



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

**DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA,
CHINAUTLA, GUATEMALA**

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA,
CHINAUTLA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DILAN NOÉ JORGE ANTONIO GODOY MENCOS
ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA,
CHINAUTLA, GUATEMALA.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha febrero de 2019.

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos



Guatemala, 18 de marzo de 2020
REG.EPS.DOC.22.01.2020

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director de la Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
USAC

Estimado Ingeniero Argueta.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante universitario **Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos**, registro Académico **201314857** y CUI **2396389130101** de la Carrera de Ingeniería Civil. Procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **“DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTIN Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.”**

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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 01 de octubre de 2021
REF.EPS.D.199.10.2021

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.** Estudiante Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos, CUI 2396 38913 0101 y Registro Académico 201314857**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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



Guatemala, 12 de agosto de 2,020

Ingeniero

Pedro Antonio Aguilar Polanco

Director de Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación, **DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **DILAN NOÉ JORGE ANTONIO GODOY MENCOS**, con CUI: 2396389130101, Registro Académico 201314857, quién contó con la asesoría de el **ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA**, 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,



Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

/mrrm.

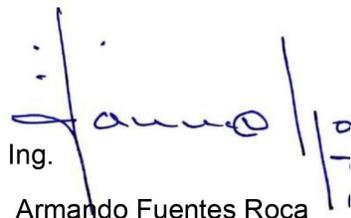
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Guatemala, 28 de septiembre 2021

EIC-DIRECCION-009-2021/afr

Señor
Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
Estudiante de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

El director de la Escuela de Ingenieros Civil, después de conocer el dictamen del Asesor **Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga** y del Revisor del Departamento de Estructuras **Ing. Jose Estuardo Galindo**, además como coordinador de estructuras, y conocer sobre el trabajo de graduación del estudiante **Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos**, titulado "DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN EN ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA", **basado en los dictámenes que anteceden** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing.

Armando Fuentes Roca

Escuela de Ingeniería Civil

Director



Guatemala, Septiembre 2021

ID Y ENSEÑAD A TODOS



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos **DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca

Director Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, noviembre 2021

/mrrm





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG.678.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA SAN MARTÍN Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos**, 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, noviembre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Nuestro creador y guía en el camino.
Mis abuelos	Alba Esperanza Contreras Días y Jorge Alberto Mencos Campos, por el apoyo, amor y confianza que tienen en mí.
Mis padres	Alba Lissette Mencos Contreras y José Feliciano Godoy Vivas (q. e. p. d.), porque sé que estarían orgullosos.
Mi mujer	Silvia Elizabeth Meza Ávila, por haberme dado el mejor regalo que tengo que es mi hija.
Mi hija	Lissette Maria Alejandra Godoy Meza, porque es la razón de que me levante cada día a esforzarme por el presente y el mañana.
Mi familia	Porque han sido parte de mi formación y cada uno ha aportado grandes cosas a mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida, además de su infinita bondad y amor.
Mis abuelos	Por guiarme por el camino correcto, por la comprensión y por el apoyo incondicional en todo momento.
Mi asesor	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por sus consejos, tiempo y asesoría durante el desarrollo del EPS.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas de esta casa de estudios y permitir convertirme en un profesional.
Unidad de EPS	Por haberme brindado su ayuda y amistad durante la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos transmitidos a través de todos los docentes que han dejado su huella para contribuir al desarrollo de mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XXIII
RESUMEN.....	XXXI
OBJETIVOS.....	XXXIII
INTRODUCCIÓN	XXXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de colonia San Martín.....	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.1.2. Límites y colindancias.....	2
1.1.1.3. Topografía	3
1.1.1.4. Clima	3
1.1.1.5. Vías de acceso	3
1.1.2. Aspectos demográficos	4
1.1.2.1. Población.....	4
1.1.2.2. Distribución de la población.....	4
1.1.3. Aspectos de infraestructura	5
1.1.3.1. Servicios públicos	5
1.1.3.2. Diseño arquitectónico de viviendas	5
1.1.3.3. Tipología de viviendas	5
1.1.4. Marco económico y social	5
1.1.4.1. Población estudiantil.....	6
1.1.4.2. Actividades culturales y deportivas.....	6

1.2.	Monografía de aldea La Laguneta	6
1.2.1.	Generalidades	6
1.2.1.1.	Ubicación geográfica	6
1.2.1.2.	Límites y colindancias	7
1.2.1.3.	Topografía	8
1.2.1.4.	Suelo	8
1.2.1.5.	Clima	8
1.2.2.	Necesidades básicas	8
1.2.2.1.	Datos de la población	9
1.2.2.2.	Datos de vivienda	9
1.2.2.3.	Datos sobre el uso del agua	9
1.2.2.4.	Disposición de aguas servidas	9
1.2.3.	Investigación sobre las necesidades prioritarias de servicios públicos en la aldea	9
2.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño De Edificio Para Escuela Primaria En La Colonia San Martín, Chinautla, Guatemala	11
2.1.1.	Topografía	11
2.1.1.1.	Planimetría	12
2.1.1.2.	Altimetría	12
2.1.2.	Investigación preliminar	12
2.1.2.1.	Normas de diseño	12
2.1.2.2.	Estudio de suelos	13
	2.1.2.2.1. Ensayo triaxial	13
2.2.	Diseño arquitectónico	16
2.2.1.	Distribución de ambientes	16
2.2.2.	Altura del edificio	24
2.2.3.	Selección del sistema estructural a utilizar	25

2.3.	Análisis estructural	25
2.3.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	25
2.3.1.1.	Columnas.....	26
2.3.1.2.	Vigas.....	28
2.3.1.3.	Losas	30
	2.3.1.3.1. Cimentación.....	35
2.3.2.	Modelos matemáticos de marcos rígidos	37
2.3.3.	Análisis de carga por AGIES	39
2.3.4.	Cargas horizontales y cargas verticales aplicadas a los marcos rígidos.....	48
2.3.5.	Análisis de marcos rígidos a través del uso de un software y comprobación por un método numérico	78
	2.3.5.1. Análisis de marcos rígidos por el método de Kani.....	78
	2.3.5.2. Análisis de marcos rígidos con el programa Etabs	108
2.3.6.	Diseño estructural.....	161
	2.3.6.1. Diseño de gradas.....	162
	2.3.6.2. Diseño de losas	181
	2.3.6.3. Diseño de vigas	209
	2.3.6.4. Diseño de columnas	222
	2.3.6.5. Diseño de la cimentación.....	250
	2.3.6.5.1. Diseño de cimiento corrido	250
	2.3.6.5.2. Diseño de zapatas.....	252
	2.3.6.6. Diseño de nudo sísmico	312
2.3.7.	Diseño de instalaciones hidráulicas y eléctricas ...	318

2.3.7.1.	Instalación de agua potable.....	318
2.3.7.2.	Instalación de drenaje sanitario.....	320
2.3.7.3.	Instalación de drenaje pluvial	321
2.3.7.4.	Instalaciones eléctricas	323
2.3.8.	Planos constructivos	324
2.3.9.	Presupuesto	325
2.3.9.1.	Materiales.....	325
2.3.9.2.	Mano de obra	325
2.3.9.3.	Herramienta, equipo y maquinaria	326
2.3.9.4.	Otros	326
2.3.10.	Análisis socioeconómico	330
2.3.10.1.	Valor presente neto (VPN)	330
2.3.10.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	330
2.3.11.	Estudio de impacto ambiental	331
2.4.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, sector a, aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala.....	333
2.4.1.	Descripción del proyecto	333
2.4.2.	Levantamiento topográfico	333
2.4.3.	Tipo de sistema a utilizar.....	334
2.4.4.	Período de diseño	334
2.4.5.	Velocidad de diseño	334
2.4.6.	Estimación de la población de diseño	334
2.4.7.	Determinación del caudal de aguas servidas.....	335
2.4.7.1.	Caudal máximo de origen doméstico (q domiciliar).....	335
2.4.7.2.	Caudal de infiltración (q infiltración) ...	336
2.4.7.3.	Caudal ilegal (q ilegal).....	337
2.4.7.4.	Caudal comercial (q comercial)	337

2.4.7.5.	Caudal industrial (q industrial)	337
2.4.8.	Tipo de tubería a utilizar	337
2.4.9.	Diseño de secciones y pendiente	340
2.4.9.1.	Velocidad.....	340
2.4.9.2.	Caudal a sección llena.....	340
2.4.9.3.	Relaciones hidráulicas.....	341
2.4.9.3.1.	Relación q / Q.....	341
2.4.9.3.2.	Relación v / V	342
2.4.9.3.3.	Relación d / D.....	342
2.4.9.4.	Tabla de relaciones de sección parcial	343
2.4.10.	Obras de arte.....	345
2.4.10.1.	Pozos de visita.....	345
2.4.10.2.	Candela domiciliar	346
2.4.11.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario	347
2.4.11.1.	Parámetros de diseño.....	347
2.4.11.2.	Diseño de PV-12 a PV-13 (Tramo Continuo)	348
2.4.11.3.	Diseño de PV-6 a PV-7 (Tubería auxiliar para conexión domiciliar, tramo inicial)	354
2.4.12.	Elaboración de planos	359
2.4.13.	Propuesta de tratamiento de aguas residuales.....	360
2.4.14.	Presupuesto.....	361
2.4.15.	Cronograma.....	363
2.4.16.	Análisis socioeconómico.....	364
2.4.16.1.	Valor presente neto	364
2.4.16.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	365
2.4.17.	Evaluación de impacto ambiental	366

CONCLUSIONES.....369
RECOMENDACIONES.....371
BIBLIOGRAFÍA.....373
APÉNDICES.....375
ANEXOS.....379

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de colonia San Martin, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala.....	2
2.	Mapa de ubicación de aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala.....	7
3.	Factores de capacidad de carga de Terzaghi	16
4.	Modelo matemático eje 2,3, módulo 1.....	38
5.	Modelo matemático eje G3, módulo 1	38
6.	Planta del techo, módulo 1	40
7.	Planta del segundo nivel, módulo 1.....	41
8.	Carga muerta distribuida en eje 2.3, módulo 1.....	46
9.	Carga viva distribuida en eje 2.3, módulo 1	46
10.	Carga muerta distribuida en eje B3, módulo 1	47
11.	Carga viva distribuida en eje B3, módulo 1	47
12.	Distribución de pesos sísmicos por nivel, módulo 1	49
13.	Ubicación de CM y CR de primero y segundo nivel, módulo 1	70
14.	Carga lateral por sismo en eje 2,3 (eje Y), módulo 1	76
15.	Carga lateral por sismo en eje G3 (eje X), módulo 1.....	76
16.	Separación entre edificios adyacentes para evitar choques	77
17.	Análisis método de Kani, CM eje 2.3 (eje Y), (kg * m), parte 1 de 3, módulo 1	90
18.	Análisis método de Kani, CM eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 2 de 3, módulo 1	91

19.	Análisis método de Kani, CM eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 3 de 3, módulo 1	92
20.	Diagrama de momentos de carga muerta eje 2,3 (eje Y), (kg * m), módulo 1	93
21.	Análisis método de Kani, CV eje 2.3 (eje Y), (kg * m), parte 1 de 3, módulo 1	94
22.	Análisis método de Kani, CV eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 2 de 3, módulo 1	95
23.	Análisis método de Kani, CV eje 2.3 (eje Y), (kg * m), parte 3 de 3, módulo 1	96
24.	Diagrama de momentos de carga viva eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1.....	97
25.	Análisis método de Kani, CS eje 2.3 (eje Y), (kg * m), parte 1 de 3, módulo 1	98
26.	Análisis método de Kani, CS eje 2.3 (eje Y), (kg * m), parte 2 de 3, módulo 1	99
27.	Análisis método de Kani, CS eje 2.3 (eje Y), (kg * m), parte 3 de 3, módulo 1	100
28.	Diagrama de momentos de carga de sismo eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1.....	101
29.	Análisis método de Kani, CM eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1.....	102
30.	Diagrama de momentos de carga muerta eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1.....	103
31.	Análisis método de Kani, CV eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1	104
32.	Diagrama de momentos de carga viva eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1.....	105
33.	Análisis método de Kani, CS eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1	106

34.	Diagrama de momentos de carga de sismo eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1	107
35.	Ventana de <i>model initialitation</i> (inicialización del modelo).....	109
36.	Ventana de <i>new model quick templates</i> (nuevo modelo de plantillas rápidas)	110
37.	Ventana de <i>grid system data</i> (datos del sistema de red)	111
38.	Ventana de <i>story data</i> (datos de los niveles)	112
39.	Figura del marco del eje G3 creado	112
40.	Ventana de <i>define materials</i> (definir materiales)	113
41.	Ventana de <i>add new material property</i> (agregar nueva propiedad de material)	114
42.	Ventana de <i>material property data</i> (datos de propiedad del material)	115
43.	Ventana de <i>CSI calculator</i> (calculadora CSI)	116
44.	Ventana de <i>add new material property</i> (agregar nueva propiedad de material)	117
45.	Ventana de <i>material property data</i> (datos de propiedad del material)	118
46.	Ventana de <i>define materials</i> (definir materiales)	118
47.	Ventana de <i>frame properties</i> (propiedades del marco)	119
48.	Ventana de <i>frame property shape type</i> (tipo de forma de propiedad de marco)	120
49.	Ventana de <i>frame section property data</i> (datos de propiedad de la sección del marco)	121
50.	Ventana de <i>property / stiffness modification factors</i> (factores de modificación de propiedad / rigidez).....	122
51.	Ventana de <i>frame section property reinforcement data</i> (datos de refuerzo de propiedades de sección de marco)	124

52.	Ventana de <i>frame property shape type</i> (tipo de forma de propiedad de marco).....	125
53.	Ventana de <i>frame section property data</i> (datos de propiedad de la sección del marco).....	126
54.	Ventana de <i>property / stiffness modification factors</i> (factores de modificación de propiedad / rigidez)	127
55.	Ventana de <i>frame section property reinforcement data</i> (datos de refuerzo de propiedades de sección de marco)	128
56.	Ventana de <i>frame properties</i> (propiedades del marco).....	128
57.	Ventana de creación de columnas del marco del eje G3.....	129
58.	Ventana de creación de vigas del marco del eje G3.....	130
59.	Ventana de <i>joint assignment - restraints</i> (asignación conjunta - restricciones)	131
60.	Figura del marco del eje G3 con sus apoyos.....	131
61.	Ventana de <i>define load patterns</i> (patrones de carga definidos).....	132
62.	Ventana de <i>frame load assignment - distributed</i> (asignación de carga del marco - distribuida)	133
63.	Cargas muertas distribuidas del marco del eje G3	134
64.	Ventana de <i>frame load assignment - point</i> (asignación de carga del marco - puntual).....	135
65.	Cargas muertas distribuidas y puntuales del marco del eje G3	136
66.	Ventana de <i>member force diagram for frames / piers / spandrels / links</i> (diagrama de fuerza de miembros para marcos / pilares / enjutas / enlaces).....	137
67.	Ventana de <i>consistent units</i> (unidades consistentes)	138
68.	Diagrama de momentos de carga muerta eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1.....	139
69.	Diagrama de momentos de carga viva eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1.....	140

70.	Ventana de <i>define load patterns</i> (patrones de carga definidos)	142
71.	Ventana de <i>joint load assignment - force</i> (asignación de carga conjunta – fuerza).....	143
72.	Cargas de sismo aplicadas al marco del eje G3	143
73.	Ventana de <i>member force diagram for frames / piers / spandrels / links</i> (diagrama de fuerza de miembros para marcos / pilares / enjutas / enlaces	145
74.	Ventana de <i>consistent units</i> (unidades consistentes).....	146
75.	Diagrama de momentos de carga de sismo eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1	146
76.	Diagrama de momentos de carga muerta eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1.....	147
77.	Diagrama de momentos de carga viva eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1	148
78.	Diagrama de momentos de carga de sismo eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1	149
79.	Envolvente de momentos, eje G3 (eje X), (kg * m)	157
80.	Envolvente de momentos, eje 2.3 (eje Y), (ton * m).....	158
81.	Cortes últimos, eje G3 (eje X), (kg * m).....	159
82.	Cortes últimos, eje 2.3 (eje Y), (kg * m).....	160
83.	Detalle de gradas	175
84.	Casos de continuidad en losas	181
85.	Planta típica de distribución de losas del entrepiso del módulo 1	182
86.	Planta típica de distribución de losas del techo del módulo 1	182
87.	Planta de momentos actuantes balanceados en el entrepiso, módulo 1	195
88.	Planta de momentos actuantes balanceados en el techo, módulo 1	196
89.	Detalle típico de armado de losa	208

90.	Diagrama de corte actuante en la viga y corte resistente del concreto	218
91.	Detalle de armado de viga principal.....	221
92.	Obtención de variables de Bresler mediante el programa JC-Diseño Concreto.....	239
93.	Detalle de armado de columna principal.....	249
94.	Detalle de cimiento corrido	252
95.	Carga y momentos de trabajo aplicados a la zapata concéntrica	254
96.	Corte simple en la zapata	262
97.	Corte punzonante en la zapata	265
98.	Momento por flexión aplicado en la zapata.....	268
99.	Detalle de zapata aislada concéntrica tipo Z-1	276
100.	Carga y momentos de trabajo aplicados a la zapata excéntrica	279
101.	Esfuerzos en el suelo debido a una columna excéntrica	282
102.	Diagrama de zapata excéntrica	284
103.	Corte simple en la zapata	296
104.	Corte punzonante en la zapata.....	299
105.	Momentos por flexión aplicados en la zapata	302
106.	Detalle de zapata aislada excéntrica tipo Z-2	311
107.	Nudo sísmico	312
108.	Cronograma de edificio para escuela primaria	329
109.	Cronograma de sistema de alcantarillado sanitario	363

TABLAS

I.	Distribución de la población por edades	4
II.	Parámetros del esfuerzo de corte	14
III.	Área mínima por educando según el tipo de ambiente.....	17
IV.	Área mínima por usuario según el tipo de ambiente.....	18

V.	Área mínima por usuario en sala de educadores.....	18
VI.	Número mínimo de artefactos sanitarios para educandos, según población.....	19
VII.	Número mínimo de artefactos sanitarios para personal administrativo, según población	19
VIII.	Relación máxima entre dimensiones por ambiente.....	21
IX.	Parámetros de puertas por ambiente.....	21
X.	Parámetros de área de circulación (corredores y escaleras)	22
XI.	Dimensionamiento de huellas y contrahuellas en gradas	23
XII.	Alturas mínimas del edificio.....	24
XIII.	Espesor mínimo de losas en una dirección, macizas no preesforzadas	31
XIV.	Cargas actuantes en las losas.	33
XV.	Cargas Vivas según tipo de ocupación o uso	39
XVI.	Cargas muertas según tipo de elemento.....	39
XVII.	Resultados de cargas distribuidas por ejes, módulo 1	45
XVIII.	Peso sísmico, carga muerta de 2do. Nivel, módulo 1	50
XIX.	Peso sísmico, carga muerta de 1er. Nivel, módulo 1	50
XX.	Factores para el análisis sísmico de la estructura.....	51
XXI.	Distribución de cortante basal por nivel, módulo 1	59
XXII.	Integración de áreas para centro geométrico de 2do. Nivel, módulo 1	60
XXIII.	Tabla resumen de centros geométricos, módulo 1	62
XXIV.	Integración de cargas para centro de masa, segundo nivel, módulo 1	63
XXV.	Integración de cargas para centro de masa, primer nivel, módulo 1	64
XXVI.	Tabla resumen de centros de masa, módulo 1	65
XXVII.	Centro de rigidez 2do. Nivel, eje “x”, módulo 1	67
XXVIII.	Centro de rigidez 2do. Nivel, eje “y”, módulo 1	68

XXIX.	Centro de rigidez 1er. Nivel, eje “x”, módulo 1	68
XXX.	Centro de rigidez 1er. Nivel, eje “y”, módulo 1	69
XXXI.	Tabla resumen de centros de rigidez, módulo 1	69
XXXII.	Tabla resumen de excentricidades directas, módulo 1	71
XXXIII.	Resumen de excentricidades accidentales, módulo 1	72
XXXIV.	Fuerzas por marco 2do. Nivel, eje “x”, módulo 1	74
XXXV.	Fuerzas por marco 2do. Nivel, eje “y”, módulo 1	74
XXXVI.	Fuerzas por marco 1er. Nivel, eje “x”, modulo 1	74
XXXVII.	Fuerzas por marco 1er. Nivel, eje “y”, módulo 1	75
XXXVIII.	Cargas horizontales aplicadas a marcos analizados, módulo 1	75
XXXIX.	Comparación de resultados obtenidos entre los ejes 1.3 y 2.3 del marco G3 con cargas de sismo, Kani - Etabs	150
XL.	Combinaciones de carga sugeridas por AGIES 2018.....	151
XLI.	Envolvente de momentos del marco 2.3 (kg * m)	151
XLII.	Envolvente de momentos del marco G3 (kg * m).....	153
XLIII.	Cortante último del marco 2.3 (kg * m)	155
XLIV.	Cortante último del marco G3 (kg * m).....	155
XLV.	Dimensionamiento de huellas y contrahuellas en gradas.	163
XLVI.	Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas	165
XLVII.	Áreas de acero a flexión mínimas en cm ²	169
XLVIII.	Número de soleras dependiendo de la relación altura / largo	180
XLIX.	Cargas actuantes en las losas	184
L.	Momentos positivos y momentos negativos (de borde continuo y de borde discontinuo) según el caso de continuidad de las losas, módulo 1	190
LI.	Balance de momentos actuantes en las losas en el sentido X, módulo 1.....	192

LII.	Balance de momentos actuantes en las losas en el sentido Y, módulo 1	193
LIII.	Áreas de acero a flexión mínimas en cm ²	197
LIV.	Áreas de acero y espaciamientos para todos los momentos aplicados en las losas, módulo 1	205
LV.	Áreas de acero requeridas por los momentos actuantes en la viga.....	214
LVI.	Cargas actuantes en las losas	223
LVII.	Momento de inercia permitida para el análisis elástico al nivel de carga mayorada	229
LVIII.	Sumatoria de rigideces de columnas y vigas que llegan al nodo del entrepiso de la columna analizada	230
LIX.	Áreas de acero a flexión mínimas en cm ²	271
LX.	Áreas de acero a flexión mínimas en cm ²	306
LXI.	Tabla de Hunter	319
LXII.	Unidades de descarga de artefactos.....	321
LXIII.	Área máxima a drenar con una bajada pluvial	322
LXIV.	Presupuesto del edificio para escuela primaria.....	326
LXV.	Diámetros de tubería.....	338
LXVI.	Anchos de zanja recomendados	339
LXVII.	Tabla de relaciones de sección parcial	343
LXVIII.	Presupuesto de alcantarillado sanitario.....	362

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura de la sección transversal del elemento.
h_i	Altura del nivel “i” sobre la base sísmica.
h_n	Altura total del edificio.
Φ	Ángulo de inclinación.
A_g	Área bruta de la sección de concreto.
A_s	Área de acero.
$A_s \text{ máx}$	Área de acero máximo.
$A_s \text{ mín}$	Área de acero mínimo.
$A_s \text{ temp}$	Área de acero por temperatura.
$A_s \text{ requerido}$	Área de acero requerido.
A_{ch}	Área de acero transversal.
A	Área de la superficie.
b	Base del elemento.
P'_t	Carga axial de trabajo.
P'_o	Carga axial pura.
$P_U \text{ Total}$	Carga axial última.
$P_C \text{ Eje } i$	Carga crítica de pandeo de Euler en el eje analizado.
$P_U \text{ Falla}$	Carga de falla.
P'_x	Carga de resistencia con excentricidad en el eje X.
P'_y	Carga de resistencia con excentricidad en el eje Y.
P'_U	Carga última que resiste la columna.
Q	Caudal a sección llena.
q diseño	Caudal de diseño.

CG	Centro de gravedad.
CM	Centro de masa.
CR	Centro de rigidez.
C	Coefficiente de cohesión del suelo.
η	Coefficiente de rugosidad de Manning.
C_s	Coefficiente sísmico de diseño.
C_{Propuesta}	Contrahuella propuesta.
I	Corriente eléctrica.
V_B	Cortante basal al límite de cedencia.
V_{máx act}	Cortante máximo actuante.
V_{máx res}	Cortante máximo resistente por el concreto.
V_{Actuante}	Cortante punzonante máximo actuante.
D_f	Desplante de la cimentación.
\emptyset barra	Diámetro de la varilla de acero.
D	Diámetro de tubería.
h_v	Diferencia entre las cotas <i>invert</i> de las tuberías que entran y cota <i>invert</i> de la tubería que sale.
L_o	Distancia de confinamiento del refuerzo transversal.
L_{o Base de la columna}	Distancia de confinamiento del refuerzo transversal en la base de la columna.
E	Esbeltez.
σ_c	Esfuerzo de compresión.
σ_T	Esfuerzo de tensión.
S_{Confinado}	Espaciamiento del refuerzo transversal confinado.
S_{máx}	Espaciamiento máximo del acero.
h_x	Espaciamiento máximo, medido de centro a centro, entre barras longitudinales soportadas lateralmente, alrededor del perímetro de la columna.
S_{mín}	Espaciamiento mínimo del acero.

S_{As} <i>requerida</i>	Espaciamiento para el área de acero requerida.
t	Espesor del elemento.
e	Excentricidad.
e <i>Accidental x-y</i>	Excentricidad accidental en el sentido analizado.
e <i>Directa x-y</i>	Excentricidad directa en el sentido analizado.
N_c, N_q, N_r	Factores de carga para la fórmula de Terzaghi.
F_{CU}	Factor de carga última.
β_d	Factor de flujo plástico del concreto.
$\delta_{Eje i}$	Factor de magnificación en el eje analizado.
R	Factor de modificación de respuesta sísmica.
λ	Factor de modificación del concreto.
Φ	Factor de reducción de resistencia del concreto.
F_s	Factor de seguridad.
V_s	Fuerza por sismo.
V_T	Fuerza por torsión.
g	Gravedad.
$H_{Propuesta}$	Huella propuesta.
I	Inercia.
Kg	Kilogramo.
a	Lado corto de la losa.
b	Lado largo de la losa.
L_u	Longitud libre de la columna.
L	Luz libre entre apoyos.
E_c	Módulo de elasticidad del concreto.
G	Módulo de rigidez.
M	Momento.
M_{Bal}	Momento balanceado.
$M_{(-)}$	Momento negativo.
$M_{(+)}$	Momento positivo.

n	Número de conexiones domiciliarias.
P	Perímetro de la losa.
n	Período de diseño.
T_α	Período fundamental de vibración.
S	Pendiente de la gradiente hidráulica.
W	Peso.
W_s	Peso de la edificación.
Y_c	Peso específico del concreto.
Y_{Suelo}	Peso específico del suelo.
d	Peralte efectivo.
b_o	Perímetro interno del área donde actúa el cortante punzonante en la zapata analizada.
P_f	Población futura.
P_o	Población inicial.
W	Potencia eléctrica.
q^{Máx}	Presión admisible máxima.
q^{Mín}	Presión admisible mínima.
q^{diseño}	Presión última de diseño.
σ	Radio de giro.
d / D, v / V	Relaciones a sección parcial y a sección llena.
β	Relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna.
m	Relación entre los lados de la losa.
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto.
f_y	Resistencia a la fluencia del refuerzo no preesforzado.
f_{yt}	Resistencia a la fluencia del refuerzo transversal.
E * I	Rigidez a la flexión de un elemento a compresión.
K_m	Rigidez del marco analizado.
K_{c Nivel i}	Rigidez del nivel i.

r	Tasa de crecimiento.
V	Tensión eléctrica.
U	Unidad.
q_d	Valor de esfuerzo límite.
Y	Valor de la gráfica.
ρ_μ	Valor de la curva.
V_{Suelo}	Valor soporte del suelo.
K'_x	Variable de Bresler en el eje X.
K'_y	Variable de Bresler en el eje Y.
V_{diseño}	Velocidad de diseño.
V	Velocidad del flujo a sección llena.

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, niples, coplas, tees, válvulas, entre otros.
Acero mínimo	Cantidad de acero que es determinada por el límite de fluencia del acero y la sección del elemento, necesaria para evitar grietas por expansión o contracción por temperatura en el concreto.
ACI 318S-14	Instituto Americano del Concreto (siglas en inglés). Comité 318: reglamento estructural para edificaciones, edición en español, año 2014.
Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de oxígeno.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Agua potable	Es aquella sanitariamente segura, además de ser inodora, incolora y agradable a los sentidos.
Aguas residuales	Son los desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua procedentes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.

Anaeróbico	Condición en la cual no se encuentra presencia de oxígeno.
Azimet	Ángulo horizontal referido a un norte magnético o arbitrario, su rango va desde 0 ° a 360 °.
Banco de marca	Punto en la altimetría cuya altura se conoce y se utilizará para determinar alturas siguientes.
Candela	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce éstas mismas, al colector del sistema de drenaje.
Carga muerta	Peso que se mantiene constante en magnitud y posición durante la vida de la estructura.
Carga viva	Peso variable, su magnitud y distribución depende del uso y la ocupación de la estructura, sus máximas intensidades a lo largo de la vida de la edificación no se conocen con precisión.
Caudal	Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, en un determinado punto de observación, en un instante dado.
Censo	Es toda la información sobre la cantidad de población, en un período de tiempo determinado la cual brinda y facilita una descripción de los cambios que ocurren con el paso del tiempo.

Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
Columna esbelta	Columna cuyas dimensiones de su sección transversal son pequeñas en comparación con su longitud, elemento sujeto a flexocompresión.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el domiciliar interior de la vivienda, hasta la candela.
Corte basal	Carga inducida para reemplazar el efecto del sismo en una edificación por fuerzas laterales equivalentes que actúan en la base de la estructura.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.
Cotas <i>Invert</i>	Son las alturas o cotas de la parte inferior de una tubería ya instalada.
Densidad de	Relación existente entre el número de viviendas por vivienda unidad de área.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Desinfección	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua mediante procesos químicos.

Desplante de la cimentación	Profundidad de la cimentación respecto de la superficie del terreno.
Dotación	Es la cantidad de agua necesaria para consumo de una persona por día.
Especificaciones	Son normas generales y técnicas de construcción con disposiciones especiales o cualquier otro documento que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.
Estribo	Refuerzo transversal empleado para absorber los esfuerzos de corte a los que está sometido un elemento estructural.
ETABS	Software utilizado para el dimensionamiento, análisis y diseño estructural de edificaciones.
Excentricidad	Es la distancia que separa al centro de masa del centro de rigidez, produce esfuerzos adicionales por torsión en la estructura.
Fluencia	Capacidad de un material de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, presenta deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original posterior a la aplicación de la carga.
INFOM	Instituto de fomento municipal.

Iteración	Repetición de una secuencia de pasos o eventos para obtener un dato certero.
Losa	Parte plana superior de un piso de concreto reforzado soportada por viguetas, vigas o columnas. Posee un espesor uniforme.
Longitud de desarrollo	Es la mínima medida longitudinal de una varilla de acero anclada al concreto, para evitar que se produzca una falla por adherencia.
Momento	Esfuerzo al que está sometido un cuerpo y es el resultado de la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Ocupación	Uso para el cual se destina una edificación o estructura.
Peralte efectivo	Distancia medida desde la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo sujeto a tensión.
Perfil	Delineación de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a puntos de control.
Peso propio	Peso del elemento estructural, integrado por el conjunto de cargas muertas que lo constituyen.

Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
Predimensionar	Procedimiento previo al cálculo del análisis estructural, indispensable para estimar las medidas de los elementos que integrarán una estructura.
Punzonamiento	Efecto producido por una fuerza que persiste sobre una superficie pequeña, obligando a penetrar en el interior del elemento o la pieza a la que pertenece.
Recubrimiento	Espesor de concreto entre una barra de refuerzo y la cara exterior de la superficie de concreto.
Rigidez	Capacidad de un elemento para no permitir la flexión debido a las cargas.
Tirante	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.
Topografía	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
Tramo	Es el comprendido entre los centros de dos pozos de visita consecutivos.
Tramo inicial	Primer tramo a diseñar o construir en un drenaje.

Valor soporte

Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.

RESUMEN

Este trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Chinautla. Tiene como objetivo fundamental, proporcionar soluciones técnicas a las necesidades reales de la población.

Está dividido en dos fases: la primera es la fase de investigación, en la cual se realizó un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de las comunidades y la segunda fase denominada servicio técnico profesional, contiene el diseño de edificio para escuela primaria en la colonia San Martín, Chinautla, Guatemala y el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, sector A, aldea la Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala, los proyectos fueron seleccionados con base en el diagnóstico practicado conjuntamente con autoridades municipales y pobladores beneficiarios.

El edificio para escuela primaria cuenta con un área de obra gris de 1 451,16 m² en total, de los cuales 262,52 m² conforman los servicios sanitarios, 59,16 m² los módulos de gradas, y el resto está distribuida entre aulas, talleres, administración, cocina, conserjería, vestidores, aula de proyecciones, pasillos y guardianía, y el sistema de alcantarillado sanitario cuenta con pozos de visita, colectores y una longitud de 996,86 metros lineales.

El proyecto de diseño de escuela primaria se hizo tomando en cuenta las consideraciones sísmicas vigentes, estipuladas en las Normas NSE 2018 del AGIES y el código ACI 318S-14 y el proyecto de diseño de alcantarillado sanitario

se realizó tomando en cuenta las Normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM.

OBJETIVOS

General

Diseñar un edificio para escuela primaria en la colonia San Martín y sistema de alcantarillado sanitario sector A, aldea la Laguneta, Chinautla, Guatemala.

Específicos

1. Diseñar un edificio sismorresistente para escuela primaria con áreas óptimas para el desarrollo estudiantil, por el método de marcos rígidos y las losas por el método 3 del ACI.
2. Brindar oportunidades de formación académica a la población infantil a través de un edificio para escuela primaria.
3. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario de acuerdo a los principios hidráulicos y las normas INFOM-UNEPAR.

