10\,352,69 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{cgx}}{S_x} \pm \frac{M_{cgy}}{S_y}$$

- Módulo de sección

$$S = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S_x = \frac{3,40 \text{ m} * (1,40\text{m})^2}{6} = 1,11$$

$$S_y = \frac{1,40 \text{ m} * (3,40 \text{ m})^2}{6} = 2,70$$

$$q_{max} = \frac{96\,392,48 \text{ Kg}}{4,76 \text{ m}^2} + \frac{4\,532,93 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,11} + \frac{10\,352,69 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{2,70} = 28\,169,91 \text{ Kg/m}^2$$

$$q = \frac{90\,954,08 \text{ Kg}}{3 \text{ m}^2} + \frac{4\,532,93 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,11} - \frac{10\,352,69 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{2,70} = 20\,007,37 \text{ Kg/m}^2$$

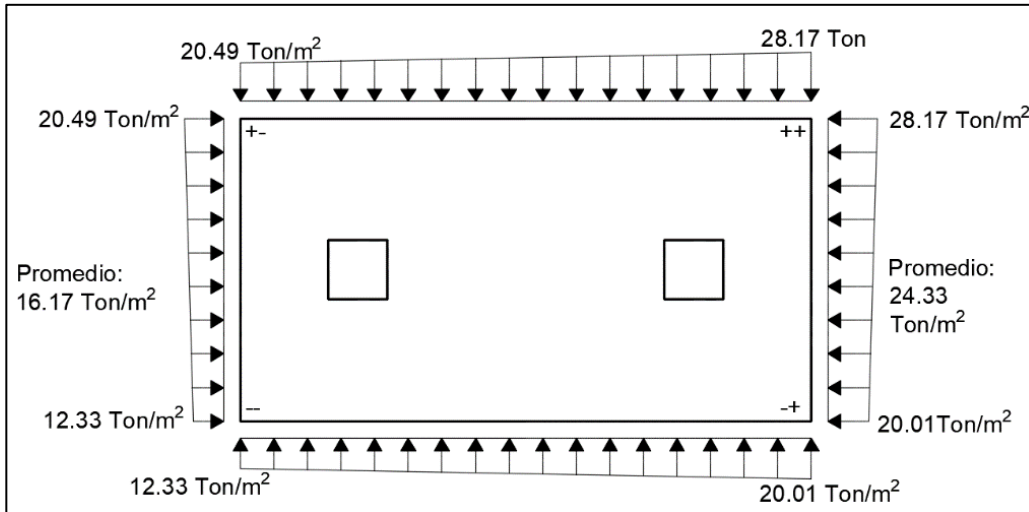
$$q_{min} = \frac{90\,954,08 \text{ Kg}}{3 \text{ m}^2} - \frac{4\,532,93 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,11} - \frac{10\,352,69 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{2,70} = 12\,331,14 \text{ Kg/m}^2$$

$$q = \frac{90\,954,08 \text{ Kg}}{3 \text{ m}^2} - \frac{4\,532,93 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1,11} + \frac{10\,352,69 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{2,70} = 20\,493,67 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_{max} < V_s \rightarrow Ok$$

$$q_{min} > 0 \rightarrow Ok, \text{ no existe volteo}$$

Figura 34. Presiones ejercidas sobre el suelo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

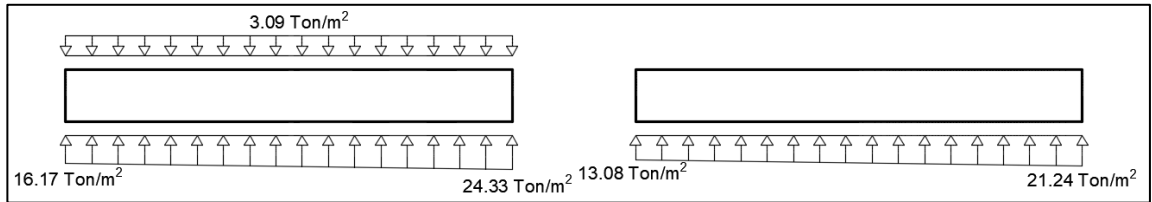
Las presiones que ejerce el suelo, que se encuentra por encima de la zapata y la propia de la zapata, se calculan como sigue:

$$q_s = D_f * \gamma_s = 1,50 \text{ m} * 1\,420 \text{ Kg/m}^3 = 2\,130 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_z = t * \gamma_{con} = 0,40 \text{ m} * 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 960 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_t = 2\,130 \text{ Kg/m}^2 + 960 \text{ Kg/m}^2 = 3\,090 \text{ Kg/m}^2$$

Figura 35. Presiones sobre cimentación



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D.

○ Presiones de diseño

Las presiones de diseño se determinan con el producto de la presión máxima y mínima por el factor de carga última, por lo tanto, son las siguientes:

$$q_{dis1} = 13\,079,25 \frac{Kg}{m^2} * 1,25 = 16\,349,07 \frac{Kg}{m^2}$$

$$q_{dis2} = 21\,241,79 \frac{Kg}{m^2} * 1,25 = 26\,552,23 \frac{Kg}{m^2}$$

Para calcular la presión ejercida en cualquier punto de la zapata, es necesario realizar un modelo (ecuación) el cual se establece mediante la siguiente relación de triángulos:

$$\frac{3,40\ m}{\left(26\,552,23 \frac{Kg}{m^2} - 16\,349,07 \frac{Kg}{m^2}\right)} = \frac{x}{q_d(x) - 16\,349,07 \frac{Kg}{m^2}}$$

$$x = \left(3\,000,93 \frac{Kg}{m^2}\right) x + 16\,349,07 \frac{Kg}{m^2}$$

Para:

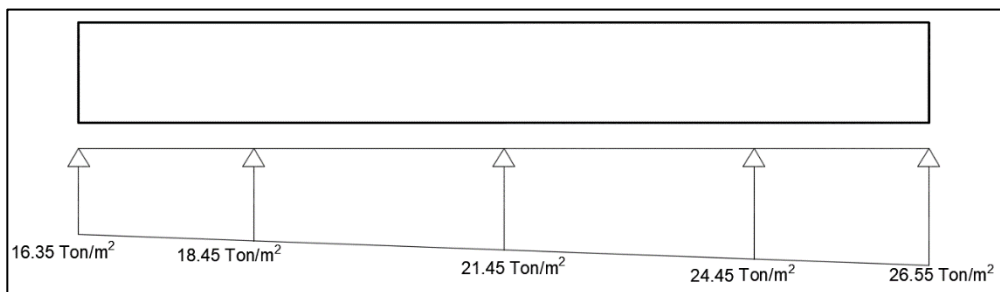
$$x = 0,7m \rightarrow 18\,449,72 \frac{Kg}{m^2}$$

$$x = 1,7m \rightarrow 21\,450,65 \frac{Kg}{m^2}$$

$$x = 2,7m \rightarrow 24\,451,58 \frac{Kg}{m^2}$$

$$x = 3,40m \rightarrow 26\,552,23 \frac{Kg}{m^2}$$

Figura 36. **Presión sobre cimiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

- Presiones últimas por metro lineal

Las presiones últimas se obtienen mediante la multiplicación de las presiones de diseño por la base de la zapata:

$$q_0 = 16\,349,07 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow 16\,349,07 \frac{Kg}{m^2} * 1,40 m = 22\,888,70 Kg/m$$

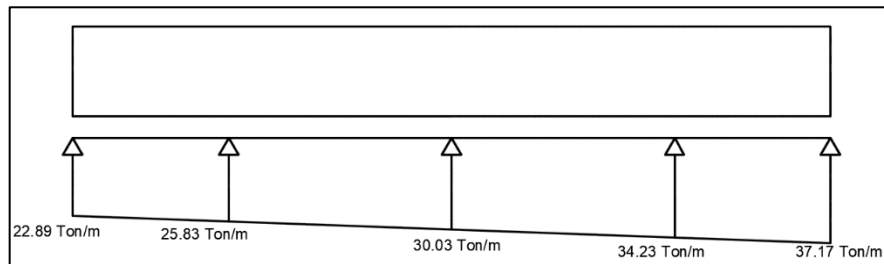
$$q_{0,5} = 18\,449,72 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow 18\,449,72 \frac{Kg}{m^2} * 1,40 m = 25\,829,61 Kg/m$$

$$q_{1,5} = 21\,450,65 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow 21\,450,65 \frac{Kg}{m^2} * 1,40 m = 30\,030,91 Kg/m$$

$$q_{2,5} = 24\,451,58 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow 24\,451,58 \frac{Kg}{m^2} * 1,40\,m = 34\,232,21\,Kg/m$$

$$q_{3,0} = 26\,652,23 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow 26\,652,23 \frac{Kg}{m^2} * 1,40\,m = 37\,173,12\,Kg/m$$

Figura 37. Presión última por metro lineal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

De igual forma, se encuentra una función para determinar la carga lineal para cualquier punto del elemento, la cual es la siguiente:

$$\frac{3,40\,m}{\left(37\,173,12 \frac{Kg}{m} - 22\,888,70\,Kg/m\right)} = \frac{x}{W_{(x)} - 22\,888,70\,Kg/m}$$

$$W_{(x)} = 4\,201,30 \frac{Kg}{m^2} x + 22\,888,70\,Kg/m$$

Se debe determinar la carga W en el centro de gravedad de la zapata (cg), X_{cg} :

$$x_{cg} = \frac{3,40\,m}{2} = 1,70\,m$$

Por lo tanto, la carga en cg es de:

$$W_{(x)} = 4\,201,30 \frac{Kg}{m^2} (1,70\,m) + 22\,888,70 \frac{Kg}{m} = 30\,030,91\,Kg/m$$

- Cálculo y representación gráfica de fuerzas cortantes y momentos

$$V_{ab} = \frac{\left(22\,888,70 \frac{Kg}{m} + 25\,829,61 \frac{Kg}{m}\right) * 0,70\,m}{2} = 17\,051,41\,Kg = 17,05\,Ton$$

$$V_b = V_{ab} - P_{u1} = 17\,062,41\,Kg - 45\,797,86\,Kg = -28\,746,45\,Kg = -28,75\,Ton$$

$$V_{bc} = 4\,201,30 \frac{Kg}{m^2} * x^2 + 25\,829,61 \frac{Kg}{m} x - 28\,746,45\,Kg$$

$$\text{Cuándo } V_{bc} = 0 \rightarrow x_1 = 0,96\,m; x_2 = -7,11$$

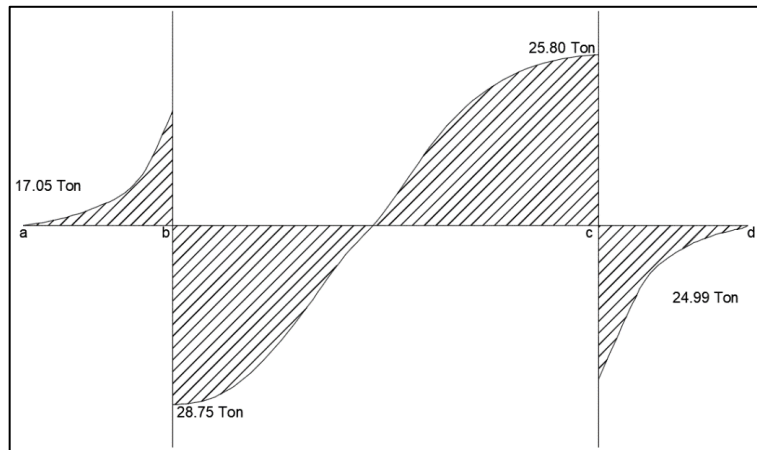
$$y = x_1 + m = 0,96m + 0,7m = 1,66\,m$$

$$W_{(1.49)} = 4\,201,30 \frac{Kg}{m^2} (1,66m) + 25\,829,61 \frac{Kg}{m} = 29\,872,54\,Kg = 29,87\,Ton$$

$$V_{cd} = \frac{\left(37\,173,12 \frac{Kg}{m} + 34\,232,21\,Kg/m\right) * 0,70m}{2} = 24\,991,87\,Kg = 24,99\,Ton$$

$$V_c = 50\,794,74Kg - 24\,991,87\,Kg = 25\,802,87\,Kg = 25,80\,Ton$$

Figura 38. Diagrama de corte de zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

$$M_{ab} = \frac{22\,888,70 \frac{Kg}{m} * (0,70m)^2}{2} + \frac{\left(26\,552,23 \frac{Kg}{m} - 24\,451,8 \text{ Kg/m}\right) * (0,70m)^2}{6}$$

$$= 5\,847,90 \text{ Kg} \cdot m$$

$$M_{max} = 6\,637,89 \text{ Kg} \cdot m + \frac{22\,888,70 \frac{Kg}{m} * (0,96m)^2}{2}$$

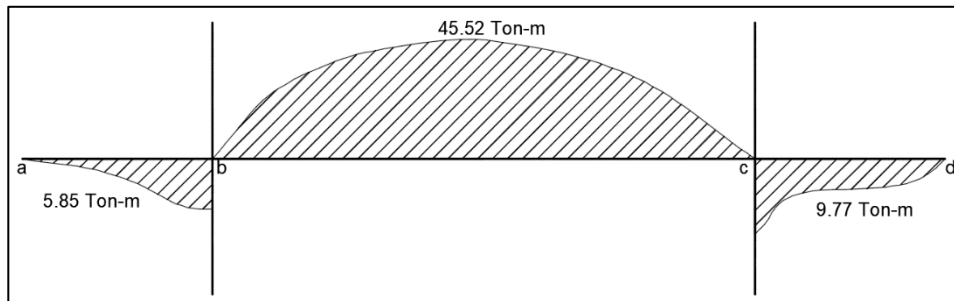
$$+ \frac{\left(29\,872,54 \frac{Kg}{m} - 25\,829,61 \text{ Kg/m}\right) * (0,96m)^2}{6} + 28\,746,45 \text{ Kg}$$

$$* 0,96m = 51\,982,67 \text{ Kg} \cdot m$$

$$M_{cd} = \frac{37\,173,12 \frac{Kg}{m} * (0,70m)^2}{2} + \frac{\left(28\,746,45 \frac{Kg}{m} - 25\,829,61 \text{ Kg/m}\right) * (0,70m)^2}{3}$$

$$= 9\,767,76 \text{ Kg} \cdot m$$

Figura 39. Diagrama de momentos de zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

- Chequeos de fuerzas cortantes

Para realizar los chequeos, se asumen los siguientes valores:

$\emptyset_{var\#6}$: 1,9050 cm

Rec: 7,5 cm

$$d = t - rec - \frac{\emptyset_6}{2} = 40cm - 7,5cm - \frac{1,9050cm}{2} = 31,55 cm$$

- Corte simple

V_{max} : 28,75 Ton

$$V_r = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210 Kg/cm^2} * 140cm * 31,55cm}{1000}$$

$$= 28,90 Ton$$

$$V_r > V_{max} \rightarrow Cumple$$

- Corte punzonante

$$A_p = (b_{col} + d)^2 = (0,35m + 0,3155)^2 = 0,44 m^2$$

$$V_{act} = P_u - (q_{dis} * A_p) = 50,79 Ton - (26,55 Ton/m^2 * 0,44 m^2) = 39,04 Ton$$

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d \rightarrow b_o = 4 * (b + d)$$

$$b_o = 4 * (35cm + 31,55 cm) = 266,19 cm$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210 Kg/cm^2} * 266,19 cm * 31,55 cm = 109,89 Ton$$

$$V_r > V_{act} \rightarrow Cumple$$

- Diseño de refuerzo a flexión

- Cuantía mínima de acero

$$A_{smin} = \frac{14}{f'y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{14}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 100cm * 31,55 cm = 15,82 cm^2$$

Acero mínimo para el ancho de 1,40 m.

$$A_{smin} = \frac{14}{\frac{2810kg}{cm^2}} * 140cm * 31,55 cm = 28,47 cm^2$$

Momento que resiste el acero mínimo:

$$M_{Asmin} = \phi * \left[A_s * f_y * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'c * b} \right) \right]$$

$$M_{Asmin} = \frac{0,9 * \left[22,14 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left(31,55 \text{ cm} - \frac{22,14 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{1,7 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 140 \text{ cm}} \right) \right]}{100 * 1000} = 16,99 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

El área de acero resiste ya que $M_{act} < M_{res}$.

Refuerzo superior

$$A_{stemp} = \rho * b * d = 0,002 * 140 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} = 8,83 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{1,27 \text{ cm}^2 * 140 \text{ cm}}{11,36 \text{ cm}^2} = 20,13 \text{ cm} \cong 20 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos.

Refuerzo inferior

$$M_{maxt} = M_r + M_{max} = 16,99 \text{ Ton} \cdot \text{m} + 45,52 \text{ Ton} \cdot \text{m} = 62,50 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$A_{sreq} = \frac{0,85 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{\frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} * \left[100 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} - \sqrt{(100 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm})^2 - \frac{62508,70 \text{ Kg} \cdot \text{m} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}}{0,003825 * \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}} \right]$$

$$A_{sreq} = 93,96 \text{ cm}^2$$

$$S_x = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{2,85 \text{ cm}^2 * 140 \text{ cm}}{93,96 \text{ cm}^2} = 4,24 \text{ cm} \cong 5 \text{ cm}$$

$$S_y = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{2,85 \text{ cm}^2 * 340 \text{ cm}}{93,96 \text{ cm}^2} = 10,31 \text{ cm} \cong 10 \text{ cm}$$

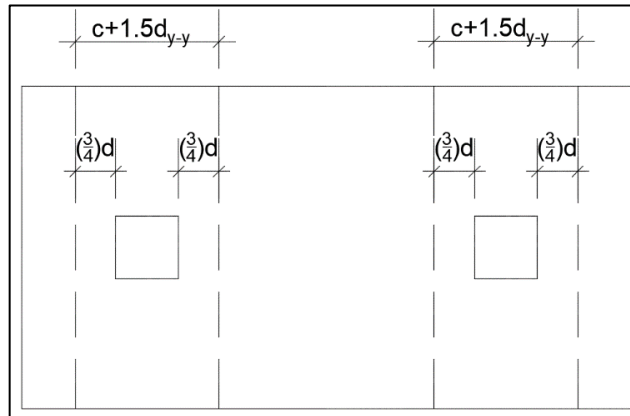
Se hará con varillas No. 6 @ 5 cm en sentido X y @ 10 cm en sentido Y.

- Vigas transversales

Para calcular la viga transversal, la cual se chequeará bajo las condiciones de la columna crítica tomando como ancho de la viga la siguiente expresión:

$$b_{viga} = c + 1,5d_{y-y}$$

Figura 40. **Plata de vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

- Peralte efectivo

$$d_{y-y} = d - \frac{\phi_{x-x}}{2} - \frac{\phi_{y-y}}{2}$$

Se asume que se utilizarán varillas No. 4 en ambos sentidos.

$$d_{y-y} = 31,55\text{cm} - \frac{1,27\text{cm}}{2} - \frac{1,27\text{cm}}{2} = 30,28\text{cm}$$

$$b_{viga} = 35\text{cm} + 1,5(30,28\text{cm}) = 80,42\text{ cm}$$

La presión con la que se diseñará es la que genera la mayor carga puntual de las columnas, la cual es P_{u2} y corresponde a 50 794,74 Kg.

$$Q_{dis} = \frac{P_u}{B * (c + 1,5d_{y-y})} = \frac{50\,794,74\text{ Kg}}{1,40\text{m} * (0,8042\text{m})} = 45\,117,69\text{ Kg/m}^2$$

✓ Chequeos por fuerzas cortantes en viga transversal

Corte actuante

$$b' = \frac{B}{2} - \frac{b_c}{2} - d' = \frac{140\text{cm}}{2} - \frac{35\text{cm}}{2} - 30,28\text{cm} = 22,22\text{ cm}$$

$$V_{act} = Q_{dis} * b' * (c + 1,5d_{y-y})$$

$$V_{act} = 45\,117,69\text{ Kg/m}^2 * 22,22\text{ cm} * 80,42\text{ cm} = 8\,062,76\text{ Kg} = 8,06\text{ Ton}$$

Corte resistente

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * (c + 1,5d_{y-y}) * d'$$

$$V_r = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210\text{ Kg/m}^2} * 80,42\text{ cm} * 30,28\text{cm}}{100} = 15,93\text{ Ton}$$

- Refuerzo a flexión

$$M_u = \frac{Q_{dis} * b^2}{2} \rightarrow b = b' + d_{y-y}$$

$$b = 22,22cm + 30,28cm = 52,50 cm$$

$$M_u = \frac{45\,117,69 \text{ Kg/m}^2 * (0,5250m)^2}{2} = 6\,217,78 \text{ Kg} \cdot m$$

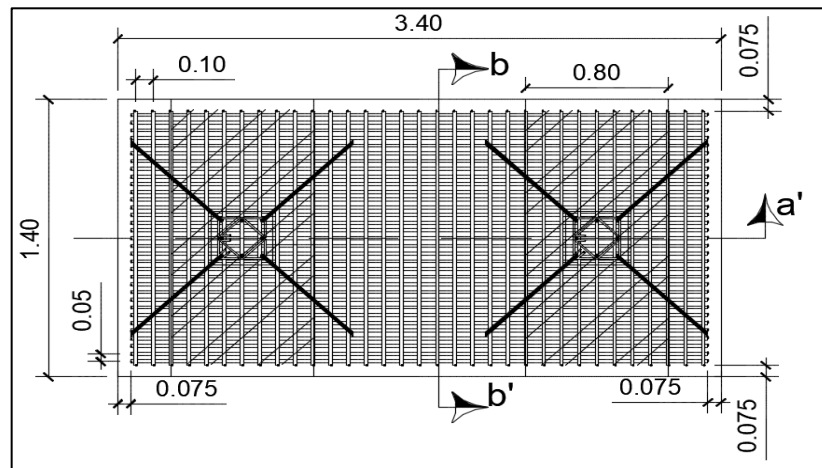
$$A_{sreq} = \frac{0,85 * \frac{210kg}{cm^2}}{\frac{2810kg}{cm^2}} * \left[80,42cm * 31,55cm - \sqrt{(80,42cm * 31,55cm)^2 - \frac{6\,217,78 \text{ Kg} \cdot m * 80,42cm}{0,003825 * \frac{210kg}{cm^2}}} \right] =$$

$$A_{sreq} = 7,98 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{var} * B}{A_{req}} = \frac{1,98cm^2 * 80,42 cm}{7,98cm^2} = 19,94 cm$$

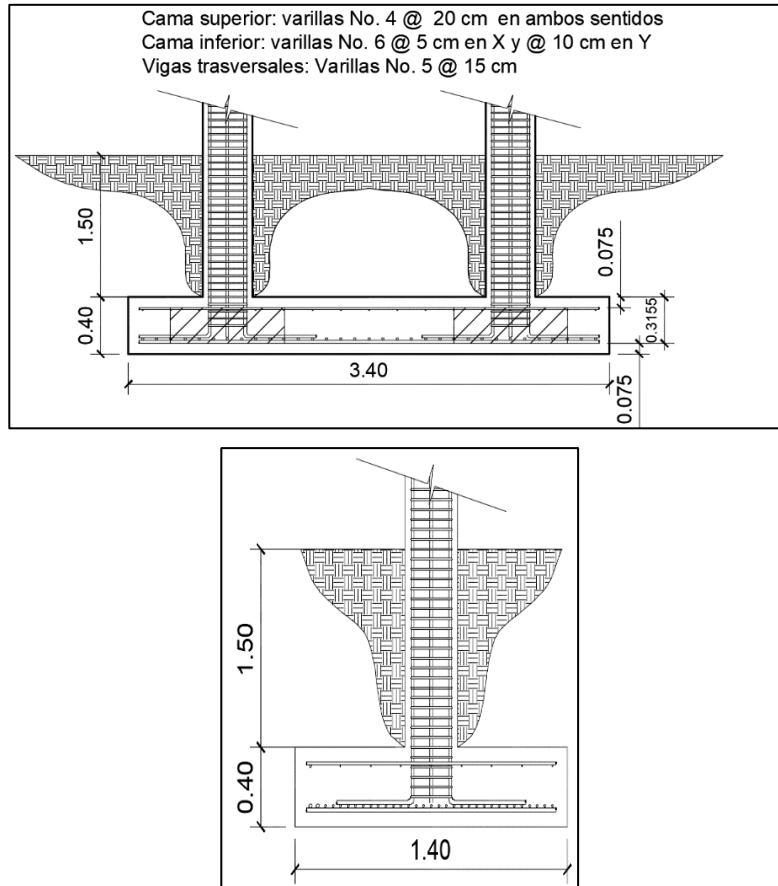
Se utilizarán varillas No. 5 @ 15 cm.

Figura 41. Planta de armado de zapata tipo Z₃₋₁



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Figura 42. Secciones de armado de zapata tipo Z₃₋₁



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Tabla LXXXI. Resultados de diseño de zapata combinada (exc-exc)

Módulo 1 (Z ₃₋₁)				Módulo 2 (Z ₃₋₂)							
Col 1		Columna 2		Col 1		Columna 2					
Pu	Mx	My	Pu	Mx	My	Pu	Mx	My			
45797.86	8297.36	6470.43	50794.74	8966.64	6470.43	10905.52	6786.61	4106.95	34250.01	6786.61	4106.95
Dimensiones				Dimensiones							
3.4 x 1.4 x 0.40 m				3 x 2.20 x 0.40 m							
Armado				Armado							
Cama superior		Cama inferior		Cama superior		Cama inferior					
Varillas No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos		Varillas No. 6 @ 5 cm en sentido X y @ 10 cm en sentido Y.		Varillas No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos		Varillas No. 6 @ 10 cm en sentido X y @ 15 cm en sentido Y.					
Vigas transversales				Vigas transversales							
Varillas No. 5 @ 15 cm.				Varillas No. 4 @ 10 cm.							

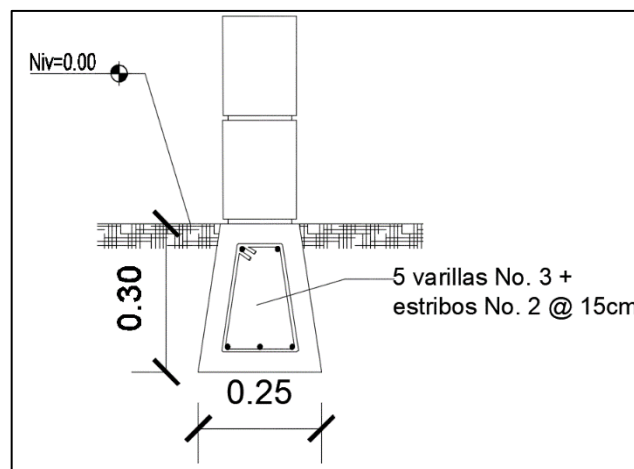
Fuente: elaboración propia

2.2.4.4.4. Cimientos para muros

De acuerdo con la sección 503 de la norma FHA, el cimiento corrido para muros utilizados para separar ambientes deberá ser de sección rectangular, trapezoidal o TE invertida, se servirá también como solera de humedad y tendrá las siguientes características:

Ancho de la base:	25 cm
Ancho de la corona:	ancho del muro + 1 cm; 16 cm
Peralte:	30 cm
Refuerzo:	longitudinal superior – 2 varillas No. 3 inferior – 3 varillas No. 3 transversal estribos No. 2 @ 20 cm

Tabla LXXXII. Detalle de cimiento corrido para muros



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

2.2.4.5. Gradadas

Son elementos estructurales que establecen la conexión entre dos planos ubicados en distintos niveles conformada por escalones o peldaños.

De acuerdo con la Ley de Blondel, el cual establece la relación de la huella y contrahuella. Para garantizar la seguridad y comodidad se deben cumplir con las siguientes condiciones:

$$C \leq 20 \text{ cm} \rightarrow H > C$$

Donde:

C: contrahuella

H: huella

Dimensiones propuestas:

$$C = 15 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$H = 33 \text{ cm} > 17 \text{ cm}$$

Número de escalones

$$No.\text{Peldaños} = \frac{\text{Altura de nivel}}{\text{Contrahuella}} = \frac{3 \text{ m}}{0,15\text{m}} = 20 \text{ Peldaños}$$

Número de huellas

$$No.\text{huellas} = No.\text{Peldaños} - 1 = 20 \text{ Peldaños} - 1 = 19 \text{ huellas}$$

Para verificar que el módulo de gradas es segura y cómoda, la misma deberá de cumplir con las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}2C + H &\leq 64 \text{ cm} \\45\text{cm} &\leq C + H \leq 48 \text{ cm} \\480 \text{ cm}^2 &\leq C \cdot H \leq 500 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Verificación de comodidad

$$\begin{aligned}2 * 15 \text{ cm} + 33 \text{ cm} &= 63 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm} \rightarrow \text{Cumple} \\45\text{cm} &\leq 15\text{cm} + 33\text{cm} = 48 \text{ cm} \leq 48 \text{ cm} \rightarrow \text{Cumple} \\480 \text{ cm}^2 &\leq 33\text{cm} * 15\text{cm} = 495 \text{ cm}^2 \leq 500 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Cumple}\end{aligned}$$

La dimensión de cada peldaño cumple con las condiciones, por lo que el módulo de gradas estará conformado por 20 contrahuellas y 19 huellas.

Espesor de la losa

Para el cálculo del espesor se debe determinar la longitud inclinada de las gradas, desde el nivel de piso hasta el descanso.

$$D = \sqrt{(3,30\text{m})^2 + (1,50\text{m})^2} = 3,625\text{m}$$

Considerando que es una losa en una dirección, el espesor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L}{24} = \frac{3,625\text{m}}{24} = 0,15\text{m} \cong 15\text{cm}$$

Integración de cargas

- Carga muerta

$$PP = 2\,400 \text{Kg/m}^3 * \left(0,15\text{m} + \frac{0,15\text{m}}{2}\right) = 540 \text{Kg/m}^2$$

$$Ac = 100 \text{Kg/m}^2$$

$$CM = 540 \text{Kg/m}^2 + 100 \text{Kg/m}^2 = 640 \text{Kg/m}^2$$

- Carga viva

$$\text{Escaleras de servicio público} = 500 \text{Kg/m}^2$$

- Carga última

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

$$CU = 1,4 * 640 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 1,7 * 500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 1\,746,00 \text{Kg/m}^2$$

Analizándolo como franja unitaria (1m)

$$CU = \frac{1\,746,00 \text{Kg}}{\text{m}^2} * 1\text{m} = 1\,746,00 \text{Kg/m}$$

- Cálculo de momentos

$$M_+ = \frac{CU * L^2}{9} = \frac{\frac{1\,746,00 \text{Kg}}{\text{m}} * (3,625\text{m})^2}{9} = 2\,549,28 \text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_- = \frac{CU * L^2}{14} = \frac{\frac{1746,00Kg}{m} * (3,625m)^2}{14} = 1638,82 Kg \cdot m$$

○ Cálculo del refuerzo

▪ Acero mínimo

Datos:

b=100cm

d=15cm-2,50cm-(1,27cm/2)=11,865 cm

$$A_{smin} = \frac{14,1 * b * d}{fy} = \frac{14,1 * 100cm * 11,865cm}{\frac{2810Kg}{m^2}} = 5,95cm^2$$

▪ Refuerzo requerido

$$✓ \quad M_+ = 2549,28 Kg \cdot m$$

$$A_{s-lzq} = \frac{0,85 * \frac{210kg}{cm^2}}{\frac{2810kg}{cm^2}} * \left[100cm * 11,865cm - \sqrt{(100cm * 11,865cm)^2 - \frac{2549,28 Kg \cdot m * 100cm}{0,003825 * \frac{210kg}{cm^2}}} \right]$$

$$A_{s-lzq} = 9,03cm^2$$

Se realizará el cálculo de la separación utilizando varillas no. 4.

$$S = \frac{1,2668cm^2 * 100cm}{9,03cm^2} = 13,9 cm \cong 10cm$$

$$✓ \quad M_- = 1638,82Kg \cdot m$$

$$A_{s-1zq} = \frac{0,85 * \frac{210kg}{cm^2}}{\frac{2810kg}{cm^2}} * \left[100cm * 11,865cm - \sqrt{(100cm * 11,865cm)^2 - \frac{1638,82 Kg \cdot m * 100cm}{0,003825 * \frac{210kg}{cm^2}}} \right]$$

$$A_{s-1zq} = 5,67cm^2$$

$$S = \frac{1,2668cm^2 * 100cm}{5,67cm^2} = 22,34cm \cong 20cm$$

Por facilidad constructiva, el armado superior e inferior se realizará con varillas No. 4 @ 10 cm.

✓ Acero por temperatura

$$A_{s_t} = \rho * b * t = 0,002 * 100cm * 15cm = 3cm^2$$

$$S = \frac{0,7126cm^2 * 100cm}{3cm^2} = 23,75cm \cong 20cm$$

El plano de detalle del módulo de gradas está ubicado en el anexo 8.

2.2.4.6. Diseño de instalaciones

Son los medios encargados de suministrar los servicios básicos a un edificio como lo son: electricidad, agua potable y drenajes.

2.2.4.6.1. Instalaciones eléctricas

De acuerdo con la normativa dictada por la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) en la cual indica que:

La acometida eléctrica de todo edificio tendrá los siguientes elementos; poste de distribución, poste de acometida, cables de acometida, contador, caja para contador y protección del mismo, asimismo, se tendrá que instalar un tablero principal con tierra física, el cual se hará mediante la colocación.

- Circuitos

La distribución de circuitos se realizará tomando en cuenta la potencia eléctrica con la que cuenta cada nivel del edificio.

- Primer nivel

- Lámparas

28 lámparas de dos tubos fluorescentes de 40 vatios

$$P_{Lam} = 28 L * 2 * 40 \text{ vatios} = 2\ 240 \text{ vatios}$$

- Bombillas

30 bombillas ahorradoras de 30 vatios.

$$P_{Bom} = 30 B * 30 \text{ vatios} = 900 \text{ vatios}$$

- Tomacorriente

48 tomacorrientes de 300 vatios

$$P_{TC} = 48 T * 300 \text{ vatios} = 14\ 400 \text{ vatios}$$

$$P_{iluminacion} = 2\ 080\ \text{vatios} + 900\ \text{vatios} = 2\ 980\ \text{vatios}$$

$$P_{fuerza} = 14\ 400\ \text{vatios}$$

La red se distribuirá con 3 circuitos para la iluminación y 6 circuitos para fuerza.

- Segundo nivel
 - Lámparas

30 lámparas de dos tubos fluorescentes de 40 vatios

$$P_{Lam} = 30\ L * 2 * 40\ \text{vatios} = 2\ 440\ \text{vatios}$$

- Bombillas

23 bombillas ahorradoras de 30 vatios.

$$P_{Bom} = 23\ B * 30\ \text{vatios} = 690\ \text{vatios}$$

- Tomacorriente

48 tomacorrientes de 300 vatios

$$P_{TC} = 48\ T * 300\ \text{vatios} = 14\ 400\ \text{vatios}$$

$$P_{iluminacion} = 2\ 440\ \text{vatios} + 690\ \text{vatios} = 3\ 130\ \text{vatios}$$

$$P_{fuerza} = 14\,400 \text{ vatios}$$

Los circuitos se distribuirán con 3 circuitos para la iluminación y 6 circuitos para fuerza.

- Conductores

En base a la normativa antes mencionada, el conductor debe de ser de un calibre tal que satisfaga los cálculos y no menor al calibre 12 AWG, el cual tiene una resistencia de 20 amperios.

Para determinar que el conductor resiste, se debe determinar la corriente que fluye dentro del circuito con mayor potencia, se calcula como sigue:

- Iluminación

Circuito crítico; 15 lámparas de 2 tubos fluorescentes de 40 vatios

$$P_c = 15 L * 2 * 40 \text{ vatios} = 1\,200 \text{ vatios}$$

$$I_{il} = \frac{P}{V} = \frac{1\,200 \text{ vatios}}{120 \text{ vatios}} = 10 \text{ amperios}$$

- Fuerza

Circuito crítico; 8 tomacorrientes de 300 vatios

$$P_F = 8 * 300 \text{ vatios} = 2\,400 \text{ vatios}$$

$$I_{il} = \frac{P}{V} = \frac{2\,400 \text{ vatios}}{120 \text{ voltios}} = 20 \text{ amperios}$$

De acuerdo con los resultados anteriores se establece que para los circuitos de iluminación se colocarán 6 flipones de 15 amperios (3 para nivel 1 y 3 para el nivel 2) y para fuerza 12 flipones de 20 amperios (6 para nivel 1 y 6 para nivel 2). Los flipones se distribuirán en 2 tableros, 1 para cada nivel respectivamente.

Los cables de cobre que se utilizarán para la electricidad serán colocados dentro de tubería plástica (poliducto) de $\frac{3}{4}$ ".

Los planos de instalaciones eléctricas correspondientes a iluminación y fuerza se encuentran en el anexo 8.

2.2.4.6.2. Instalaciones hidráulicas

Consiste en el sistema que abastecerá al edificio de agua potable, la cual está constituida por la acometida de agua, red de distribución y los aparatos sanitarios ubicados en la edificación. El diseño de las instalaciones se describe a continuación:

Para el diseño de la red de distribución interna se utilizará el método de Hunter, la cual se basa en la asignación de unidades gasto a uno o varios aparatos sanitarios.

- Establecer subramales

El diámetro por utilizar en los subramales depende de cada aparato sanitario en particular y en la tabla LXXXIV se describe la tubería se estima, podría usar.

Tabla LXXXIII. **Diámetro de subramales**

Tipo de aparato sanitario	Diámetro de subramal en pulgadas		
	Presiones hasta 10m	Presiones menores de 10m	Diámetro mínimo
Lavamanos	1/2	1/2	1/2
Bidet	1/2	1/2	1/2
Tina	3/4 - 1/2	3/4	3/4 - 1/2
Ducha	3/4	1/2	3/4
Grifo de cocina	3/4	1/2	3/4
Inodoro con tanque	1/2	1/2	1/2
Inodoro con válvula	1 1/2 - 2	1	1 1/4
Mingitorio con tanque	1/2	1/2	1/2
Mingitorio con válvula	1 1/2 - 2	1	1

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 54.

- Diámetros por utilizar
 - Lavamanos -----→Ø=1/2"
 - Grifo de cocina-----→ Ø=1/2"
 - Inodoro con tanque-----→ Ø=1/2"
 - Mingitorio con tanque-----→ Ø=1/2"

- Línea central

Los gastos en unidades Hunter de cada aparato se asignará tomando en cuenta la siguiente tabla:

Tabla LXXXIV. **Unidades gasto de aparatos sanitarios**

Aparato sanitario	Gasto (UH)
Lavamanos	1,5
Grifo de cocina	3
Inodoro con tanque	5
Mingitorio con tanque	3

Fuente: RODRÍGUEZ, SOSA. Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 48.

- Primer nivel

12 Lavamanos a 1,5 UH	→	18 UH
12 Inodoros con tanque a 5 UH	→	60 UH
5 Mingitorios con tanque a 3 UH	→	15 UH
Total	→	93 UH

- Segundo nivel

2 grifos de cocina a 3 UH	→	6 UH
---------------------------	---	------

El total de UH para artefactos con tanque es de 75 UH y 24 UH para artefactos con válvula, el cual da como resultado un caudal de 2,83 l/s (1,41 l/s para aparatos con tanque y 1,42 con válvula).

El diámetro que se utilizará para la línea principal se determina con la ecuación de Hazen Williams, teniendo como una longitud de tramo de 70 m, diferencia de altura de 4,5 m y tubería de PVC.

$$\begin{aligned} \phi &= \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * h_f}} \\ \phi &= \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 70m * \left(2,83 \frac{l}{s}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 4,5m}} = 1,8 \text{ pulg} \end{aligned}$$

La tubería que abastecerá a los dos niveles del edificio será de 2 pulgadas de diámetro.

Los planos de instalaciones hidráulicas se encuentran en el anexo 8.

2.2.4.6.3. Instalaciones sanitarias

Es el sistema destinado para la evacuación eficaz de aguas residuales y pluviales del edificio.

El sistema estará constituido en su totalidad por tubería de PVC, derivándose en líneas verticales y horizontales, la línea principal tendrá que tener una pendiente mínima del 1 %.

- Drenaje sanitario

Para eliminar el riesgo de propagación de elementos patógenos en el edificio se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los materiales deberán tener la resistencia necesaria para soportar la corrosión generada por transportar todo tipo de elementos y el constante contacto con el suelo.

- Las tuberías enterradas deberán tener una pendiente mínima del 2 %.
- Evacuar de forma rápida las aguas residuales.

Para determinar el diámetro de línea central del drenaje, se deberán tomar en cuenta.

Tabla LXXXV. **Gasto y diámetro de derivaciones simples**

Aparato sanitario	Número de unidades mueble (UM)	Diámetro (pulg)	Caudal base (l/s)
Lavamanos	1	1 ¼	0,75
Grifo de cocina	3	1 ¼	0,75
Inodoro con tanque	4	3	2
Mingitorio con tanque	2	1 ¼	1
Drenaje de piso	3	3	

Fuente: RODRÍGUEZ, SOSA. Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 73.

Se procede a determinar el caudal por nivel a través de las unidades mueble, quedando como sigue:

▪ Primer nivel

12 lavamanos a 1 UM	→	12 UM*0,75 l/s	→	9 l/s
12 inodoros con tanque a 4 UM	→	48 UM*2 l/s	→	96 l/s
5 mingitorios con tanque a 2 UM	→	10 UM* 1 l/s	→	10 l/s
Total	→	70 UM	→	115 l/s

- Segundo nivel

2 grifos de cocina a 3 UM → 6 UM*0,75 l/s → 4,5 l/s

Con los resultados obtenidos se determinó que se utilizará tubería de 4 pulgadas en el primer nivel y de 1 pulgada en el segundo nivel.

- Drenaje pluvial

Este drenaje se utiliza para evacuar las aguas, generalmente de los techos y patios de edificios, generadas por las lluvias. En la edificación se instalarán 12 bajadas de precipitación.

El caudal que transportará la tubería se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

- Q: caudal (m³/s)
- C: coeficiente de escorrentía del concreto (0,90)
- I: intensidad de lluvia (mm/h)
- A: área por drenar (hectáreas)

$$i_{Tr} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Donde:

A, B: parámetros obtenidos mediante regresión lineal
t: tiempo de concentración
n: periodo de retorno

Para determinar la intensidad de lluvia del municipio de Chinique, se avocó a la estación meteorológica con información más actualizada y cercana al lugar (aprox. 62 Km) y se usarán los siguientes parámetros:

A: 24 690
B: 30
n: 1,43
Tr: 25 años
t: 10 minutos

Por lo tanto, la intensidad de lluvia es la siguiente:

$$i_{Tr} = \frac{24\,690}{(30 + 10)^{1.43}} = 126,35 \text{ mm/h}$$

En promedio cada bajada drenará aproximadamente 60 m², el caudal es:

$$Q = \frac{0,90 * 126,35 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 0,006 \text{ m}^2}{360} = 0,0016 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1,60 \text{ l/s}$$

El diámetro por utilizar se determina con la siguiente ecuación:

$$\phi = \left(\frac{691\,000 * Q * n}{s^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

- Ø: diámetro en cm
Q: caudal por drenar
n: coeficiente de rugosidad del PVC (0,009)
s: pendiente del terreno (1 %)

$$\varnothing = \left(\frac{691\,000 * 0,0016 \frac{m^3}{s} * 0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8} = 5,98 \text{ cm} = 2,20 \text{ pulg}$$

Para drenar el agua del techo se utilizará tubería de 3 pulgadas.

Los planos de instalaciones sanitarias correspondientes a manejo de agua residuales y pluviales se encuentran detallados en el anexo 8.

2.2.5. Planos constructivos

Los planos del edificio escolar se encuentran detalladas en el anexo 8, y son los siguientes:

- Planta acotada
- Planta amueblada
- Plano de secciones de planta amueblada
- Plano de detalle general de vigas
- Plano de detalle de armado de viga
- Plano de detalle de columnas
- Plano de detalle de losas
- Plano de detalla de zapatas

- Plano de detalle de muro y módulo de gradas
- Planos de instalaciones eléctricas
- Planos de instalaciones hidrosanitarias
- Plano de pañuelos en losas
- Plano de acabados

2.2.6. Presupuesto

El presupuesto del proyecto está elaborado con base a precios de materiales de ferreterías ubicadas en el municipio, integrándola en precios unitarios que constituyen los renglones de trabajo. La mano de obra calificada y no calificada se asignó con base a salarios que maneja la municipalidad, se aplica un factor de indirectos de 35 %.

Tabla LXXXVI. Renglones de trabajo

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
APORTE MUNICIPAL					
1	Trabajos preliminares				
1.1	Bodega	Global	1	Q14,148.50	Q14,148.50
1.2	Trazo y estaqueado	ML	327.93	Q10.02	Q3,285.53
2	Sustitución de suelo				
2.01	Trazo	ML	154.7	Q8.01	Q1,239.11
2.02	Excavación	m ³	2704.02	Q226.01	Q611,140.15
2.03	Relleno y compactacion	m ³	2704.02	Q113.53	Q306,992.26
2.04	Pruebas de densidad de Campo	Unidad	3	Q379.69	Q1,139.06
3	Cimentación				
3.01	Cimiento corrido	ML	273	Q253.31	Q69,154.00
3.02	Zapata tipo Z ₁₋₁	Unidad	8	Q5,206.71	Q41,653.68
3.03	Zapata tipo Z ₁₋₂₃	Unidad	18	Q4,922.10	Q88,597.80
3.04	Zapata tipo Z ₂₋₁	Unidad	4	Q4,148.26	Q16,593.03
3.05	Zapata tipo Z ₂₋₂	Unidad	10	Q13,001.06	Q130,010.63
3.06	Zapata tipo Z ₃₋₁	Unidad	2	Q12,958.15	Q25,916.29
3.07	Zapata tipo Z ₃₋₂	Unidad	6	Q4,481.00	Q26,885.98
4	Columnas				
4.01	Columnas C-1	ML	112	Q3,264.67	Q365,642.88
4.02	Columnas C-2	ML	168	Q2,963.32	Q497,837.83
4.03	Columnas C-3	ML	112	Q2,934.76	Q328,693.24
4.04	Columnas C-4	ML	501.3	Q215.02	Q107,787.82
4.05	Columnas C-5	ML	61.2	Q143.04	Q8,753.77
4.06	Columnas C-6	ML	108.8	Q127.94	Q13,919.68
4.07	Columnas C-7	ML	60	Q215.31	Q12,918.34
5	Vigas				
5.01	Vigas tipo A	ML	26.40	Q731.02	Q19,298.80
5.02	Vigas Tipo B	ML	48.00	Q857.47	Q41,158.32
5.03	Viga tipo C	ML	6.40	Q991.93	Q6,348.36
5.04	Vigas Tipo D	ML	8.00	Q958.33	Q7,666.63
5.05	Vigas tipo E	ML	7.00	Q1,147.43	Q8,031.98
5.06	Vigas Tipo F	ML	6.00	Q902.62	Q5,415.74
5.07	Vigas tipo G	ML	7.00	Q1,144.61	Q8,012.25
5.08	Vigas Tipo H	ML	36.00	Q902.25	Q32,481.05
5.09	Vigas tipo I	ML	21.50	Q1,208.40	Q25,980.62
5.10	Vigas Tipo J	ML	8.00	Q1,208.40	Q9,667.21
5.11	Vigas tipo K	ML	7.50	Q1,088.81	Q8,166.06
6	Losas	m ²	1180	Q814.18	Q960,738.01
7	Levantado de muros				
7.01	Solera intermedia	ML	522.8	Q184.76	Q96,589.97
7.02	Solera corona	ML	485.5	Q184.76	Q89,698.61
7.03	Muro de 14 x 19 x 39	m ²	1167.965	Q240.33	Q280,692.05
7.04	Muro de 9 x 19 x 39	m ²	118.32	Q197.35	Q23,349.87
8	Módulo de gradas	Global	1	Q36,095.10	Q36,095.10
9	Instalaciones				
9.01	Instalaciones hidráulicas	ML	276	Q319.37	Q88,145.78
9.02	Instalaciones sanitarias	ML	425	Q127.26	Q54,086.24
9.03	Instalaciones electricas	Unidad	255	Q493.57	Q125,860.10
8	Acabados				
8.01	Repello	m ²	2071.0125	Q35.42	Q73,357.20
8.02	Cernido	m ²	2071.0125	Q61.70	Q127,785.54
8.03	Piso ceramico	m ²	1118.4	Q484.93	Q542,350.85
8.04	Puertas de metal	Unidad	32	Q1,210.25	Q38,728.13
8.05	Ventanas de aluminio	m ²	126	Q297.90	Q37,535.33
ULTIMA LINEA					
				TOTAL	Q5,419,549.37

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Cronograma de ejecución

Los tiempos de ejecución del proyecto se encuentra detallada en la siguiente tabla:

Tabla LXXXVII. Cronograma de ejecución

No.	Etapas de construcción	Periodo de ejecución en meses y semanas																			
		1o. Mes				2do. Mes				3er. Mes				4to. Mes				5to. Mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares																				
1.01	Bodega																				
1.02	Trazo y estaqueado																				
2	Sustitución de suelo																				
2.01	Trazo																				
2.02	Excavación																				
2.03	Relleno y compactacion																				
2.04	Pruebas de densidad de Campo																				
3	Cimentación																				
3.01	Cimiento corrido																				
3.02	Zapata tipo Z1-1																				
3.03	Zapata tipo Z1-23																				
3.04	Zapata tipo Z2-1																				
3.05	Zapata tipo Z2-2																				
3.06	Zapata tipo Z3-1																				
3.07	Zapata tipo Z3-2																				
4	Columnas																				
4.01	Columnas C-1																				
4.02	Columnas C-2																				
4.03	Columnas C-3																				
4.04	Columnas C-4																				
4.05	Columnas C-5																				
4.06	Columnas C-6																				
4.07	Columnas C-7																				
5	Vigas																				
5.01	Vigas tipo A																				
5.02	Vigas Tipo B																				
5.03	Viga tipo C																				
5.04	Vigas Tipo D																				
5.05	Vigas tipo E																				
5.06	Vigas Tipo F																				
5.07	Vigas tipo G																				
5.08	Vigas Tipo H																				
5.09	Vigas tipo I																				
5.1	Vigas Tipo J																				
5.11	Vigas tipo K																				
5.12	Vigas Tipo L																				
5.13	Vigas tipo M																				
5.14	Vigas Tipo N																				
5.15	Vigas tipo O																				
5.16	Vigas Tipo P																				
5.17	Vigas tipo Q																				
5.18	Vigas Tipo R																				
6	Losas																				
7	Levantado de muros																				
7.01	Solera intermedia																				
7.02	Solera corona																				
7.03	Muro de 14 x 19 x 39																				
7.04	Muro de 9 x 19 x 39																				
8	Módulo de gradas																				
9	Instalaciones																				
9.01	Instalaciones hidraulicas																				
9.02	Instalaciones sanitarias																				
9.03	Instalaciones electricas																				
8	Acabados																				
8.01	Aplicación de repello																				
8.02	Aplicación de cernido																				
8.03	Piso ceramico																				
8.04	Puertas de metal																				
8.05	Ventanas de aluminio																				

Continuación de tabla LXXXVIII.

No.	Etapas de construcción	Periodo de ejecución en meses y semanas																				
		6to Mes				7o. Mes				8vo. Mes				9no. Mes				10mo. Mes				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Trabajos preliminares																					
1.01	Bodega																					
1.02	Trazo y estaqueado																					
2	Sustitución de suelo																					
2.01	Trazo																					
2.02	Excavación																					
2.03	Relleno y compactacion																					
2.04	Pruebas de densidad de Campo																					
3	Cimentación																					
3.01	Cimiento corrido																					
3.02	Zapata tipo Z1-1																					
3.03	Zapata tipo Z1-23																					
3.04	Zapata tipo Z2-1																					
3.05	Zapata tipo Z2-2																					
3.06	Zapata tipo Z3-1																					
3.07	Zapata tipo Z3-2																					
4	Columnas																					
4.01	Columnas C-1																					
4.02	Columnas C-2																					
4.03	Columnas C-3																					
4.04	Columnas C-4																					
4.05	Columnas C-5																					
4.06	Columnas C-6																					
4.07	Columnas C-7																					
5	Vigas																					
5.01	Vigas tipo A																					
5.02	Vigas Tipo B																					
5.03	Viga tipo C																					
5.04	Vigas Tipo D																					
5.05	Vigas tipo E																					
5.06	Vigas Tipo F																					
5.07	Vigas tipo G																					
5.08	Vigas Tipo H																					
5.09	Vigas tipo I																					
5.1	Vigas Tipo J																					
5.11	Vigas tipo K																					
5.12	Vigas Tipo L																					
5.13	Vigas tipo M																					
5.14	Vigas Tipo N																					
5.15	Vigas tipo O																					
5.16	Vigas Tipo P																					
5.17	Vigas tipo Q																					
5.18	Vigas Tipo R																					
6	Losas																					
7	Levantado de muros																					
7.01	Solera intermedia																					
7.02	Solera corona																					
7.03	Muro de 14 x 19 x 39																					
7.04	Muro de 9 x 19 x 39																					
8	Módulo de gradas																					
9	Instalaciones																					
9.01	Instalaciones hidráulicas																					
9.02	Instalaciones sanitarias																					
9.03	Instalaciones electricas																					
8	Acabados																					
8.01	Aplicación de repello																					
8.02	Aplicación de cernido																					
8.03	Piso ceramico																					
8.04	Puertas de metal																					
8.05	Ventanas de aluminio																					

Continuación de tabla LXXXVIII.

No.	Etapas de construcción	Periodo de ejecución en meses y semanas																			
		11vo. Mes				12vo Mes				13vo. Mes				14vo. Mes				15vo. Mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares																				
1.01	Bodega																				
1.02	Trazo y estaqueado																				
2	Sustitución de suelo																				
2.01	Trazo																				
2.02	Excavación																				
2.03	Relleno y compactacion																				
2.04	Pruebas de densidad de Campo																				
3	Cimentación																				
3.01	Cimiento corrido																				
3.02	Zapata tipo Z1-1																				
3.03	Zapata tipo Z1-23																				
3.04	Zapata tipo Z2-1																				
3.05	Zapata tipo Z2-2																				
3.06	Zapata tipo Z3-1																				
3.07	Zapata tipo Z3-2																				
4	Columnas																				
4.01	Columnas C-1																				
4.02	Columnas C-2																				
4.03	Columnas C-3																				
4.04	Columnas C-4																				
4.05	Columnas C-5																				
4.06	Columnas C-6																				
4.07	Columnas C-7																				
5	Vigas																				
5.01	Vigas tipo A																				
5.02	Vigas Tipo B																				
5.03	Viga tipo C																				
5.04	Vigas Tipo D																				
5.05	Vigas tipo E																				
5.06	Vigas Tipo F																				
5.07	Vigas tipo G																				
5.08	Vigas Tipo H																				
5.09	Vigas tipo I																				
5.1	Vigas Tipo J																				
5.11	Vigas tipo K																				
5.12	Vigas Tipo L																				
5.13	Vigas tipo M																				
5.14	Vigas Tipo N																				
5.15	Vigas tipo O																				
5.16	Vigas Tipo P																				
5.17	Vigas tipo Q																				
5.18	Vigas Tipo R																				
6	Losas																				
7	Levantado de muros																				
7.01	Solera intermedia																				
7.02	Solera corona																				
7.03	Muro de 14 x 19 x 39																				
7.04	Muro de 9 x 19 x 39																				
8	Módulo de gradas																				
9	Instalaciones																				
9.01	Instalaciones hidráulicas																				
9.02	Instalaciones sanitarias																				
9.03	Instalaciones electricas																				
8	Acabados																				
8.01	Aplicación de repello																				
8.02	Aplicación de cernido																				
8.03	Piso ceramico																				
8.04	Puertas de metal																				
8.05	Ventanas de aluminio																				

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con base al diagnóstico de necesidades básicas e infraestructura realizado en el municipio de Chinique, se determinó que estas necesidades se encuentran orientadas hacia las áreas de infraestructura educacional (edificios educativos) y servicios básicos (agua potable), por lo que, tanto las autoridades municipales como las comunitarias deberán gestionar el financiamiento para ejecutar el proyecto lo más pronto posible.
2. El diseño del sistema de abastecimiento se realizó con base a las especificaciones descritas en la guía de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para áreas rurales, por lo tanto, por ninguna circunstancia se deberán modificar tanto los planos como las especificaciones técnicas.
3. Se realizó el análisis estructural de los tres módulos del edificio utilizando el método de Kani y comparándolas con el software ETABS 2015, obteniendo en la mayoría de vanos un error aproximado de 10 %, debido que el programa utiliza un método de análisis menos conservador, de tal forma, para efectos de diseño se utilizaron los resultados obtenidos del análisis por método de Kani.
4. El presupuesto de ambos proyectos se realizó tomando en cuenta los materiales y mano de obra del lugar. Además, con base a la magnitud del proyecto, se utilizó un factor de indirectos de 30 % para el sistema de abastecimiento y de 35 % para el edificio escolar.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Chinique, Quiché:

1. Ejecutar todas las obras en cumplimiento preciso de lo detallado en planos, ya que en muchos casos los criterios utilizados son mínimos, y cambiarlo sin supervisión técnica calificada podría afectar el funcionamiento óptimo de los proyectos.
2. Realizar una exhaustiva vigilancia de la calidad de agua de las fuentes, además de protegerlas con el fin de evitar que animales contaminen el área, asimismo reforestar con especies adecuadas el terreno en la cual se ubican las fuentes.
3. Previo a la construcción del edificio, realizar un sondeo dinámico (SPT) para confirmar que la solución dada es la más factible, evaluando nuevamente el sistema de cimentación por utilizar.
4. Contratar personal con experiencia en ejecución y supervisión, esto con el fin de garantizar, tanto la correcta construcción como también la seguridad laboral.
5. Previo a la contratación de ejecución, actualizar el presupuesto debido a que los precios cambian constantemente, principalmente, si los materiales se trasladan en largas distancias.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes del curso ingeniería sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 170 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de Seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 43 p.
3. BAZÁN, Enrique & MELI, Robert. *Diseño sísmico de edificios*. México: Cengage Learning, 2007. 300 p.
4. DAS, Braja M. *Fundamento de ingeniería de cimentaciones*. 7a ed. México: Cengage Learning, 2011. 796 p.
5. GONZALES CUEVAS, Oscar. *Análisis estructural*. Limusa, 2002. 200 p.
6. HIBBELER, Russell. C. *Análisis estructural*. 8a ed. México: Pearson, 2012. 664 p.
7. Instituto Americano del Concreto, comité 318. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318s-14)*. Estados Unidos: ACI, 2014. 587 p.
8. MCCORMAC, Jack C & BROWN, Rusell H. *Diseño de concreto reforzado*. 8a ed. México: Alfaomega, 2011. 724 p.

9. Ministerio de Salud Pública. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM, 2011. 63 p.
10. Ministerio de Educación. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. Guatemala: MINEDUC, 2016. 162 P.
11. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.
12. RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias para edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 129 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados hidráulicos de línea de conducción y red de distribución

TRAMOS DE DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN								
Tramo 1	Punto Inicial:	0+000	Punto Final:	0+560	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	500 m	Cota Final:	455.934 m	Hf (m):	7.63 m	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		560 m		Velocidad (m/s):		0.67	
Tramo 2	Punto Inicial:	0+560	Punto Final:	0+724.675	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	455.934 m	Cota Final:	477.506 m	Hf (m):	2.24	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		164.675 m		Velocidad (m/s):		0.67	
Tramo 3	Punto Inicial:	0+724.675	Punto Final:	1+053.671	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	477.506 m	Cota Final:	454.966 m	Hf (m):	4.48 m	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		328.996 m		Velocidad (m/s):		0.67	
Tramo 4	Punto Inicial:	1+053.671	Punto Final:	1 + 554.8	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	454.966 m	Cota Final:	347.26 m	Hf (m):	6.83 m	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		501.132 m		Velocidad (m/s):		0.67	
Paso aéreo 1	Punto Inicial:	1 + 554.80	Punto Final:	1 + 567.155	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	347.26 m	Cota Final:	347.26 m	Hf (m):	0.37	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		12.352 m		Velocidad (m/s):		0.68	
Tramo 5	Punto Inicial:	1+567.155	Punto Final:	1+747.152	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	347.26 m	Cota Final:	384.580 m	Hf (m):	2.45	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		179.997 m		Velocidad (m/s):		0.67	
Tramo 6	Punto Inicial:	1+747.152	Punto Final:	2 + 147.17	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	384.580 m	Cota Final:	344.464 m	Hf (m):	2.82	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		400.019 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Paso de zanjón	Punto Inicial:	2 + 147.17	Punto Final:	2 + 158.718	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	344.464 m	Cota Final:	344.464 m	Hf (m):	0.17	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		11.547 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 7	Punto Inicial:	2 + 158.718	Punto Final:	2 + 460	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	344.464 m	Cota Final:	366.67 m	Hf (m):	2.12	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		301.282 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 8	Punto Inicial:	2 + 460	Punto Final:	2 + 620	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	366.67 m	Cota Final:	328.95 m	Hf (m):	1.13	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		160 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 9	Punto Inicial:	2 + 620	Punto Final:	2 + 723.501	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	250psi
	Cota Inicial:	328.95 m	Cota Final:	279.07 m	Hf (m):	0.73	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		103.501		Velocidad (m/s):		0.51	
Paso aéreo 2	Punto Inicial:	2 + 723.501	Punto Final:	2 + 740	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	C40
	Cota Inicial:	279.07 m	Cota Final:	279.070 m	Hf (m):	0.25	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		16.499		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 10	Punto Inicial:	2 + 740	Punto Final:	2 + 926.835	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	250psi
	Cota Inicial:	279.070 m	Cota Final:	309.135 m	Hf (m):	1.32	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		186.968 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 11	Punto Inicial:	2 + 926.835	Punto Final:	3 + 348.371	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	250psi
	Cota Inicial:	309.135 m	Cota Final:	284.929 m	Hf (m):	2.97	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		421.536 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Paso aéreo 3	Punto Inicial:	3 + 348.371	Punto Final:	3 + 363.503	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	C40
	Cota Inicial:	284.929 m	Cota Final:	284.929 m	Hf (m):	0.23	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		15.132 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 12	Punto Inicial:	3 + 363.503	Punto Final:	3 + 444	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	250psi
	Cota Inicial:	284.929 m	Cota Final:	321.470 m	Hf (m):	0.57	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		80.497 m		Velocidad (m/s):		0.51	
Tramo 13	Punto Inicial:	3 + 444	Punto Final:	3 + 857.559	Ø a utilizar (pulg):	1 1/2	R.T.	160psi
	Cota Inicial:	321.470 m	Cota Final:	418.615 m	Hf (m):	2.91	Q _{dis} :	0.8 L/s
	Distancia entre puntos:		413.559 m		Velocidad (m/s):		0.51	

Continuación del apéndice 1.

TRAMOS DE DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN							
Tramo 14	Punto Inicial:	3+857.559	Punto Final:	4+085.254	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	418.615 m	Cota Final:	367.084 m	Hf (m):	1.93	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		227.70 m		Velocidad (m/s):		0.65
Paso aéreo 4	Punto Inicial:	4+085.254	Punto Final:	4+128.784	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	367.084 m	Cota Final:	367.084 m	Hf (m):	1.22	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		43.53 m		Velocidad (m/s):		0.65
Tramo 15	Punto Inicial:	4+128.784	Punto Final:	4+352.184	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	367.084 m	Cota Final:	322.899 m	Hf (m):	1.89	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		223.4 m		Velocidad (m/s):		0.65
Paso aéreo 5	Punto Inicial:	4+352.184	Punto Final:	4+396.12	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	322.899 m	Cota Final:	322.899 m	Hf (m):	1.23	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		43.93		Velocidad (m/s):		0.78
Tramo 16	Punto Inicial:	4+396.12	Punto Final:	4+503.374	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	322.899 m	Cota Final:	346.694 m	Hf (m):	0.91	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		107.258 m		Velocidad (m/s):		0.65
Tramo 17	Punto Inicial:	4+503.374	Punto Final:	4+780	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	346.694 m	Cota Final:	310.836 m	Hf (m):	2.34	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		276.626 m		Velocidad (m/s):		1.02
Tramo 18	Punto Inicial:	4+780	Punto Final:	4+919.268	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 250psi
	Cota Inicial:	310.836 m	Cota Final:	293.484 m	Hf (m):	1.47	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		139.268 m		Velocidad (m/s):		0.72
Paso aéreo 6	Punto Inicial:	4+919.268	Punto Final:	4+938.668	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 250psi
	Cota Inicial:	293.484 m	Cota Final:	293.484 m	Hf (m):	0.54	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		19.40 m		Velocidad (m/s):		0.78
Tramo 19	Punto Inicial:	4+938.668	Punto Final:	5+000	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 250psi
	Cota Inicial:	293.484 m	Cota Final:	311.35 m	Hf (m):	0.65	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		61.332 m		Velocidad (m/s):		0.72
Tramo 20	Punto Inicial:	5+000	Punto Final:	5+731.942	Ø a utilizar (pulg):	2	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	311.35 m	Cota Final:	356.089 m	Hf (m):	6.71	Q _{dis} : 1.59 L/s
	Distancia entre puntos:		793.274 m		Velocidad (m/s):		0.65
Ramal 1	Punto Inicial:	5+731.942	Punto Final:	5+837.462	Ø a utilizar (pulg):	1/2	R.T. 315psi
	Cota Inicial:	356.089 m	Cota Final:	351.828 m	Hf (m):	2.64	Q _{dis} : 0.15 L/s
	Distancia entre puntos:		105.52 m		Velocidad (m/s):		0.58
Ramal 2	Punto Inicial:	5+731.942	Punto Final:	5+917.703	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	356.089 m	Cota Final:	359.362 m	Hf (m):	4.72	Q _{dis} : 1.121 L/s
	Distancia entre puntos:		185.76 m		Velocidad (m/s):		0.94
Ramal 3	Punto Inicial:	5+917.703	Punto Final:	6 +436.036	Ø a utilizar (pulg):	1 1/4	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	359.362 m	Cota Final:	360.339 m	Hf (m):	6.1	Q _{dis} : 0.74 L/s
	Distancia entre puntos:		518.323 m		Velocidad (m/s):		0.62
Ramal 4	Punto Inicial:	5+917.703	Punto Final:	6+319.861	Ø a utilizar (pulg):	1	R.T. 250psi
	Cota Inicial:	359.362 m	Cota Final:	357.612 m	Hf (m):	4.63	Q _{dis} : 0.38 L/s
	Distancia entre puntos:		402.158 m		Velocidad (m/s):		0.53
Ramal 5	Punto Inicial:	6+319.861	Punto Final:	6+385.395	Ø a utilizar (pulg):	1/2	R.T. 315psi
	Cota Inicial:	357.612 m	Cota Final:	351.828 m	Hf (m):	1.64	Q _{dis} : 0.15 L/s
	Distancia entre puntos:		65.534 m		Velocidad (m/s):		0.58
Ramal 6	Punto Inicial:	6+385.395	Punto Final:	6+528.190	Ø a utilizar (pulg):	3/4	R.T. 160psi
	Cota Inicial:	351.828 m	Cota Final:	340.011 m	Hf (m):	3.28	Q _{dis} : 0.23 L/s
	Distancia entre puntos:		208.329 m		Velocidad (m/s):		0.53

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Tablas de resultados de pasos aéreos

Paso aéreo de 14 metros

Datos a utilizar			
$\varnothing_{\text{Tubo}}$ (pulg):	1 1/4	Longitud (m):	14
$W_{\text{tubo } 1\ 1/4''}$ (kg/m):	4,15	W_{agua} (kg/m):	0,6,53
W_{persona} (Lb):	175	L_{tubo} (m):	6
r_{agua} (kg/m ³):	1 000	Cedula _{tubo} :	40
$F'c$ (kg/cm ²):	210	$F'y$ (kg/cm ²):	2 810
r_{Concreto} (kg/m ³):	2 400	$r_{\text{Conciclopeo}}$ (kg/m ³):	2 700
Integración de cargas			
Carga viva (Lb/ft):	8,75	Carga muerta (Lb/ft):	3,32
W_{viento} (Lb/ft):	2,60	CU_{inicial} (Lb/ft):	19,52
Tensión del cable principal			
Flecha "d" (m):	1,17	$\varnothing_{\text{cablepropuesto}}$ (pulg):	3/8
W_{cable} (Lb/ft):			0,26
Carga muerta nueva (Lb/ft):			3,43
CU_{final} (Lb/ft):			19,89
$T_{\text{horizontal}}$ (Lb):			1370,21
$T_{\text{máxima}}$ (Lb):			1444,33
T_{vertical} (Lb):			456,74
$\varnothing_{\text{cableutilizar}}$ (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
Longitud de cables principales			
L_1 (m):	14,22	L_2 (m):	3,69
L_t (m):			24,84
Péndolas o Tirantes			
Separación _{péndolas} (m, ft):		1,5	4,92
Q_p (Lb):			97,87
$\varnothing_{\text{cableutilizar}}$ (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
No, Péndola	L_n	No, de Pendolas	L_T
Y_1 (m):	2,25	2	4,51
Y_2 (m):	1,91	2	3,83
Y_3 (m):	1,68	2	3,36
Y_4 (m):	1,56	2	3,11
Y_5 (m):	1,54	2	3,08
Total (15% adicionales por amarres y dobleces)			20,58
Columna de soporte			
Longitud _{Libre} (m):	2,70	Longitud _{Total} (m):	3,70
B_{col} (m):	0,3	H_{col} (m):	0,3
Inercia (cm ⁴):	67500	Radio de giro (m):	8,660254
Esbeltez:	62,35	Clasificación:	Intermedia
P_{cr} (Ton):			501,02
Refuerzo de la columna			

Continuación del apéndice 2.