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se muestran las etapas de planificación y diseño de los proyectos: Diseño de edificio para escuela primaria en la colonia San Martín, Chinautla, Guatemala y el Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, sector A, aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala.

El primero se realiza para brindar educación a la población infantil de la colonia San Martín y colonias aledañas y contribuir a la prevención de la violencia y el delito, el edificio tiene la capacidad para atender a la población y contar con áreas recreativas adecuadas para incentivar a los estudiantes a ir a la escuela y no desertar de la misma y el segundo proyecto se realiza para evacuar de manera adecuada sus aguas servidas del sector A, aldea La Laguneta y contribuir al saneamiento ambiental del área, evitando la contaminación por aguas servidas, guiándolas hacia su respectiva planta de tratamiento para que sean asistidas correctamente, teniendo una aldea para poder vivir con los requerimientos que el ser humano necesita en su día a día.

Para el cumplimiento de lo anteriormente descrito el estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, en representación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se compromete con la formulación de proyectos de infraestructura social, que sean de interés y beneficio para la comunidad a la que se le brinda apoyo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de colonia San Martín

A continuación, en los siguientes incisos se describe la monografía de la colonia San Martín.

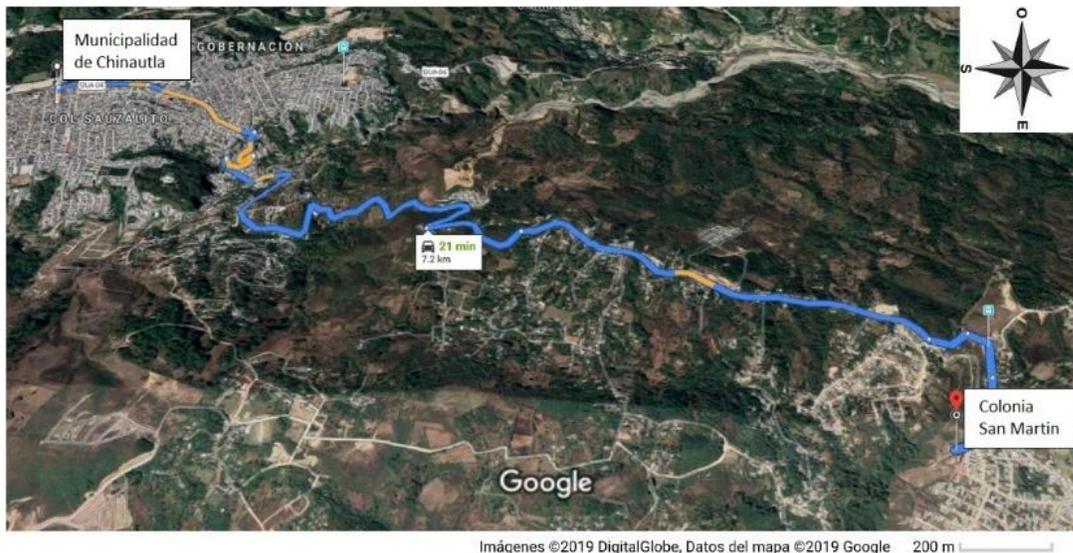
1.1.1. Generalidades

En los siguientes incisos se describen algunos aspectos geográficos de la colonia San Martín.

1.1.1.1. Ubicación geográfica

La colonia San Martín se encuentra ubicada en la región 1 (metropolitana) del país, en el departamento de Guatemala, dista de la municipalidad de Chinautla 7,20 Km. y de la ciudad capital 13,80 Km.

Figura 1. **Mapa de ubicación de colonia San Martín, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

- Ubicación colonia San Martín, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala: 14 °43'04.24"N 90 °28'02.25"O elev 1 561,00 msnm
- Ubicación Escuela Oficial Rural Mixta No. 910: 14 °42'58.08N 90 °28'05.93"O elev 1 557,00 msnm

1.1.1.2. Límites y colindancias

La colonia en cuestión colinda al norte con la aldea Tres Sabanas, municipio de Chinautla, al sur con la aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, al este con la aldea Labor Vieja, municipio San Pedro Ayampuc y limita al oeste con el río Las Vacas.

1.1.1.3. Topografía

La topografía de la colonia San Martín en general es llana y fuertemente ondulada por lo que sus pendientes en la mayoría de los tramos son de hasta un 16 %.

1.1.1.4. Clima

La estación del INSIVUMEH más cercana al proyecto es la de San Pedro Ayampuc, en la cual se obtuvieron los siguientes datos de clima que se dan durante el año:

- Temperatura: Mínima: 9,25 ° Máxima: 32,64 °
- Lluvia: Mínima: 0,00 mm Máxima: 39,80 mm
- Humedad relativa: Mínima: 0,32 % Máxima: 1,37 %
- Velocidad del viento: Mínima: 0,55 $\frac{\text{Km}}{\text{h}}$ Máxima: 21,73 $\frac{\text{Km}}{\text{h}}$

1.1.1.5. Vías de acceso

Para poder llegar a la colonia San Martín se cuenta con varias entradas:

- De la cabecera departamental de Guatemala: 13,70 Km.
- De la cabecera municipal de Chinautla: 7,20 Km.
- De la cabecera municipal de San Pedro Ayampuc: 11,50 Km.

Las rutas de acceso para llegar a la colonia San Martín desde la cabecera departamental de Guatemala y cabecera municipal de Chinautla están asfaltadas y la ruta de acceso desde la cabecera municipal de San Pedro Ayampuc es de terracería, transitables para vehículos automotores.

1.1.2. Aspectos demográficos

Estos aspectos son todos aquellos los que abarcan con los individuos que viven en la colonia San Martín.

1.1.2.1. Población

La colonia San Martín cuenta con una población de 5 249 habitantes.

1.1.2.2. Distribución de la población

En la tabla I, se puede observar la división de porcentajes de la población en relación con la edad.

Tabla I. **Distribución de la población por edades**

Edad (años)	Porcentaje	Población (No. habitantes)
0 a 4	12,1 %	635
5 a 9	12,1 %	635
10 a 14	11,2 %	588
15 a 19	10,0 %	524
20 a 24	10,5 %	551
25 a 29	8,5 %	446
30 a 34	7,3 %	383
35 a 39	6,1 %	320
40 y más	22,2 %	1 167
Total	100,0 %	5 249

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

1.1.3. Aspectos de infraestructura

En los siguientes incisos se describe la infraestructura que se encuentra en la colonia San Martín.

1.1.3.1. Servicios públicos

La colonia cuenta con los siguientes servicios básicos: abastecimiento de agua potable, energía eléctrica, drenajes, radio, cable, teléfono y rutas de acceso de asfalto.

1.1.3.2. Diseño arquitectónico de viviendas

La colonia posee viviendas construidas de muros de block pómez y losa de concreto en su mayoría que satisfacen las necesidades básicas de protección, un reducido sector cuenta con viviendas construidas a base de adobe y techo de lámina de zinc.

1.1.3.3. Tipología de viviendas

Las viviendas de la colonia San Martín son en su mayoría unifamiliares debido a que son ocupadas por una sola familia, las viviendas están distribuidas de forma continua y en un bajo porcentaje están distribuidas de forma pareada.

1.1.4. Marco económico y social

Es de gran importancia mencionar el marco económico y social, debido a que de acá es que se realizará el estudio de factibilidad y retorno del proyecto de alcantarillado sanitario.

1.1.4.1. Población estudiantil

La colonia San Martín tiene una demanda estudiantil a nivel de educación primaria de 826 personas a 20 años.

1.1.4.2. Actividades culturales y deportivas

La colonia San Martín cuenta con las siguientes actividades culturales y deportivas: santo patrono Niño de Atocha (La procesión se hace con la imagen la Virgen de Concepción debido a que por tradición arraigada el Niño de Atocha no debe moverse del altar de la iglesia), día de los Fieles Difuntos, Navidad, Semana Santa y actividades deportivas en los centros educativos durante el año.

1.2. Monografía de aldea La Laguneta

En los siguientes incisos se describe la monografía de la aldea La Laguneta.

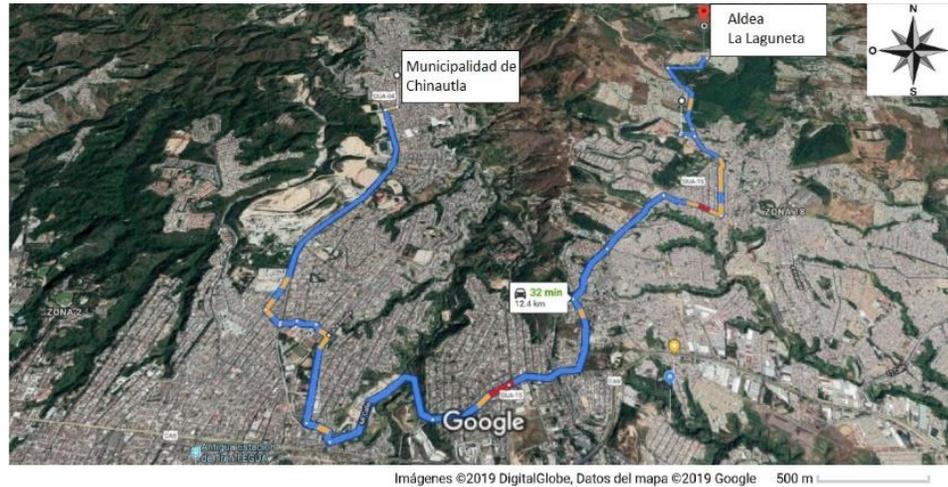
1.2.1. Generalidades

Estas abarcan varios aspectos entre los cuales se pueden mencionar los siguientes.

1.2.1.1. Ubicación geográfica

La aldea La Laguneta se encuentra ubicada en la región 1 (metropolitana) del país, en el departamento de Guatemala, dista de la municipalidad de Chinautla 12,40 Km. y de la ciudad capital 13,70 Km.

Figura 2. **Mapa de ubicación de aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

- Ubicación aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala: 14 °41'51,67"N 90 °27'39,07"O elev 1 507,00 msnm
- Ubicación Sistema de alcantarillado sector A: 14 °41'13,05N 90 °27'33,11"O elev 1 478,00 msnm

1.2.1.2. Límites y colindancias

La aldea en cuestión colinda al norte con la colonia San Martín, municipio de Chinautla, al oeste con la aldea Cumbre del Guayabo, municipio de Chinautla, al sur con la colonia El Rosario, zona 18, departamento de Guatemala, al este con la colonia Canaan, zona 18, departamento de Guatemala.

1.2.1.3. Topografía

La topografía de la aldea La Laguneta en general es ligeramente empinada y fuertemente ondulada por lo que sus pendientes en la mayoría de los tramos son de hasta un 16 % y en algunos tramos alcanza pendientes de hasta un 25 %.

1.2.1.4. Suelo

El suelo de la aldea contiene material orgánico en las áreas montañosas y en el resto del área contiene poco material orgánico, es un suelo limo-arenoso color café oscuro, debido a la altura de la aldea de 1 507,00 msnm no tiene contacto con el nivel freático.

1.2.1.5. Clima

La aldea cuenta con un clima cálido, esto se debe a la altura sobre el nivel del mar que es de 1 507,00 m. la temperatura durante el año oscila entre 12,1 a 31,2 grados centígrados, presenta fuertes lluvias durante el invierno debido a las montañas que la rodean, tiene dos estaciones durante el año, invierno y verano, la estación meteorológica más cercana está ubicada en el municipio de San Pedro Ayampuc.

1.2.2. Necesidades básicas

En los siguientes subíndices se describen las necesidades de la aldea La Laguneta, las cuales son necesarias describirlas para la elaboración de los proyectos.

1.2.2.1. Datos de la población

La aldea La Laguneta cuenta con una población de 5 009 habitantes.

1.2.2.2. Datos de vivienda

Las edificaciones del lugar, están construidas en un 50 % de muros de block, 30 % muros de adobe y 20 % muros de ladrillo tayuyo, los techos son en un 60 % de lámina galvanizada y el 40 % restante de losa de concreto.

1.2.2.3. Datos sobre el uso del agua

La población de la aldea La Laguneta cuenta con servicio de abastecimiento de agua potable en su totalidad.

1.2.2.4. Disposición de aguas servidas

La aldea La Laguneta actualmente cuenta en un 75 % con un sistema de alcantarillado sanitario el cual carece de una planta de tratamiento de aguas residuales.

1.2.3. Investigación sobre las necesidades prioritarias de servicios públicos en la aldea

- Saneamiento ambiental: las aguas residuales corren a flor de tierra en algunas partes de la aldea, provocando enfermedades y contaminación.
- Mejoramiento y mantenimiento de caminos vecinales: en algunas partes de la aldea no se cuenta con pavimento asfáltico por lo que son de terracería y causan inconvenientes en época de invierno.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de Edificio para Escuela Primaria En La Colonia San Martín, Chinautla, Guatemala

El proyecto consiste en el diseño de un edificio de dos niveles para utilizarlo como escuela primaria en el área rural, el edificio estará dividido en área educativa, área administrativa, área de servicio y área de circulación.

El sistema estructural del edificio se estableció según la norma AGIES NSE-3-2018, tabla 1,6.14-1, el cual es un sistema tipo E1 de marcos de concreto reforzados resistentes a momento con ductilidad alta, (vigas y columnas de concreto reforzado, losas de concreto armado, muros de relleno con block pómez para separar los ambientes, piso cerámico, puertas de metal y de aluminio con vidrio, ventanas con marcos de metal y balcones).

La filosofía de diseño utilizada fue la LRFD, por sus siglas en inglés, Diseño por factores de carga y resistencia.

2.1.1. Topografía

Es la ciencia que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.

2.1.1.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

2.1.1.2. Altimetría

La altimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto a un plano de referencia. Por medio de la altimetría se logra representar el relieve del terreno o eje de la poligonal abierta.

2.1.2. Investigación preliminar

Se presentan a continuación las normas de diseño a utilizar en el edificio de dos niveles de la escuela primaria tanto para el diseño arquitectónico como para el diseño estructural y el estudio de suelo realizado con anticipación para el diseño de la cimentación del edificio.

2.1.2.1. Normas de diseño

Para el diseño del edificio para escuela primaria se utilizaron las siguientes normas:

- Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales, 2016.

- Requisitos de reglamento para concreto estructural del Instituto Americano del Concreto ACI 318S-14.
- Normas de seguridad estructural para Guatemala de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES 2018.
 - NSE-1-2018
 - NSE-2-2018
 - NSE-3-2018

2.1.2.2. Estudio de suelos

Para cualquier obra de ingeniería civil es fundamental la realización de un estudio de suelos, ya que este permite conocer sus propiedades físicas, mecánicas, composición estratigráfica y la profundidad donde se ubican los mantos freáticos si existieran.

Para el diseño estructural de edificios, el estudio de suelos determinará la capacidad máxima que acepta el suelo y si este es capaz de soportar tanto las cargas verticales de la estructura, como las cargas laterales impuestas por un evento sísmico.

Con los resultados obtenidos del estudio, se determinará el tipo de cimentación a utilizar y la profundidad necesaria de la cimentación, con el objetivo de lograr un soporte óptimo y económico para la estructura.

2.1.2.2.1. Ensayo triaxial

Para el ensayo de compresión triaxial, que es del tipo no consolidado y no drenado, se analizó una muestra inalterada de suelo de 1 pie cúbico de volumen, a una profundidad de 1,00 metros. Según la caracterización de la muestra, el

suelo es arena limosa color café claro, que posee los siguientes parámetros del esfuerzo de corte (ver anexo 1).

Tabla II. **Parámetros del esfuerzo de corte**

Parámetros del esfuerzo de corte	
Descripción del suelo	Arena limosa café claro
Ángulo de fricción interna	$\phi = 33,5^\circ$
Cohesión	$C = 0,39 \text{ ton} / \text{m}^2$
Peso específico del suelo	$\gamma_{\text{Suelo}} = 1,69 \text{ ton} / \text{m}^3$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para calcular la capacidad de carga máxima del suelo se procederá a utilizar la ecuación modificada del Dr. Karl Terzagui para cimentación cuadrada indicada en DAS, Braja M. Principios de Ingeniería de Cimentaciones p. 159, ecuación 3.7, determinando los factores de carga que se utilizarán en la ecuación, empleando el ángulo de fricción interna del suelo obtenido del ensayo triaxial indicado en la tabla II y asociándolo con la figura 3, obteniendo los siguientes valores: $N_c = 48,09$, $N_q = 32,23$ y $N_\gamma = 31,94$, se propone usar una profundidad de desplante de 1,50 metros:

$$q_d = 1,3 * C * N_c + \gamma_{\text{Suelo}} * D_f * N_q + 0,4 * \gamma_{\text{Suelo}} * B * N_\gamma$$

Donde:

q_d = valor de esfuerzo límite (ton / m²).

N_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión.

N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga.

N_γ = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo.

C = coeficiente de cohesión del suelo (ton / m²).

γ_{Suelo} = peso específico del suelo (ton / m³).

D_f = desplante de cimentación (m).

B = base de la cimentación (1,00 m) (m).

$$q_d = 1,3 * C * N_c + \gamma_{Suelo} * D_f * N_q + 0,4 * \gamma_{Suelo} * B * N_\gamma$$

$$q_d = 1,3 * 0,39 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 48,09 + 1,69 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 1,50 \text{ m} * 32,23 + 0,4 * 1,69 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} *$$

$$1,00 \text{ m} * 31,94$$

$$q_d = 127,68 \text{ ton / m}^2$$

Para determinar el valor soporte del suelo se hace uso de la siguiente ecuación indicada en DAS, Braja M. Principios de Ingeniería de Cimentaciones p. 164, ecuación 3.17, el factor de seguridad puede variar entre 3 y 4 debido a la variabilidad del suelo, al tipo y al número reducido de ensayos.

$$V_{Suelo} = \frac{q_d}{F_s},$$

Donde:

V_{Suelo} = valor soporte del suelo (ton / m²).

q_d = valor de esfuerzo límite (ton / m²).

F_s = factor de seguridad.

$$V_{Suelo} = \frac{q_d}{F_s}$$

$$V_{Suelo} = \frac{127,68 \text{ ton / m}^2}{4}$$

$$V_{Suelo} = 31,92 \text{ ton / m}^2$$

Figura 3. Factores de capacidad de carga de Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

Fuente: DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 158.

2.2. Diseño arquitectónico

Para el diseño arquitectónico del edificio se utilizó la normativa: Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales, del Ministerio de Educación, correspondiente al año 2016.

2.2.1. Distribución de ambientes

La escuela cuenta con área educativa (6 aulas, 1 aula de artes plásticas, 1 aula de música, 1 laboratorio de computación, 1 laboratorio de ciencias naturales, 2 talleres de productividad y desarrollo, 1 aula de proyecciones), área administrativa (dirección / subdirección, consultorio médico, sala para

educadores, archivo y bodega, orientación vocacional, contabilidad, sala de espera), área de servicio (servicios sanitarios, vestidores, cocina, conserjería, guardianía, cuarto de máquinas) y áreas de circulación (2 módulos de gradas y pasillos).

A continuación, se muestran varias tablas con parámetros correspondientes al nivel primario.

Según el manual de criterios normativos del Ministerio de Educación las áreas mínimas por persona según el tipo de ambiente son las siguientes:

Tabla III. **Área mínima por educando según el tipo de ambiente.**

Área educativa (capacidad máxima por ambiente 40 educandos)	
Ambiente	Área mínima (m²)
Aulas de nivel primario (primario a sexto)	1,50
Aula de proyecciones (nivel primario)	1,50
Expresión artística (artes plásticas, nivel primario, básico y medio)	1,50
Expresión artística (música, nivel primario, básico y medio)	1,20
Tecnologías de información y comunicación (nivel primario y básico)	2,40
Taller de productividad y desarrollo 1 (nivel primario, básico y medio)	2,40
Taller de productividad y desarrollo 2 (nivel primario, básico y medio)	2,40
Laboratorio de ciencias naturales (nivel primario y medio)	2,60

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla IV. **Área mínima por usuario según el tipo de ambiente**

Área administrativa		
Ambiente	Área mínima por usuario (m²)	Capacidad máxima de usuarios por ambiente
Dirección / subdirección	2,00	6
Consultorio médico	2,75	4
Orientación vocacional	2,50	4
Contabilidad	2,50	4
Oficinas de apoyo	5,00	**
** Varía de acuerdo con la máxima población de educandos que se prevé atender en el centro educativo.		

Fuente: Ministerio de Educación. *Manual de criterio normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.* p. 107.

Tabla V. **Área mínima por usuario en sala de educadores**

Área administrativa, sala de educadores	
Número de usuarios	Área mínima (m²)
Para 4	3,00
De 5 a 8	2,50
De 9 a 12	2,00
De 13 a 25	1,65
De 26 a más	1,55

Fuente: Ministerio de Educación. *Manual de criterio normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.* p. 107.

Tabla VI. **Número mínimo de artefactos sanitarios para educandos, según población**

Artefacto sanitario	Número base de artefactos para un máximo de 60 usuarios	Incremento de artefactos, cuando superamos el No. base	
Lavamanos	2	1 por cada 20 mujeres	1 por cada 20 hombres
Inodoro	2	1 por cada 40 mujeres	1 por cada 20 hombres
Mingitorio	2	1 por cada 80 hombres	1 por cada 20 hombres
Bebedero	2	1 por cada 60 mujeres	1 por cada 60 hombres
Ducha	2	1 por cada 80 mujeres	1 por cada 80 hombres

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla VII. **Número mínimo de artefactos sanitarios para personal administrativo, según población**

Artefacto sanitario	Número base de artefactos para un máximo de 20 usuarios	Incremento de artefactos, cuando superamos el No. base	
Lavamanos	1	1 por cada 10 mujeres	1 por cada 15 hombres
Inodoro	1	1 por cada 10 mujeres	1 por cada 15 hombres
Mingitorio	1	1 por cada 15 hombres	
Ducha	1	1 por cada 10 mujeres	1 por cada 15 hombres

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Las dimensiones mínimas para cada inodoro son de 0,90 metros de ancho por 1,20 metros de largo y para cada ducha son de 0,80 metros por 0,80 metros, para ambos se debe incluir el área de abatimiento de las puertas hacia afuera (con un ancho mínimo de 0,60 metros e instaladas de 0,20 a 0,30 metros sobre el nivel de piso terminado) la cual no debe obstruir la circulación ni considerarse parte de ella; para los lavamanos y los mingitorios se debe considerar el área de cada uno de los artefactos y la separación entre ellos.

Los vestidores deberán contar con 2 lavamanos y 2 inodoros.

Para inodoros de personas con discapacidad las dimensiones mínimas deberán ser 1,70 metros por 1,70 metros más el área de abatimiento de las puertas hacia afuera, la cual no debe obstruir la circulación ni considerarse parte de ella.

Para el cálculo del área total de los servicios sanitarios se debe considerar el espacio para uso de los artefactos y circulación.

En los casos que queden espacios inutilizables se deberán de modular los artefactos para que las áreas utilizadas sean uniformes y se aprovechen de manera adecuada.

Según la normativa del Ministerio de Educación los ambientes deben tener una forma cuadrada o rectangular por ello no deben exceder las siguientes relaciones en sus dimensiones:

Tabla VIII. **Relación máxima entre dimensiones por ambiente.**

Ambiente	Relación
Área educativa (aulas)	1: 1,5
Área administrativa	1: 1,5
Área educativa (talleres)	1: 2
Área de servicio	1: 1,5
Servicios sanitarios y vestidores	Variable
Área de circulación	No aplica
Jardines	No aplica
Cancha	No aplica

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Según el Ministerio de Educación las puertas deben cumplir con una altura mínima de 2,10 metros y con los siguientes parámetros según el tipo de ambiente:

Tabla IX. **Parámetros de puertas por ambiente.**

Ambiente	Número de hojas (unidad)	Ancho de puerta (m)	Ángulo de abatimiento
Área educativa (aulas y talleres)	1 o 2	1,20	180 ° hacia el exterior
Área administrativa	1	1,00	90 °, hacia el interior
Área de servicio	1	Variable	Variable

Fuente: elaboración propia, empleado Microsoft Excel 365.

En el caso de ser de dos hojas, la que abre primero deberá tener un ancho mínimo de 1,20 m; las puertas a 180 ° deben abatir hacia el exterior en el sentido del flujo de la circulación externa; deberá contarse con puerta en los extremos anterior y posterior de los laboratorios y talleres.

Tabla X. **Parámetros de área de circulación (corredores y escaleras)**

Núm. De educandos (en el elemento)	Ancho mínimo de pasillos	Escaleras	
		Núm. De escaleras	Ancho
40	1,7	1	1,1
80	1,9	1	1,3
120	2,1	1	1,5
160	2,3	1	1,7
200	2,5	1	1,9
240	2,7	2	1,1
280	2,9	2	1,3
320	3,1	2	1,5
360	3,3	2	1,7
400	3,5	2	1,9

Fuente: Ministerio de Educación. *Manual de criterio normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.* p. 119.

Basado en los parámetros de área de circulación se utilizó un ancho de pasillos de 3,50 metros en el primer nivel y de 1,70 metros en el segundo nivel.

Tabla XI. **Dimensionamiento de huellas y contrahuellas en gradas**

Nivel de educación		Huella mínima (m)	Contrahuella máxima (m)
Pre primario y primario		0,25	0,15
Medio	Básico	0,30	0,20
	Diversificado		

Fuente: Ministerio de Educación. *Manual de criterio normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.* p. 119.

Debido a que es una escuela de educación primaria y basado en la tabla anterior se utilizaron huellas de 33,50 centímetros y contrahuellas de 14,00 centímetros, colocando un total de 14 huellas entre descansos.

La longitud mínima del descanso será de 1,10 m. La distancia vertical máxima entre descansos será de 16 huellas. Los tramos de escalera entre descansos deben ser rectos.

El ancho útil de las escaleras debe ser igual o mayor al ancho de los pasillos de la planta a la que sirven.

La distancia máxima entre la puerta más alejada del módulo hasta las escaleras debe ser igual o menor que 30,00 m.

Se recomienda construir, como mínimo, un módulo de escaleras por cada 200 educandos, por planta. Si el número de educandos excede esta cantidad, se requiere construir los módulos de gradas necesarios.

Todas las escaleras deben contar con un descanso del mismo ancho de la escalera a la mitad del desarrollo de la misma.

Para la construcción de rampas de acceso no deben exceder una pendiente máxima del 8 % cuando su desarrollo sea de hasta 2,00 m. Cuando requieran un desarrollo mayor, su pendiente irá disminuyendo hasta llegar al 6 % en 8,00 m, con descansos horizontales de un largo libre mínimo de 1,50 m. Las rampas deben contar con bordillos laterales de 0,05 m de altura. Los cambios de dirección deben efectuarse por medio de descansos horizontales.

2.2.2. Altura del edificio

Según manual del Ministerio de Educación los ambientes deberán cumplir con las siguientes alturas mínimas:

Tabla XII. **Alturas mínimas del edificio**

Ambiente	Altura mínima (metros)	
	Clima frío	Clima templado / cálido
Área educativa	2,80	3,20
Talleres	3,60	4,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La escuela se encuentra ubicada en un área con clima templado y debido a que todos los ambientes están reunidos en un mismo edificio se definió una altura por nivel de 4,30 metros, de nivel de piso terminado hasta el punto más bajo de la estructura cubierta.

2.2.3. Selección del sistema estructural a utilizar

Para la elección del tipo de sistema estructural a utilizar se tomaron en cuenta factores como resistencia, economía, funcionalidad, estética, materiales disponibles en el lugar y el proceso constructivo de la obra. El sistema seleccionado comprendió el tipo estructural, las formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución. Para este caso se eligió un sistema estructural según la norma AGIES NSE-3-2018, tabla 1.6.14-1, el cual es un sistema tipo E1 de marcos (vigas y columnas) de concreto reforzado resistente a momento con ductilidad alta.

2.3. Análisis estructural

El análisis estructural considera principalmente los efectos producidos por las fuerzas que actúan sobre el sistema estructural en estudio y determina las condiciones que deben cumplir cada una de las diferentes partes de este sistema, de manera que puedan desempeñarse de manera óptima para soportar dichas fuerzas. El equilibrio del sistema estructural debe ser estable, las partes que componen dicho sistema deberán ser de un material que impida su ruptura o deterioro y sus materiales no deberán forzarse a ser llevados por encima de la resistencia límite cuando sean aplicadas las diferentes fuerzas. Para el análisis estructural se utilizó el método Kani y los resultados obtenidos se compararon con los resultados obtenidos en el programa para el análisis de estructuras Etabs.

2.3.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

El predimensionamiento de una estructura consiste en obtener las medidas preliminares de los elementos estructurales, los cuales se encargarán de soportar todas las fuerzas actuantes sobre el edificio para escuela primaria.

Para el predimensionamiento de los elementos estructurales se aplicó los métodos del ACI 318S-14, los cuales se detallan a continuación:

2.3.1.1. Columnas

A continuación, se procederá a predimensionar la columna crítica, la cual pertenece al módulo 1, empleando los siguientes criterios, los cuales se aplicarán en el siguiente orden:

- El método que se basa en el área tributaria y la carga aplicada a la columna más crítica para obtener sus dimensiones, empleando la ecuación de carga última según ACI 318S-14, sección 5.3, tabla 5.3.1.
 - Los criterios sugeridos por el ACI 318S-14, sección 18.7.2,1, incisos (a) y (b), los cuales indican lo siguiente:
 - (a) La dimensión mínima de la sección transversal de una columna, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico debe ser al menos 30,00 cm.
 - (b) La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular debe ser al menos 0,40.
 - Se recomienda utilizar el criterio sugerido por la experiencia de algunos ingenieros estructurales, en el cual un edificio sismo resistente debe tener al menos una sección transversal de 30,00 cm en el primer nivel y debe aumentar 10,00 cm por cada nivel adicional.

$$P_U = 1,2 P_M + 1,6 P_V + 0,50 * P_{V\text{Techo}}; \text{ según ACI 318S-14, sección 5.3, tabla 5.3.1}$$

Donde:

P_U = carga última (kg).

P_V = cargas vivas de servicio (kg).

P_M = cargas muertas de servicio (kg).

$P_{V\ Techo}$ = cargas vivas de servicio del techo (kg).

$$P = 0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s; \text{ ACI 318S-14, sección 22.4.2.2}$$

$$1 \% A_g \leq A_s \leq 8 \% A_g; \text{ según ACI 318S-14, sección 10.6.1.1}$$

Donde:

P_U = carga última aplicada a la columna (kg).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

A_g = área bruta de la sección de concreto de la columna (cm²).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

A_s = área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción de la columna crítica (cm²).

$$A_{\text{Tributaria 2do. Nivel}} = 23,04 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Tributaria Techo}} = 46,07 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{Losa 2do. Nivel}} = 23,04 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg} / \text{ m}^3 = 4\ 976,64 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Losa techo}} = 46,07 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg} / \text{ m}^3 = 9\ 951,12 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Vigas principales}} = (0,70 * 0,35 * 23,55) \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg} / \text{ m}^3 = 13\ 847,40 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Vigas secundarias}} = (0,30 * 0,15 * 19,44) \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg} / \text{ m}^3 = 2\ 099,52 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Columna}} = 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 10,10 \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg} / \text{ m}^3 = 3\ 878,40 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Muros 2do Nivel}} = 9,72 \text{ m} * 4,30 \text{ m} * 200 \text{ kg} / \text{ m}^2 = 8\ 359,20 \text{ kg}$$

$$P_{\text{SC 2do Nivel}} = 23,04 \text{ m}^2 * 120 \text{ kg} / \text{ m}^2 = 2\ 764,80 \text{ kg}$$

$$P_{\text{SC Techo}} = 46,07 \text{ m}^2 * 120 \text{ kg} / \text{ m}^2 = \underline{5\ 528,40 \text{ kg}}$$

$$\Sigma P_M = 51\ 405,48 \text{ kg}$$

$$P_{Viva} = 23,04 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg / m}^2 = 4 608,00 \text{ kg}$$

$$P_{Viva Techo} = 46,07 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg / m}^2 = 4 607,00 \text{ kg}$$

$$P_U = 1,2 P_M + 1,6 P_V + 0,50 * P_{V Techo}$$

$$P_U = 1,2 * (51 405,48 \text{ kg}) + 1,6 * (4 608,00 \text{ kg}) + 0,5 * (4 607,00 \text{ kg})$$

$$P_U = 71 362,88 \text{ kg}$$

$$P_U = 0,85 * f_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s$$

$$71 362,88 \text{ kg} = 0,85 * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * (A_g - 0,01 * A_g) + 4 200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,01 * A_g$$

$$A_g = 263,02 \text{ cm}^2$$

Considerando el criterio del inciso (a), el área de la sección transversal de la columna queda muy pequeña, y considerando los criterios de los incisos (b) y (c) y que el edificio tendrá 2 niveles, se propone una sección de 40,00 cm * 40,00 cm, la cual tiene un área de 1 600,00 cm² y cumple con los 3 criterios sugeridos.

Se utilizarán columnas de 0,40 m * 0,40 m.

2.3.1.2. Vigas

A continuación, se procederá predimensionar la viga crítica, la cual pertenece al módulo 1, empleando los siguientes criterios:

- Se recomienda utilizar el criterio sugerido por la experiencia de algunos ingenieros estructurales, en el cual la altura de una viga principal se puede estimar que es el 8,00 por ciento de la luz a cubrir y el 6,00 por ciento para vigas secundarias.

- El criterio sugerido por el ACI 318S-14, sección 18.6.2, el cual indica que la luz libre del elemento L no debe ser menor que 4 veces el peralte de la viga ($L > 4 d_{Viga}$).

$$h_{Viga} = \% * L$$

$$b_{Viga\ principal} = \frac{h_{Viga}}{2}$$

$$(L > 4 d_{Viga});$$

Donde:

h_{Viga} = altura de la viga (m).

% = 8,00 % para vigas principales y 6,00 % para vigas secundarias.