Longitudinal			
%Propuesto:	1	A_{smin} (cm ²):	4,5
$\emptyset_{propuesto}$ (No.):	3	No,Varillas:	8
AreaVarilla (cm ²):	0,71	A_{sreal} (cm ²):	5,70
CU _{steel} (kg, Lb):		23187,79	10517,81
Tranversal			
$\emptyset_{propuesto}$ (No.):	2	Espaciamiento (cm):	15
Zapatas			
A_{zapata} (cm):	80	B_{zapata} (cm):	80
t_{zapata} (cm):		30	
Recubrimiento (cm):		7,5	
Factor de carga última			
F_{cu} :	1,61	C_{ss} (kg/m ²):	15780
Integración de cargas			
$T_{vertical}$ (Ton):	0,10	W_{col} (ton):	0,97
W_{suelo} (ton):	1,28	W_{propio} (ton):	0,46
W_{total} (ton):		2,81	
Pz/Az^2 (kg/m ²):		4,40	<15780
CU _{zapata} (kg/m ²):		7,09	
Chequeo de corte simple			
Peralte efectivo (cm):	22,02	Excentricidad (cm):	57,98
Corte actuante (Ton):	3,29	Corte resistente (Ton):	11,52753
Chequeo de corte por punzonamiento			
Corte actuante (Ton):	2,62	Corte resistente (Ton):	60,54
Cálculo de acero			
M_{ultimo} (kg-m):		221,55	
$A_{srequerido}$ (cm ²):	0,40	$A_{sminimo}$ (cm ²):	4,40
$A_{sutilizado}$ (cm ²):		4,40	
$\emptyset_{propuesto}$ (No.):	3	AreaVarilla (cm ²):	0,712557
No, Varillas:	7	A_{sreal} (cm ²):	4,987902
Anclaje			
Inclinación del cable (°):	14	T_{maxima} (Ton):	0,66
Tensión en X (Ton):	0,318	Tensión en Y (Ton):	0,079
Coe, Pasivo (Kp):	1,64	Coe, Activo (Ka):	0,610407
Presión pasiva (Ton):	1,458	Presión activa (Ton):	0,543262
Chequeo contra volteo			
$M_{resistentes}$ (Ton-m):	1,836	$M_{actuantes}$ (Ton-m):	0,607408
Factor de volteo:		3,023	>1,5
Chequeo por deslizamiento			
Cfs:		0,220	
Factor de deslizamiento:		2,363	>1,5

Continuación del apéndice 2.

Paso aéreo de 17,50 metros

Datos a utilizar			
$\varnothing_{\text{Tubo}}$ (pulg):	1 1/2	Longitud (m):	17
$W_{\text{tub1 1/4"}}$ (kg/m):	4,95	W_{agua} (kg/m):	0,77
W_{persona} (Lb):	175	L_{tubo} (m):	6
γ_{agua} (kg/m ³):	1 000	Cedula _{tubo} :	40
$F'c$ (kg/cm ²):	210	$F'y$ (kg/cm ²):	2 810
γ_{Concreto} (kg/m ³):	2 400	$\gamma_{\text{Conciclopeo}}$ (kg/m ³):	2 700
Integración de cargas			
Carga viva (Lb/ft):	8,75	Carga muerta (Lb/ft):	4,09
W_{viento} (Lb/ft):	3,13	CU_{inicial} (Lb/ft):	20,60
Tensión del cable principal			
Flecha "d" (m):	1,42	$\varnothing_{\text{cablepropuesto}}$ (pulg):	3/8
W_{cable} (Lb/ft):			0,26
Carga muerta nueva (Lb/ft):			3,43
CU_{final} (Lb/ft):			20,97
$T_{\text{horizontal}}$ (Lb):			1754,20
$T_{\text{máxima}}$ (Lb):			1849,09
T_{vertical} (Lb):			584,73
$\varnothing_{\text{cableutilizar}}$ (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
Longitud de cables principales			
L_1 (m):	17,22	L_2 (m):	4,48
L_t (m):			30,11
Péndolas o Tirantes			
Separación péndolas (m, ft):		1,75	4,92
Q_p (Lb):			120,39
$\varnothing_{\text{cableutilizar}}$ (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
No, Péndola	L_n	No, de Péndolas	L_T
Y_1 (m):	2,68	2	5,35
Y_2 (m):	2,27	2	4,55
Y_3 (m):	1,99	2	3,98
Y_4 (m):	1,83	2	3,65
Y_5 (m):	1,78	2	3,57
Total (15% adicionales por amarres y dobleces)			24,27

Continuación del apéndice 2.

Columna de soporte			
Longitud _{Libre} (m):	3,20	Longitud _{Total} (m):	4,20
B _{col} (m):	0,3	H _{col} (m):	0,3
Inercia (cm ⁴):	67500	Radio de giro (m):	8,660254
Esbeltez:	73,9	Clasificación:	Intermedia
P _{cr} (Ton):	356,68		
Refuerzo de la columna			
Longitudinal			
%Propuesto:	1	A _{smin} (cm ²):	4,5
Ø _{propuesto} (No.):	3	No _{,Varillas} :	8
Area _{Varilla} (cm ²):	0,71	A _{sreal} (cm ²):	5,70
CU _{steel} (kg, Lb):	23187,79		10517,81
Tranversal			
Ø _{propuesto} (No.):	2	Espaciamiento (cm):	15
Zapatas			
A _{zapata} (cm):	80	B _{zapata} (cm):	80
t _{zapata} (cm):	30		
Recubrimiento (cm):	7,5		
Factor de carga última			
F _{cu} :	1,60	C _{ss} (kg/m ²):	15780
Integración de cargas			
T _{vertical} (Ton):	0,13	W _{col} (ton):	1,08
W _{suelo} (ton):	1,28	W _{propio} (ton):	0,46
W _{total} (ton):	2,95		
Pz/Az ² (kg/m ²):	4,61		<15780
CU _{zapata} (kg/m ²):	7,38		
Chequeo de corte simple			
Peralte efectivo (cm):	22,02	Excentricidad (cm):	57,98
Corte actuante (Ton):	3,42	Corte resistente (Ton):	11,52753
Chequeo de corte por punzonamiento			
Corte actuante (Ton):	2,72	Corte resistente (Ton):	60,54
Cálculo de acero			
M _{último} (kg-m):	230,54		
A _{srequerido} (cm ²):	0,41	A _{sminimo} (cm ²):	4,40
A _{sutilizado} (cm ²):	4,40		
Ø _{propuesto} (No.):	3	Area _{Varilla} (cm ²):	0,712557
No _{,Varillas} :	7	A _{sreal} (cm ²):	4,987902

Continuación del apéndice 2.

Anclaje			
Inclinación del cable (°):	10	T _{máxima} (Ton):	0,84
Tensión en X (Ton):	0,413	Tensión en Y (Ton):	0,073
Coe, Pasivo (Kp):	1,42	Coe, Activo (Ka):	0,704088
Presión pasiva (Ton):	1,264	Presión activa (Ton):	0,626638
Chequeo contra volteo			
M _{resistentes} (Ton-m):	1,771	M _{actuantes} (Ton-m):	0,722861
Factor de volteo:		2,450	>1,5
Chequeo por deslizamiento			
Cfs:		0,157	
Factor de deslizamiento:		1,613	>1,5

Paso aéreo de 20 metros

Datos a utilizar			
∅ _{Tubo} (pulg):	2	Longitud (m):	20
W _{tub1 1/4"} (kg/m):	6,49	W _{agua} (kg/m):	1,36
W _{persona} (Lb):	175	L _{tubo} (m):	6
γ _{agua} (kg/m ³):	1000	Cedula _{tubo} :	40
F'c (kg/cm ²):	210	F'y (kg/cm ²):	2810
γ _{Concreto} (kg/m ³):	2400	γ _{Conciclopeo} (kg/m ³):	2700
Integración de cargas			
Carga viva (Lb/ft):	8,75	Carga muerta (Lb/ft):	5,72
W _{viento} (Lb/ft):	4,17	CU _{inicial} (Lb/ft):	22,89
Tensión del cable principal			
Flecha "d" (m):	1,67	∅ _{cablepropuesto} (pulg):	3/8
W _{cable} (Lb/ft):			0,26
Carga muerta nueva (Lb/ft):			3,43
CU _{final} (Lb/ft):			23,25
T _{horizontal} (Lb):			2288,43
T _{máxima} (Lb):			2412,21
T _{vertical} (Lb):			762,81
∅ _{cableutilizar} (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11 155,00
Longitud de cables principales			
L ₁ (m):	20,22	L ₂ (m):	5,27
L _t (m):			35,38

Continuación del apéndice 2.

Péndolas o Tirantes			
Separación _{péndolas} (m, ft):		2	4,92
Q _p (Lb):		152,56	
Ø _{cableutilizar} (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
No, Péndola	L _n	No, de Péndolas	L _T
Y ₁ (m):	3,10	2	6,20
Y ₂ (m):	2,63	2	5,27
Y ₃ (m):	2,30	2	4,60
Y ₄ (m):	2,10	2	4,20
Y ₅ (m):	2,03	2	4,07
Total (15% adicionales por amarres y dobleces)			27,98
Columna de soporte			
Longitud _{Libre} (m):	3,70	Longitud _{Total} (m):	5,20
B _{col} (m):	0,3	H _{col} (m):	0,3
Inercia (cm ⁴):	67500	Radio de giro (m):	8,660254
Esbeltez:	85,45	Clasificación:	Intermedia
P _{cr} (Ton):		266,79	
Refuerzo de la columna			
Longitudinal			
%Propuesto:	1	A _{smin} (cm ²):	4,5
Ø _{propuesto} (No ₃):	3	No _{Varillas} :	8
Area _{Varilla} (cm ²):	0,71	A _{sreal} (cm ²):	5,70
CU _{steel} (kg, Lb):		23187,79	10517,81
Transversal			
Ø _{propuesto} (No ₃):	2	Espaciamiento (cm):	15
Zapatas			
A _{zapata} (cm):	80	B _{zapata} (cm):	80
t _{zapata} (cm):		30	
Recubrimiento (cm):		7,5	
Factor de carga última			
F _{cu} :	1,58	C _{ss} (kg/m ²):	15780
Integración de cargas			
T _{vertical} (Ton):	0,17	W _{col} (ton):	1,18
W _{suelo} (ton):	1,28	W _{propio} (ton):	0,46
W _{total} (ton):		3,10	
Pz/Az ² (kg/m ²):		4,84	<15780
CU _{zapata} (kg/m ²):		7,64	

Continuación del apéndice 2.

Chequeo de corte simple			
Peralte efectivo (cm):	22,02	Excentricidad (cm):	57,98
Corte actuante (Ton):	3,54	Corte resistente (Ton):	11,52753
Chequeo de corte por punzonamiento			
Corte actuante (Ton):	2,82	Corte resistente (Ton):	60,54
Cálculo de acero			
$M_{\text{último}}$ (kg-m):		238,78	
$A_{\text{srequerido}}$ (cm ²):	0,43	A_{sminimo} (cm ²):	4,40
$A_{\text{sutilizado}}$ (cm ²):		4,40	
$\emptyset_{\text{propuesto}}$ (No.):	3	Area _{Varilla} (cm ²):	0,712557
No. _{Varillas} :	7	A_{sreal} (cm ²):	4,987902
Anclaje			
Inclinación del cable (°):	38	$T_{\text{máxima}}$ (Ton):	1,09
Tensión en X (Ton):	0,431	Tensión en Y (Ton):	0,337
Coe, Pasivo (Kp):	4,20	Coe, Activo (Ka):	0,237883
Presión pasiva (Ton):	3,741	Presión activa (Ton):	0,211716
Chequeo contra volteo			
$M_{\text{resistentes}}$ (Ton-m):	2,597	$M_{\text{actuantes}}$ (Ton-m):	0,727253
Factor de volteo:		3,571	>1,5
Chequeo por deslizamiento			
Cfs:		0,597	
Factor de deslizamiento:		8,015	>1,5

Paso aéreo de 24 metros

Datos a utilizar			
\emptyset_{Tubo} (pulg):	1 1/2	Longitud (m):	24
$W_{\text{tub1 1/4"}}$ (kg/m):	4,95	W_{agua} (kg/m):	0,77
W_{persona} (Lb):	175	L_{tubo} (m):	6
γ_{agua} (kg/m ³):	1000	Cedula _{tubo} :	40
F'c (kg/cm ²):	210	F'y (kg/cm ²):	2810
γ_{Concreto} (kg/m ³):	2400	$\gamma_{\text{Conciclopeo}}$ (kg/m ³):	2700
Integración de cargas			
Carga viva (Lb/ft):	8,75	Carga muerta (Lb/ft):	4,09
W_{viento} (Lb/ft):	3,13	CU _{inicial} (Lb/ft):	20,60
Tensión del cable principal			
Flecha "d" (m):	2,00	$\emptyset_{\text{cablepropuesto}}$ (pulg):	3/8
W_{cable} (Lb/ft):		0,26	
Carga muerta nueva (Lb/ft):		3,43	
CU _{final} (Lb/ft):		20,97	

Continuación del apéndice 2.

T _{horizontal} (Lb):		2476,51	
T _{máxima} (Lb):		2610,47	
T _{vertical} (Lb):		825,50	
Ø _{cableutilizar} (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
Longitud de cables principales			
L ₁ (m):	24,22	L ₂ (m):	6,32
L _t (m):		42,40	
Péndolas o Tirantes			
Separación _{péndolas} (m, ft):		2	4,92
Q _p (Lb):		137,58	
Ø _{cableutilizar} (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155
No, Péndola	L _n	No, de Péndolas	L _T
Y ₁ (m):	3,39	2	6,78
Y ₂ (m):	2,89	2	5,78
Y ₃ (m):	2,50	2	5,00
Y ₄ (m):	2,22	2	4,44
Y ₅ (m):	2,06	2	4,11
Y ₆ (m):	2,00	2	4,00
Total (15% adicionales por amarres y dobleces)			34,63
Columna de soporte			
Longitud _{Libre} (m):	4,00	Longitud _{Total} (m):	5,50
B _{col} (m):	0,3	H _{col} (m):	0,3
Inercia (cm ⁴):	67500	Radio de giro (m):	8,660254
Esbeltez:	92,38	Clasificación:	Intermedia
P _{cr} (Ton):		228,28	
Refuerzo de la columna			
Longitudinal			
%Propuesto:	1	A _{smin} (cm ²):	4,5
Ø _{propuesto} (No.):	3	No, _{Varillas} :	8
Area _{varilla} (cm ²):	0,71	A _{sreal} (cm ²):	5,70
CU _{steel} (kg, Lb):		23187,79	10517,81
Transversal			
Ø _{propuesto} (No.):	2	Espaciamiento (cm):	15
Zapatas			
A _{zapata} (cm):	80	B _{zapata} (cm):	80
t _{zapata} (cm):		30	
Recubrimiento (cm):		7,5	

Continuación del apéndice 2.

Factor de carga última			
F_{cu} :	1,60	Css (kg/m ²):	15780
Integración de cargas			
$T_{vertical}$ (Ton):	0,19	W_{col} (ton):	1,25
W_{suelo} (ton):	1,28	W_{propio} (ton):	0,46
W_{total} (ton):	3,18		
Pz/Az^2 (kg/m ²):	4,97		<15780
CU_{zapata} (kg/m ²):	7,95		
Chequeo de corte simple			
Peralte efectivo (cm):	22,02	Excentricidad (cm):	57,98
Corte actuante (Ton):	3,69	Corte resistente (Ton):	11,52753
Chequeo de corte por punzonamiento			
Corte actuante (Ton):	2,93	Corte resistente (Ton):	60,54
Cálculo de acero			
$M_{último}$ (kg-m):	248,31		
$A_{srequerido}$ (cm ²):	0,45	$A_{sminimo}$ (cm ²):	4,40
$A_{sutilizado}$ (cm ²):	4,40		
$\emptyset_{propuesto}$ (No.):	3	Area _{Varilla} (cm ²):	0,712557
No _{,Varillas} :	7	A_{sreal} (cm ²):	4,987902
Anclaje			
Inclinación del cable (°):	20	$T_{máxima}$ (Ton):	1,18
Tensión en X (Ton):	0,556	Tensión en Y (Ton):	0,202
Coe, Pasivo (Kp):	2,04	Coe, Activo (Ka):	0,490291
Presión pasiva (Ton):	1,815	Presión activa (Ton):	0,436359
Chequeo contra volteo			
$M_{resistentes}$ (Ton-m):	1,955	$M_{actuantes}$ (Ton-m):	0,839791
Factor de volteo:	2,328		>1,5
Chequeo por deslizamiento			
Cfs:	0,314		
Factor de deslizamiento:	2,619		>1,5

Paso aéreo de 45 metros

Datos a utilizar			
\emptyset_{Tubo} (pulg):	2	Longitud (m):	45
$W_{tub1\ 1/4''}$ (kg/m):	6,49	W_{agua} (kg/m):	1,36
$W_{persona}$ (Lb):	175	L_{tubo} (m):	6
γ_{agua} (kg/m ³):	1000	Cedula _{tubo} :	40
$F'c$ (kg/cm ²):	210	$F'y$ (kg/cm ²):	2810
$\gamma_{Concreto}$ (kg/m ³):	2400	$\gamma_{Conciclopeo}$ (kg/m ³):	2700

Continuación del apéndice 2.

Integración de cargas			
Carga viva (Lb/ft):	8,75	Carga muerta (Lb/ft):	5,72
W_{viento} (Lb/ft):	4,17	$CU_{inicial}$ (Lb/ft):	22,89
Tensión del cable principal			
Flecha "d" (m):	3,75	$\varnothing_{cablepropuesto}$ (pulg):	3/8
W_{cable} (Lb/ft):			0,26
Carga muerta nueva (Lb/ft):			3,43
CU_{final} (Lb/ft):			23,25
$T_{horizontal}$ (Lb):			5148,96
$T_{máxima}$ (Lb):			5427,48
$T_{vertical}$ (Lb):			1716,32
$\varnothing_{cableutilizar}$ (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
Longitud de cables principales			
L_1 (m):	45,22	L_2 (m):	11,86
L_t (m):			79,28
Péndolas o Tirantes			
Separación péndolas (m, ft):		1,9	4,92
Q_p (Lb):			144,93
$\varnothing_{cableutilizar}$ (pulg):	3/8	Tensión (Lb):	11155,00
No, Péndola	L_n	No, de Péndolas	L_T
Y_1 (m):	5,09	2	10,19
Y_2 (m):	4,54	2	9,08
Y_3 (m):	4,04	2	8,08
Y_4 (m):	3,59	2	7,19
Y_5 (m):	3,20	2	6,40
Y_6 (m):	2,86	2	5,73
Y_7 (m):	2,58	2	5,15
Y_8 (m):	2,34	2	4,69
Y_9 (m):	2,17	2	4,33
Y_{10} (m):	2,04	2	4,08
Y_{11} (m):	1,97	2	3,94
Y_{12} (m):	1,95	2	3,90
Total (15% adicionales por amarres y dobleces)			83,68
Columna de soporte			
Longitud _{Libre} (m):	5,70	Longitud _{Total} (m):	7,20
B_{col} (m):	0,5	H_{col} (m):	0,5
Inercia (cm ⁴):	5E+05	Radio de giro (m):	14,43376
Esbeltez:	78,98	Clasificación:	Intermedia

Continuación del apéndice 2.

P _{cr} (Ton):		867,41	
Refuerzo de la columna			
Longitudinal			
%Propuesto:	1	A _{smin} (cm ²):	12,5
Ø _{propuesto} (No.):	5	No, _{Varillas} :	8
Area _{Varilla} (cm ²):	1,98	A _{sreal} (cm ²):	15,83
CU _{steel} (kg, Lb):		64410,53	29216,13
Transversal			
Ø _{propuesto} (No.):	2	Espaciamiento (cm):	15
Zapatas			
A _{zapata} (cm):	120	B _{zapata} (cm):	120
t _{zapata} (cm):		40	
Recubrimiento (cm):		7,5	
Factor de carga última			
F _{cu} :	1,58	C _{ss} (kg/m ²):	15780
Integración de cargas			
T _{vertical} (Ton):	0,39	W _{col} (ton):	3,80
W _{suelo} (ton):	3,42	W _{propio} (ton):	1,38
W _{total} (ton):		8,99	
Pz/Az ² (kg/m ²):		6,25	<15780
CU _{zapata} (kg/m ²):		9,86	
Chequeo de corte simple			
Peralte efectivo (cm):	32,02	Excentricidad (cm):	87,98
Corte actuante (Ton):	10,41	Corte resistente (Ton):	25,14249
Chequeo de corte por punzonamiento			
Corte actuante (Ton):	9,08	Corte resistente (Ton):	121,86
Cálculo de acero			
M _{último} (kg-m):		603,69	
A _{srequerido} (cm ²):	0,75	A _{sminimo} (cm ²):	6,40
A _{sutilizado} (cm ²):		6,40	
Ø _{propuesto} (No.):	3	Area _{Varilla} (cm ²):	0,712557
No, _{Varillas} :	9	A _{sreal} (cm ²):	6,413017
Anclaje			
Inclinación del cable (°):	49	T _{máxima} (Ton):	2,46
Tensión en X (Ton):	0,808	Tensión en Y (Ton):	0,929
Coe, Pasivo (Kp):	7,15	Coe, Activo (Ka):	0,13979
Presión pasiva (Ton):	6,367	Presión activa (Ton):	0,124413

Continuación del apéndice 2.

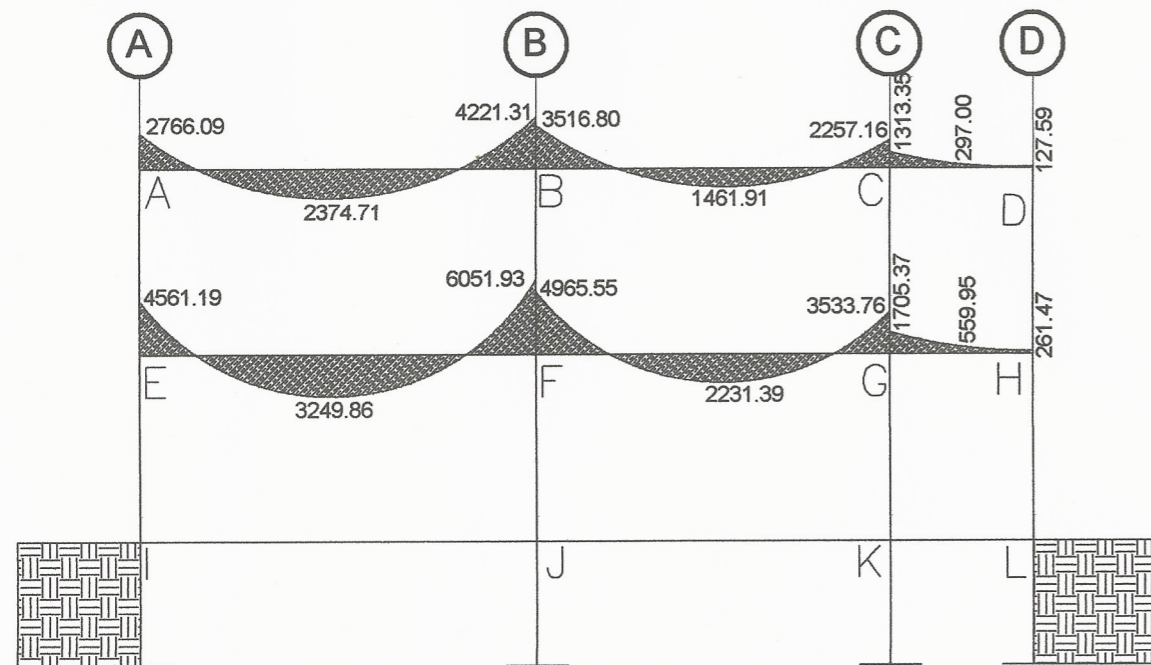
Chequeo contra volteo			
$M_{resistentes}$ (Ton-m):	3,472	$M_{actuantes}$ (Ton-m):	1,455603
Factor de volteo:		2,385	>1,5
Chequeo por deslizamiento			
C_{fs} :		0,770	
Factor de deslizamiento:		8,294	>1,5

Fuente: elaboración propia

Apéndice 3. **Diagramas de momentos generados por carga viva,
muerta y sismo**

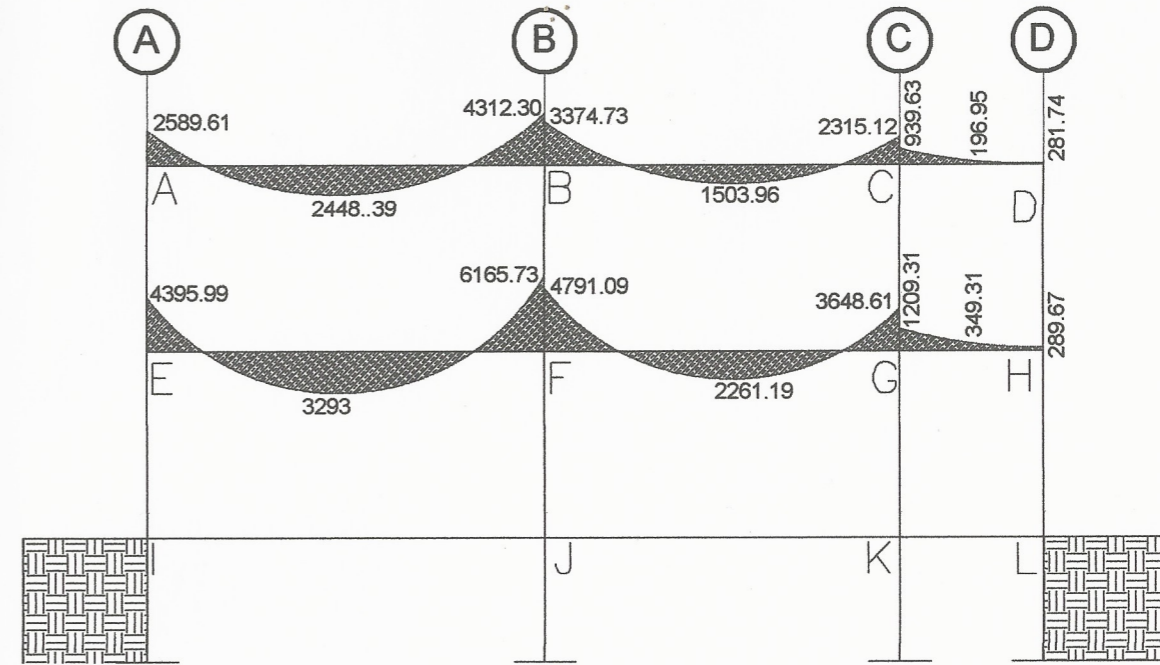
Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Anexo 5.1: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



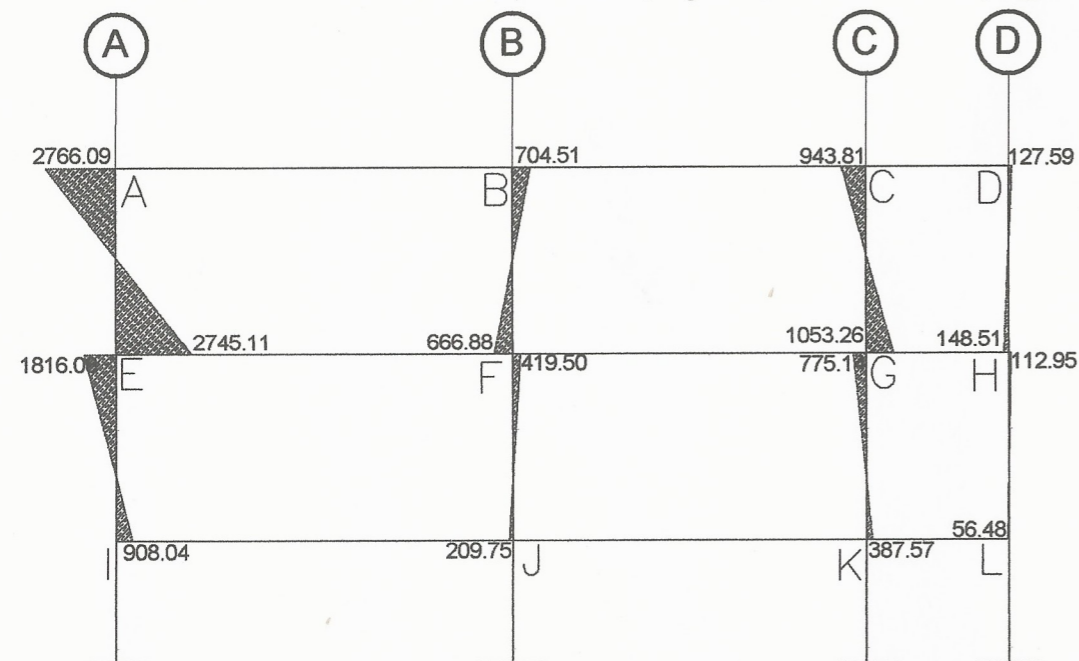
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 5.2: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



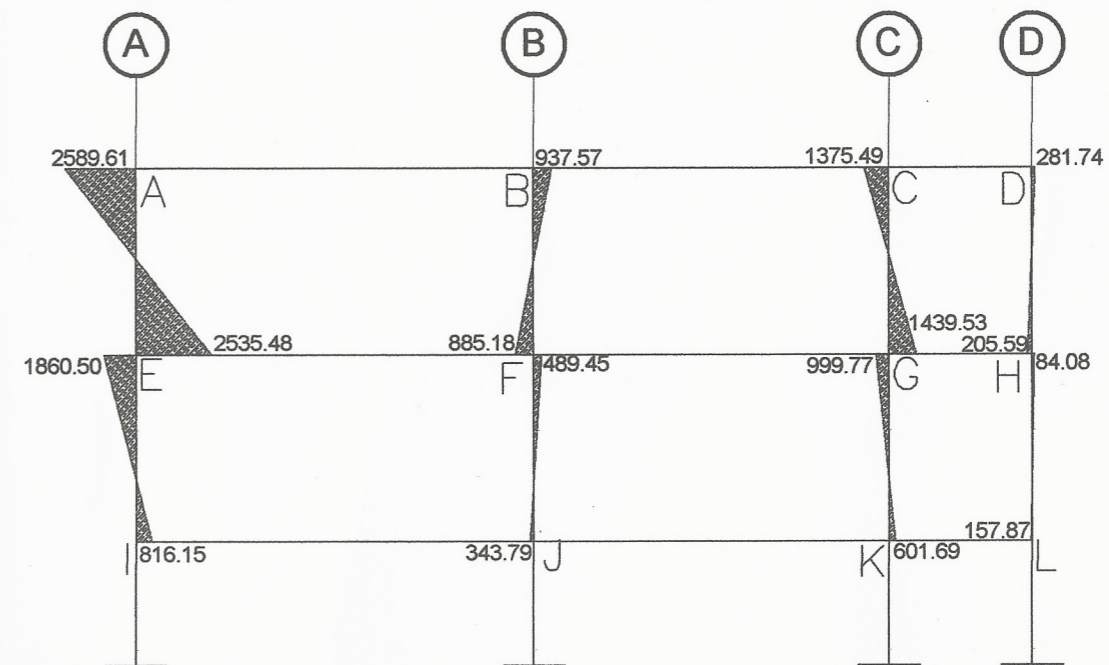
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.3: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



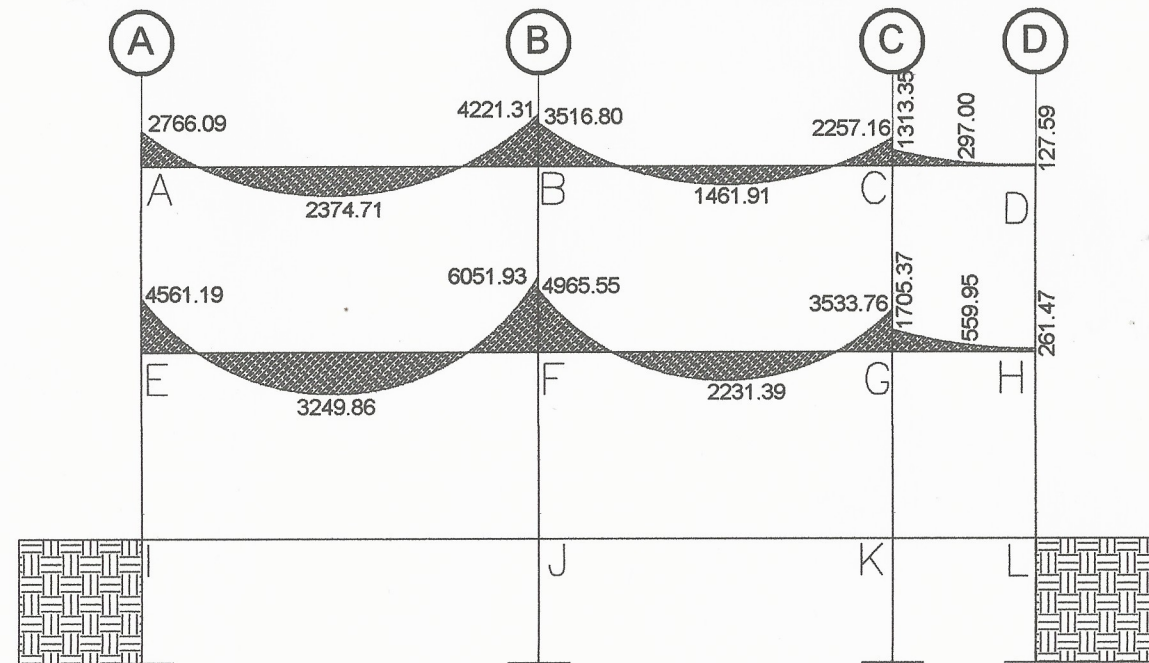
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 5.4: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



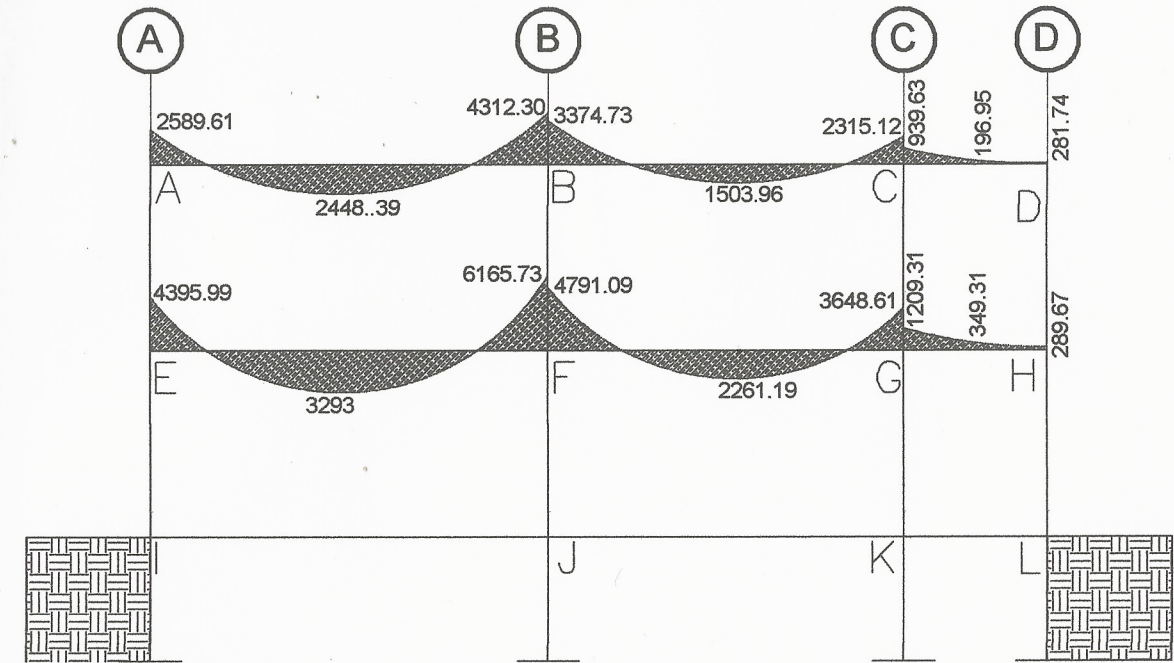
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.1: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



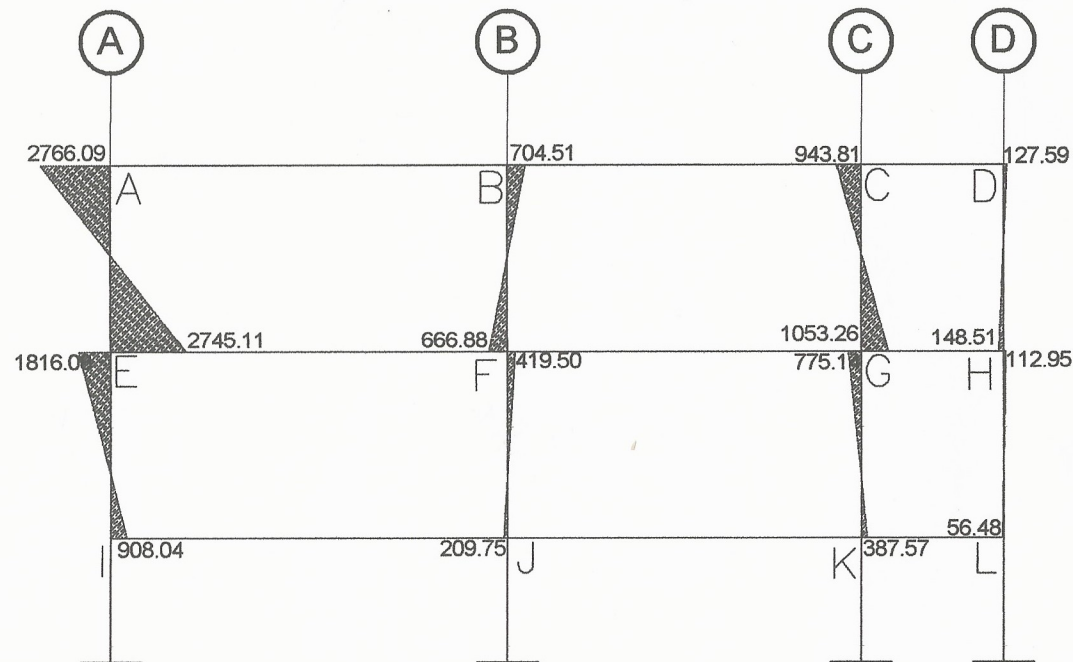
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 5.2: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



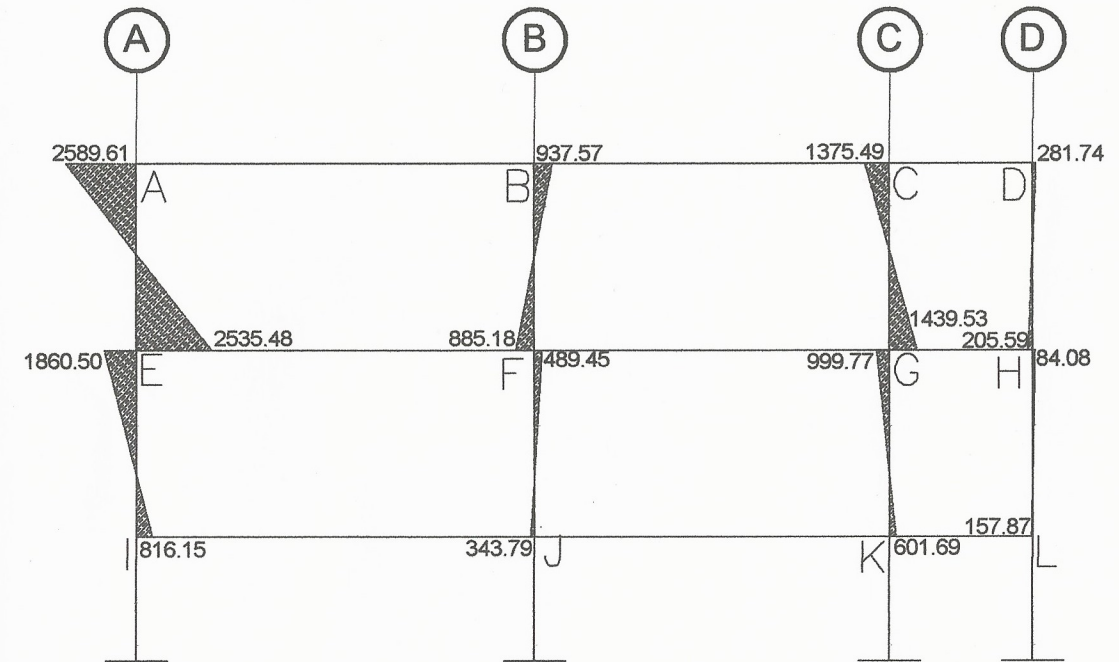
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.3: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



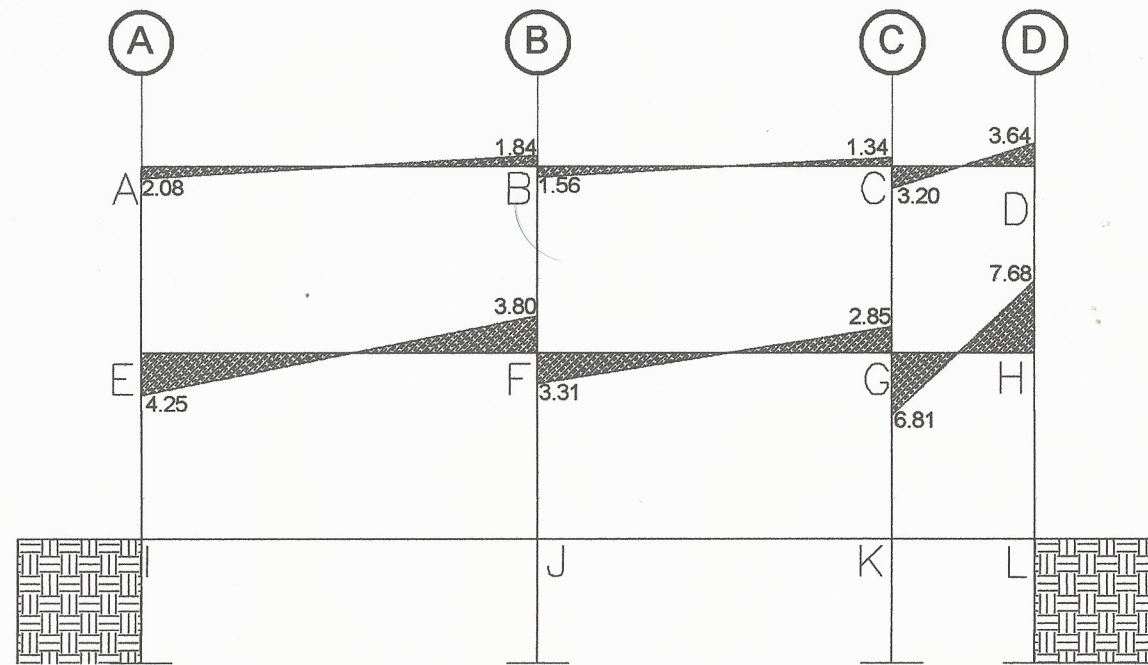
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 5.4: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



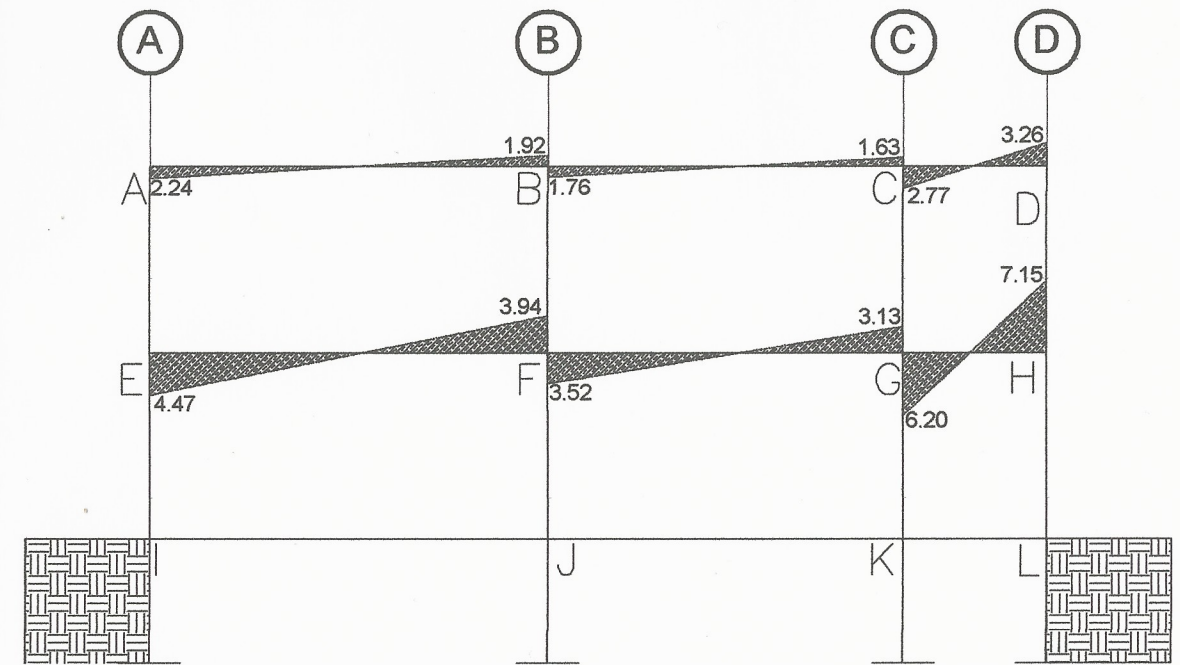
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.9: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



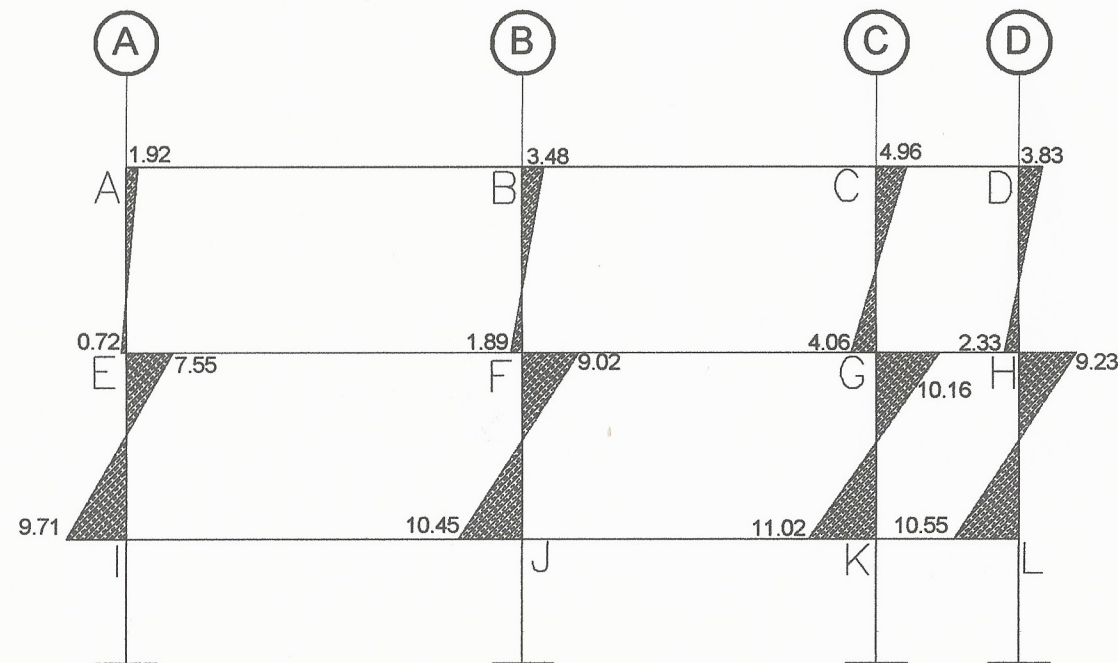
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.10: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



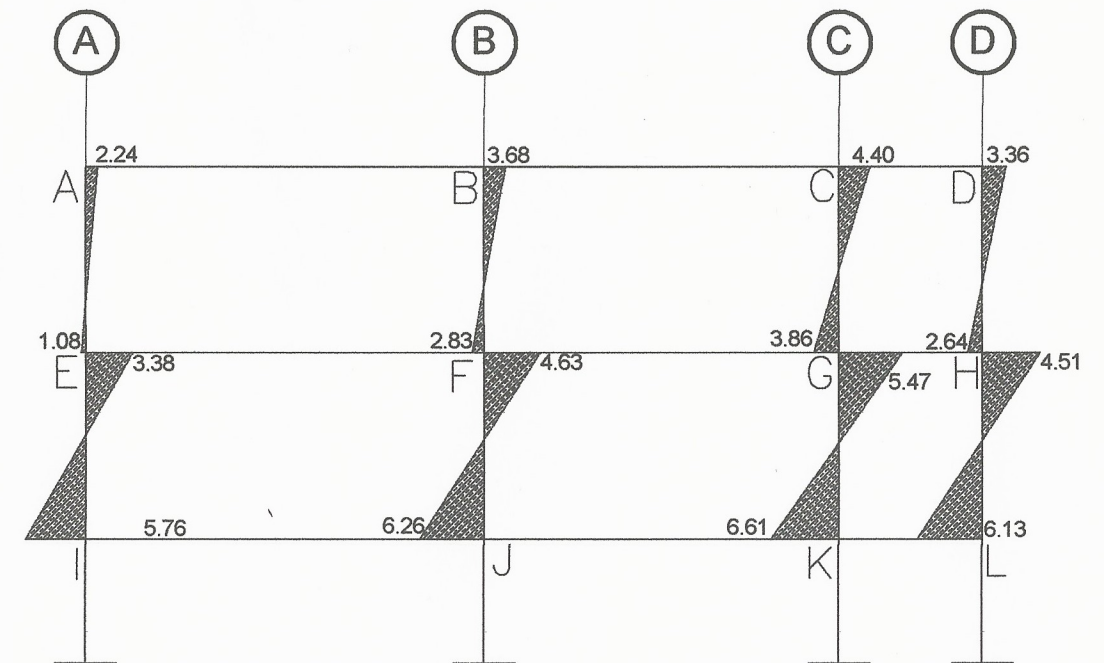
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.11: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



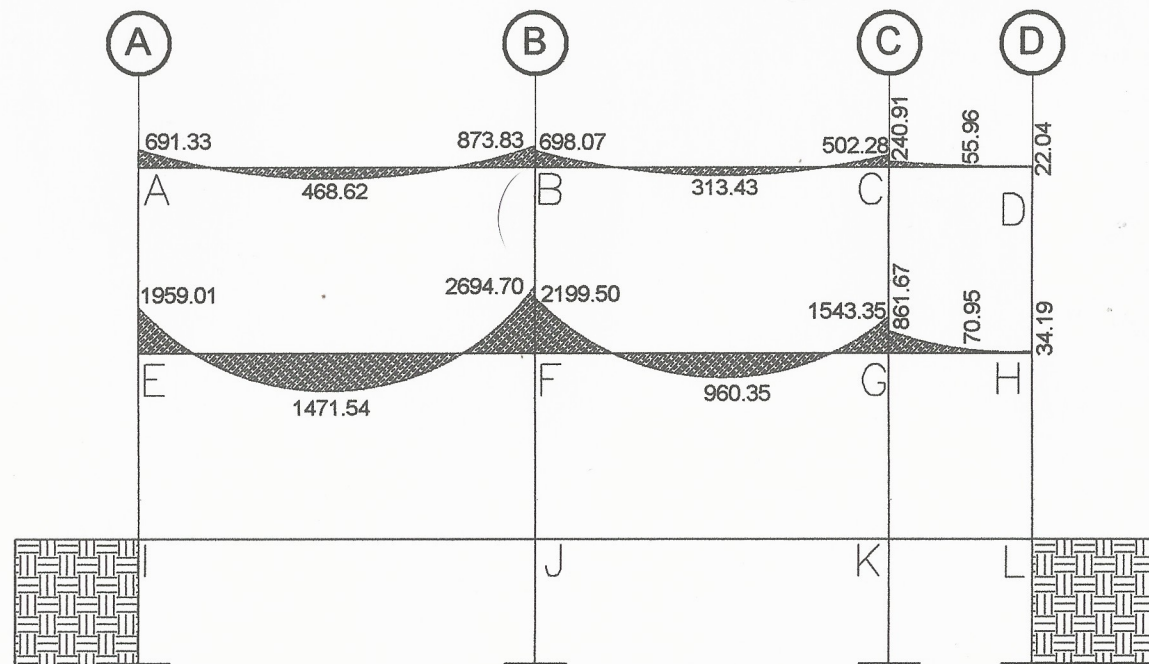
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.12: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



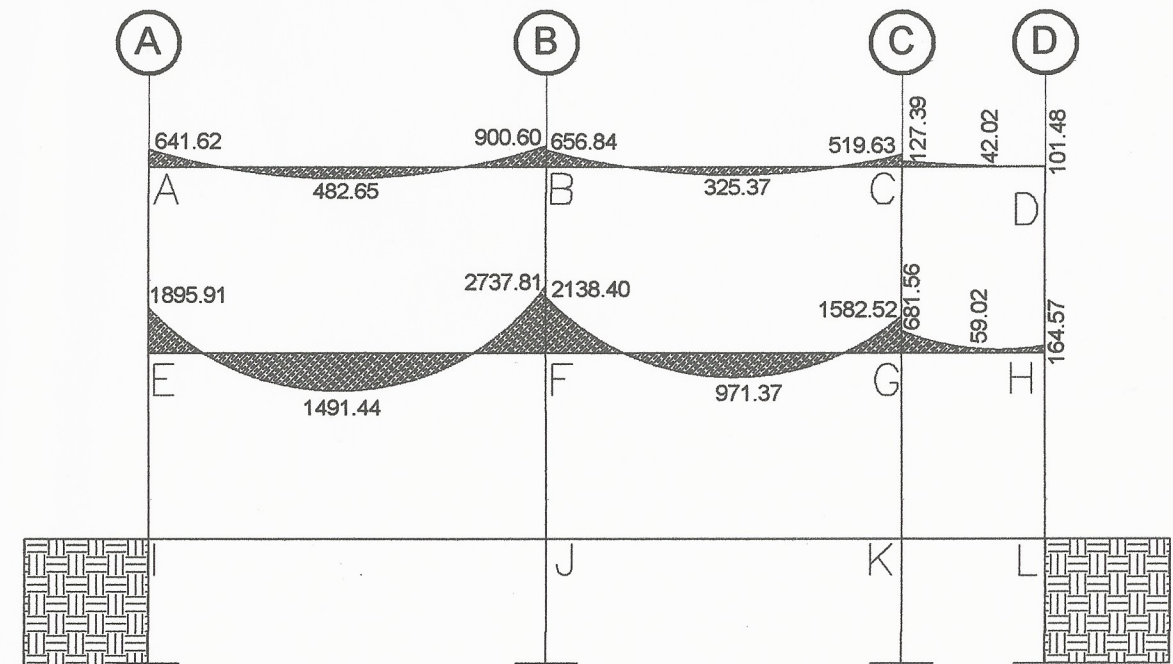
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.5: Momentos generados por carga viva en vigas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



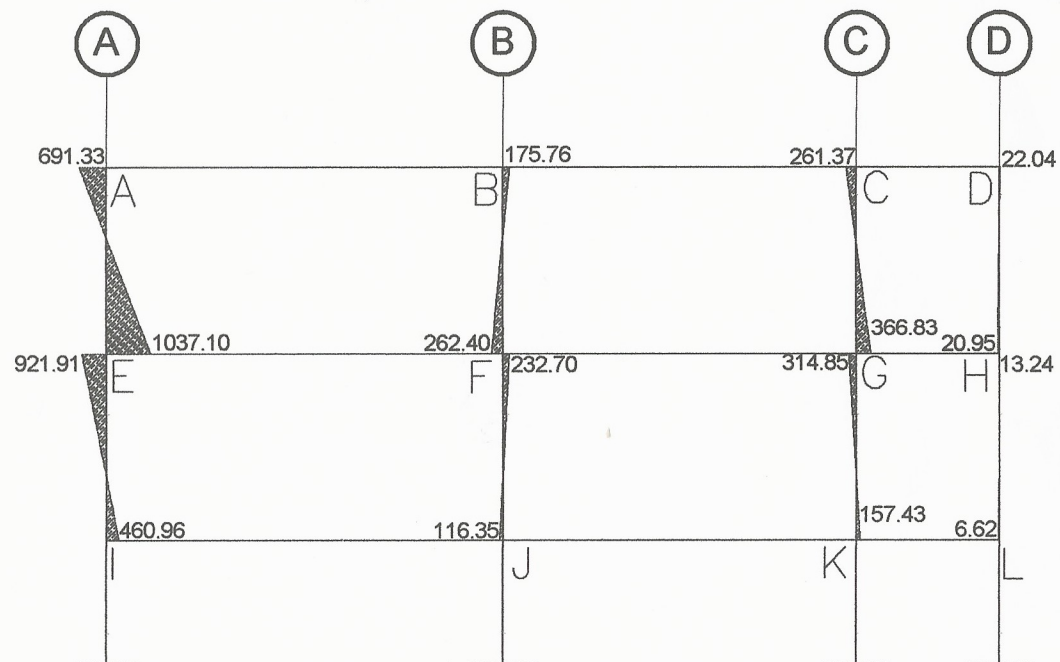
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.6: Momentos generados por carga viva en vigas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



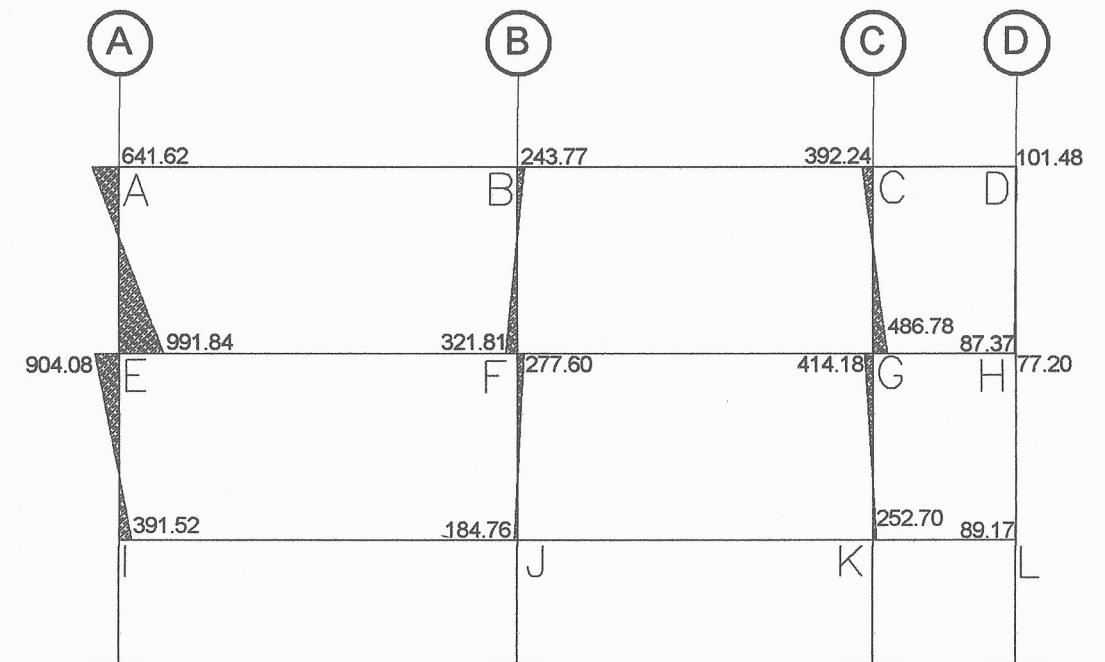
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.7: Momentos generados por carga viva en columnas mediante Kani, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



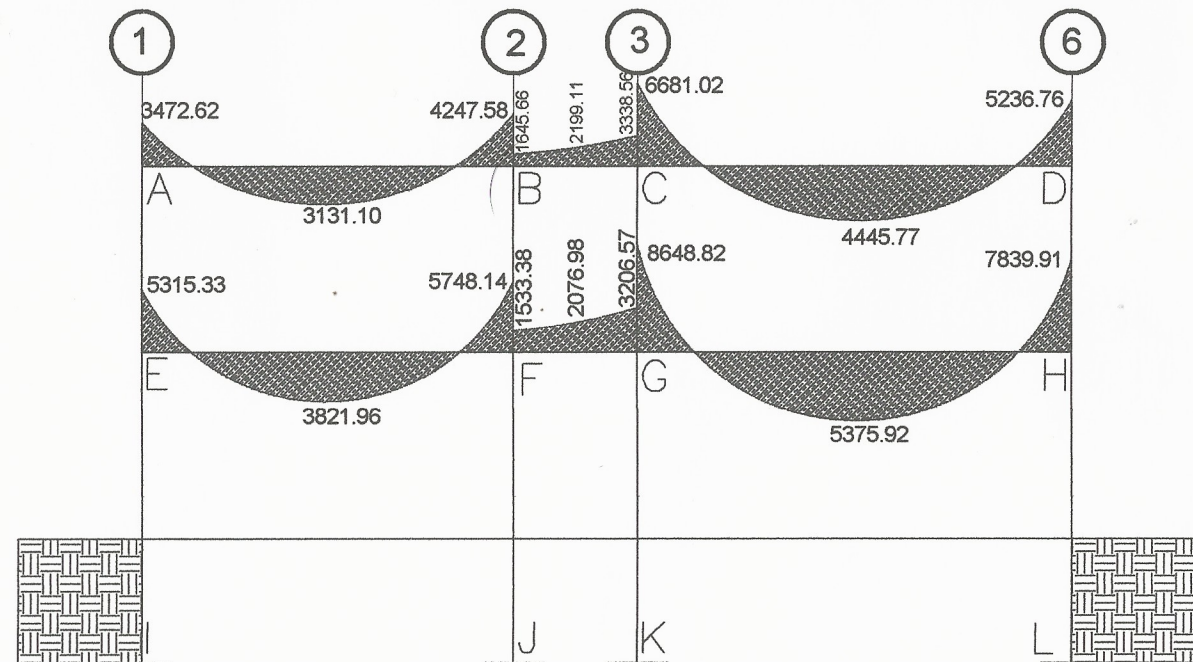
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.8: Momentos generados por carga viva en columnas mediante ETABS, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



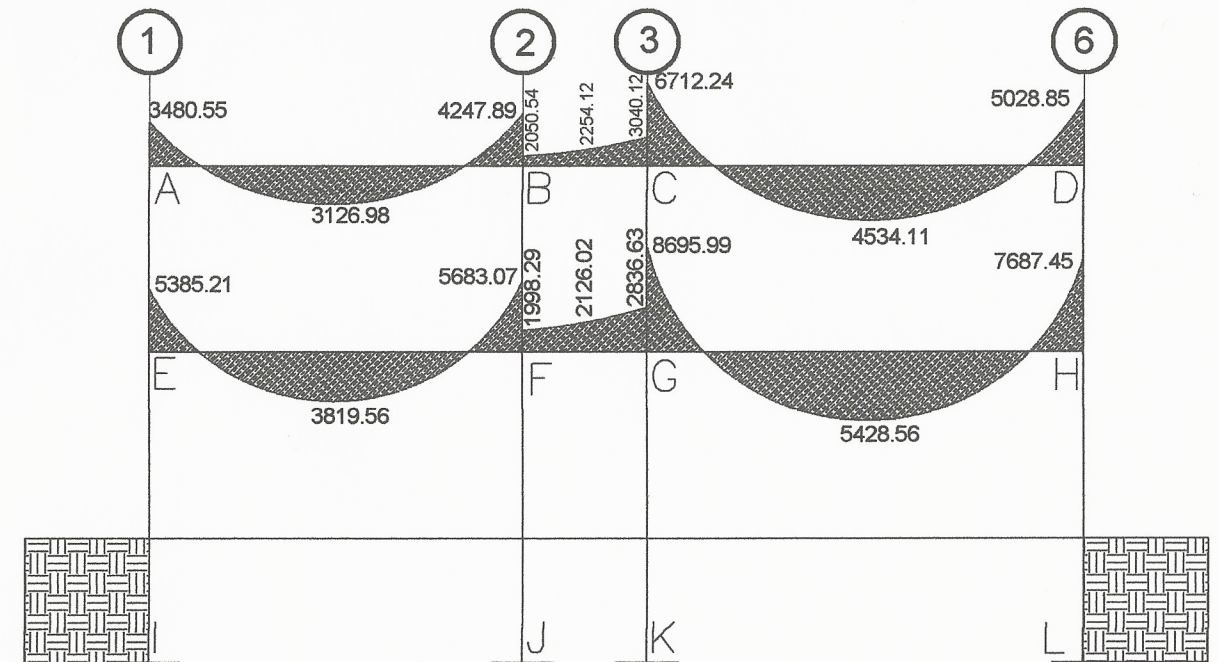
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.13: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje B, módulo 1 (Kg-m)



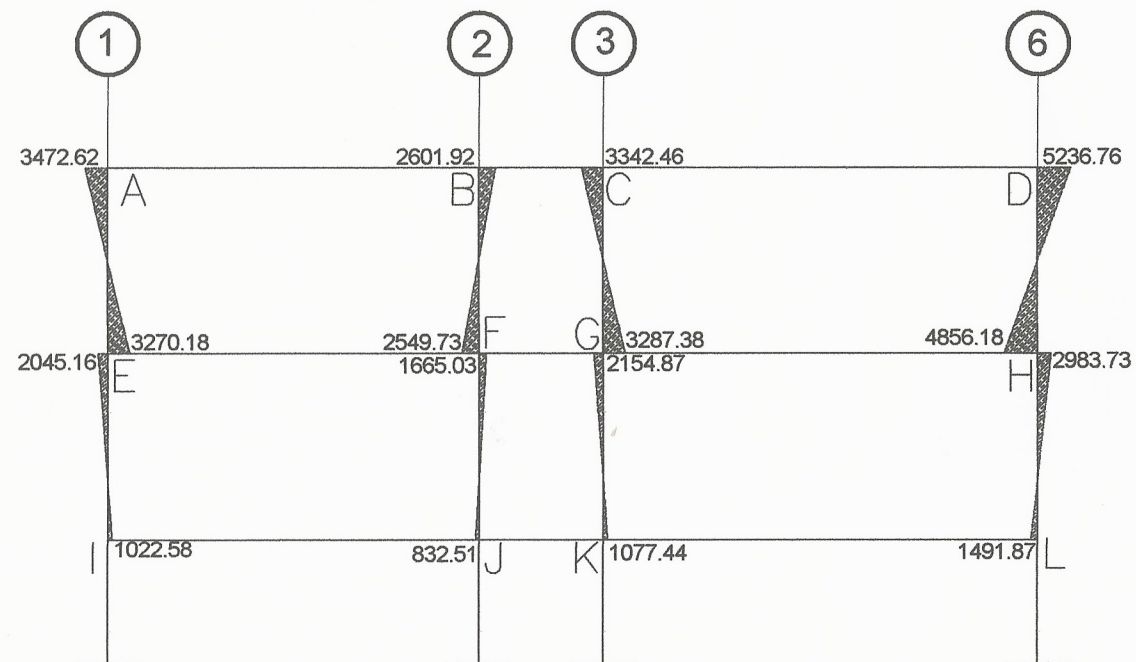
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.14: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje B, módulo 1 (Kg-m)



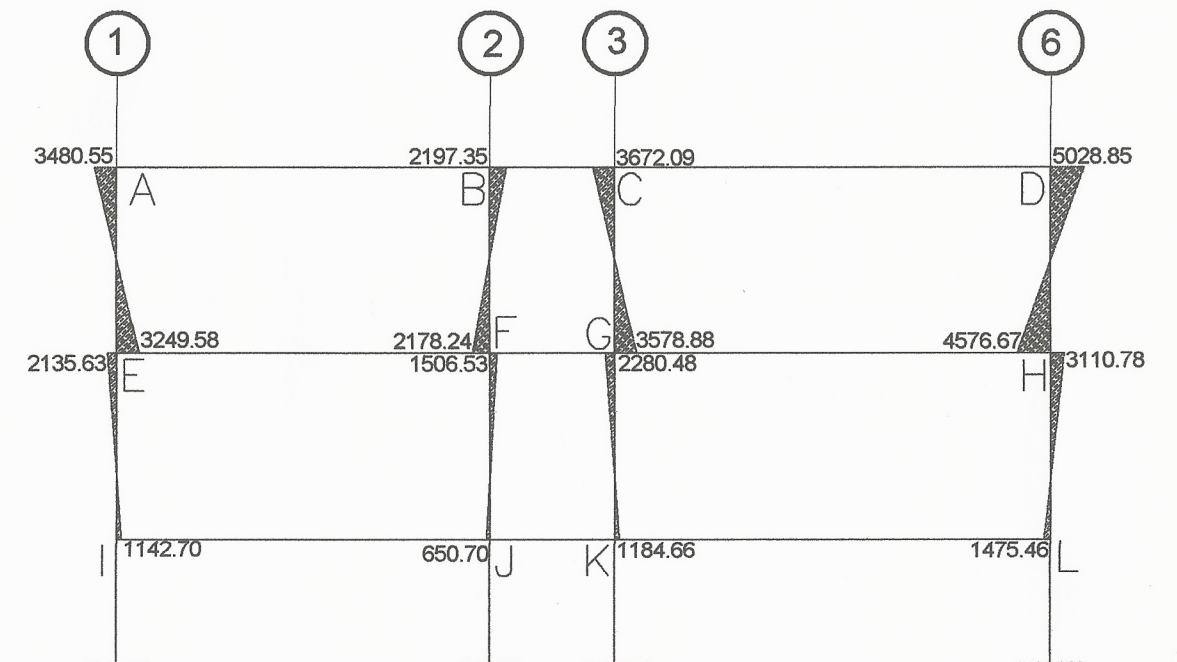
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.15: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje B, módulo 1 (Kg-m)