L = luz entre apoyos (m).

b_{Viga} = base de la viga (m).

d_{Viga} = peralte de la viga (m).

Por razones de simetría se calcula la viga con la luz más crítica a continuación:

$$h_{Viga} = \% * L$$

$$h_{Viga\ principal} = 0,08 * 7,80\ m$$

$$h_{Viga\ principal} = 0,62\ m$$

$$h_{Viga\ principal} = 0,70\ m$$

$$b_{Viga\ principal} = \frac{h_{Viga}}{2}$$

$$b_{Viga\ principal} = \frac{0,70\ m}{2}$$

$$b_{Viga\ principal} = 0,35\ m$$

$$L > 4 d_{Viga}$$

$$7,80\ m > 4 * 0,66\ m$$

7,80 m > 2,64 m; Cumple.

$$h_{Viga\ secundaria} = 0,06 * 4,44\ m$$

$$h_{Viga\ secundaria} = 0,27\ m$$

$$h_{Viga\ secundaria} = 0,30\ m$$

$$b_{Viga\ secundaria} = \frac{h\ Viga}{2}$$

$$b_{Viga\ secundaria} = \frac{0,30\ m}{2}$$

$$b_{Viga\ secundaria} = 0,15\ m$$

Se utilizarán vigas principales con una base de 0,35 m y una altura de 0,70 m en los 2 niveles.

Se utilizarán vigas secundarias con una base de 0,15 m y una altura de 0,30 m en los 2 niveles.

2.3.1.3. Losas

Para el edificio en diseño se utilizan las dimensiones de la losa de mayor tamaño por módulo, para ejemplificar se muestra el predimensionamiento de la losa para el módulo 1, el tipo de losas a utilizar es el de losas planas apoyadas sobre vigas, para su predimensionamiento se debe clasificar si la losa trabajará en una o dos direcciones, para ello se debe utilizar la siguiente expresión, la cual está en función de la relación que existe entre el lado corto y el lado largo de la losa.

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

si $m < 0,50$, trabaja en una dirección

si $m \geq 0,50$, trabaja en dos direcciones;

Donde:

m = relación entre los lados de la losa.

a = lado corto de la losa (m).

b = lado largo de la losa (m).

Nota: todas las losas del módulo 1 trabajan en dos direcciones.

- Para el predimensionamiento de losas que trabajan en una dirección, se recomienda utilizar los criterios sugeridos por el ACI 318S-14, sección 7.3.1, tabla 7.3.1,1, en los cuales se deben conocer los tipos de apoyos y las dimensiones:

Tabla XIII. **Espesor mínimo de losas en una dirección, macizas no preesforzadas**

Tipo de apoyo	Espesor mínimo
Simplemente apoyadas	$L / 20$
Con un extremo continuo	$L / 24$
Ambos extremos continuos	$L / 28$
En voladizo	$L / 10$

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318S-14*. p. 92.

$$t_{Losa} = \frac{L}{x}; \text{ en una dirección, ver tabla XIII;}$$

Donde:

t_{Losa} = espesor de losa (m).

- L = longitud de losa (m).
- x = factor aplicado según el tipo de apoyo.

- Para el predimensionamiento de losas que trabajan en dos direcciones se recomienda utilizar el criterio sugerido por la experiencia de algunos ingenieros estructurales, el cual consiste en utilizar la siguiente ecuación:

$$t_{Losa} = \frac{P}{180}; \text{ en dos direcciones};$$

Donde:

- t_{Losa} = espesor de losa (m).
- P = perímetro de la losa (m).

Todas las losas del módulo 1 trabajan en dos direcciones, se encuentran apoyadas en los 4 lados y tienen diferentes medidas, por lo que a continuación se utilizará la ecuación de losas en dos direcciones para calcular el espesor mínimo de la losa crítica:

$$t_{Losa \text{ crítica}} = \frac{4,44+4,44+3,85+3,85}{180}$$

$$t_{Losa \text{ crítica}} = 0,09 \text{ m}$$

- Las losas deben resistir esfuerzo debido al corte producido por cargas vivas y muertas aplicadas, por lo que se procede a verificar si el espesor de las losas diseñadas cumple con el corte máximo resistente ($V_{m\acute{a}x \text{ res}}$) sugerido en el ACI 318S-14, sección 22.5.5.1, modificado con base en el apéndice B, fila 22.5.5.1.

- Para el cálculo de las cargas últimas de diseño se deben tomar en cuenta las cargas muertas (peso propio de la losa y peso de sobrecarga y acabados) y las cargas vivas, las cuales se aplican a las losas según el tipo de uso que se les den, las cuales están indicadas en la norma NSE-2-2018, sección 3,7, tabla 3.7.1-1, del AGIES.

Las cargas serán mayoradas según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 5.3.1, tabla 5.3.1.

Tabla XIV. **Cargas actuantes en las losas.**

$C_{M\ Losa}$	
$P_{P\ Losa}$	216,00 kg / m ²
$P_{Sobrecarga\ y\ acabados}$	120,00 kg / m ²
P_{Muros}	200,00 kg / m ²
$C_{V\ Losa}$	
Aulas y baños	200,00 kg / m ²
Pasillos y escaleras	500,00 kg / m ²
Azoteas sin acceso	100,00 kg / m ²

Fuente: AGIES. NSE-2. Demandas estructurales y condiciones de sitio. p. 33-35.

$$C_{U\ Losa} = 1,2 * C_{M\ Losa} + 1,6 * C_{V\ Losa};$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = \frac{C_U * L_a}{2}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w * d_{Losa}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el espesor de las losas diseñadas es adecuado.

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} > V_{m\acute{a}x\ res}$; se debe aumentar el espesor de las losas diseñadas.

Donde:

$C_{U\ Losa}$ = carga última de diseño de la losa analizada (kg / m²).

$C_{M\ Losa}$ = cargas muertas de la losa analizada (kg / m²).

$C_{V\ Losa}$ = carga viva aplicada a la losa analizada (kg / m²).

C_U = carga última aplicada a la losa crítica (kg / m).

L_a = lado corto de la losa crítica (m).

$V_{máx\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la losa crítica (kg).

$V_{máx\ act}$ = cortante máximo actuante en la losa crítica analizada (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

$f'c$ = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

bw = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).

d_{Losa} = peralte efectivo de las losas analizadas (cm).

$$C_{M\ Losa, pasillos} = P_{P\ Losa} + P_{Sobrecarga\ y\ acabados} + P_{Muros}$$

$$C_{M\ Losa, pasillos} = 216,00\ kg / m^2 + 120,00\ kg / m^2 + 200,00\ kg / m^2$$

$$C_{M\ Losa, pasillos} = 536,00\ kg / m^2$$

$$C_{MU\ Losa, pasillos} = 1,2 * C_{M\ Losa, pasillos}$$

$$C_{MU\ Losa, pasillos} = 1,2 * 536,00\ kg / m^2$$

$$C_{MU\ Losa, pasillos} = 643,20\ kg / m^2$$

$$C_{VU\ Losa, pasillos} = 1,6 * C_{V\ Losa, pasillos}$$

$$C_{VU\ Losa, pasillos} = 1,6 * 500,00\ kg / m^2$$

$$C_{VU\ Losa, pasillos} = 800,00\ kg / m^2$$

$$C_{U\text{ Losa, pasillos}} = 1,2 * C_{M\text{ Losa, pasillos}} + 1,6 * C_{V\text{ Losa, pasillos}}$$

$$C_{U\text{ Losa, pasillos}} = 643,20 \text{ kg / m}^2 + 800,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{U\text{ Losa, pasillos}} = 1\ 443,20 \text{ kg / m}^2$$

$$V_{\text{máx act}} = \frac{CU * La}{2}$$

$$V_{\text{máx act}} = \frac{1\ 443,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 3,85 \text{ m}}{2}$$

$$V_{\text{máx act}} = 2\ 778,16 \text{ kg}$$

$$V_{\text{máx res}} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{\text{Losa}}$$

$$V_{\text{máx res}} = 0,75 * 0,53 * 1,00 * \sqrt[2]{280} \text{ kg / cm}^2 * 100 \text{ cm} * 6,52 \text{ cm}$$

$$V_{\text{máx res}} = 4\ 336,74 \text{ kg}$$

Si, $V_{\text{máx act}} \leq V_{\text{máx res}}$; el espesor de las losas diseñadas es adecuado.

$$2\ 778,16 \text{ kg} \leq 4\ 336,74 \text{ kg}.$$

Las losas si cumplen con el chequeo por corte.

Se utilizará un espesor de losa de 0,09 m en los 2 niveles.

2.3.1.3.1. Cimentación

Se procederá a predimensionar la cimentación crítica, la cual pertenece al módulo 1, empleando para ello los resultados obtenidos del predimensionamiento de la columna y del valor soporte del suelo, los tipos de cimentaciones a utilizar en el edificio serán zapatas cuadradas aisladas concéntricas y excéntricas.

Para el predimensionamiento se utilizarán los siguientes criterios, los cuales se aplicarán en el siguiente orden:

- Los criterios sugeridos por el ACI 318S-14, sección 13.3.1, los cuales indican lo siguiente:
 - El área mínima de la base de la cimentación debe calcularse a partir de las fuerzas y momentos no mayorados transmitidos por la cimentación al suelo o roca y de la capacidad portante admisible definida con base en principios de mecánica de suelos o de rocas.
 - La altura total de la cimentación debe seleccionarse de manera tal que la altura efectiva del refuerzo inferior sea al menos 15,00 cm.
 - El criterio sugerido por el ACI 318S-14, sección 20.6.1.3.1, tabla 20.6.1.3.1, el cual indica que el espesor mínimo del recubrimiento para los cimientos es de 7,50 cm.

$$A_{Zapata} = \frac{P_{U\ Zapata}}{V_{Suelo}}$$

$$b_{Zapata} = \sqrt{A_{Zapata}}$$

$$h_{Zapata} = d_{Zapata} + \text{Recubrimiento};$$

Donde:

A_{Zapata} = área de la zapata (m²).

$P_{U\ Zapata}$ = carga axial última aplicada a la zapata (kg).

V_{Suelo} = valor soporte del suelo (kg / m²).

b_{Zapata} = base de la zapata (m).

h_{Zapata} = altura de la zapata (m).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata (m).

$$A_{Zapata} = \frac{P_{U\ Zapata}}{V_{Suelo}}$$

$$A_{Zapata} = \frac{71\ 362,88\ \text{kg}}{(31,92 * 1\ 000) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}$$

$$A_{Zapata} = 2,24\ \text{m}^2$$

$$b_{Zapata} = \sqrt{AZapata}$$

$$b_{Zapata} = \sqrt{2,24 \text{ m}^2}$$

$$b_{Zapata} = 1,50 \text{ m}$$

$$h_{Zapata} = d_{Zapata} + \text{Recubrimiento}$$

$$h_{Zapata} = 0,15 \text{ m} + 0,08 \text{ m}$$

$$h_{Zapata} = 0,23 \text{ m}$$

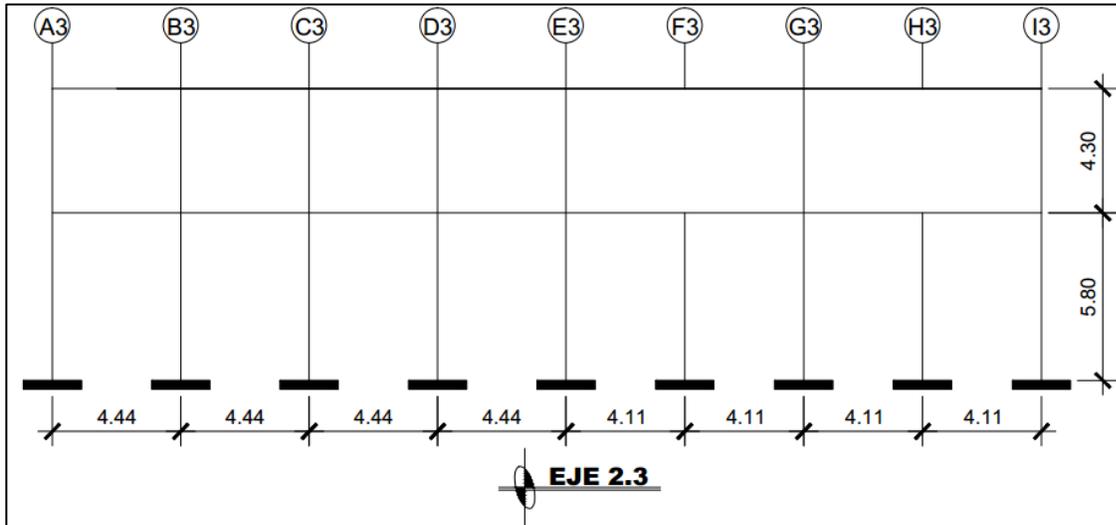
$$h_{Zapata} = 0,25 \text{ m}$$

Se utilizarán zapatas cuadradas aisladas con una base 1,50 m y una altura de 0,25 m.

2.3.2. Modelos matemáticos de marcos rígidos

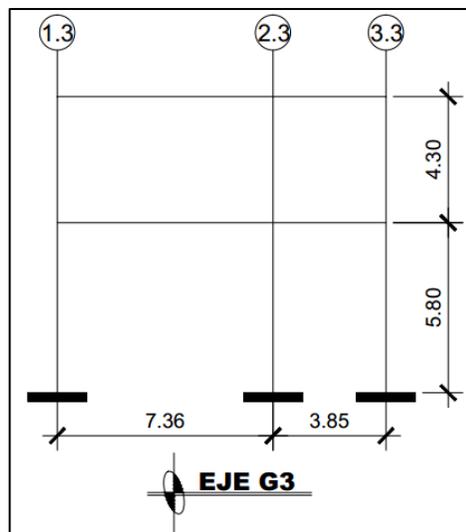
A continuación, se presentan los modelos matemáticos del módulo 1, los cuales se utilizarán como base para calcular las cargas distribuidas según las demandas estructurales y condiciones de sitio NSE-2-2018 del AGIES (inciso 2,1.4,2 de este informe) y las cargas horizontales y cargas verticales aplicadas a los marcos rígidos empleando el método de carga sísmica estática equivalente NSE-3-2018 del AGIES (inciso 2.1.4.4 de este informe):

Figura 4. **Modelo matemático eje 2,3, módulo 1.**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 5. **Modelo matemático eje G3, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.3. Análisis de carga por AGIES

A continuación, se integran las cargas distribuidas como se indica en Paola A. Paredes Ruiz, Guía teórica y práctica del curso de Diseño Estructural, p. 24-26, tomando en cuenta para ello las áreas tributarias de cada marco crítico analizado y los valores de cargas distribuidas descritos en las demandas estructurales y condiciones de sitio NSE-2-2018 de las normas de seguridad estructural para Guatemala de AGIES.

Para ejemplificar el análisis, se considera la similitud en geometría y en magnitud de las cargas aplicadas; por lo tanto, los modelos matemáticos están formados por los marcos críticos de la edificación en sentido X como en el sentido Y del módulo 1.

Tabla XV. **Cargas Vivas según tipo de ocupación o uso**

Tipo de ocupación o uso	Carga distribuida (kg / m²)
Aulas educativas	200
Pasillo y escaleras educativos	500
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100

Fuente: AGIES. NSE-2. *Demandas estructurales y condiciones de sitio*. p. 33-35.

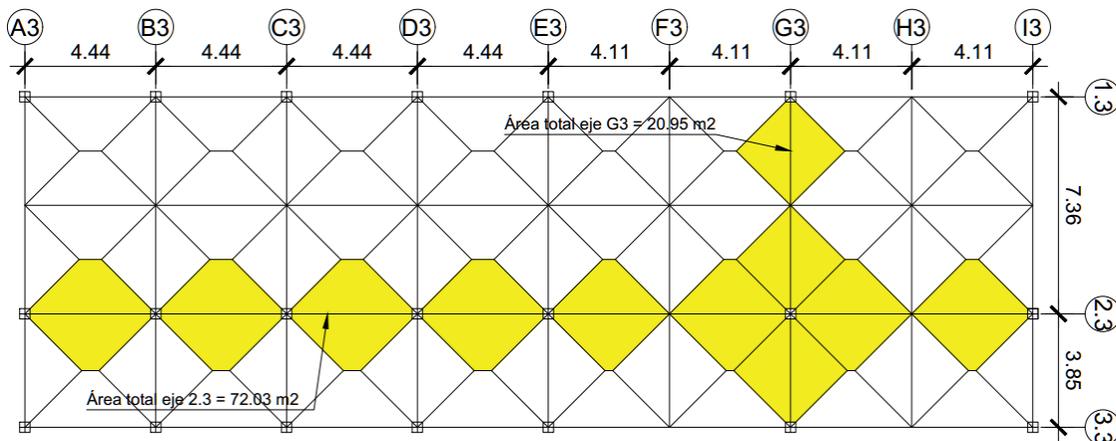
Tabla XVI. **Cargas muertas según tipo de elemento**

Tipo de elemento	Carga distribuida (kg / m²)
Muros de block pómez con acabados	200
Sobrecarga y acabados de piso	120

Fuente: AGIES. NSE-2. *Demandas estructurales y condiciones de sitio*. p. 33-35.

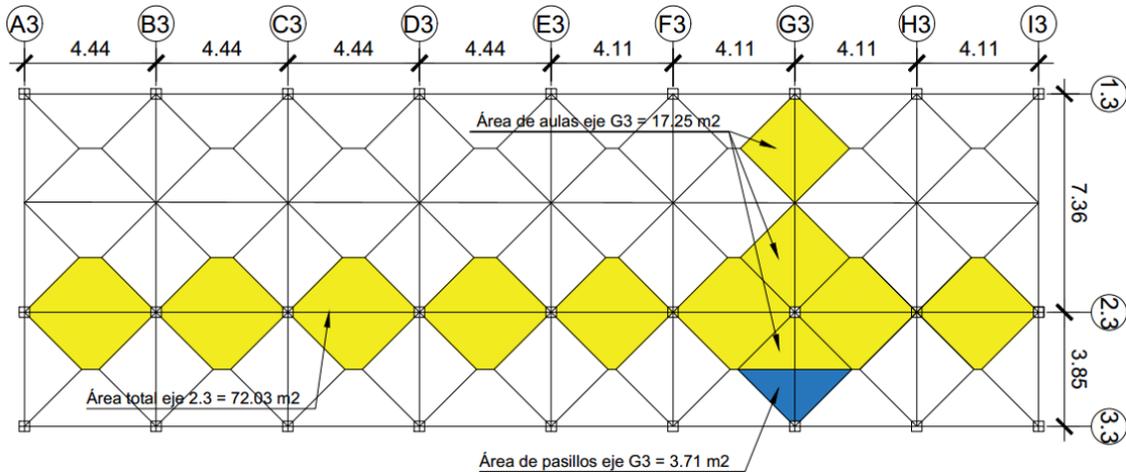
t Losa	= 0,09 m
Columnas	= 0,40 m * 0,40 m
Vigas principales	= 0,35 m * 0,70 m
Vigas secundarias	= 0,15 m * 0,30 m
W viva aulas	= 200 kg / m ²
W viva pasillos	= 500 kg / m ²
W viva techo sin acceso	= 100 kg / m ²
W Sobrecarga y acabados	= 120 kg / m ²
W Muros	= 200 kg / m ²
W Concreto	= 2 400 kg / m ³

Figura 6. **Planta del techo, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 7. Planta del segundo nivel, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Eje 2,3, techo:

$$A \text{ Tributaria de techo en eje 2,3} = 72,03 \text{ m}^2$$

$$L \text{ Eje 2,3} = 34,20 \text{ m}$$

$$\text{Losa} = \frac{72,03 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = 454,93 \text{ kg / ml}$$

$$\text{SC} = \frac{72,03 \text{ m}^2 * 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = 252,74 \text{ kg / ml}$$

$$\text{Vigas} = (0,70 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,35 \text{ m} * 2400 \text{ kg / m}^3 = 512,40 \text{ kg / ml}$$

$$\Sigma C_M = 1220,07 \text{ kg / ml}$$

$$C_V \text{ techo} = \frac{72,03 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = 210,61 \text{ kg / ml}$$

$$C_M \text{ techo eje 2,3} = 1\,220,07 \text{ kg / ml}$$

$$C_V \text{ techo eje 2,3} = 210,61 \text{ kg / ml}$$

- Eje 2,3, segundo nivel:

$$A \text{ Tributaria de aulas en eje 2,3} = 72,03 \text{ m}^2$$

$$L \text{ Eje 2,3} = 34,20 \text{ m}$$

$$\text{Losa} = \frac{72,03 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = 454,93 \text{ kg / ml}$$

$$\text{SC} = \frac{72,03 \text{ m}^2 * 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = 252,74 \text{ kg / ml}$$

$$\text{Vigas} = (0,70 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,35 \text{ m} * 2400 \text{ kg / m}^3 = 512,40 \text{ kg / ml}$$

$$\text{Muros} = \frac{78,95 \text{ m} * 4,30 \text{ m} * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = \underline{1\,985,29 \text{ kg / ml}}$$

$$\Sigma C_M = 3\,205,36 \text{ kg / ml}$$

$$C_V \text{ aulas} = \frac{72,03 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{34,20 \text{ m}} = 421,23 \text{ kg / ml}$$

$$C_M \text{ 2do. Nivel eje 2,3} = 3\,205,36 \text{ kg / ml}$$

$$C_V \text{ 2do. Nivel eje 2,3} = 421,23 \text{ kg / ml}$$

- Eje G3, techo:

$$A \text{ Tributaria de techo en eje G3} = 20,95 \text{ m}^2$$

$$L \text{ Eje G3} = 11,21 \text{ m}$$

$$\text{Losa} = \frac{20,95 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = 403,68 \text{ kg / ml}$$

$$\text{SC} = \frac{20,95 \text{ m}^2 * 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = 224,26 \text{ kg / ml}$$

$$\text{Vigas} = (0,70 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,35 \text{ m} * 2 400 \text{ kg} / \text{m}^3 = \underline{512,40 \text{ kg} / \text{ml}}$$

$$\Sigma C_M = 1 140,34 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_V \text{ techo} = \frac{20,95 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = 186,89 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_M \text{ techo eje G3} = 1 140,34 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_V \text{ techo eje G3} = 186,89 \text{ kg} / \text{ml}$$

- Eje G3, segundo nivel:

$$A \text{ Tributaria de aulas en eje G3} = 17,25 \text{ m}^2$$

$$A \text{ Tributaria de pasillos en eje G3} = 3,71 \text{ m}^2$$

$$L \text{ Eje G3} = 11,21 \text{ m}$$

$$\text{Losa} = \frac{20,96 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = 403,87 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$SC = \frac{20,96 \text{ m}^2 * 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = 224,37 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$\text{Vigas} = (0,70 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,35 \text{ m} * 2 400 \text{ kg} / \text{m}^3 = 512,40 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$\text{Muros} = \frac{13,32 \text{ m} * 4,30 \text{ m} * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = \underline{1 021,87 \text{ kg} / \text{ml}}$$

$$\Sigma C_M = 2 162,51 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_V \text{ aulas} = \frac{17,25 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = 307,76 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_V \text{ pasillos} = \frac{3,71 \text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{11,21 \text{ m}} = \underline{165,48 \text{ kg} / \text{ml}}$$

$$\Sigma C_M = 473,24 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_M \text{ 2do. Nivel eje G3} = 2 162,51 \text{ kg} / \text{ml}$$

$$C_V \text{ 2do. Nivel eje G3} = 473,24 \text{ kg} / \text{ml}$$

Las vigas secundarias se encuentran conectadas entre vigas principales por lo que trabajan como carga puntual sobre las vigas principales; se procede a calcular su carga para añadirla a los modelos matemáticos de los marcos.

- Eje 2,3, techo:

$$P_M \text{ Viga secundaria} = \frac{(0,30 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,15 \text{ m} * 11,21 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = 423,74 \text{ kg}$$

$$P_M \text{ Losa} = \frac{20,95 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = \underline{2\,262,60 \text{ kg}}$$

$$\Sigma P_M = 2\,686,34 \text{ kg}$$

$$P_V \text{ techo Viga secundaria} = \frac{20,95 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{2} = 1\,047,50 \text{ kg}$$

$$P_M \text{ Viga secundaria en techo eje 2,3} = 2\,686,34 \text{ kg}$$

$$P_V \text{ Viga secundaria en techo eje 2,3} = 1\,047,50 \text{ kg}$$

- Eje B3, techo:

$$P_M \text{ Viga secundaria} = \frac{(0,30 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,15 \text{ m} * 16,44 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = 621,43 \text{ kg}$$

$$P_M \text{ Losa} = \frac{33,40 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = \underline{3\,607,20 \text{ kg}}$$

$$\Sigma P_M = 4\,228,63 \text{ kg}$$

$$P_V \text{ techo} = \frac{33,40 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{2} = 1\,670,00 \text{ kg}$$

$$P_M \text{ Viga secundaria en techo eje B3} = 4\,228,63 \text{ kg}$$

$$P_V \text{ Viga secundaria en techo eje B3} = 1\,670,00 \text{ kg}$$

- Eje B3 2do. Nivel:

$$P_M \text{ Viga secundaria} = \frac{(0,30 \text{ m} - 0,09 \text{ m}) * 0,15 \text{ m} * 16,44 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = 621,43 \text{ kg}$$

$$P_M \text{ Losa} = \frac{33,40 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = \underline{3\,607,20 \text{ kg}}$$

$$\Sigma P_M = 4\,228,63 \text{ kg}$$

$$P_V \text{ Aulas} = \frac{33,40 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{2} = 3\,340,00 \text{ kg}$$

$$P_M \text{ Viga secundaria 2do. Nivel eje B3} = 4\,228,63 \text{ kg}$$

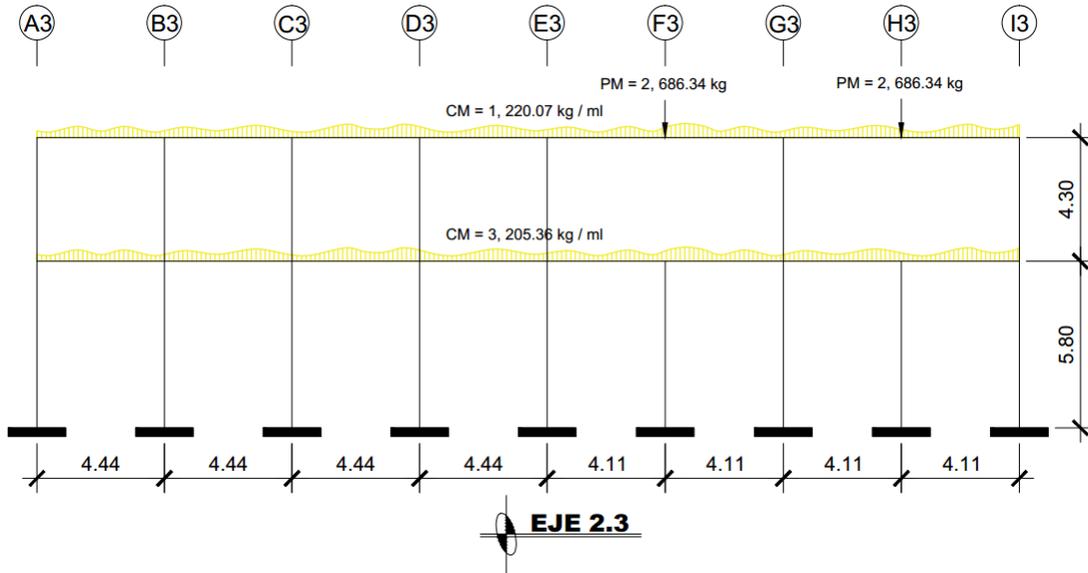
$$P_V \text{ Viga secundaria 2do. Nivel eje B3} = 3\,340,00 \text{ kg}$$

Tabla XVII. **Resultados de cargas distribuidas por ejes, módulo 1**

Nivel	CM	CV	CM	CV
	kg / ml	kg / ml	kg / ml	kg / ml
	Eje 2,3		Eje G3	
Techo	1 220,07	210,61	1 140,34	186,89
2do. Nivel	3 205,36	421,23	2 162,51	473,24

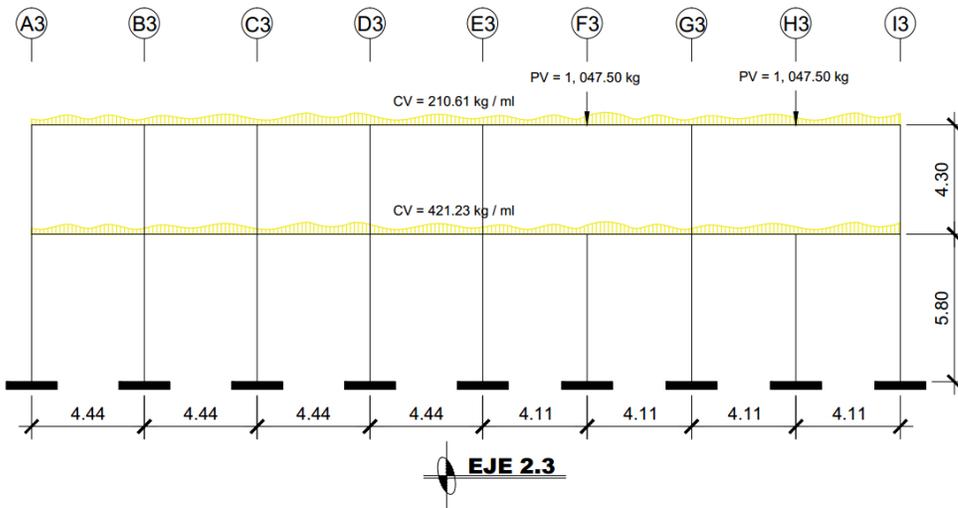
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 8. Carga muerta distribuida en eje 2.3, módulo 1



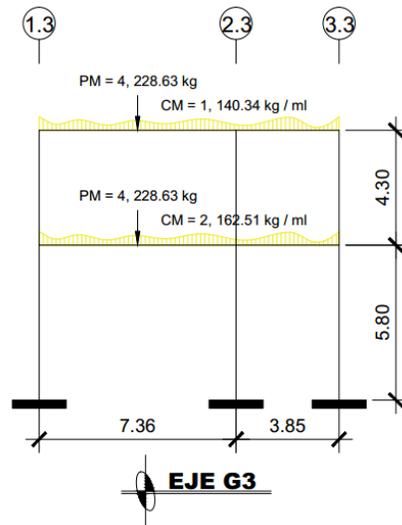
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 9. Carga viva distribuida en eje 2.3, módulo 1



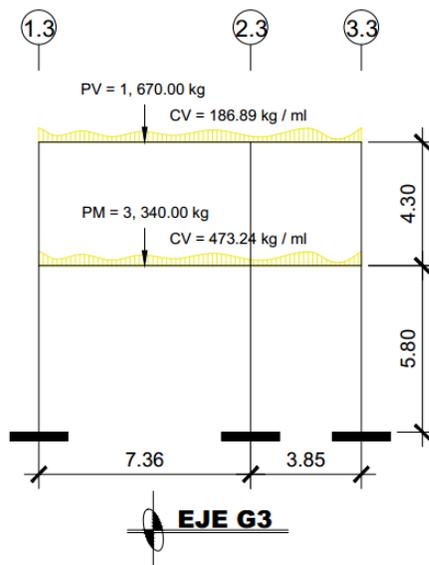
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 10. **Carga muerta distribuida en eje B3, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 11. **Carga viva distribuida en eje B3, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.4. Cargas horizontales y cargas verticales aplicadas a los marcos rígidos

Las cargas horizontales son inciertas tanto en su magnitud como en distribución, actúan de forma perpendicular a la línea de acción de la fuerza de gravedad, este tipo de cargas son producidas principalmente por viento, sismo y presión del suelo y son consideradas cargas puramente dinámicas. Para el análisis estructural, se considera únicamente la fuerza por sismo, debido a que Guatemala es un país con alto riesgo sísmico, ya que el territorio nacional está distribuido en tres placas tectónicas: Norteamérica, Caribe y Cocos. Por esta razón se diseñan los edificios tomando en cuenta las fuerzas debido al sismo ya que son críticas para la estructura.

Para determinar las fuerzas debido al sismo sobre la estructura se empleará el método de carga sísmica estática equivalente, el cual se encuentra en la norma NSE-3-2018 del AGIES, el cual permite que las solicitaciones sísmicas sean modeladas como fuerzas estáticas horizontales aplicadas externamente a lo alto y ancho del edificio. El total de las fuerzas sísmicas equivalentes actuantes sobre el edificio en cada dirección analizada se representa por medio del cortante estático equivalente al límite de cedencia (cortante basal) en la base de la estructura.

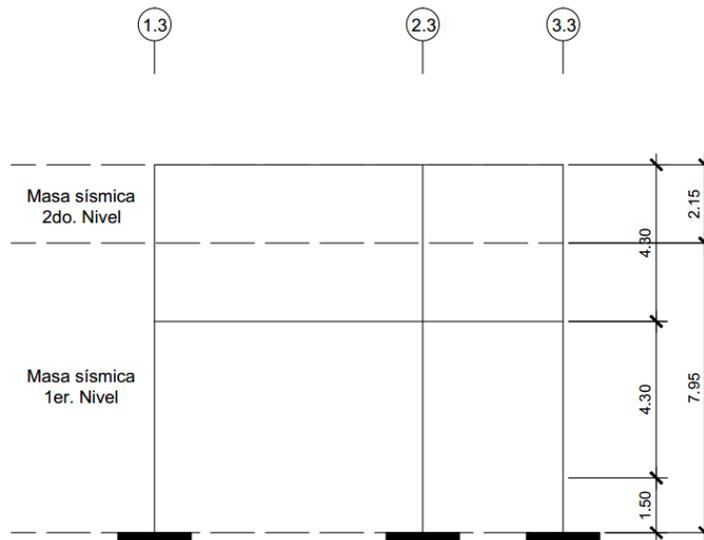
A continuación, se presentan los pasos para determinar las fuerzas sísmicas aplicadas al módulo 1:

t _{Losa}	= 0,09 m
Columnas	= 0,40 m * 0,40 m
Vigas principales	= 0,35 m * 0,70 m
Vigas secundarias	= 0,15 m * 0,30 m

$W_{\text{Viva aulas}}$	$= 200 \text{ kg / m}^2$
$W_{\text{Viva pasillos}}$	$= 500 \text{ kg / m}^2$
$W_{\text{Viva techo sin acceso}}$	$= 100 \text{ kg / m}^2$
$W_{\text{Sobrecarga y acabados}}$	$= 120 \text{ kg / m}^2$
W_{Muros}	$= 200 \text{ kg / m}^2$
W_{Concreto}	$= 2\,400 \text{ kg / m}^3$

- Peso total del módulo 1:

Figura 12. **Distribución de pesos sísmicos por nivel, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Según las dimensiones de la figura 12, se utilizarán las siguientes alturas por nivel:

Segundo nivel: 2,15 m

Primer nivel: 7,95 m

Tabla XVIII. **Peso sísmico, carga muerta de 2do. Nivel, módulo 1**

Elemento	Ancho m	Largo m	Altura m	Carga distribuida kg / m ²	W Concreto kg / m ³	Peso total Kg (Ancho * Largo * Altura * W Concreto o Carga distribuida)
Losa	11,21	34,20	0,09	-----	2 400	82 810,51
Vigas principales	0,35	181,07	0,61	-----	2 400	91 259,28
Vigas secundarias	0,15	56,62	0,21	-----	2 400	4 280,47
Columnas	0,40	0,40	2,15	-----	2 400	825,60
Muros	---	142,30	2,15	200	----	61 189,00
SC	11,21	34,20	---	120	----	46 005,84
Σ C_M 2do Nivel						286 370,70

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XIX. **Peso sísmico, carga muerta de 1er. Nivel, módulo 1**

Elemento	Ancho m	Largo m	Altura m	Carga distribuida kg / m ²	W Concreto kg / m ³	Peso total Kg (Ancho * Largo * Altura * W Concreto ó Carga distribuida)
Losa	11,21	34,20	0,09	-----	2 400	82 810,51
Vigas principales	0,35	203,49	0,61	-----	2 400	104 268,28
Vigas secundarias	0,15	34,20	0,21	-----	2 400	2 585,52
Columnas	0,40	0,40	7,95	-----	2 400	3 052,80
Muros	---	117,48	7,95	200	----	186 793,20
SC	11,21	34,20	---	120	----	46 005,84
Σ C_M 2do Nivel						425 516,15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$W_{Total} = W_M + 0,25 * W_V;$$

Donde:

W_{Total} = peso total de la estructura (kg).

W_M = peso de las cargas muertas (kg).

W_V = peso de las cargas vivas (kg).

$$W_{Total \text{ 1er. Nivel}} = 286\,370,70 \text{ kg} + 0,25 * (383,38 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$$

$$W_{Total \text{ 1er. Nivel}} = 295\,955,20 \text{ kg}$$

$$W_{Total \text{ 2do. Nivel}} = 425\,516,15 \text{ kg} + 0,25 * [(252,71 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}) + (131,67 \text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})]$$

$$W_{Total \text{ 2do. Nivel}} = 454\,610,40 \text{ kg}$$

$$W_{Total} = 750\,565,60 \text{ kg}$$

Tabla XX. Factores para el análisis sísmico de la estructura

Coeficiente	Valor	Referencia AGIES NSE 2018
Ubicación	Chinautla	NSE-2-2018, tabla A-1
I_o	4,2	NSE-2-2018, tabla A-1
S_{cr}	1,50 g	NSE-2-2018, tabla A-1
S_{1r}	0,55 g	NSE-2-2018, tabla A-1
Clase de obra	Importante	NSE-1-2018, tabla 3,1.7-1
Categoría ocupacional	Categoría III	NSE-1-2018, sección 3,1.4
Nivel de protección	D	NSE-2-2018, tabla 4,2.2-1
Probabilidad de exceder el sismo de diseño	5 % en 50 años	NSE-2-2018, tabla 4,2.2-1
Sistema estructural	E1	NSE-3-2018, tabla 1,6.14-1
h_n	10,10 m	Figura 12
K_T	0,047	NSE-3-2018, sección 2,1.6

Continuación de la tabla XX.

x	0,90	NSE-3-2018, sección 2,1.6
T _α	0,38 s	NSE-3-2018, sección 2,1.6
Clase de sitio (tipo de suelo)	D	NSE-2-2018, sección 4,3
F _α	1,0	NSE-2-2018, tabla 4,5-1
F _v	1,7	NSE-2-2018, tabla 4,5-2
Tipo de fuente sísmica	A	NSE-2-2018, tabla 4,6.2-1
Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica	≥ 10 km	-----
N _α	1,0	NSE-2-2018, tabla 4,6.2-2
N _v	1,0	NSE-2-2018, tabla 4,6.2-3
S _{sc}	1,50	NSE-2-2018, tabla 4,5.3
S _{1s}	0,94	NSE-2-2018, tabla 4,5.3
K _d	0,80	NSE-2-2018, tabla 4,5.5-1
S _{sd}	1,20	NSE-2-2018, sección 4,5.5
S _{1d}	0,75	NSE-2-2018, sección 4,5.5
T _s	0,63 s	NSE-2-2018, sección 4,5.4
T ₀	0,13 s	NSE-2-2018, sección 4,5.4
S _a (T)	1,20	NSE-2-2018, sección 4,5.6
R	8	NSE-3-2018, tabla 1,6.14-1
C _s	0,15	NSE-3-2018, sección 2,1.3
Valores de C _s mínimos	0,01 y 0,05	NSE-3-2018, sección 2,1.4
W _s	750 565,60 kg	Tablas XVII y XVIII
V _B	112 584,84 kg	NSE-3-2018, sección 2,1.2
k	1	NSE-3-2018, sección 2,2

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Fórmula empírica para período fundamental de vibración:

$$T_{\alpha} = K_T * (h_n)^x;$$

Donde:

T_{α} = período fundamental de vibración (s).

K_T = 0,047 para sistemas estructurales E1 de concreto reforzado.

x = 0,90 para sistemas estructurales E1 de concreto reforzado.

h_n = Altura total del edificio (m).

$$T_{\alpha} = 0,047 * (10,10 \text{ m})^{0,90}$$

$$T_{\alpha} = 0,38 \text{ s}$$

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales:

$$S_{sc} = S_{cr} * F_{\alpha} * N_{\alpha};$$

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

Donde:

S_{sc} = ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración corto, para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

S_{cr} = parámetro básico que forma parte de la ordenada espectral junto con S_{1r} .

F_{α} = coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos.

N_{α} = factor para períodos cortos de vibración.

S_{1s} = ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de 1 segundo, para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

S_{1r} = parámetro básico que forma parte de la ordenada espectral junto con S_{cr} .

F_v = coeficiente de sitio para períodos de vibración largos.

N_v = factor para períodos largos de vibración.

$$S_{sc} = S_{cr} * F_{\alpha} * N_{\alpha}$$

$$S_{sc} = 1,50 * 1,0 * 1,0$$

$$S_{sc} = 1,50$$

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

$$S_{1s} = 0,55 * 1,70 * 1,0$$

$$S_{1s} = 0,94$$

- Parámetros de espectro calibrados a la probabilidad de ocurrencia del sismo del diseño:

$$S_{cd} = K_d * S_{sc};$$

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

Donde:

S_{cd} = parámetro de espectro calibrado.

S_{sc} = ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración corto, para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

S_{1d} = parámetro de espectro calibrado.

S_{1s} = ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de 1 segundo, para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

K_d = 0,80, para sismo severo con un 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años.

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

$$S_{cd} = 0,80 * 1,50$$

$$S_{cd} = 1,20$$

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

$$S_{1d} = 0,80 * 0,94$$

$$S_{1d} = 0,75$$

- Períodos de vibración de transición:

$$T_s = S_{1s} / S_{cs}$$

$$T_0 = 0,2 * T_s;$$

Donde:

T_s = período que separa los períodos cortos de los largos (s).

S_{1s} = ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de 1 segundo, para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

S_{cs} = ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración corto, para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

T_0 = período que define el inicio de la meseta de períodos cortos del espectro (s).

$$T_s = S_{1s} / S_{cs}$$

$$T_s = 0,94 / 1,50$$

$$T_s = 0,63 \text{ s}$$

$$T_0 = 0,2 * T_s$$

$$T_0 = 0,2 * 0,63$$

$$T_0 = 0,13 \text{ s}$$

- Espectros genéricos probables:

$$\text{Si, } T_0 \leq T_\alpha \leq T_s \Rightarrow Sa(T) = S_{cd}$$

$$\text{Si, } T_\alpha > T_s \Rightarrow Sa(T) = \frac{S_{1d}}{T_\alpha} \leq S_{cd}$$

$$\text{Si, } T_\alpha < T_0 \Rightarrow Sa(T) = S_{cd} * \left[0,4 + 0,6 * \frac{T_\alpha}{T_0} \right];$$

Donde:

T_0 = período que define el inicio de la meseta de períodos cortos del espectro (s).

T_α = período fundamental de vibración (s).

T_s = período que separa los períodos cortos de los largos (s).

$Sa(T)$ = demanda sísmica de diseño.

S_{cd} = parámetro de espectro calibrado.

S_{1d} = parámetro de espectro calibrado.

$$\text{Si, } T_0 \leq T_\alpha \leq T_s \Rightarrow Sa(T) = S_{cd}$$

$$\text{Si, } 0,13 \text{ s} \leq 0,38 \text{ s} \leq 0,63 \text{ s} \Rightarrow Sa(T) = S_{cd}$$

$Sa(T) = 1,20$; Cumple con esta condición.

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia:

$$C_S = \frac{Sa(T)}{R};$$

Donde:

C_S = coeficiente sísmico al límite de cedencia, NSE-3-2018, sección 2.1.3.

$S_a(T)$ = demanda sísmica de diseño, NSE-2-2018, sección 4.5.6.

R = Factor de modificación de respuesta sísmica, NSE-3-2018, tabla 1.6.14-1.

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

$$C_s = \frac{1,20}{8}$$

$$C_s = 0,15$$

- Valores mínimos de C_s :

$$C_s \geq 0,044S_{cd} \geq 0,01$$

$$C_s \geq \frac{0,75 * K_d * S_{1r}}{R}; S_{1r} \geq 0,6 \text{ g};$$

Donde:

C_s = valores mínimos del coeficiente sísmico al límite de cedencia, NSE-3-2018, sección 2.1.4.

S_{cd} = parámetro de espectro calibrado, NSE-2-2018, sección 4.5.5.

K_d = 0,80, para sismo severo con un 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años, NSE-2-2018, tabla 4.5.5-1.

S_{1r} = parámetro básico que forma parte de la ordenada espectral junto con S_{cr} , NSE-2-2018, tabla A-1.

R = factor de modificación de respuesta sísmica, NSE-3-2018, tabla 1.6.14-1.

$$C_s \geq 0,044S_{cd} \geq 0,01$$

$$0,15 \geq 0,044 * 1,20 \geq 0,01$$

$$0,15 \geq 0,05 \geq 0,01; \text{Cumple.}$$

$$C_s \geq \frac{0,75 * Kd * S_{1r}}{R}; S_{1r} \geq 0,6 g$$

$$0,55 g \geq 0,6 g$$

Esta ecuación no aplica debido a que S_{1r} es menor a 0,6 g.

- Corte basal al límite de cedencia:

$$V_B = C_S * W_S;$$

Donde:

V_B = cortante basal al límite de cedencia (kg).

C_S = coeficiente sísmico de diseño.

W_S = peso de la edificación (kg).

$$V_B = C_S * W_S$$

$$V_B = 0,15 * 750 565,60 \text{ kg}$$

$$V_B = 112 584,84 \text{ kg}$$

- Distribución vertical de las fuerzas sísmicas:

Se procederá a calcular la fuerza aplicada en cada nivel del edificio, para ello se recomienda utilizar el criterio sugerido por la norma NSE-3-2018, sección 2.2.1, el cual consiste en utilizar las siguientes ecuaciones:

$$F_{xy} = C_{xy} * V_B$$

$$C_{xy} = \frac{W_i * h_i^k}{\sum_{i=1}^n (W_i * h_i^k)}$$

Donde:

F_{xy} = cortante de cedencia en el nivel "x" de la edificación (kg).

C_{xy} = es la relación de momentos ($W_i * h_i$) correspondiente a cada nivel, la suma de los coeficientes C_{xy} de todos los niveles analizados es igual a 1 (kg * m).

V_B = cortante basal al límite de cedencia (kg).

W_i = peso sísmico efectivo del nivel "i" (kg).

h_i = altura del nivel "i" sobre la base sísmica (m).

$k = 1$, para $T \leq 0,50$ s

$\sum_{i=1}^n (W_i * h_i^k)$ = sumatoria de los productos $W_i * h_i$ de todos los niveles analizados (kg * m).

Tabla XXI. **Distribución de cortante basal por nivel, módulo 1**

Nivel	W_i (kg)	h_i (m)	$W_i * h_i$ (kg * m)	C_{xy}	F_{xy} (kg)
Nivel 2	454 610,40	10,10	4 591 565,04	0,66	74 305,99
Nivel 1	295 955,20	7,95	2 352 843,84	0,34	38 278,85
Total	750 565,60	- - - -	6 944 408,88	1,00	112 584,84

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La distribución de fuerza sísmica aplicada a la estructura depende del número de marcos en sentido X y Y de cada nivel, si los marcos de ambos sentidos son simétricos, el cálculo se realiza dividiendo la fuerza por nivel entre el número de marcos paralelos a la fuerza sísmica, y si el espaciamiento es asimétrico, se debe distribuir la fuerza por nivel proporcional a la rigidez de los marcos. El módulo 1 analizado no presenta simetría en los sentidos X y Y, debido a ello se procederá a calcular el centro geométrico, centro de masa y centro de

rigidez para luego determinar los momentos torsionantes que se aplicaran a cada marco del módulo 1.

- Centro geométrico:

El centro geométrico es el punto que se encuentra en medio de una figura geométrica.

A continuación, se calcula el centro geométrico tomando en cuenta para ello las áreas de las figuras geométricas del módulo 1:

Tabla XXII. **Integración de áreas para centro geométrico de 2do. Nivel, módulo 1**

Losa	Área (m ²)	Centroide		Área * L _x (m ² * m)	Área * L _y (m ² * m)
		L _x (m)	L _y (m)		
1	15,12	1,84	32,15	27,82	486,11
2	15,12	5,52	32,15	83,46	486,11
3	15,82	9,29	32,15	146,97	508,61
4	15,12	1,84	28,04	27,82	423,96
5	15,12	5,52	28,04	83,46	423,96
6	15,82	9,29	28,04	146,97	443,59
7	15,12	1,84	23,93	27,82	361,82
8	15,12	5,52	23,93	83,46	361,82
9	15,82	9,29	23,93	146,97	378,57
10	15,12	1,84	19,82	27,82	299,68
11	15,12	5,52	19,82	83,46	299,68
12	15,82	9,29	19,82	146,97	313,55
13	16,34	1,84	15,54	30,07	253,92
14	16,34	5,52	15,54	90,20	253,92
15	17,09	9,29	15,54	158,77	265,58
16	16,34	1,84	11,10	30,07	181,37
17	16,34	5,52	11,10	90,20	181,37
18	17,09	9,29	11,10	158,77	189,70
19	16,34	1,84	6,66	30,07	108,82

Continuación de la tabla XXI.

20	16,34	5,52	6,66	90,20	108,82
21	17,09	9,29	6,66	158,77	113,82
22	16,34	1,84	2,22	30,07	36,27
23	16,34	5,52	2,22	90,20	36,27
24	17,09	9,29	2,22	158,77	37,94
Total	383,32			2 149,16	6 555,26

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CG_{x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Área } i * Lx-y i)}{\sum_{i=1}^n (\text{Área } i)},$$

Donde:

CG_{x-y} = Centro de gravedad en el sentido analizado (m).

$\sum_{i=1}^n (\text{Área } i * Lx - y i)$ = Sumatoria de áreas por longitudes en el sentido analizado ($m^2 * m$).

$\sum_{i=1}^n (\text{Área } i)$ = Sumatoria de áreas totales (m^2).

$$CG_{2do. Nivel en x} = \frac{2\,149,16 \text{ m}^2 * \text{m}}{383,32 \text{ m}^2}$$

$$CG_{2do. Nivel en x} = 5,61 \text{ m}$$

$$CG_{2do. Nivel en y} = \frac{6\,555,26 \text{ m}^2 * \text{m}}{383,32 \text{ m}^2}$$

$$CG_{2do. Nivel en y} = 17,10 \text{ m}$$

Debido a que el segundo nivel presenta exactamente la misma forma geométrica que el primer nivel el centro geométrico es el mismo para ambos niveles.

CG 1er. Nivel en x = 5,61 m

CG 1er. Nivel en y = 17,10 m

Tabla XXIII. **Tabla resumen de centros geométricos, módulo 1**

Nivel	CG_x	CG_y
Nivel 2	5,61	17,10
Nivel 1	5,61	17,10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- **Centro de masa:**

El centro de masa, es el punto de la estructura en donde la masa se encuentra concentrada, si se suspendiera la estructura desde el centro de gravedad la estructura quedaría en equilibrio.

A continuación, se procederá a calcular el centro de masa con las ecuaciones indicadas en Paola A. Paredes Ruiz, Guía teórica y práctica del curso de Diseño Estructural, p. 38 - 39, tomando en cuenta para ello el peso propio de la losa, peso de muros, peso de la sobrecarga y el peso de la carga viva correspondiente a cada ambiente:

Tabla XXIV. Integración de cargas para centro de masa, segundo nivel, módulo 1

Losa	Área (m ²)	Centroide		Carga muerta		Carga viva		W Total (kg)	W _{Total} * L _x (kg * m)	W _{Total} * L _y (kg * m)
		L _x (m)	L _y (m)	W _{Losa} (kg)	W _{Sc} (kg)	Uso	W _{Carga viva} (kg)			
1	15,12	1,84	32,15	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	12 129,87	211 943,09
2	15,12	5,52	32,15	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	36 389,61	211 943,09
3	15,82	9,29	32,15	3 417,12	1 898,40	Azotea	1 582,00	6 897,52	64 077,96	221 755,27
4	15,12	1,84	28,04	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	12 129,87	184 848,65
5	15,12	5,52	28,04	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	36 389,61	184 848,65
6	15,82	9,29	28,04	3 417,12	1 898,40	Azotea	1 582,00	6 897,52	64 077,96	193 406,46
7	15,12	1,84	23,93	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	12 129,87	157 754,22
8	15,12	5,52	23,93	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	36 389,61	157 754,22
9	15,82	9,29	23,93	3 417,12	1 898,40	Azotea	1 582,00	6 897,52	64 077,96	165 057,65
10	15,12	1,84	19,82	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	12 129,87	130 659,78
11	15,12	5,52	19,82	3 265,92	1 814,40	Azotea	1 512,00	6 592,32	36 389,61	130 659,78
12	15,82	9,29	19,82	3 417,12	1 898,40	Azotea	1 582,00	6 897,52	64 077,96	136 708,85
13	16,34	1,84	15,54	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	13 108,60	110 710,69
14	16,34	5,52	15,54	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	39 325,80	110 710,69
15	17,09	9,29	15,54	3 691,44	2 050,80	Azotea	1 709,00	7 451,24	69 222,02	115 792,27
16	16,34	1,84	11,10	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	13 108,60	79 079,06
17	16,34	5,52	11,10	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	39 325,80	79 079,06
18	17,09	9,29	11,10	3 691,44	2 050,80	Azotea	1 709,00	7 451,24	69 222,02	82 708,76
19	16,34	1,84	6,66	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	13 108,60	47 447,44
20	16,34	5,52	6,66	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	39 325,80	47 447,44
21	17,09	9,29	6,66	3 691,44	2 050,80	Azotea	1 709,00	7 451,24	69 222,02	49 625,26
22	16,34	1,84	2,22	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	13 108,60	15 815,81
23	16,34	5,52	2,22	3 529,44	1 960,80	Azotea	1 634,00	7 124,24	39 325,80	15 815,81
24	17,09	9,29	2,22	3 691,44	2 050,80	Azotea	1 709,00	7 451,24	69 222,02	16 541,75
Total								167 127,52	937 015,44	2 858 113,75

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CM_{x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_{Total\ i} * L_{x-y\ i})}{\sum_{i=1}^n (W_{Total\ i})};$$

Donde:

CM_{x-y} = centro de masa en el sentido analizado (m).

$\sum_{i=1}^n (W_{Total\ i} * L_{x-y\ i})$ = sumatoria de masas por longitudes en el sentido analizado (m² * m).

$\sum_{i=1}^n (W_{Total\ i})$ = sumatoria de masas totales (m²).

$$CM_{2do. Nivel\ en\ x} = \frac{937\ 015,44\ kg * m}{167\ 127,53\ kg}$$

$$CM_{2do. Nivel\ en\ x} = 5,61\ m$$

$$CM_{2do. Nivel en y} = \frac{2\,858\,113,75 \text{ kg} \cdot \text{m}}{167\,127,53 \text{ kg}}$$

$$CM_{2do. Nivel en y} = 17,10 \text{ m}$$

Tabla XXV. Integración de cargas para centro de masa, primer nivel, módulo 1

Losa	Área (m ²)	Centroide		Carga muerta		Carga viva		W _{Total} (kg)	W _{Total} * L _x (kg * m)	W _{Total} * L _y (kg * m)
		L _x (m)	L _y (m)	W _{Losa} (kg)	W _{sc} (kg)	Uso	W _{Carga viva} (kg)			
1	15,12	1,84	32,15	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	14 911,95	260 553,89
2	15,12	5,52	32,15	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	44 735,85	260 553,89
3,1	7,91	8,32	32,15	1 708,56	949,2	Aula	1 582,00	4 239,76	35 274,80	136 308,28
3,2	7,91	10,25	32,15	1 708,56	949,2	Pasillo	3 955,00	6 612,76	67 780,79	212 600,23
4	15,12	1,84	28,04	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	14 911,95	227 245,13
5	15,12	5,52	28,04	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	44 735,85	227 245,13
6,1	7,91	8,32	28,04	1 708,56	949,2	Aula	1 582,00	4 239,76	35 274,80	118 882,87
6,2	7,91	10,25	28,04	1 708,56	949,2	Pasillo	3 955,00	6 612,76	67 780,79	185 421,79
7	15,12	1,84	23,93	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	14 911,95	193 936,38
8	15,12	5,52	23,93	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	44 735,85	193 936,38
9,1	7,91	8,32	23,93	1 708,56	949,2	Aula	1 582,00	4 239,76	35 274,80	101 457,46
9,2	7,91	10,25	23,93	1 708,56	949,2	Pasillo	3 955,00	6 612,76	67 780,79	158 243,35
10	15,12	1,84	19,82	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	14 911,95	160 627,62
11	15,12	5,52	19,82	3 265,92	1 814,40	Aula	3 024,00	8 104,32	44 735,85	160 627,62
12,1	7,91	8,32	19,82	1 708,56	949,2	Aula	1 582,00	4 239,76	35 274,80	84 032,04
12,2	7,91	10,25	19,82	1 708,56	949,2	Pasillo	3 955,00	6 612,76	67 780,79	131 064,90
13	16,34	1,84	15,54	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	16 115,16	136 103,05
14	16,34	5,52	15,54	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	48 345,48	136 103,05
15,1	8,55	8,32	15,54	1 846,80	1 026,00	Aula	1 710,00	4 582,80	38 128,90	71 216,71
15,2	8,55	10,25	15,54	1 846,80	1 026,00	Pasillo	4 275,00	7 147,80	73 264,95	111 076,81
16	16,34	1,84	11,1	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	16 115,16	97 216,46
17	16,34	5,52	11,1	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	48 345,48	260 553,89
18,1	8,55	8,32	11,1	1 846,80	1 026,00	Aula	1 710,00	4 582,80	38 128,90	260 553,89
18,2	8,55	10,25	11,1	1 846,80	1 026,00	Pasillo	4 275,00	7 147,80	73 264,95	136 308,28
19	16,34	1,84	6,66	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	16 115,16	212 600,23
20	16,34	5,52	6,66	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	48 345,48	227 245,13
21,1	8,55	8,32	6,66	1 846,80	1 026,00	Aula	1 710,00	4 582,80	38 128,90	227 245,13
21,2	8,55	10,25	6,66	1 846,80	1 026,00	Pasillo	4 275,00	7 147,80	73 264,95	118 882,87
22	16,34	1,84	2,22	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	16 115,16	185 421,79
23	16,34	5,52	2,22	3 529,44	1 960,80	Aula	3 268,00	8 758,24	48 345,48	193 936,38
24,1	8,55	8,32	2,22	1 846,80	1 026,00	Aula	1 710,00	4 582,80	38 128,90	193 936,38
24,2	8,55	10,25	2,22	1 846,80	1 026,00	Pasillo	4 275,00	7 147,80	73 264,95	101 457,46
Muros	610,82	5,61	17,1	W _{Muros} = 200 kg / m ²	----	----	122 164,00	685 340,04	2 089 004,40	
Total								347 396,96	2 039 571,56	5 940 597,64

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CM_{1er. Nivel en x} = \frac{2\,039\,571,56 \text{ kg} \cdot \text{m}}{347\,396,96 \text{ kg}}$$

$$CM_{1er. Nivel en x} = 5,87 \text{ m}$$

$$CM_{1er. Nivel en y} = \frac{5\,940\,597,64 \text{ kg} \cdot \text{m}}{347\,396,96 \text{ kg}}$$

$$CM_{1er. Nivel en y} = 17,10 \text{ m}$$

Tabla XXVI. **Tabla resumen de centros de masa, módulo 1**

Nivel	CM_x (m)	CM_y (m)
Nivel 2	5,61	17,10
Nivel 1	5,87	17,10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Centro de rigidez:

Es el punto con respecto al cual el módulo rota como un todo, en el centro de rigidez se considera la rigidez de todos los marcos.

A continuación, se procederá a calcular el centro de rigidez con las ecuaciones indicadas en Paola A. Paredes Ruiz, Guía teórica y práctica del curso de Diseño Estructural, p. 36 - 38, tomando en cuenta para ello las condiciones de apoyo de las columnas en cada nivel:

$$F_{xy \text{ 2do. Nivel}} = 74\,407,98 \text{ kg}$$

$$F_{xy \text{ 1er. Nivel}} = 38\,331,39 \text{ kg}$$

$$\text{Columnas} = 40 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm}$$

$$H_{\text{Nivel 2}} = 4,30 \text{ m}$$

$$H_{\text{Nivel 1}} = 5,80 \text{ m}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 2} = \frac{1}{\frac{F \text{ Nivel } 2 * H^3}{3 * E_c * I_{col}} + \frac{1,2 * F \text{ Nivel } 2 * H}{A_g * G}}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 1} = \frac{1}{\frac{F \text{ Nivel } 1 * H^3}{12 * E_c * I_{col}} + \frac{1,2 * F \text{ Nivel } 1 * H}{A_g * G}}$$

$$E_c = 15\,100 * \sqrt[2]{f'_c} \quad A_g = b_{col} * h_{col} \quad G = 0,4 * E_c$$

$$I_{col} = \frac{1}{12} * b_{col} * h_{col}^3; \text{ (elemento de sección rectangular);}$$

Donde:

$K_{C \text{ Nivel } i}$ = rigidez del nivel i (cm^{-1}).

$F_{\text{Nivel } i}$ = fuerza actuante en el nivel i (kg).

H = luz libre del elemento vertical del nivel analizado (cm).

E_c = módulo de elasticidad del concreto (kg / cm^2).

I_{col} = inercia de la sección de la columna (cm^4).

A_g = área gruesa de la sección transversal de la columna (cm^2).

G = módulo de rigidez (kg / cm^2).

$$K_{C \text{ Nivel } 2} = \frac{1}{\frac{F \text{ Nivel } 2 * H^3}{3 * E_c * I_{col}} + \frac{1,2 * F \text{ Nivel } 2 * H}{A_g * G}}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 2} = \frac{1}{\frac{74\,407,98 \text{ kg} * (430 \text{ cm})^3}{3 * (15\,100 * \sqrt[2]{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * (\frac{1}{12} * 40 \text{ cm} * 40 \text{ cm}^3))} + \frac{1,2 * 74\,407,98 \text{ kg} * 430 \text{ cm}}{(40 \text{ cm} * 40 \text{ cm}) * (0,40 * 15\,100 * \sqrt[2]{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}})}}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 2} = 0,04 \text{ cm}^{-1}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 1} = \frac{1}{\frac{F \text{ Nivel } 1 * H^3}{12 * E_c * I_{col}} + \frac{1,2 * F \text{ Nivel } 1 * H}{A_g * G}}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 1} = \frac{1}{\frac{38\,331,39 \text{ kg} * (580 \text{ cm})^3}{12 * (15\,100 * \sqrt[2]{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * (\frac{1}{12} * 40 \text{ cm} * 40 \text{ cm}^3))} + \frac{1,2 * 38\,331,39 \text{ kg} * 580 \text{ cm}}{(40 \text{ cm} * 40 \text{ cm}) * (0,40 * 15\,100 * \sqrt[2]{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}})}}$$

$$K_{C \text{ Nivel } 1} = 0,14 \text{ cm}^{-1}$$

$$CR_{x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_m i * L_{x-y} i)}{\sum_{i=1}^n (K_m i)};$$

$$K_m = K_{c \text{ Nivel } i} * \# \text{ Col. Del marco}$$

Donde:

CR_{x-y} = centro de rigidez en el sentido analizado (m).

K_m = rigidez del marco que se está analizando (cm^{-1}).

$K_{c \text{ Nivel } i}$ = rigidez del nivel i (cm^{-1}).

$\sum_{i=1}^n (K_m i * Lx - y i)$ = sumatoria de rigideces de los marcos por longitudes en el sentido analizado ($cm^{-1} * m$).

$\sum_{i=1}^n (K_m i)$ = sumatoria de rigideces totales (cm^{-1}).

Tabla XXVII. Centro de rigidez 2do. Nivel, eje "x", módulo 1

Eje "x"					
Marco	# Col.	K_c	K_m	L	$K_m * L$
1,3	7	0,04	0,28	0	0
2,3	7	0,04	0,28	7,36	2,06
3,3	7	0,04	0,28	11,21	3,14
Total			0,84	----	5,20

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CR_{2do. \text{ Nivel en } x} = \frac{5,20 \text{ cm}^{-1} * m}{0,84 \text{ cm}^{-1}}$$

$$CR_{2do. \text{ Nivel en } x} = 6,19 \text{ m}$$

Tabla XXVIII. Centro de rigidez 2do. Nivel, eje “y”, módulo 1

Eje “y”					
Marco	# Col.	K _c	K _m	L	K _m * L
A3	3	0,04	0,12	0	0
B3	3	0,04	0,12	4,44	0,53
C3	3	0,04	0,12	8,88	1,07
D3	3	0,04	0,12	13,32	1,60
E3	3	0,04	0,12	17,76	2,13
G3	3	0,04	0,12	25,98	3,12
I3	3	0,04	0,12	34,20	4,10
Total			0,84	-----	12,55

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CR_{2do. Nivel en y} = \frac{12,55 \text{ cm}^{-1} * m}{0,84 \text{ cm}^{-1}}$$

$$CR_{2do. Nivel en y} = 14,94 \text{ m}$$

Tabla XXIX. Centro de rigidez 1er. Nivel, eje “x”, módulo 1

Eje “x”					
Marco	# Col.	K _c	K _m	L	K _m * L
1,3	9	0,14	1,26	0	0
2,3	9	0,14	1,26	7,36	9,27
3,3	9	0,14	1,26	11,21	14,12
Total			3,78	-----	23,39

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CR_{2do. Nivel en x} = \frac{23,39 \text{ cm}^{-1} * m}{3,78 \text{ cm}^{-1}}$$

$$CR_{2do. Nivel en x} = 6,19 \text{ m}$$

Tabla XXX. Centro de rigidez 1er. Nivel, eje “y”, módulo 1

Eje “y”					
Marco	# Col.	K _c	K _m	L	K _m * L
A3	3	0,14	0,42	0	0
B3	3	0,14	0,42	4,44	1,86
C3	3	0,14	0,42	8,88	3,73
D3	3	0,14	0,42	13,32	5,59
E3	3	0,14	0,42	17,76	7,46
F3	3	0,14	0,42	21,87	9,19
G3	3	0,14	0,42	25,98	10,91
H3	3	0,14	0,42	30,09	12,64
I3	3	0,14	0,42	34,20	14,36
Total			3,78	- - - -	65,74

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$CR_{2do. Nivel en y} = \frac{65,74 \text{ cm}^{-1} * m}{3,78 \text{ cm}^{-1}}$$

$$CR_{2do. Nivel en y} = 17,39 \text{ m}$$

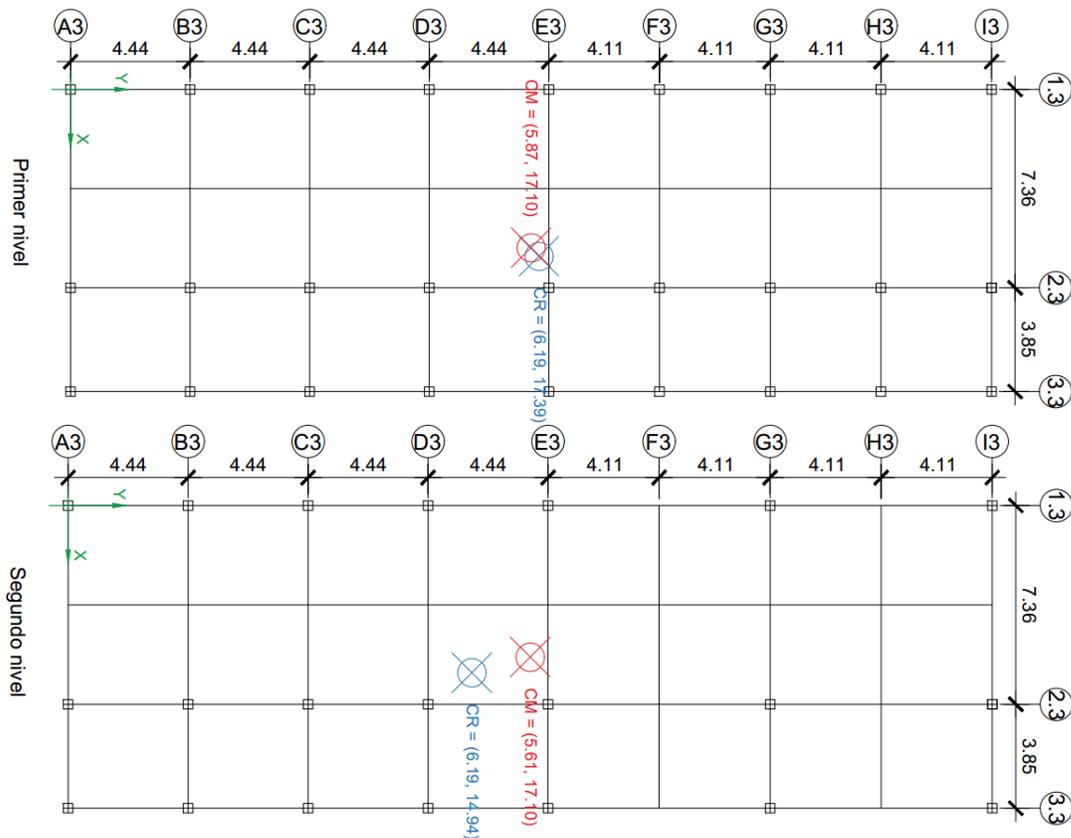
Tabla XXXI. Tabla resumen de centros de rigidez, módulo 1

Nivel	CR _x (m)	CR _y (m)
Nivel 2	6,19	14,94
Nivel 1	6,19	17,39

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 13. Ubicación de CM y CR de primero y segundo nivel, módulo

1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- **Excentricidades:**

La excentricidad es la distancia medida en planta tanto en “x” como en “y” que separa el centro de masa y el centro de rigidez, motivo por el que se producen esfuerzos adicionales por torsión en la estructura.