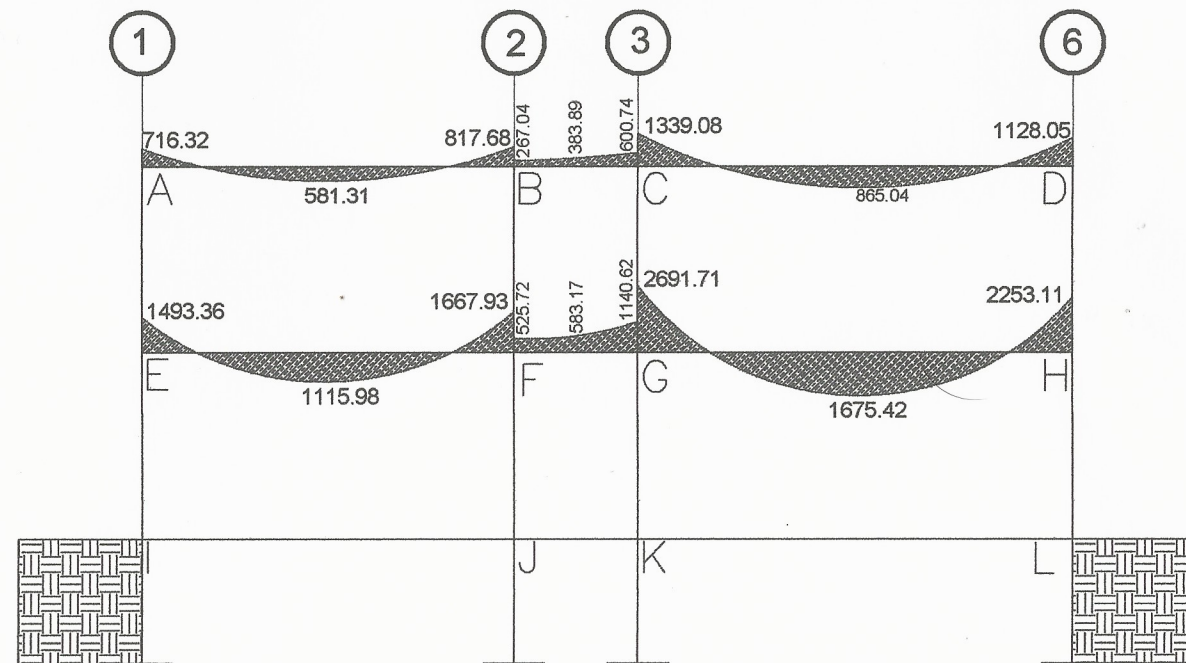
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.16: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje B, módulo 1 (Kg-m)



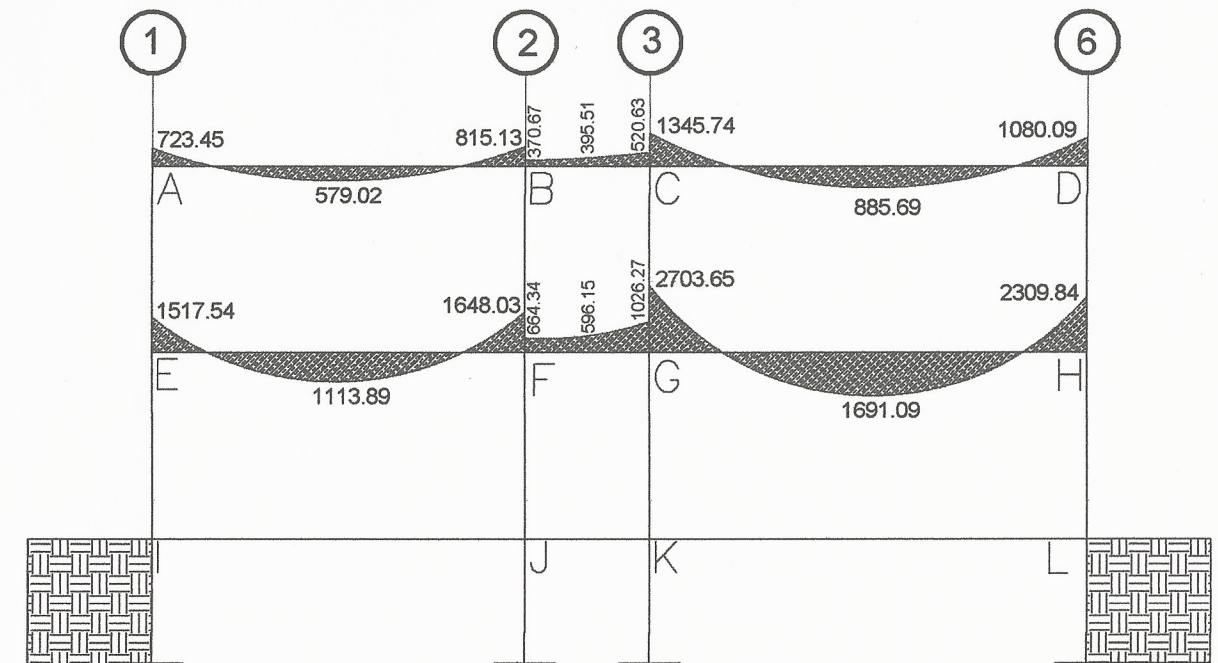
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.17: Momentos generados por carga viva en vigas mediante Kani, eje B, módulo 1 (Kg-m)



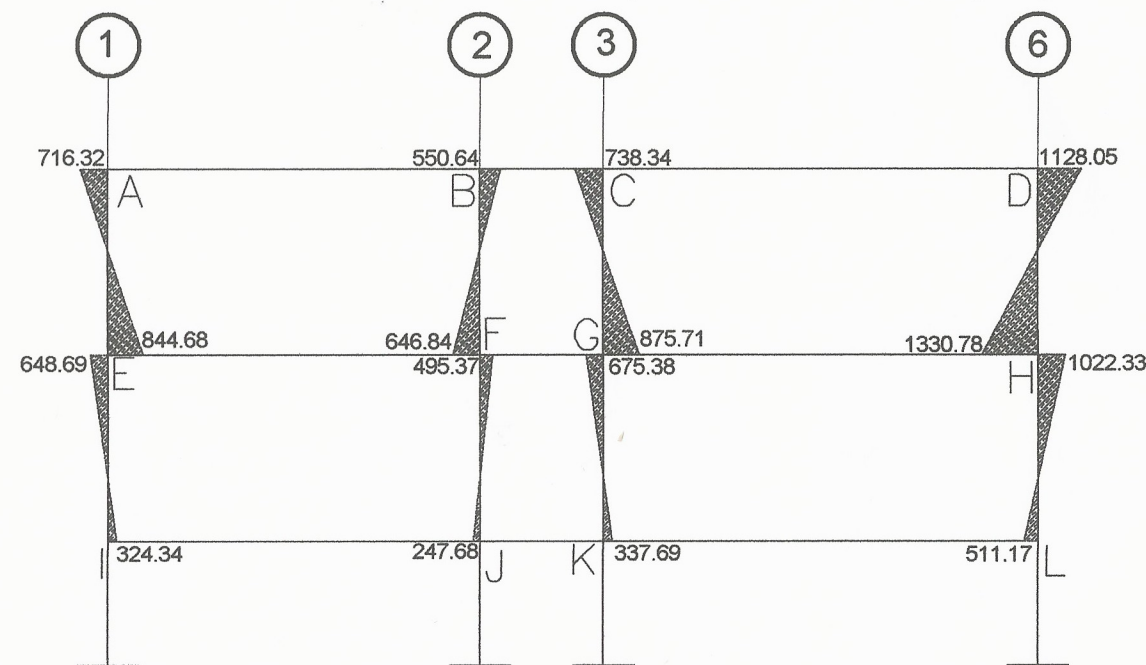
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.18: Momentos generados por carga viva en vigas mediante ETABS, eje B, módulo 1 (Kg-m)



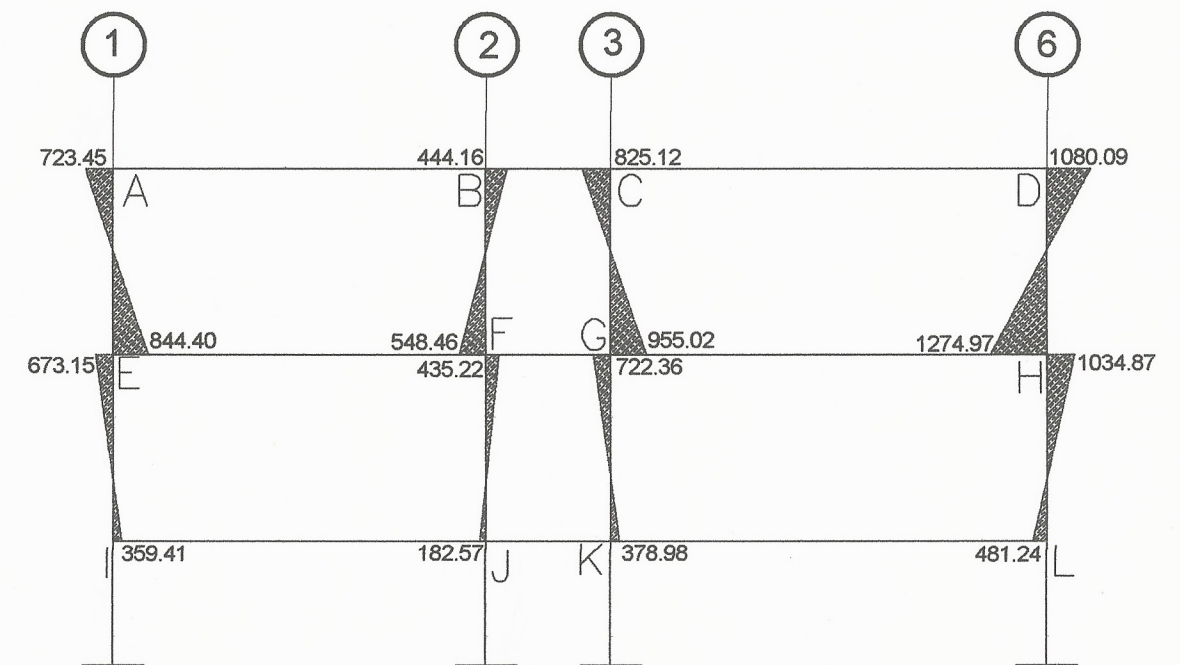
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.19: Momentos generados por carga viva en columnas mediante Kani, eje B, módulo 1 (Kg-m)



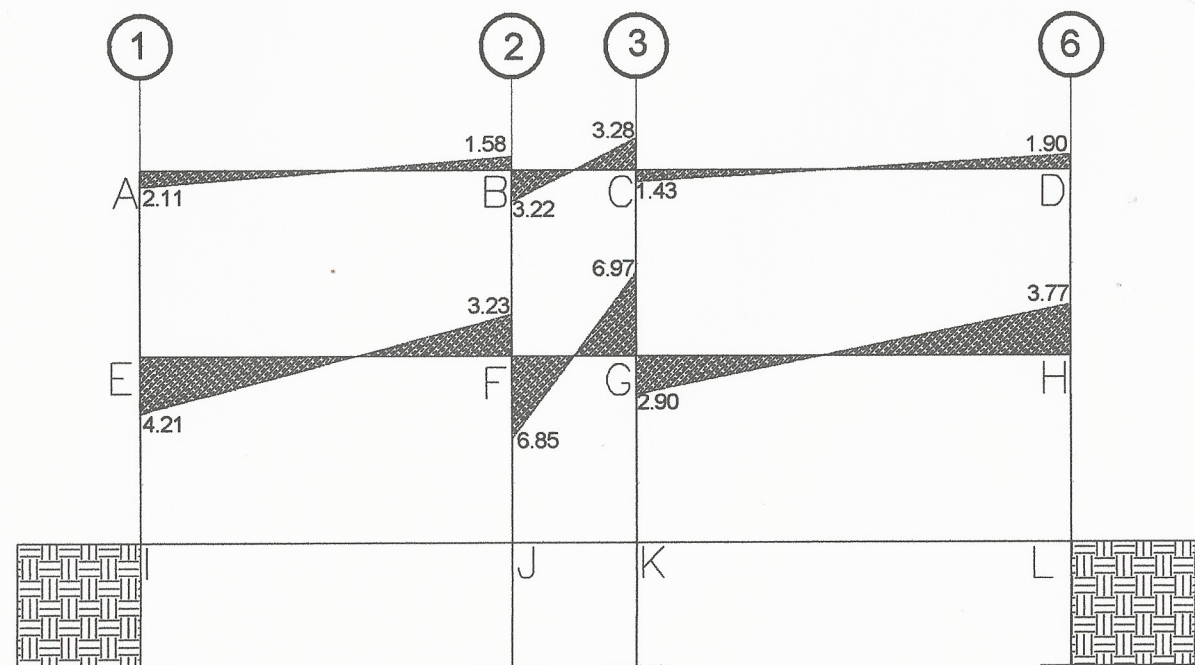
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.20: Momentos generados por carga viva en columnas mediante ETABS, eje B, módulo 1 (Kg-m)



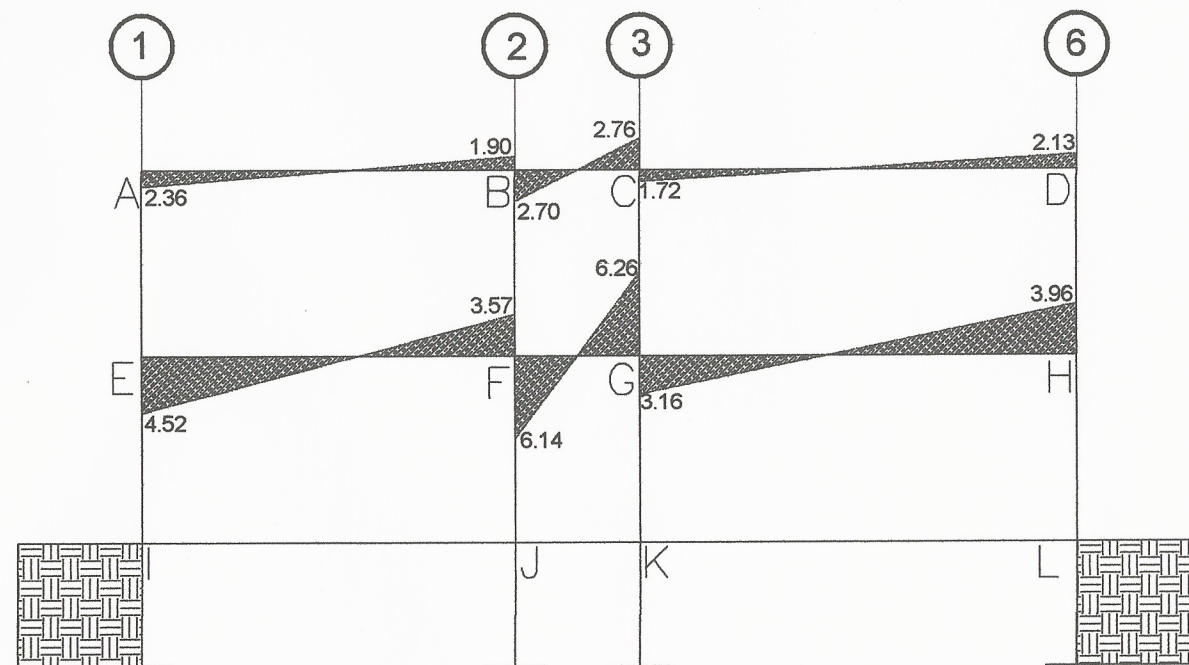
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.21: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante Kani, eje B, módulo 1 (Kg-m)



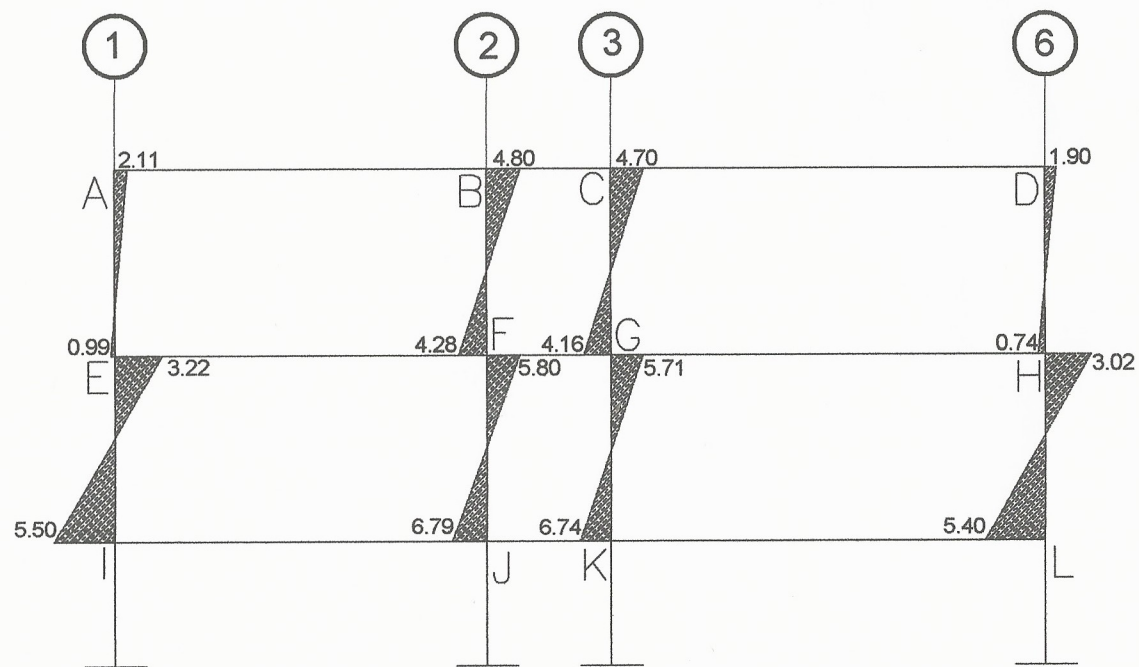
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.22: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante ETABS, eje B, módulo 1 (Kg-m)



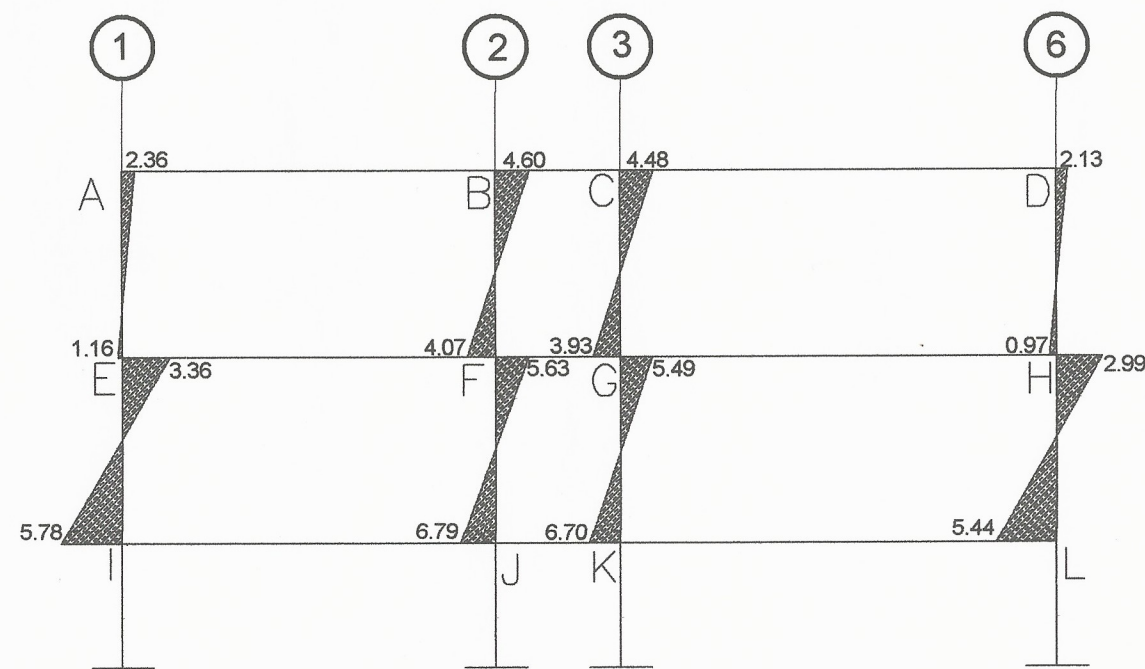
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.23: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante Kani, eje B, módulo 1 (Kg-m)



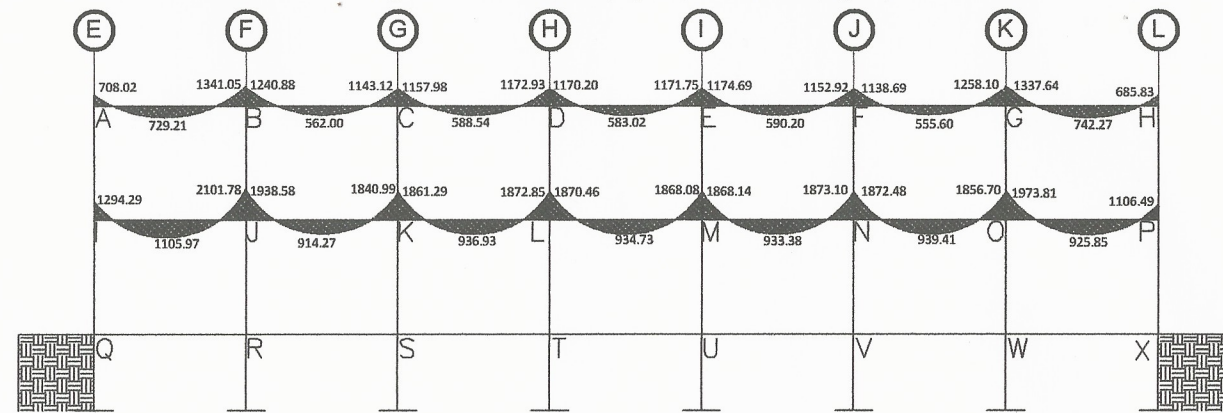
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.24: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante ETABS, eje B, módulo 1 (Kg-m)



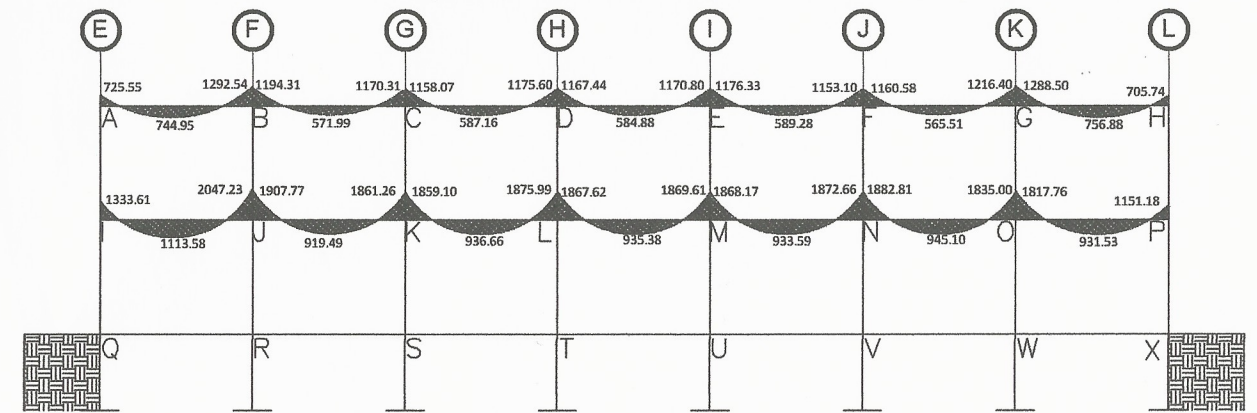
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.25: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



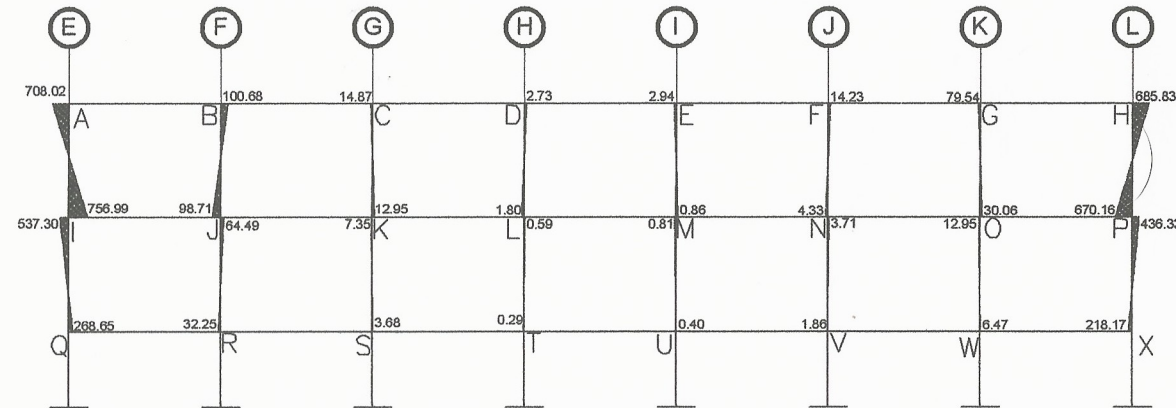
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.26: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



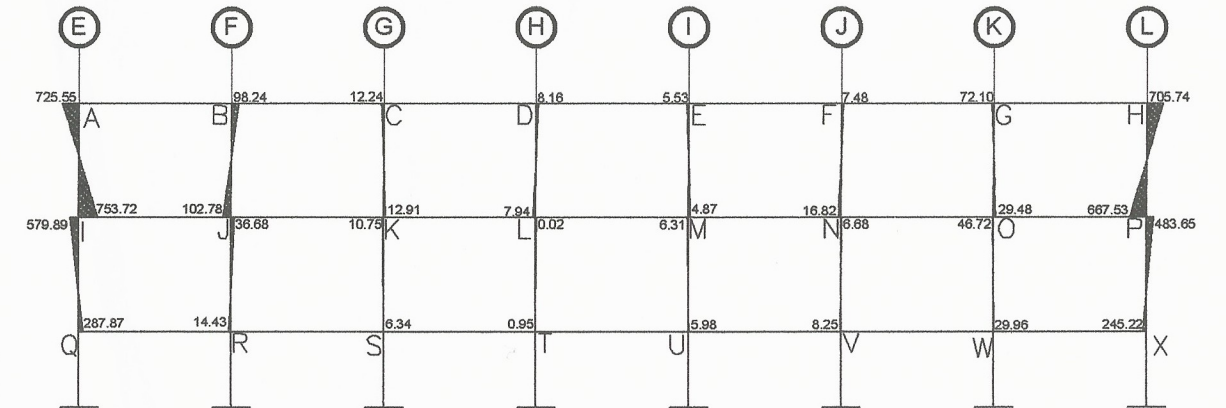
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.27: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



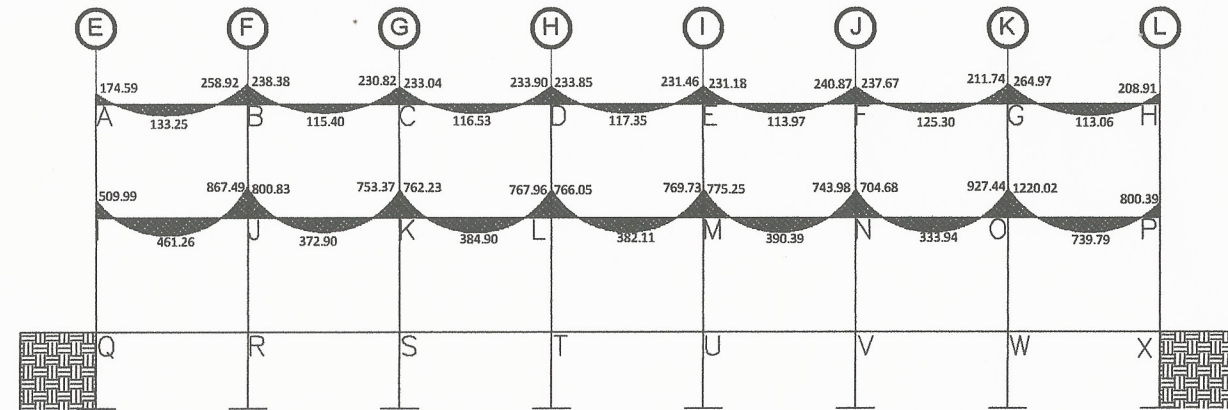
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.28: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



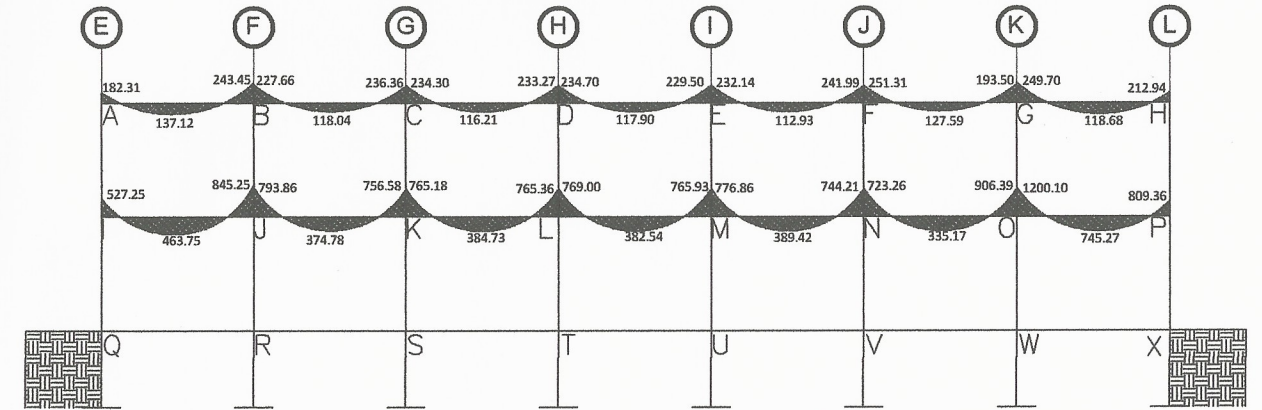
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.29: Momentos generados por carga viva en vigas mediante Kani, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



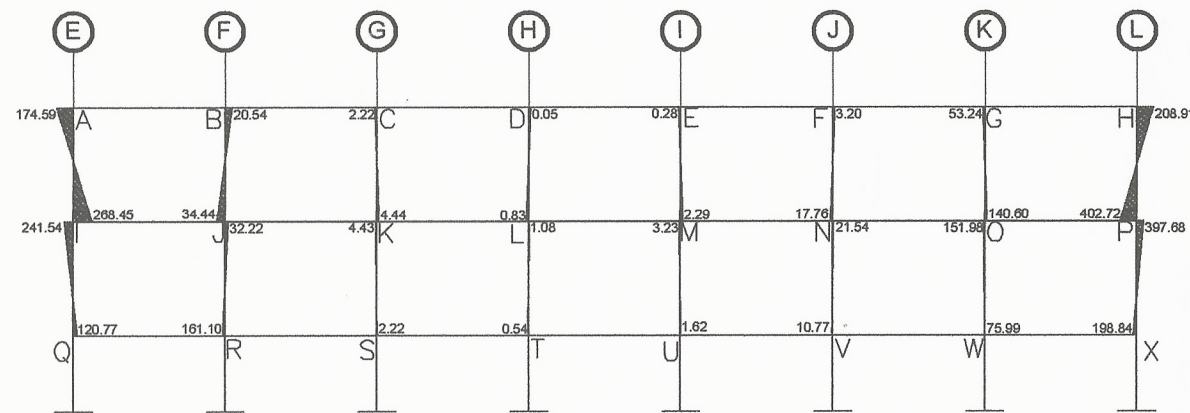
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.30: Momentos generados por carga viva en vigas mediante ETABS, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



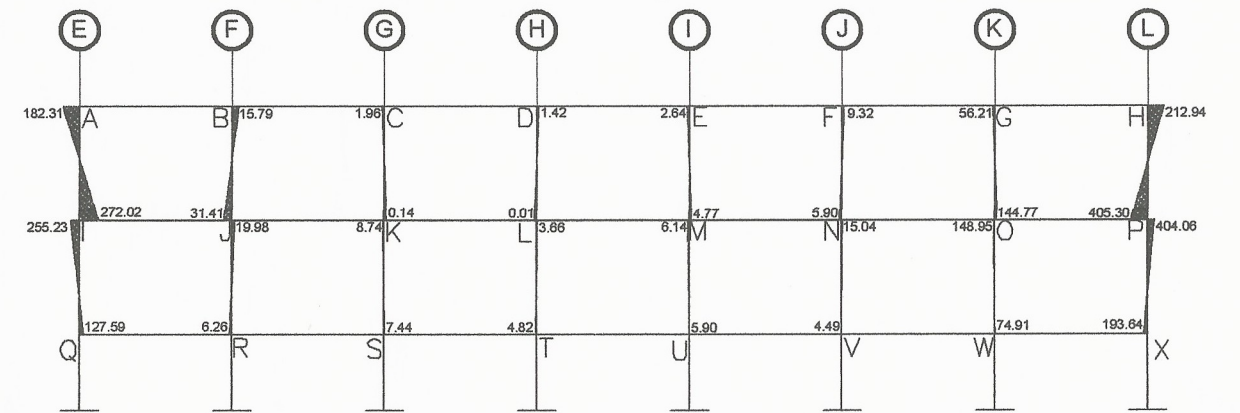
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.31: Momentos generados por carga viva en columnas mediante Kani, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



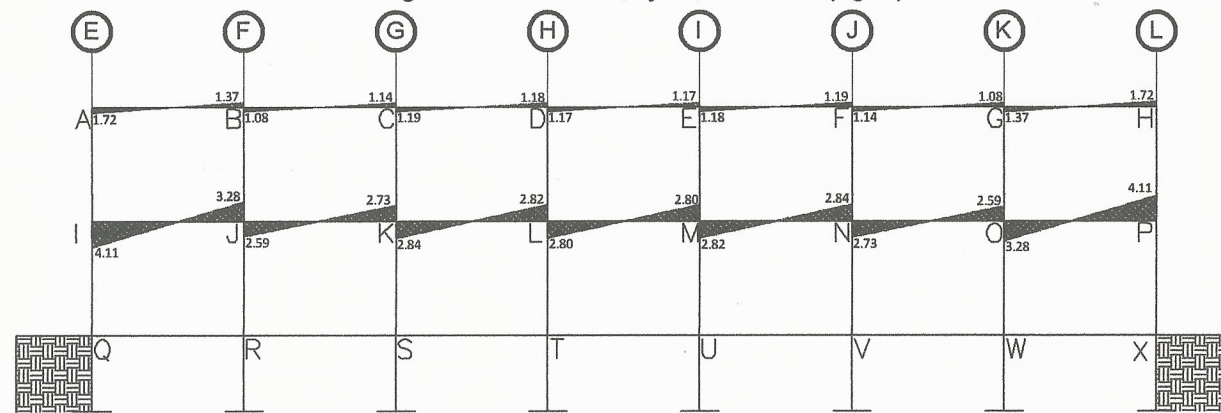
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.32: Momentos generados por carga viva en columnas mediante ETABS, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



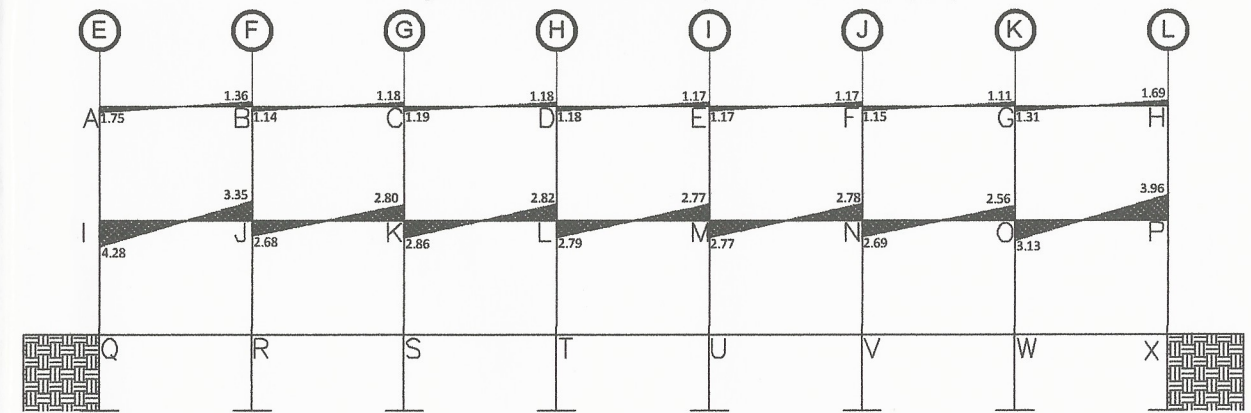
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.33: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante Kani, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



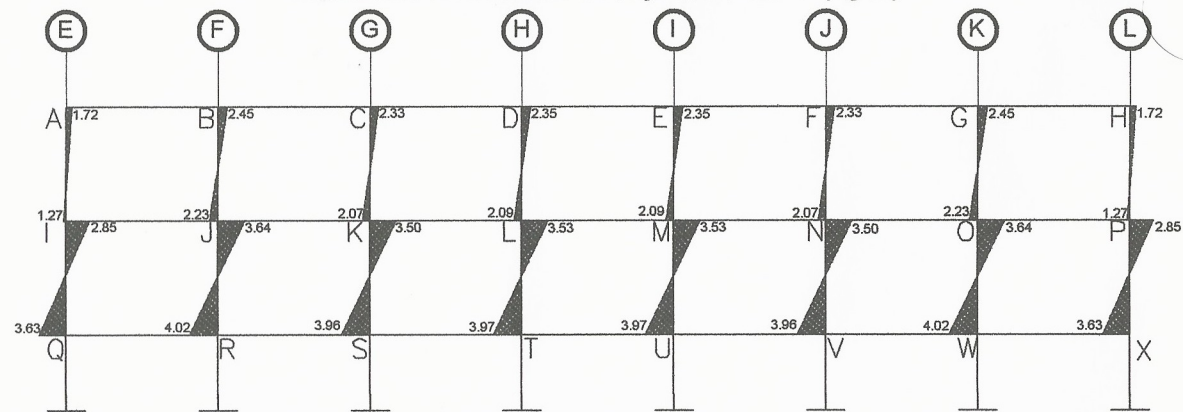
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.34: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante ETABS, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



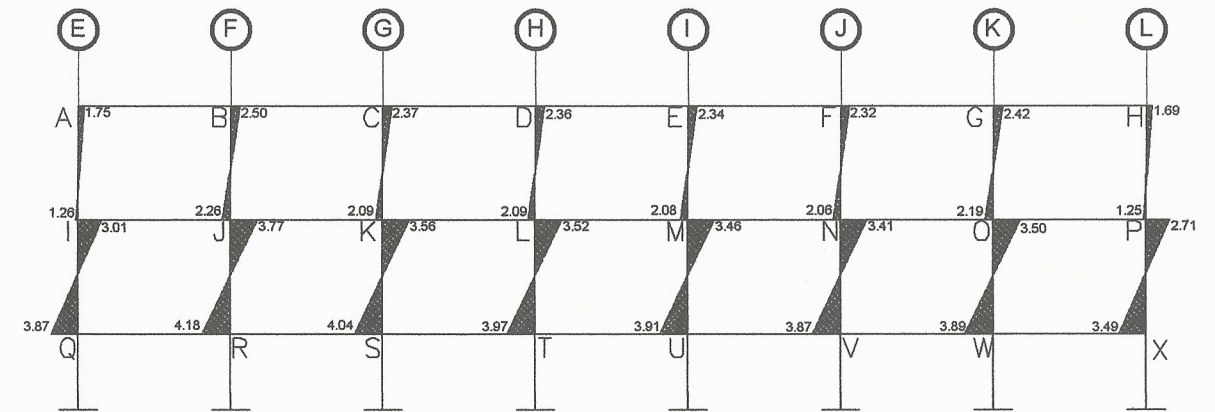
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.35: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante Kani, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



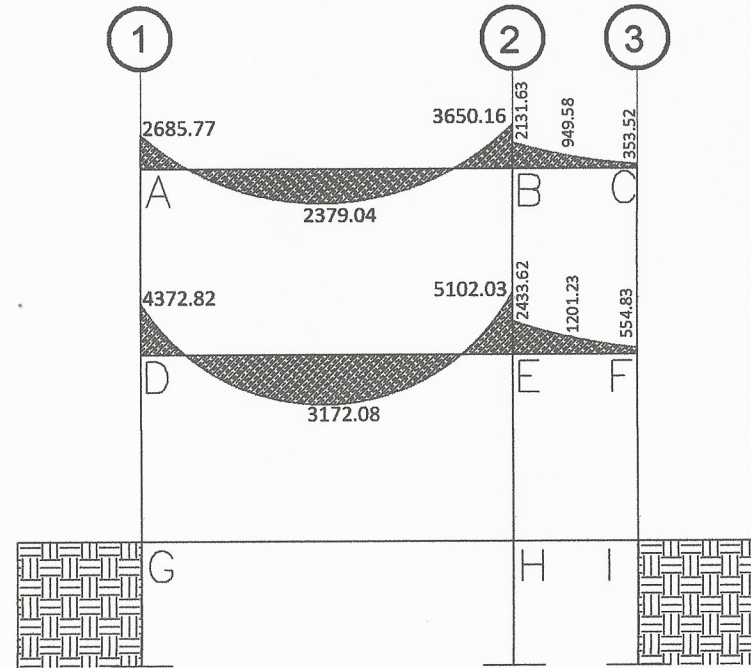
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.36: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante ETABS, eje 2, módulo 2 (Kg-m)



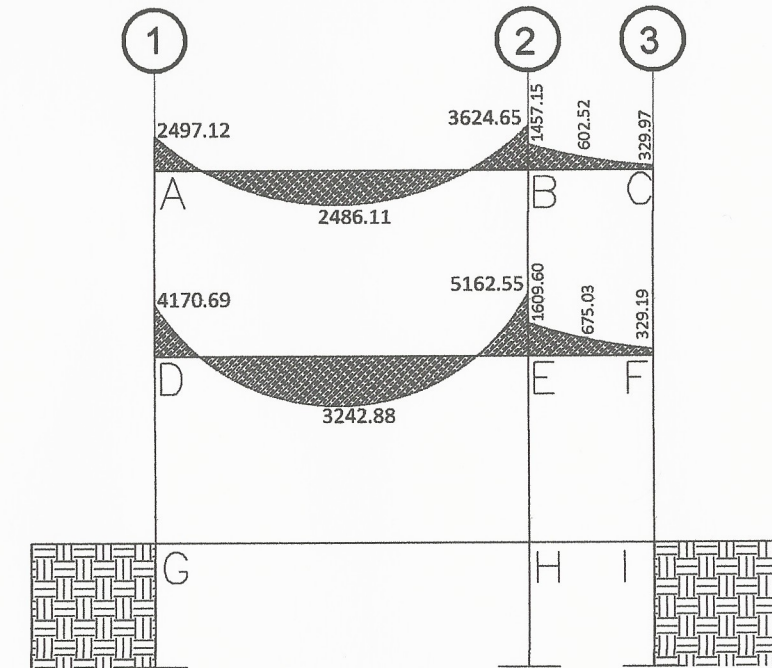
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.37: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje K, módulo 2 (Kg-m)



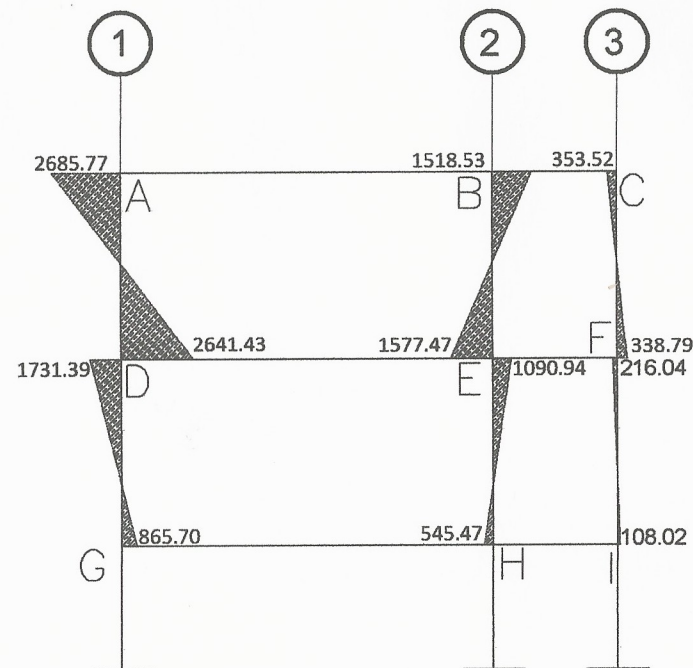
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.38: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje K, módulo 2 (Kg-m)



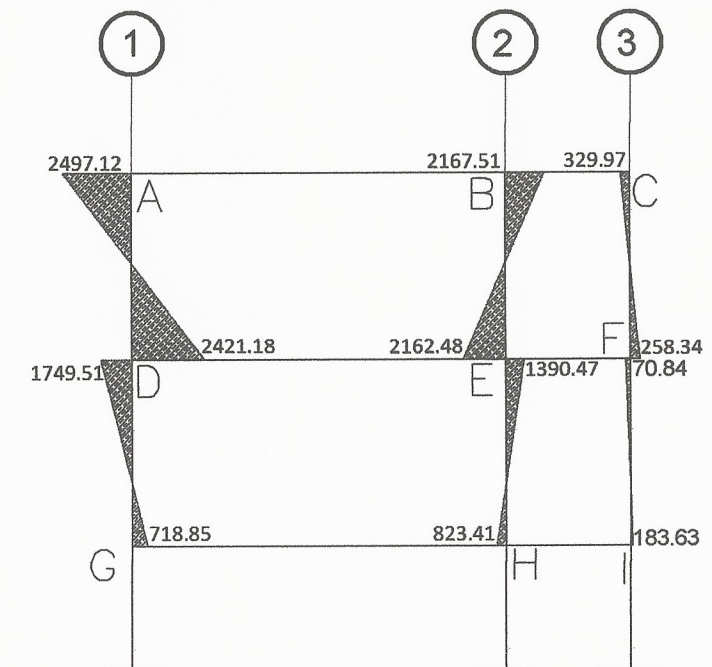
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.39: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje K, módulo 2 (Kg-m)



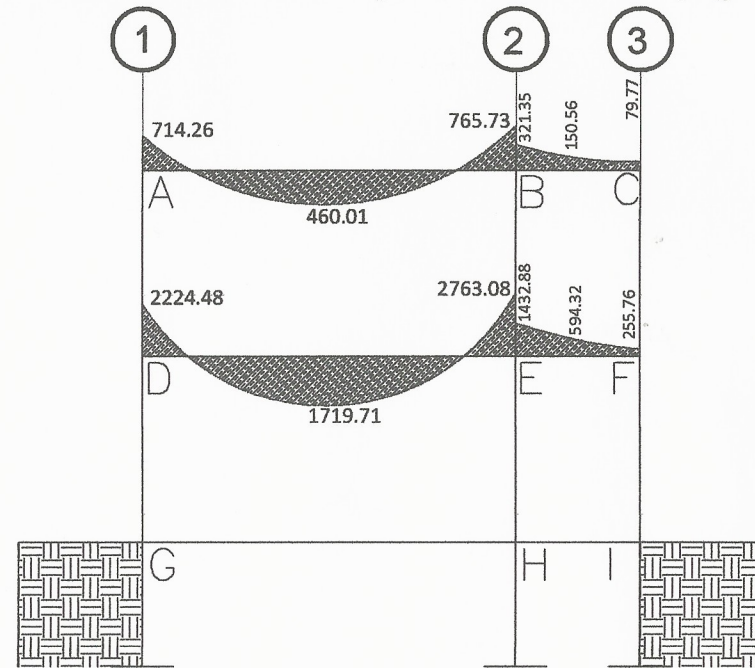
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.40: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje K, módulo 2 (Kg-m)



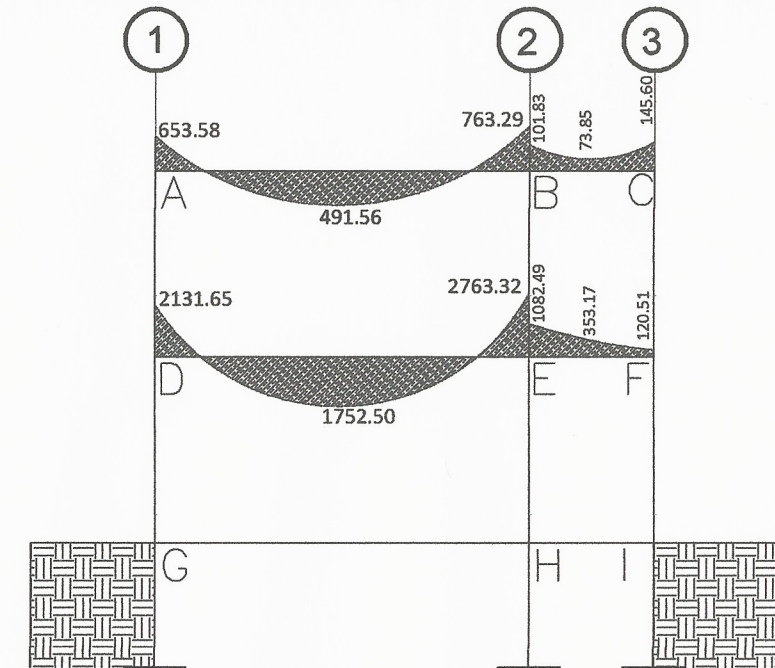
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.41: Momentos generados por carga viva en vigas mediante Kani, eje K, módulo 2 (Kg-m)



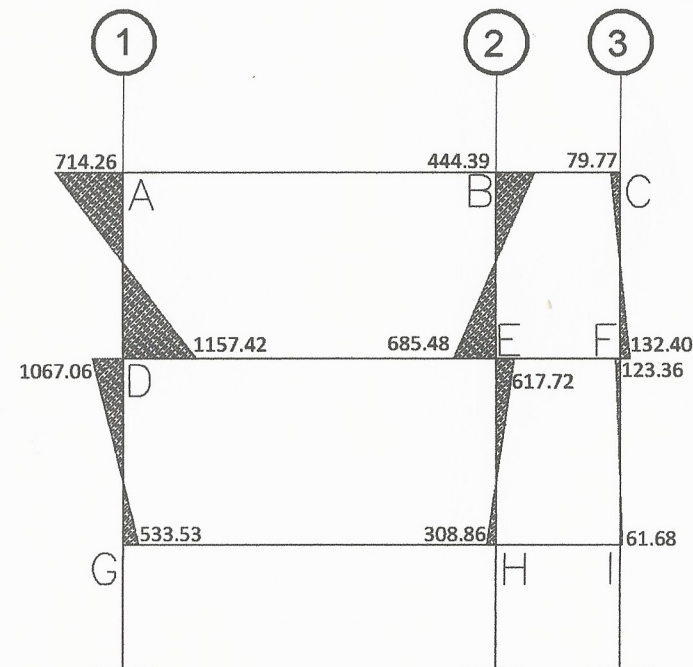
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.42: Momentos generados por carga viva en vigas mediante ETABS, eje K, módulo 2 (Kg-m)



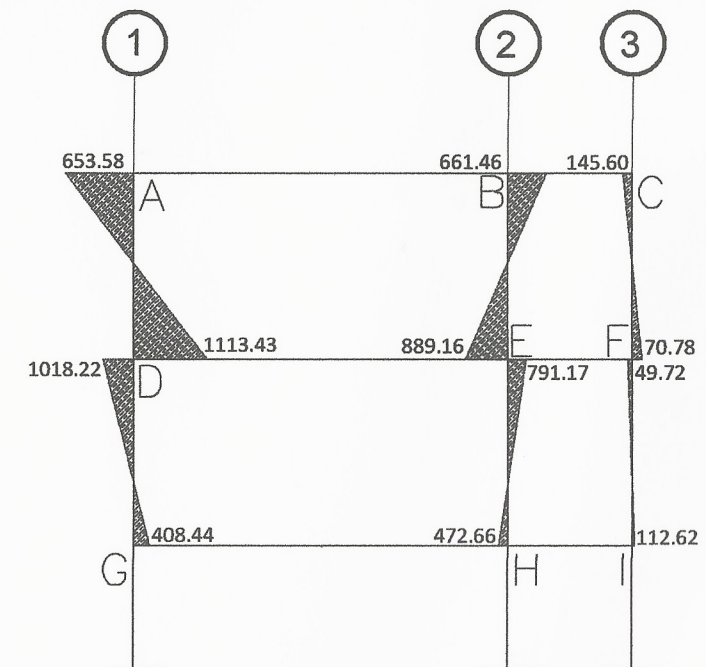
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.43: Momentos generados por carga viva en columnas mediante Kani, eje K, módulo 2 (Kg-m)



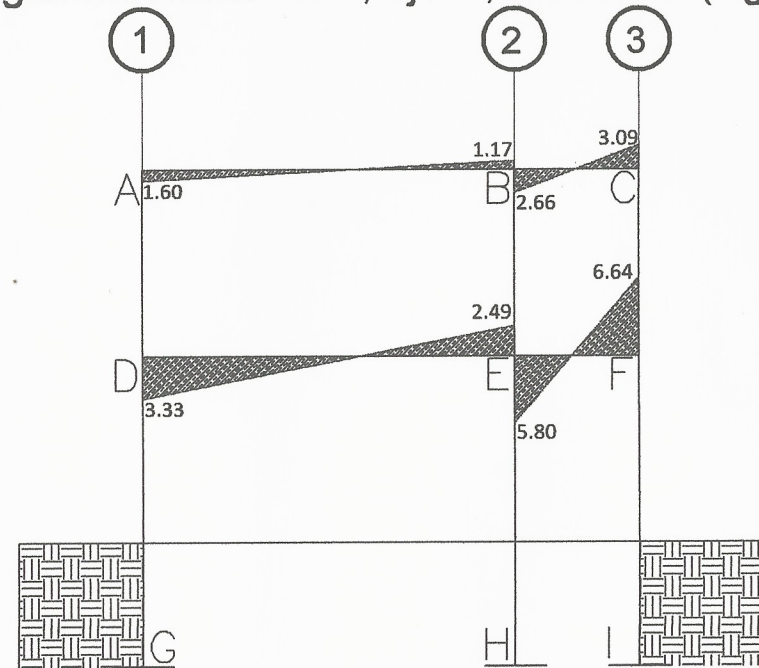
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.44: Momentos generados por carga viva en columnas mediante ETABS, eje K, módulo 2 (Kg-m)



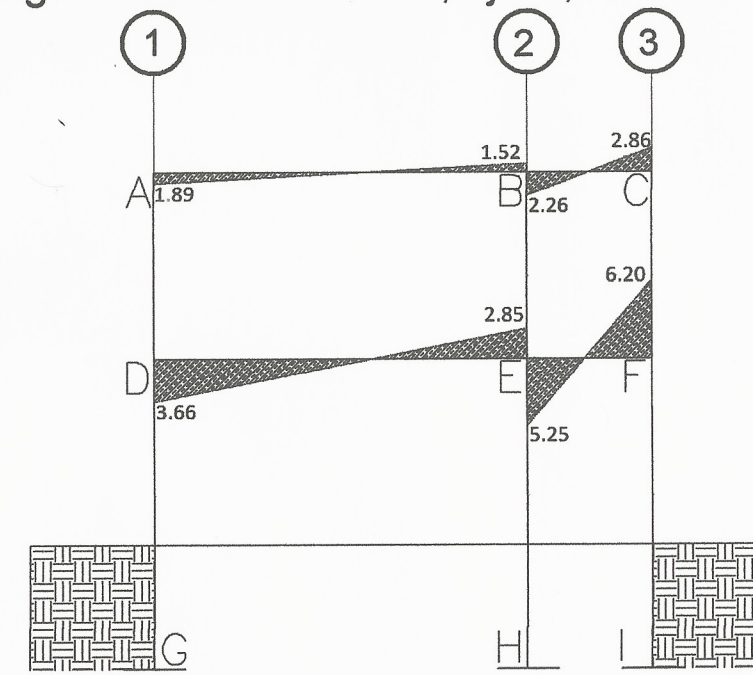
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.45: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante Kani, eje K, módulo 2 (Kg-m)



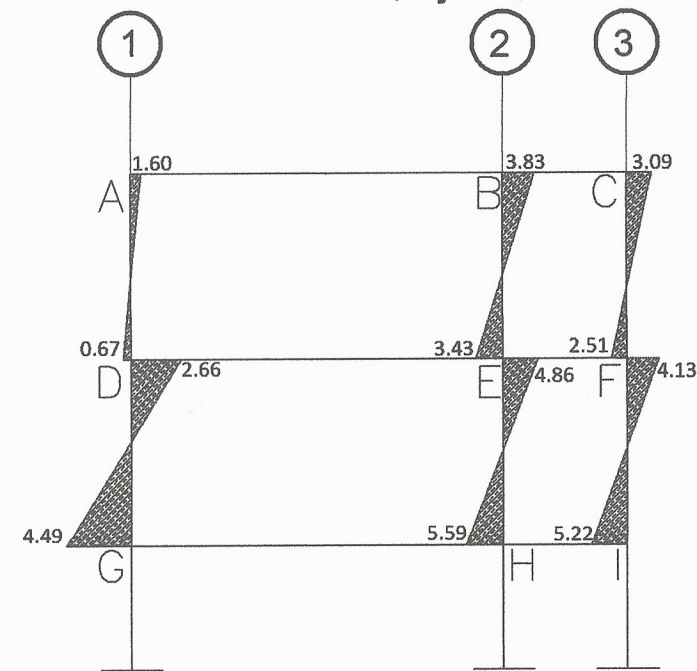
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.46: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante ETABS, eje K, módulo 2 (Kg-m)



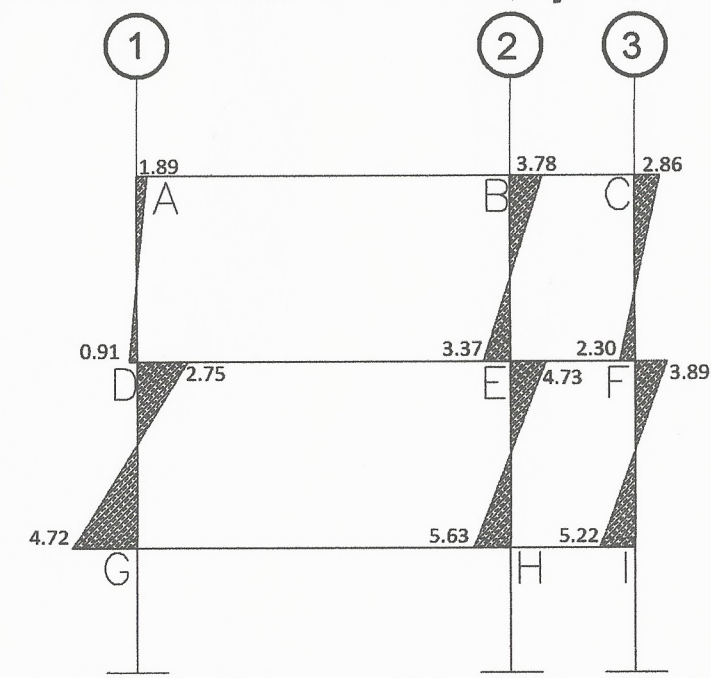
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.47: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante Kani, eje K, módulo 2 (Kg-m)



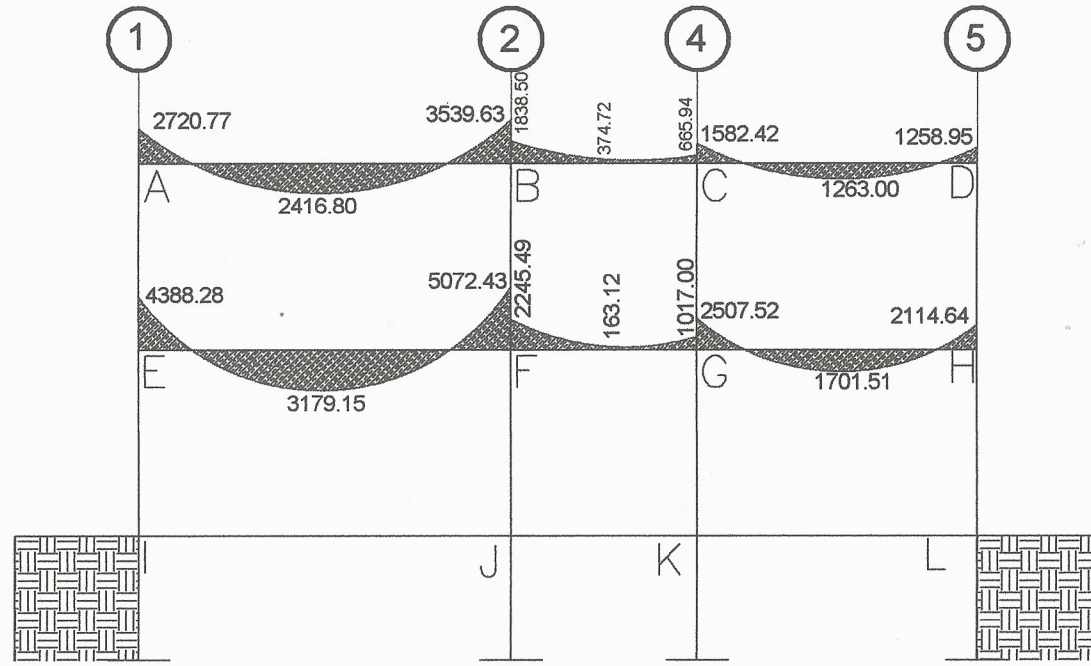
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.48: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante ETABS, eje K, módulo 2 (Kg-m)



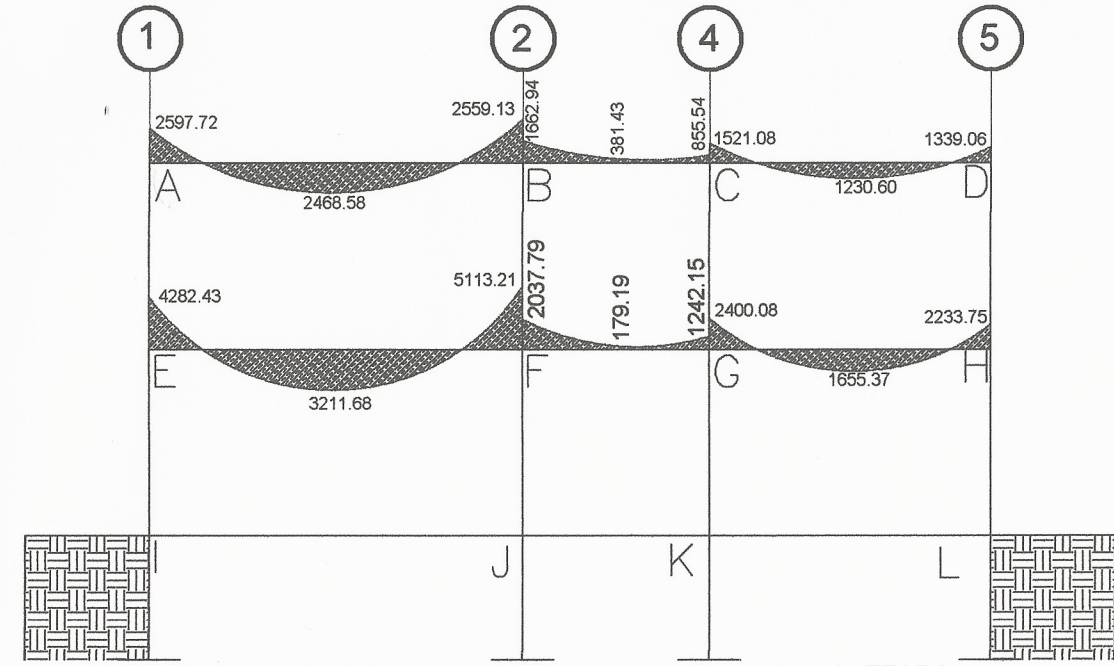
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.49: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje N, módulo 3 (Kg-m)



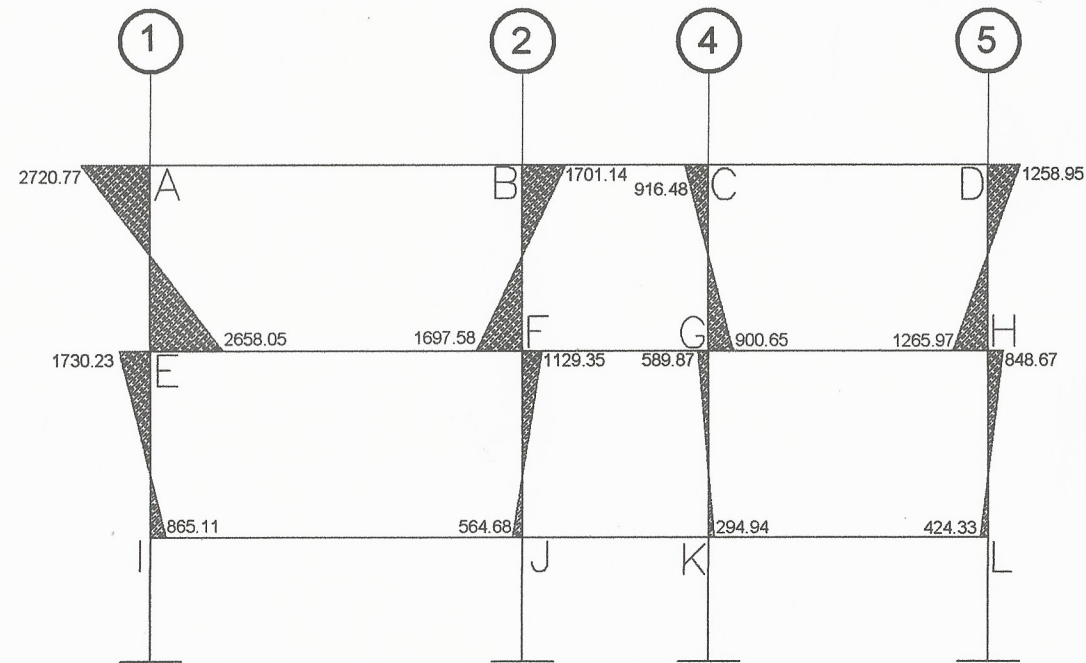
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.50: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje N, módulo 3 (Kg-m)



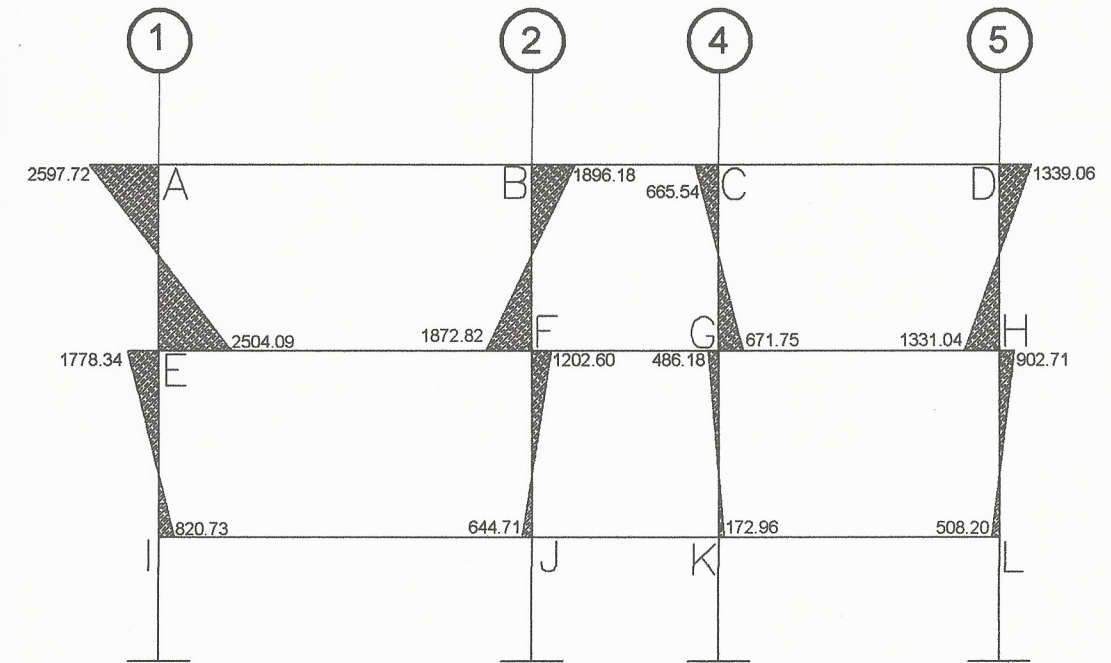
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.51: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje N, módulo 3 (Kg-m)



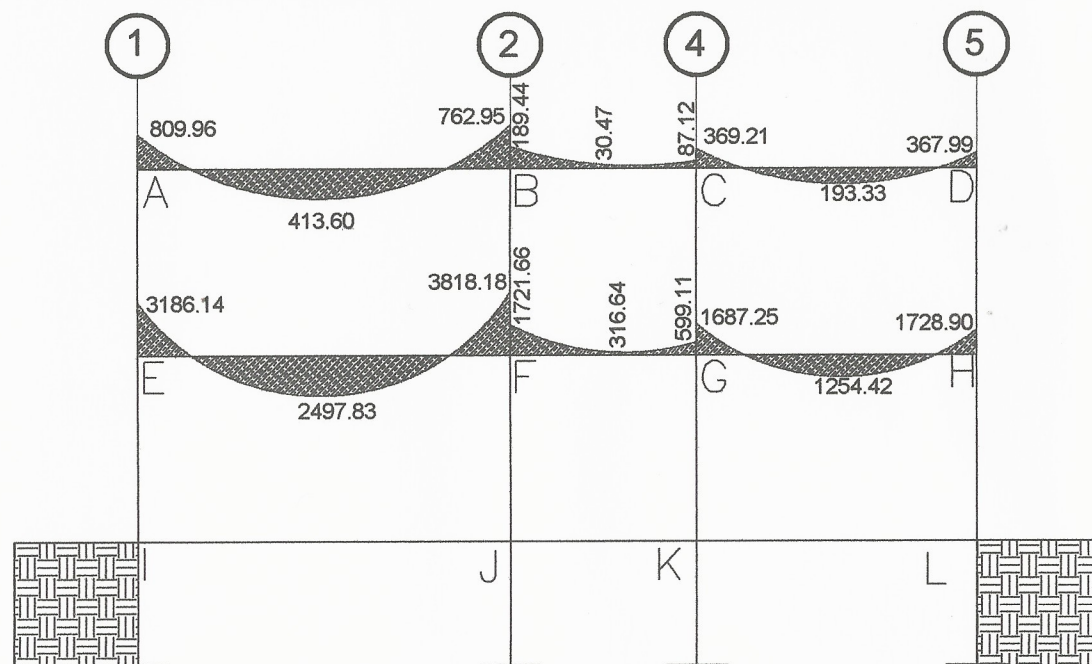
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.52: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje N, módulo 3 (Kg-m)



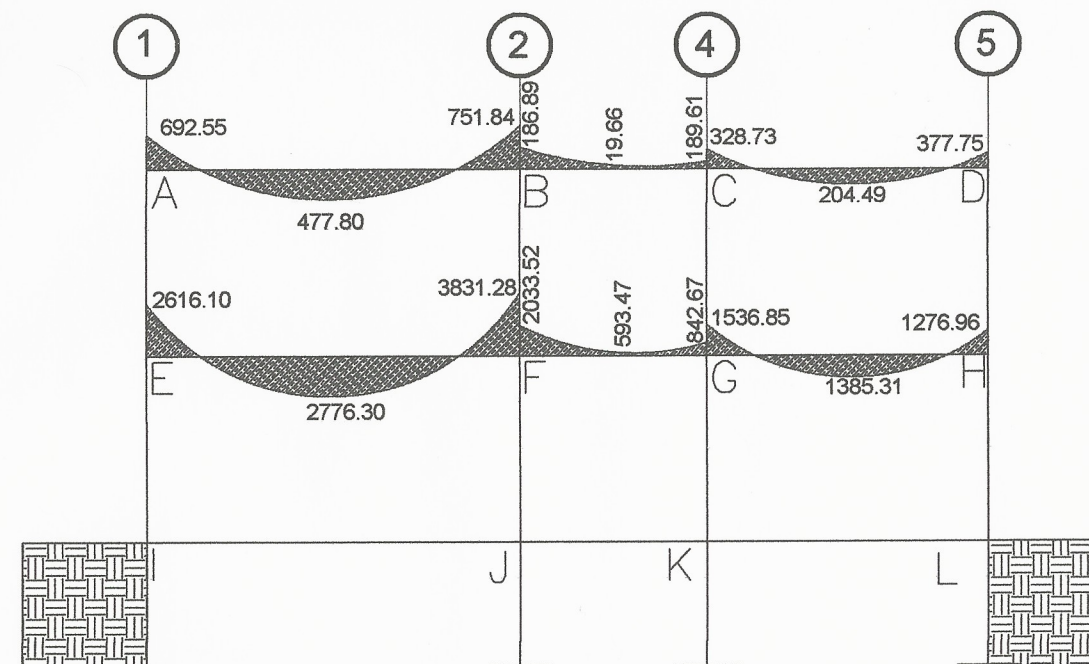
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.53: Momentos generados por carga viva en vigas mediante Kani, eje N, módulo 3 (Kg-m)



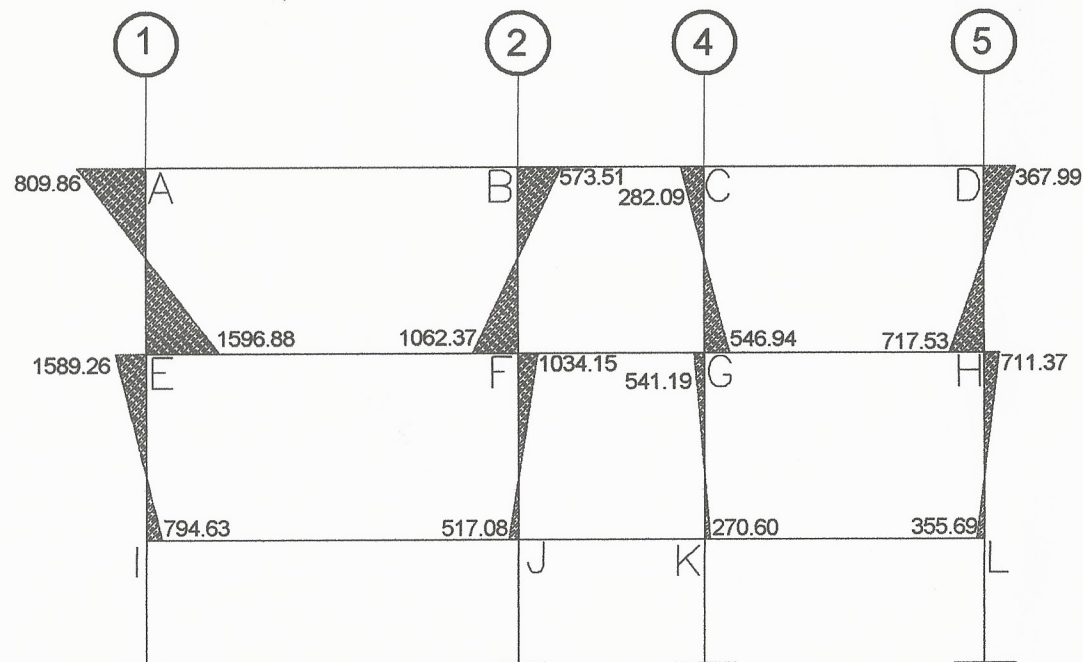
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.54: Momentos generados por carga viva en vigas mediante ETABS, eje N, módulo 3 (Kg-m)



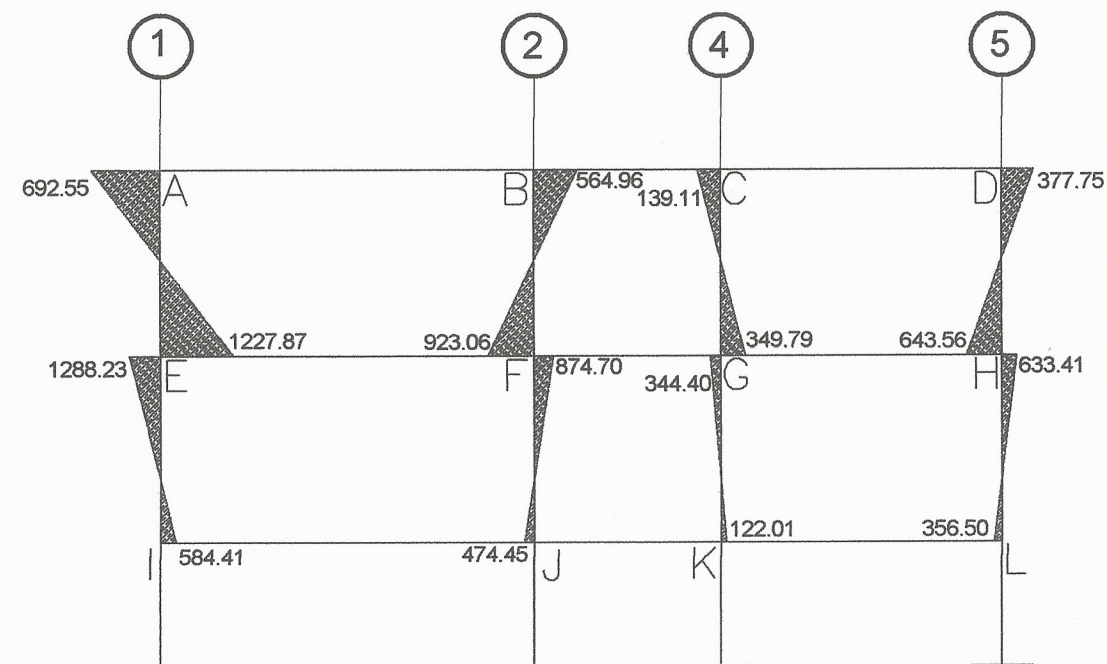
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.55: Momentos generados por carga viva en columnas mediante Kani, eje N, módulo 3 (Kg-m)



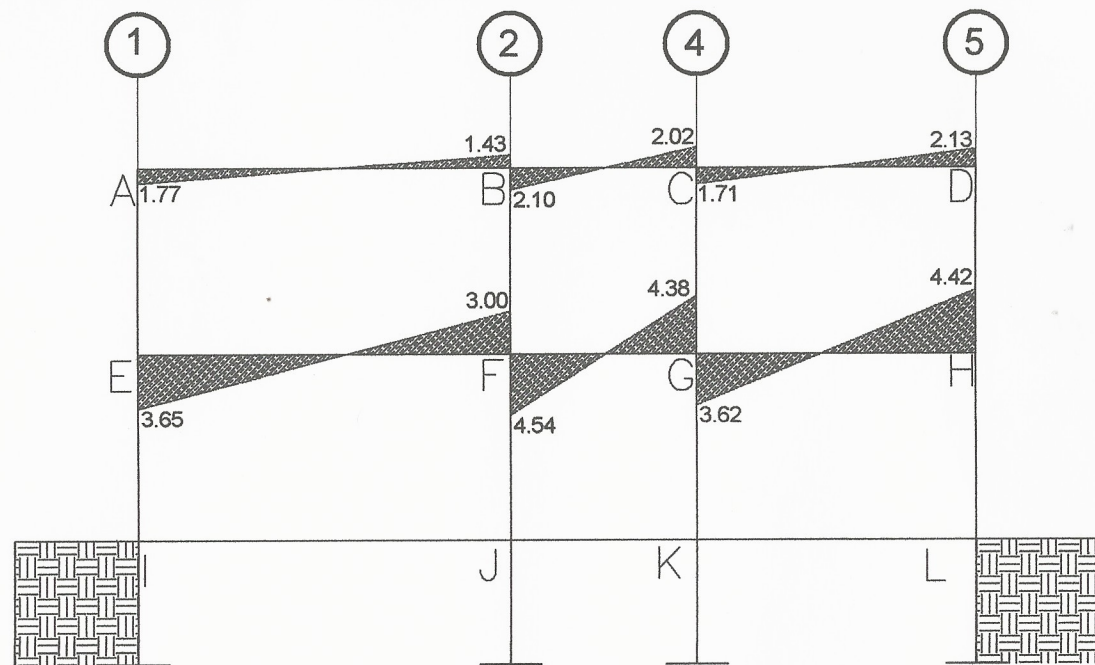
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.56: Momentos generados por carga viva en columnas mediante ETABS, eje N, módulo 3 (Kg-m)



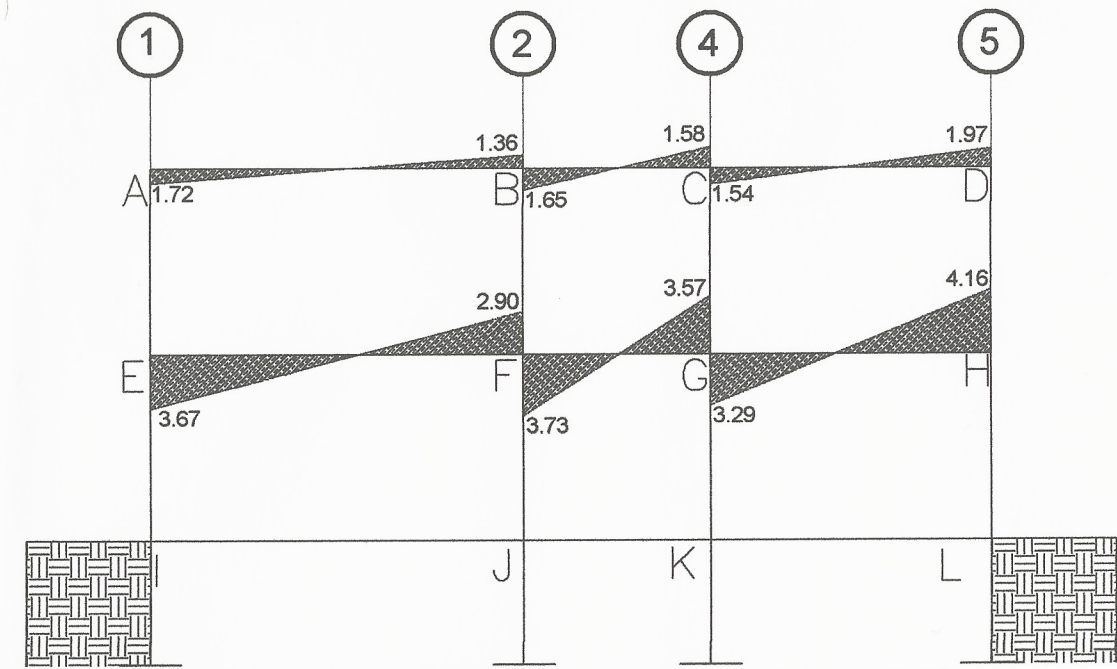
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.57: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante Kani, eje N, módulo 3 (Kg-m)



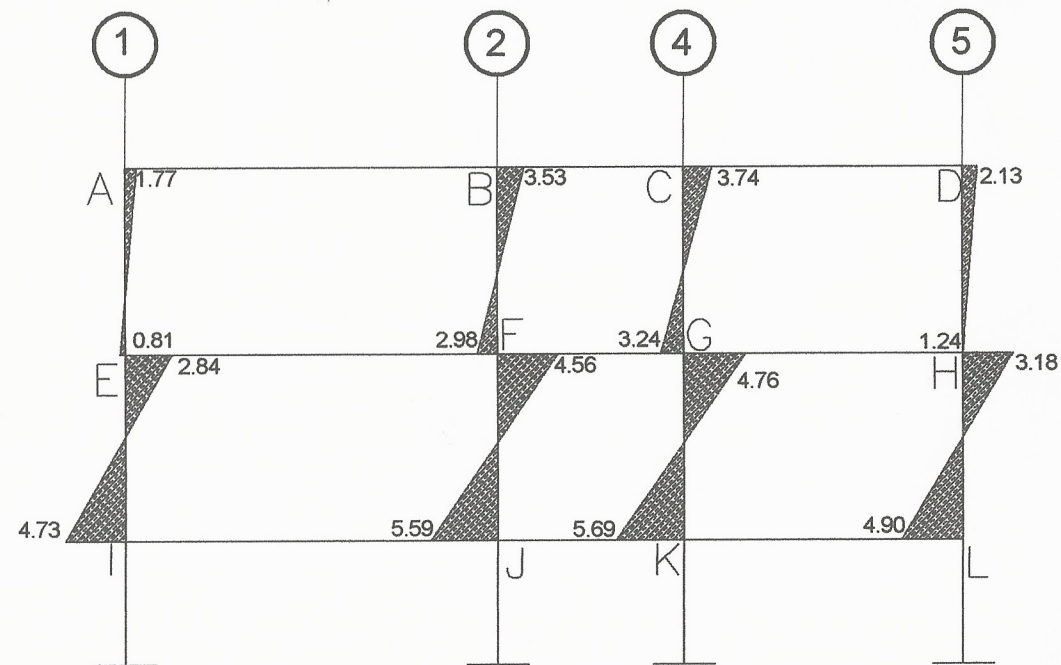
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.58: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante ETABS, eje N, módulo 3 (Kg-m)



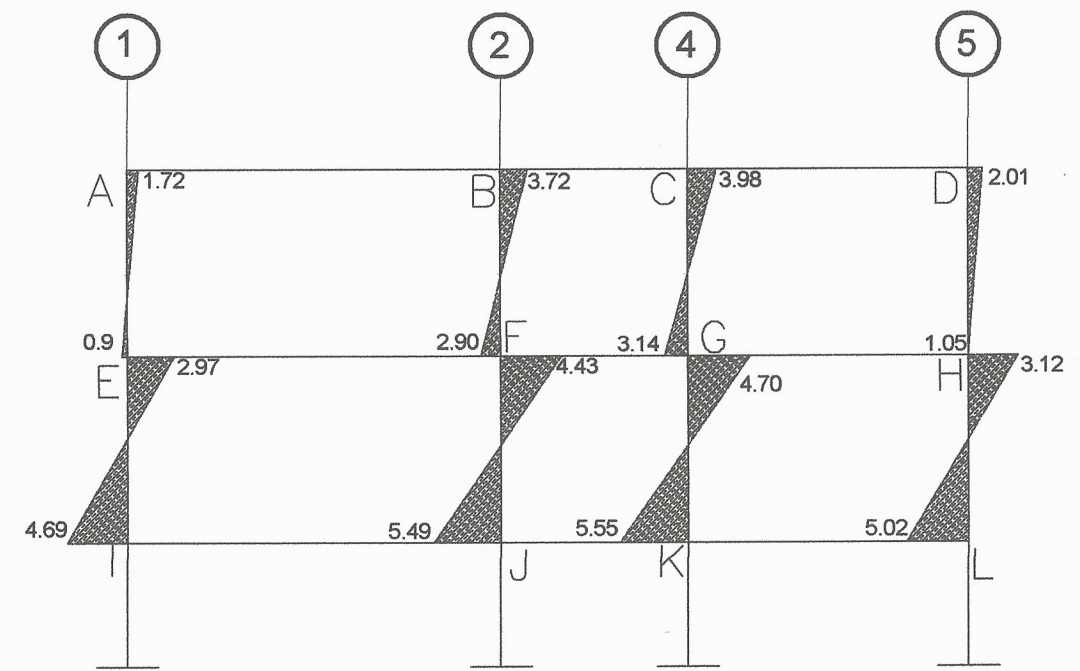
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.59: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante Kani, eje N, módulo 3 (Kg-m)



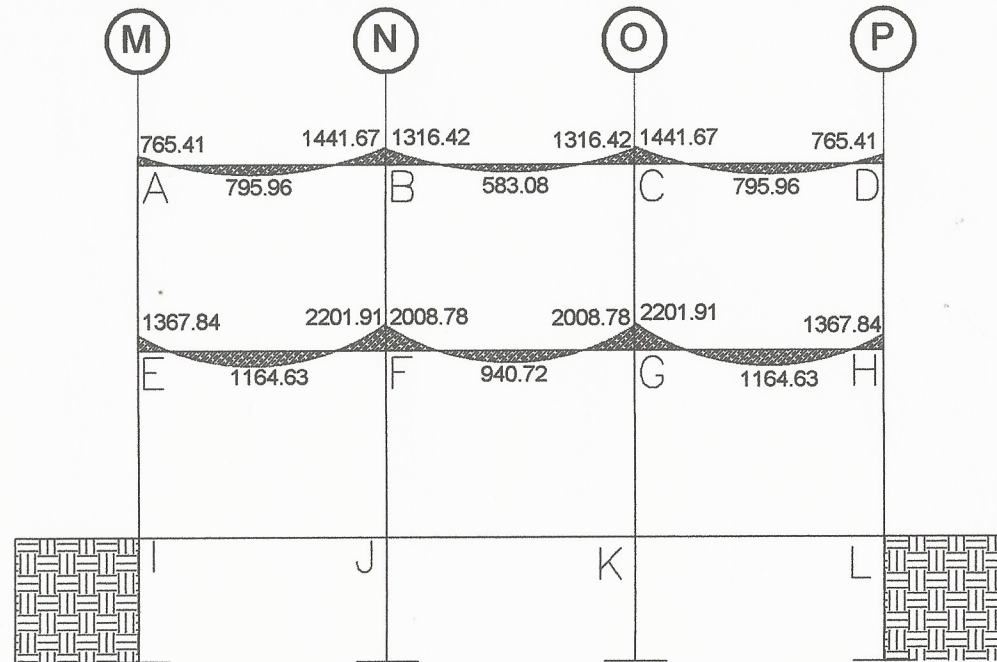
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.60: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante ETABS, eje N, módulo 3 (Kg-m)



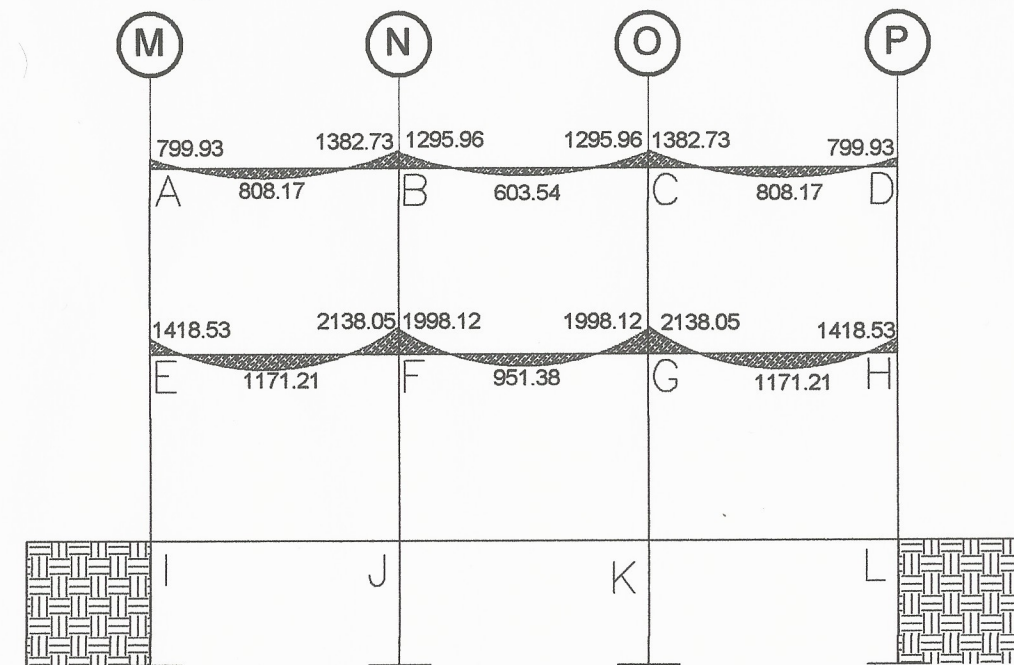
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.61: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante Kani, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



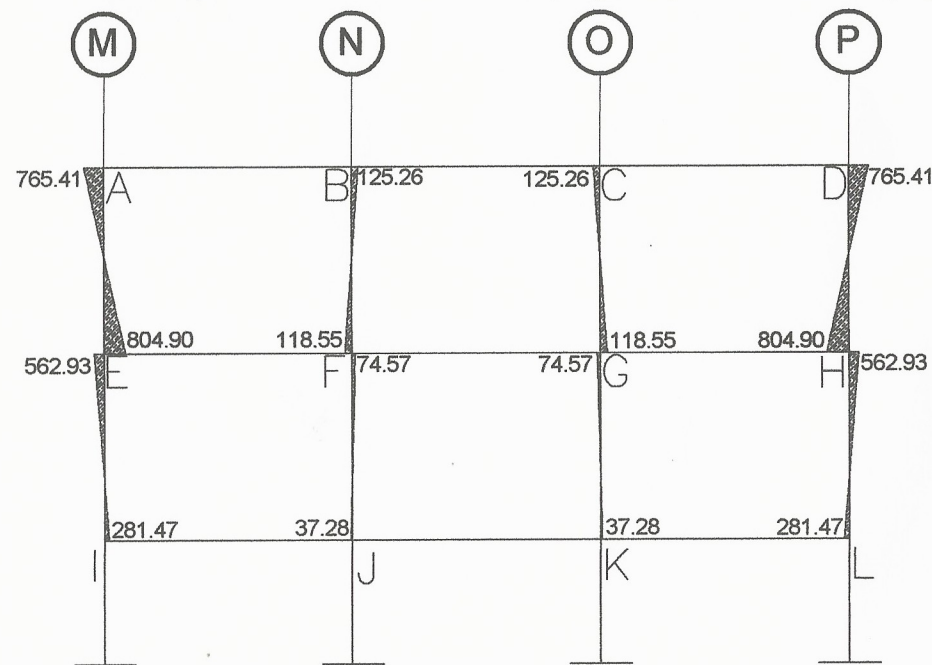
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.62: Momentos generados por carga muerta en vigas mediante ETABS, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



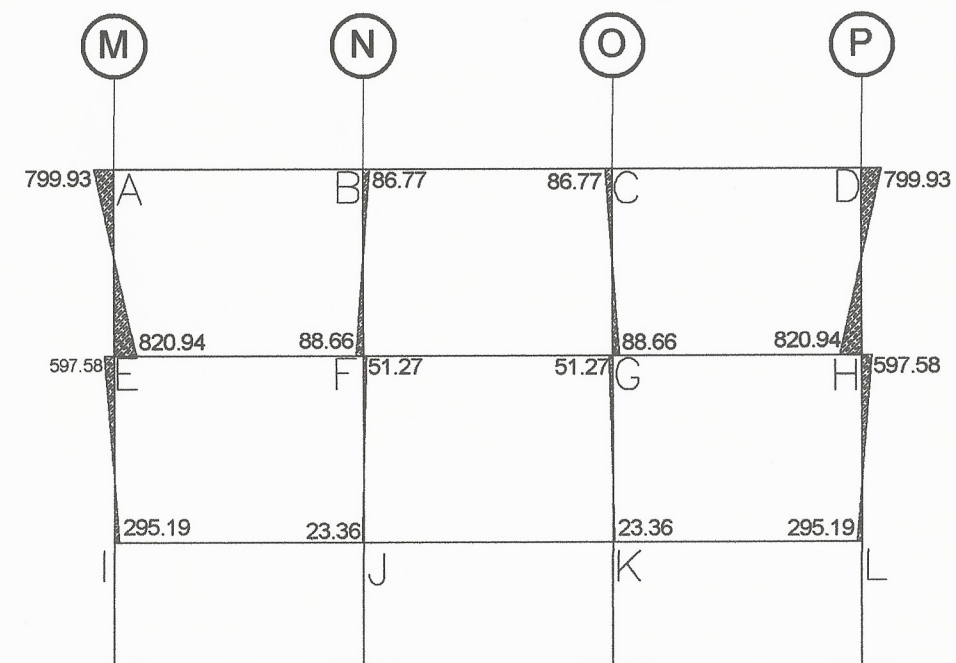
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.63: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante Kani, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



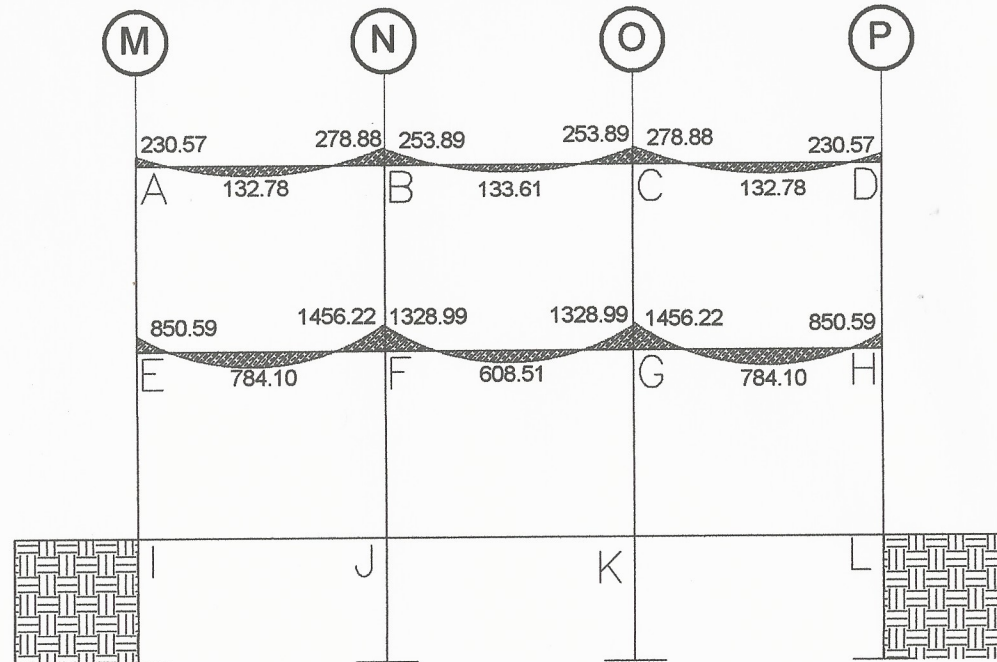
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.64: Momentos generados por carga muerta en columnas mediante ETABS, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



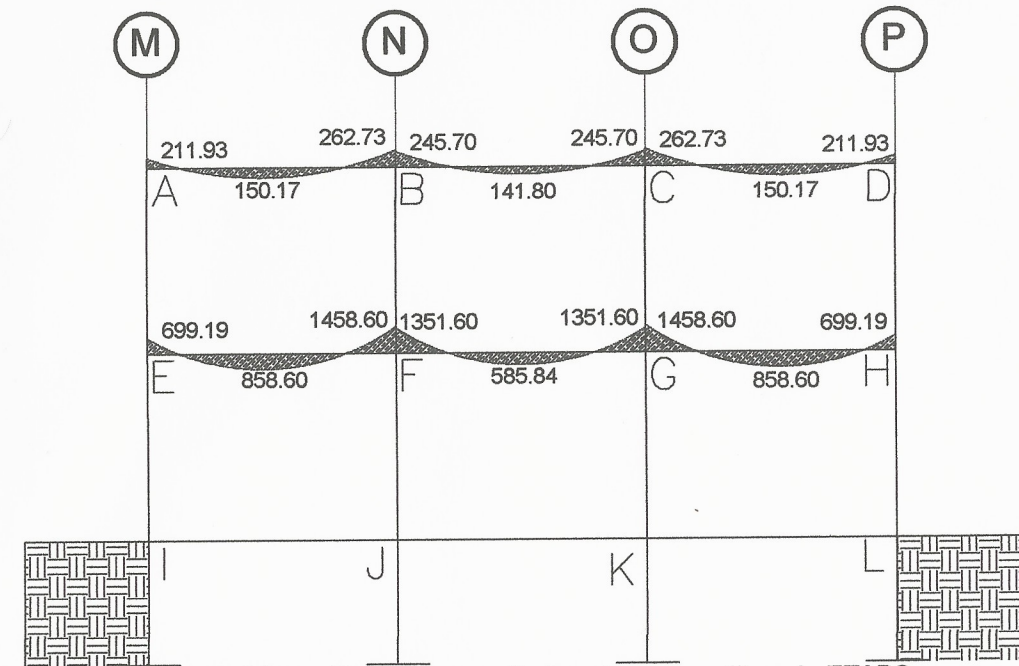
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.65: Momentos generados por carga viva en vigas mediante Kani, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



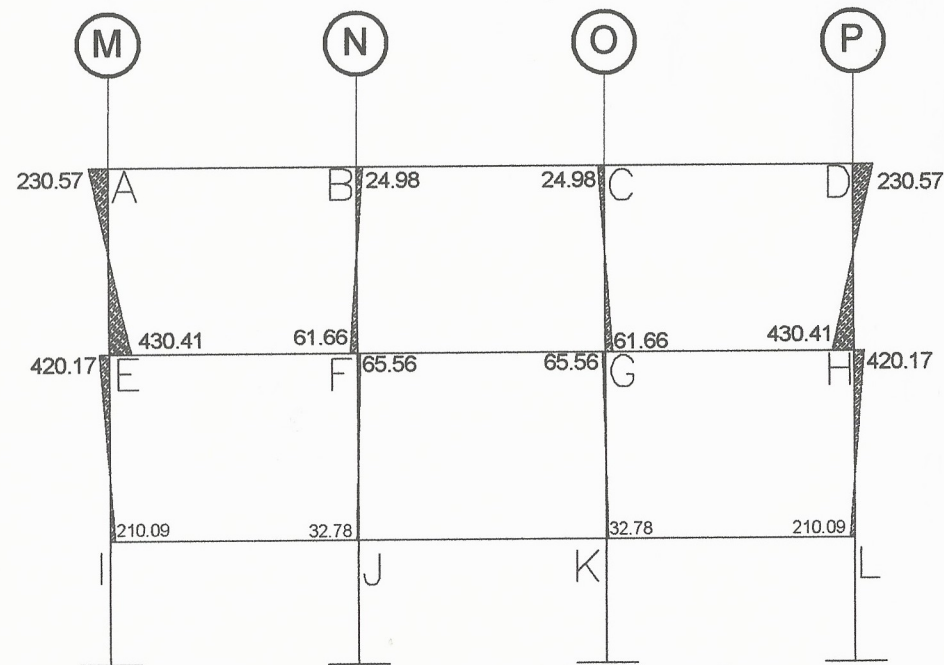
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.66: Momentos generados por carga viva en vigas mediante ETABS, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



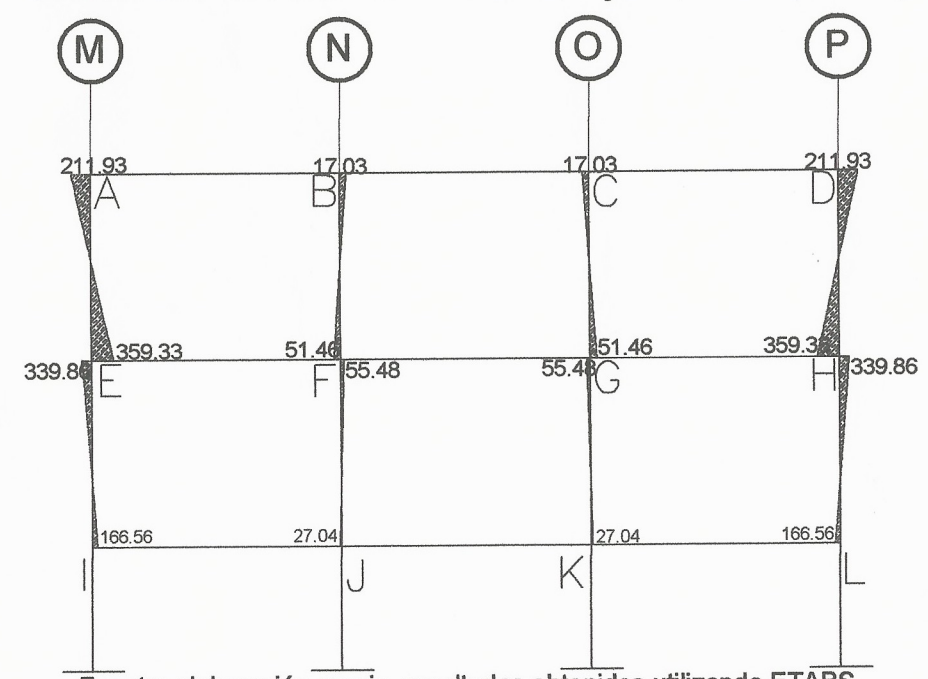
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.67: Momentos generados por carga viva en columnas mediante Kani, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



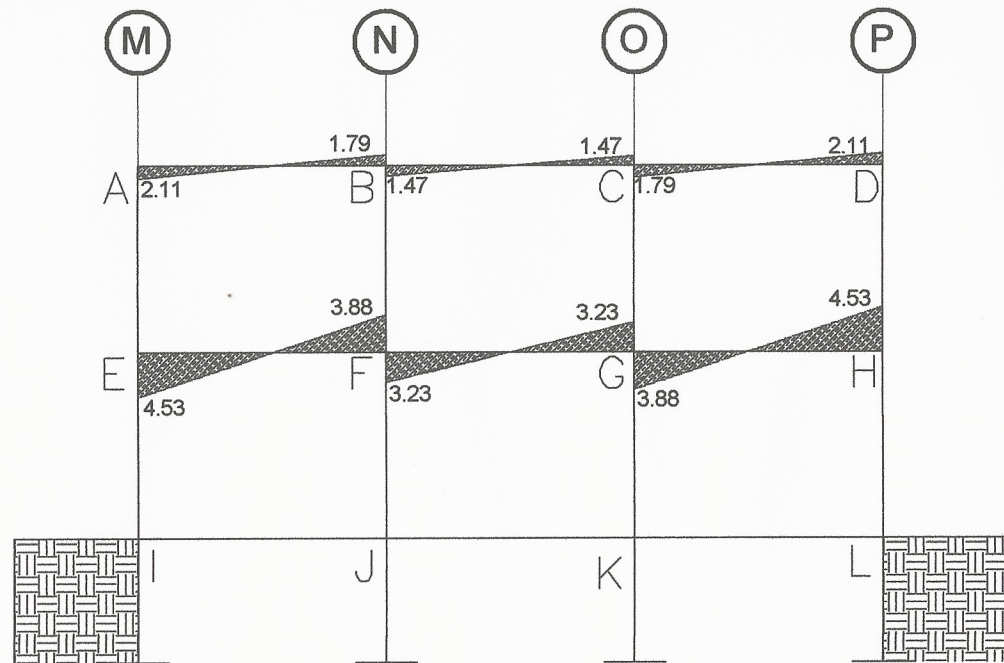
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.68: Momentos generados por carga viva en columnas mediante ETABS, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



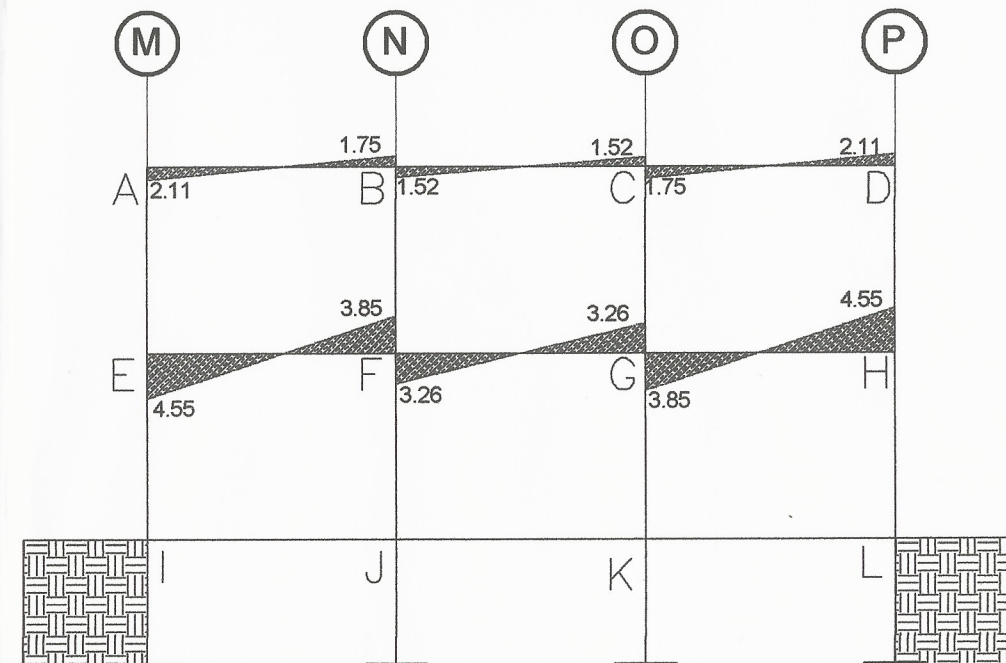
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.69: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante Kani, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



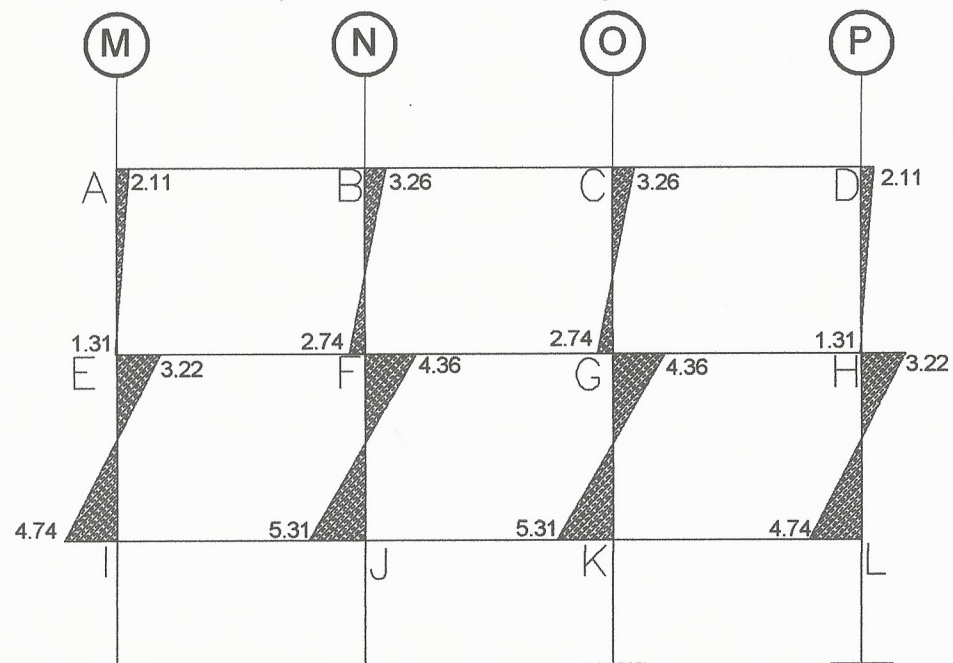
Fuente: elaboración propia

Anexo 5.70: Momentos generados por carga sísmica en vigas mediante ETABS, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



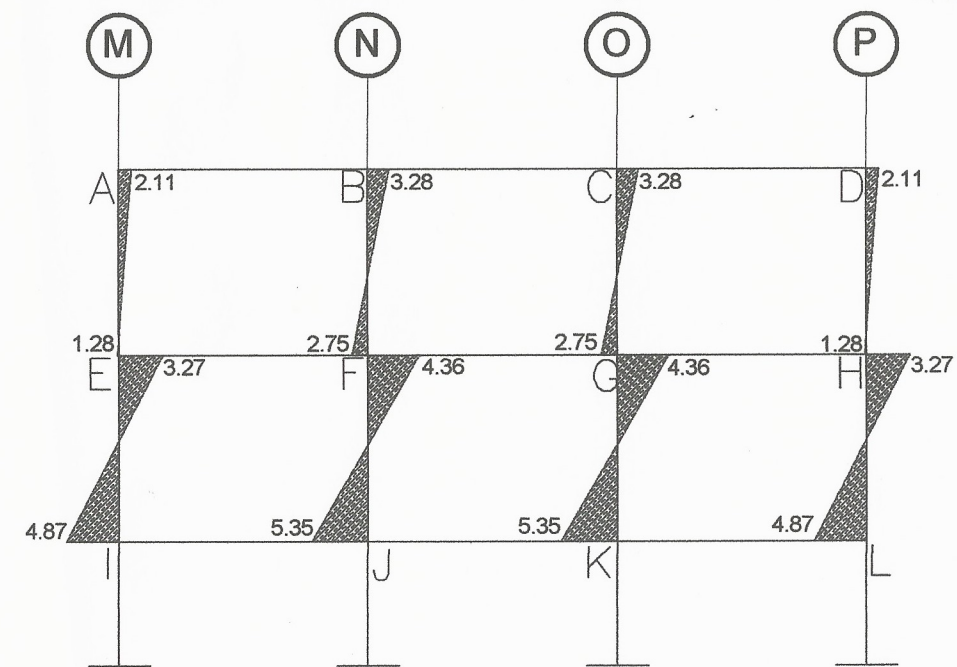
Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Anexo 5.71: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante Kani, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



Fuente: elaboración propia

Anexo 5.72: Momentos generados por carga sísmica en columnas mediante ETABS, eje 4, módulo 3 (Kg-m)

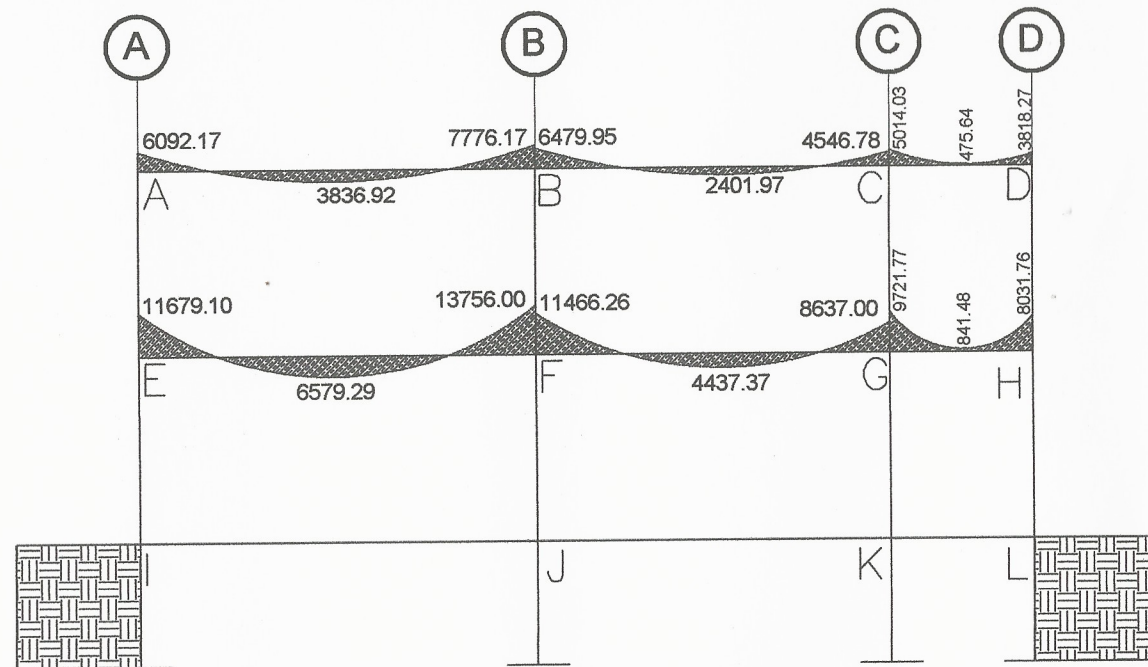


Fuente: elaboración propia, resultados obtenidos utilizando ETABS.

Apéndice 4. **Diagramas de momentos y corte último**

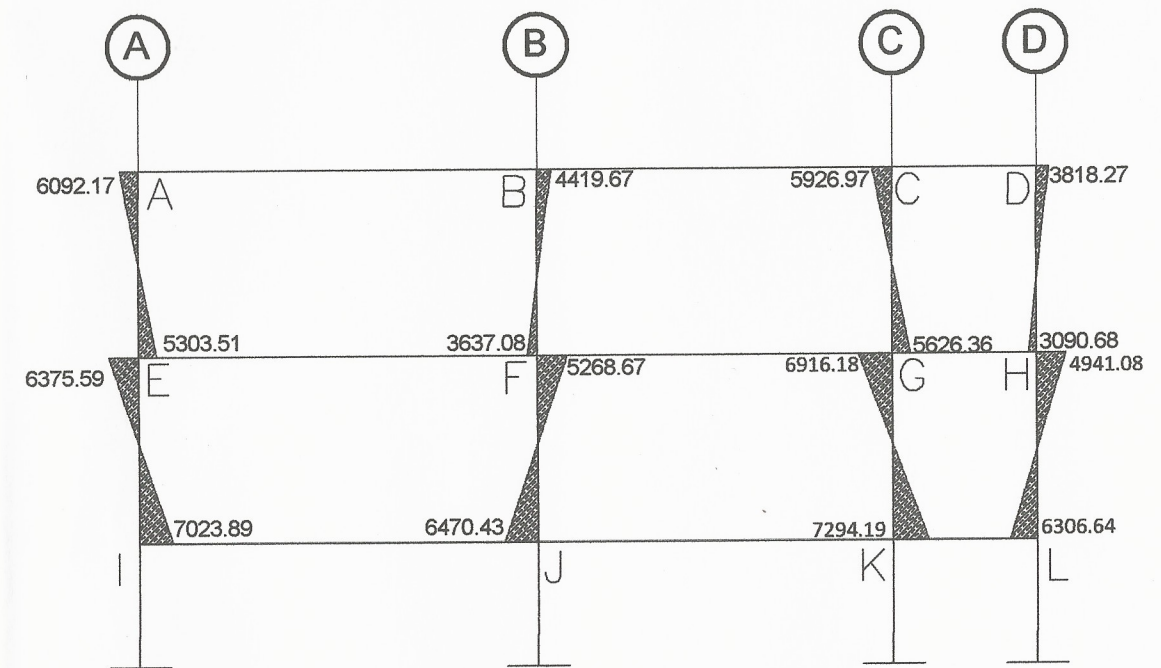
Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Anexo 6.1: Diagrama de momentos últimos para vigas, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



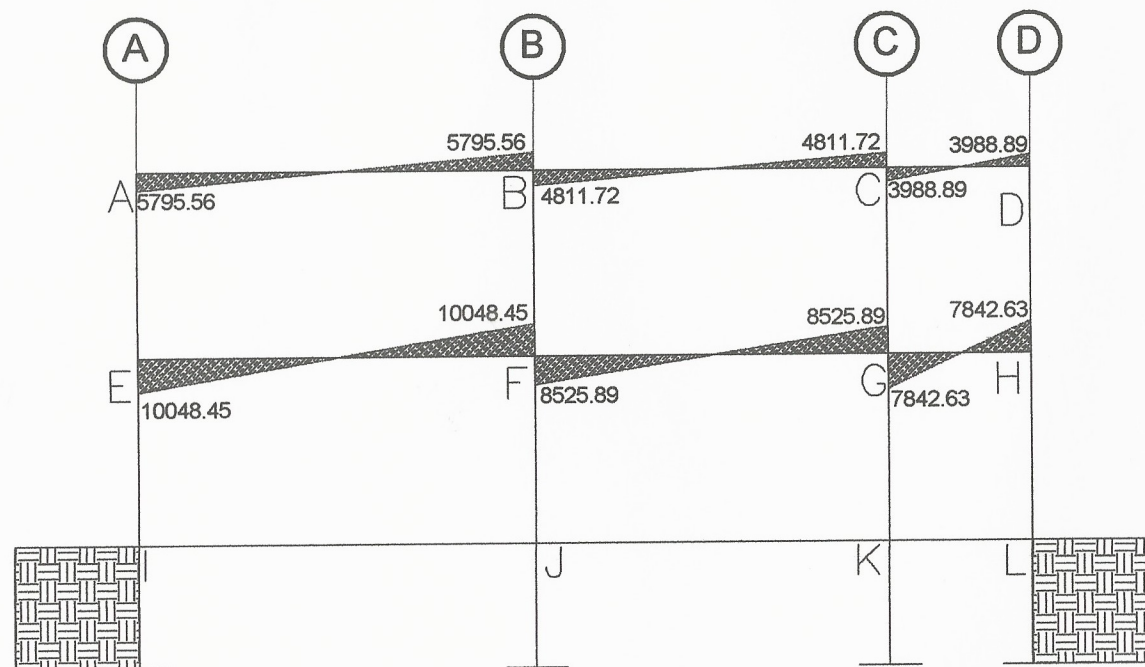
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.2: Diagrama de momentos últimos para columnas, eje 3, módulo 1 (Kg-m)



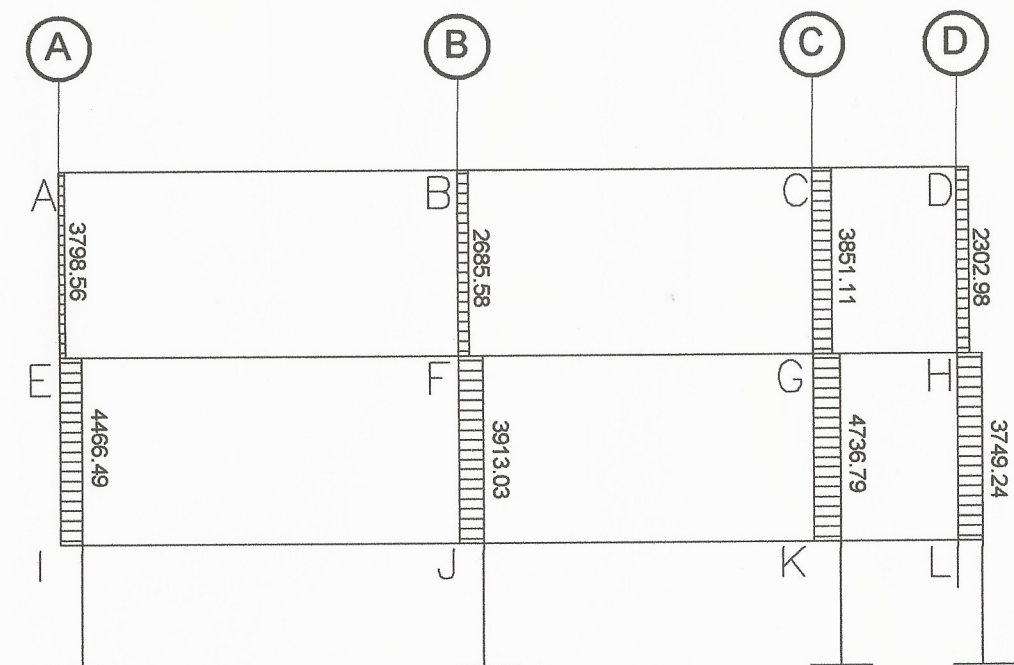
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.1: Diagrama de corte último para vigas, eje 3, módulo 1 (Kg)



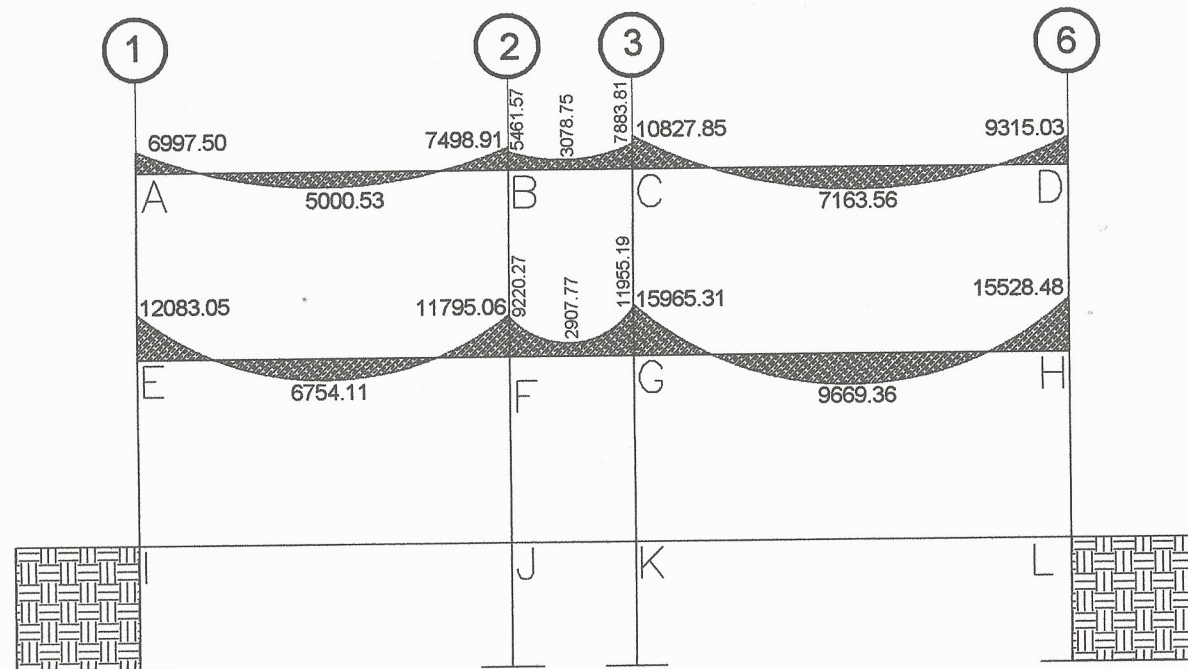
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.2: Diagrama de corte último para columnas, eje 3, módulo 1 (Kg)



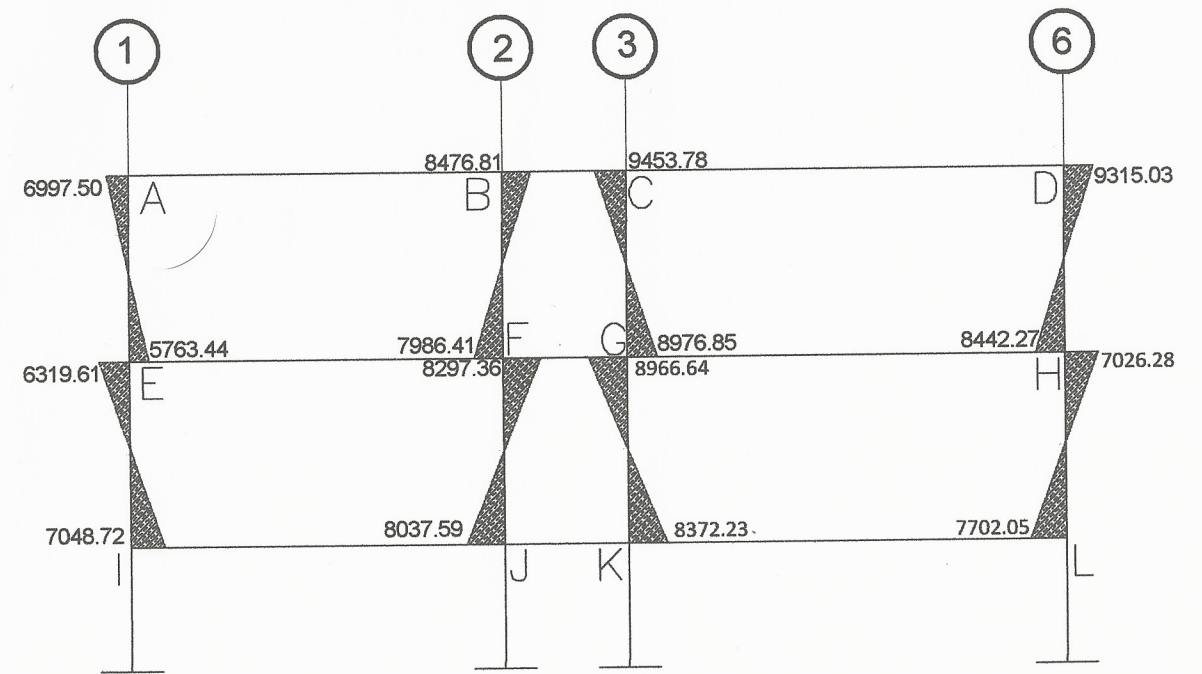
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.5: Diagrama de momentos últimos para vigas, eje B, módulo 1 (Kg-m)



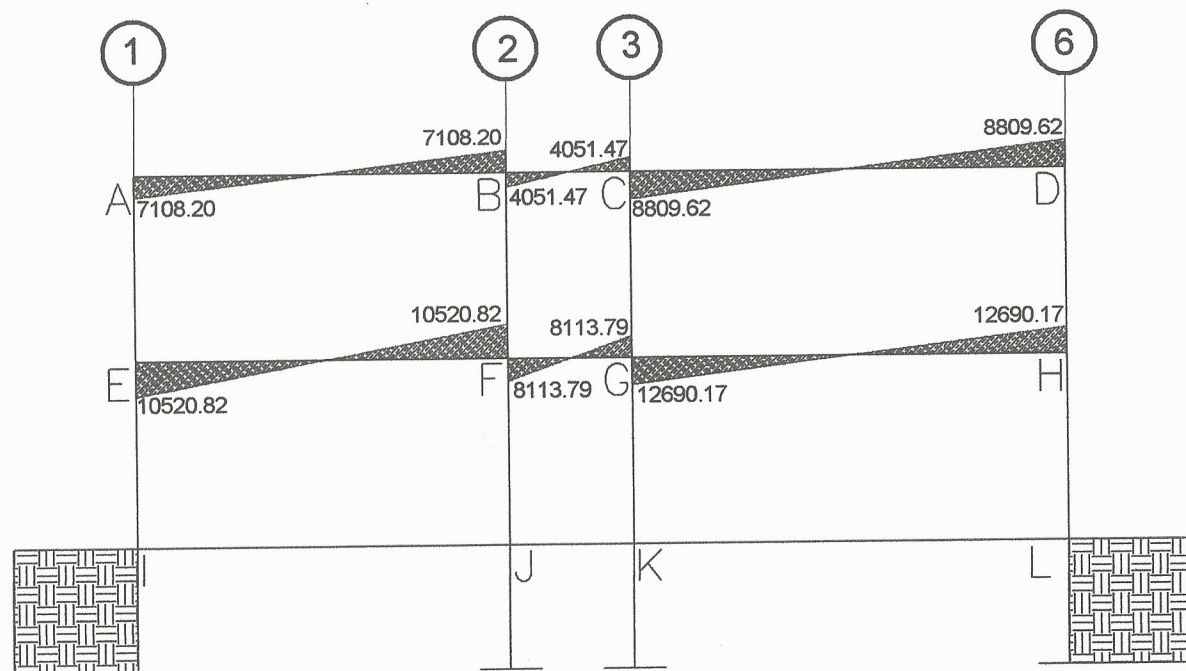
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.6: Diagrama de momentos últimos para columnas, eje B, módulo 1 (Kg-m)



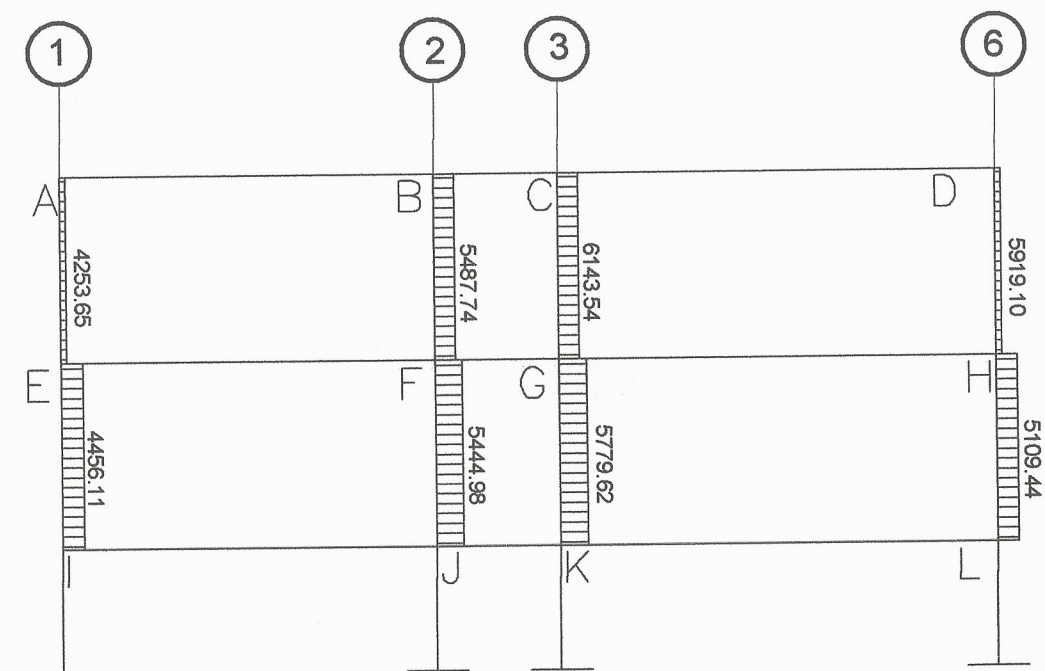
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.7: Diagrama de corte último para vigas, eje B, módulo 1 (Kg)



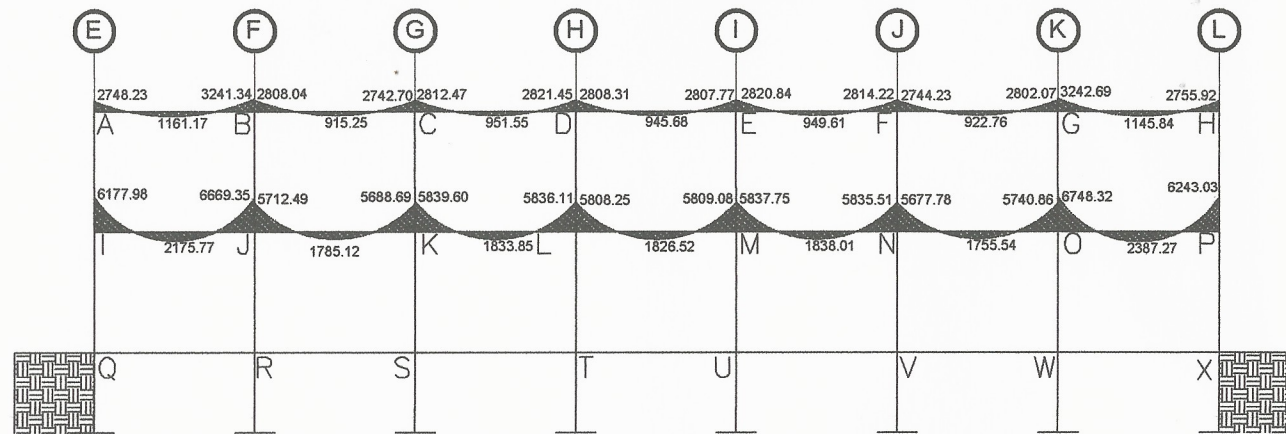
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.8: Diagrama de corte último para columnas, eje B, módulo 1 (Kg)



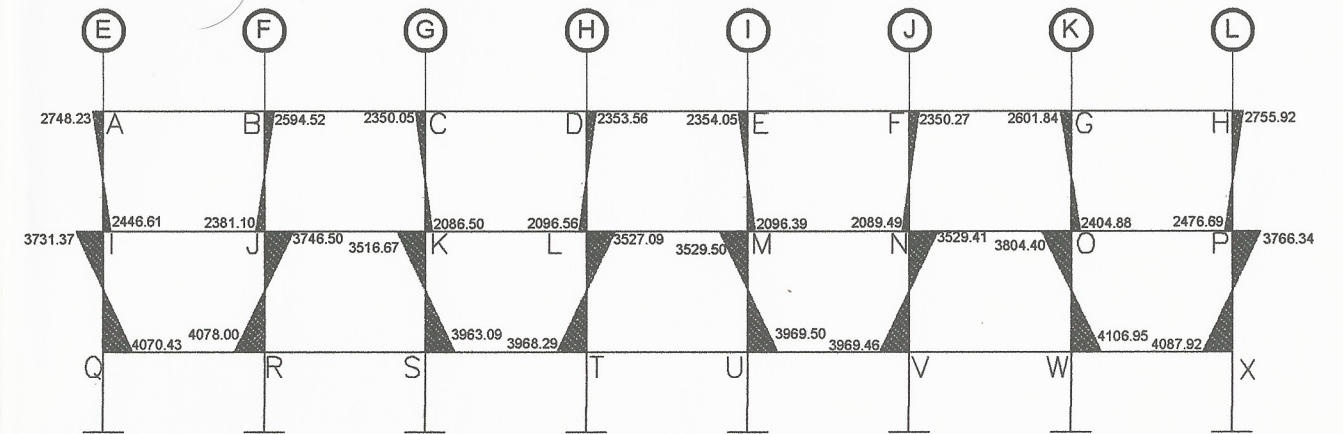
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.9: Diagrama de momentos últimos para vigas, eje 2, módulo 2 (Kg)



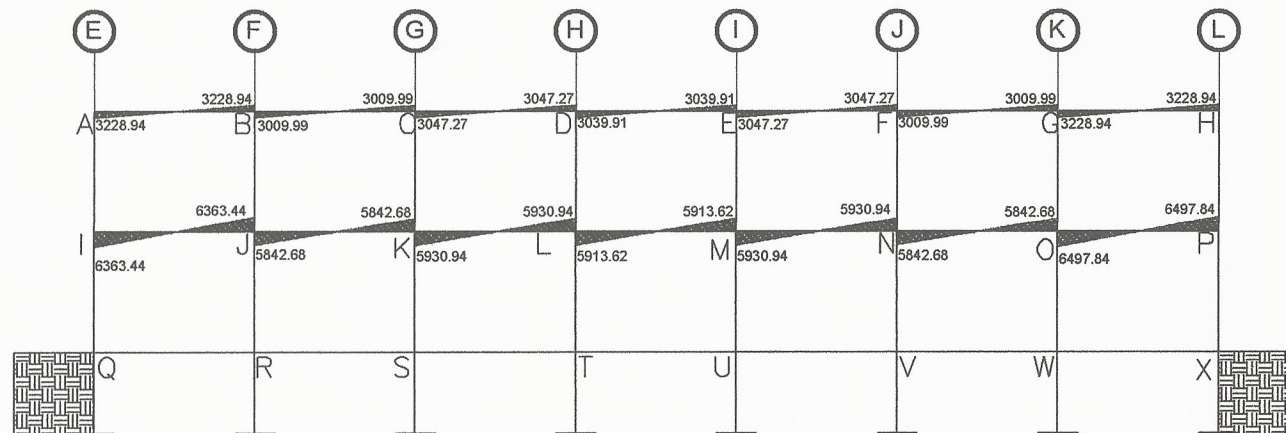
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.10: Diagrama de momentos últimos para columnas, eje 2, módulo 2 (Kg)