A continuación, se calculan las excentricidades directas y las excentricidades accidentales:

$$e_{\text{Directa } x-y} = |CM_{x-y} - CR_{x-y}|;$$

Donde:

$e_{\text{Directa } x-y}$ = excentricidad directa en el sentido analizado (m).

CM_{x-y} = centro de masa en el sentido analizado (m).

CR_{x-y} = centro de rigidez en el sentido analizado (m).

$$e_{\text{Directa } x \text{ 2do. Nivel}} = |5,61 \text{ m} - 6,19 \text{ m}|$$

$$e_{\text{Directa } x \text{ 2do. Nivel}} = 0,58 \text{ m}$$

$$e_{\text{Directa } y \text{ 2do. Nivel}} = |17,10 \text{ m} - 14,94 \text{ m}|$$

$$e_{\text{Directa } y \text{ 2do. Nivel}} = 2,16 \text{ m}$$

$$e_{\text{Directa } x \text{ 1er. Nivel}} = |5,87 \text{ m} - 6,19 \text{ m}|$$

$$e_{\text{Directa } x \text{ 1er. Nivel}} = 0,32 \text{ m}$$

$$e_{\text{Directa } y \text{ 1er. Nivel}} = |17,10 \text{ m} - 17,39 \text{ m}|$$

$$e_{\text{Directa } y \text{ 1er. Nivel}} = 0,29 \text{ m}$$

Tabla XXXII. **Tabla resumen de excentricidades directas, módulo 1**

Nivel	$e_{\text{Directa } x}$ (m)	$e_{\text{Directa } y}$ (m)
Nivel 2	0,58	2,16
Nivel 1	0,32	0,29

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

$$e_{\text{Accidental } x-y} = e_{\text{Directa } x-y} \pm 0,05 * B_{x-y};$$

Donde:

$e_{Accidental\ x-y}$ = excentricidad accidental en el sentido analizado (m).

$e_{Directa\ x-y}$ = excentricidad directa en el sentido analizado (m).

0,05 = factor según NSE-3-2018, sección 2,3.2.

B_{x-y} = dimensión a ejes totales del módulo perpendicular al eje en análisis (m).

$$e_{Accidental\ x\ 2do.\ Nivel} = 0,58\ m \pm 0,05 * 34,20\ m$$

$$e_{Accidental\ x\ 2do.\ Nivel} = 2,29\ m$$

$$e_{Accidental\ x\ 2do.\ Nivel} = -1,13\ m$$

$$e_{Accidental\ y\ 2do.\ Nivel} = 2,16\ m \pm 0,05 * 11,21\ m$$

$$e_{Accidental\ y\ 2do.\ Nivel} = 2,72\ m$$

$$e_{Accidental\ y\ 2do.\ Nivel} = 1,60\ m$$

$$e_{Accidental\ x\ 1er.\ Nivel} = 0,32\ m \pm 0,05 * 34,20\ m$$

$$e_{Accidental\ x\ 1er.\ Nivel} = 2,03\ m$$

$$e_{Accidental\ x\ 1er.\ Nivel} = -1,39\ m$$

$$e_{Accidental\ y\ 1er.\ Nivel} = 0,29\ m \pm 0,05 * 11,21\ m$$

$$e_{Accidental\ y\ 1er.\ Nivel} = 0,85\ m$$

$$e_{Accidental\ y\ 1er.\ Nivel} = -0,27\ m$$

Tabla XXXIII. **Resumen de excentricidades accidentales, módulo 1**

Nivel	$e_{Accidental\ x}$ (m)	$e_{Accidental\ y}$ (m)
Nivel 2	2,29	2,72
	-1,13	1,60
Nivel 1	2,03	0,85
	-1,39	-0,27

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fuerzas por marcos:

La fuerza total aplicada en cada uno de los niveles de un marco, se determina por medio de la suma algebraica de la fuerza por sismo más la fuerza por torsión.

A continuación, se procederá a calcular las fuerzas por torsión y las fuerzas totales aplicadas en cada uno de los niveles de cada marco analizado, con las ecuaciones indicadas en Paola A. Paredes Ruiz, Guía teórica y práctica del curso de Diseño Estructural, p. 39 - 41, tomando en cuenta para ello las excentricidades accidentales, fuerzas, rigideces y distancias de cada marco analizado:

$$F_{Total} = V_S + V_T$$

$$V_S = \frac{K_m i * F_{Nivel i}}{\sum_{i=1}^n (K_m i)}$$

$$V_T = \frac{e_{Accidental x-y} * F_{Nivel i} * (\frac{K_m}{10} * dl)}{\sum_{i=1}^n (\frac{K_m i}{10} * dl i)}$$

Donde:

F_{Total} = fuerza total aplicada al marco (kg).

V_S = fuerza por sismo (kg).

V_T = fuerza por torsión (kg).

K_m = rigidez del marco que se está analizando (cm^{-1}).

$F_{Nivel i}$ = fuerza actuante en el nivel i (kg).

$e_{Accidental x-y}$ = excentricidad accidental en el sentido analizado (m).

dl = distancia entre el centro de rigidez y el eje de cada marco analizado (m).

Tabla XXXIV. Fuerzas por marco 2do. Nivel, eje "x", módulo 1

Eje	Exc.	F Nivel 2	$\frac{Km}{10}$	dl	$\frac{Km}{10} * F$	$\frac{Km}{10} * dl$	$\frac{Km}{10} * dl^2$	Vs	V _T	Vs + V _T	F Total
1,3	2,29	74 305,99	0,03	-5,61	2 229,18	-0,17	0,94	24 768,67	-14 683,92	10 084,75	32 014,45
	-1,13								7 245,78	32 014,45	
2,3	2,29		0,03	1,75	2 229,18	0,05	0,09	24 768,67	4 318,80	29 087,47	29 087,47
	-1,13								-2 131,11	22 637,56	
3,3	2,29		0,03	5,60	2 229,18	0,17	0,94	24 768,67	14 683,92	39 452,59	39 452,59
	-1,13								-7 245,78	17 522,89	
Totales			0,09				1,97				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XXXV. Fuerzas por marco 2do. Nivel, eje "y", módulo 1

Eje	Exc.	F Nivel 2	$\frac{Km}{10}$	dl	$\frac{Km}{10} * F$	$\frac{Km}{10} * dl$	$\frac{Km}{10} * dl^2$	Vs	V _T	Vs + V _T	F Total
A3	2,72	74 305,99	0,01	-17,10	743,06	-0,17	2,92	10 615,14	-3 796,58	6 818,56	8 381,85
	1,60								-2 233,29	8 381,85	
B3	2,72		0,01	-12,66	743,06	-0,13	1,60	10 615,14	-2 903,27	7 711,87	8 907,33
	1,60								-1 707,81	8 907,33	
C3	2,72		0,01	-8,22	743,06	-0,08	0,68	10 615,14	-1 786,63	8 828,51	9 564,18
	1,60								-1 050,96	9 564,18	
D3	2,72	0,01	-3,78	743,06	-0,04	0,14	10 615,14	-893,31	9 721,83	10 089,66	
	1,60							-525,48	10 089,66		
E3	2,72	0,01	0,66	743,06	0,06	0,00	10 615,14	1 339,97	11 955,11	11 955,11	
	1,60							788,22	11 403,36		
G3	2,72	0,01	8,88	743,06	0,09	0,79	10 615,14	2 009,96	12 625,10	12 625,10	
	1,60							788,22	11 403,36		
I3	2,72	0,01	17,10	743,06	0,17	2,92	10 615,14	3 796,58	14 411,72	14 411,72	
	1,60							1 182,33	11 797,47		
Totales			0,07				9,05				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XXXVI. Fuerzas por marco 1er. Nivel, eje "x", modulo 1

Eje	Exc.	F Nivel 2	$\frac{Km}{10}$	dl	$\frac{Km}{10} * F$	$\frac{Km}{10} * dl$	$\frac{Km}{10} * dl^2$	Vs	V _T	Vs + V _T	F Total
1,3	2,03	38 278,85	0,13	-5,61	4 976,25	-0,73	4,09	12 759,62	-6 619,07	6 140,55	17 291,89
	-1,39								4 532,27	17 291,89	
2,3	2,03		0,13	1,75	4 976,25	0,23	0,40	12 759,62	2 085,46	14 845,08	14 845,08
	-1,39								-1 427,98	11 331,64	
3,3	2,03		0,13	5,60	4 976,25	0,73	4,08	12 759,62	6 619,07	19 378,69	19 378,69
	-1,39								-4 532,27	8 227,35	
Totales			0,39				8,57				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XXXVII. Fuerzas por marco 1er. Nivel, eje “y”, módulo 1

Eje	Exc.	F Nivel 2	$\frac{Km}{10}$	dl	$\frac{Km}{10} * F$	$\frac{Km}{10} * dl$	$\frac{Km}{10} * dl^2$	Vs	Vr	Vs + Vr	F Total																																			
A3	0,85	38 278,85	0,04	-17,10	1 531,15	-0,68	11,70	4 253,19	-503,88	3 749,31	4 413,24																																			
	-0,27								160,05	4 413,24																																				
B3	0,85								38 278,85	0,04	-12,66	1 531,15	-0,51	6,41	4 253,19	-377,91	3 875,28	4 373,23																												
	-0,27															120,04	4 373,23																													
C3	0,85															38 278,85	0,04	-8,22	1 531,15	-0,33	2,70	4 253,19	-244,53	4 008,66	4 330,86																					
	-0,27																						77,67	4 330,86																						
D3	0,85																						38 278,85	0,04	-3,78	1 531,15	-0,15	0,57	4 253,19	-111,15	4 142,04	4 288,50														
	-0,27																													35,31	4 288,50															
E3	0,85																													38 278,85	0,04	0,66	1 531,15	0,03	0,02	4 253,19	22,23	4 275,42	4 275,42							
	-0,27																																				-7,06	4 246,13								
F3	0,85																																				38 278,85	0,04	4,77	1 531,15	0,19	0,91	4 253,19	140,79	4 393,98	4 393,98
	-0,27																																											-44,72	4 208,47	
G3	0,85	38 278,85	0,04	8,88	1 531,15	0,36	3,15	4 253,19																																				266,76	4 519,95	4 519,95
	-0,27																																											-84,73	4 168,46	
H3	0,85								38 278,85	0,04	12,99	1 531,15	0,52	6,75	4 253,19																													385,32	4 638,51	4 638,51
	-0,27																																											-122,39	4 130,80	
I3	0,85															38 278,85	0,04	17,10	1 531,15	0,68	11,70	4 253,19																						503,88	4 757,07	4 757,07
	-0,27																																											-160,05	4 093,14	
Totales																							0,36				43,91																			

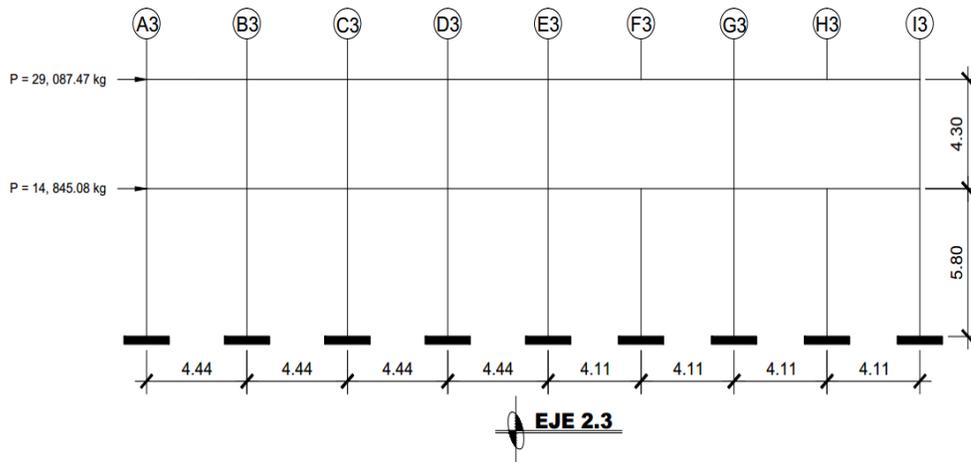
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XXXVIII. Cargas horizontales aplicadas a marcos analizados, módulo 1

Nivel	F Total en eje 2,3 (kg)	F Total en eje G.3 (kg)
Nivel 2	29 087,47	12 625,10
Nivel 1	14 845,08	4 519,95

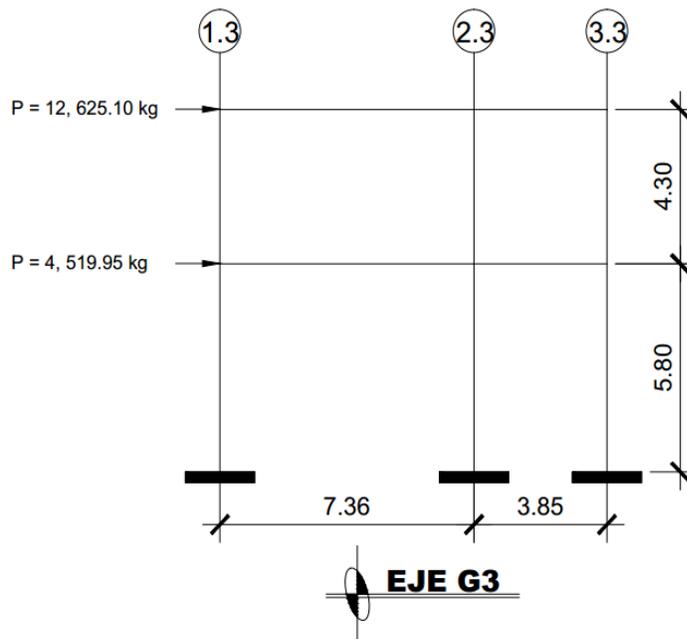
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 14. **Carga lateral por sismo en eje 2,3 (eje Y), módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 15. **Carga lateral por sismo en eje G3 (eje X), módulo 1**



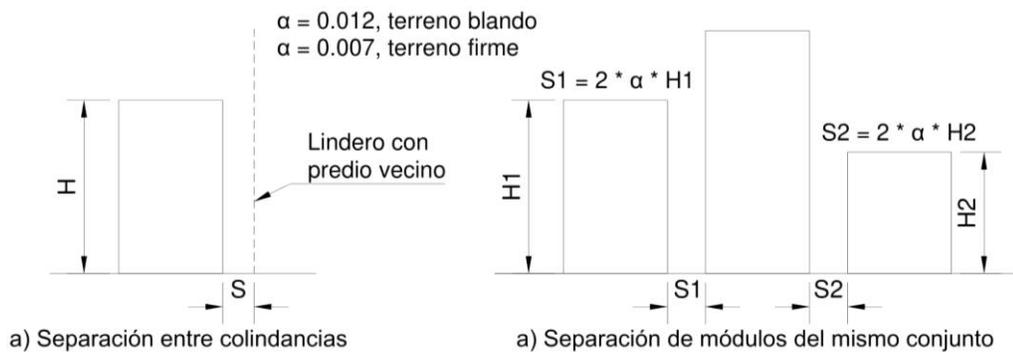
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Espaciamiento de junta sísmica entre módulos:

Para el cálculo de la junta sísmica se utilizó el libro de “Diseño sísmico de edificios, Bazan y Meli”, página 181.

Al ubicar la posición exacta de un módulo dentro del terreno, es importante guardar una separación suficiente con respecto a los módulos adyacentes, para evitar que los mismos se golpeen al vibrar fuera de fase durante un sismo.

Figura 16. **Separación entre edificios adyacentes para evitar choques**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$S_{\text{Junta sísmica colindancia}} \geq \alpha \cdot H$$

$$S_{\text{Junta sísmica conjunto}} \geq 2 \cdot \alpha \cdot H$$

Si el terreno es blando; $\alpha = 0,012$

Si el terreno es firme; $\alpha = 0,007$;

Donde:

$S_{\text{Junta sísmica colindancia}}$ = Junta sísmica entre colindancias (m).

$S_{\text{Junta sísmica conjunto}}$ = Junta sísmica entre módulos del mismo conjunto (m).

α = Factor de junta sísmica que depende del tipo de terreno.

H = Altura del módulo analizado (m).

$$S_{\text{Junta sísmica conjunto}} \geq 2 * \alpha * H$$

$$S_{\text{Junta sísmica conjunto}} \geq 2 * 0,007 * 7,20 \text{ m}$$

$$S_{\text{Junta sísmica conjunto}} \geq 0,12 \text{ m}$$

$$S_{\text{Junta sísmica conjunto}} = 0,15 \text{ m}$$

Se utilizará una junta sísmica de $S_{\text{Junta sísmica conjunto}} = 0,15 \text{ m}$ entre los módulos.

2.3.5. Análisis de marcos rígidos a través del uso de un software y comprobación por un método numérico

A continuación, se calculan los diagramas de momentos para cargas muertas, cargas vivas y cargas sísmicas en vigas y columnas por medio de un método numérico (Kani) y por medio del uso de un software (Etabs), cotejando finalmente los cálculos realizados por ambas formas.

2.3.5.1. Análisis de marcos rígidos por el método de Kani

Se utilizará el método de Kani para calcular el comportamiento de las fuerzas internas en las columnas y vigas de cada uno de los marcos que forman parte del módulo 1, este método se puede aplicar únicamente para miembros de sección constante, no incluye los casos cuando existen columnas de diferente altura en un mismo piso o cuando hay articulaciones en los apoyos de las columnas.

A continuación, se describe cada uno de los pasos y fórmulas a utilizar en casos donde se analizan marcos “sin ladeo” los cuales son afectados por cargas gravitacionales (carga muerta y carga viva).

- Paso No. 1, calcular la rigidez de cada elemento (vigas y columnas):

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}^3};$$

Donde:

K_{ik} = Rigidez del elemento analizado (viga o columna) (m^3).

I = Inercia del elemento analizado (m^4).

L_{ik} = Longitud del elemento analizado (m).

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

Donde:

I = Inercia del elemento (viga o columna) analizado (m^4).

b = Base de la sección analizada (m).

h = Altura de la sección analizada (m).

- Paso No. 2, calcular los factores de giro de los elementos (vigas y columnas) que actúan en cada nodo, la sumatoria de los factores de giro en cada nodo debe ser igual a -0,5:

$$\mu_{ik} = -\left(\frac{1}{2}\right) * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}};$$

Donde:

μ_{ik} = factor de giro del elemento (viga o columna) que actúa en el nodo analizado.

K_{ik} = rigidez del elemento (viga o columna) que actúa en el nodo analizado (m^3).

$\sum K_{ik}$ = sumatoria de las rigideces de los elementos (vigas o columnas) que actúan en el nodo analizado (en zapatas por definición el factor de giro es igual a $\mu_{ik} = 0$, debido a que las columnas se encuentran empotradas) (m^3).

- Paso No. 3, calcular los momentos fijos o de empotramiento, en cada extremo de las vigas (signo negativo para el extremo izquierdo y signo positivo para el extremo derecho), para ello se deben usar las cargas gravitacionales (cargas muertas o cargas vivas) distribuidos y/o puntuales en cada tramo de viga:

$$MF_{ik} = \pm \frac{W * L^2}{12};$$

Donde:

MF_{ik} = momento fijo o de empotramiento en el extremo analizado debido una carga distribuida ($kg * m$).

W = carga distribuida en el tramo (viga) analizado (kg).

L = longitud del tramo (viga) analizado (m).

$$MF_{ik} = \pm \frac{P * L}{8};$$

Donde:

MF_{ik} = momento fijo o de empotramiento en el extremo analizado debido a una carga puntual (kg * m).

P = carga puntual en el tramo (viga) analizado (kg).

L = longitud del tramo (viga) analizado (m).

Nota 1: por definición el momento fijo o de empotramiento de columnas $MF_{ik} = 0,00$ kg * m.

Nota 2: la fórmula para momentos fijos o de empotramiento debidos a cargas puntuales debe omitirse en el caso en el que no existan las mismas en el análisis estructural.

- Paso No. 4, calcular el momento de sujeción en cada nodo, para ello se suman los momentos fijos o de empotramiento actuantes en el nodo.

$$M_s = \sum MF_{ik};$$

Donde:

M_s = momento de sujeción (kg * m).

$\sum MF_{ik}$ = sumatoria de momentos fijos o de empotramiento que actúan en el nodo (kg * m).

- Paso No. 5, calcular las iteraciones por influencias de giro.

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * (M_{si} + \sum M'_{in});$$

Donde:

M'_{ik} = influencia de giro que corresponde a la misma dirección del factor de giro aplicado en el nodo (kg * m).

μ_{ik} = factor de giro del elemento (viga o columna) que actúa en el nodo analizado.

M_{si} = momento de sujeción del nodo analizado (kg * m).

$\sum M'_{in}$ = sumatoria de influencias de giro de los elementos (vigas y columnas) que llegan al nodo analizado en la iteración n (kg * m).

- Paso No. 6, calcular los momentos finales, en cada extremo de vigas y de columnas.

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

Donde:

M_{ik} = momento final en el extremo del elemento analizado (kg * m).

MF_{ik} = momento fijo o de empotramiento del extremo del elemento (viga o columna) analizado (kg * m).

M'_{ik} = momento por influencia de giro en el extremo analizado del elemento (viga o columna) (kg * m).

M'_{ki} = momento por influencia de giro en el extremo contrario del elemento analizado (viga o columna) (kg * m).

- Paso No. 7, calcular los momentos finales, en el centro de las vigas.

$$M_{(+)} = \frac{W * L^2}{8} + \frac{P * L}{4} - \left(\frac{|M_i(-)| + |M_k(-)|}{2} \right);$$

Donde:

$M_{(+)}$ = momento final en el centro de la viga (kg * m).

$\frac{W * L^2}{8}$ = momento máximo positivo en el centro de la viga debido a una carga distribuida (kg * m).

$\frac{P * L}{4}$ = momento máximo positivo en el centro de la viga debido a una carga puntual (kg * m).

$M_{i(-)}$ = valor absoluto del momento negativo en el lado izquierdo de la viga (kg * m).

$M_{k(-)}$ = valor absoluto del momento negativo en el lado derecho de la viga (kg * m).

Nota: el momento máximo positivo en el centro de la viga debido a una carga puntual debe omitirse en el caso en el que no exista la misma.

Se describió anteriormente cada uno de los pasos y fórmulas a utilizar en casos donde se analizan marcos sin ladeo, ahora se describen cada uno de los pasos y fórmulas a utilizar en casos donde se analizan marcos “con ladeo” los cuales son afectados por cargas laterales (carga de sismo).

- Paso No. 1, calcular la rigidez de cada elemento (vigas y columnas):

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}^3};$$

Donde:

K_{ik} = rigidez del elemento analizado (viga o columna) (m^3).

I = inercia del elemento analizado (m^4).

L_{ik} = longitud del elemento analizado (m).

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

Donde:

I = inercia del elemento (viga o columna) analizado (m^4).

b = base de la sección analizada (m).

h = altura de la sección analizada (m).

Nota: en el caso de ya haber calculado con anterioridad las rigideces de cada elemento (análisis “sin ladeo”), se utilizarán exactamente los mismos para este análisis “con ladeo”.

- Paso No. 2, calcular los factores de giro de los elementos (vigas y columnas) que actúan en cada nodo, la sumatoria de los factores de giro en cada nodo debe ser igual a -0,5:

$$\mu_{ik} = -\left(\frac{1}{2}\right) * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}};$$

Donde:

μ_{ik} = factor de giro del elemento (viga o columna) que actúa en el nodo analizado.

K_{ik} = rigidez del elemento (viga o columna) que actúa en el nodo analizado (m^3).

$\sum K_{ik}$ = sumatoria de las rigideces de los elementos (vigas o columnas) que actúan en el nodo analizado (en zapatas por definición el factor de giro es igual a $\mu_{ik} = 0$) (m^3).

Nota: en el caso de ya haber calculado con anterioridad los factores de giro en cada nodo (análisis “sin ladeo”), se utilizarán exactamente los mismos para este análisis “con ladeo”.

- Paso No. 3, calcular los factores de corrimiento de las columnas, en cada nodo, debido al análisis de marcos con ladeo.

$$v_{ik} = - \left(\frac{3}{2} \right) * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}};$$

Donde:

v_{ik} = factor de corrimiento de la columna que actúa en el nodo del nivel analizado.

K_{ik} = rigidez de la columna que actúa en el nodo del nivel analizado (m^3).

$\sum K_{ik}$ = sumatoria de las rigideces de todas las columnas que actúan en el nivel analizado (m^3).

- Paso No. 4, los momentos fijos o de empotramiento, en cada extremo de las vigas y columnas por definición son $MF_{ik} = 0,00 \text{ kg} * \text{m}$, debido a que no actúan cargas gravitacionales (cargas muertas y cargas vivas) y se analizan únicamente las fuerzas laterales por sismo aplicadas en cada nivel de la estructura.
- Paso No. 5, los momentos de sujeción, en cada nodo por definición son $M_s = 0,00 \text{ kg} * \text{m}$, debido a que no existen momentos fijos o de empotramiento.
- Paso No. 6, definir las fuerzas de sujeción, las fuerzas de sujeción son las fuerzas laterales aplicadas por nivel al marco de la estructura, obtenidas del análisis de cargas laterales por sismo y/o torsión.

$$H_n = MF_{\text{Nivel } n};$$

Donde:

H_n = fuerza de sujeción en el nivel n del marco analizado (kg).

$MF_{Nivel\ n}$ = fuerza por sismo y/o torsión aplicada en el nivel n (kg).

- Paso No. 7, calcular las fuerzas cortantes en el piso, para ello se deben sumar las fuerzas de sujeción que llegan al nivel analizado.

$$Q_n = \sum H_n;$$

Donde:

Q_n = fuerza cortante en el piso aplicada en el nivel n (kg * m).

$\sum H_n$ = sumatoria correspondiente de fuerzas laterales desde el último nivel hasta el nivel analizado (kg * m).

- Paso No. 8, calcular los momentos de piso, para ello se utilizan las fuerzas cortantes en el piso calculadas anteriormente y las alturas de cada nivel de la estructura analizada.

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3};$$

Donde:

M_n = momento de piso aplicado a la columna del nivel n (kg * m).

Q_n = fuerza cortante en el piso aplicada en el nivel n (kg * m).

h_n = altura del nivel n (m).

- Paso No. 9, calcular las iteraciones por influencias de giro.

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * [\sum M''_{ik} + \sum (M'_{in} + M'_{ni})];$$

Donde:

M'_{ik} = influencia de giro que corresponde a la misma dirección del factor de giro aplicado en el nodo (kg * m).

μ_{ik} = factor de giro del elemento (viga o columna) que actúa en el nodo analizado.

$\sum M''_{ik}$ = sumatoria de influencias de desplazamiento de la columna, correspondientes desde el último nivel hasta el nivel analizado (kg * m).

$\sum M'_{in}$ = sumatoria de influencias de giro de los elementos (vigas y columnas) que llegan al nodo analizado en la iteración n (kg * m).

Nota 1: por definición la primera iteración de influencias de giro en marcos con ladeo es $M'_{ik} = 0,00$ kg * m.

Nota 2: Para la primera iteración se deben colocar valores por influencias de giro igual a 0,00 kg * m en todos los nodos del marco analizado, luego se procede a calcular los valores por influencias de desplazamiento en todas las columnas del marco analizado (esto se hace por nivel), y para las iteraciones de la segunda en adelante se debe calcular primero los valores por influencias de giro en todos los nodos el marco analizado y luego se calculan los valores por influencias de desplazamiento en todas las columnas del marco analizado (esto se hace por nivel), esta procedimiento se realiza en cada iteración hasta converger en el resultado buscado.

- Paso No. 10, calcular las iteraciones por influencias de desplazamiento, este valor se calcula por nivel y es el mismo en todas las columnas de un mismo nivel en la iteración n.

$$M''_{ik} = \mu_{ik} * [\sum (M'_{ik} + M'_{ki})]; \text{ Ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = \nu_{ik} * [M_n + \sum(M'_{ik} + M'_{ki})]; \text{ Ladeo por fuerza horizontal};$$

Donde:

M''_{ik} = influencia de desplazamiento correspondiente a la columna del nivel analizado (kg * m).

ν_{ik} = factor de corrimiento de la columna que actúa en el nodo del nivel analizado.

M_n = momento de piso aplicado a la columna del nivel n (kg * m).

$\sum(M'_{ik} + M'_{ki})$ = sumatoria de influencias de giro, de ambos extremos de todas las columnas del nivel n en la iteración n (kg * m).

- Paso No. 11, calcular los momentos finales, en cada extremo de vigas y de columnas.

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2 * M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ki};$$

Donde:

M_{ik} = momento final en el extremo del elemento analizado (kg * m).

MF_{ik} = momento fijo o de empotramiento del extremo del elemento (viga o columna) analizado (por definición este valor siempre es $MF_{ik} = 0,00$ kg * m) (kg * m).

M'_{ik} = momento por influencia de giro en el extremo analizado del elemento (viga o columna) (kg * m).

M'_{ki} = momento por influencia de giro en el extremo contrario del elemento analizado (viga o columna) (kg * m).

M''_{ki} = momento por influencia de desplazamiento (este valor se suma únicamente cuando se está calculando el momento de una columna) (kg * m).

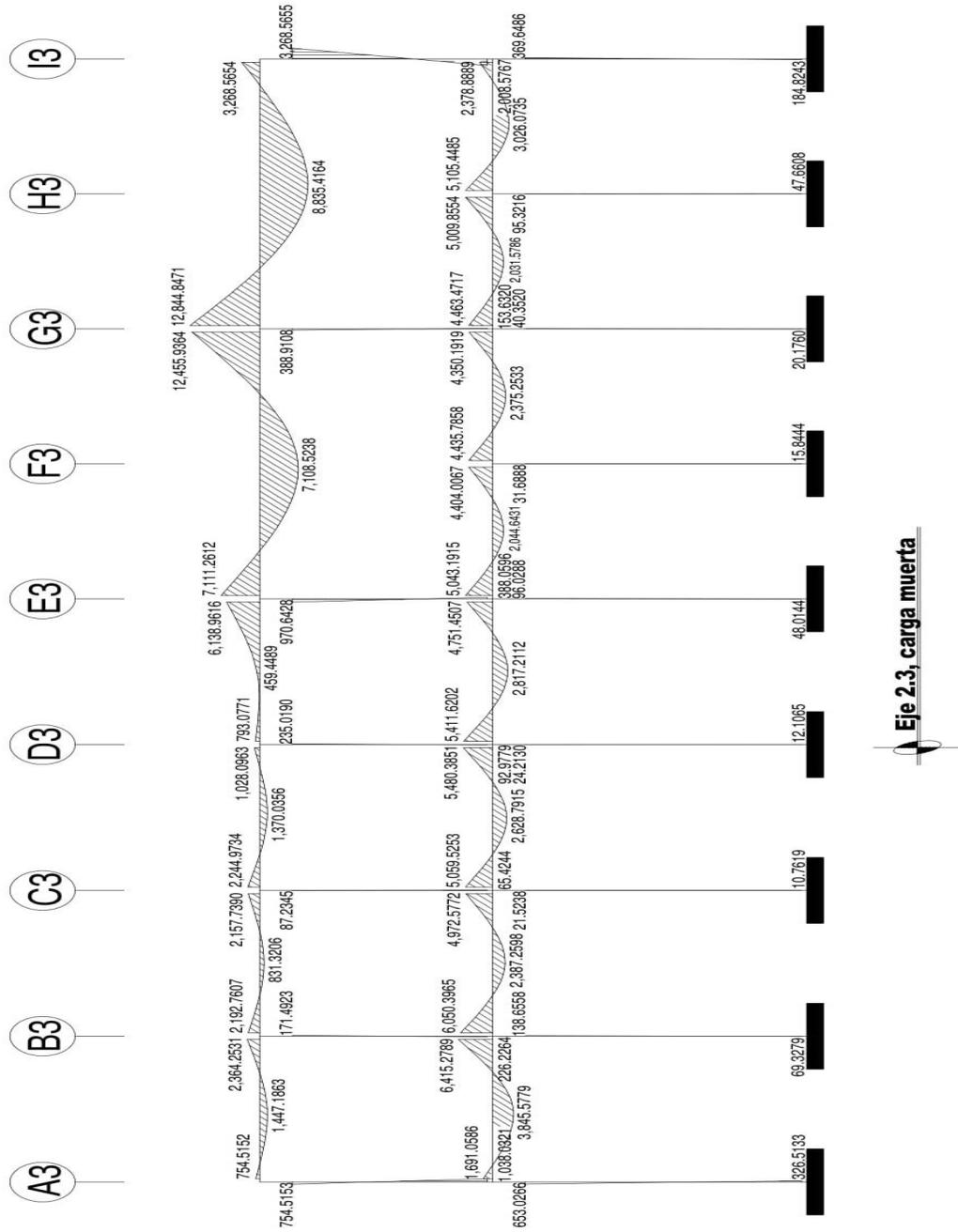
A continuación, se realiza el cálculo empleando los 2 tipos de condiciones explicados anteriormente, la primera condición es que la estructura posee nudos rígidos (marcos sin ladeo) y se utilizará para calcular las reacciones debidas a cargas verticales (carga muerta y carga viva) y la segunda condición es que la estructura posee nudos desplazables en sentido horizontal (marcos con ladeo) que se utilizará para calcular las reacciones debidas a las cargas horizontales (carga sísmica).

Figura 18. Análisis método de Kani, CM eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 2 de 3, módulo 1

L = 4.44 m		EJE C3	L = 4.44 m		EJE D3	L = 4.44 m		EJE E3
-2 004,3803	2 004,3803	0,0000	-2 004,3803	2 004,3803	0,0000	-2 004,3803	2 004,3803	-8 159,1853
-184,9782	41,6571	-0,2252	41,6571	-9,3812	-0,2252	-9,3812	2 319,8729	-0,2840
-174,7220	42,1234	-0,0496	42,1234	-534,6283	-0,0496	-534,6283	2 559,1047	-0,0625
-151,9194	155,7491	0,0000	155,7491	-615,7888	0,0000	-615,7888	2 384,0080	0,0000
-172,7462	175,0634	9,1749	175,0634	-581,0540	-2,0662	-581,0540	2 358,0394	510,5354
-178,6417	167,9573	34,3035	167,9573	-572,7699	-135,6267	-572,7699	2 353,9090	563,1833
-177,5478	165,7251	38,5575	165,7251	-571,1534	-127,9764	-571,1534	2 352,8845	524,6497
-176,9437	165,2024	36,9924	165,2024	-570,7661	-126,1518	-570,7661	2 352,6649	518,9347
-176,7691	165,0722	36,5007	165,0722	-570,6793	-125,7958	-570,6793	2 352,6226	518,0258
-176,7221	165,0413	36,3856	165,0413	-570,6613	-125,7105	-570,6613	2 352,6188	517,8003
-176,7102	165,0343	36,3569	165,0343	-570,6586	-125,6914	-570,6586	2 352,6194	517,7520
-176,7073	165,0329	36,3501	165,0329	-570,6584	-125,6874	-570,6584	2 352,6198	517,7426
-176,7067	165,0327	36,3486	165,0327	-570,6584	-125,6868	-570,6584	2 352,6198	517,7418
-176,7066	165,0326	36,3483	165,0326	-570,6583	-125,6867	-570,6583	2 352,6198	517,7419
-176,7065	165,0326	36,3482	165,0326	-570,6583	-125,6867	-570,6583	2 352,6198	517,7420
-176,7065	165,0326	36,3482	165,0326	-570,6583	-125,6867	-570,6583	2 352,6198	517,7420
-2 192,7607	2 157,7390	36,3482	-2 244,9734	1 028,0963	-125,6867	-793,0771	6 138,9616	517,7420
831,3206	87,2345	65,4244	1 370,0356	-235,0190	-92,9779	-459,4489	970,6428	388,0596
		14,5381			16,3544			-64,8412
		14,5381			16,3544			-64,8412
		14,5381			16,3544			-64,8412
		14,5380			16,3544			-64,8412
		14,5380			16,3545			-64,8413
		14,5378			16,3546			-64,8414
		14,5372			16,3550			-64,8418
		14,5358			16,3563			-64,8439
		14,5327			16,3629			-64,8547
		14,5164			16,3983			-64,9043
		14,4160			16,5712			-65,1163
		13,8819			17,3863			-65,8842
		11,1663			21,0974			-65,6659
		-5,0557			19,5547			-64,3588
		-2,9455			12,0191			-56,8583
		0,0000			0,0000			0,0000
-5 265,8311	5 265,8311	-0,0462	-5 265,8311	5 265,8311	-0,0462	-5 265,8311	5 265,8311	-0,0447
11,3538	-13,3759	-0,0342	-13,3759	54,5805	-0,0342	54,5805	-258,0885	-0,0331
-371,8050	-22,9587	0,0000	-22,9587	88,8002	0,0000	88,8002	-292,1342	0,0000
-417,9846	50,7078	-2,1804	50,7078	95,8058	8,8973	95,8058	-298,0675	-42,1032
-424,2784	63,0394	-3,7426	63,0394	78,9534	14,4755	78,9534	-299,0583	-47,6572
-425,1751	65,4647	8,2660	65,4647	75,2521	15,6175	75,2521	-295,5726	-48,6251
-425,2516	65,9208	10,2762	65,9208	74,4667	12,8704	74,4667	-294,6104	-48,7867
-425,2601	65,9947	10,6716	65,9947	74,3059	12,2670	74,3059	-294,3853	-48,2181
-425,2790	66,0088	10,7459	66,0088	74,2761	12,1390	74,2761	-294,3362	-48,0611
-425,2881	66,0154	10,7580	66,0154	74,2703	12,1128	74,2703	-294,3266	-48,0244
-425,2911	66,0180	10,7602	66,0180	74,2684	12,1079	74,2684	-294,3247	-48,0164
-425,2920	66,0188	10,7613	66,0188	74,2677	12,1070	74,2677	-294,3242	-48,0148
-425,2923	66,0191	10,7618	66,0191	74,2675	12,1067	74,2675	-294,3240	-48,0145
-425,2923	66,0192	10,7619	66,0192	74,2674	12,1066	74,2674	-294,3239	-48,0144
-425,2923	66,0192	10,7619	66,0192	74,2674	12,1065	74,2674	-294,3239	-48,0144
-425,2923	66,0192	10,7619	66,0192	74,2674	12,1065	74,2674	-294,3239	-48,0144
-6 050,3965	4 972,5772	10,7619	-5 059,5253	5 480,3851	12,1065	-5 411,6202	4 751,4507	-48,0144
2 387,2598	21,5238	10,7619	2 628,7915	24,2130	12,1065	2 817,2112	-96,0288	-48,0144
		0,0000			0,0000			0,0000
		0,0000			0,0000			0,0000

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 20. Diagrama de momentos de carga muerta eje 2,3 (eje Y), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 21. Análisis método de Kani, CV eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 1 de 3, módulo 1

Datos:	
Descripción	Valor
Dimensiones de vigas	0.35 m * 0.70m
Inercia de vigas expresada en m ⁴	0,01000417
Dimensiones de columnas	0.40m * 0.40m
Inercia de columnas expresada en m ⁴	0,00213333
Altura 2do. Nivel expresada en m	4.30
Altura 1er. Nivel expresada en m	5.80
Carga viva distribuida de techo, expresada en kg / ml	210,61
Carga viva puntual de vigas secundarias de techo entre ejes E3 y G3 y entre ejes G3 e I3, expresado en kg	1 047,50
Carga viva distribuida de entrepiso, expresada en kg / ml	421,23
Sentido de análisis de nodos	A-B-C-D-E-G-I-P-O-N-M-L-K-J-H

EJE A3		L = 4.44 m		EJE B3	
-345,9901		-345,9901	345,9901	0,0000	
-0,0902				-0,2252	
0,0000	A	141,7867	-31,9304	0,0000	B
31,2083		133,3807	-31,7538	-7,0326	
29,3581		131,6321	-29,0023	-6,9937	
28,9732		132,5476	-36,1666	-6,9288	
28,6809		133,2244	-36,0036	-7,6095	
29,1747		133,1629	-35,8853	-7,9657	
29,3237		133,1142	-35,8494	-7,9297	
29,3101		133,0990	-35,8398	-7,9037	
29,2994		133,0949	-35,8375	-7,8958	
29,2961		133,0939	-35,8369	-7,8937	
29,2952		133,0937	-35,8368	-7,8932	
29,2950		133,0937	-35,8368	-7,8930	
29,2949		133,0937	-35,8368	-7,8930	
29,2949		133,0937	-35,8368	-7,8930	
29,2949		-115,6395	407,4102	-7,8930	
29,2949		257,4603		-7,8930	
115,6396				-27,6784	
	143,3945				-31,6778
	57,0498				-11,8924
	57,0498				-11,8924
	57,0498				-11,8924
	57,0498				-11,8924
	57,0498				-11,8924
	57,0498				-11,8924
	57,0497				-11,8922
	57,0493				-11,8919
	57,0482				-11,8913
	57,0476				-11,8925
	57,0606				-11,8956
	57,0953				-11,8831
	57,0225				-11,7459
	56,5333				-10,4773
	52,4429				0,4313
	0,0000				0,0000
	-0,0796				-0,0462
	-691,9966	-691,9966	691,9966		0,0000
	-0,0590				-0,0342
0,0000	H	238,1011	1,9585	0,0000	I
38,8710		256,6725	-47,5787	0,3193	
41,9028		259,2243	-53,3396	-7,7559	
42,2654		259,0664	-54,0193	-8,6950	
42,3194		259,0076	-54,0055	-8,7966	
42,2936		259,0105	-54,0000	-8,8058	
42,2840		259,0153	-54,0025	-8,8036	
42,2845		259,0170	-54,0041	-8,8027	
42,2853		259,0176	-54,0047	-8,8031	
42,2856		259,0177	-54,0049	-8,8033	
42,2857		259,0178	-54,0049	-8,8034	
42,2857		259,0178	-54,0049	-8,8035	
42,2857		259,0178	-54,0049	-8,8035	
42,2857		259,0178	-54,0049	-8,8035	
42,2857		259,0178	-54,0049	-8,8035	
42,2857		-227,9659	843,0046	-8,8035	
42,2857		502,5097		-8,8035	
84,5714				-17,6070	
	42,2857				-8,8035
	0,0000				0,0000
	0,0000				0,0000

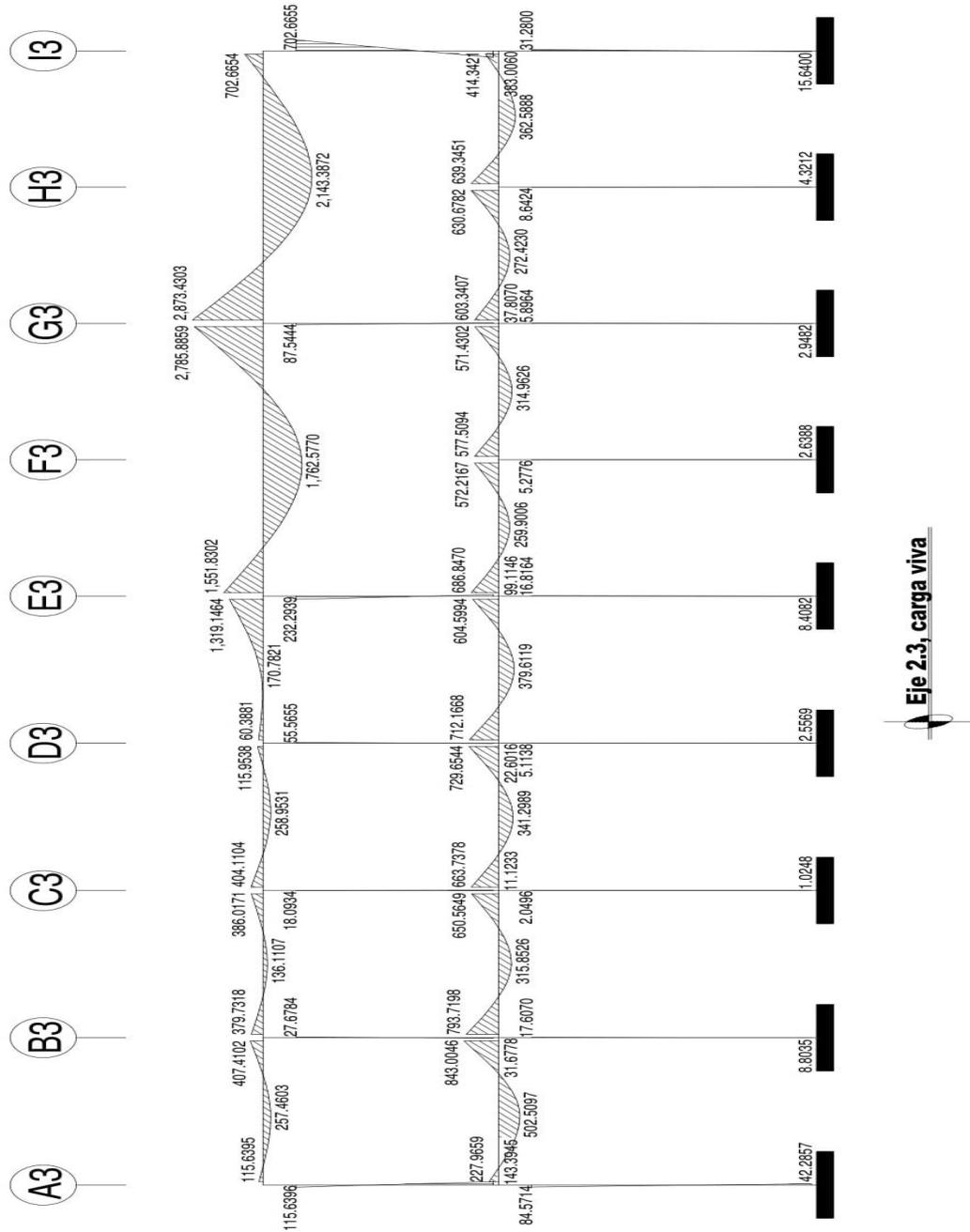
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 22. Análisis método de Kani, CV eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 2 de 3, módulo 1

L = 4.44 m			EJE C3	L = 4.44 m			EJE D3	L = 4.44 m			EJE E3
-345,9901	345,9901		0,0000	-345,9901	345,9901	0,0000	-345,9901	345,9901	-1,6193	544,6601	-1 916,1979
-31,9304	7,1907		-0,0496	7,1907	-1,6193	-0,0496	-1,6193	544,6601	0,0000	0,0625	
-31,7538	7,6298	0,0000		7,6298	-124,8414	0,0000	-124,8414	599,7868	0,0000		
-29,0023	34,8601	1,5837	C	34,8601	-143,7646	-0,3567	-143,7646	561,2250	119,8636		
-34,5498	39,9334	1,6805		39,9334	-136,2967	-27,4961	-136,2967	554,8986	131,9953		
-36,1666	38,5449	7,6779		38,5449	-134,4519	-31,6640	-134,4519	553,8503	123,5090		
-36,0036	38,0781	8,7953		38,0781	-134,0867	-30,0192	-134,0867	553,6228	122,1168		
-35,8853	37,9664	8,4895		37,9664	-134,0051	-29,6129	-134,0051	553,5785	121,8861		
-35,8494	37,9396	8,3866		37,9396	-133,9880	-29,5324	-133,9880	553,5708	121,8360		
-35,8398	37,9335	8,3620		37,9335	-133,9847	-29,5144	-133,9847	553,5701	121,8263		
-35,8375	37,9322	8,3561		37,9322	-133,9842	-29,5107	-133,9842	553,5701	121,8246		
-35,8369	37,9320	8,3548		37,9320	-133,9842	-29,5100	-133,9842	553,5702	121,8244		
-35,8368	37,9319	8,3545		37,9319	-133,9841	-29,5098	-133,9841	553,5702	121,8244		
-35,8368	37,9319	8,3545		37,9319	-133,9841	-29,5098	-133,9841	553,5702	121,8244		
-35,8368	37,9319	8,3545		37,9319	-133,9841	-29,5098	-133,9841	553,5702	121,8244		
-379,7318	386,0171	8,3545		-404,1104	115,9538	-29,5098	-60,3881	1 319,1464	121,8244		
136,1107	8,3545			258,9531	-29,5098		-170,7821	121,8244			
	18,0934				-55,5655			232,2939			
		11,1233				-22,6016			99,1146		
		1,3844				3,4541			-11,3549		
		1,3844				3,4541			-11,3549		
		1,3844				3,4541			-11,3549		
		1,3844				3,4541			-11,3549		
		1,3843				3,4542			-11,3549		
		1,3842				3,4542			-11,3549		
		1,3840				3,4544			-11,3552		
		1,3838				3,4552			-11,3567		
		1,3823				3,4600			-11,3635		
		1,3700				3,4834			-11,3921		
		1,3048				3,5898			-11,4951		
		0,9902				4,0669			-11,4645		
		-0,9526				3,7393			-11,2662		
		-0,5070				2,0679			-9,7820		
		0,0000				0,0000			0,0000		
-691,9966	691,9966		-0,0462	-691,9966	691,9966		-0,0462	-691,9966	691,9966		-0,0447
1,9585	-2,3024		-0,0342	-2,3024	9,3904		-0,0342	9,3904	-44,4021		-0,0331
-47,5787	-4,3260	0,0000		-4,3260	16,9807	0,0000		16,9807	-51,1392	0,0000	
-53,3396	4,4965	-0,3753	J	4,4965	18,4685	1,5308		18,4685	-52,0392	-7,2435	
-53,9625	5,9253	-0,7052		5,9253	16,3016	2,7681		16,3016	-52,1781	-8,3426	
-54,0193	6,2215	0,7330		6,2215	15,8185	3,0106		15,8185	-51,7106	-8,4894	
-54,0055	6,2773	0,9659		6,2773	15,7123	2,6574		15,7123	-51,5808	-8,5120	
-54,0000	6,2842	1,0142		6,2842	15,6903	2,5786		15,6903	-51,5498	-8,4358	
-54,0025	6,2850	1,0233		6,2850	15,6866	2,5613		15,6866	-51,5430	-8,4146	
-54,0041	6,2859	1,0244		6,2859	15,6861	2,5577		15,6861	-51,5417	-8,4095	
-54,0047	6,2864	1,0245		6,2864	15,6858	2,5571		15,6858	-51,5415	-8,4084	
-54,0049	6,2866	1,0247		6,2866	15,6857	2,5570		15,6857	-51,5414	-8,4082	
-54,0049	6,2866	1,0248		6,2866	15,6856	2,5570		15,6856	-51,5414	-8,4082	
-54,0049	6,2866	1,0248		6,2866	15,6856	2,5569		15,6856	-51,5414	-8,4082	
-54,0049	6,2866	1,0248		6,2866	15,6856	2,5569		15,6856	-51,5414	-8,4082	
-793,7198	650,5649	1,0248		-663,7378	729,6544	2,5569		-712,1668	604,5994	-8,4082	
315,8526	2,0496			341,2989	2,5569			379,6119	-8,4082		
		1,0248			5,1138				-16,8164		
		0,0000				2,5569			0,0000		
		0,0000				0,0000			0,0000		
		0,0000				0,0000			0,0000		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

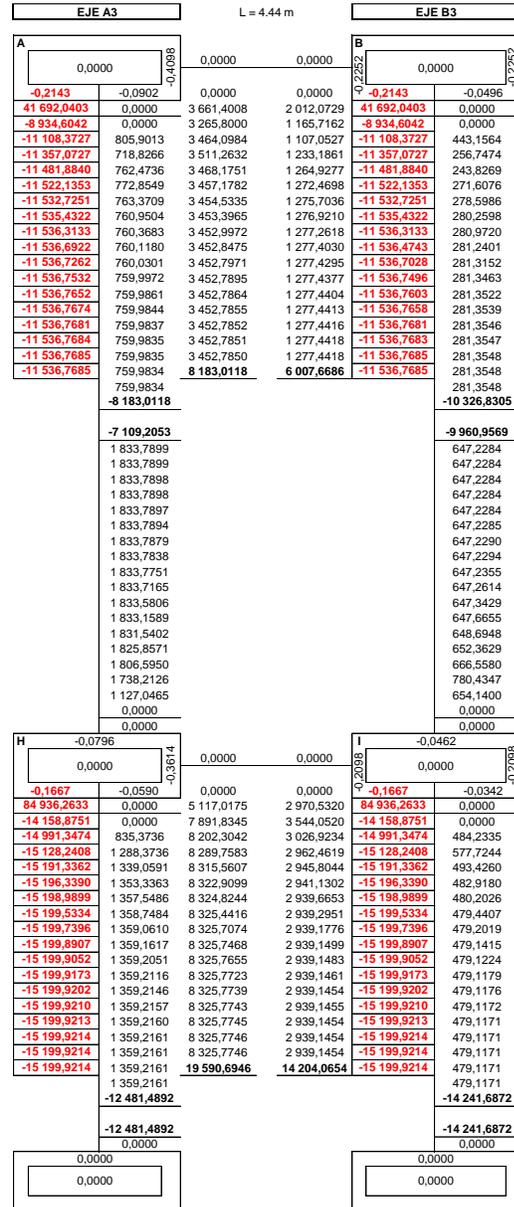
Figura 24. Diagrama de momentos de carga viva eje 2,3 (eje Y), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 25. Análisis método de Kani, CS eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 1 de 3, módulo 1

Datos:	
Descripción	Valor
Fuerza de sismo (Fuerza de sujeción) 2do. Nivel, expresado en kg	29 087,4700
Momento de piso 2do. Nivel, expresado en kg * m	41 692,0403
Fuerza de sismo (Fuerza de sujeción) 1er. Nivel, expresado en kg	14 845,0800
Momento de piso 1er. Nivel, expresado en kg * m	84 936,2633
Dimensiones de vigas	0,35 m * 0,70m
Inercia de vigas expresada en m ⁴	0,01000417
Dimensiones de columnas	0,40m * 0,40m
Inercia de columnas expresada en m ⁴	0,00213333
Altura 2do. Nivel expresada en m	4,30
Altura 1er. Nivel expresada en m	5,80
Sentido de análisis de nodos	A-B-C-D-E-G-I-P-O-N-M-L-K-J-H



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 26.

Análisis método de Kani, CS eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 2 de 3, módulo 1

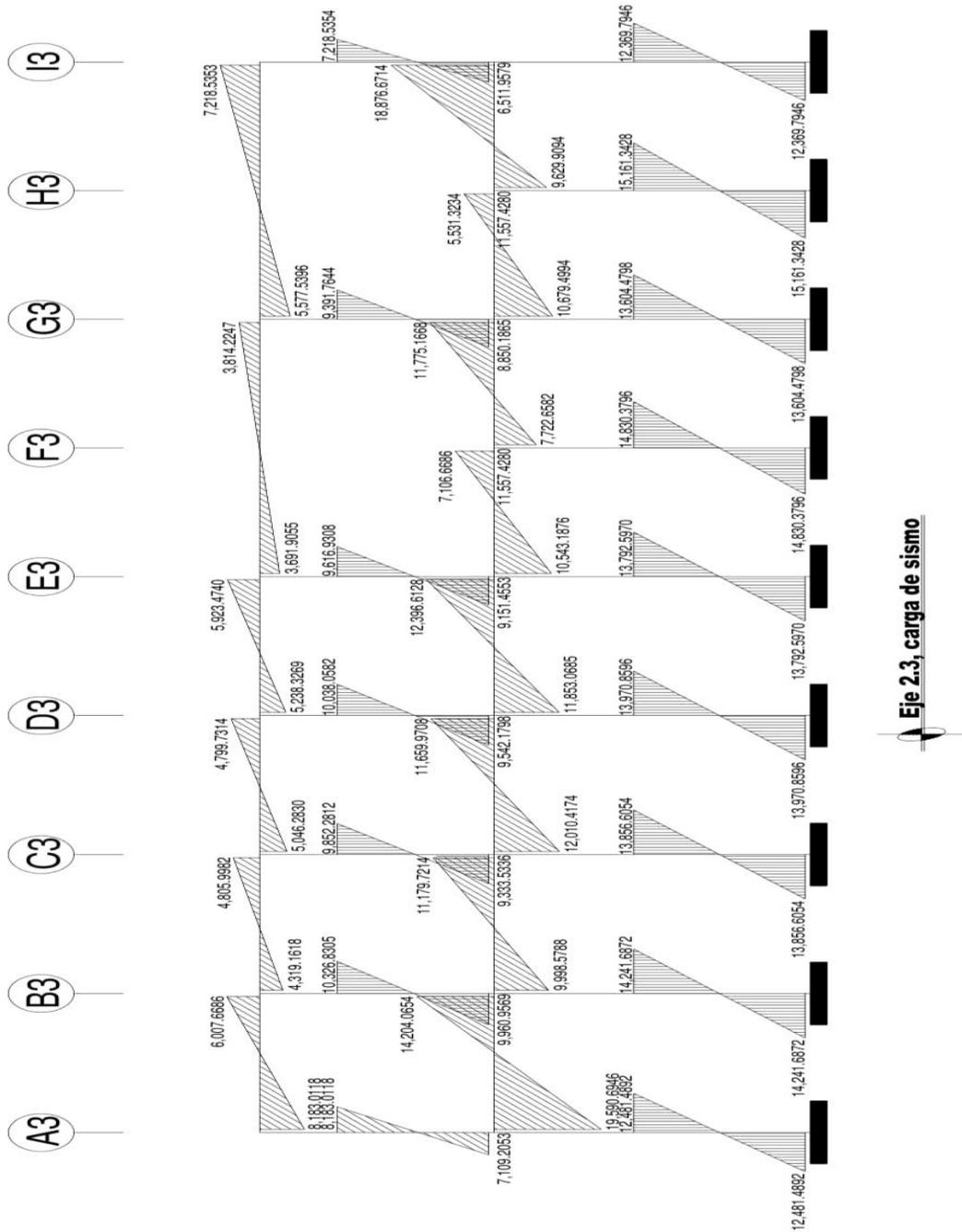
L = 4.44 m				L = 4.44 m				L = 4.44 m			
EJE C3				EJE D3				EJE E3			
0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
-0,2143		-0,0496		-0,2143		-0,0496		-0,2143		-0,0625	
41 692,0403		0,0000		41 692,0403		0,0000		41 692,0403		0,0000	
2 012,0729	2 012,0729	-8 934,6042	0,0000	2 012,0729	2 012,0729	-8 934,6042	0,0000	2 012,0729	2 537,4276	-8 934,6042	0,0000
1 165,7162	2 196,6749	-11 108,3727	443,1564	1 165,7162	2 196,6749	-11 108,3727	443,1564	1 165,7162	2 082,1688	-11 108,3727	558,4128
1 107,0527	1 828,1034	-11 357,0727	483,8147	1 107,0527	1 828,1034	-11 357,0727	483,8147	1 107,0527	1 470,6586	-11 357,0727	458,2238
1 233,1861	1 784,6892	-11 481,8840	402,6373	1 233,1861	1 784,6892	-11 481,8840	402,6373	1 233,1861	1 502,4825	-11 481,8840	510,5863
1 264,9277	1 776,4532	-11 522,1353	393,0754	1 264,9277	1 776,4532	-11 522,1353	393,0754	1 264,9277	1 513,7923	-11 522,1353	491,7716
1 272,4698	1 768,4749	-11 532,7251	391,2615	1 272,4698	1 768,4749	-11 532,7251	391,2615	1 272,4698	1 516,8494	-11 532,7251	486,3782
1 275,7036	1 765,4098	-11 536,4743	388,8291	1 275,7036	1 765,4098	-11 536,4743	388,8291	1 275,7036	2 202,9899	-11 536,4743	484,8129
1 276,9210	1 764,5379	-11 536,7028	388,5881	1 276,9210	1 764,5379	-11 536,7028	388,5881	1 276,9210	2 202,8955	-11 536,7028	484,8080
1 277,2618	1 764,3154	-11 536,7496	388,5810	1 277,2618	1 764,3154	-11 536,7496	388,5810	1 277,2618	1 517,7158	-11 536,7496	484,7891
1 277,4030	1 764,3006	-11 536,7603	388,5803	1 277,4030	1 764,3006	-11 536,7603	388,5803	1 277,4030	2 202,8752	-11 536,7603	484,7920
1 277,4295	1 764,2832	-11 536,7658	388,5800	1 277,4295	1 764,2832	-11 536,7658	388,5800	1 277,4295	2 202,8738	-11 536,7658	484,7875
1 277,4413	1 764,2787	-11 536,7685	388,5799	1 277,4413	1 764,2787	-11 536,7685	388,5799	1 277,4413	2 202,8737	-11 536,7685	484,7874
1 277,4418	1 764,2783	-11 536,7685	388,5800	1 277,4418	1 764,2783	-11 536,7685	388,5800	1 277,4418	5 238,3269	-11 536,7685	484,7874
1 277,4418	1 764,2782	-11 536,7685	388,5800	1 277,4418	1 764,2782	-11 536,7685	388,5800	1 277,4418	5 923,4740	-11 536,7685	484,7874
4 319,1618	4 805,9982	-11 536,7685	388,5799	5 046,2830	4 799,7314	-11 536,7685	388,5799	5 238,3269	5 923,4740	-11 536,7685	484,7874
		-9 852,2812				-10 038,0582				-9 151,4553	
		-9 333,5336				-9 542,1798				-9 151,4553	
		907,3275				830,1557				950,2629	
		907,3275				830,1557				950,2629	
		907,3275				830,1557				950,2629	
		907,3275				830,1558				950,2628	
		907,3275				830,1558				950,2627	
		907,3269				830,1559				950,2621	
		907,3260				830,1565				950,2606	
		907,3214				830,1585				950,2562	
		907,3041				830,1607				950,2357	
		907,2645				830,1887				950,1865	
		907,1172				830,2864				949,9915	
		906,6390				830,6722				949,3587	
		904,8649				832,1571				946,5641	
		898,2132				839,3024				938,6343	
		863,6604				846,6350				882,2929	
		844,1583				963,0979				440,4338	
		654,1400				654,1400				632,9017	
		0,0000				0,0000				0,0000	
		0,0000				0,0000				0,0000	
0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
-0,1667		-0,0342		-0,1667		-0,0342		-0,1667		-0,0331	
84 936,2633		0,0000		84 936,2633		0,0000		84 936,2633		0,0000	
2 970,5320	2 970,5320	-14 158,8751	0,0000	2 970,5320	2 970,5320	-14 158,8751	0,0000	2 970,5320	2 872,8358	-14 158,8751	0,0000
3 544,0520	3 833,4289	-14 991,3474	484,2335	3 544,0520	3 833,4289	-14 991,3474	484,2335	3 544,0520	1 999,1949	-14 991,3474	468,6588
3 026,9234	3 921,9904	-15 128,2408	624,8964	3 026,9234	3 921,9904	-15 128,2408	624,8964	3 026,9234	4 004,8598	-15 128,2408	326,1378
2 962,4619	4 078,8989	-15 191,3362	639,3330	2 962,4619	4 078,8989	-15 191,3362	639,3330	2 962,4619	4 260,6016	-15 191,3362	653,3310
2 945,8044	4 109,1052	-15 196,3390	664,9111	2 945,8044	4 109,1052	-15 196,3390	664,9111	2 945,8044	4 296,5964	-15 196,3390	695,0513
2 941,1302	4 117,1613	-15 198,9899	669,8351	2 941,1302	4 117,1613	-15 198,9899	669,8351	2 941,1302	3 772,1867	-15 198,9899	700,9233
2 939,6653	4 119,3331	-15 199,5334	671,1483	2 939,6653	4 119,3331	-15 199,5334	671,1483	2 939,6653	3 770,4347	-15 199,5334	702,9927
2 939,2951	4 120,0020	-15 199,7396	671,5023	2 939,2951	4 120,0020	-15 199,7396	671,5023	2 939,2951	3 769,9909	-15 199,7396	703,4612
2 939,1776	4 120,1820	-15 199,8907	671,6114	2 939,1776	4 120,1820	-15 199,8907	671,6114	2 939,1776	3 769,8640	-15 199,8907	703,6056
2 939,1483	4 120,2813	-15 199,9052	671,6407	2 939,1483	4 120,2813	-15 199,9052	671,6407	2 939,1483	3 769,8539	-15 199,9052	703,6421
2 939,1461	4 120,2853	-15 199,9173	671,6535	2 939,1461	4 120,2853	-15 199,9173	671,6535	2 939,1461	3 769,8451	-15 199,9173	703,6573
2 939,1454	4 120,2871	-15 199,9202	671,6569	2 939,1454	4 120,2871	-15 199,9202	671,6569	2 939,1454	3 769,8417	-15 199,9202	703,6606
2 939,1455	4 120,2879	-15 199,9210	671,6576	2 939,1455	4 120,2879	-15 199,9210	671,6576	2 939,1455	3 769,8417	-15 199,9210	703,6617
2 939,1454	4 120,2880	-15 199,9213	671,6579	2 939,1454	4 120,2880	-15 199,9213	671,6579	2 939,1454	3 769,8416	-15 199,9213	703,6621
2 939,1454	4 120,2880	-15 199,9214	671,6580	2 939,1454	4 120,2880	-15 199,9214	671,6580	2 939,1454	3 769,8414	-15 199,9214	703,6622
2 939,1454	4 120,2880	-15 199,9214	671,6580	2 939,1454	4 120,2880	-15 199,9214	671,6580	2 939,1454	3 769,8414	-15 199,9214	703,6622
9 998,5788	11 179,7214	-15 199,9214	671,6580	12 010,4174	11 659,9708	-15 199,9214	671,6580	11 853,0685	12 396,6128	-15 199,9214	703,6622
		-13 856,6054				-13 970,8596				-13 792,5970	
		-13 856,6054				-13 970,8596				-13 792,5970	
		0,0000				0,0000				0,0000	
		0,0000				0,0000				0,0000	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 27. Análisis método de Kani, CS eje 2,3 (eje Y), (kg * m), parte 3 de 3, módulo 1