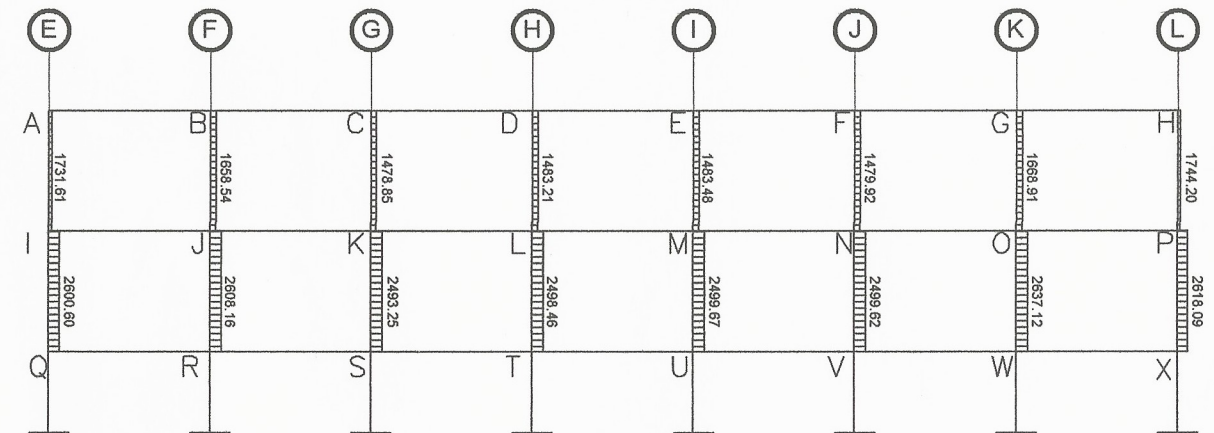
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.11: Diagrama de corte último para vigas, eje 2, módulo 2 (Kg)



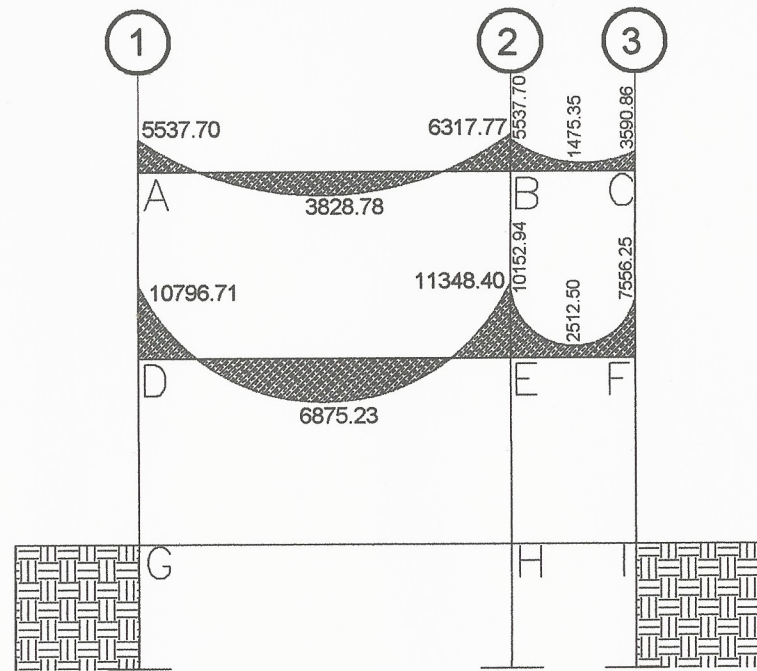
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.12: Diagrama de corte último para columnas, eje 2, módulo 2 (Kg)



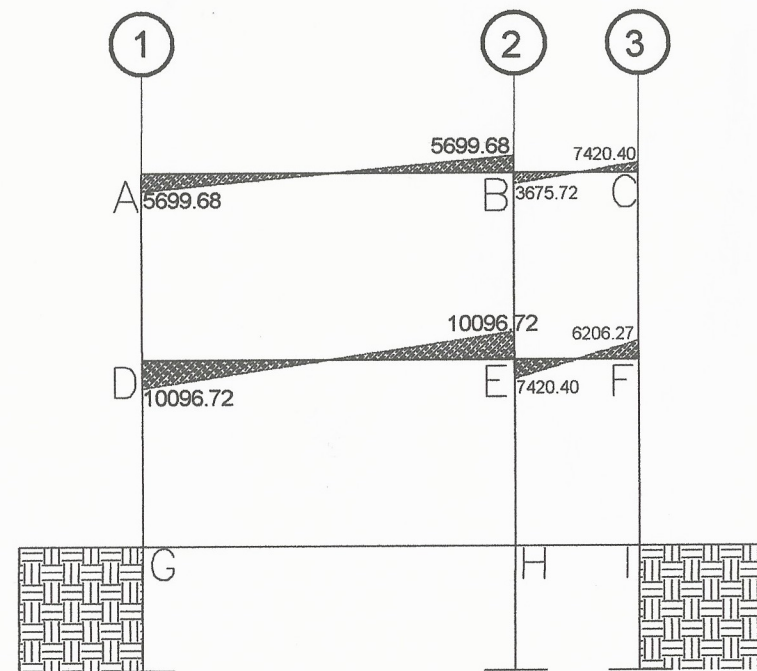
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.13: Diagrama de momentos últimos para vigas, eje K, módulo 2 (Kg-m)



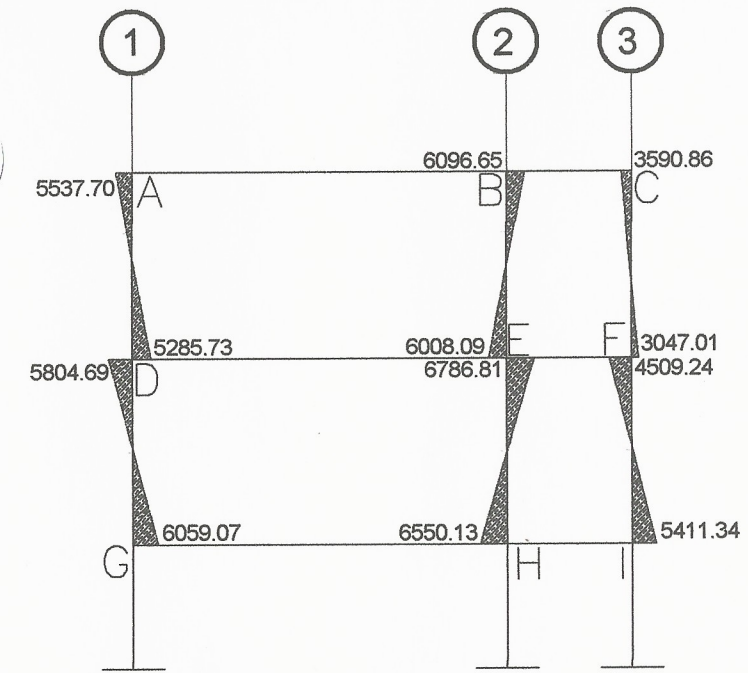
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.15: Diagrama de corte último para vigas, eje K, módulo 2 (Kg)



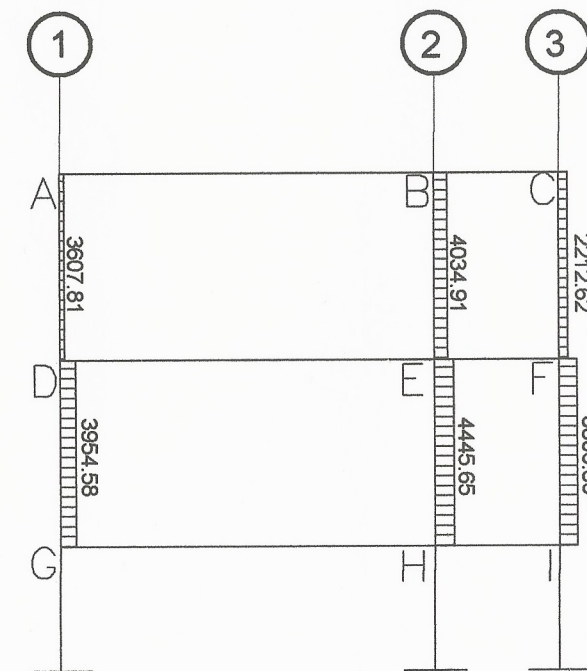
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.14: Diagrama de momentos últimos para columnas, eje K, módulo 2 (Kg-m)



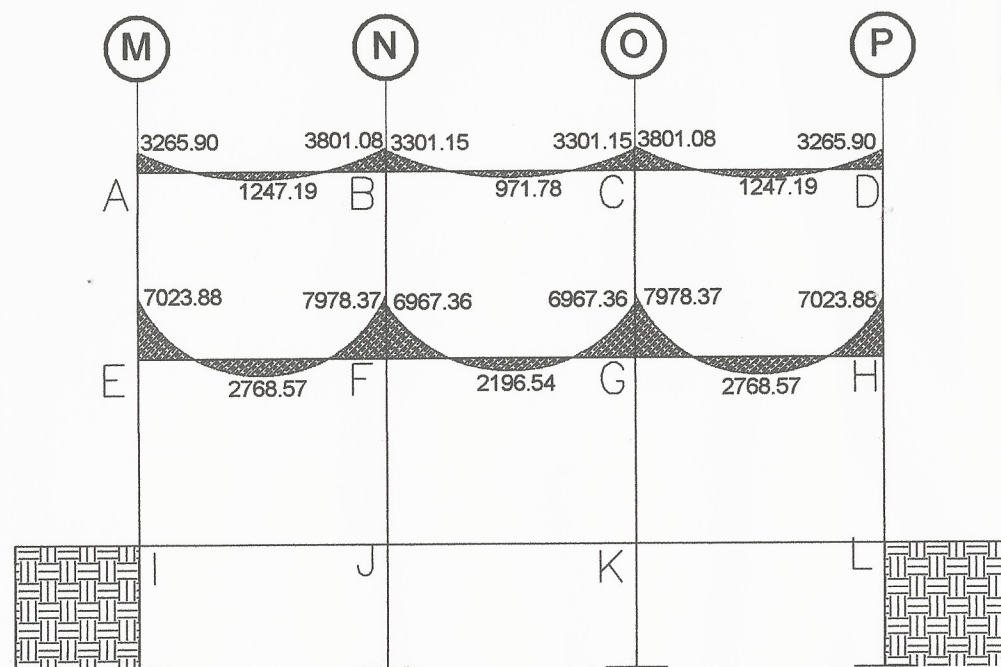
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.16: Diagrama de corte último para columnas, eje K, módulo 2 (Kg)



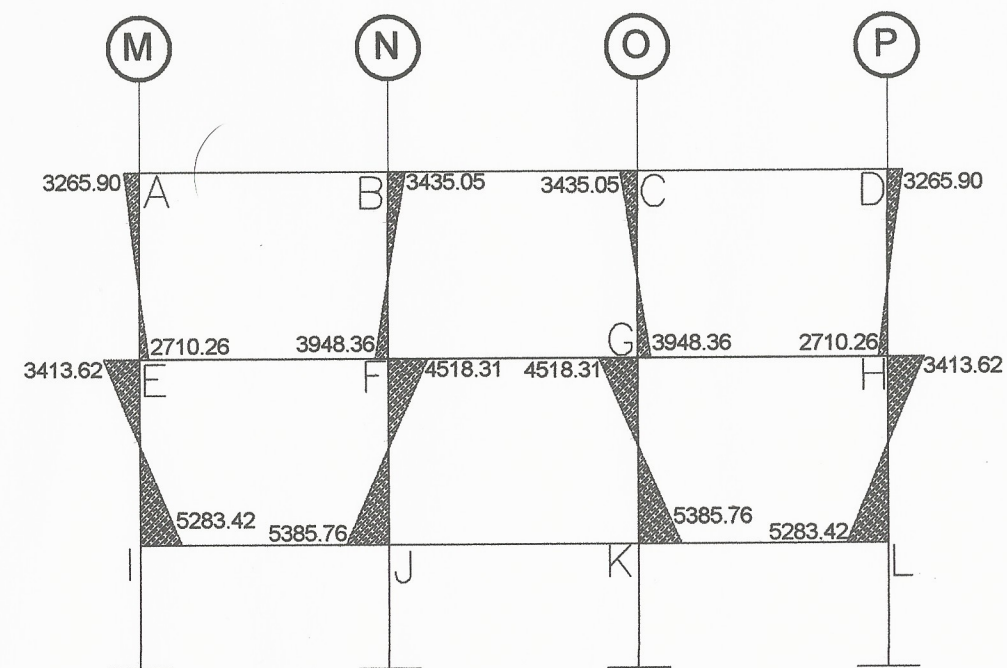
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.17: Diagrama de momentos últimos para vigas, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



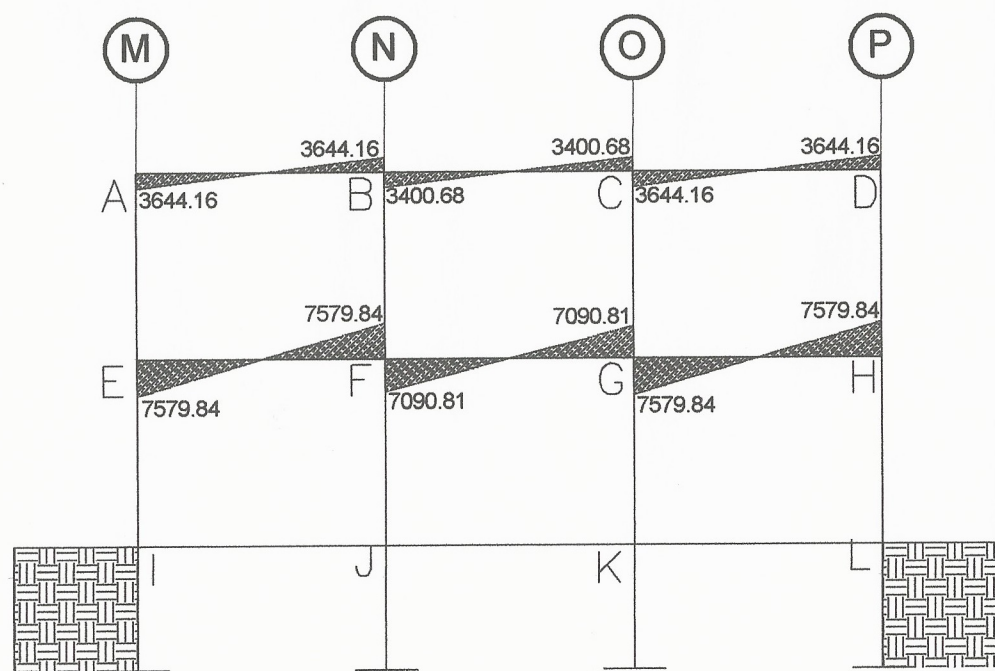
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.18: Diagrama de momentos últimos para columnas, eje 4, módulo 3 (Kg-m)



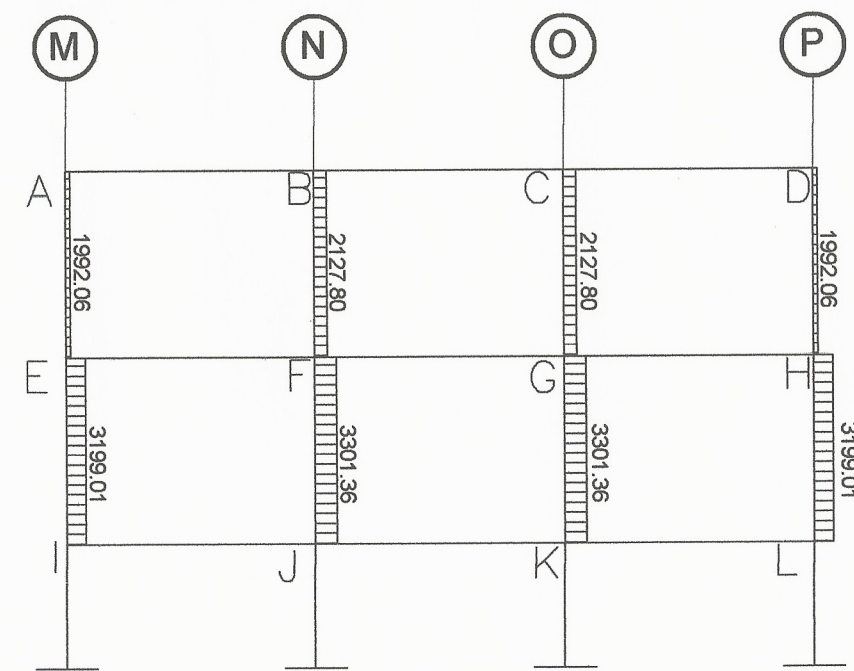
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.19: Diagrama de corte último para vigas, eje 4, módulo 3 (Kg)



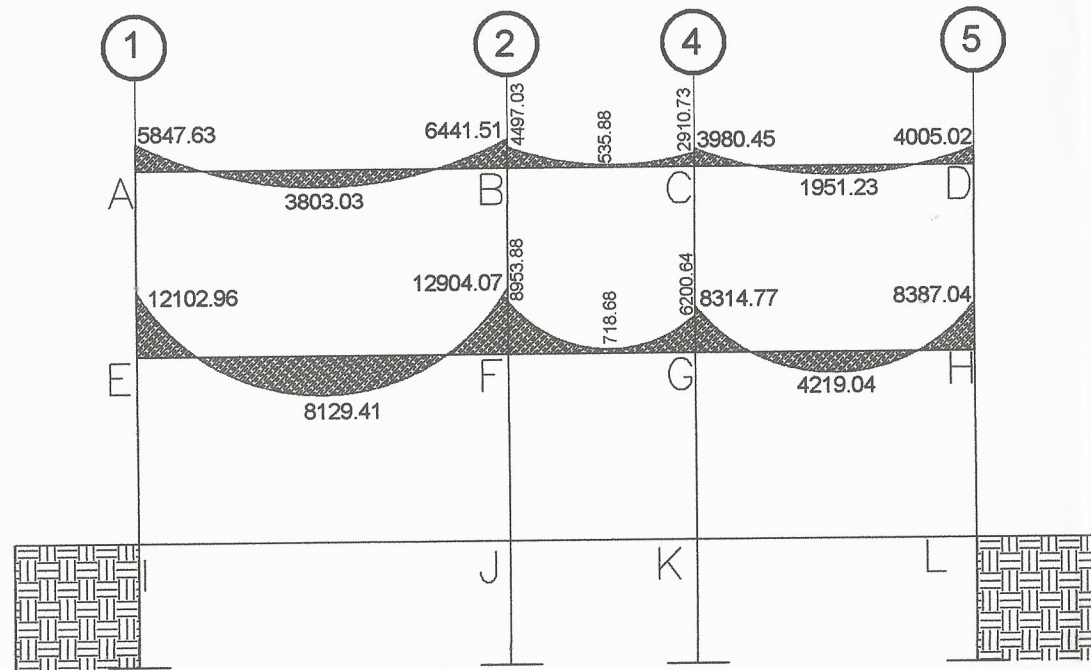
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.20: Diagrama de corte último para columnas, eje 4, módulo 3 (Kg)



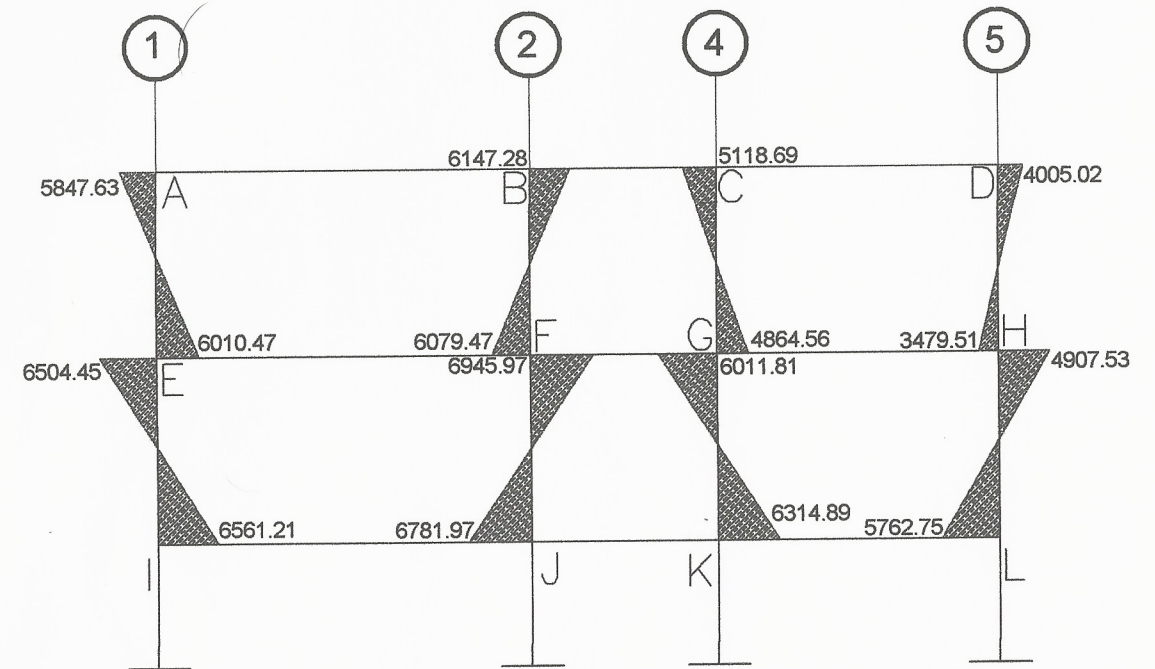
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.21: Diagrama de momentos últimos para vigas, eje N, módulo 3 (Kg)



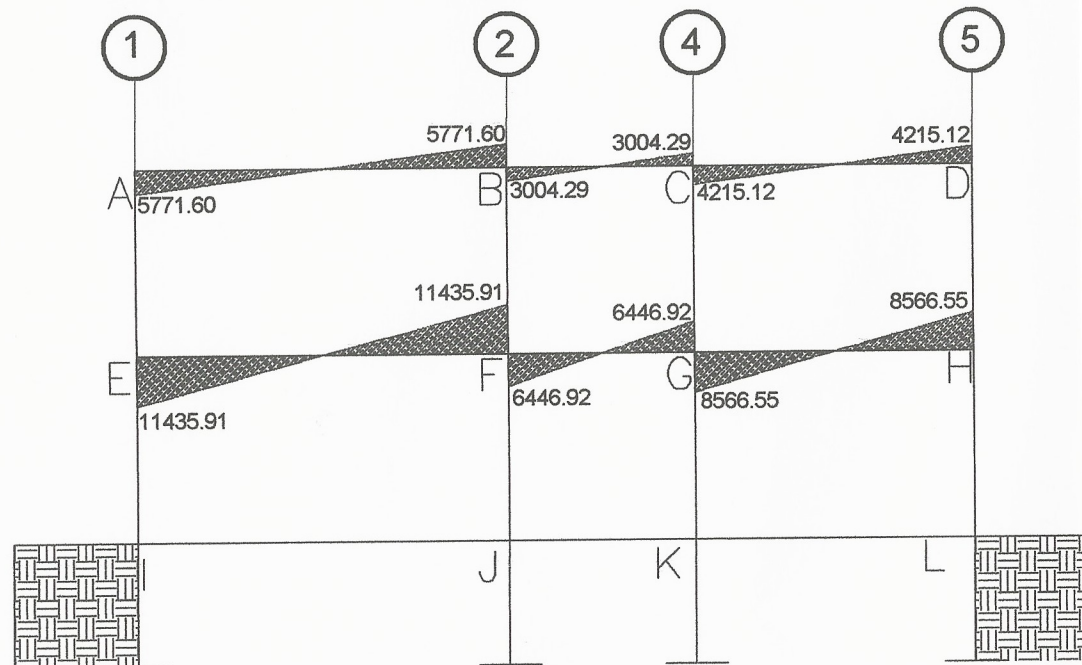
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.22: Diagrama de momentos últimos para columnas, eje N, módulo 3 (Kg)



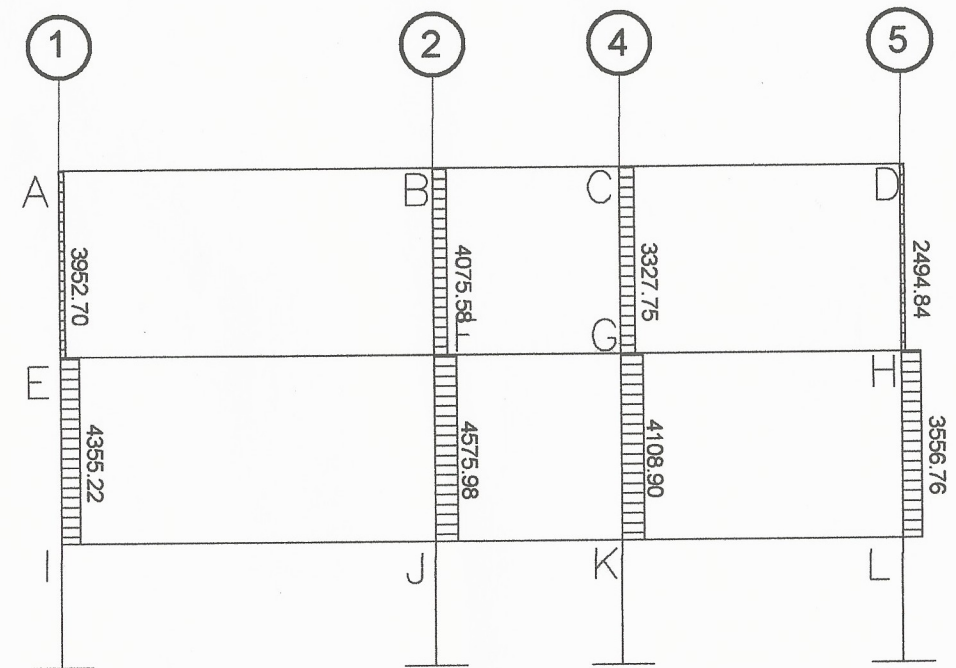
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Anexo 6.23: Diagrama de corte último para vigas, eje N, módulo 3 (Kg)



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

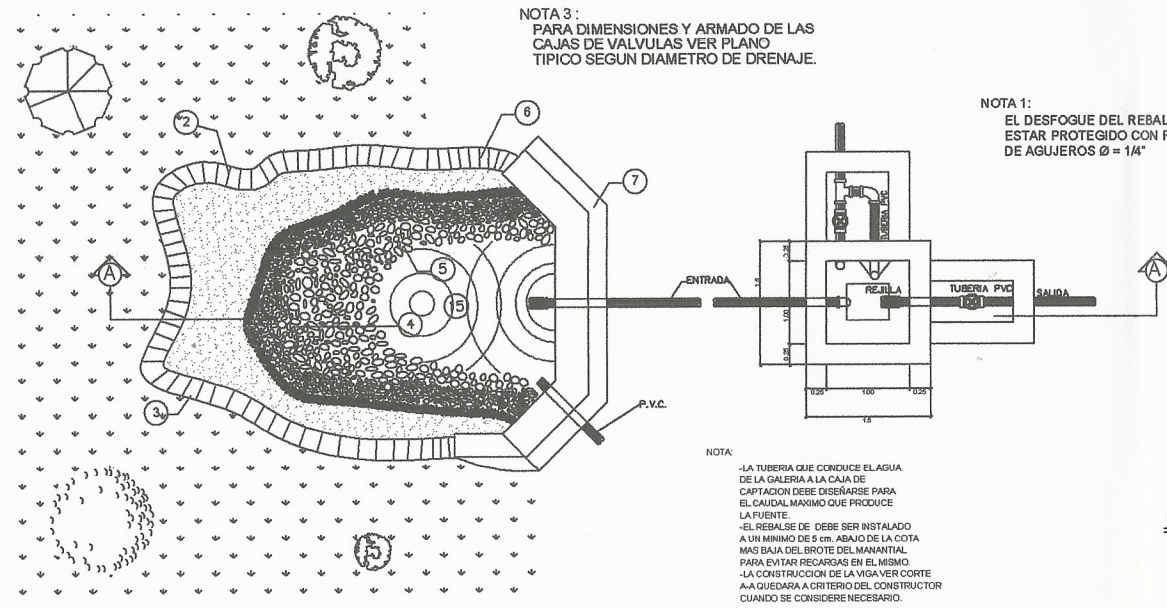
Anexo 6.24: Diagrama de corte último para columnas, eje N, módulo 3 (Kg)



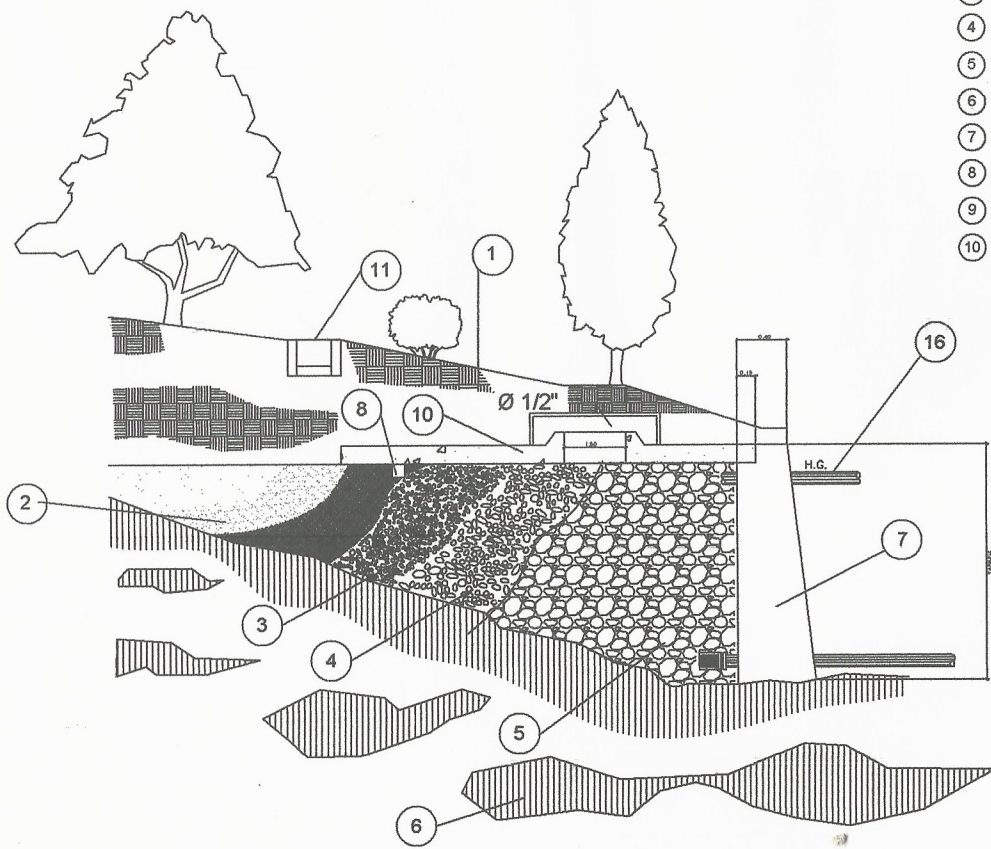
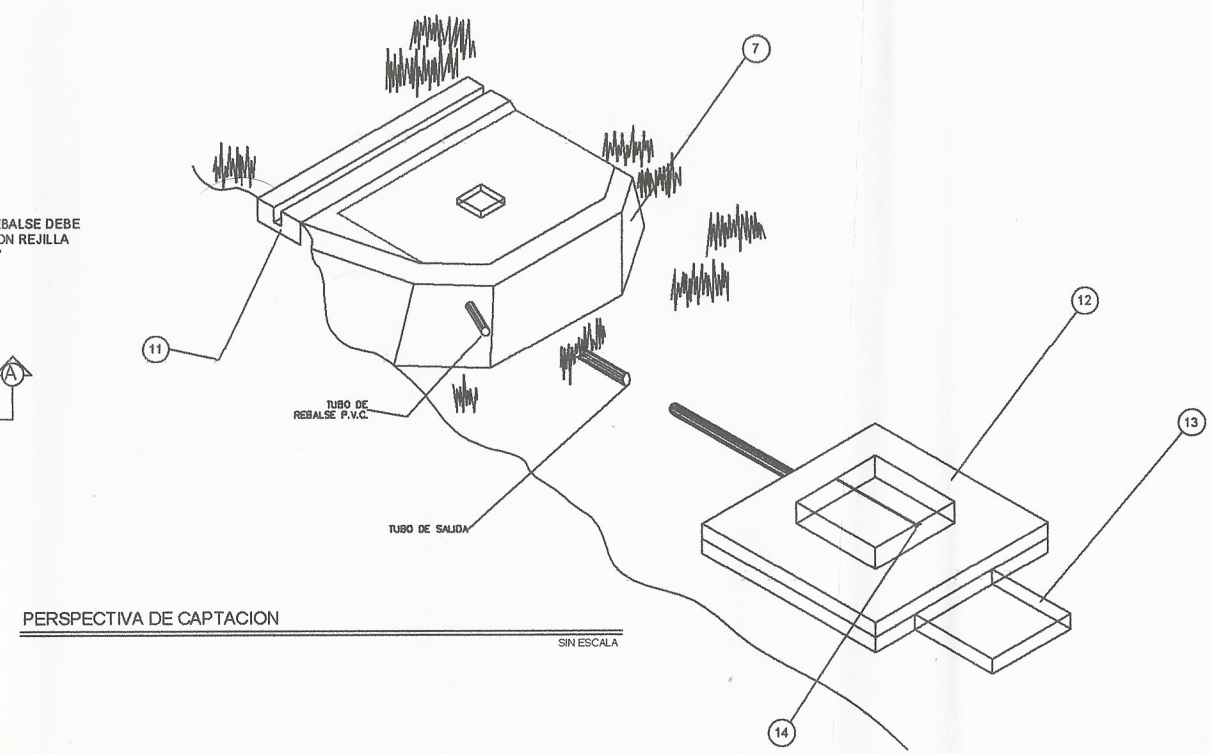
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad Civil 3D 3015

Apéndice 5. **Planos constructivos de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Manzanillo II**

Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD Civil 3D 2015.



PLANTA DE CAPTACION DE UN BROTE DEFINIDO
SIN ESCALA



- 1 TERRENO NATURAL
- 2 ACUIFERO
- 3 GRAVA 1/2"
- 4 GRAVA 3"
- 5 PIEDRA BOLA DE 6"-10"
- 6 MANTO DE ROCA
- 7 MURO DE CONTENCIÓN DE MAMPOSTERIA
- 8 VIGA 0.20 X 0.20 4 Ø 3/8" + EST. Ø 1/4" @ 0.20
- 9 TAPADERA PARA INSPECCION
- 10 SELLO SANITARIO DE CONCRETO ESPESOR 8 cms.

- 11 CONTRACUNETA REVESTIDA
- 12 CAJA REUNIDORA
- 13 CAJA DE VALVULA DE COMPUERTA
- 14 CANDADO PARA INTERPERIE
- 15 DEPOSITO DE AGUA
- 16 REBALSE Ø 4" MIN.

ESPECIFICACIONES

- Concreto ciclopeo:
PIEDRA BOLA 33%
CONCRETO 67%

- CONCRETO:
F'c=210 Kg/cm² (3000 psi)

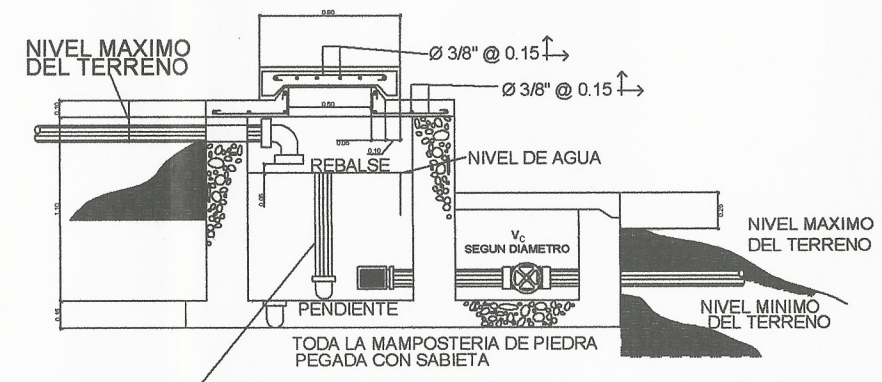
- MUROS:
LOS MUROS DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA DEBEN IMPERMEABILIZARSE POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE PROPORCION CEMENTO-ARENA (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA

- LOSAS:
LA LOSA DE CONCRETO DEBE DARSELE UN DESNIVEL DE 1% HACIA LOS LADOS Y LA SUPERFICIE DEBE QUEDAR CERNIDA CON CEMENTO-ARENA EN PROPORCION (1:2)

- REFUERZO:
fy = 2810 Kg/cm².

NOTAS GENERALES

- EN ESTE PLANO ÚNICAMENTE SE INDICAN LAS ESTRUCTURAS MÁS IMPORTANTES QUEDA A CRITERIO DEL INGENIERO CONSTRUCTOR LA DECISION PARA CADA CASO EN PARTICULAR.
- LA EXCAVACION DEBE HACERSE HASTA ENCONTRAR EL ESTRATO IMPERMEABLE DEBE CAPTARSE LA TOTALIDAD DEL AGUA DEL ACUIFERO DEJANDO PREVISTO REBALSE HACER UNA ZANJA DE DRENAJE INTERCEPTOR PARA PROTEGER Y EVITAR INFILTRACIONES DEL AGUA SUPERFICIAL. ESTA ZANJA ESTARA A UN MÍNIMO DE 7m. DE LA CAPTACION.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO DE CHINIQUE, GUATEMALA

CONTENIDO: CAPTACION DE BROTE DEFINIDO

DISEÑO: Ing. Juan Mauricio US

ASESOR - SUPERVISOR: Ing. Mauricio US

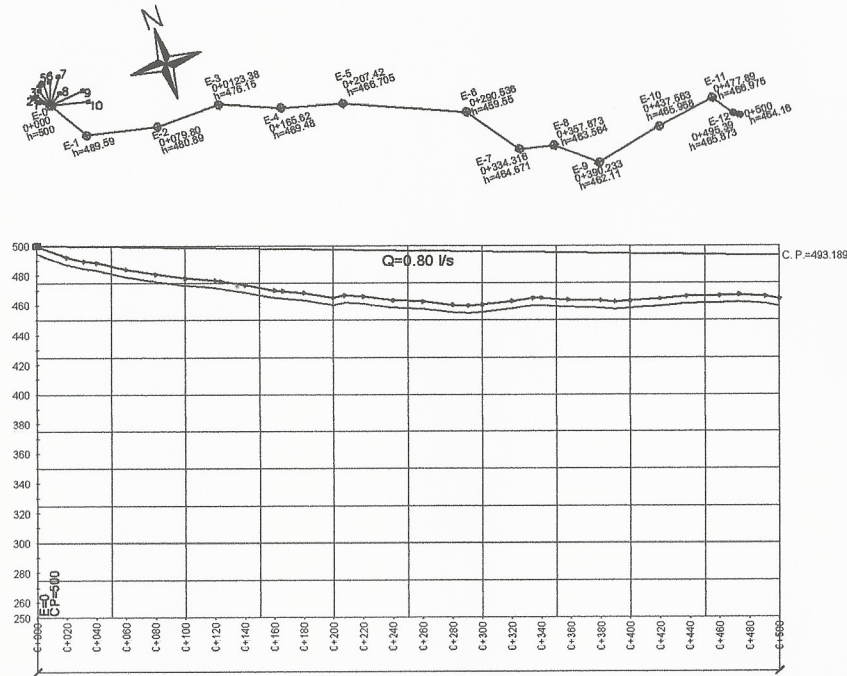
FECHA: 1/11

Facultad de Ingeniería

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPELISTA

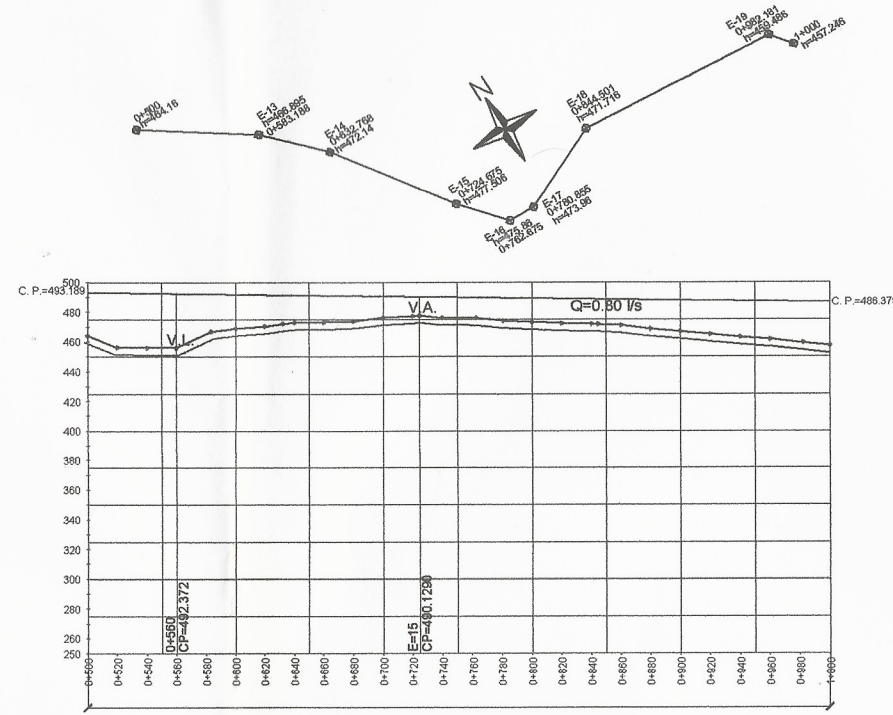
JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR

PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 0+000 HASTA ESTACIÓN 0+500



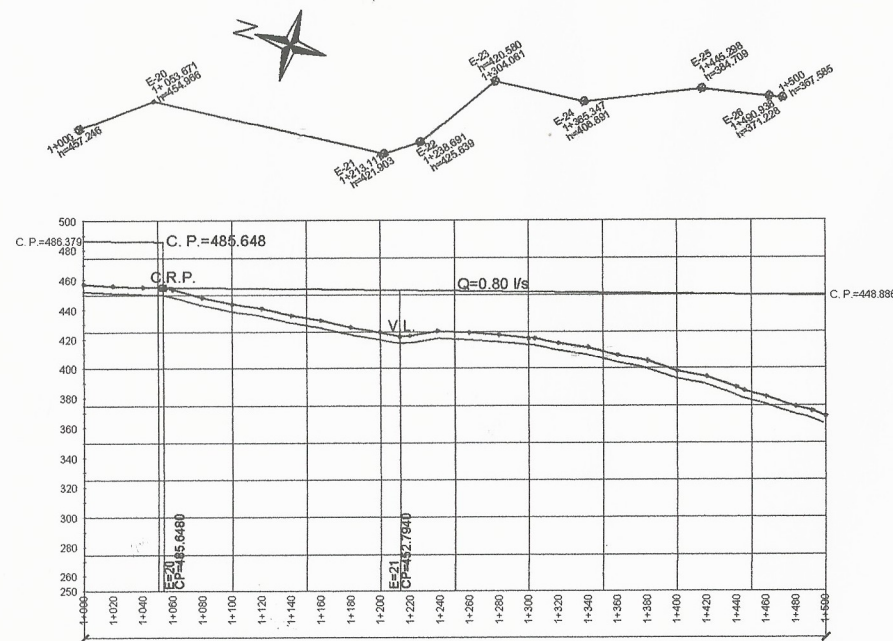
89 TUBOS DE PVC DE 160 PSI CON Ø=1 1/4"

PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 0+500 HASTA ESTACION 1+000



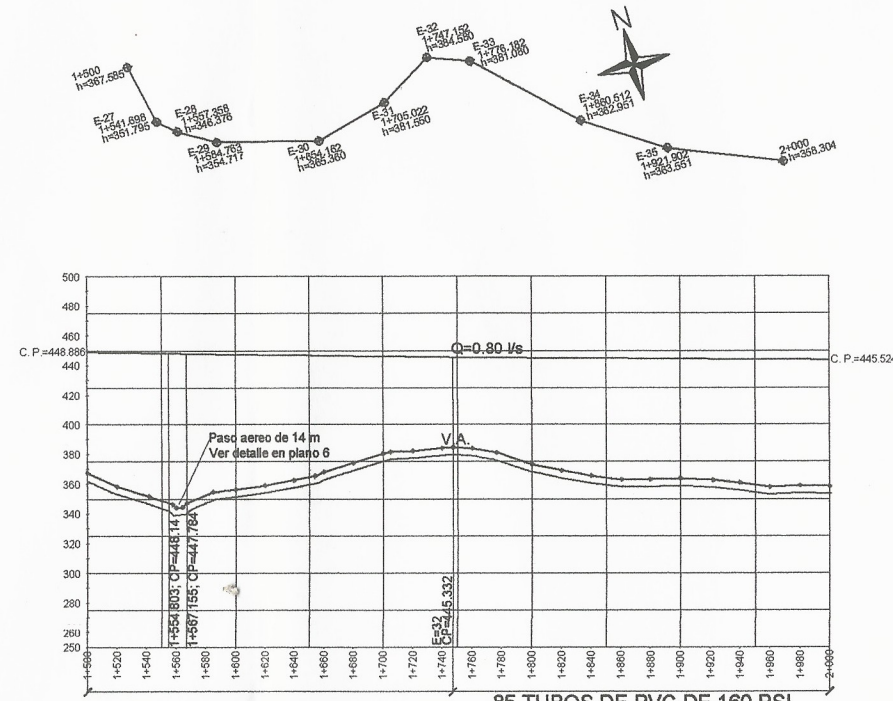
89 TUBOS DE PVC DE 160 PSI CON Ø=1 1/4"

PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 1+000 HASTA ESTACIÓN 1+500



89 TUBOS DE PVC DE 160 PSI CON Ø=1 1/4"

PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 1+500 HASTA ESTACIÓN 2+000



43 TUBOS DE PVC Y 3 DE HG DE 160 PSI CON Ø=1 1/4" CON Ø=1 1/2"

NACIMIENTOS

Nac. No.	Altura (m)	Caudal (l/s)
1	501.219	0.205
2	501.186	0.10
3	500.990	0.05
4	502.351	0.04
5	502.312	0.06
6	501.800	0.03
7	502.265	0.04
8	500.735	0.03
9	500.265	0.03
10	409.105	0.04
		Σ 0.625

NOMENCLATURA

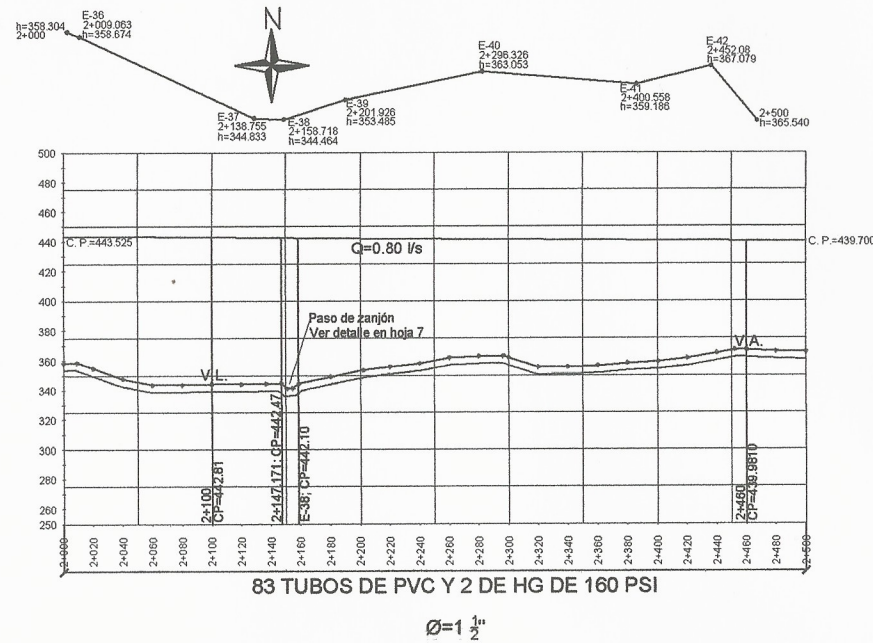
<input type="checkbox"/>	NACIMIENTO
<input checked="" type="checkbox"/>	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P)
<input checked="" type="checkbox"/>	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE LIMPIEZA (V.L.)
<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE AIRE (V.A.)
<input type="checkbox"/>	VIVIENDA
<input checked="" type="checkbox"/>	REUNIDORA DE CAUDALES (C.R.C.)
<input checked="" type="checkbox"/>	HIPOCLORADOR
<input type="checkbox"/>	TUBERÍA
<input type="checkbox"/>	LINEA PIEZOMÉTRICA
<input checked="" type="checkbox"/>	ESTACIÓN

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

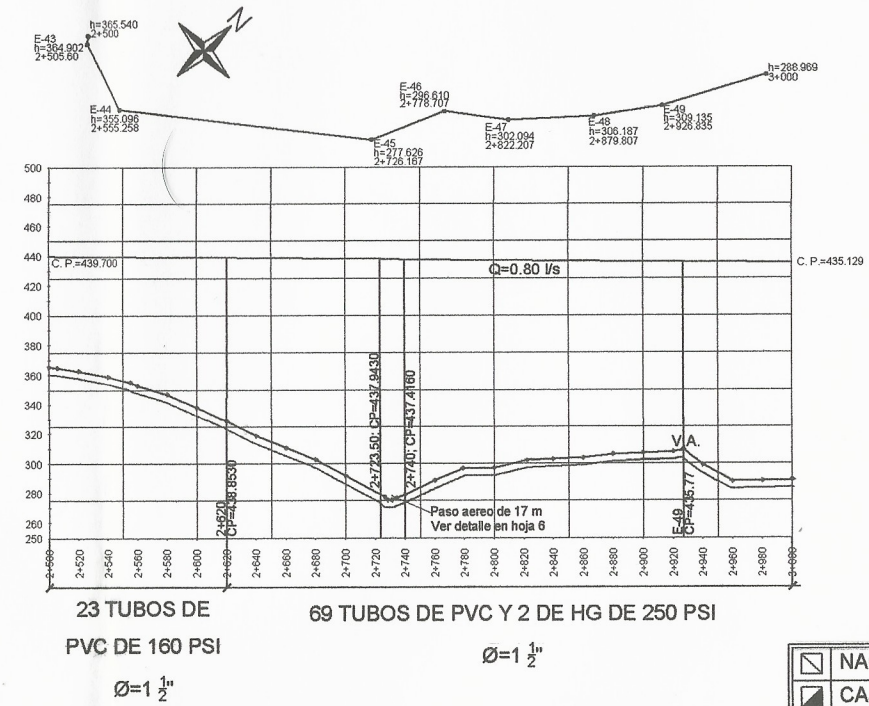


ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICHA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN
DISEÑO: MAURICIO US DE LEÓN
DIBUJO: MAURICIO US DE LEÓN
HOJA NO.: 2/11
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR

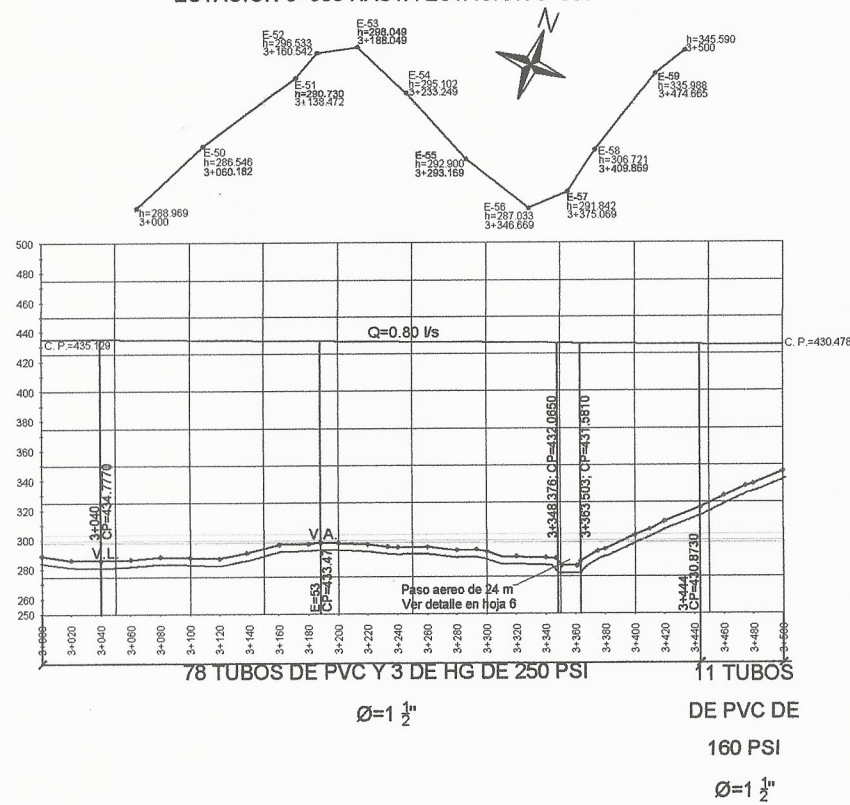
PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 2+000 HASTA ESTACIÓN 2+500



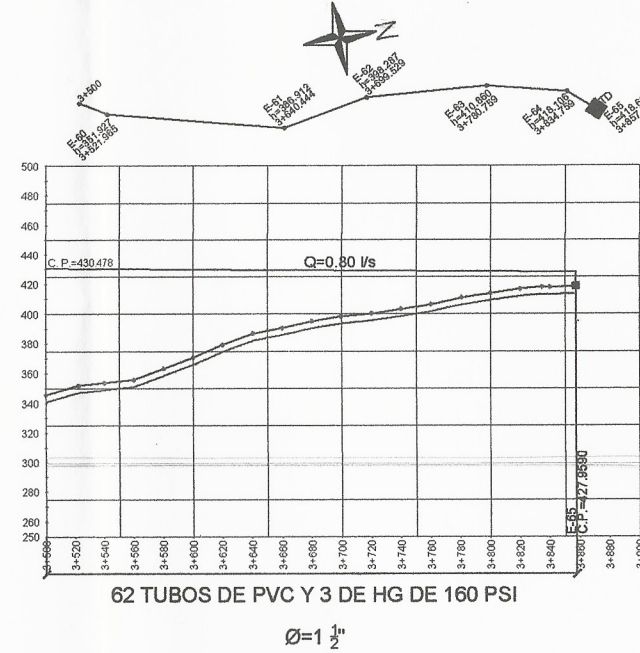
PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 2+500 HASTA ESTACIÓN 3+000



PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 3+000 HASTA ESTACIÓN 3+500



PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN DESDE ESTACIÓN 3+000 HASTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO



NOMENCLATURA

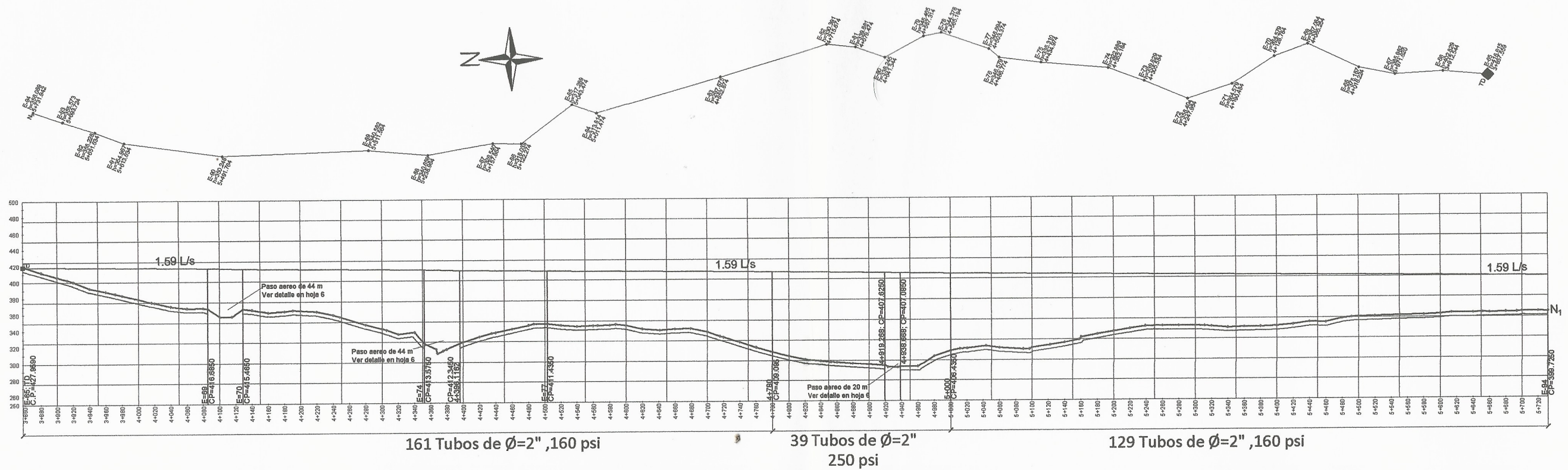
	NACIMIENTO
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (V.L.)
	VALVULA DE AIRE (V.A.)
	VIVIENDA
	REUNIDORA DE CAUDALES (C.R.C.)
	HIPOCLORADOR
	TUBERIA
	LINEA PIEZOMETRICA
	ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

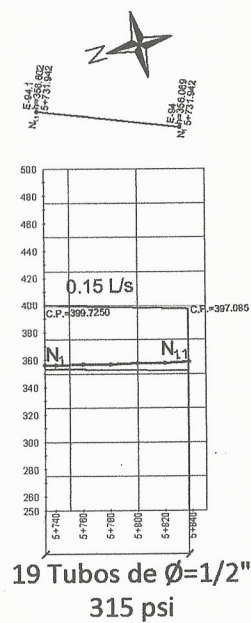


ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICHE
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN
DISEÑO: MAURICIO US DE LEÓN
DIBUJO: MAURICIO US DE LEÓN
FECHA: 12/05/2009
HOJA NO: 3/11
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR

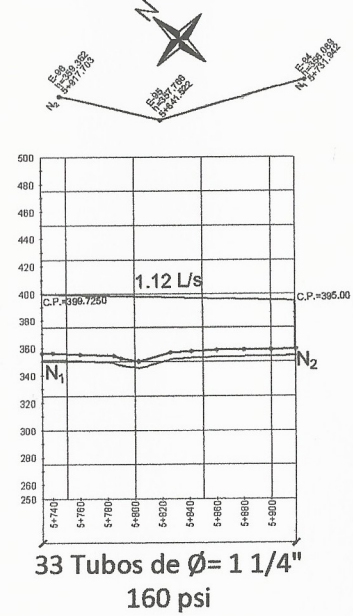
PLANTA-PERFIL DE RED DE DISTRIBUCIÓN DESDE TANQUE DE ALMACENAMIENTO HASTA PRIMER RAMAL



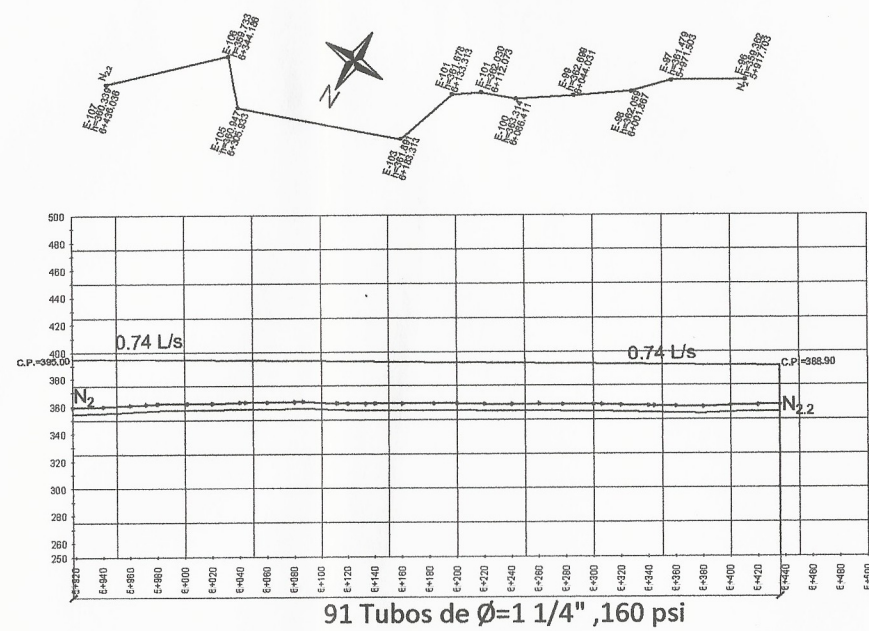
PLANTA-PERFIL DE TRAMO 1 DE RED DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA-PERFIL DE TRAMO 2 DE RED DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA-PERFIL DE TRAMO 3 DE RED DE DISTRIBUCIÓN

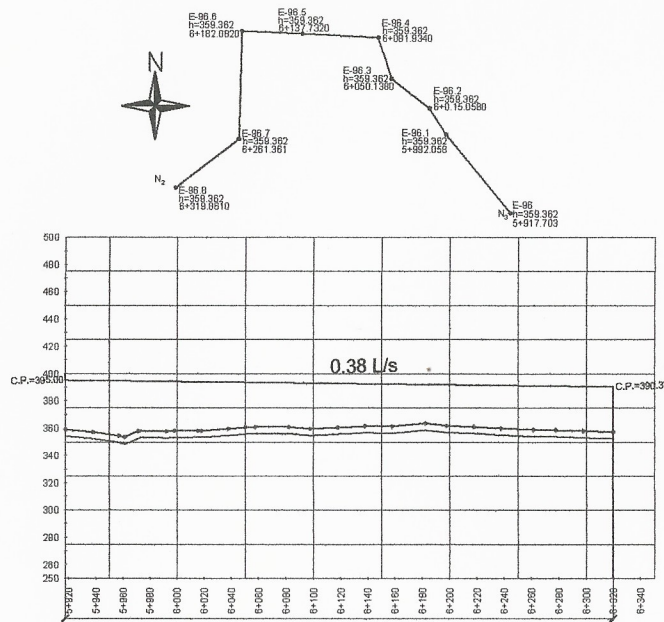


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EPS
 MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



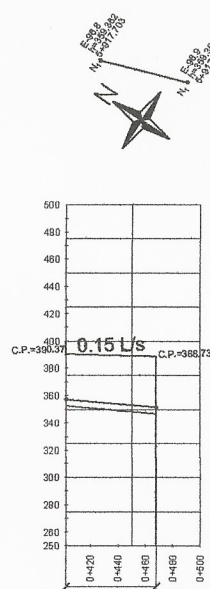
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICÉ
 CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE RED DE DISTRIBUCIÓN
 DISEÑO: ASESOR SUPERVISOR JUAN MERK COS
 DIBUJO: MAURICIO US
 HOJA NO: 4/11
 FECHA: 4-20-19
 JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
 EPIESISTA
 JUAN MERK COS
 ASESOR-SUPERVISOR

PLANTA-PERFIL DE TRAMO 4 DE RED DE DISTRIBUCIÓN



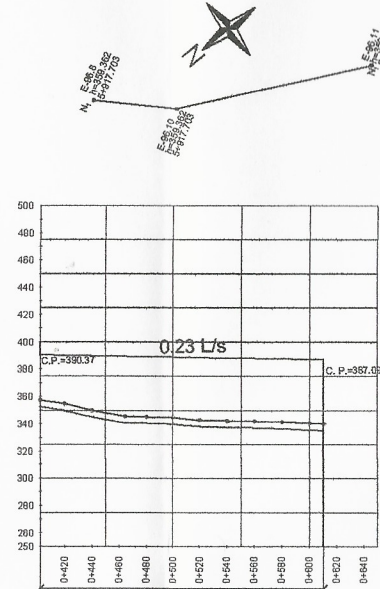
71 Tubos de $\phi=1"$
250 psi

PLANTA-PERFIL DE TRAMO 5 DE RED DE DISTRIBUCIÓN

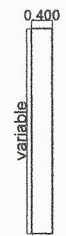


12 Tubos de $\phi=1/2"$
315 psi

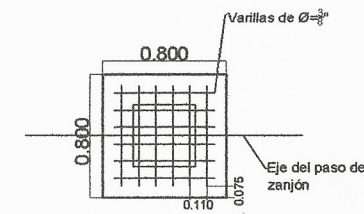
PLANTA-PERFIL DE TRAMO 6 DE RED DE DISTRIBUCIÓN



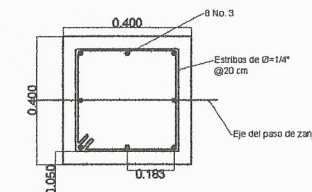
37 Tubos de $\phi=3/4"$
250 psi



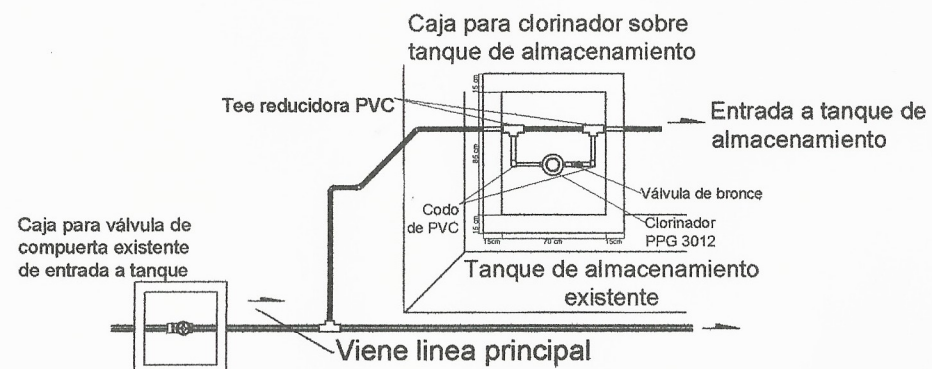
Detalle de base



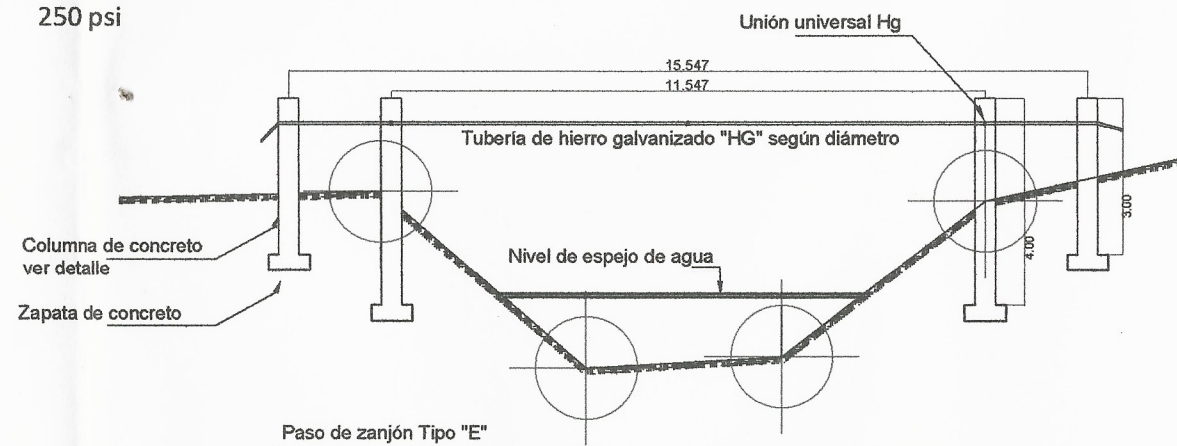
PLANTA DE ZAPATA



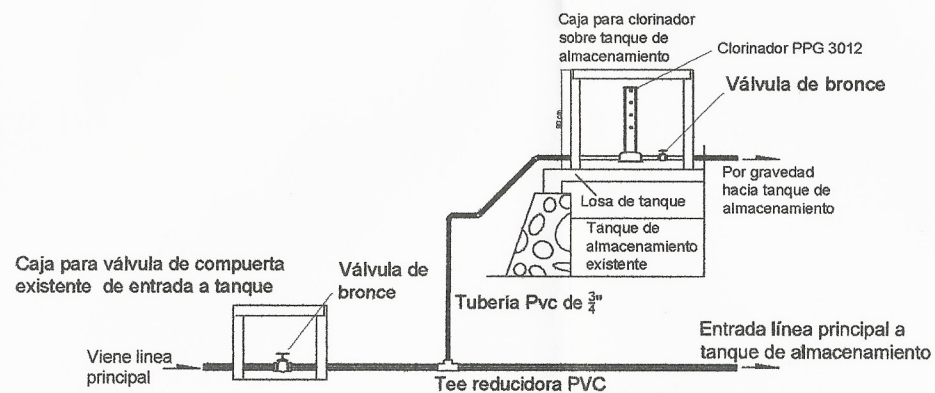
ESTRUCTURA DE COLUMNA



Planta Sistema de cloración



Paso de zanjón Tipo "E"



Elevación Sistema de cloración

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICHE

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN & DETALLE DE PASO DE ZANJÓN

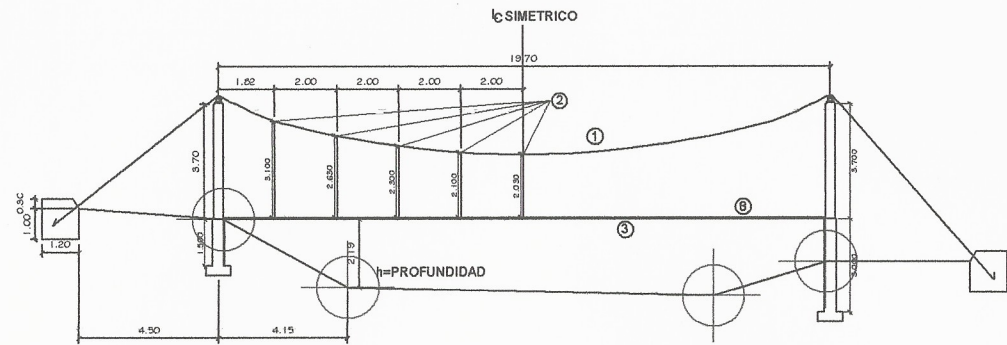
DISEÑO: MAURICIO US - SUPERVISOR

DIBUJO: MAURICIO US - Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

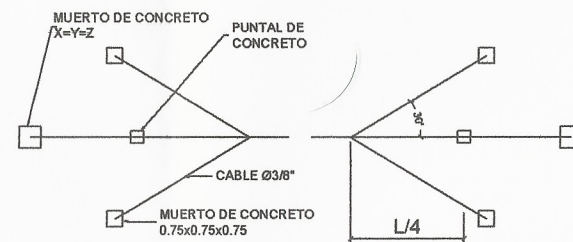
HOJA NO: 5/11 FECHA: 4-2019

JOSE MAURICIO US DE LEON
EPSISTA

JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR



PUENTE COLGANTE DE 14.10 METROS
ESCALA: 1:100



PLANTA, ESQUEMA DE TENSORES TRANSVERSALES
SIN ESCALA

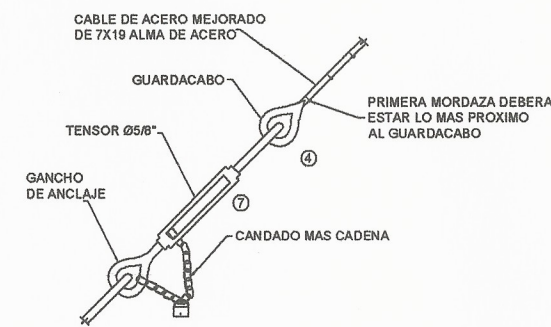
NOTAS GENERALES

A. MATERIALES

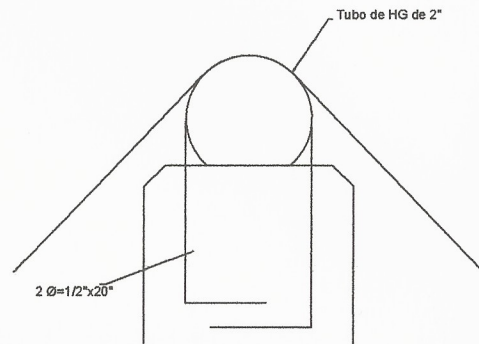
1. CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A AL COMPRESION DE 210 KG/CM² (3000 PSI) A LOS 28 DIAS PARA LA FUNDICION DE LAS COLUMNAS Y ZAPATAS.
2. ACERO DE REFUERZO: SE USARA REFUERZO GRADO 40.
3. CABLE DE ALAMBRE: SE USARA CABLE DE ACERO DE ARADO MEJORADO COMPUESTO DE 6 CORDONES DE 19 ALAMBRES POR CORDON CON ALMA DE ACERO CON UN DIAMETRO SEGUN PARA CADA USO.