L = 4.11 m EJE F3			L = 4.11 m EJE G3			L = 4.11 m EJE H3			L = 4.11 m EJE I3		
F			F			F			F		
0.0000			0.0000			0.0000			0.0000		
0.0000			0.0000	-0.2143	-0.0846	0.0000			0.0000	-0.2143	-0.1448
1 370.5683			1 855.7173	-11 892.0403	0.0000	1 855.7173			3 173.5714	41 692.0403	0.0000
1 124.6644			1 287.1289	-8 934.6042	0.0000	1 287.1289			3 110.3075	-8 934.6042	0.0000
1 253.1829			1 260.5865	-11 108.3727	755.8675	1 260.5865			3 010.8825	-11 108.3727	1 293.7307
1 207.0043			1 298.9678	-11 307.0727	524.2711	1 298.9678			2 967.3853	-11 357.0727	1 267.9407
1 193.7666			1 312.5649	-11 481.8840	513.4599	1 312.5649			2 956.3523	-11 481.8840	1 227.4093
1 190.3539			1 312.2175	-11 522.1353	529.0933	1 312.2175			2 954.9377	-11 522.1353	1 209.6692
1 189.9248			1 311.8834	-11 532.7251	534.6316	1 311.8834			2 954.2655	-11 532.7251	1 205.1796
1 189.9128			1 312.0392	-11 535.4322	534.4902	1 312.0392			2 953.4829	-11 535.4322	1 204.6030
1 189.8663			1 312.0908	-11 536.3133	534.3540	1 312.0908			2 953.5218	-11 536.3133	1 204.3290
1 189.8736			1 312.1033	-11 536.4743	534.4175	1 312.1033			2 953.2374	-11 536.4743	1 204.0099
1 189.8738			1 312.1649	-11 536.7028	534.4385	1 312.1649			2 953.1934	-11 536.7028	1 203.8786
1 189.8648			1 312.1764	-11 536.7496	534.4436	1 312.1764			2 953.1870	-11 536.7496	1 203.8940
1 189.8629			1 312.1788	-11 536.7603	534.4687	1 312.1788			2 953.1800	-11 536.7603	1 203.8894
1 189.8625			1 312.1806	-11 536.7658	534.4734	1 312.1806			2 953.1775	-11 536.7658	1 203.8860
1 189.8622			1 312.1812	-11 536.7679	534.4743	1 312.1812			2 953.1771	-11 536.7679	1 203.8854
1 189.8621			1 312.1813	-11 536.7683	534.4751	1 312.1813			2 953.1771	-11 536.7683	1 203.8853
1 189.8621			1 312.1813	-11 536.7685	534.4753	1 312.1813			2 953.1770	-11 536.7685	1 203.8852
3 691.9055			3 814.2247	-11 536.7685	5 577.5396	5 577.5396			7 218.5353	-11 536.7685	1 203.8852
					534.4754						1 203.8852
					-9 391.7644						-7 218.5354
					-8 850.1865						-6 511.9579
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4626
					1 076.0532						1 910.4626
					1 076.0530						1 910.4623
					1 076.0522						1 910.4614
					1 076.0499						1 910.4542
					1 076.0416						1 910.4313
					1 076.0068						1 910.4142
					1 075.8848						1 910.3050
					1 075.1434						1 909.2884
					1 074.3282						1 906.3598
					1 068.1684						1 901.4261
					1 041.4807						1 886.5066
					1 009.9395						1 828.8472
					924.3164						1 619.9025
					613.0793						1 064.7474
					0.0000						0.0000
					0.0000						0.0000
					-8 850.1865						-6 511.9579
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4626
					1 076.0532						1 910.4626
					1 076.0530						1 910.4623
					1 076.0522						1 910.4614
					1 076.0499						1 910.4542
					1 076.0416						1 910.4313
					1 076.0068						1 910.4142
					1 075.8848						1 910.3050
					1 075.1434						1 909.2884
					1 074.3282						1 906.3598
					1 068.1684						1 901.4261
					1 041.4807						1 886.5066
					1 009.9395						1 828.8472
					924.3164						1 619.9025
					613.0793						1 064.7474
					0.0000						0.0000
					0.0000						0.0000
					-8 850.1865						-6 511.9579
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4626
					1 076.0532						1 910.4626
					1 076.0530						1 910.4623
					1 076.0522						1 910.4614
					1 076.0499						1 910.4542
					1 076.0416						1 910.4313
					1 076.0068						1 910.4142
					1 075.8848						1 910.3050
					1 075.1434						1 909.2884
					1 074.3282						1 906.3598
					1 068.1684						1 901.4261
					1 041.4807						1 886.5066
					1 009.9395						1 828.8472
					924.3164						1 619.9025
					613.0793						1 064.7474
					0.0000						0.0000
					0.0000						0.0000
					-8 850.1865						-6 511.9579
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4626
					1 076.0532						1 910.4626
					1 076.0530						1 910.4623
					1 076.0522						1 910.4614
					1 076.0499						1 910.4542
					1 076.0416						1 910.4313
					1 076.0068						1 910.4142
					1 075.8848						1 910.3050
					1 075.1434						1 909.2884
					1 074.3282						1 906.3598
					1 068.1684						1 901.4261
					1 041.4807						1 886.5066
					1 009.9395						1 828.8472
					924.3164						1 619.9025
					613.0793						1 064.7474
					0.0000						0.0000
					0.0000						0.0000
					-8 850.1865						-6 511.9579
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4626
					1 076.0532						1 910.4626
					1 076.0530						1 910.4623
					1 076.0522						1 910.4614
					1 076.0499						1 910.4542
					1 076.0416						1 910.4313
					1 076.0068						1 910.4142
					1 075.8848						1 910.3050
					1 075.1434						1 909.2884
					1 074.3282						1 906.3598
					1 068.1684						1 901.4261
					1 041.4807						1 886.5066
					1 009.9395						1 828.8472
					924.3164						1 619.9025
					613.0793						1 064.7474
					0.0000						0.0000
					0.0000						0.0000
					-8 850.1865						-6 511.9579
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4627
					1 076.0533						1 910.4626
					1 076.0532						1 910.4626
					1 076.0530						1 910.4623
					1 076.0522						1 910.4614
					1 076.0499						1 910.4542
					1 076.0416						1 910.4313
					1 076.0068						

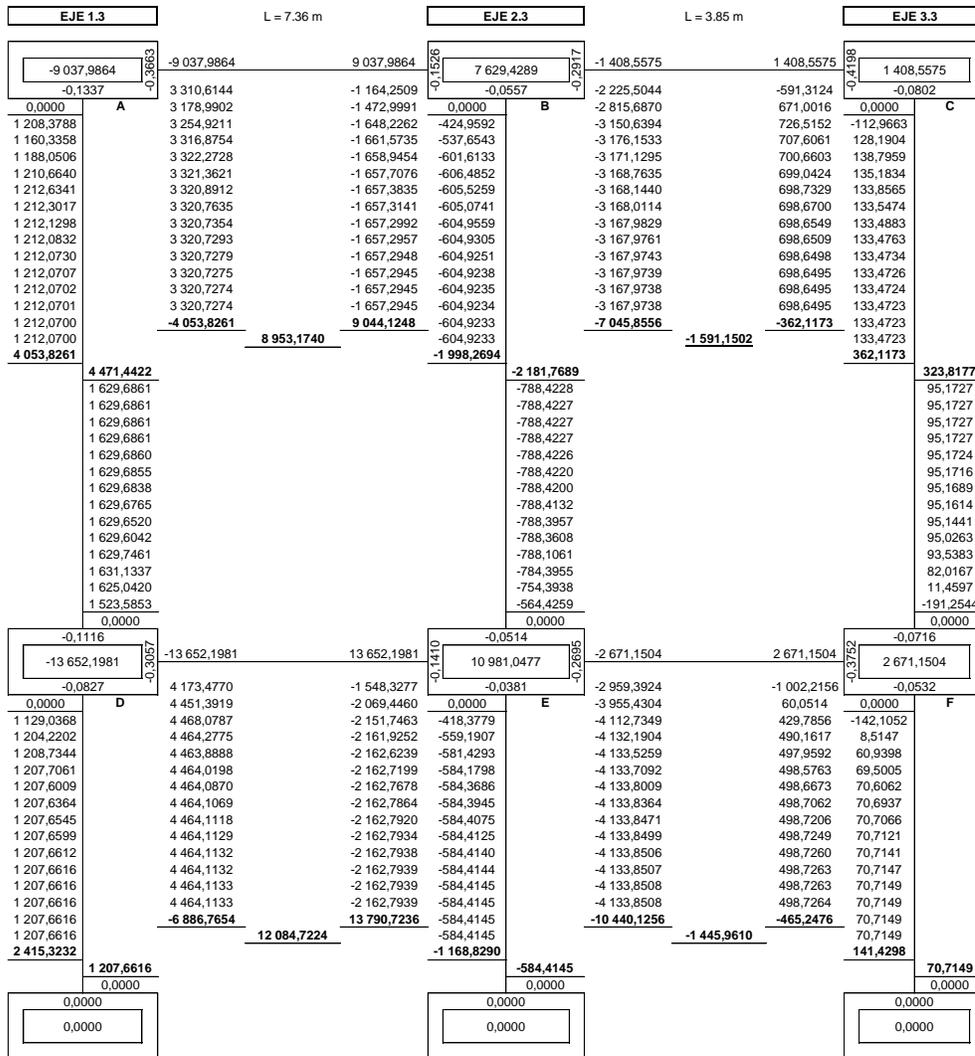
Figura 28. Diagrama de momentos de carga de sismo eje 2,3 (eje Y), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

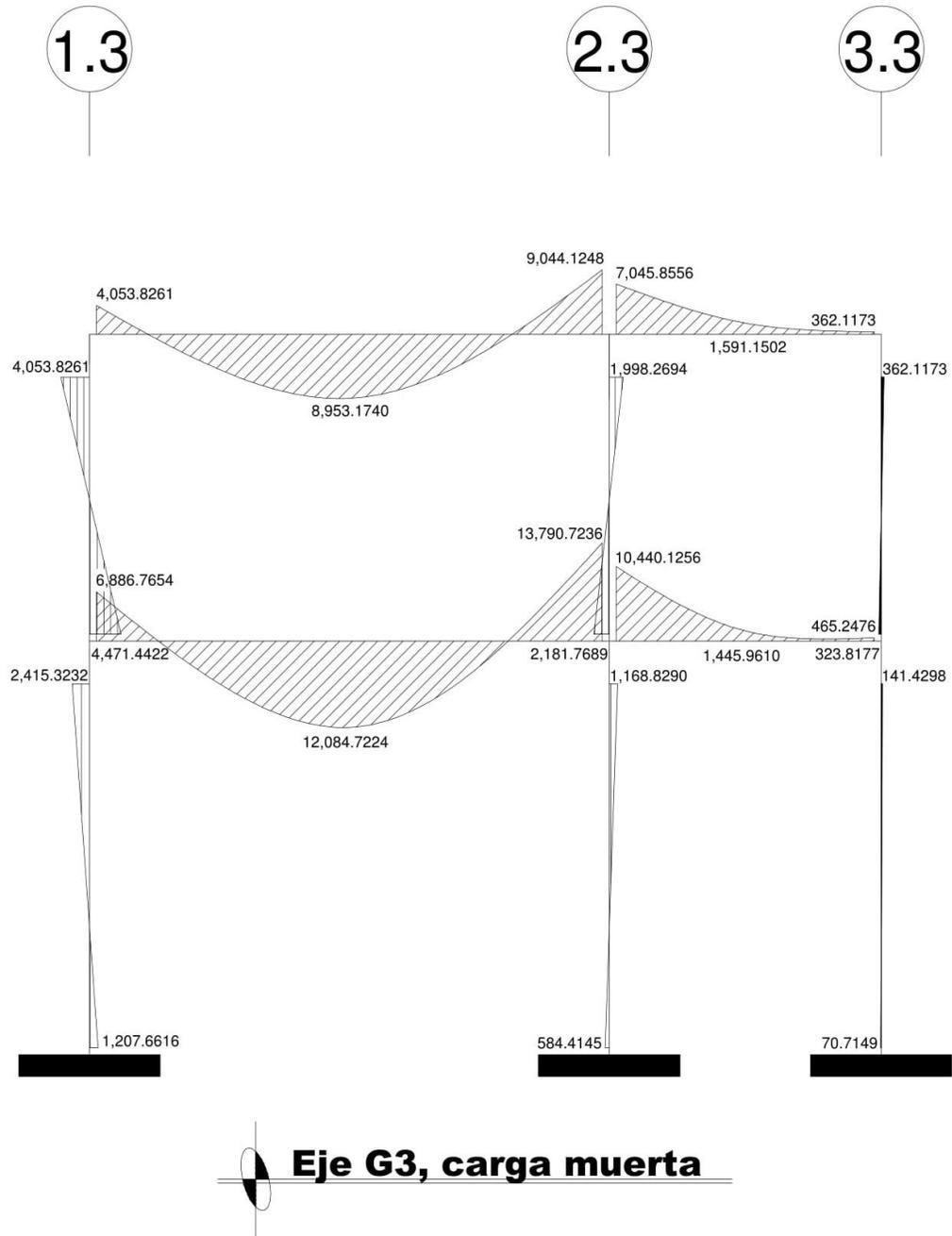
Figura 29. Análisis método de Kani, CM eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1

Datos:	
Descripción	Valor
Dimensiones de vigas	0.35 m * 0.70m
Inercia de vigas expresada en m ⁴	0,01000417
Dimensiones de columnas	0.40m * 0.40m
Inercia de columnas expresada en m ⁴	0,00213333
Altura 2do. Nivel expresada en m	4.30
Altura 1er. Nivel expresada en m	5.80
Carga muerta distribuida de techo, expresada en kg / ml	1 140,34
Carga muerta puntual de vigas secundarias de techo y de entrepiso entre ejes 1.3 y 2.3, expresado en kg	4 228,63
Carga muerta distribuida de entrepiso, expresada en kg / ml	2 162,51
Sentido de análisis de nodos	A-B-C-F-E-D



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 30. Diagrama de momentos de carga muerta eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1

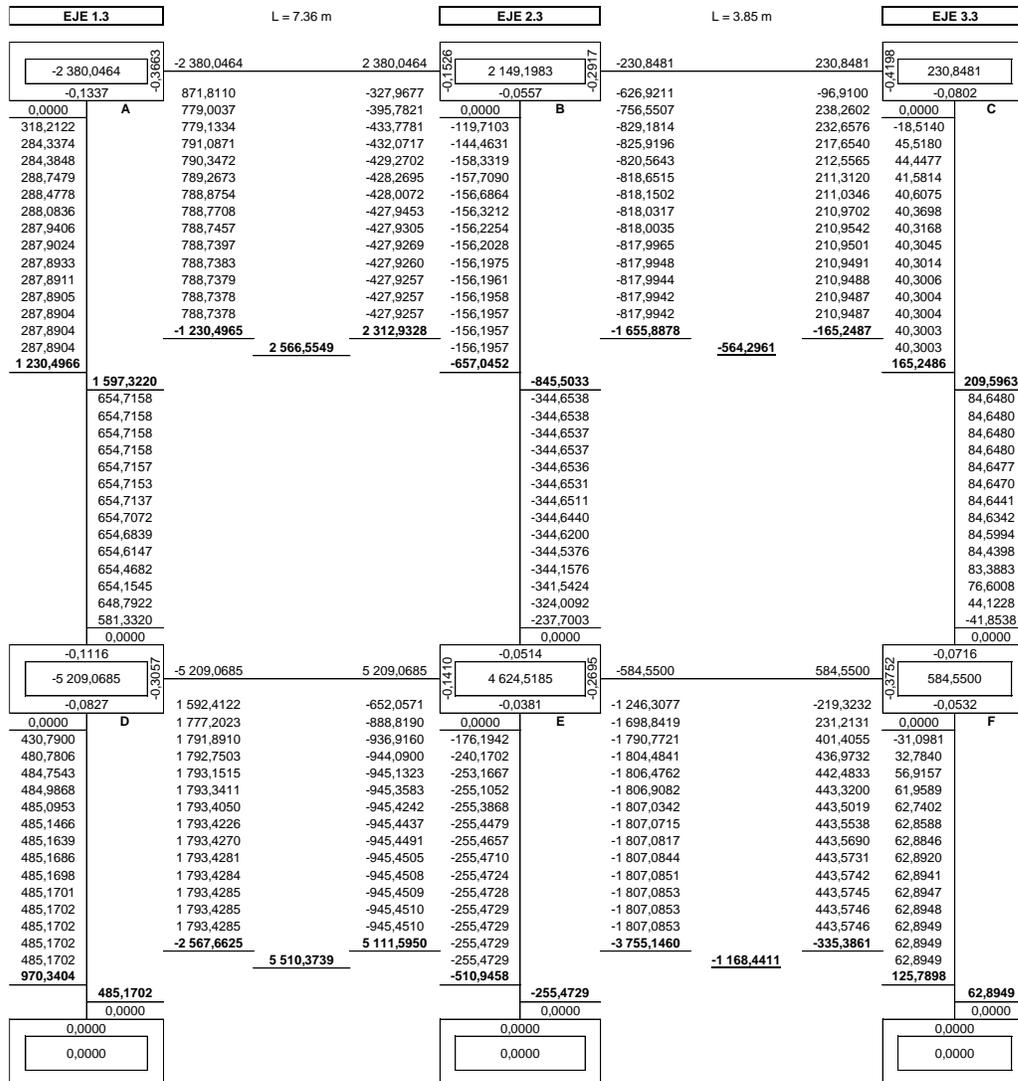


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 31. Análisis método de Kani, CV eje G3 (eje X), (kg * m), módulo

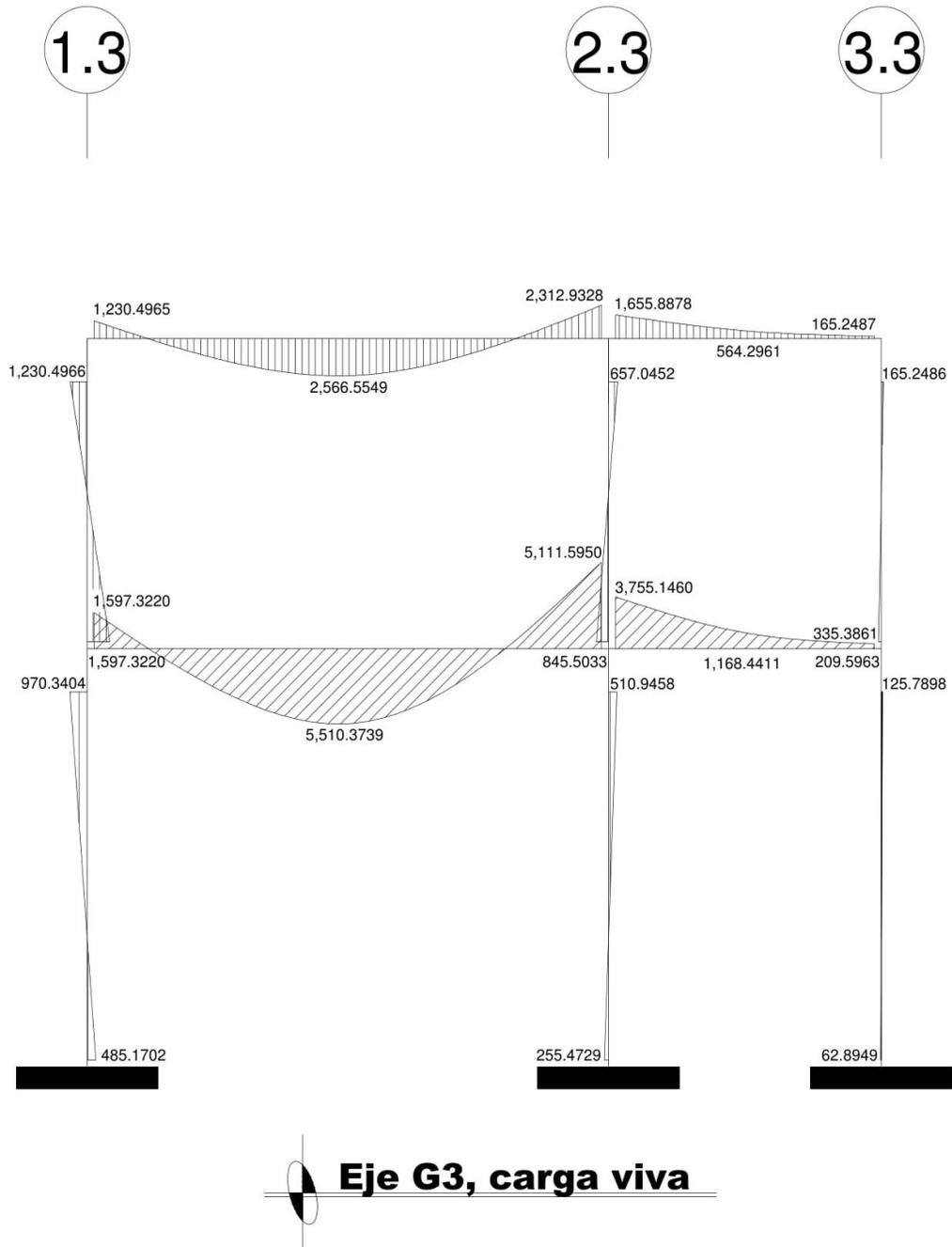
1

Datos:	
Descripción	Valor
Dimensiones de vigas	0,35 m * 0,70m
Inercia de vigas expresada en m ⁴	0,01000417
Dimensiones de columnas	0,40m * 0,40m
Inercia de columnas expresada en m ⁴	0,00213333
Altura 2do. Nivel expresada en m	4,30
Altura 1er. Nivel expresada en m	5,80
Carga viva distribuida de techo, expresada en kg / ml	186,89
Carga viva puntual de vigas secundarias de techo entre ejes 1.3 y 2.3, expresado en kg	1 670,00
Carga viva distribuida de entrepiso, expresada en kg / ml	473,24
Carga viva puntual de vigas secundarias de entrepiso entre ejes 1.3 y 2.3, expresado en kg	3 340,00
Sentido de análisis de nodos	A-B-C-F-E-D



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

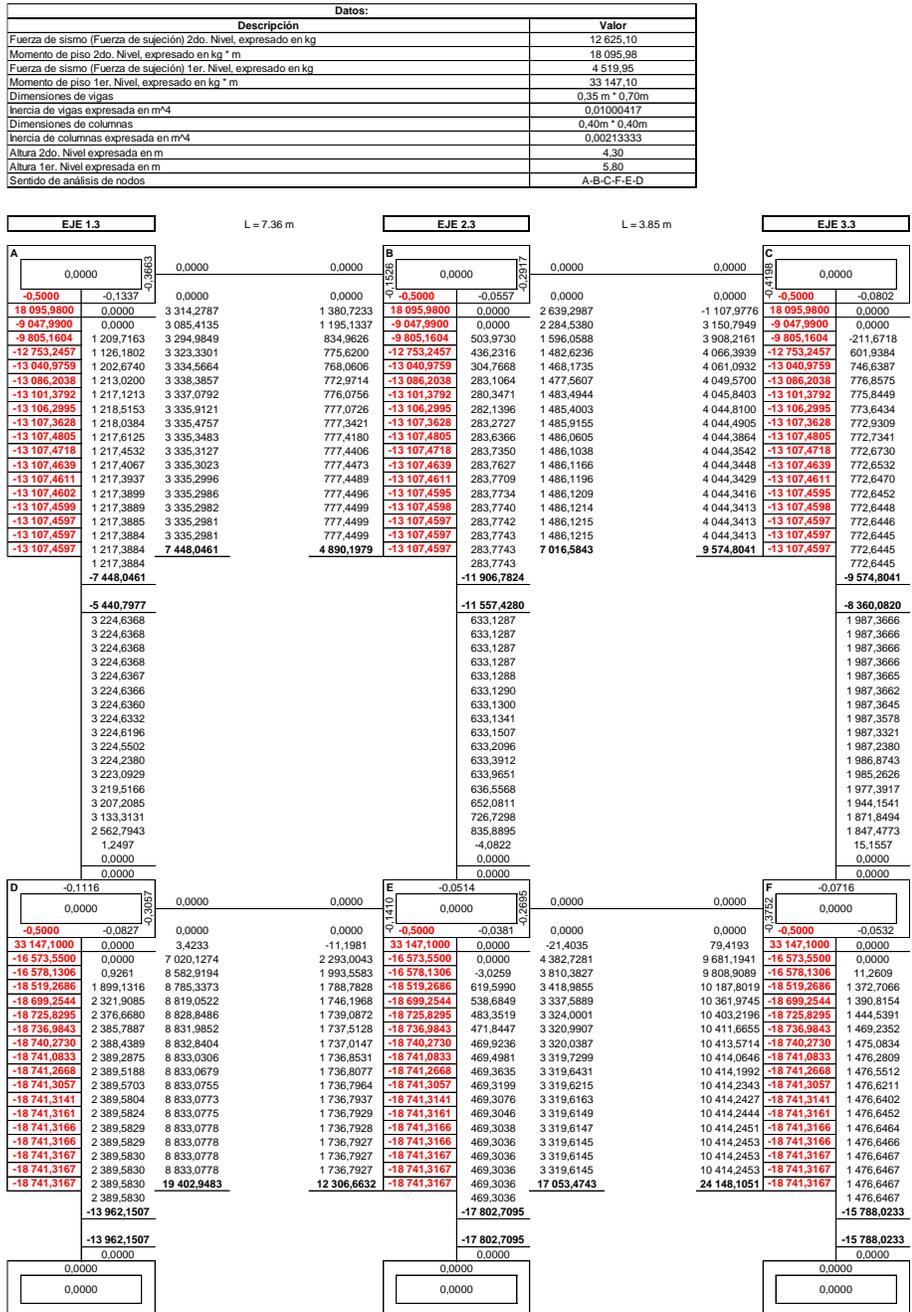
Figura 32. Diagrama de momentos de carga viva eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

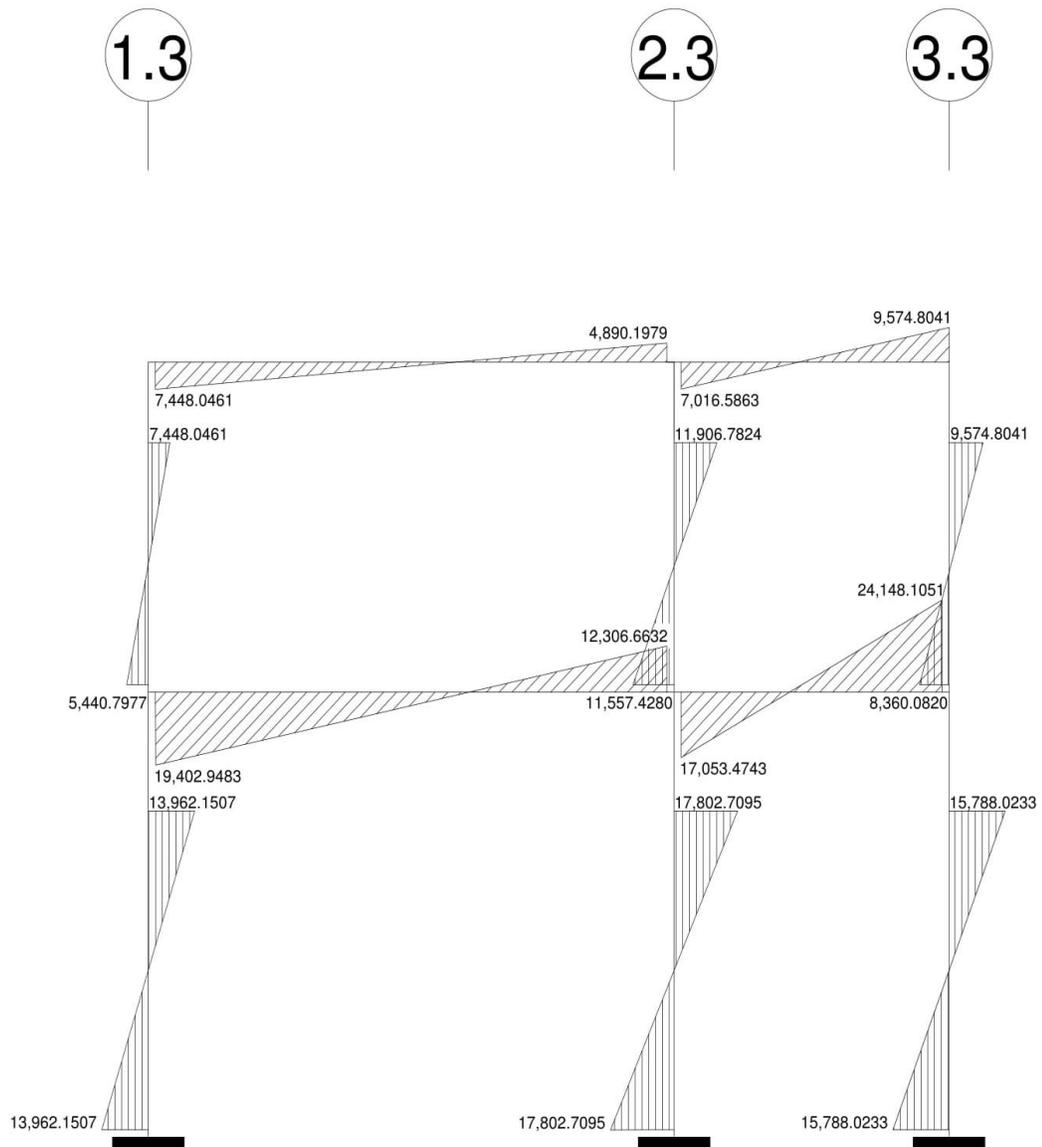
Figura 33. Análisis método de Kani, CS eje G3 (eje X), (kg * m), módulo

1



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 34. Diagrama de momentos de carga de sismo eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1



Eje G3, carga de sismo

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.5.2. Análisis de marcos rígidos con el programa Etabs

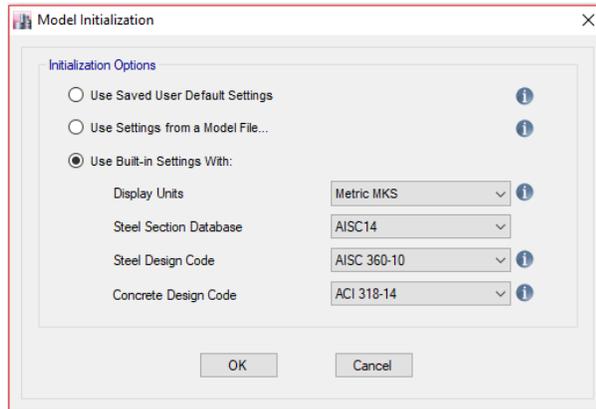
Etabs, su traducción al español significa análisis tridimensional extendido de edificaciones, es un programa de análisis estructural y dimensionamiento de estructuras capaz de solucionar desde un pórtico en 2D hasta edificios de gran altura.

Se utilizará el programa Etabs para analizar el comportamiento de las fuerzas internas en las columnas y vigas de cada uno de los marcos que forman parte del módulo 1, los cuales fueron desarrollados anteriormente por el método aproximaciones sucesivas y distribución de momentos Kani, realizando una comparación de resultados entre ambas formas de cálculo de las fuerzas que actúan sobre los marcos.

A continuación, se describe cada uno de los pasos en casos donde se analizan marcos “sin ladeo” los cuales son afectados por cargas gravitacionales (carga muerta y carga viva). Se utilizará para ejemplificar el diagrama de momentos de carga muerta del eje G3.

- Paso No. 1. En la ventana *model initialitation* (inicialización del modelo) en *initialitation options* (opciones de inicialización) seleccionar la opción *use built-in settings with* (utilizar la configuración incorporada con), luego en *display units* (unidades de visualización) seleccionar la opción *metric* MKS (Sistema métrico Metro, Kilogramo, Segundo) y en *concrete design code* (código de diseño de hormigón) seleccionar la opción ACI 318-14, luego dar *click* en OK para guardar las opciones de inicialización.

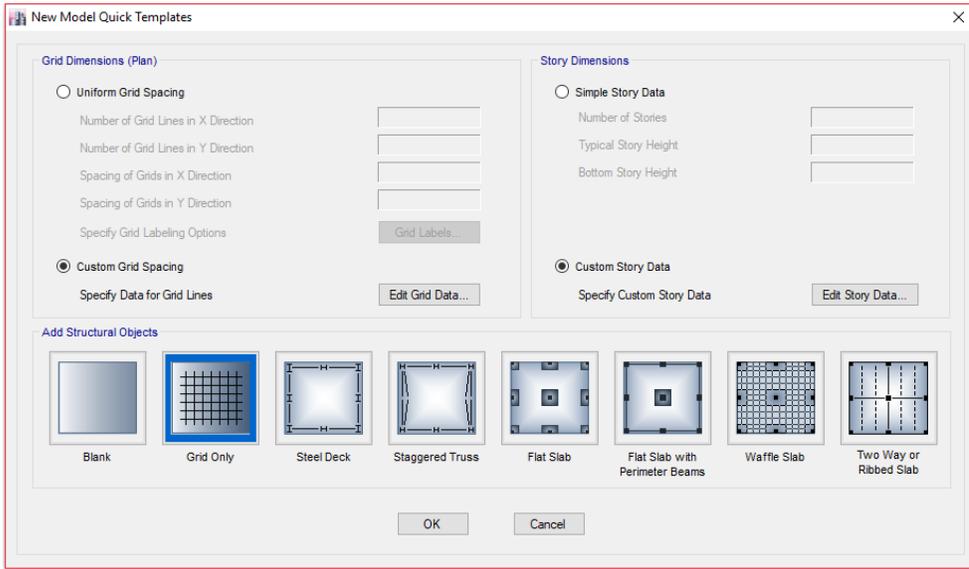
Figura 35. **Ventana de *model initialization* (inicialización del modelo)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 2, en la ventana *new model quick templates* (nuevo modelo de plantillas rápidas) seleccionar la opción *custom grid spacing* (espaciado de cuadrícula personalizada) y la opción *custom story data* (datos de niveles personalizados).