B. VARIOS

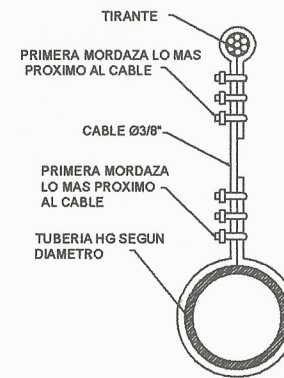
4. EL NIVEL DE CIMENTACION DE LAS ZAPATAS DEBERA SER EL MISMO PARA AMBAS COLUMNAS Y ESTAS ULTIMAS QUEDARAN PERFECTAMENTE ALINADAS CON LOS MUERTOS RESPECTIVOS.
5. LA ESTRUCTURA HA SIDO CALCULADA PARA UN SUELO CUYA CAPACIDAD SOPORTE NO SEA MENOR DE 10.0 TONELADAS POR METRO CUADRADO.
6. EL RECUBRIMIENTO EN LAS COLUMNAS Y ZAPATAS SERA DE 4.0 Y 7.5 CM, RESPECTIVAMENTE Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
7. LAS MORDAZAS DE EMPALME SE DEBERAN COLOCAR DE MODO QUE LA BASE DE LA MORDAZA SE HALLE EN CONTACTO CON LA PROLONGACION DEL CABLE.
8. EL PUNTE HA SIDO DISEÑADO PARA EL USO EXCLUSIVO DEL PASO DE LA TUBERIA ANTICORROSIONA.
9. A LOS GANCHOS DE ANCLAJE SE LES DEBERAN APLICAR DOS MANOS DE PINTURA ANTICORROSIONA.
10. TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN METROS.
11. TODOS LOS EXTREMOS DEL CABLE DEBERAN PROTEGERSE CON 8 A 10 VUELTAS DE ALAMBRE GALVANIZADO.
12. SI EL TERRENO TIENE PENDIENTE, LA LOCALIZACION DEL MUERTO ESTARA DEFINIDA CONSIDERANDO LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO.



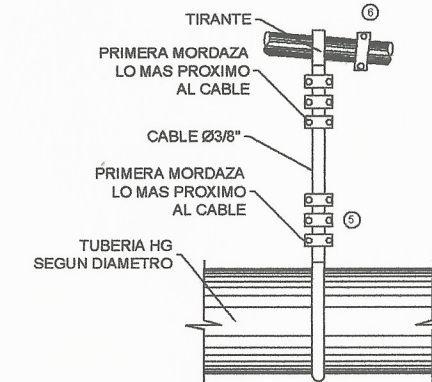
DETALLE DE TENSOR
SIN ESCALA



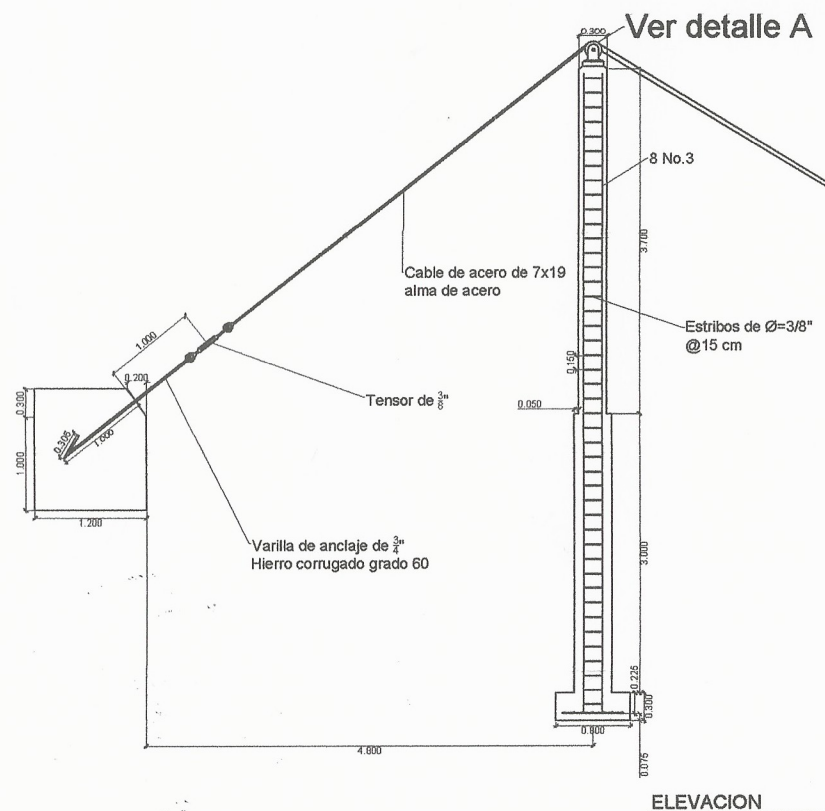
APOYO DEL CABLE EN COLUMNA
DETALLE A
SIN ESCALA



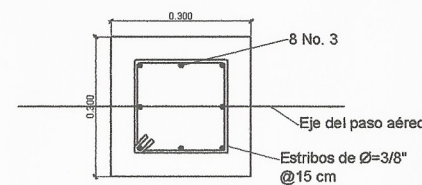
DETALLE DE SUSPENSION DE TUBO
SIN ESCALA



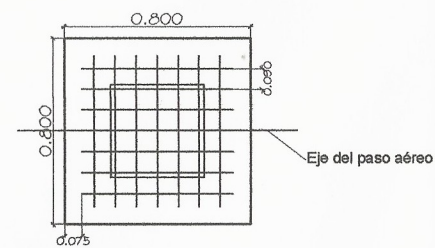
DETALLE DE SUSPENSION DE TUBO
SIN ESCALA



ELEVACION
SIN ESCALA



ESTRUCTURA DE COLUMNA
ESCALA 1:7.5



PLANTA DE ZAPATA
ESCALA 1:14.8

L de paso aéreo	H de columna base	H de columna soporte	No. de péndolas desde la columna hasta el centro del paso	Distancia desde la columna a primer péndola	L de la flecha	Ø tubería	L de cable principal	Separación entre péndolas	Dimensiones de zapata	Angulo de inclinación del cable principal hacia el anclaje
14 m	1.00 m	2.70 m	5	1.05 m	1.17 m	1 1/4	24.84 m	1.50 m	(0.80*0.80*0.3) m	14°
17 m	1.00 m	3.20 m	5	1.73 m	1.42 m	1 1/2	30.11 m	1.75 m	(0.80*0.80*0.3) m	10°
24 m	1.50 m	4.00 m	6	2.02 m	2.00 m	1 1/2	42.40 m	2.00 m	(0.80*0.80*0.3) m	20°
44 m	2.00 m	14 m	12	1.62 m	3.75 m	2	79.28 m	1.90 m	(1.20*1.20*0.4) m	49°
44 m	2.00 m	14 m	12	1.86 m	3.75 m	2	79.28 m	1.90 m	(1.20*1.20*0.4) m	41°
20 m	1.50 m	3.70 m	5	1.82 m	1.67 m	2	35.38 m	2 m	(0.80*0.80*0.3) m	38°

No.	Longitud de péndolas				
	14 m	17 m	24 m	44 m	20 m
1	2.25 m	2.68 m	3.39 m	5.09 m	3.10 m
2	1.91 m	2.27 m	2.89 m	4.54 m	2.63 m
3	1.68 m	1.99 m	2.50 m	4.04 m	2.30 m
4	1.56 m	1.83 m	2.22 m	3.59 m	2.10 m
5	1.54 m	1.78 m	2.06 m	3.20 m	2.03 m
6			2.00 m	2.86 m	
7				2.58 m	
8				2.34 m	
9				2.17 m	
10				2.04 m	
11				1.97 m	
12				1.95 m	

No.	DESCRIPCION
01	CABLE TIRANTE
02	CABLE DE SUSPENSION Ø 1/4"
03	TUBOS DE HG SEGUN DIAMETRO
04	GUARDACABO
05	MORDAZA DE 3/8"
06	MORDAZA Ø TIRANTE
07	TENSOR 5/8"
08	UNION DRESSER

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

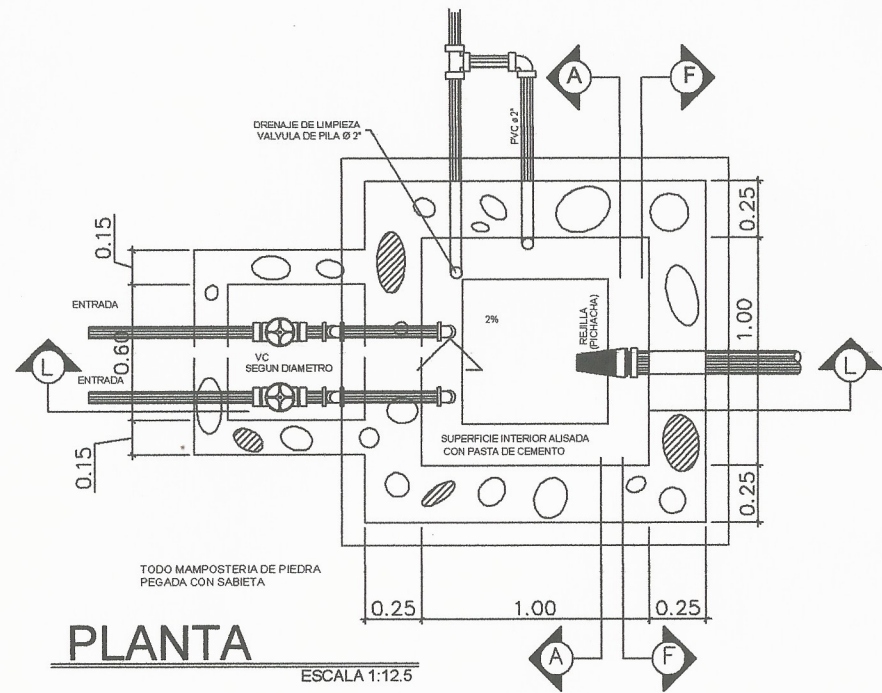
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL DISEÑO DEL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO: DETALLE DE PASO AÉREO
DISEÑO: ASesor - SUPERVISOR: **Juan Merck Cos**
DIBUJO: MAURICIO US
FECHA: 4-2016

HOJA NO: 6/11

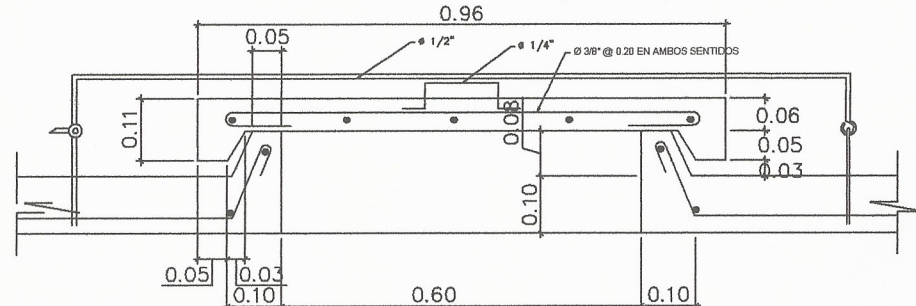
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

JUAN MERCK COS
ASESOR-SUPERVISOR



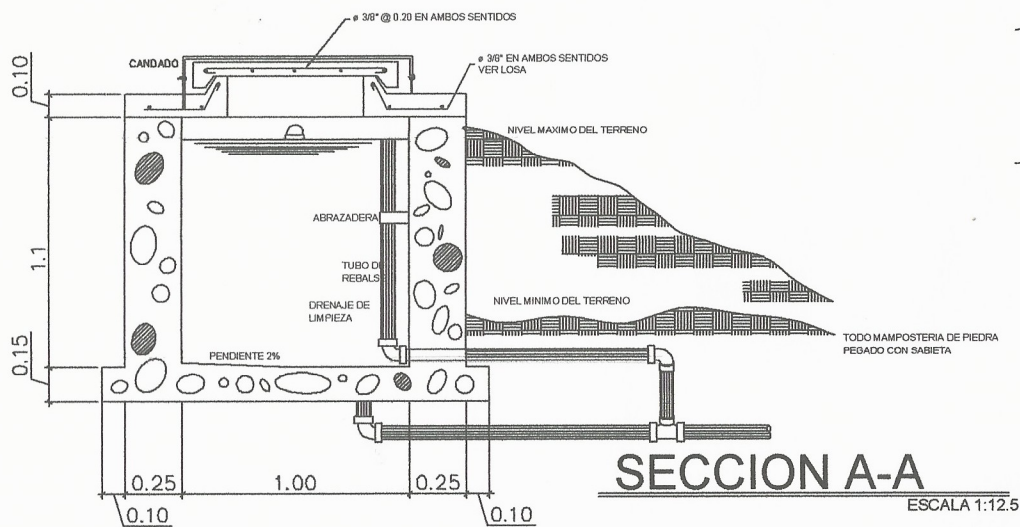
PLANTA

ESCALA 1:12.5



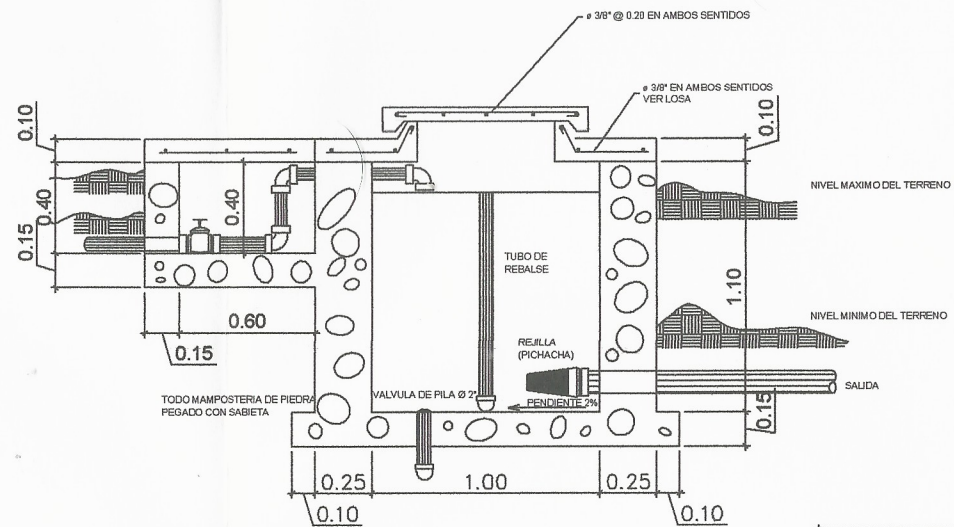
DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:5



SECCION A-A

ESCALA 1:12.5

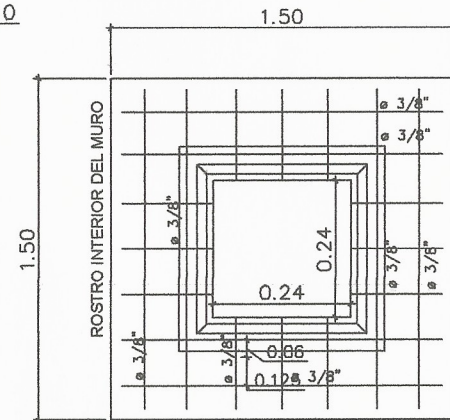


SECCION L-L

ESCALA 1:12.5

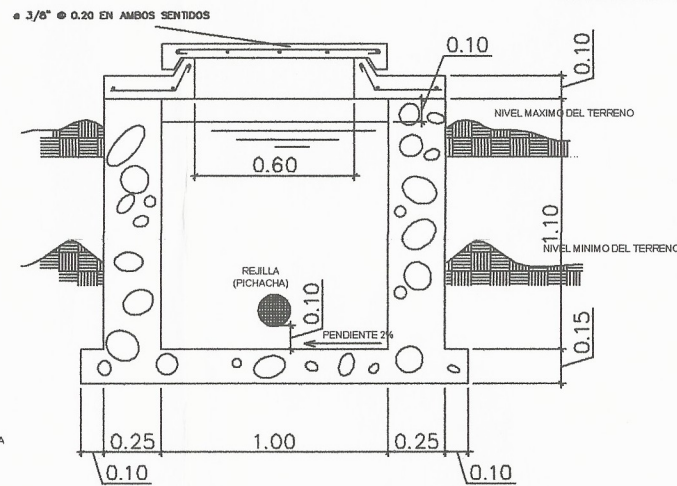
NOTAS:

- MAMPOSTERIA 67% PIEDRA
- 33% SABIETA 1: CONCRETO
- 2 ARENA DE RIO
- CONCRETO = F'c 3000 PSI
- ACERO DE REFUERZO Fy = 40000 PSI



DETALLE DE LOSA

ESCALA 1:12.5



SECCION F-F

ESCALA 1:12.5

NOTAS:

- EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALS
- SERA MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA
- DE ENTRADA Y EL MINIMO SER 2"

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUOTEPE

CONTENIDO: PLANTA Y SECCIONES DE LA REJILLA REUNIDORA DE CAUDAL

DISEÑO: Ing. Juan Merino

MAURICIO US DE LEÓN

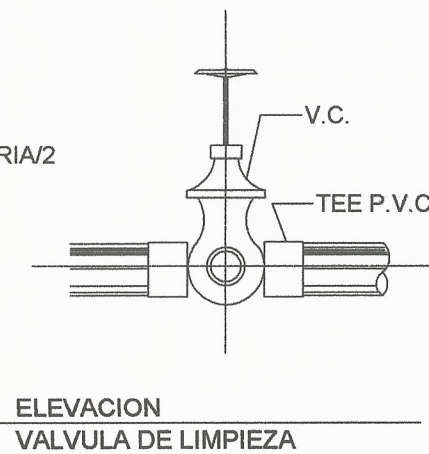
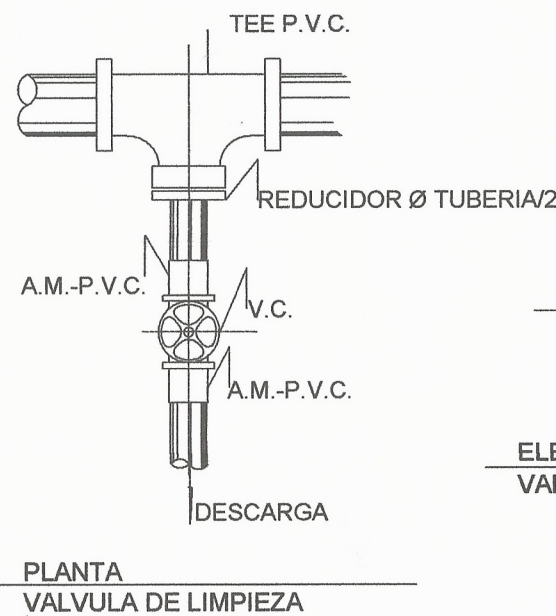
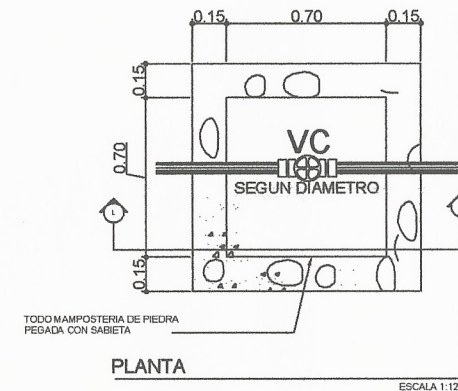
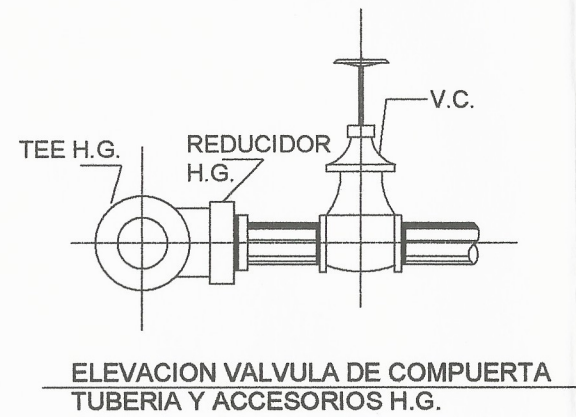
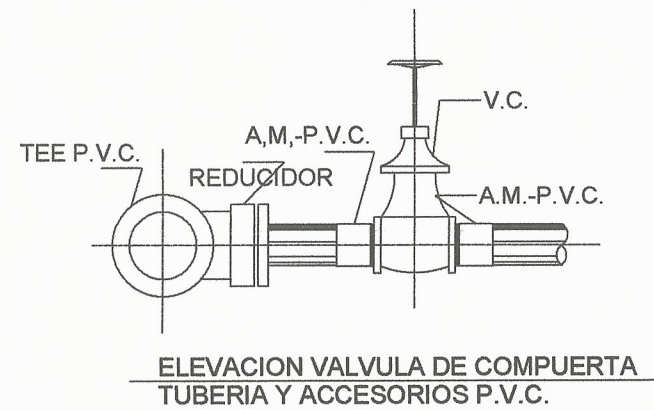
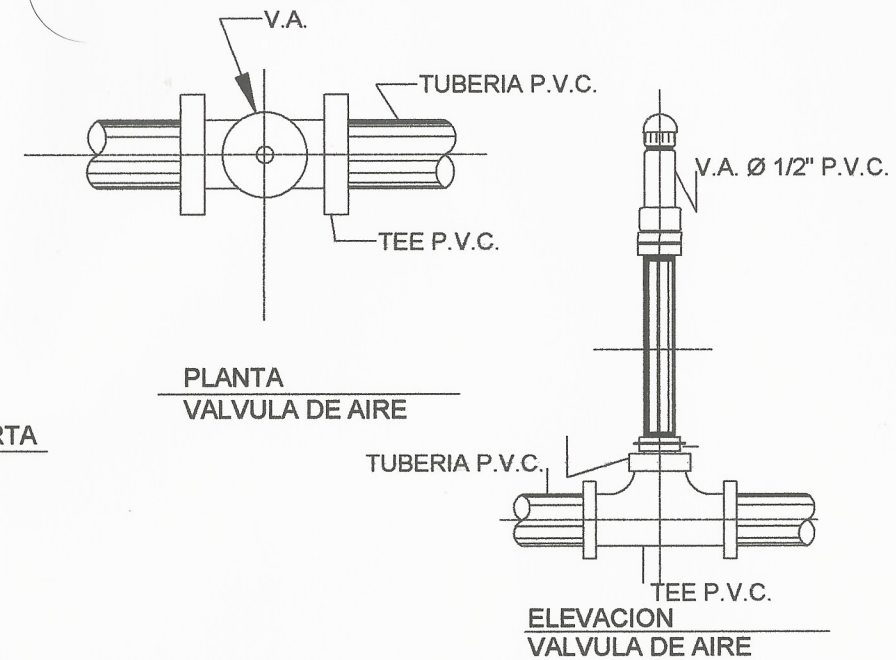
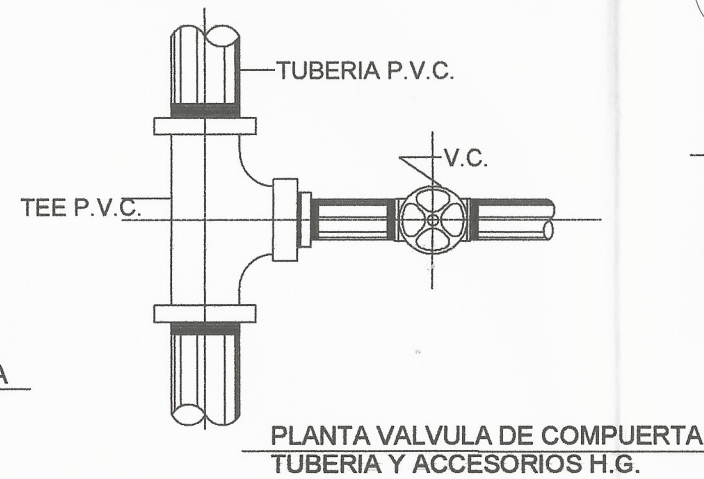
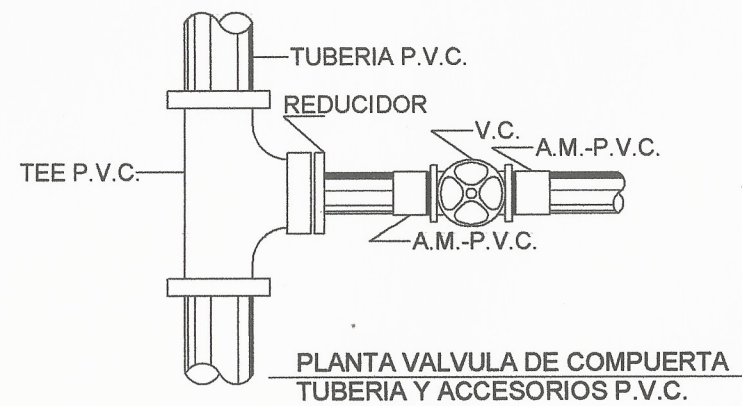
DIBUJO: MAURICIO US DE LEÓN

HOJA NO. 71

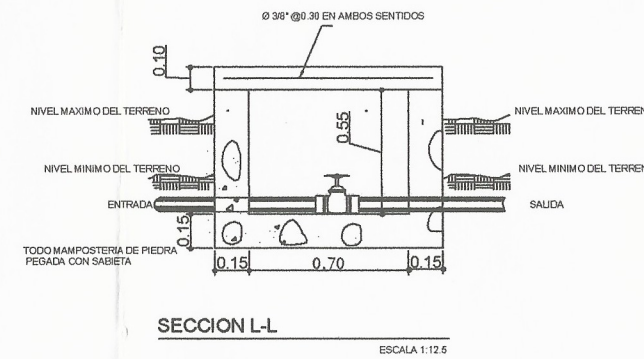
4-2019

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

JUAN MERKOS
ASESOR-SUPERVISOR



REFERENCIAS	
P.V.C.	CLORURO DE POLIVINILO
H.G.	HERRO GALVANIZADO
V.C.	VALVULA DE COMPUERTA
A.M.	ADAPTADOR MACHO
V.A.	VALVULA DE AIRE
A.H.	ADAPTADOR HEMBRA



NOTA:
TODAS LAS VALVULAS DE LIMPIEZA SERAN VALVULAS DE COMPUERTA, LAS CUALES SE PROTEGERAN CON CAJAS DE CONCRETO O PIEDRA.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICÉ

CONTENIDO: DETALLE DE VALVULAS

DISEÑO: MAURICIO US DE LEÓN

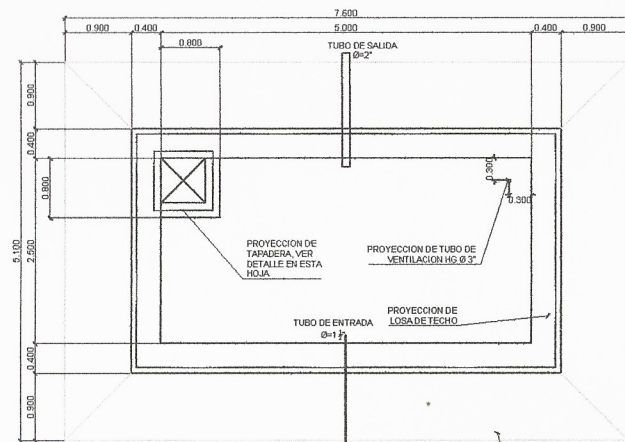
DIBUJO: MAURICIO US DE LEÓN

HOJA NO: 8/11

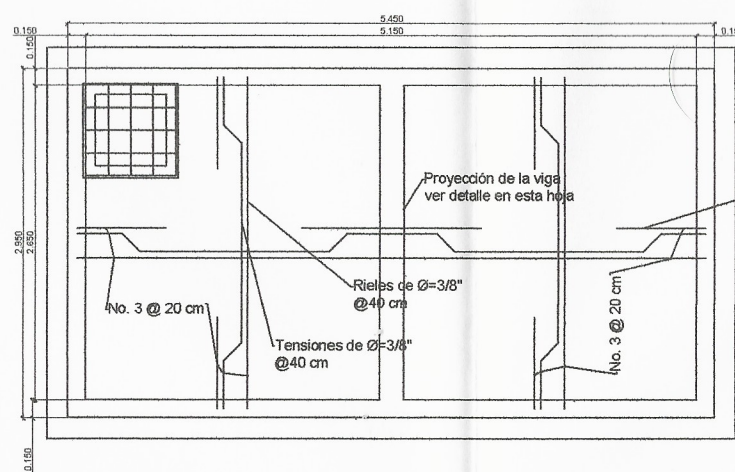
FECHA: 4-2019

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

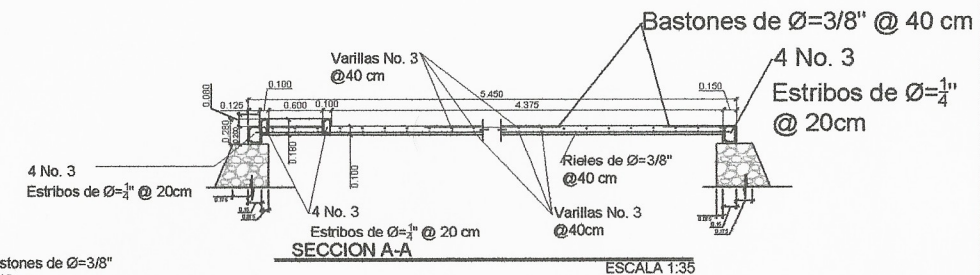
JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR



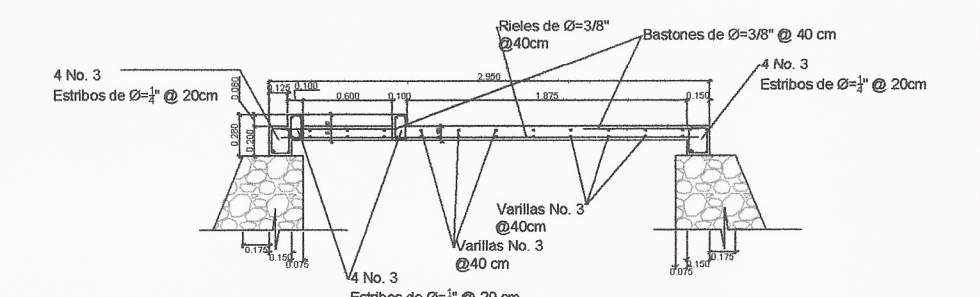
PLANTA DE TANQUE
ESCALA 1:44



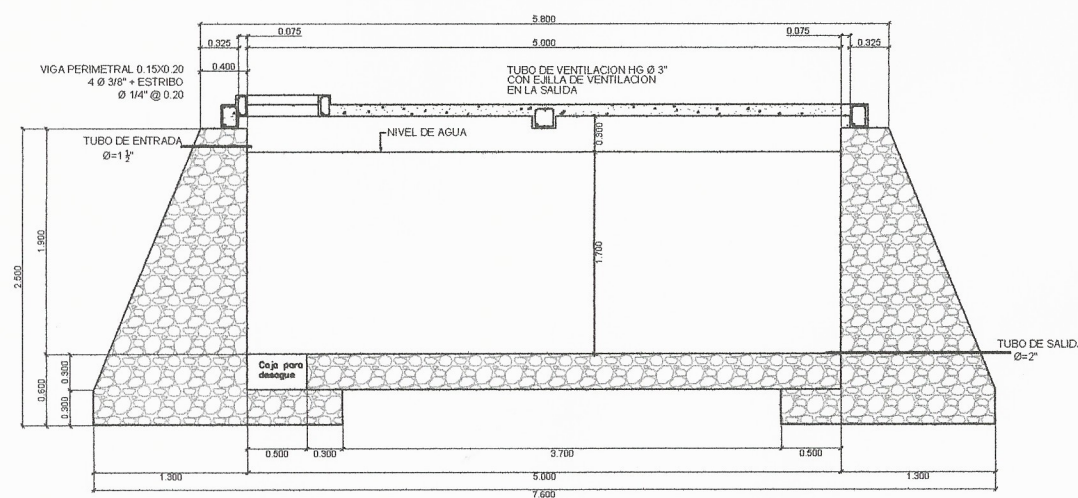
PLANTA DE LOSA DE TECHO
ESCALA 1:44



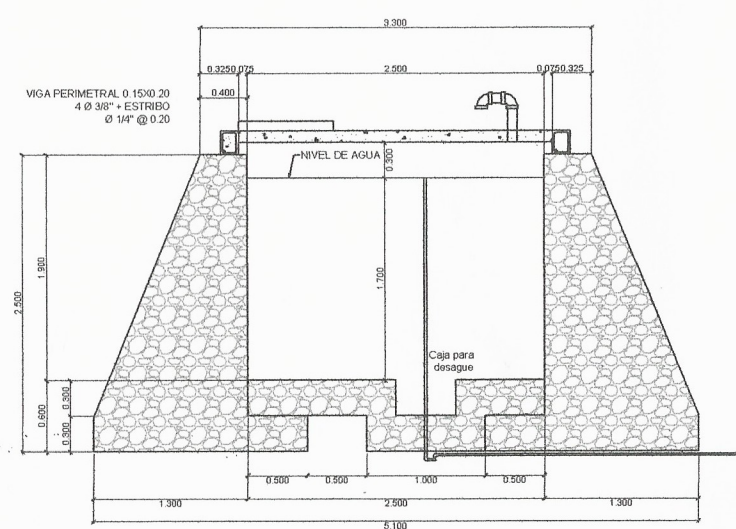
SECCION A-A
ESCALA 1:35



SECCION B-B
ESCALA 1:35



SECCION C-C
ESCALA 1:27.5



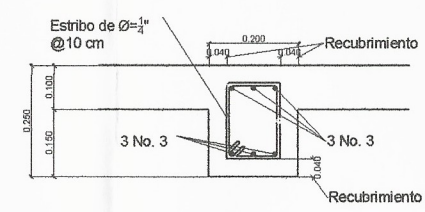
SECCION E-E
ESCALA 1:27.5

Especificaciones de losa

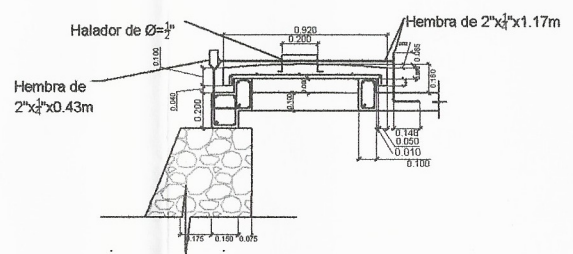
Componente	Valor
Orientación vertical	
Espesor de losa (t):	10 cm
Recubrimiento:	2.5 cm
Luz libre:	2.5 m
Longitud de bastones:	1.075 m
Doblez de tensión:	0.56cm
Esp. entre rieles:	40 cm
Esp. entre bastones:	40 cm
Esp. entre tensiones:	40 cm
Orientación horizontal	
Longitud de bastones:	1.05 m
Doblez de tensión:	0.53cm
Esp. entre rieles:	40 cm
Esp. entre bastones:	40 cm
Esp. entre tensiones:	40 cm

NOTAS GENERALES:

- MATERIALES:
- 1° CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm² (3000 PSI) A LOS 28 DIAS
 - 2° ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE fy = 2810 Kg/cm² (GRADO 40) ESPECIFICACION ASTM A615
 - 3° VARIOS: LOS MUROS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR DE FORMA SEMIENTERRADA
 - 4° TODAS LA DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - 5° LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 4cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
 - 6° EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.
 - 7° LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
 - 8° LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UN CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.
 - 9° LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.
 - 10° LOS MUROS DE TANQUE SERAN DE CONCRETO CICLOPEO: 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO



DETALLE DE VIGA
ESCALA 1:25



DETALLE DE TAPADERA
ESCALA 1:10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICHÉ, GUATEMALA

CONTENIDO: TANQUE DE DISTRIBUCION

DISEÑO: Ing. Juan MERRITOS

REVISOR: MAURICIO US DE LEÓN

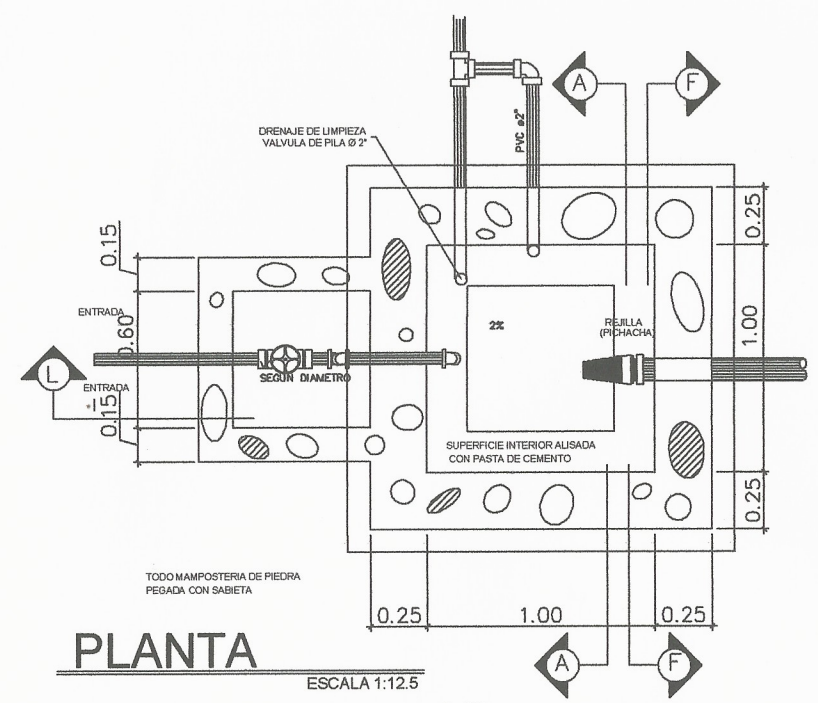
INDICABA: MAURICIO US DE LEÓN

FECHA: 4-2019

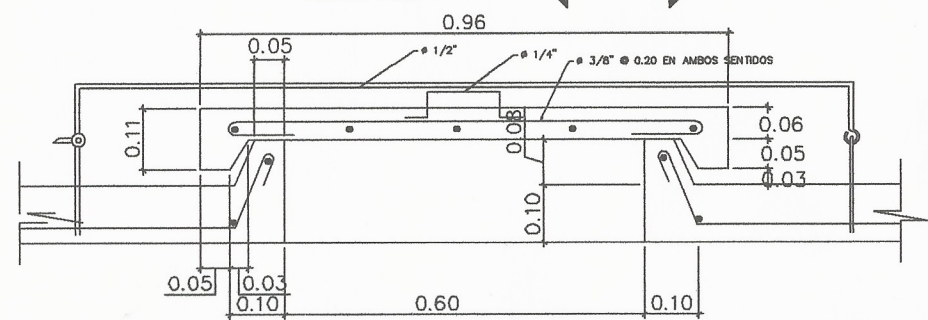
HOJA NO: 9/11

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPISTISTA

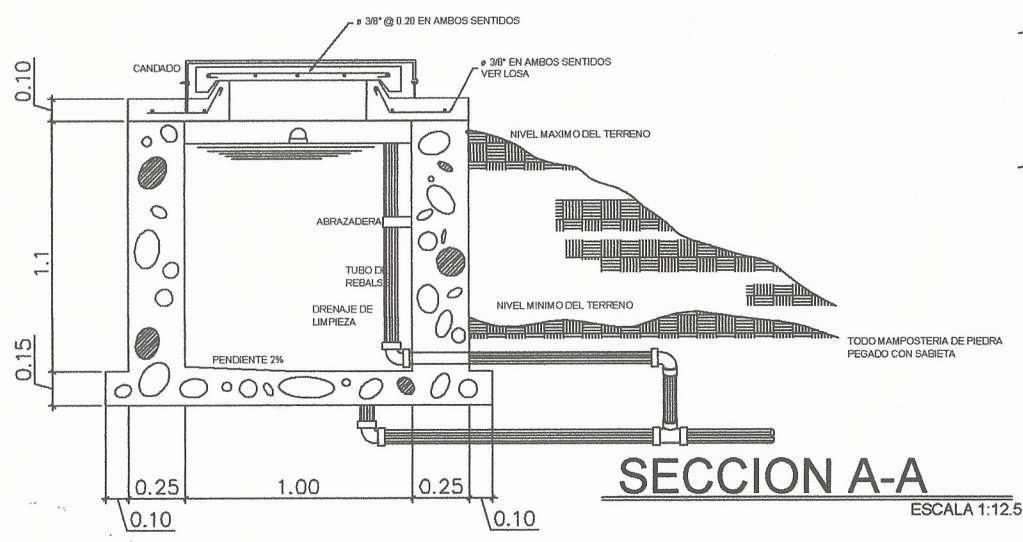
JUAN MERRITOS
ASESOR-SUPERVISOR



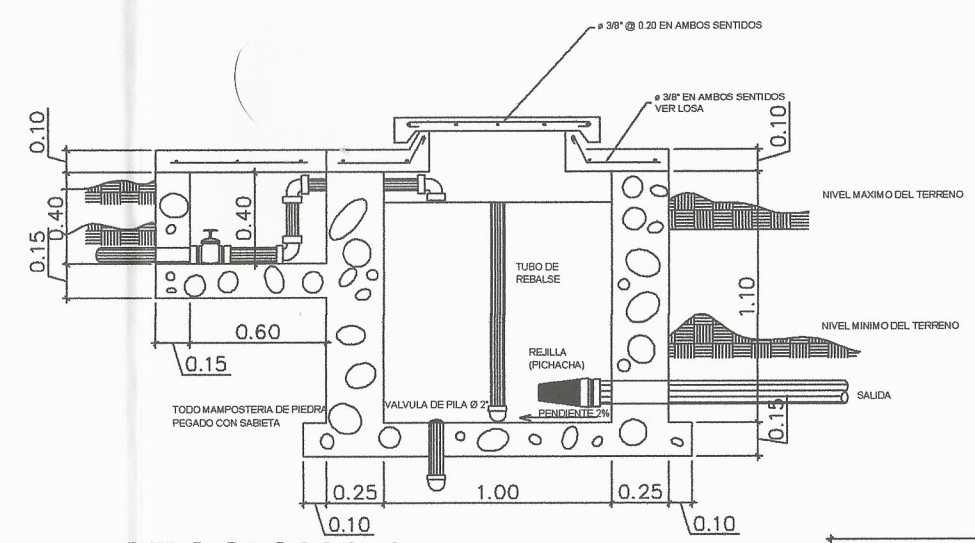
PLANTA
ESCALA 1:12.5



DETALLE DE TAPADERA
ESCALA 1:5

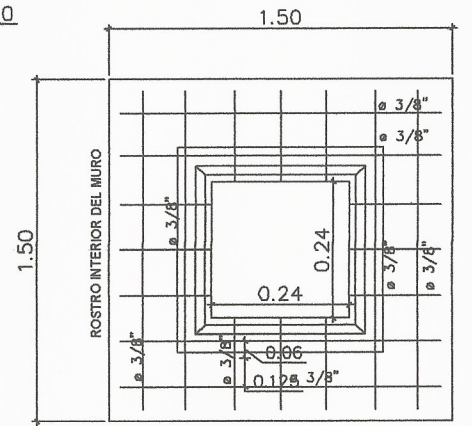


SECCION A-A
ESCALA 1:12.5



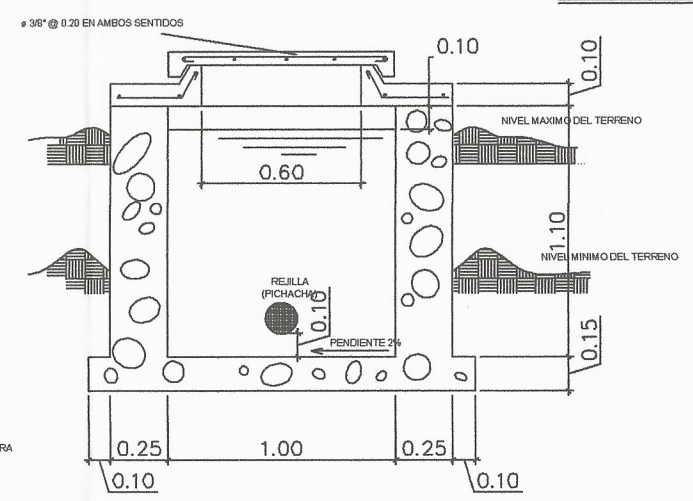
SECCION L-L
ESCALA 1:12.5

NOTAS:
MAMPOSTERIA 67% PIEDRA
33% SABIETA 1: CONCRETO
2 ARENA DE RIO
CONCRETO = F'c 3000 PSI
ACERO DE REFUERZO Fy = 40000 PSI



DETALLE DE LOSA
ESCALA 1:12.5

NOTAS:
EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALSE
SERA MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA
DE ENTRADA Y EL MINIMO SER 2"

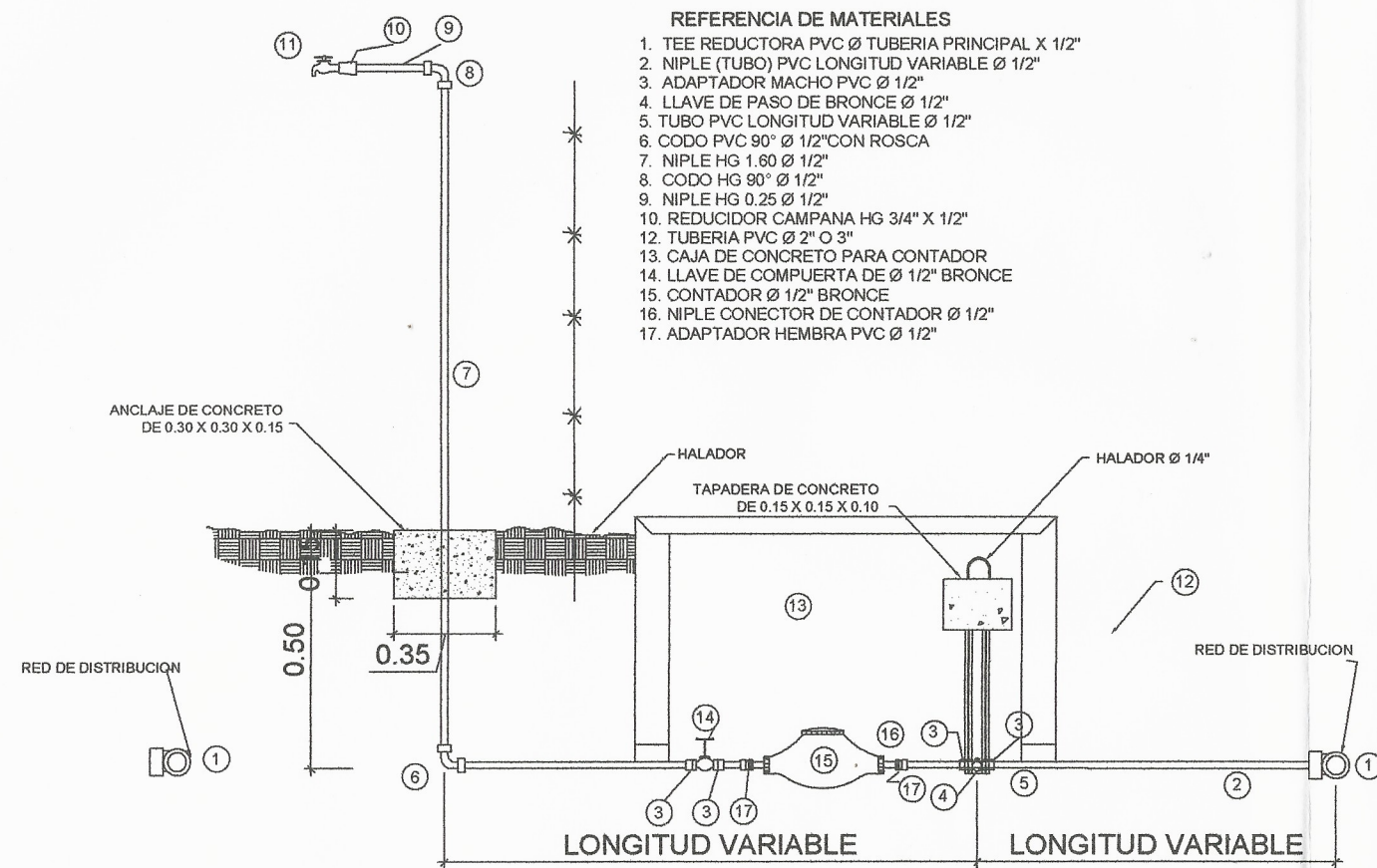


SECCION F-F
ESCALA 1:12.5

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



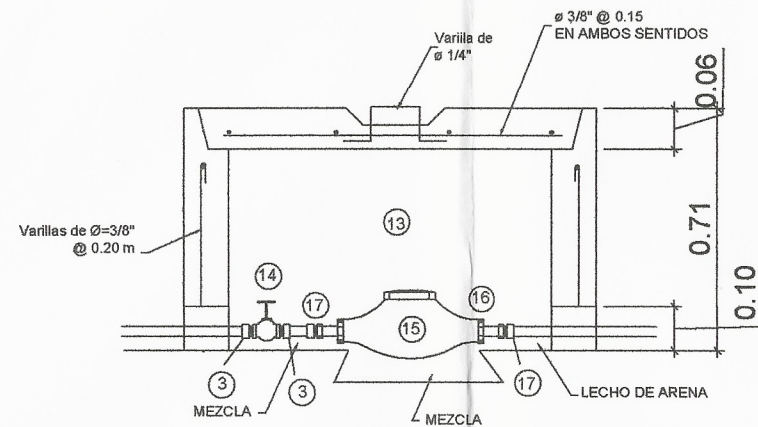
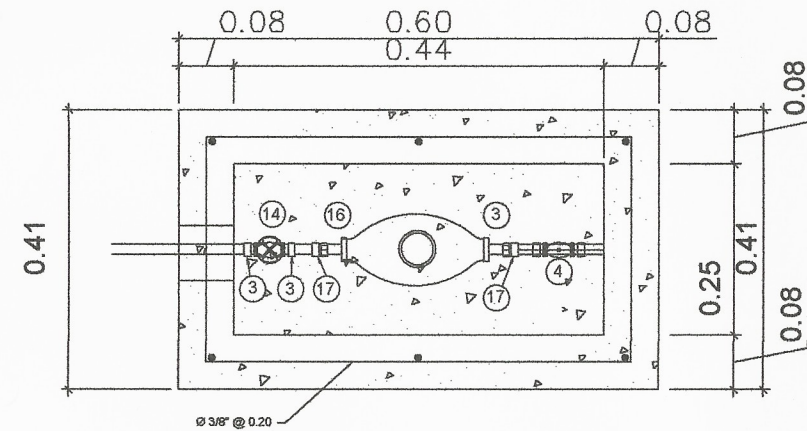
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO: CAJA ROMPE PRESIÓN
DISEÑO: MAURICIO US
CALCULO: MAURICIO US
ASESOR - SUPERVISOR: JUAN MERK COS
FECHA: 10/11/11
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR



CONEXION DOMICILIAR TIPICA TIPO 2

SIN ESCALA

- REFERENCIA DE MATERIALES**
1. TEE REDUCTORA PVC Ø TUBERIA PRINCIPAL X 1/2"
 2. NIPLE (TUBO) PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
 3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"
 4. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø 1/2"
 5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
 6. CODO PVC 90° Ø 1/2" CON ROSCA
 7. NIPLE HG 1.60 Ø 1/2"
 8. CODO HG 90° Ø 1/2"
 9. NIPLE HG 0.25 Ø 1/2"
 10. REDUCIDOR CAMPANA HG 3/4" X 1/2"
 12. TUBERIA PVC Ø 2" O 3"
 13. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR
 14. LLAVE DE COMPUERTA DE Ø 1/2" BRONCE
 15. CONTADOR Ø 1/2" BRONCE
 16. NIPLE CONECTOR DE CONTADOR Ø 1/2"
 17. ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø 1/2"



DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA

SIN ESCALA

$F_c = 3000 \text{ PSI}$
 $F_y = 40000 \text{ PSI}$

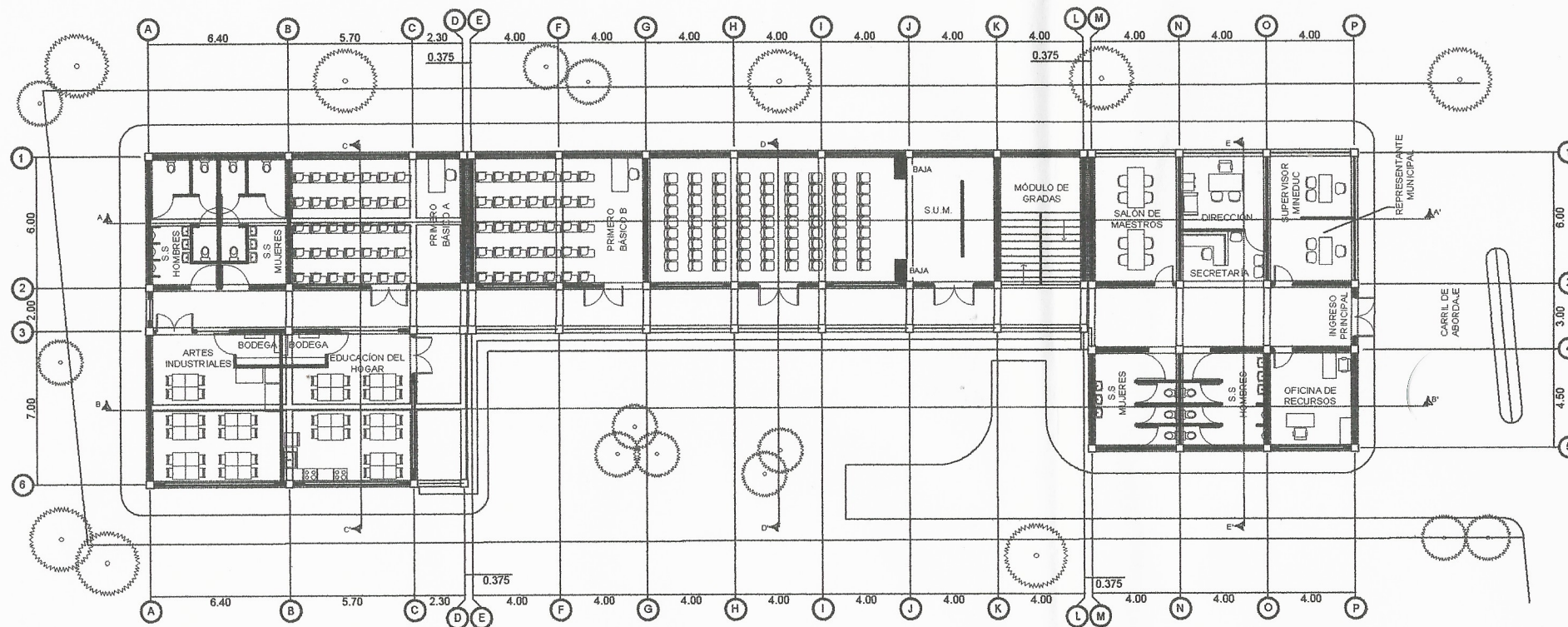
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA**
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EPS
 MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL MANZANILLO, CHINIQUE, GUATEMALA
 CONTENIDO: CONEXION DOMICILIAR
 DISEÑO: MAURICIO US
 DIBUJO: MAURICIO US
 HOJA NO. 11/11
 CÁLCULO: Ing. JUAN MAURICIO US
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería
 JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
 EPSISTA
 JUAN MAURICIO US
 ASESOR SUPERVISOR

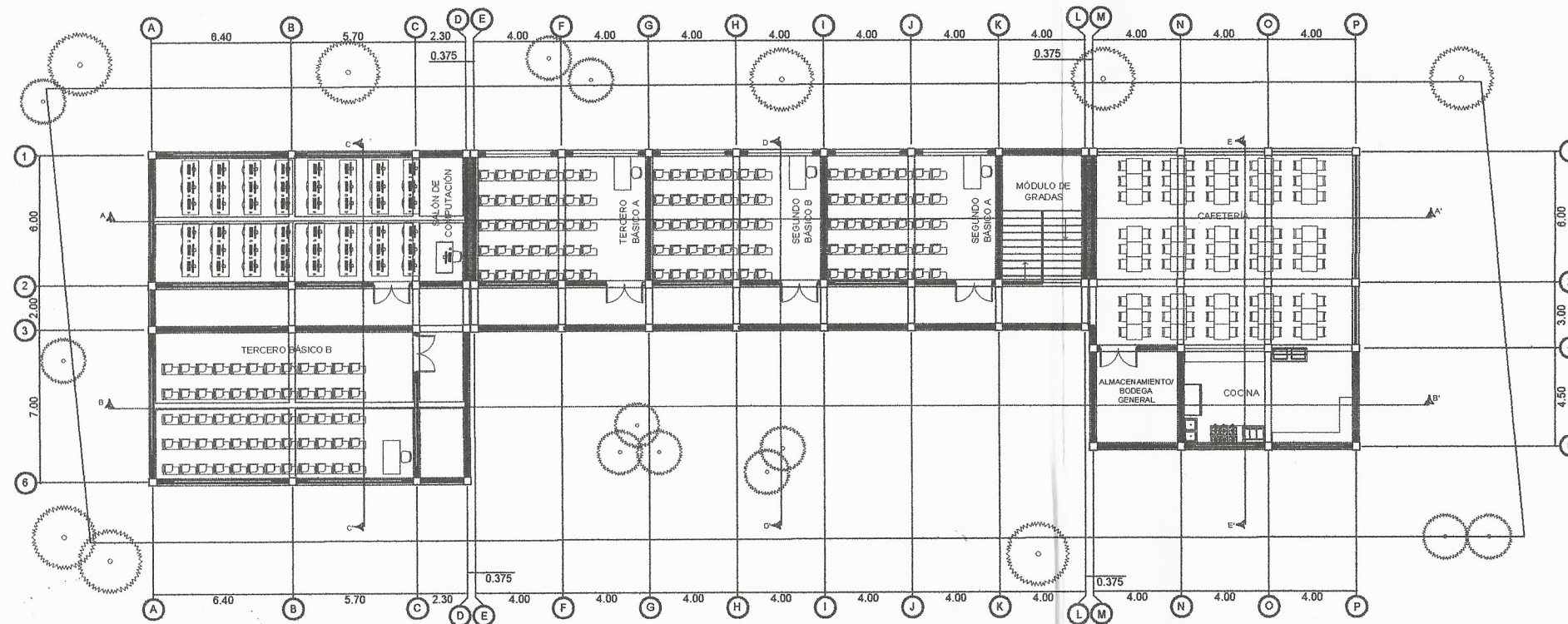
**Apéndice 6. Planos constructivos de edificación escolar de dos niveles
para el barrio la Cruz**

Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD Civil 3D 2015.



PLANTA AMUEBLADA NIVEL 1

ESCALA 1:130



PLANTA AMUEBLADA NIVEL 2

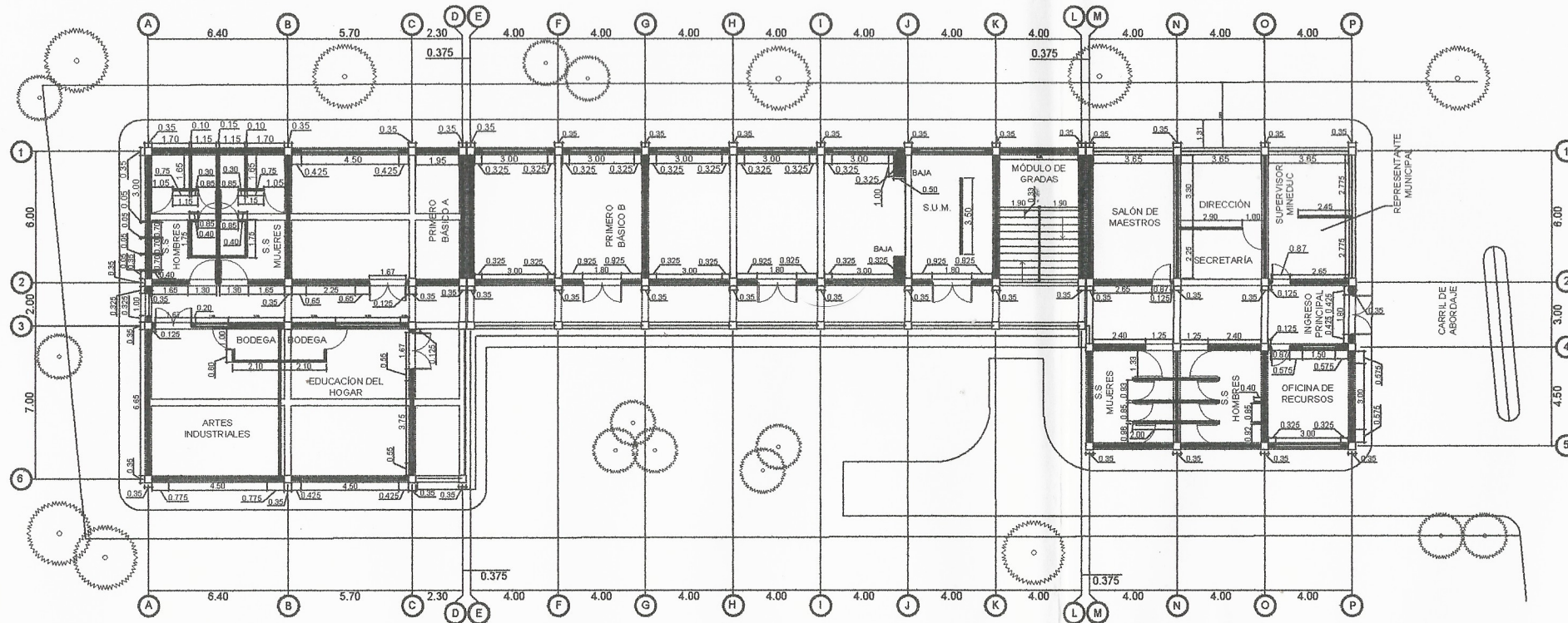
ESCALA 1:130

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



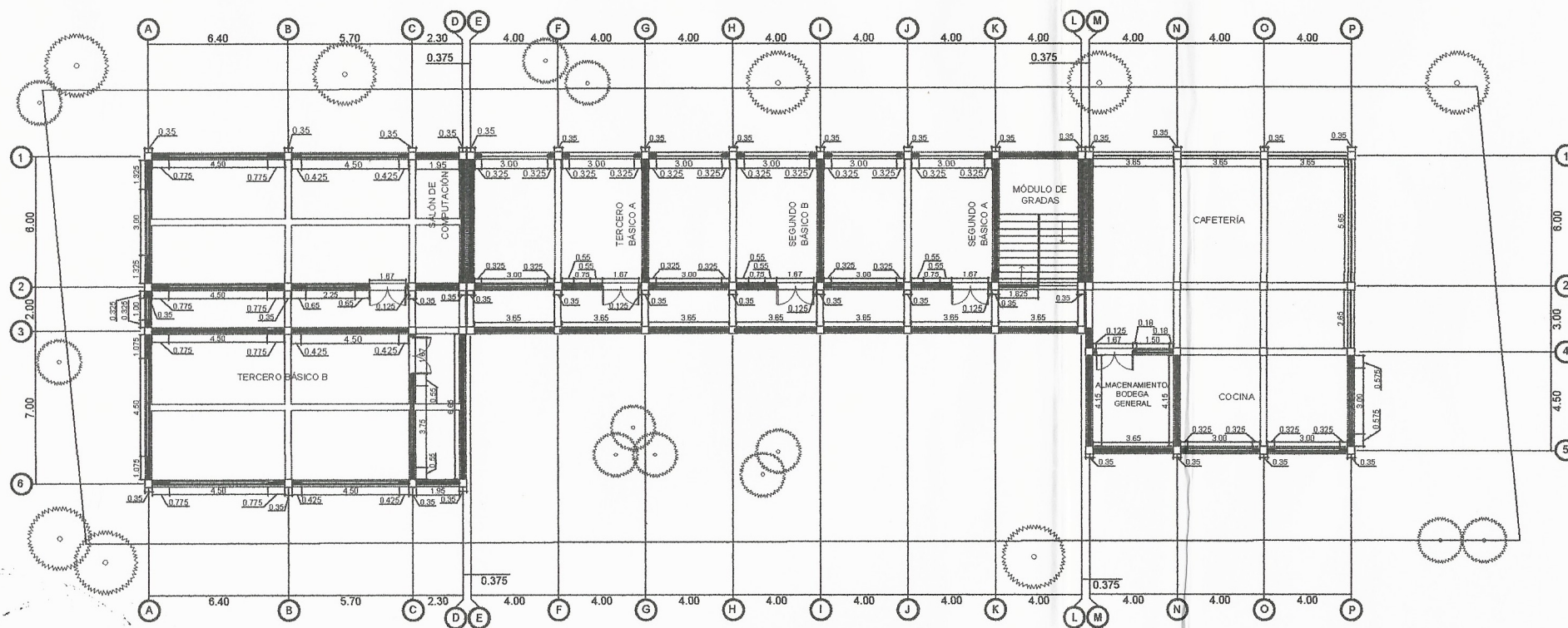
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ CHINIQUE, GUICHÉ
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA
DISEÑO: MAURICIO US, JUAN MERK COS
DIBUJO: MAURICIO US, JUAN MERK COS
HOJA NO: 1/22

MAURICIO US
ASESOR - SUPERVISOR
JUAN MERK COS
ASESOR - SUPERVISOR



PLANTA ACOTADA NIVEL 1

ESCALA 1:130



PLANTA ACOTADA NIVEL 2

ESCALA 1:130

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL
BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO:
PLANTA ACOTADA

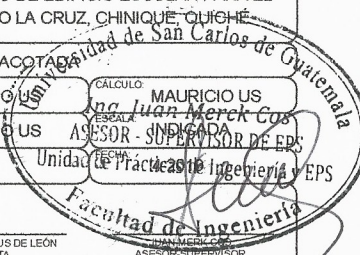
DISEÑO: MAURICIO US

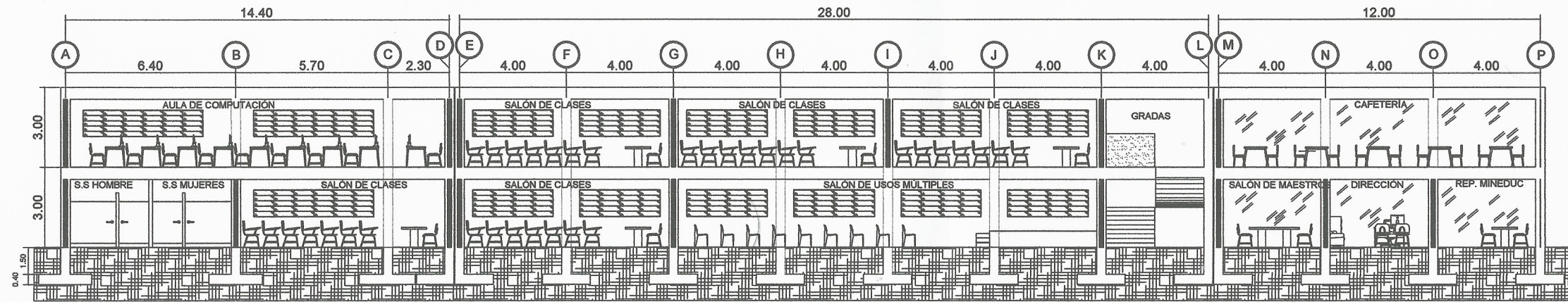
DIBUJO: MAURICIO US

HOJA NO: 2/22

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

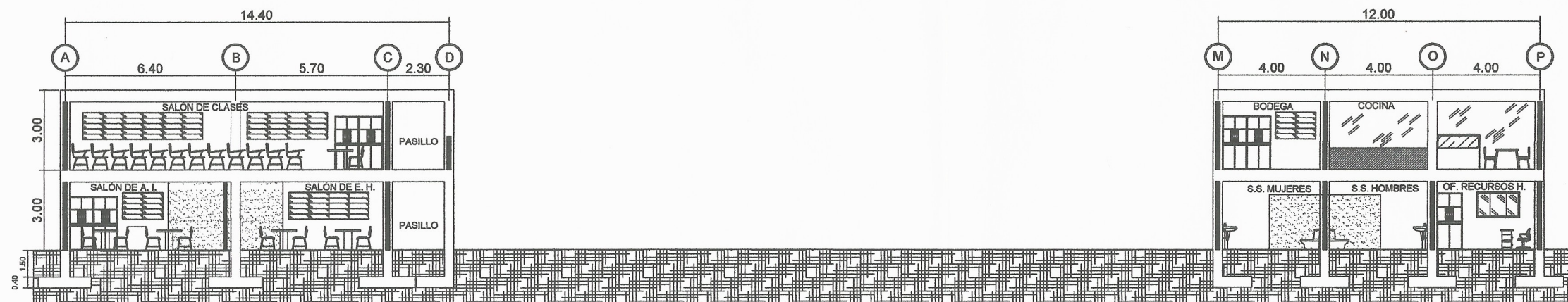
ASESOR SUPERVISOR





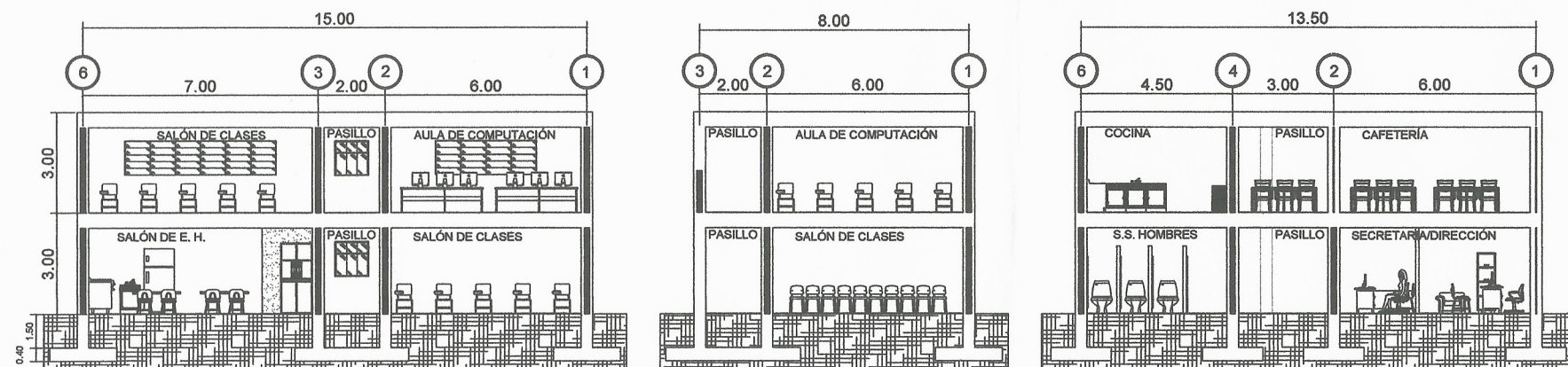
SECCIÓN A-A'

ESCALA 1:90



SECCIÓN B-B'

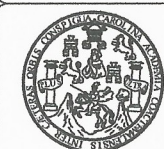
ESCALA 1:90



SECCIONES C-C', D-D', E-E'

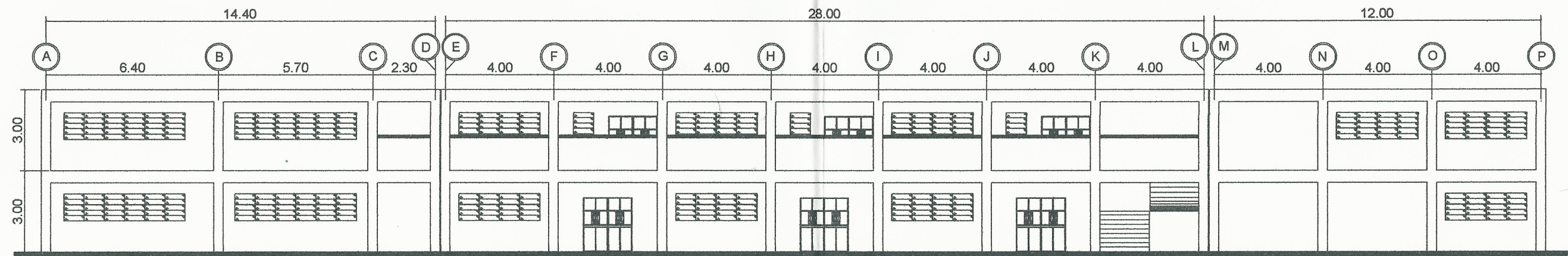
ESCALA 1:90

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



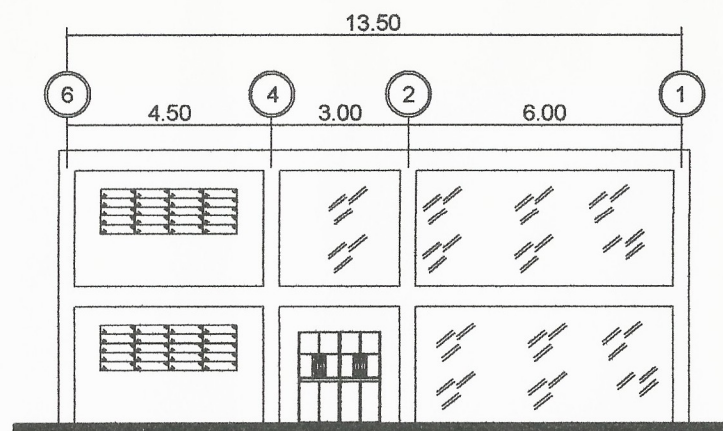
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHE
CONTENIDO: SECCIONES
DISEÑO: MAURICIO US
DIBUJO: MAURICIO US
HOJA NO: 3/22
FECHA: 4-2016
Asesor: Juan Merck Cos
Faculta...

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPSISTA
JUAN MERCK COS
ASESOR-SUPERVISOR



FACHADA LATERAL

ESCALA 1:75



FACHADA PRINCIPAL

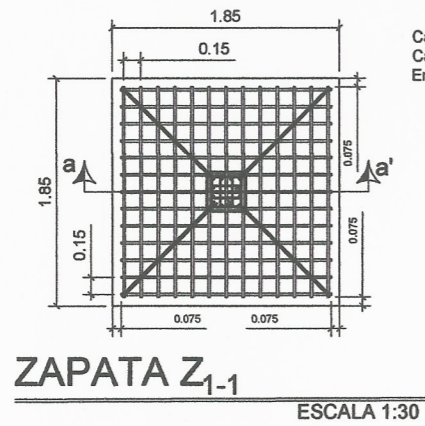
ESCALA 1:75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

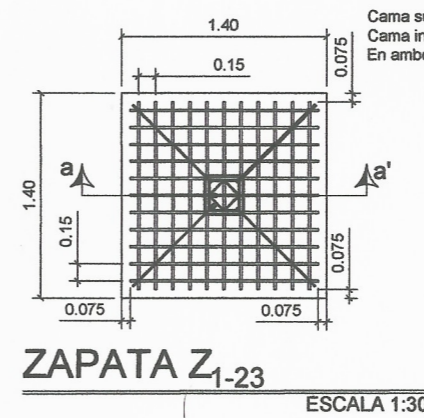
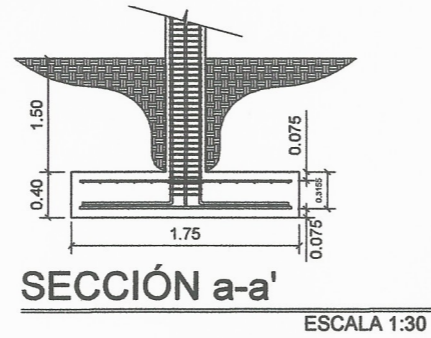


ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ DE SAN ANTONIO DE CHINIQUE
CONTENIDO: ELEVACIONES
DISEÑO: **Ing. Juan Mauricio Us**
DIBUJO: MAURICIO US
HOJA NO: 4/22
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

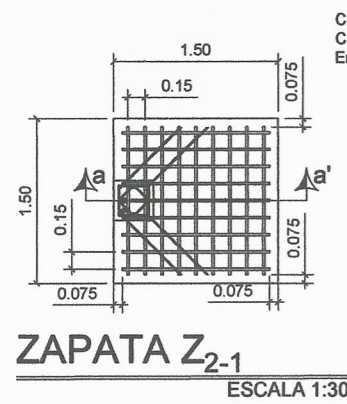
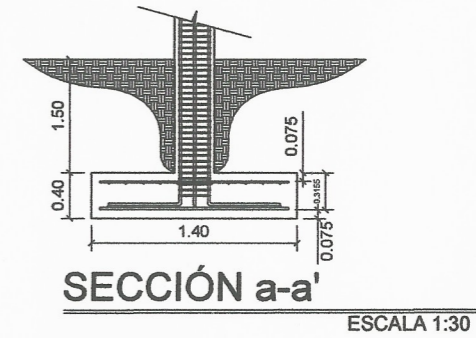
ASESOR Y SUPERVISOR DE EPS
INDICADA
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
4-2019
JUAN MERK COS
ASESOR-SUPERVISOR



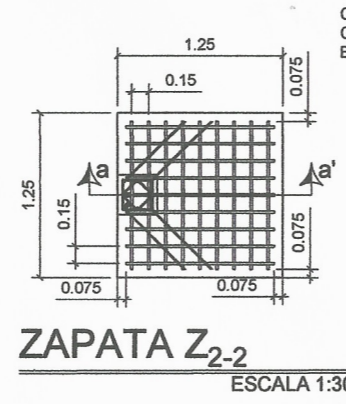
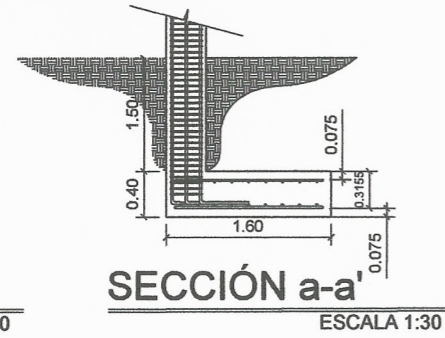
Cama superior: No. 4 @ 15cm
Cama inferior: No. 6 @ 15cm
En ambos sentidos



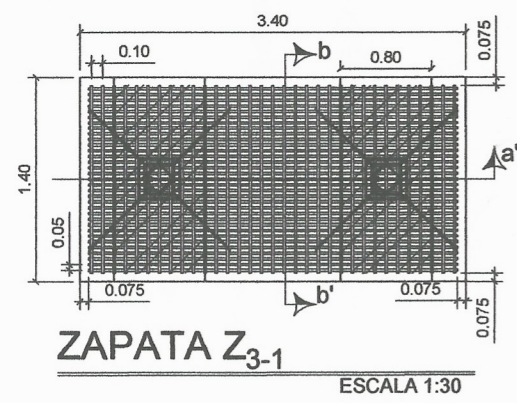
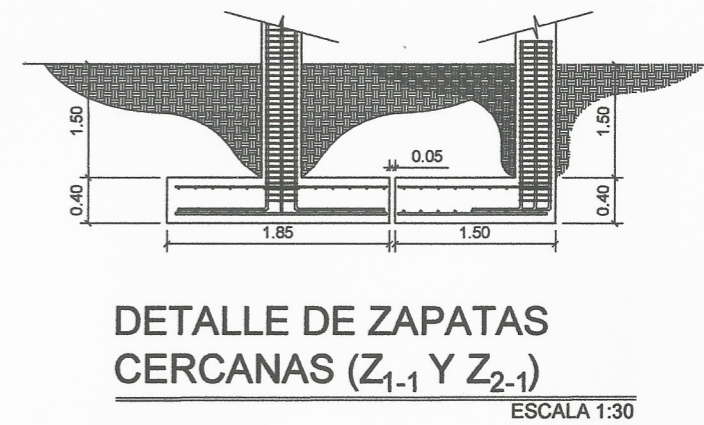
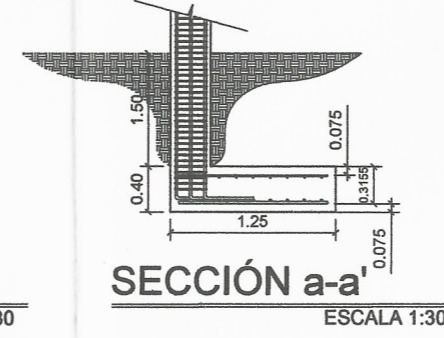
Cama superior: No. 4 @ 15cm
Cama inferior: No. 6 @ 15cm
En ambos sentidos



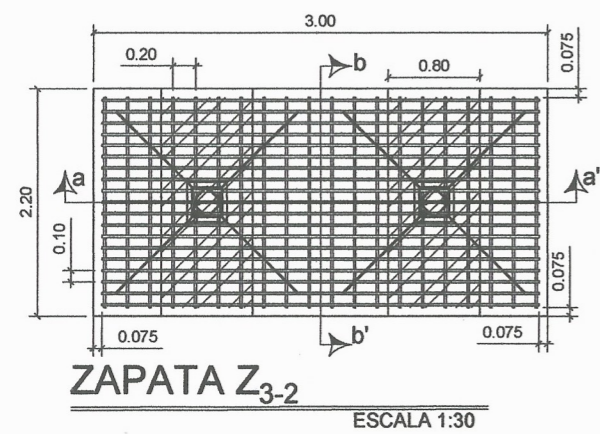
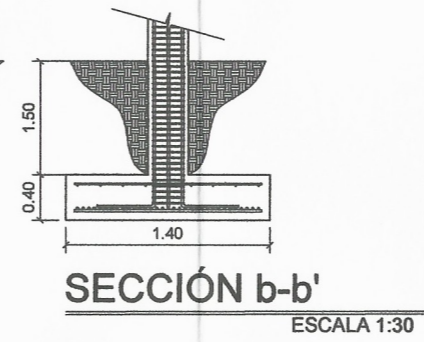
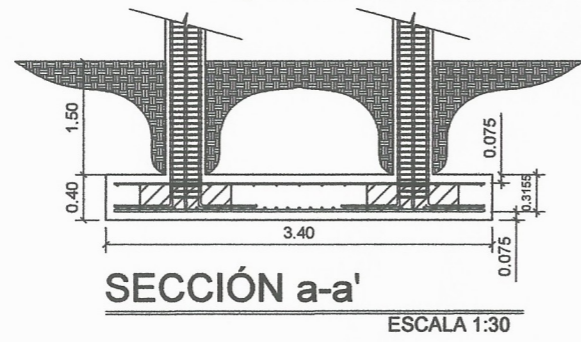
Cama superior: No. 4 @ 15cm
Cama inferior: No. 6 @ 15cm
En ambos sentidos



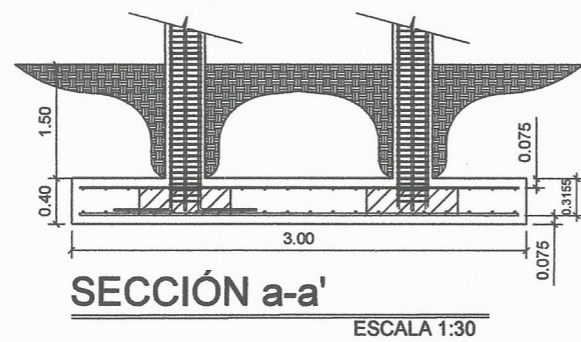
Cama superior: No. 4 @ 15cm
Cama inferior: No. 6 @ 15cm
En ambos sentidos



Cama superior: varillas No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos
Cama inferior: varillas No. 6 @ 5 cm en X y @ 10 cm en Y
Vigas transversales: Varillas No. 5 @ 15 cm



Cama superior: varillas No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos
Cama inferior: varillas No. 6 @ 20 cm en X y @ 10 cm en Y
Vigas transversales: Varillas No. 4 @ 10 cm



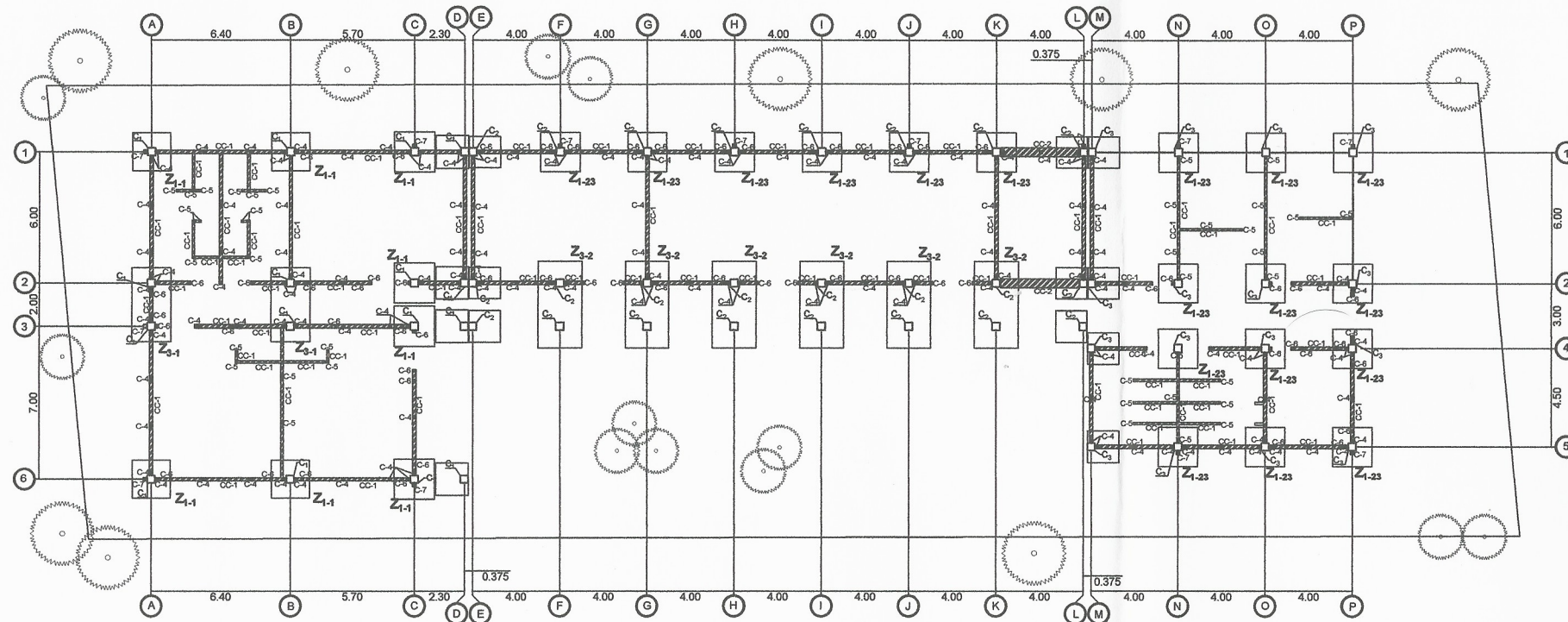
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHE
CONTENIDO: DETALLE DE ZAPATAS
DISEÑO: MAURICIO USASESOR - SUPLENTE
DIBUJO: MAURICIO USASESOR
FECHA: 4-2018
HOJA NO: 5/22

Juan Merck Cos
MAURICIO USASESOR - SUPLENTE
Unidad de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

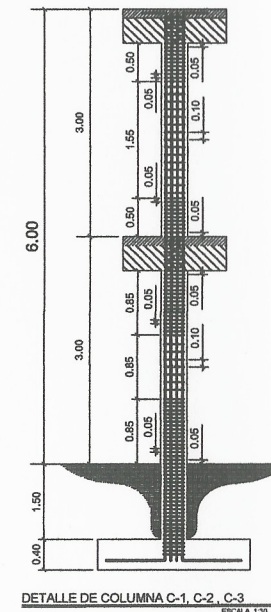
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERCK COS
ASESOR-SUPERVISOR



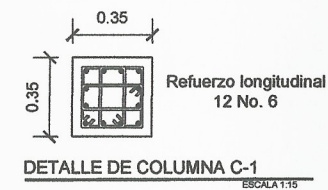
PLANTA DE COLUMNAS Y CIMIENTOS, NIVEL 1

ESCALA 1:135

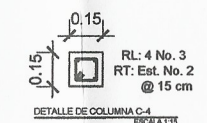
Refuerzo transversal
Estribo No. 3
Zona confinada @ 5 cm
Zona no confinada @ 10 cm



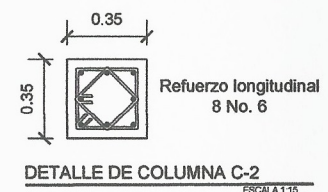
DETALLE DE COLUMNA C-1, C-2, C-3
ESCALA 1:30



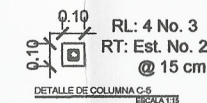
DETALLE DE COLUMNA C-1
ESCALA 1:15



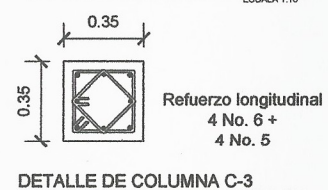
DETALLE DE COLUMNA C-4
ESCALA 1:15



DETALLE DE COLUMNA C-2
ESCALA 1:15



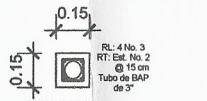
DETALLE DE COLUMNA C-5
ESCALA 1:15



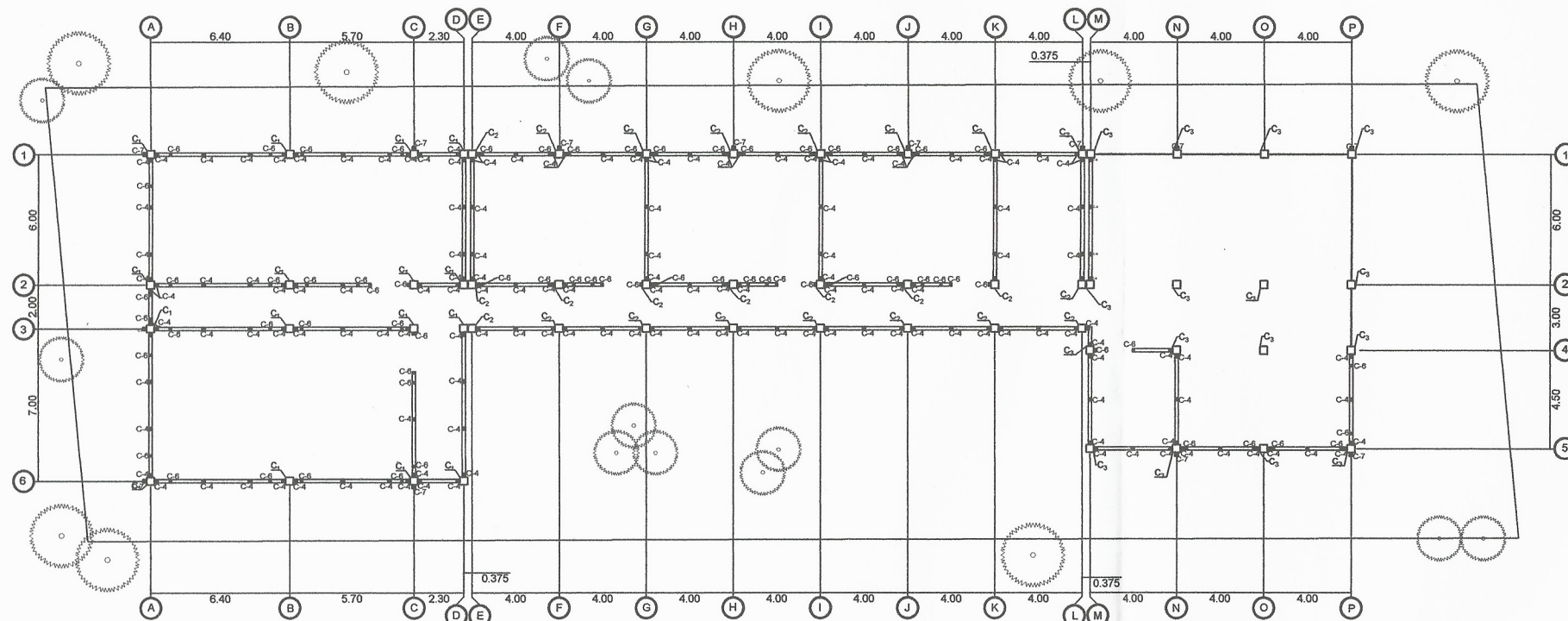
DETALLE DE COLUMNA C-3
ESCALA 1:15



DETALLE DE COLUMNA C-6
ESCALA 1:15



DETALLE DE BAP
ESCALA 1:15



PLANTA DE COLUMNAS, NIVEL 2

ESCALA 1:135

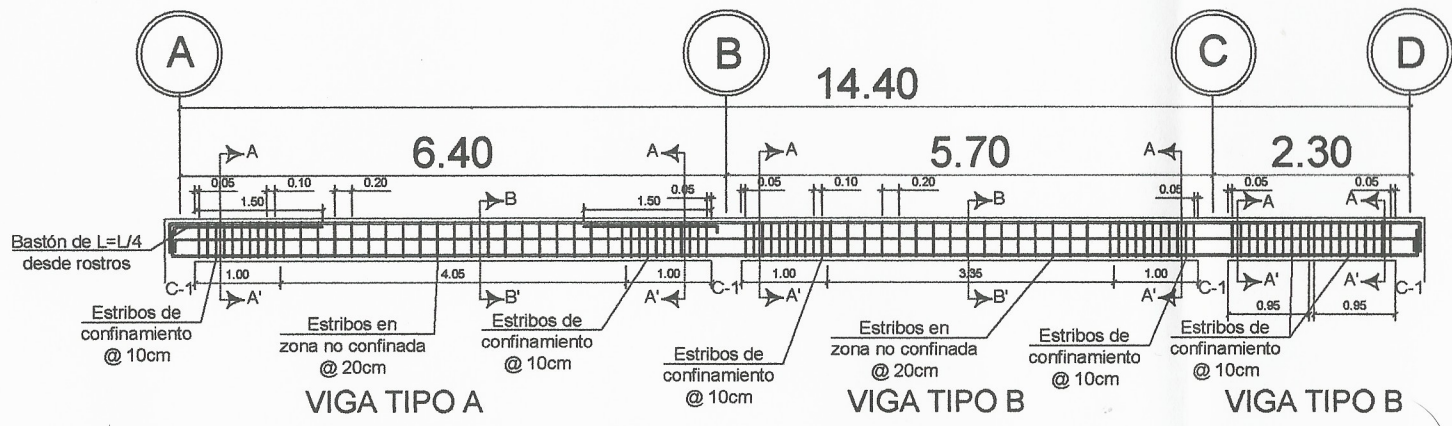
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



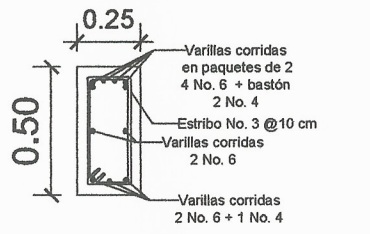
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO: PLANTA DE COLUMNAS Y CIMENTACIÓN
DISEÑO: MAURICIO US JUAN SUPERVISOR MAURICIO US
DIBUJO: MAURICIO US ESCALA: INDICADA
HOJA NO: 022 Unidad de Prácticas FECHA: 4-2018
Facultad de Ingeniería Civil



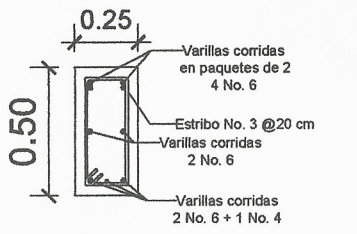
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK DOS
ABSORBENTE SUPERVISOR



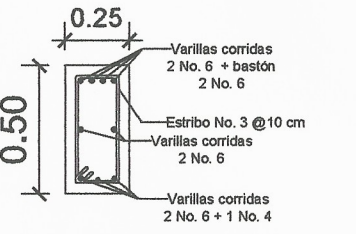
EJE 3, SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1:40



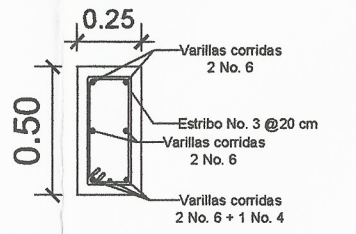
SECCIÓN A-A' V-C
ESCALA 1:15



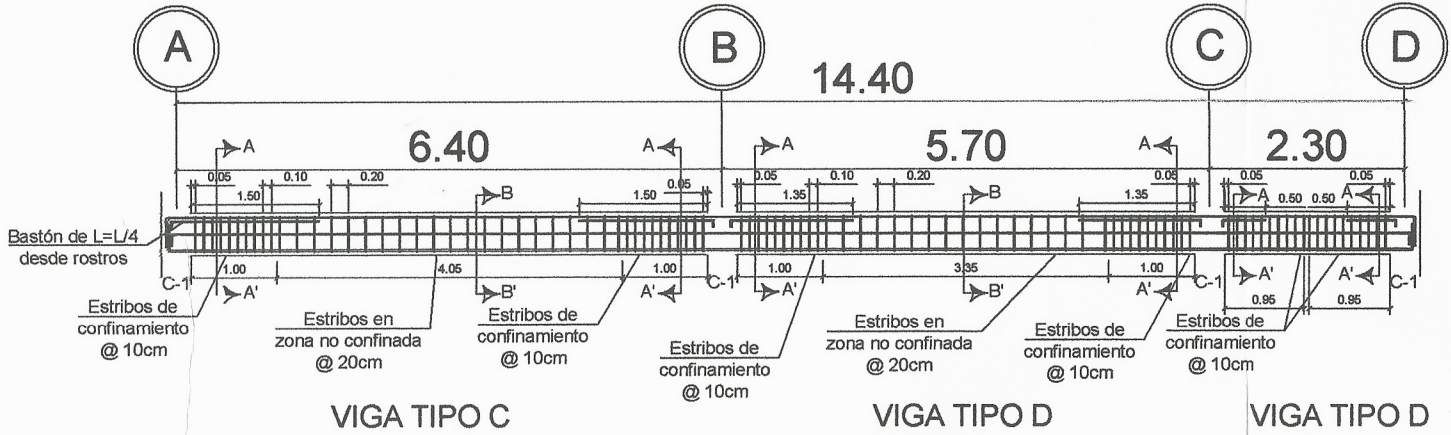
SECCIÓN B-B' V-C
ESCALA 1:15



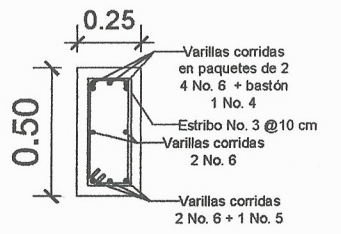
SECCIÓN A-A' V-D
ESCALA 1:15



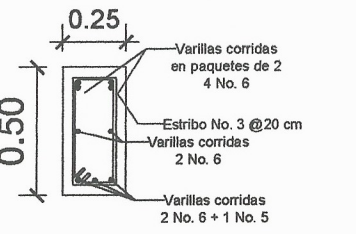
SECCIÓN B-B' V-D
ESCALA 1:15



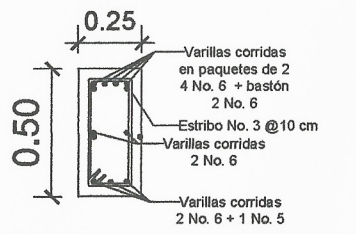
EJE 3, PRIMER NIVEL
ESCALA 1:40



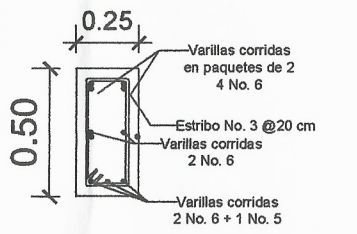
SECCIÓN A-A' V-F
ESCALA 1:15



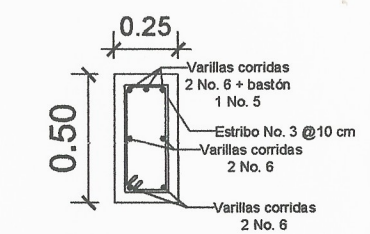
SECCIÓN B-B' V-F
ESCALA 1:15



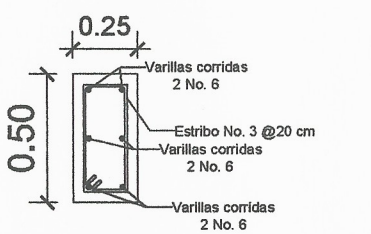
SECCIÓN A-A' V-G
ESCALA 1:15



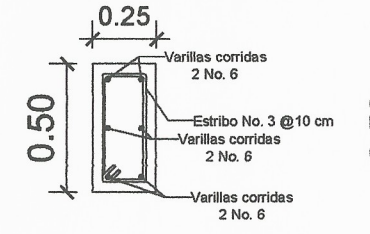
SECCIÓN B-B' V-G
ESCALA 1:15



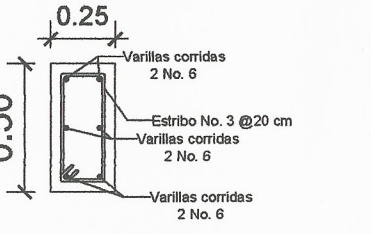
SECCIÓN A-A' V-A
ESCALA 1:15



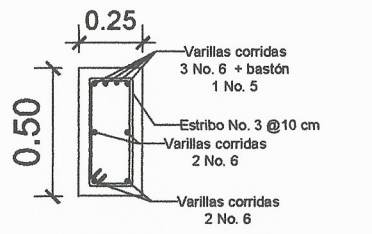
SECCIÓN B-B' V-A
ESCALA 1:15



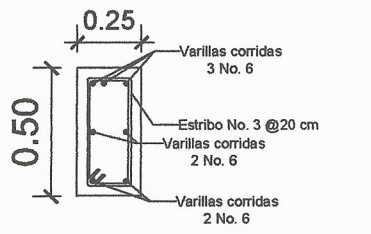
SECCIÓN A-A' V-B
ESCALA 1:15



SECCIÓN B-B' V-B
ESCALA 1:15



SECCIÓN A-A' V-E
ESCALA 1:15

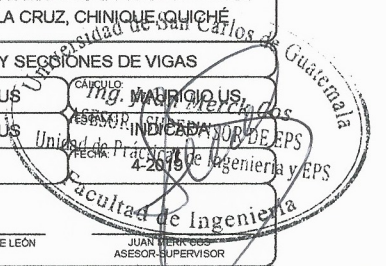


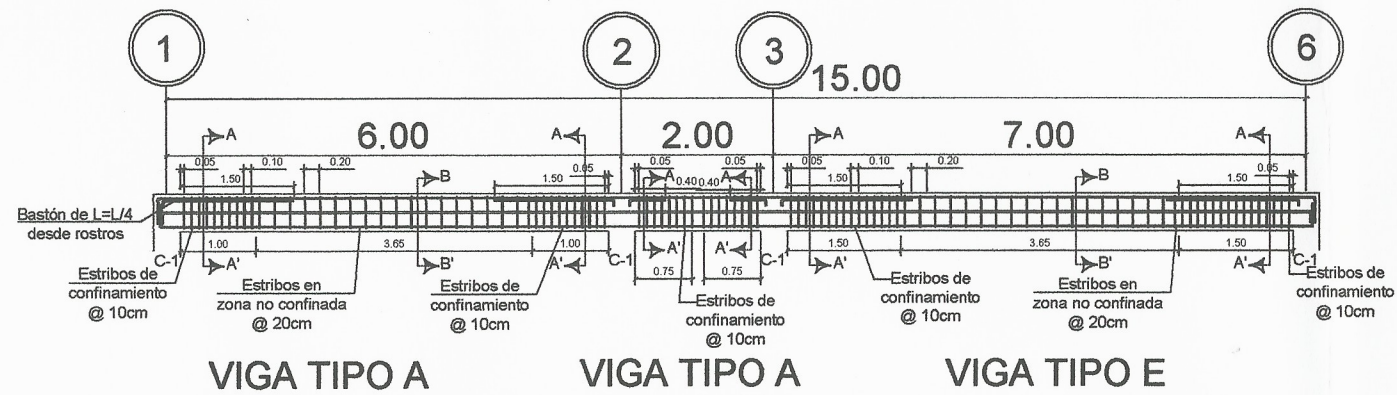
SECCIÓN B-B' V-E
ESCALA 1:15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



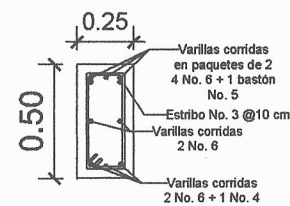
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO: DETALLES Y SECCIONES DE VIGAS
DISEÑO: MAURICIO US
DIBUJO: MAURICIO US
HOJA NO: 7/22
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA



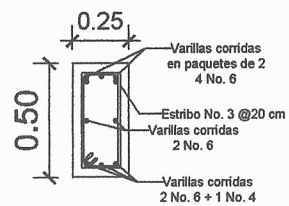


EJE B, SEGUNDO NIVEL

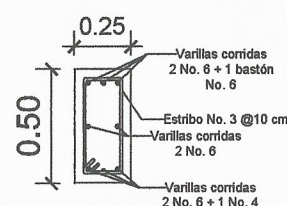
ESCALA 1:45



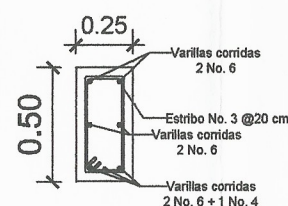
SECCIÓN A-A' V-J
ESCALA 1:15



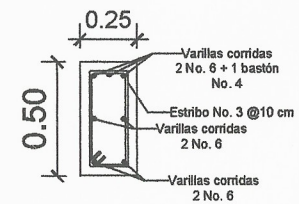
SECCIÓN B-B' V-J
ESCALA 1:15



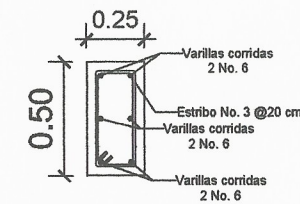
SECCIÓN A-A' V-K
ESCALA 1:15



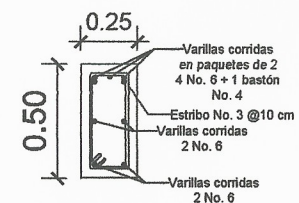
SECCIÓN B-B' V-K
ESCALA 1:15



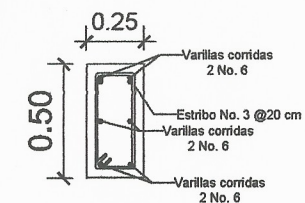
SECCIÓN A-A' V-H
ESCALA 1:15



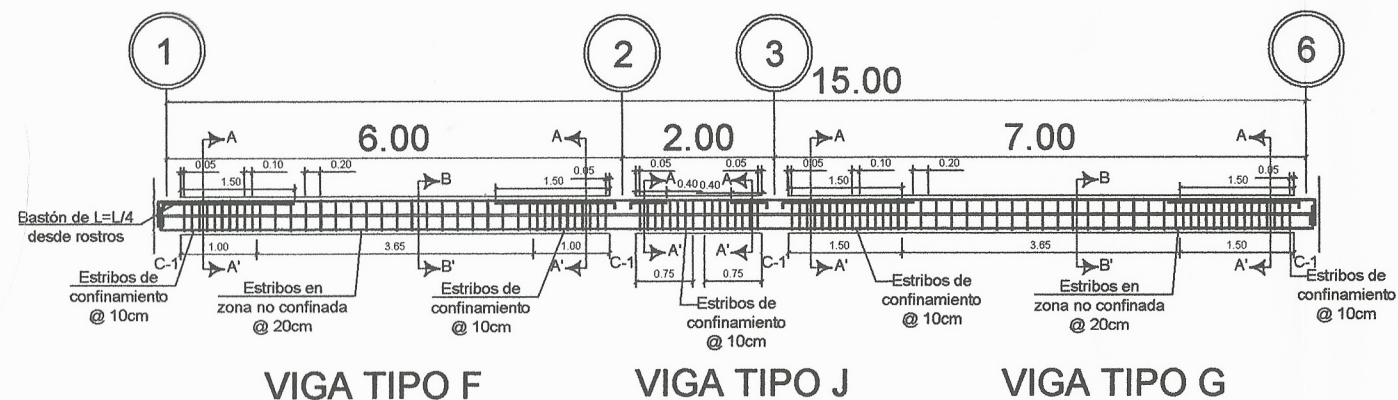
SECCIÓN B-B' V-H
ESCALA 1:15



SECCIÓN A-A' V-I
ESCALA 1:15



SECCIÓN B-B' V-I
ESCALA 1:15



EJE B, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:45

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL
BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO:
DETALLES Y SECCIONES DE VIGAS

DISEÑO: MAURICIO US (DISEÑO) MAURICIO US (CÁLCULO)

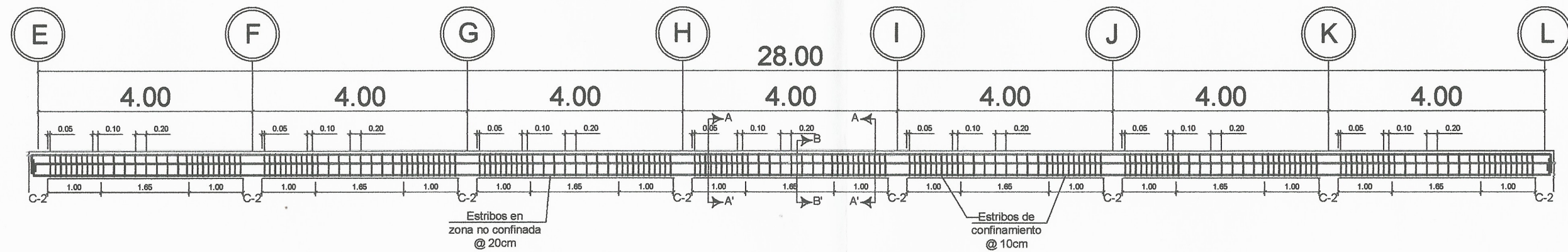
DIBUJO: MAURICIO US ASESOR: SINDY GONZÁLEZ

FECHA: 8/22

UNIDAD DE EPS

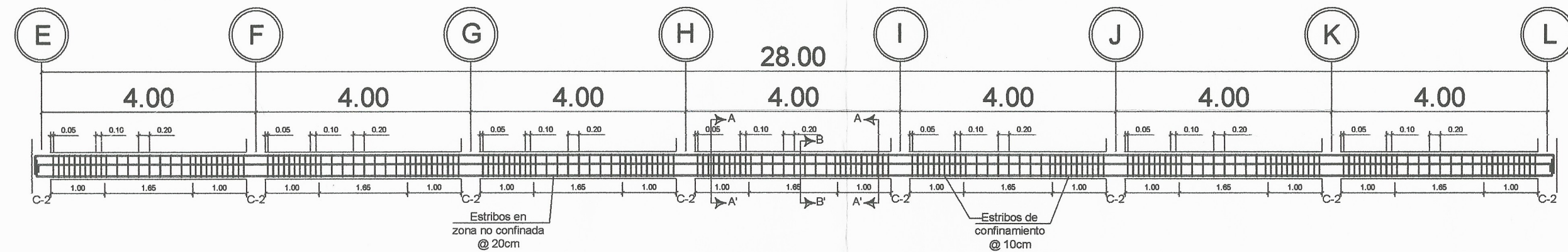
Facultad de Ingeniería y EPS

JOSE MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA



VIGA TIPO B EN TODOS LOS TRAMOS
EJE 2, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:40



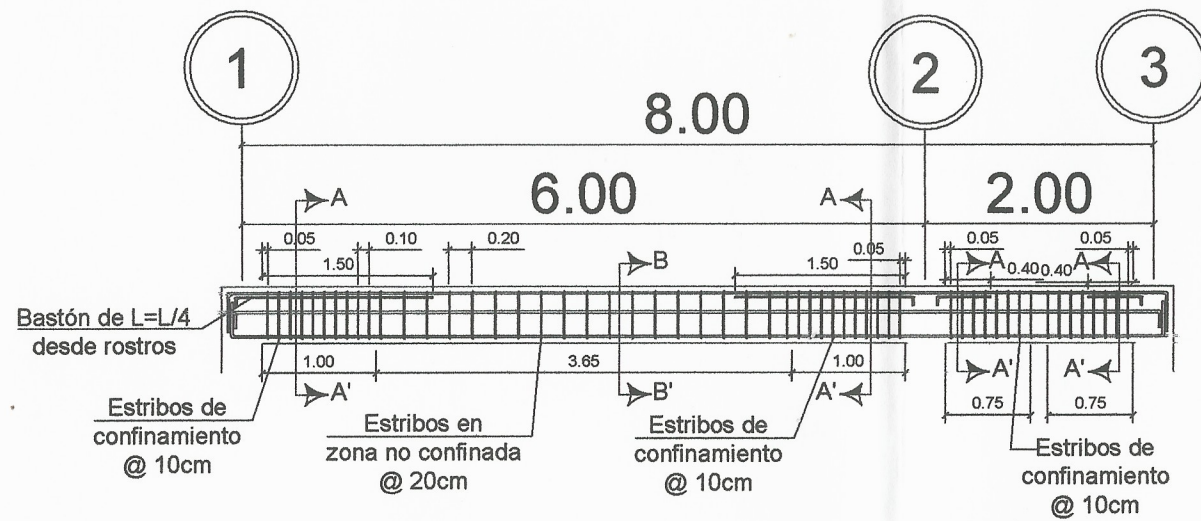
VIGA TIPO H EN TODOS LOS TRAMOS
EJE 2, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:40

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EPS
 MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

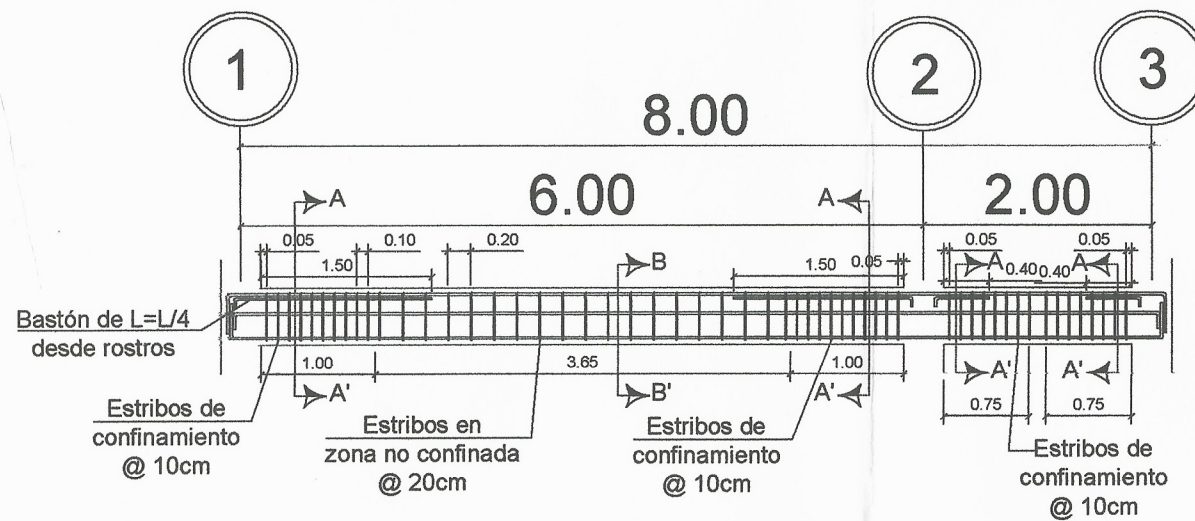


PROYECTO:	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CONTENIDO:	DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ CHINIQUE, QUICHÉ
DISEÑO:	MAURICIO US
DIBUJO:	MAURICIO US
FECHA:	9/22
ASESOR-SUPERVISOR:	JUAN MERK COS



VIGA TIPO H
EJE K, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:30



VIGA TIPO I
EJE K, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:30

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO: DETALLES Y SECCIONES DE VIGAS

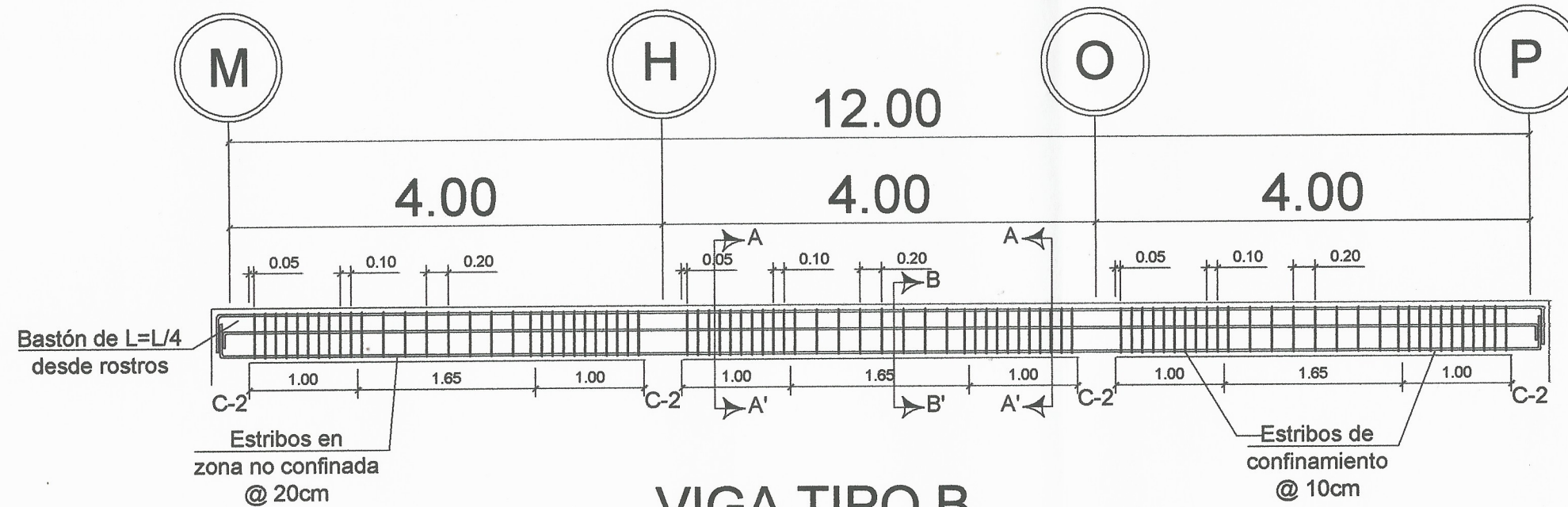
DISEÑO: MAURICIO US

DIBUJO: MAURICIO US

HOJA NO: 10/22

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

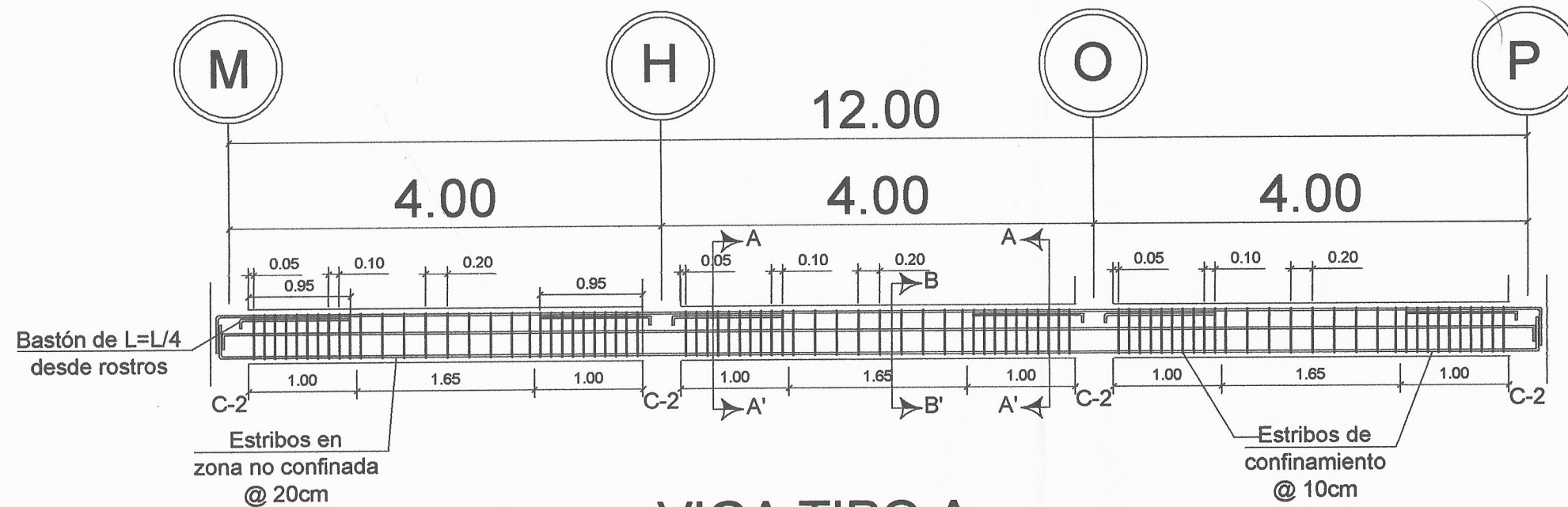
JUAN MERK COS
ASESOR SUPERVISOR



VIGA TIPO B

EJE 4, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:25



VIGA TIPO A

EJE 4, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO: DETALLES Y SECCIONES DE VIGAS

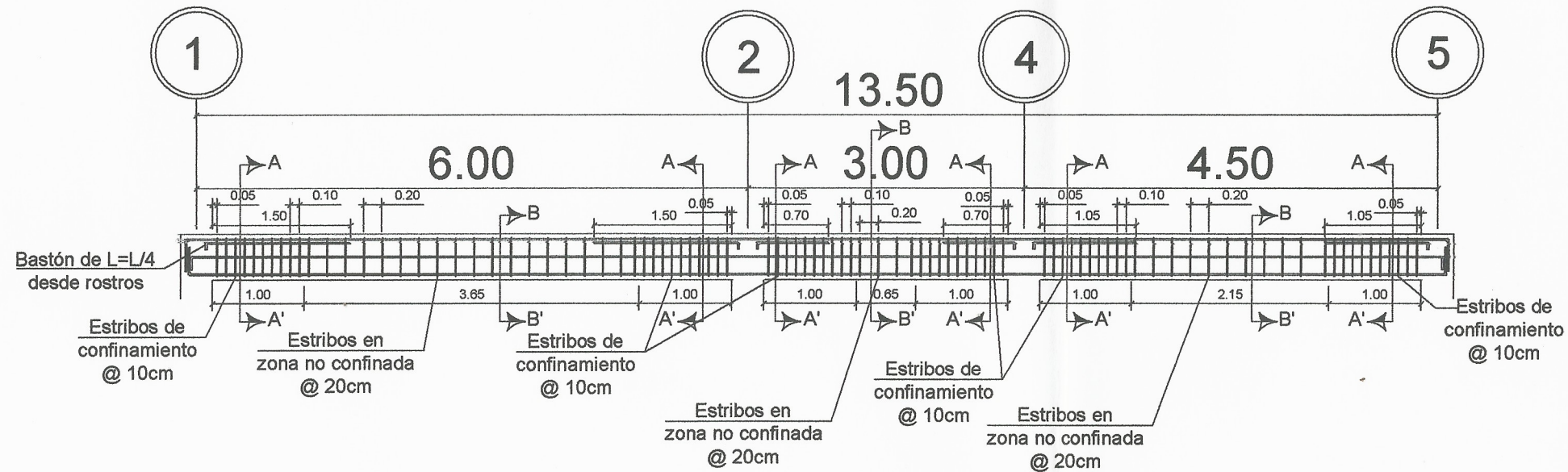
DISEÑO: MAURICIO US

DIBUJO: MAURICIO US

HOJA NO: 11/22

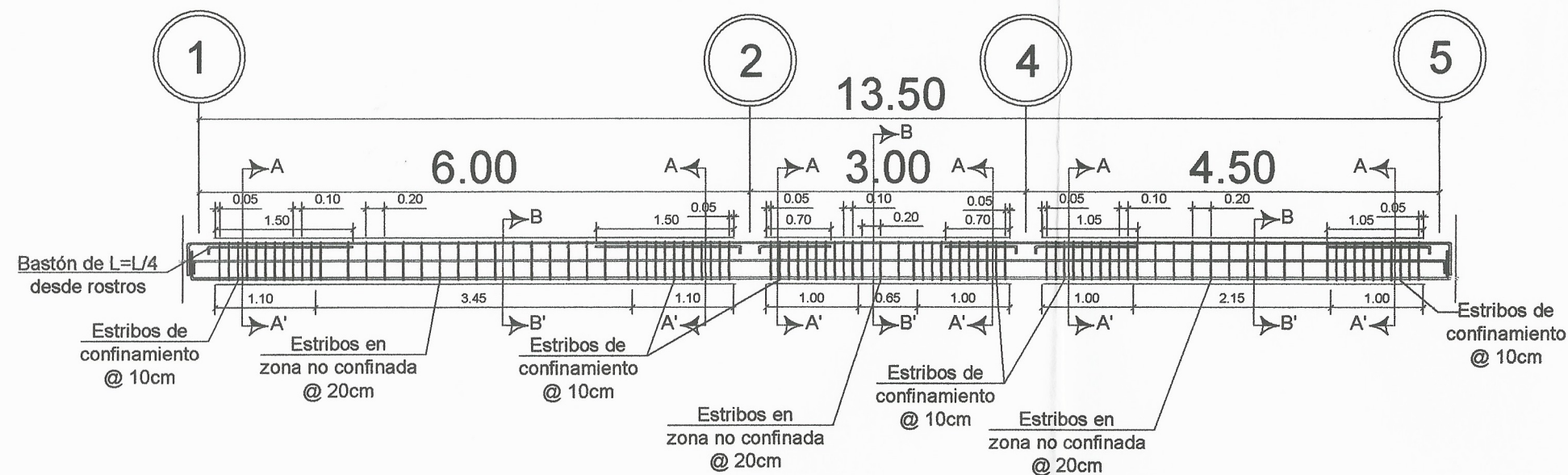
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

JOSÉ MAURICIO US
ASESOR-SUPERVISOR



VIGA TIPO I
EJE N, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:30



VIGA TIPO J

VIGA TIPO K

VIGA TIPO K

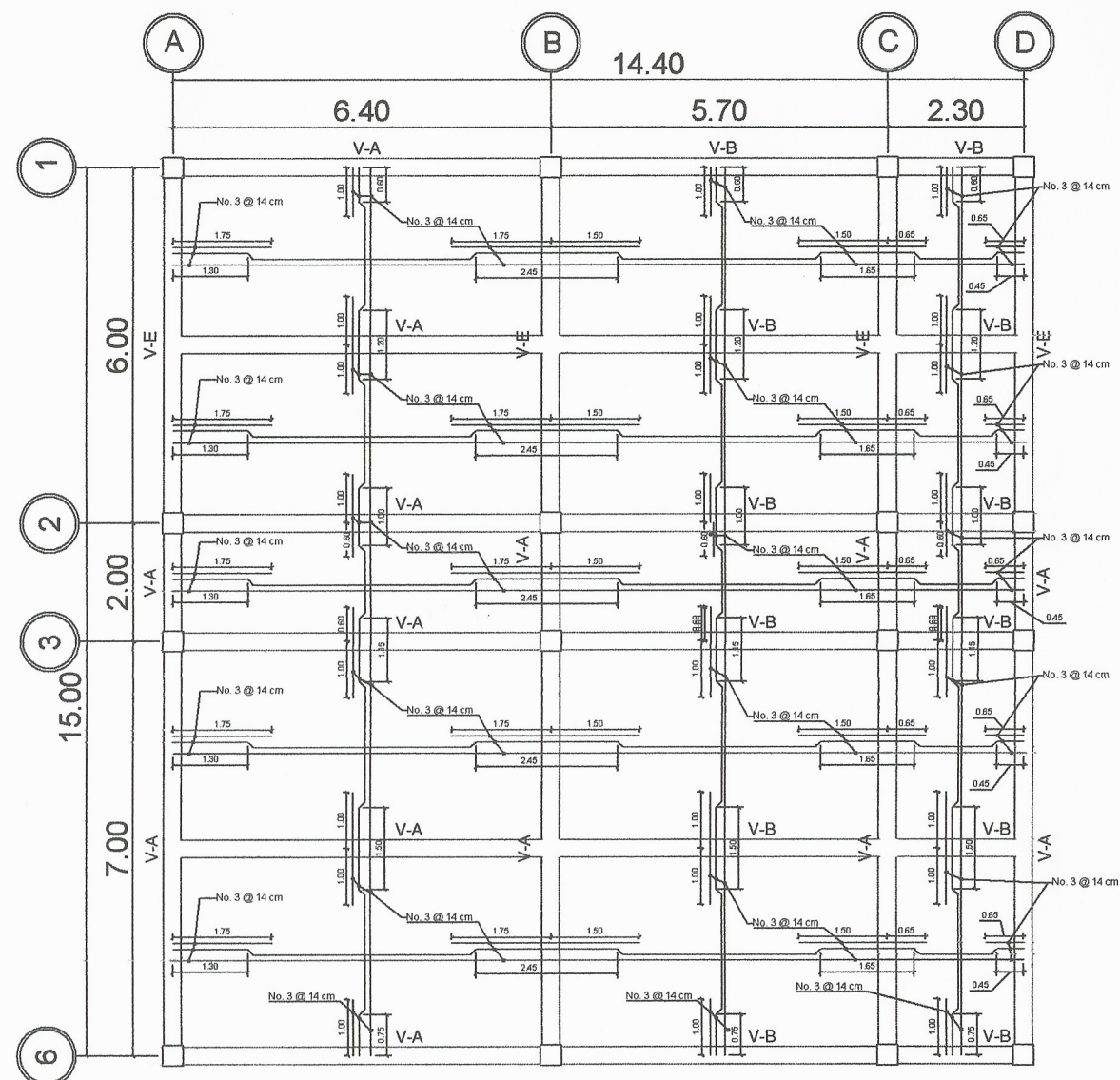
EJE N, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:30

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

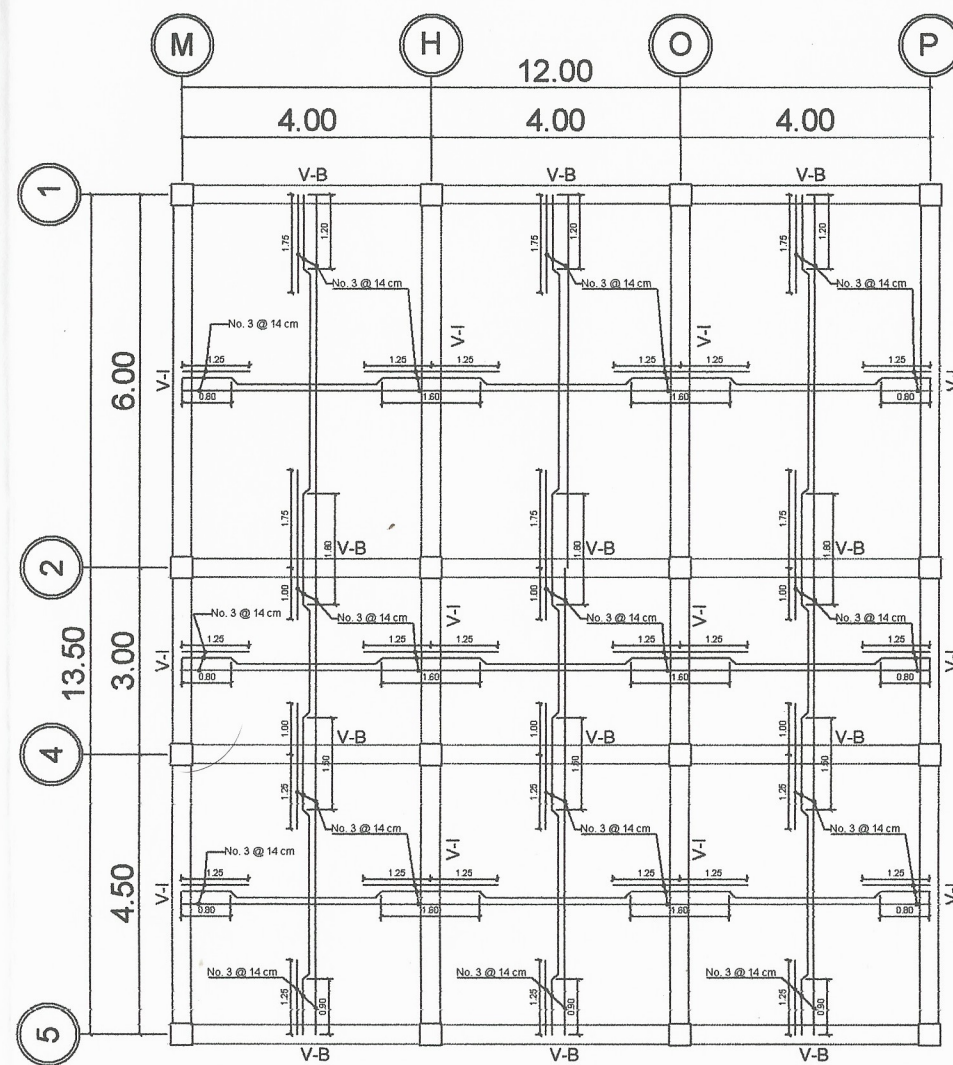


PROYECTO:	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO:	DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO:	DETALLES Y SECCIONES DE VIGAS
DISEÑO:	MAURICIO US <i>Ing. Juan Melick Cos</i>
DIBUJO:	MAURICIO US ASESOR SUPLENTE DE EPS
HOJA NO:	12/22
	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EP
	Facultad de Ingeniería
	JOSE MAURICIO US DE LEON EPESISTA
	ASESOR-SUPERVISOR



VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 1, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:55



VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 3, SEGUNDO NIVEL

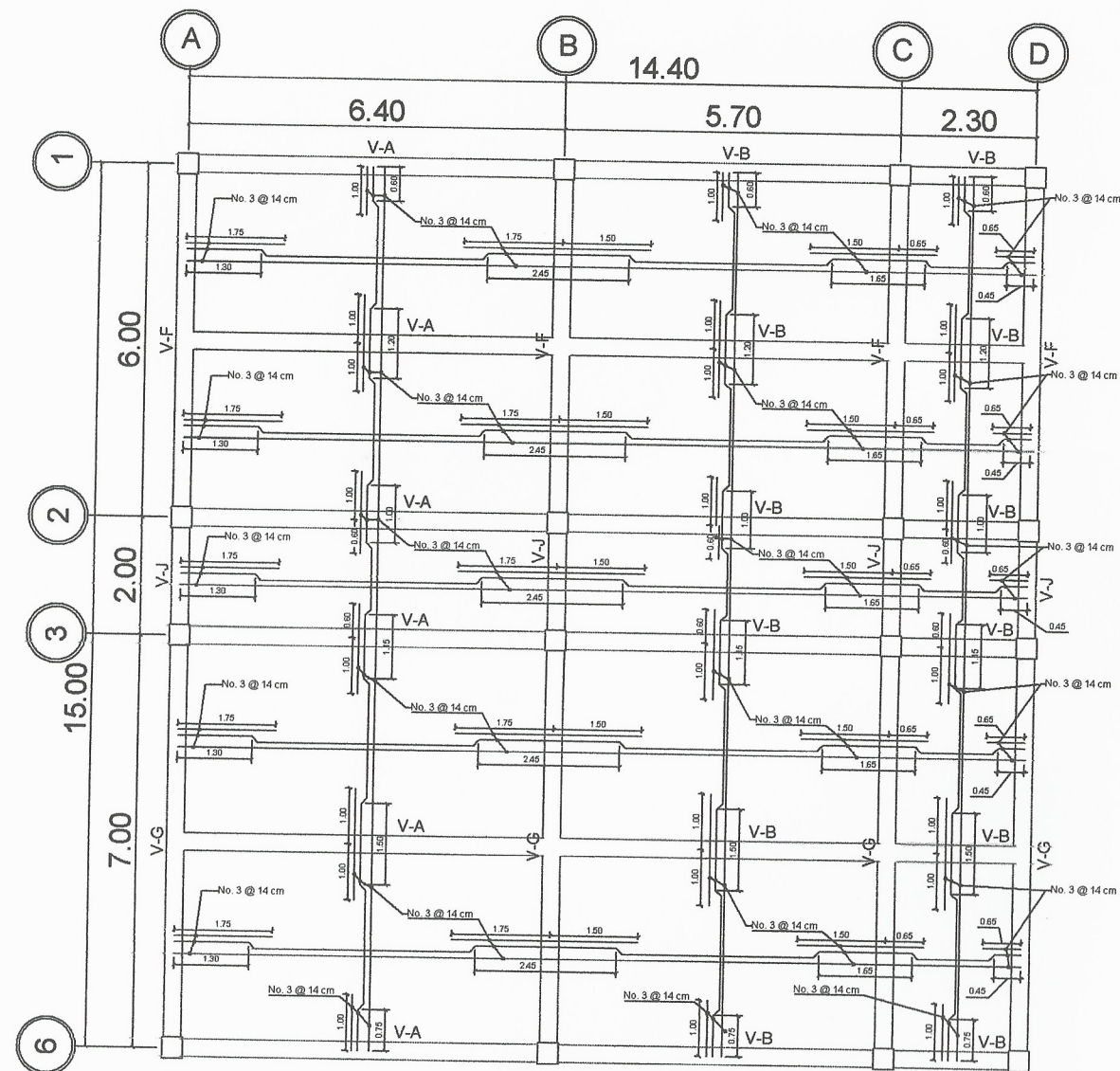
ESCALA 1:55

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



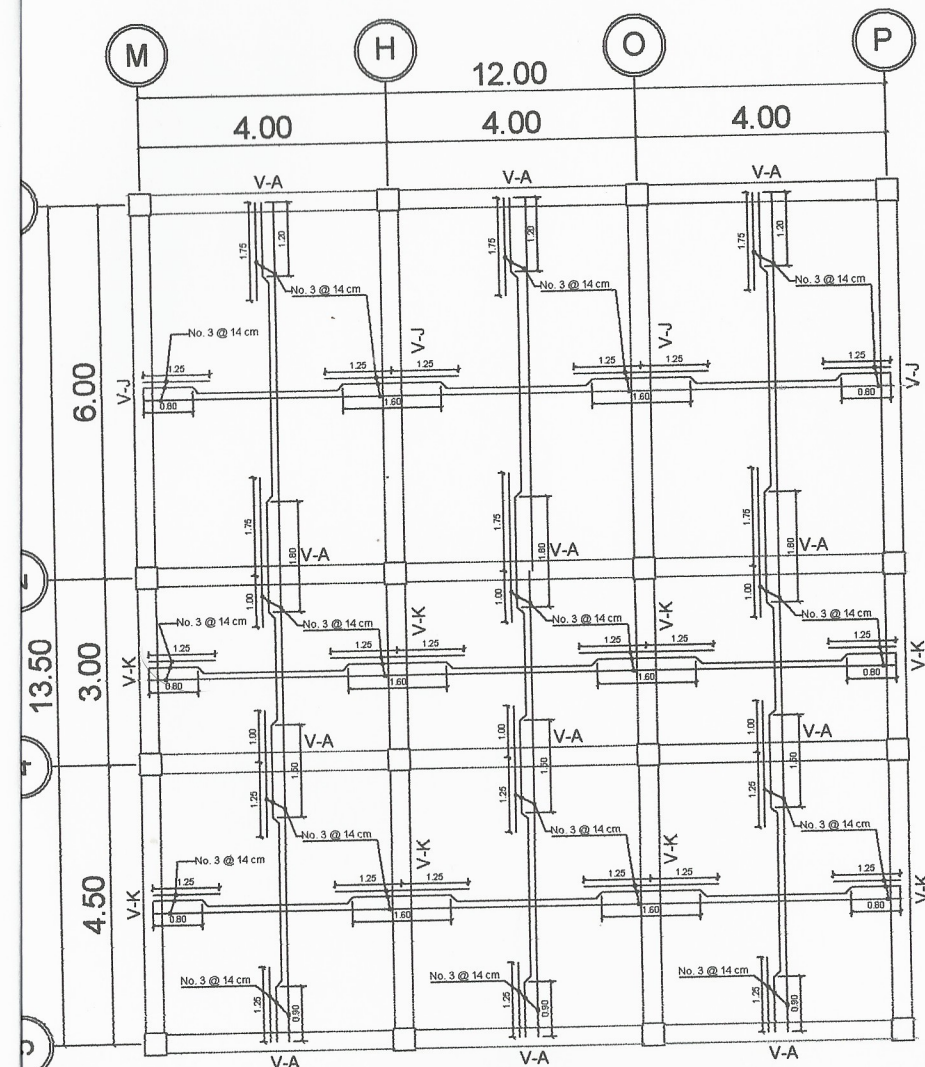
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO: VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 1 Y 3, NIVEL 2
DISEÑO: MAURICIO US
DIBUJO: MAURICIO US
HOJA NO: 13/22

JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK COS
ASESOR SUPERVISOR



VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 1, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:55



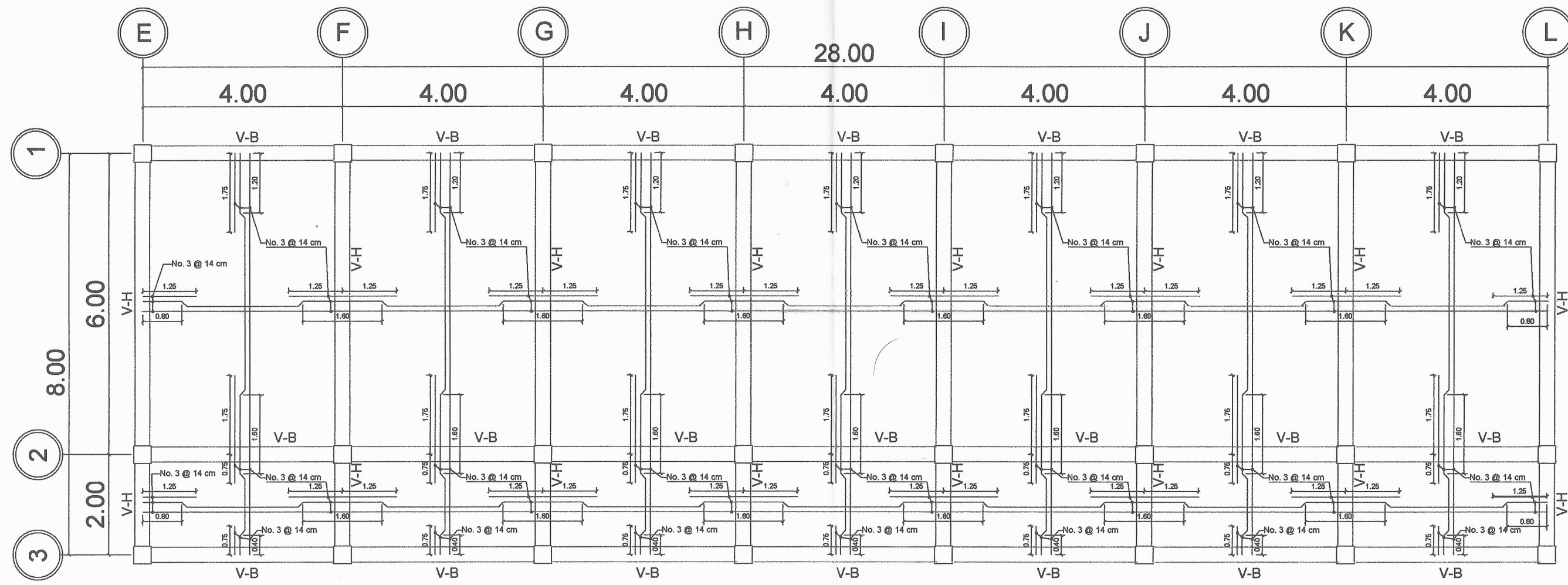
VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 3, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:55

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO: VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 1 Y 3, NIVEL 1
DISEÑO: MAURICIO US ASESOR SUPLENTE MAURICIO COS
DIBUJO: MAURICIO US ASISTENTE MAURICIO COS
FECHA: 4-2019
HOJA NO. 14/22
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK COS
ASESOR SUPERVISOR



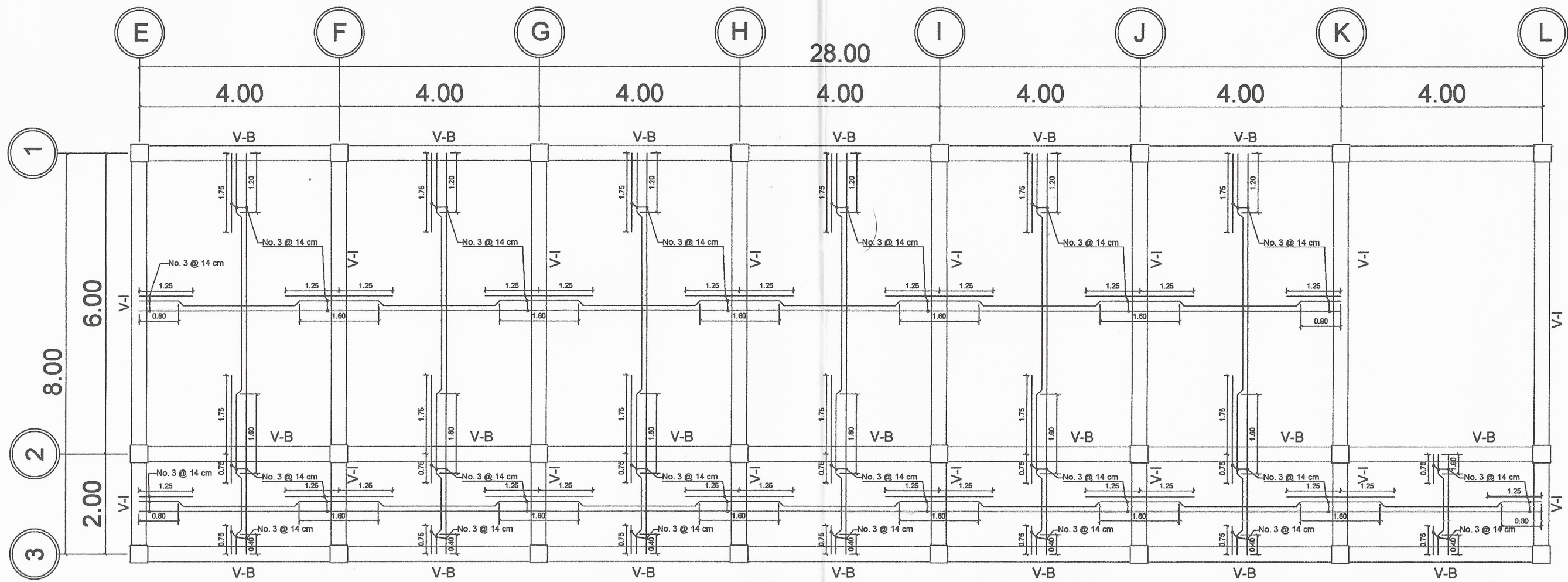
VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 2, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:40

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
 CONTENIDO: VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 2, SEGUNDO NIVEL
 DISEÑO: MAURICIO US CÁLCULO: MAURICIO US
 DIBUJO: MAURICIO US INGENIERO DE EPS
 HOJA NO: 15/20
 JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN EPESISTA
 JUAN MERK COS ASISTENTE SUPERVISOR



VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 2, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:40

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL
BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO:
VIGAS Y LOSAS, MÓDULO 2, NIVEL 1

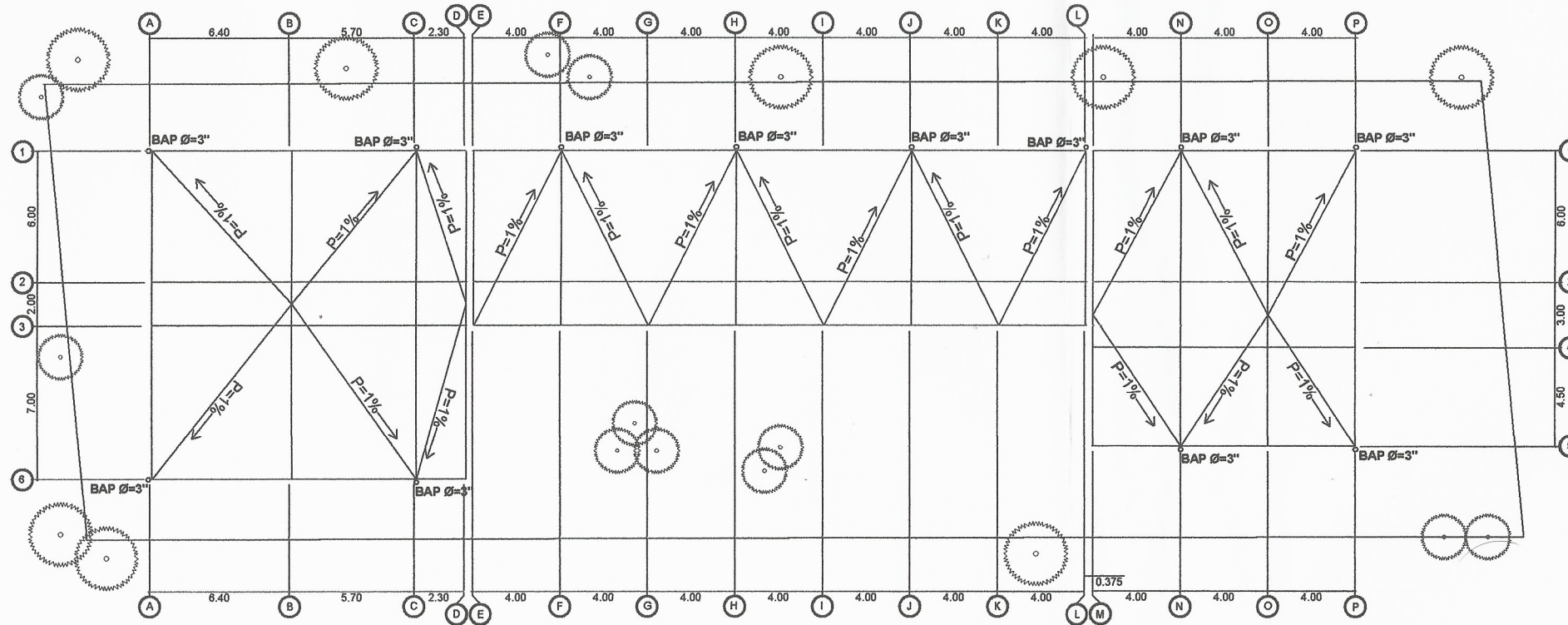
DISEÑO: MAURICIO US *Ing. Juan Mauricio Us* CALCULO: MAURICIO US

DIBUJO: MAURICIO US ASESOR - SUPERINTENDENTE EPS

HOJA NO. 16/22 Unidad de EPS

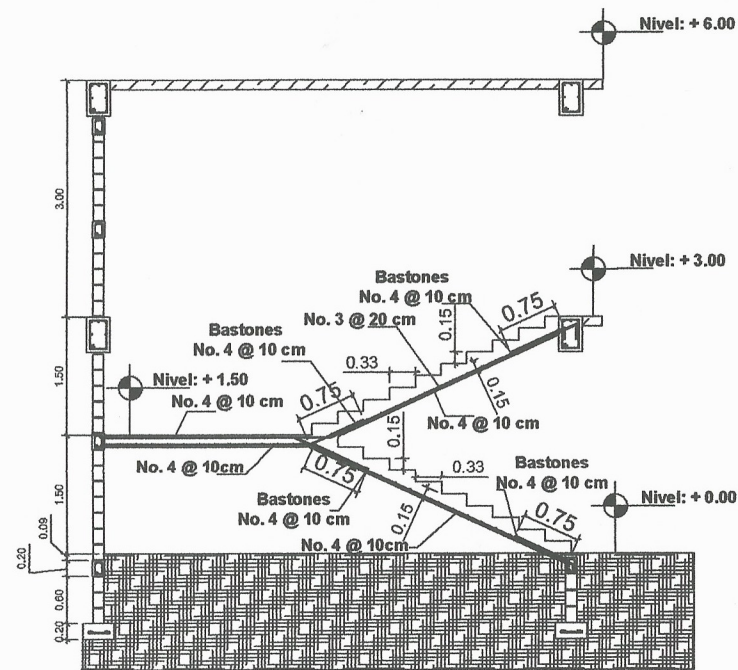
JOSE MAURICIO US DE LEON
EPESISTA

JUAN MAURICIO US
ASESOR-SUPERVISOR



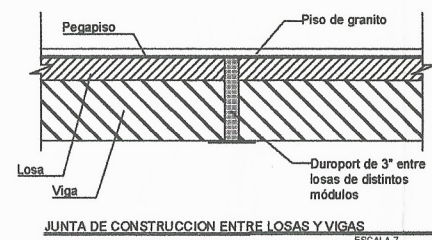
INSTALACIONES PLUVIALES

ESCALA 1:130

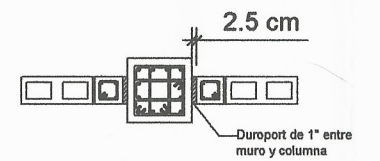


DETALLE DE GRADAS

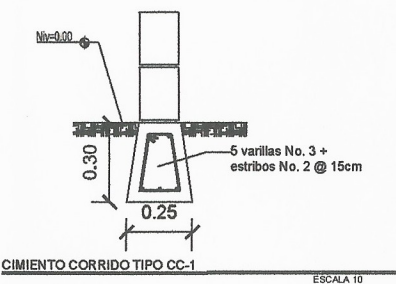
ESCALA 1:75



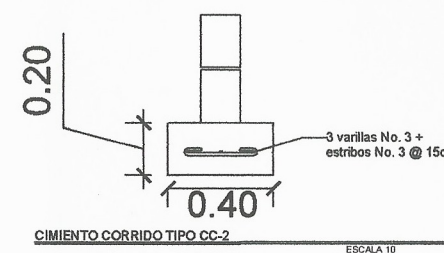
JUNTA DE CONSTRUCCION ENTRE LOSAS Y VIGAS
ESCALA 7



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION EN MUROS
ESCALA 7



CIMENTO CORRIDO TIPO CC-1
ESCALA 10

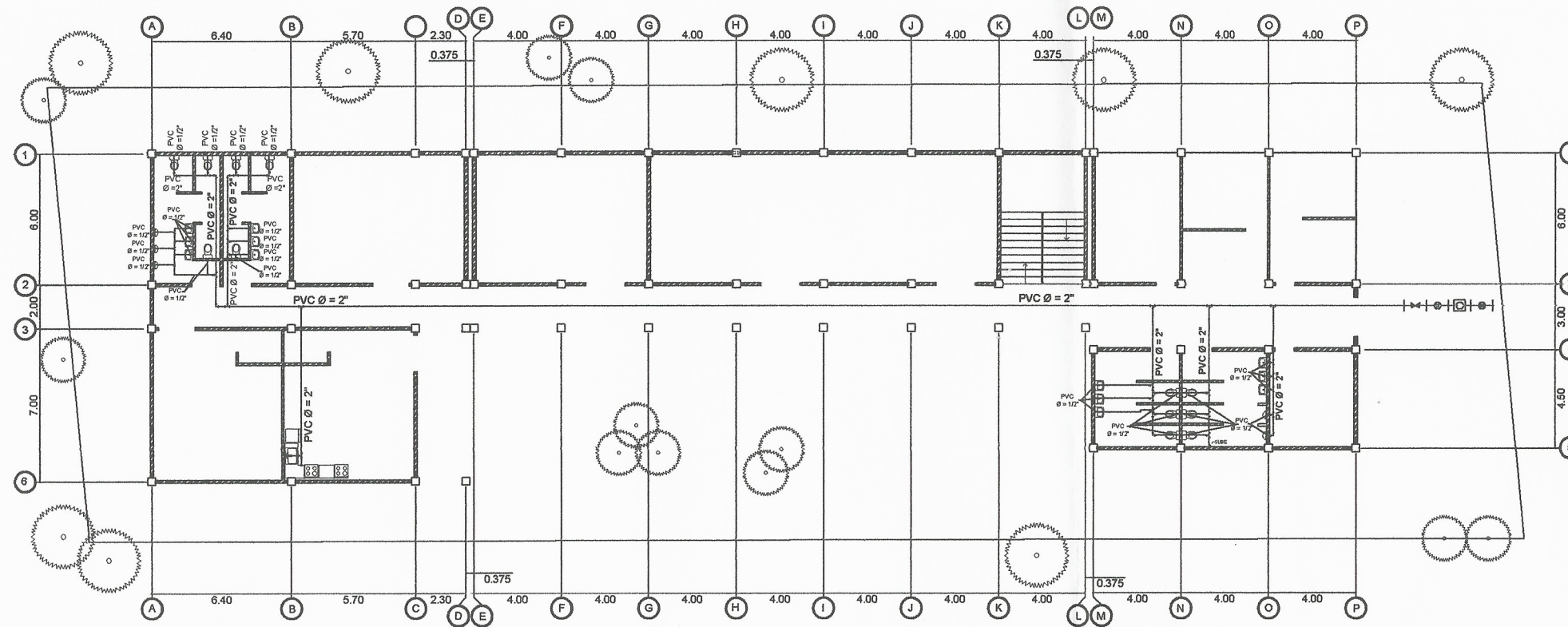


CIMENTO CORRIDO TIPO CC-2
ESCALA 10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

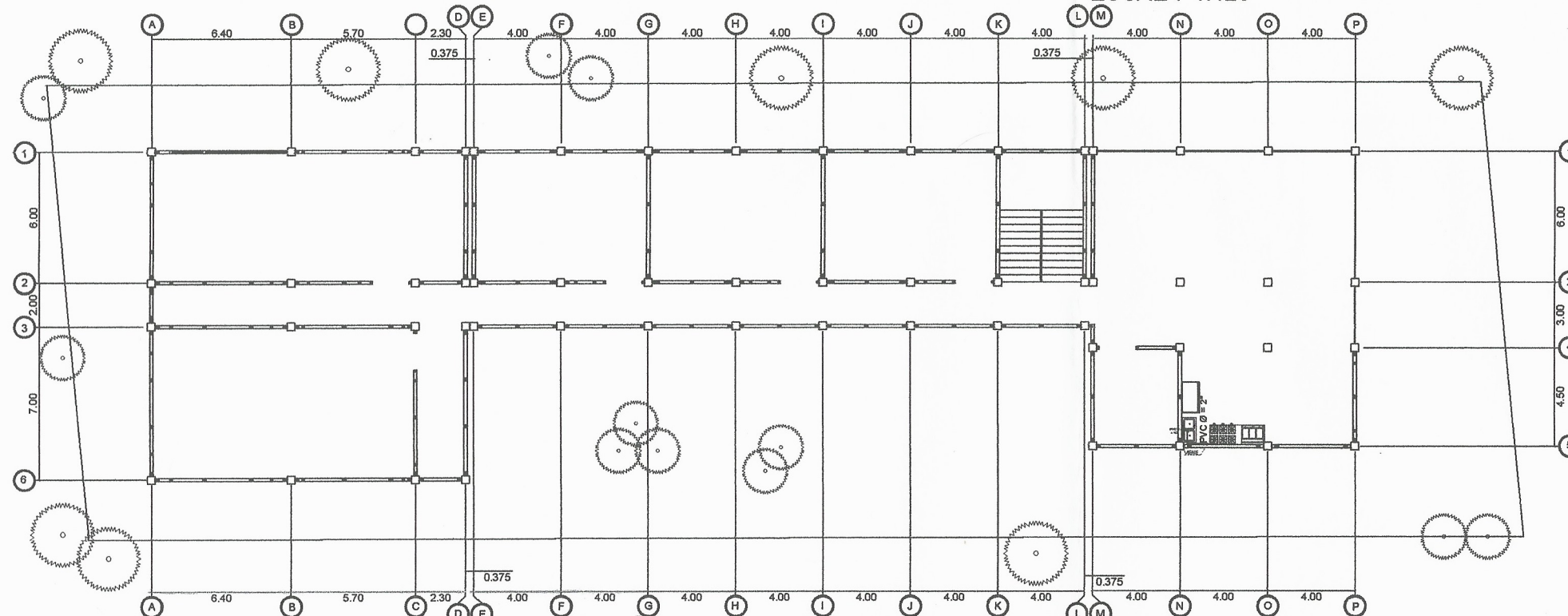


ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
CONTENIDO: INSTALACIONES PLUVIALES
DISEÑO: MAURICIO US LEÓN
DIBUJO: MAURICIO US LEÓN
CONTENIDO DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA: 17/22
Facultad de Ingeniería
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA
JUAN MERK COS
ASESOR SUPERVISOR



INSTALACIONES HIDRÁULICAS, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:125

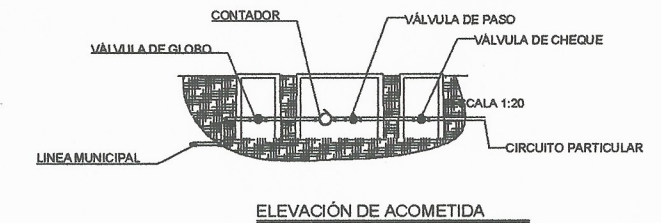
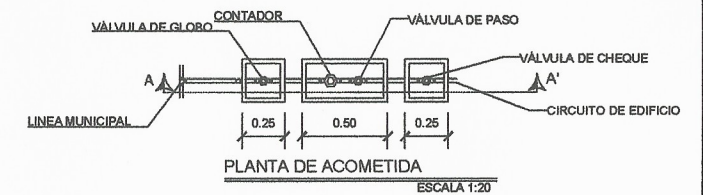


INSTALACIONES HIDRÁULICAS, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:125

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TUBERÍA PVC
└┐	CODO VERTICAL A 90° PVC
└—┘	CODO HORIZONTAL A 90° PVC
└┬┘	TEE HORIZONTAL PVC
└┬┘	REDUCIDOR DE 2" A 1/2" PVC
└┬┘	VÁLVULA DE PASO
└┬┘	VÁLVULA DE CHEQUE
└┬┘	VÁLVULA DE GLOBO
HOH	CONTADOR



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL
BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO:
INSTALACIONES HIDRÁULICAS

DISEÑO:
MAURICIO US

ASESOR - SUPERVISOR:
MAURICIO US

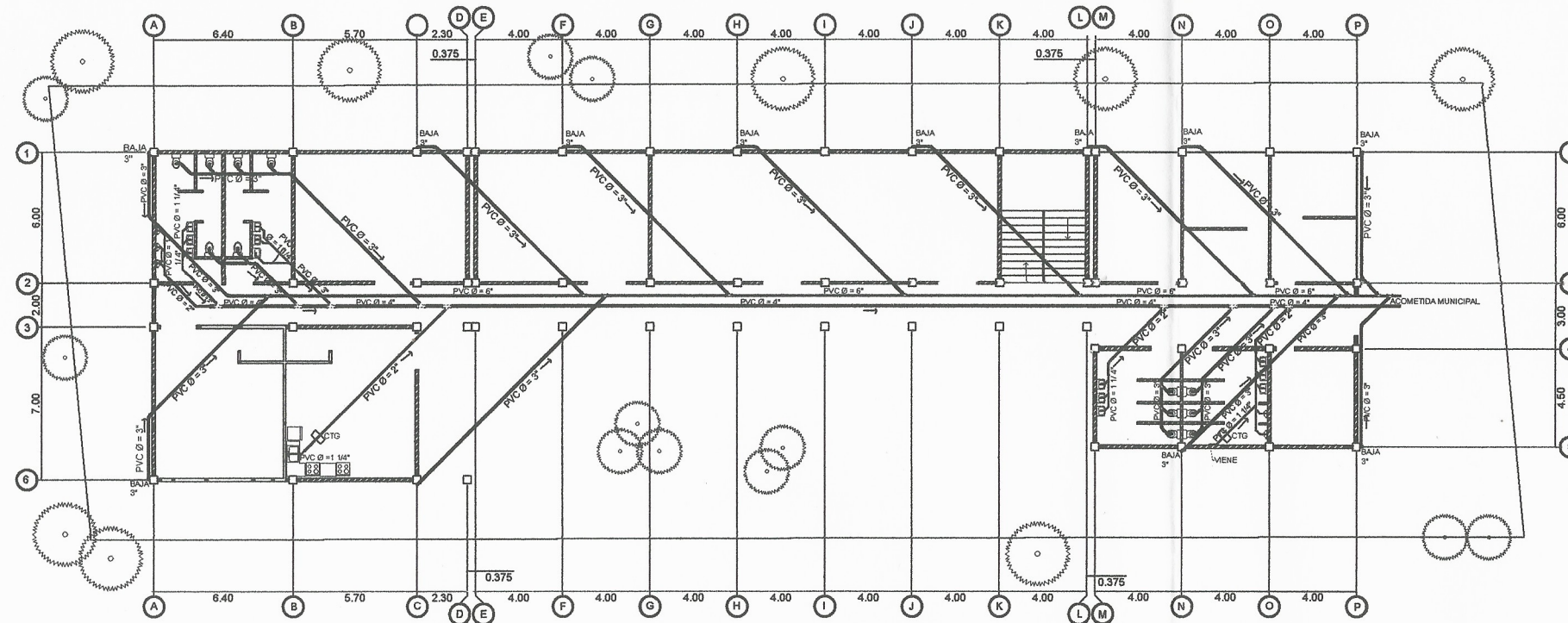
DIBUJO:
MAURICIO US

FECHA:
4-2019

FECHA:
4-2019

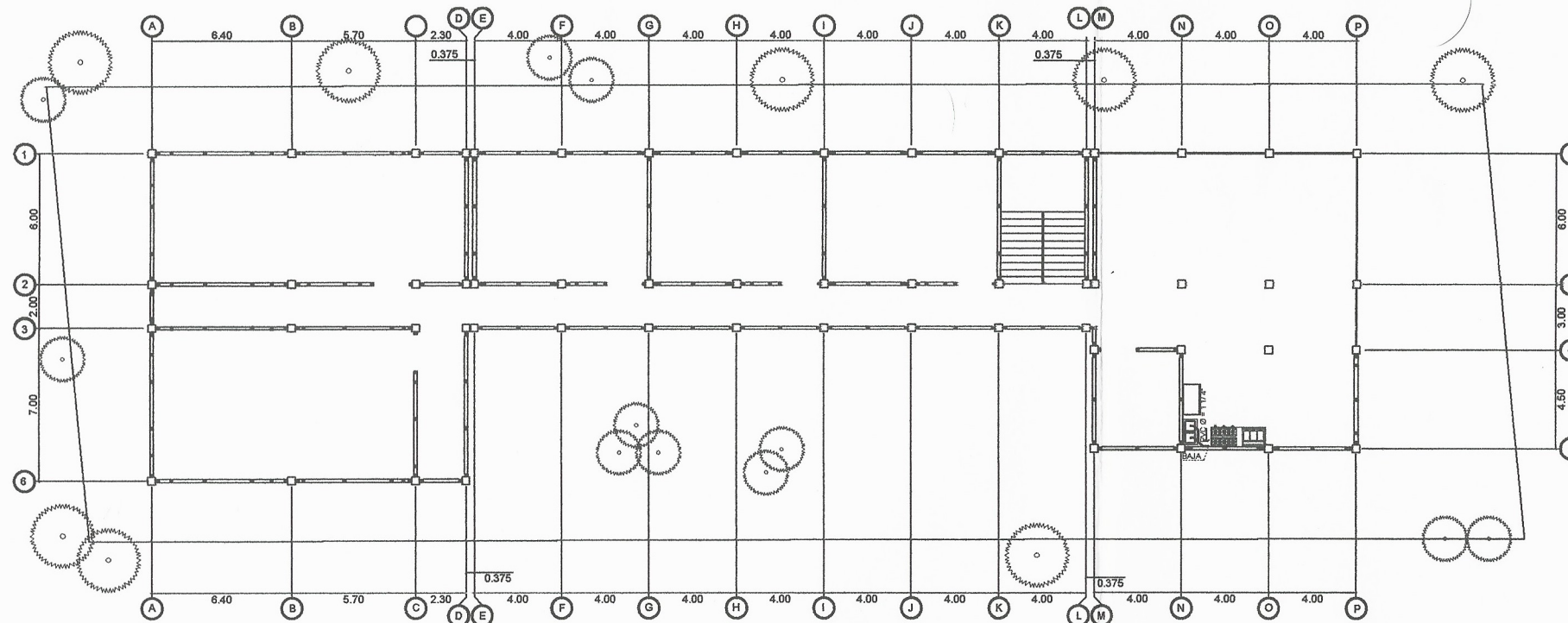
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

JUAN MERCEDES
ASESOR-SUPERVISOR



INSTALACIONES SANITARIAS, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:135



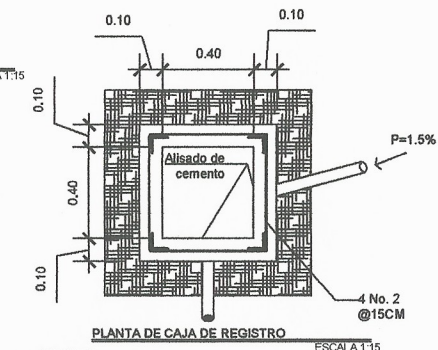
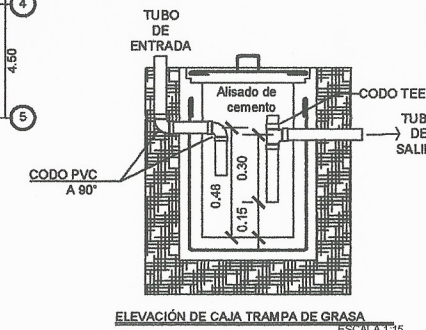
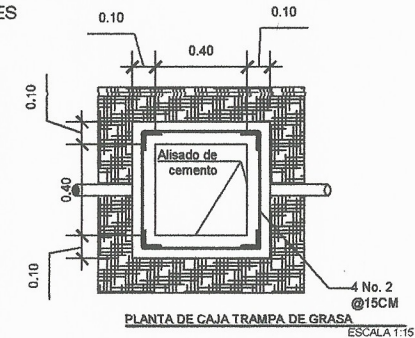
INSTALACIONES SANITARIAS, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:135

SIMBOLOGIA DE DRENAJES

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERÍA DE AGUA PLUVIAL
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE

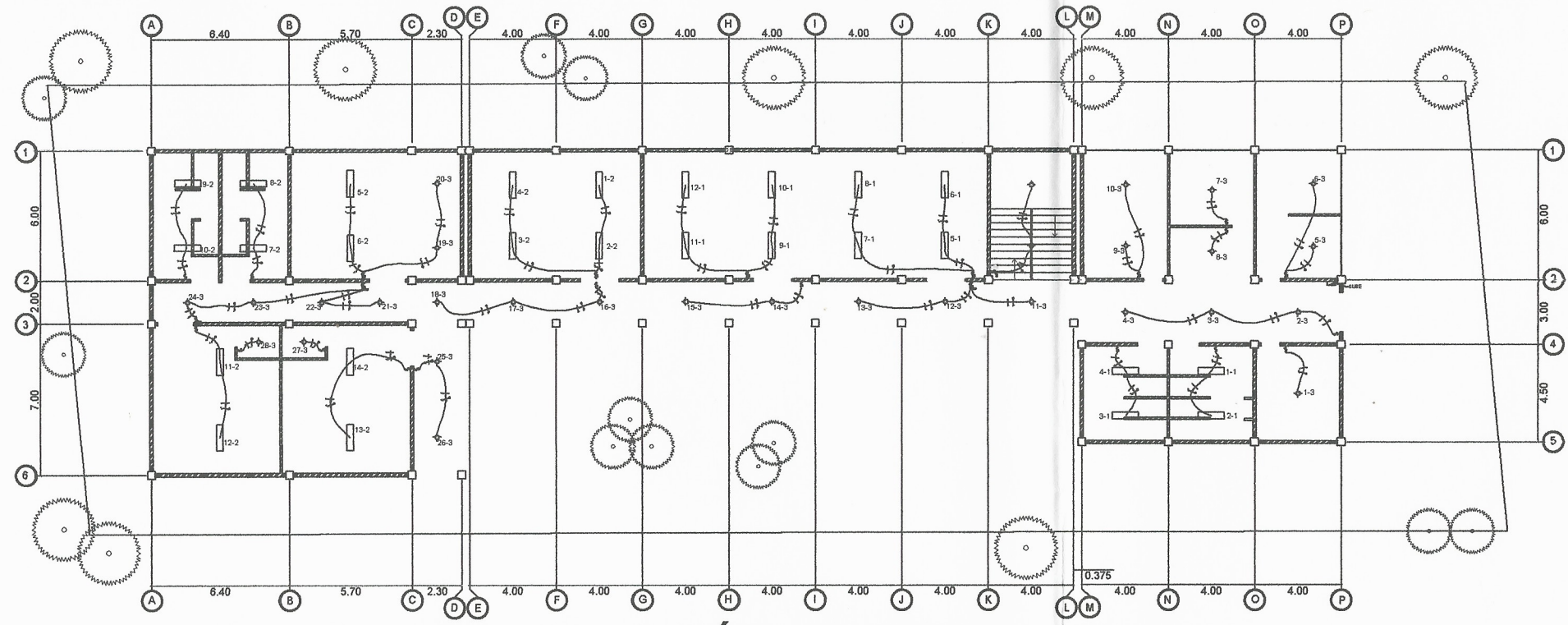
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TEE PERFIL
	TEE PLANTA
	CODO A 45° PERFIL
	REDUCTOR
	CODO A 90° PERFIL
	CODO A 90° BAJA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EPS
 MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE

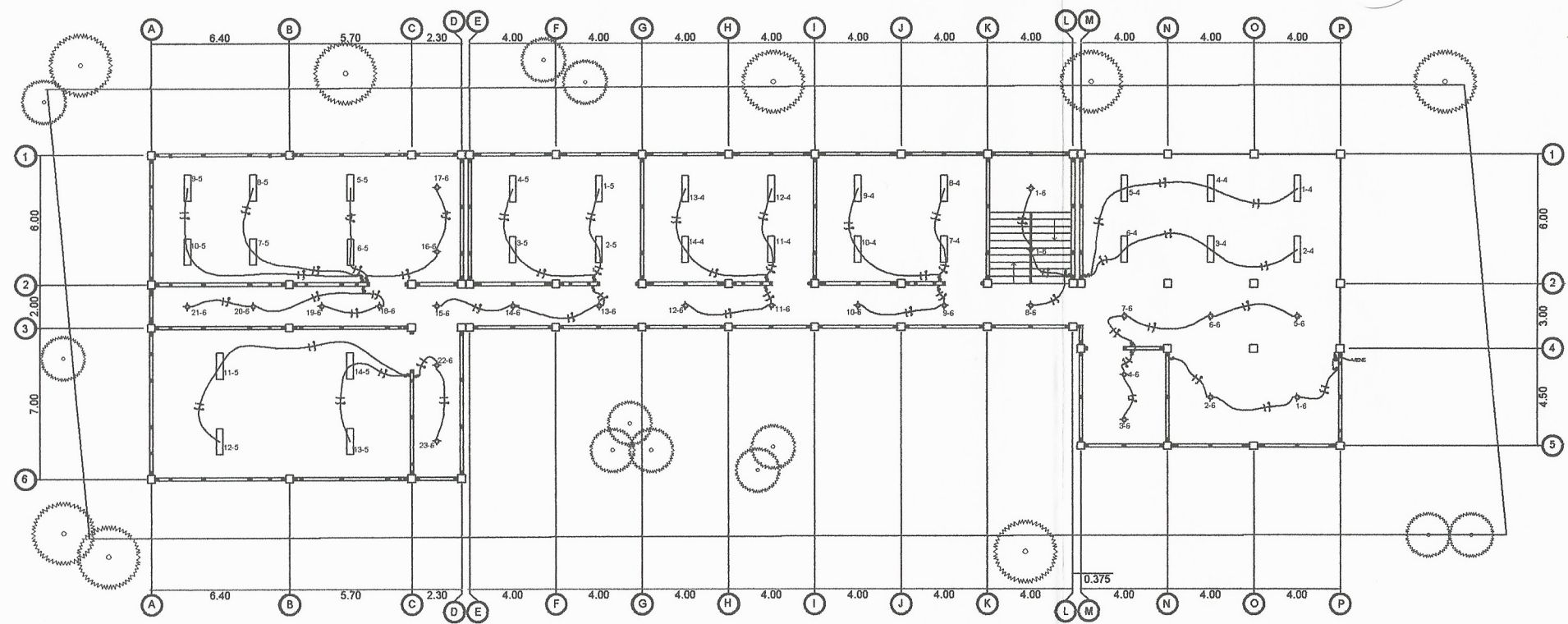


ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
 CONTENIDO: INSTALACIONES SANITARIAS
 DISEÑO: MAURICIO US *Ingeniero* MAURICIO US
 DIBUJO: MAURICIO US ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 HOJA NO: 19/22
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería
 JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
 EPESISTA ASESOR-SUPERVISOR



PLANTA DE ILUMINACIÓN, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:130



PLANTA DE ILUMINACIÓN, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:130

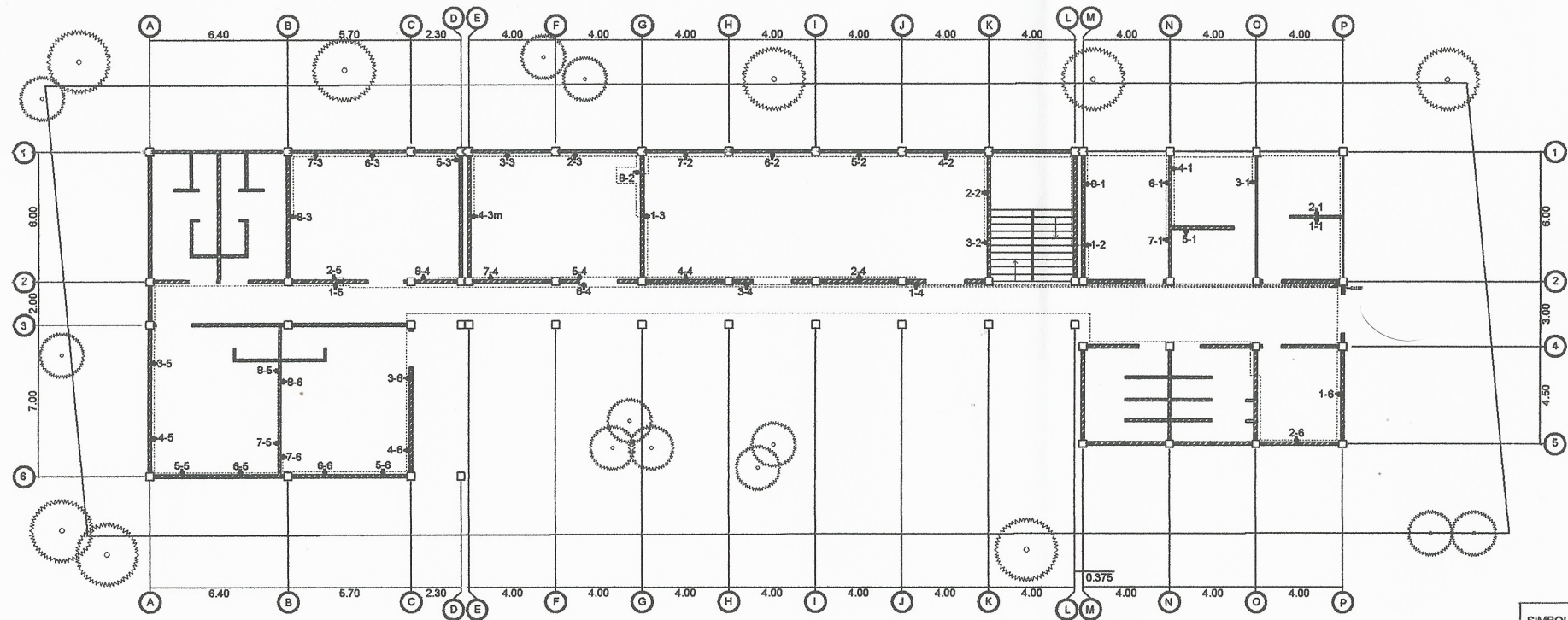
SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS
	ILUMINACION EN CIELO TIPO PLAFONERA
	ILUMINACION EN CIELO TIPO LAMPARA
	SWITCH SENCILLO
	SWITCH DOBLE
	SWITCH DOBLE CON THREE WAY
	CONTADOR
	TUBERIA DE P.V.C. Ø 3/4" O INDICADO
	LINEA NEUTRAL CALIBRE 12 THHN
	LINEA VIVA CALIBRE 12 THHN
	LINEA DE RETORNO CALIBRE 12 THHN

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ
 CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACIÓN
 DISEÑO: MAURICIO US
 DIBUJO: MAURICIO US
 HOJA NO: 20/22
 FECHA: 2018
 Ing. *José Mauricio Us de León*
 EPE-SUPERVISOR

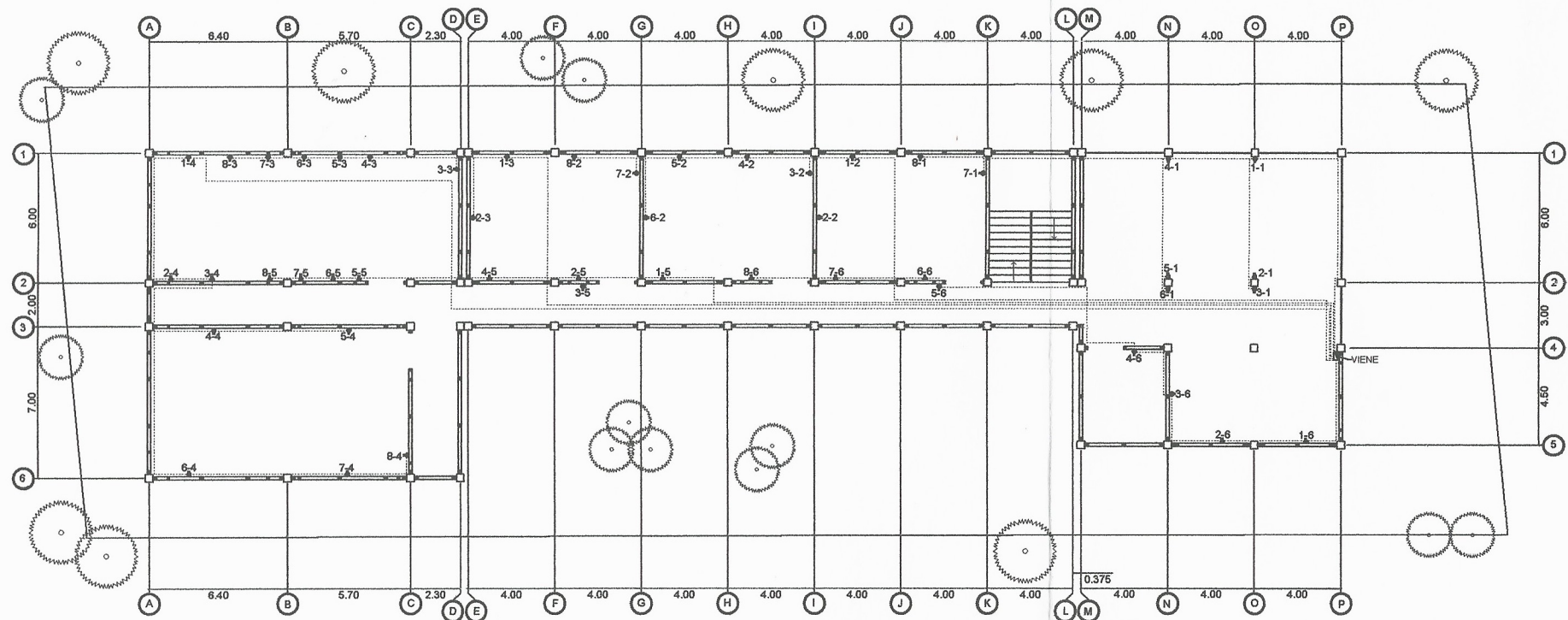


PLANTA DE FUERZA, PRIMER NIVEL

ESCALA 1:135

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS
	CABLE VIVO THHN NO. 12 O INDICADO
	CABLE NEUTRO THHN NO. 12 O INDICADO
	TUBERIA DE PVC Ø 3/4" O INDICADO EN PISO
	TOMACORRIENTE 110 VOLT. H=0.30
	TOMACORRIENTE 220 VOLT
	TOMACORRIENTE 110 VOLT. H=1.10 MT.
	CONTADOR
	TOMACORRIENTE EXTERIOR
	UNIDAD DEL CIRCUITO
	NÚMERO DE CIRCUITO



PLANTA DE FUERZA, SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:135

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL
BARRIO LA CRUZ, CHINIQUE, QUICHÉ

CONTENIDO:
PLANTA DE FUERZA

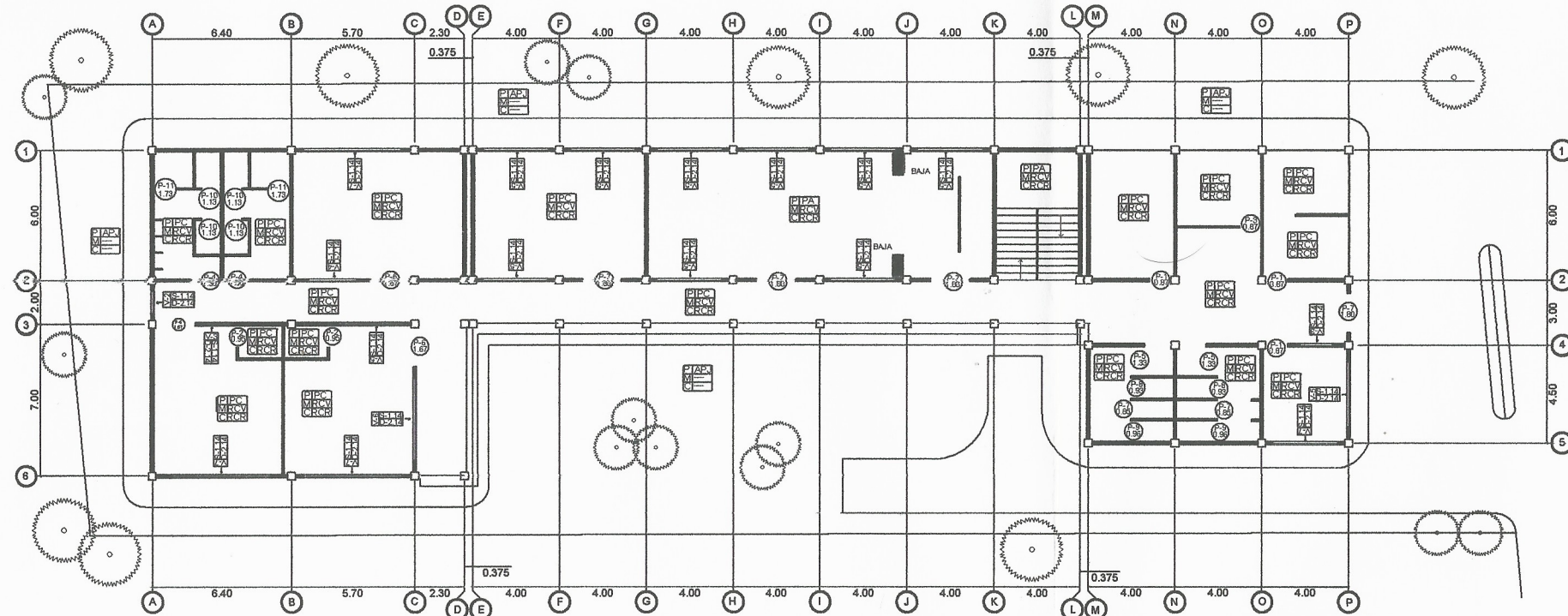
DISEÑO: MAURICIO US *Ing. Juan Merck Cos*

ACSESOR: MAURICIO US

HOJA NO. 21/22

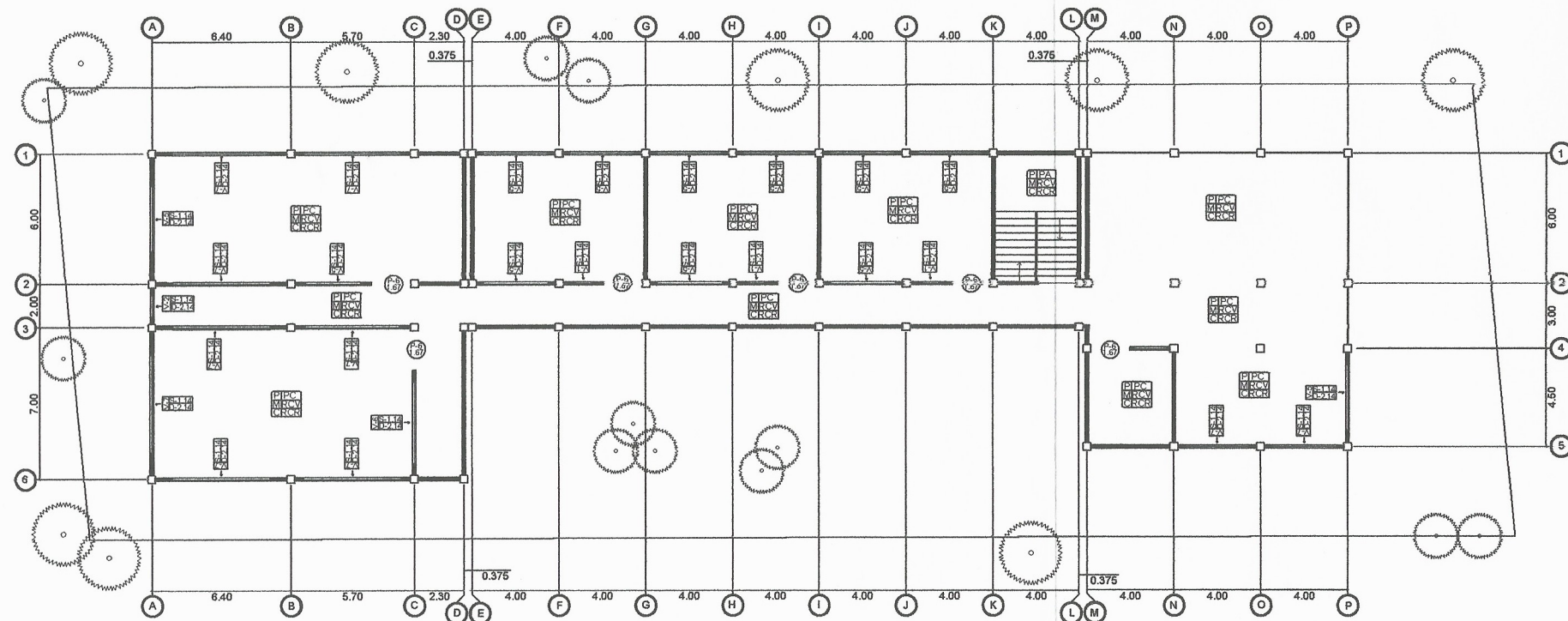
JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN
EPESISTA

JUAN MERCK COS
ASESOR SUPERVISOR



PLANTA DE ACABADOS NIVEL 1

ESCALA 1:135



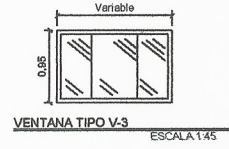
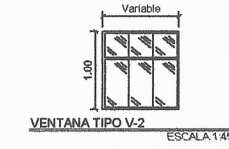
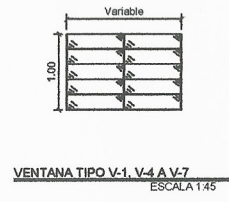
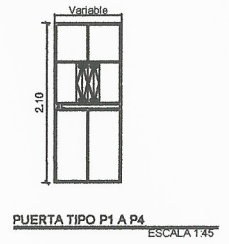
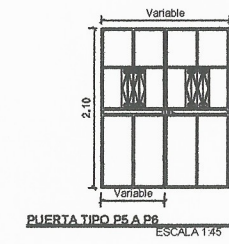
PLANTA DE ACABADOS NIVEL 2

ESCALA 1:135

PLANTILLA DE VENTANAS						
TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	
V-1	1.14	2.14	0.75	1.00	3	
V-2	1.14	2.14	1.00	1.00	2	
V-3	1.14	2.14	1.50	1.00	2	
V-4	1.14	2.14	2.25	1.00	1	
V-5	1.14	2.14	3.00	1.00	1	
V-6	1.14	2.14	3.75	1.00	2	
V-7	1.14	2.14	4.50	1.00	16	

PLANTILLA DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	CANTIDAD
P-1	0.97	2.10	METAL	3
P-2	0.95	2.10	METAL	2
P-3	1.00	2.10	METAL	1
P-4	1.30	2.10	METAL	2
P-5	1.33	2.10	METAL	2
P-6	1.67	2.10	METAL	9
P-7	1.80	2.10	METAL	3
P-8	0.95	1.55	METAL	3
P-9	0.93	1.55	METAL	2
P-10	0.98	1.55	METAL	2
P-11	1.13	1.55	METAL	2
P-11	1.73	1.55	METAL	2

NOMENCLATURA DE ACABADOS	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
(F-1)	TIPO DE PUERTA
(A-1)	ANCHO DE PUERTA
(V-1)	TIPO DE VENTANA
(A-2)	ALTO DE VENTANA
(A-3)	ALTO DE DINTEL
APJ	AREA DE PASTO Y JARDIN
PC	PISO CERAMICO
PA	PISO AL ISALDO
RCV	MURO DE REPELLO Y CERRIDO VERTICAL
RCR	CELO REPELLO Y CERRIDO REMOLINEADO




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EPS
 MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE




ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR PARA EL BARRIO LA GRUZA, CHINIQUE, QUICHÉ
 CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS
 DISEÑO: MAURICIO US ASESOR SUPERVISOR
 DIBUJO: MAURICIO US
 HOJA NO: 22/22
 FECHA: 4-2019
 JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN EPESISTA
 JUAN MÉRQ COS ASESOR SUPERVISOR

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de estudios de calidad de agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLÓGICO

O.T. No. 38784		INF. 1033 264770 No. 1033
INTERESADO: <u>JOSÉ MAURICIO US DE LEÓN</u> <small>REGISTRO ACADÉMICO 2012 12661</small>	PROYECTO: <u>EPS. "DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II, CHINIQUE, QUICHÉ"</u>	
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Chinique de las Flores</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2018-07-23, 15 h40 min.</u>	
FUENTE: <u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2018-07-24, 09 h 01 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>Chinique</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>El Quiché</u>	SABOR: <u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u>
ASPECTO: <u>Clara</u>	ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: <u>---</u>
OLOR: <u>Inodora</u>		

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	+ - - -
01,00 cm ³	+++++	+++++	+ - - +
00,10 cm ³	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		> 1 600	15


TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN II Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección). Según normas de calidad para las fuentes de agua, de las normas internacionales para el agua potable, de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Guatemala, 2018/08-10


Vo.Bo.

Ing. Pablo Cristian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC




[Signature]

Zenia Mirth Santos
 Ing. Químico Col. No. 42030
 MSc. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 2. Resultados de ensayo de compresión triaxial



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 38784		ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO		No. 10333 26
INTERESADO: JOSE MAURICIO US DE LEÓN REGISTRO ACADÉMICO 2012 12661		PROYECTO: EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL MANZANILLO II, CHINIQUE, QUICHÉ"		
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería/USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Chinique de las Flores</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2018-07-23; 15 h 40 min.</u>		
FUENTE: <u>Nacimiento</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2018-07-24; 09 h 01 min.</u>		
MUNICIPIO: <u>Chinique</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO: <u>El Quiché</u>				
RESULTADOS				
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>-- °C</u>		
2. COLOR: <u>08,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>47,10 μmhos/cm</u>		
3. TURBIEDAD: <u>02,60 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,15 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>26,00 mg/L</u>		
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS		
	mg/L		mg/L	
1. CALCIO (Ca)	03,21	6. CLORUROS (Cl ⁻)		09,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	0,009	7. MAGNESIO (Mg)		03,90
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	01,70	8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²)		00,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)		00,14
5. MANGANESO (Mn)	00,30	10. DUREZA TOTAL		24,00
HIDROXIDOS mg/L		CARBONATOS mg/L		ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00		00,00		26,00
BICARBONATOS mg/L		26,00		

OTRAS DETERMINACIONES AMONIACO 0,06 mg/l.

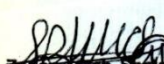
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física y química, los parámetros arriba indicados cumplen con la norma. Según normas de calidad para las Fuentes de Agua, de las Normas Internacionales para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NCO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.


Guatemala, 2018-08-10

Vo.Bo.

Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CHA/SAC



Zorán Mach Serritos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

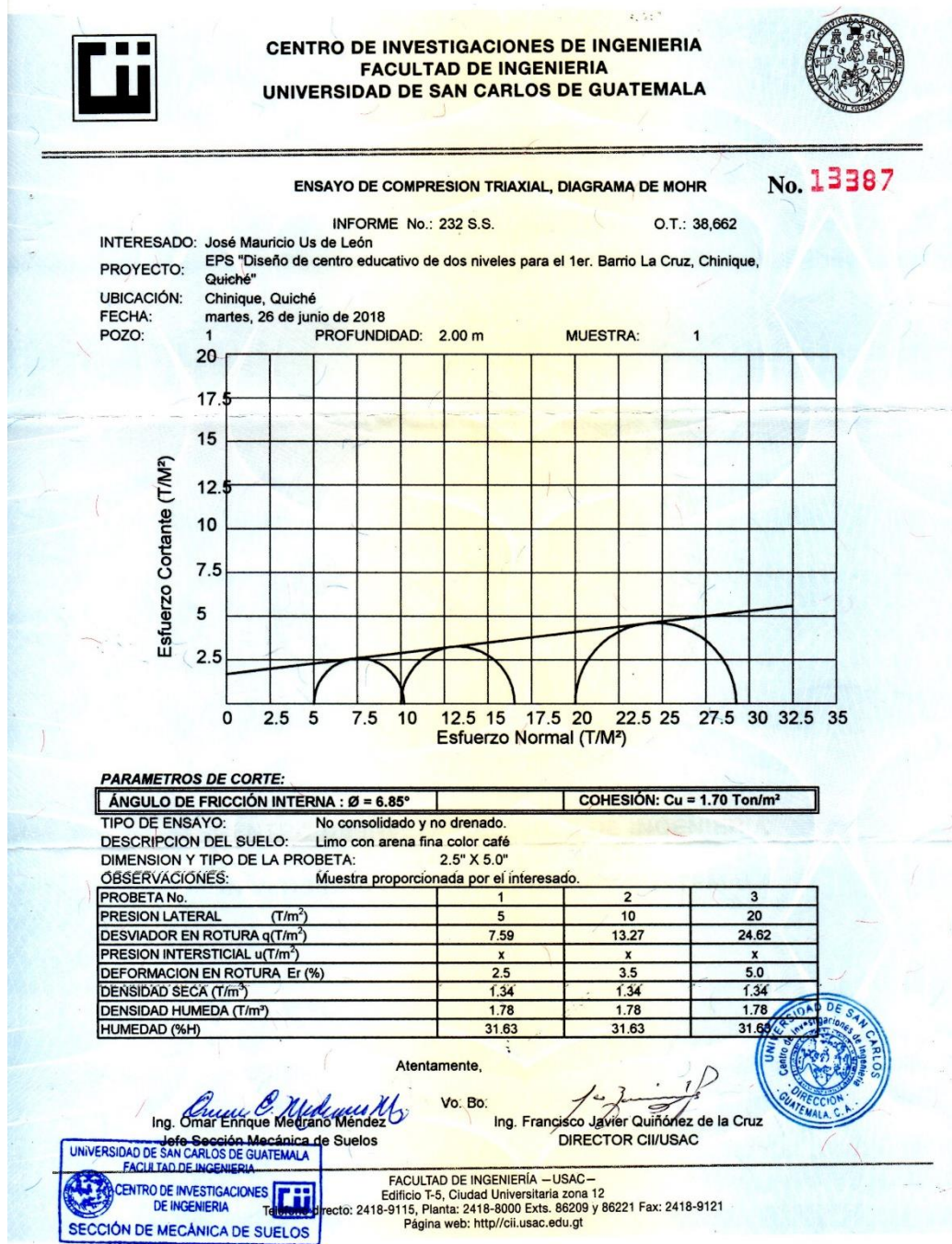


FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, USAC.

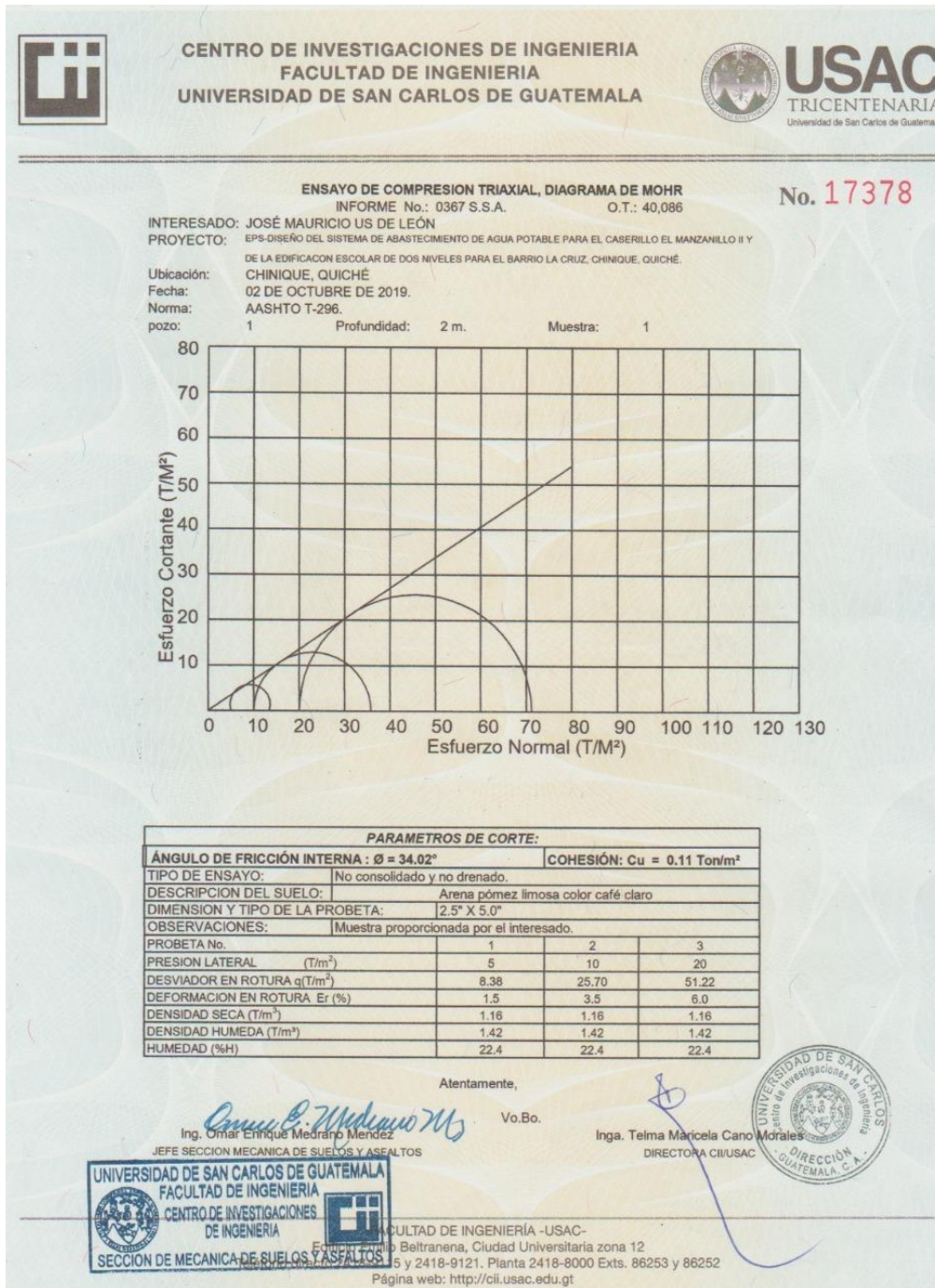
Anexo 3.

Diagramas de momentos de vigas y columnas



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 4. Diagrama de momento y corte último en vigas y columnas



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, USAC.