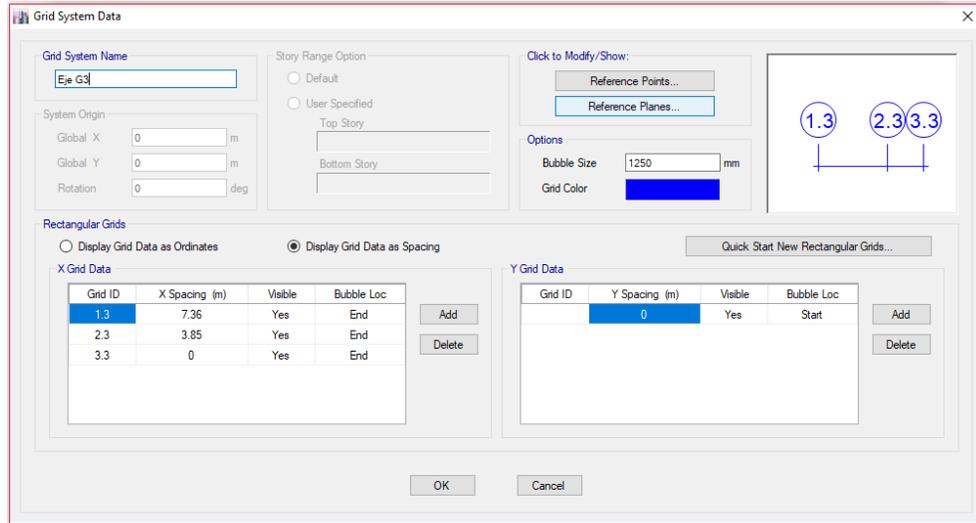
Figura 36. **Ventana de *new model quick templates* (nuevo modelo de plantillas rápidas)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana *new model quick templates* (nuevo modelo de plantillas rápidas) en la opción *specify data for grid lines* (especificar datos para las líneas de la cuadrícula) seleccionar la opción *edit grid data* (editar datos de cuadrícula), luego en la ventana *grid system data* (datos del sistema de red) en la opción *grid system name* (nombre del sistema de cuadrícula) ingresar el nombre del eje, luego seleccionar la opción *display grid data as spacing* (mostrar datos de cuadrícula como espaciado) e ingresar en la columna *grid id* (id de cuadrícula) los nombres de los ejes y en la columna *X spacing (m)* (espaciado en X (m)) ingresar las distancias entre ejes, luego dar *click* en OK para guardar los datos de ejes y espaciados en X de la cuadrícula.

Figura 37. **Ventana de *grid system data* (datos del sistema de red)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana *new model quick templates* (nuevo modelo de plantillas rápidas) en la opción *specify custom story data* (especificar datos de niveles personalizados) seleccionar la opción *specify custom story data* (especificar datos de niveles personalizados), luego en la ventana *story data* (datos de los niveles) en la columna *story* (nivel) ingresar los nombres de los niveles y en la columna *height m* (altura m) ingresar la altura de cada nivel, luego dar *click* en OK para guardar los datos de los niveles.

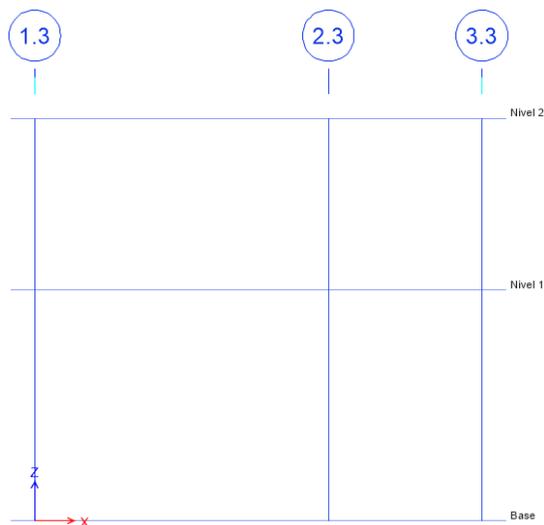
Figura 38. **Ventana de *story data* (datos de los niveles)**

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Nivel 2	4.3	10.1	No	None	No	0	Green
Nivel 1	5.8	5.8	No	None	No	0	Blue
Base		0					

Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego seleccionar la opción OK para guardar los datos de los ejes, distancias en X y alturas de los niveles.

Figura 39. **Figura del marco del eje G3 creado**

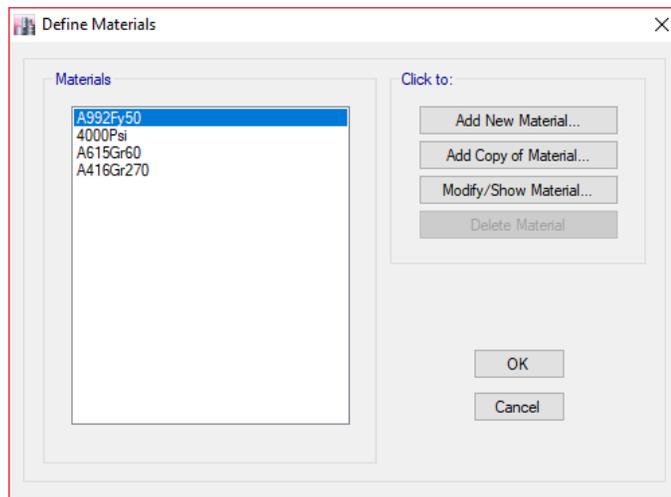


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 3. En este paso crearemos el material del concreto y el material de las barras de refuerzo, para ellos se realizarán los siguientes pasos.

Seleccionar la opción *define* (definir), luego seleccionar la opción *material properties* (propiedades de los materiales), luego en la ventana *define materials* (definir materiales) seleccionar la opción *add new material* (agregar nuevo material).

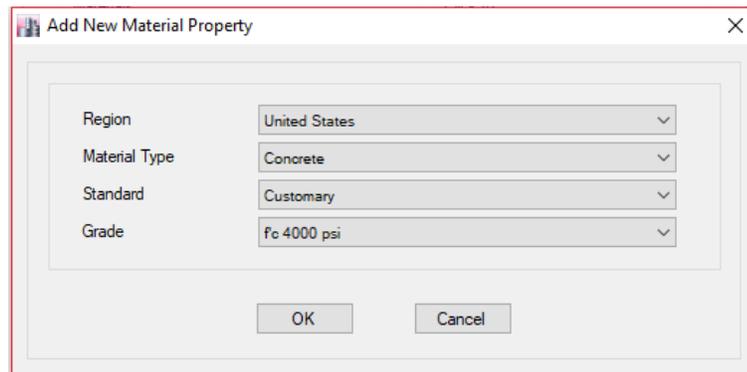
Figura 40. **Ventana de *define materials* (definir materiales)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Para el concreto. En la ventana *add new material property* (agregar nueva propiedad de material) en la opción *material type* (tipo de material) seleccionar la opción *concrete*, en *standard* (estándar) seleccionar la opción *customary* (acostumbrada) y en *grade* (calificación) seleccionar la opción la opción *f'c 4000 PSI*, luego dar *click* en *OK* para guardar los cambios de las propiedades del nuevo material.

Figura 41. **Ventana de *add new material property* (agregar nueva propiedad de material)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana material *property data* (datos de propiedad del material) en la opción material *name* (nombre del material) ingresar el nombre del material, en la opción *directional symmetry type* (tipo de simetría direccional) seleccionar la opción *isotropic* (isotrópico), luego en la opción *specify weight density* (especificar densidad de peso) ingresar 2 400 kg/cm², luego la opción *mass per unit volumen* (masa por unidad de volumen) el programa la calcula automáticamente, luego en la opción *poisson's ratio*. U (coeficiente de poisson. U) ingresar 0,20, luego en la opción *coefficient of termal expansión*. A (coeficiente de expansión térmico. A) ingresar 9,9*10⁻⁶, luego la opción *shear modulus*. G (módulo de corte. G) el programa lo calcula automáticamente.

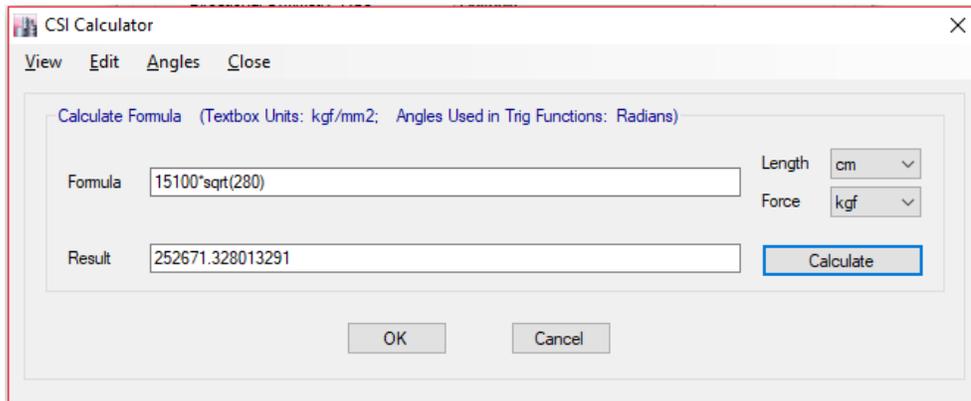
Figura 42. **Ventana de material *property data* (datos de propiedad del material)**

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	Concreto 4,000 PSII	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	Yellow	
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	2400	kgf/m ³
	Mass per Unit Volume	2400	kg/m ³
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	2526.71328013291	kgf/mm ²
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000012	1/C
	Shear Modulus, G	1052.8	kgf/mm ²

Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la opción *modulus of elasticity*. E (módulo de elasticidad. E) ingresar el valor en la casilla pulsando shift + enter, luego en la ventana CSI *calculator* (calculadora CSI) en la opción formula (fórmula) ingresar la multiplicación $15100 \cdot \sqrt{280}$, luego en la opción *length* (longitud) seleccionar la opción cm y en la opción *force* (fuerza) seleccionar la opción kgf, luego seleccionar la opción *calculate* (calcular) y luego seleccionar opción OK para guardar los cambios del valor del módulo de elasticidad E.

Figura 43. **Ventana de CSI *calculator* (calculadora CSI)**

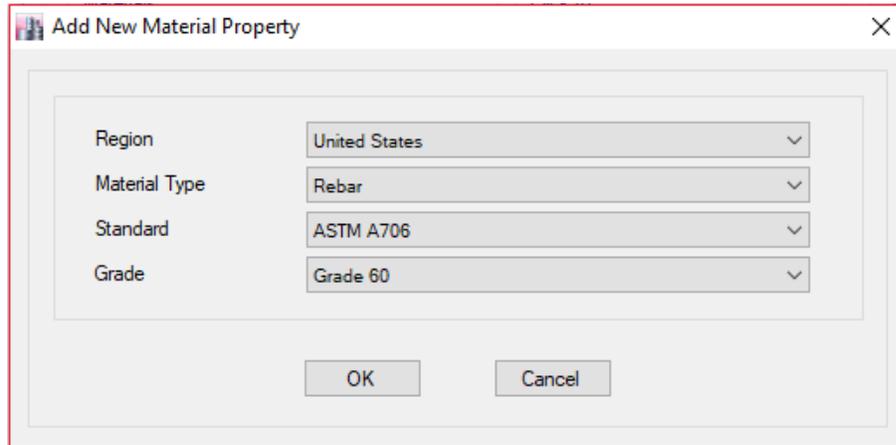


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego seleccionar la opción OK para guardar los datos de propiedad del material creado.

Para las barras de refuerzo. En la ventana *add new material property* (agregar nueva propiedad de material) en la opción *material type* (tipo de material) seleccionar la opción *rebar* (barra de refuerzo), luego en la opción *standard* (estándar) seleccionar la opción ASTM A706 (norma ASTM A706) y en la opción *grade* (calificación) seleccionar la opción *grade 60* (grado 60), luego seleccionar la opción OK para guardar los cambios de las propiedades del nuevo material.

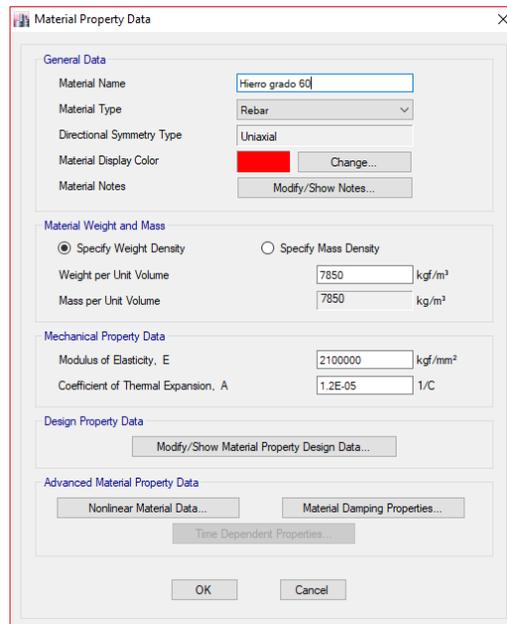
Figura 44. **Ventana de *add new material property* (agregar nueva propiedad de material)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

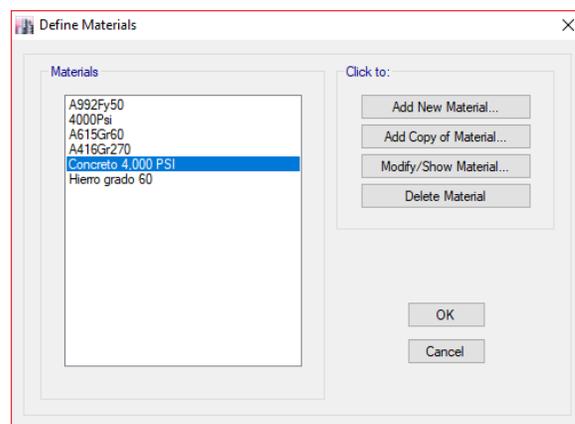
Luego en la ventana material *property data* (datos de propiedad del material) en la opción material *name* (nombre del material) ingresar el nombre del material, luego la opción *directional symmetry type* (tipo de simetría direccional) el programa lo coloca automáticamente como uniaxial, luego en la opción *weight per unit volumen* (peso por unidad de volumen) ingresar $7\ 850\ \text{kg} / \text{m}^3$, luego la opción *mass per unit volumen* (masa por unidad de volumen) el programa la calcula automáticamente, luego en la opción *modulus of elasticity*. E (módulo de elasticidad. E) ingresar $2,1 \cdot 10^6$, luego en la opción *coefficient of termal expansión*. A (coeficiente de expansión térmico. A) ingresar $1,2 \cdot 10^{-5}$, luego seleccionar la opción OK para guardar los datos de propiedad del material creado.

Figura 45. **Ventana de material *property data* (datos de propiedad del material)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 46. **Ventana de *define materials* (definir materiales)**

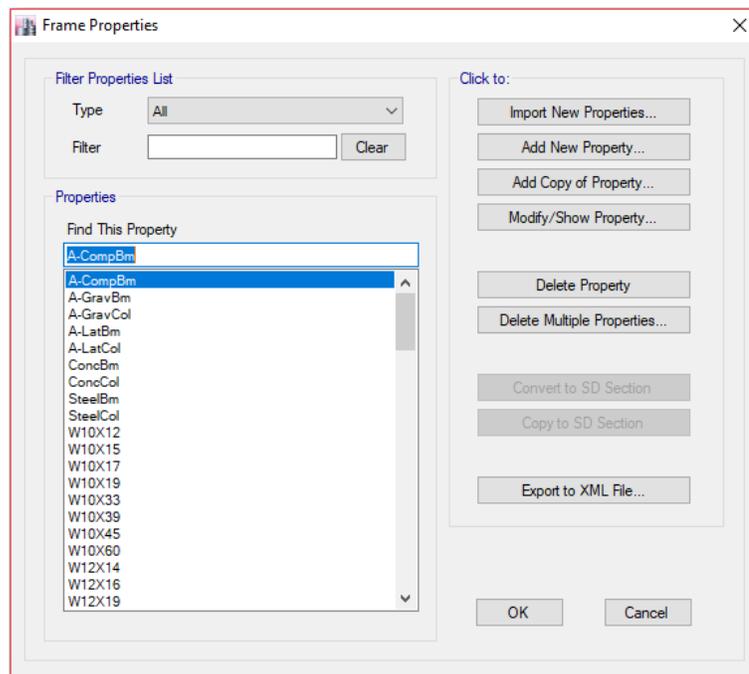


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 4. En este paso crearemos la sección de la columna y de la viga, para ello se realizarán los siguientes pasos.

Seleccionar la opción (define) definir, luego seleccionar *section properties* (propiedades de la sección), luego seleccionar *frame sections* (secciones del marco), luego en la ventana *frame properties* (propiedades del marco) seleccionar *add new property* (agregar nueva propiedad).

Figura 47. **Ventana de *frame properties* (propiedades del marco)**

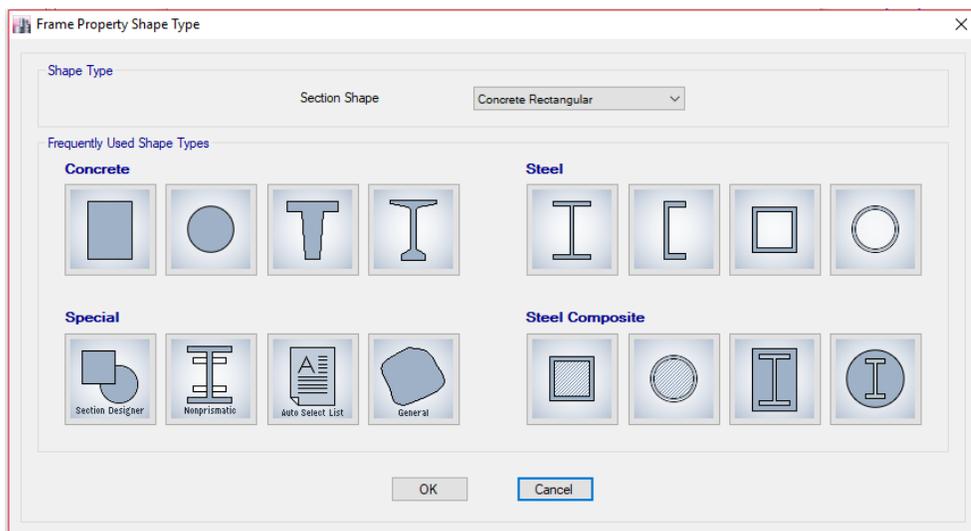


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Para la sección de columna en la ventana *frame property shape type* (tipo de forma de propiedad de marco) en la opción *section shape* (forma de la sección) seleccionar la opción *concrete rectangular* (rectangular de hormigón), luego en la

opción concrete (hormigón) seleccionar rectangular *section* (sección rectangular).

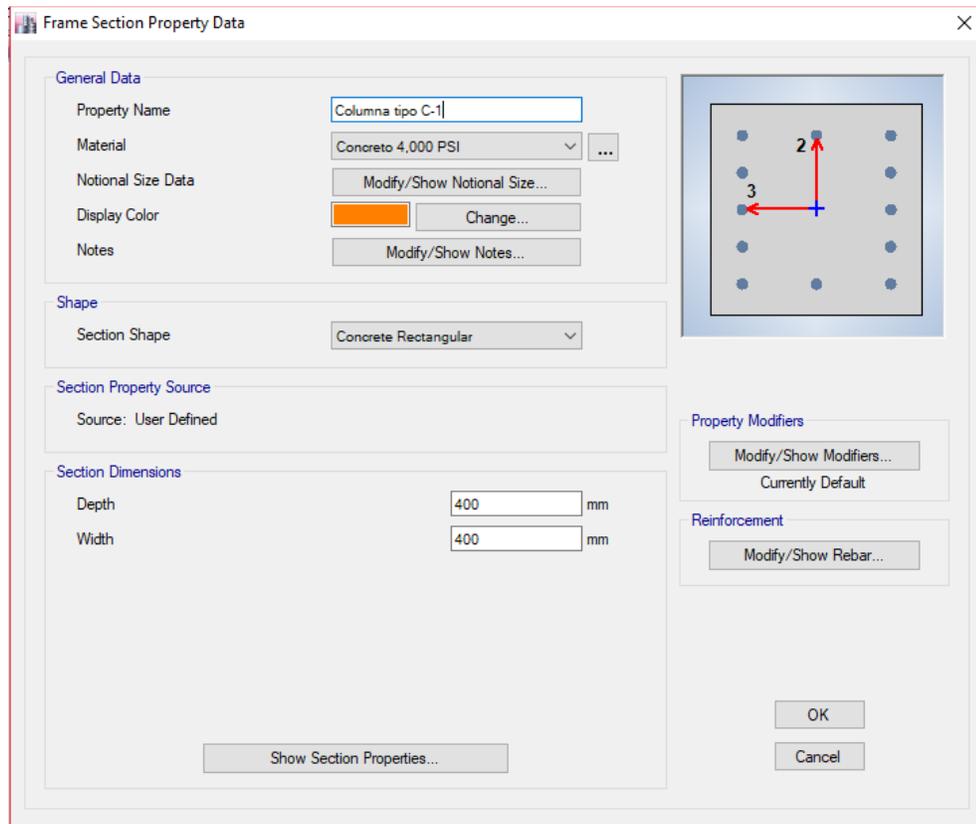
Figura 48. **Ventana de *frame property shape type* (tipo de forma de propiedad de marco)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana *frame section property data* (datos de propiedad de la sección del marco) en la opción *property name* (nombre de la propiedad) ingresar el nombre de la sección, luego en material (material) seleccionar la opción del material de concreto 4 000 PSI creado, luego en *section shape* (forma de la sección) seleccionar la opción concrete rectangular (concreto rectangular), luego en *section dimensions* (dimensiones de la sección) en la opción *depth* (profundidad) ingresar el valor de 400 mm y en *width* (ancho) ingresar el valor de 400 mm, luego seleccionar la opción *modify / show modifiers* (modificar / mostrar modificadores).

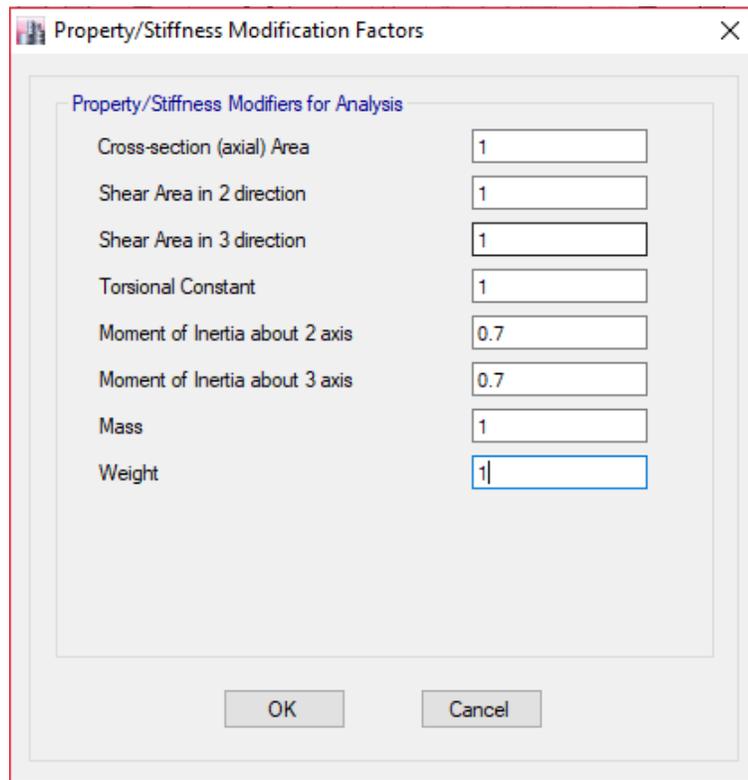
Figura 49. **Ventana de *frame section property data* (datos de propiedad de la sección del marco)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana de *property / stiffness modification factors* (factores de modificación de propiedad / rigidez) en la opción *moment of inertia about 2 axis* (momento de inercia alrededor del eje 2) ingresar el valor de 0,70, luego en *moment of inertia about 3 axis* (momento de inercia alrededor del eje 3) ingresar el valor de 0,70, luego dar *click* en OK para guardar los cambios de factores de modificación de propiedad / rigidez.

Figura 50. **Ventana de *property / stiffness modification factors* (factores de modificación de propiedad / rigidez)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana *frame section property data* (datos de propiedad de la sección del marco) seleccionar la opción *modify / show rebar* (modificar / mostrar armaduras).

Luego en la ventana *frame section property reinforcement data* (datos de refuerzo de propiedades de sección de marco) en *design type* (tipo de diseño) seleccionar la opción *P-M2-M3 design (column)* [P-M2-M3 diseño (columna)], luego en material *rebar* (material de varilla) seleccionar la opción del material del hierro grado 60 creado, luego en *reinforcement configuration* (configuración de

refuerzo) seleccionar la opción rectangular (rectangular), luego en *confinement bars* (barras de confinamiento) seleccionar la opción *ties* (corbatas), luego en *check / design* (comprobar / diseñar) seleccionar la opción *reinforcement to be checked* (refuerzo a comprobar), luego en *clear cover for confinement bars* (cubierta transparente para barras de confinamiento) ingresar el valor de 40 mm, luego en *number of longitudinal bars along 3-dir face* (número de barras longitudinales a lo largo de la cara de 3 direcciones) ingresar el valor de 5, luego en *number of longitudinal bars along 2-dir face* (número de barras longitudinales a lo largo de la cara de 2 direcciones) ingresar el valor de 5, luego en *longitudinal bar size and area* (tamaño y área de la barra longitudinal) seleccionar la opción 28 (barra No. 9) y el área de la barra el programa lo calcula automáticamente en mm², luego en *corner bar size and area* (tamaño y área de la barra de esquina) seleccionar la opción 28 (barra No. 9) y el área de la barra el programa lo calcula automáticamente en mm², luego en *confinement bar size and area* (tamaño y área de la barra de confinamiento) seleccionar la opción 10 (barra No. 3) y el área de la barra el programa lo calcula automáticamente en mm², luego en *longitudinal spacing of confinement bars (along 1-axis)* [espaciado longitudinal de las barras de confinamiento (a lo largo del eje 1)] ingresar el valor de 100 mm, luego en *number of confinement bars in 3-dir* (número de barras de confinamiento en la dirección 3) ingresar el valor de 3, luego en *number of confinement bars in 2-dir* (número de barras de confinamiento en la dirección 2) ingresar el valor de 3, luego dar *click* en OK para guardar cambios de datos de refuerzo de propiedades de sección de marco.

Figura 51. **Ventana de frame section property reinforcement data (datos de refuerzo de propiedades de sección de marco)**

Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

- P-M2-M3 Design (Column)
- M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: Hierro grado 60

Confinement Bars (Ties): Hierro grado 60

Reinforcement Configuration

- Rectangular
- Circular

Confinement Bars

- Ties
- Spirals

Check/Design

- Reinforcement to be Checked
- Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 40 mm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 5

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5

Longitudinal Bar Size and Area: 28 mm, 616 mm²

Corner Bar Size and Area: 28 mm, 616 mm²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: 10 mm, 79 mm²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 100 mm

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

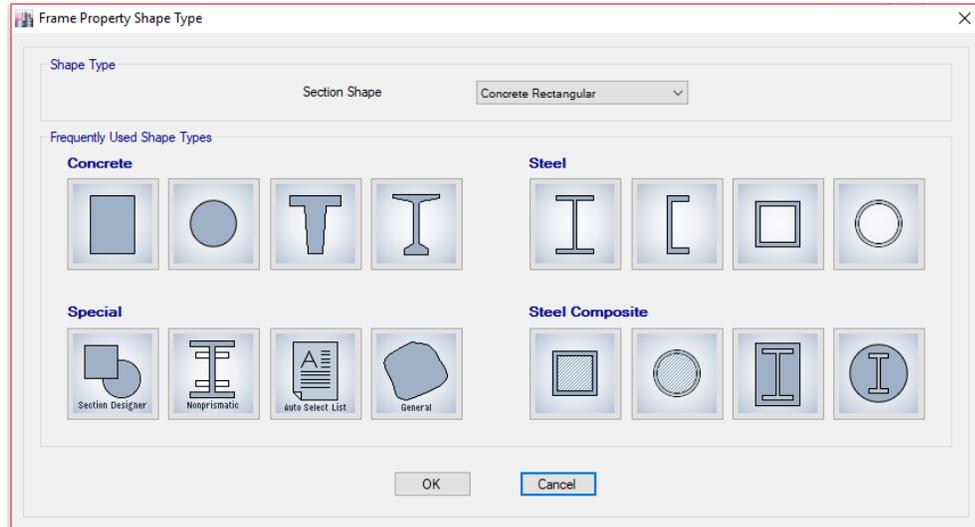
OK Cancel

Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego dar *click* en OK para guardar cambios de datos de propiedad de la sección del marco.

Para la sección de la viga en la ventana *frame property shape type* (tipo de forma de propiedad de marco) en la opción *section shape* (forma de la sección) seleccionar la opción *concrete rectangular* (rectangular de hormigón), luego en la opción *concrete* (hormigón) seleccionar *rectangular section* (sección rectangular).

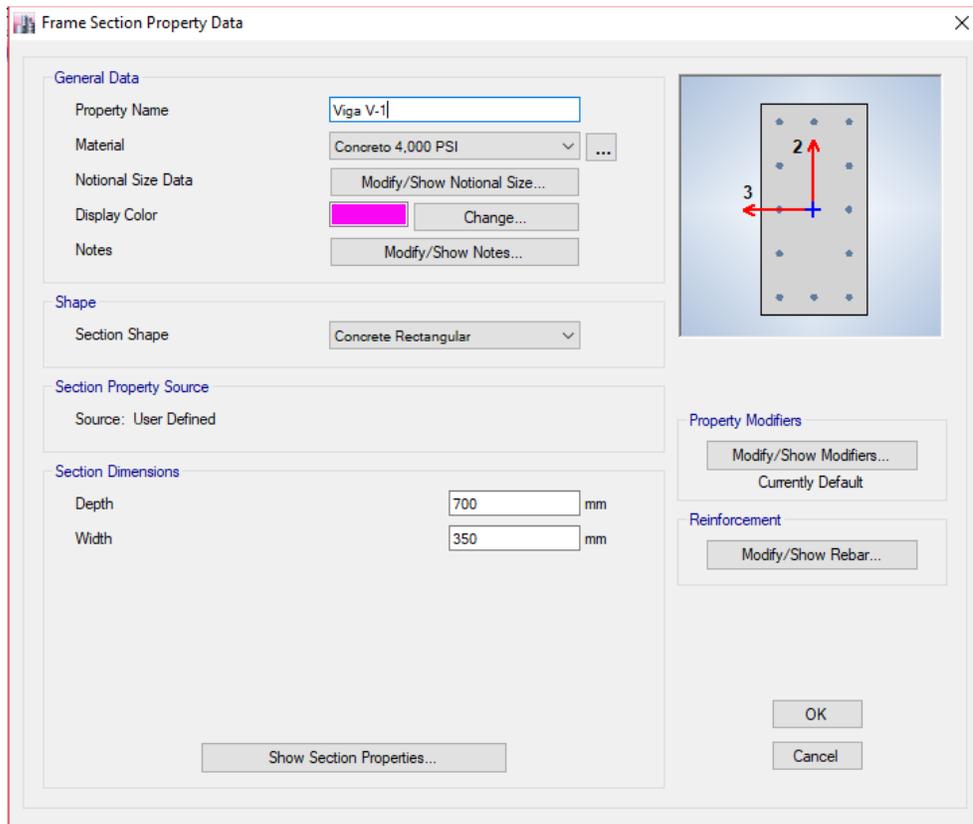
Figura 52. **Ventana de *frame property shape type* (tipo de forma de propiedad de marco)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana *frame section property data* (datos de propiedad de la sección del marco) en la opción *property name* (nombre de la propiedad) ingresar el nombre de la sección, luego en material (material) seleccionar la opción del material de concreto 4,000 PSI creado, luego en *section shape* (forma de la sección) seleccionar la opción concrete rectangular (concreto rectangular), luego en *section dimensions* (dimensiones de la sección) en la opción *depth* (profundidad) ingresar el valor de 400 mm y en *width* (ancho) ingresar el valor de 400 mm, luego seleccionar la opción *modify / show modifiers* (modificar / mostrar modificadores).

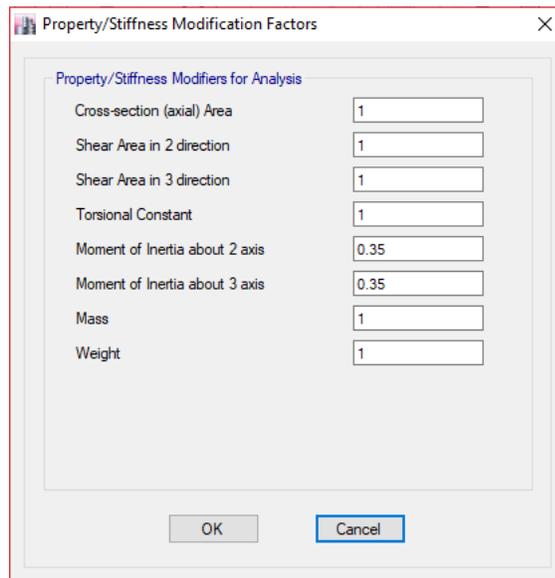
Figura 53. **Ventana de *frame section property data* (datos de propiedad de la sección del marco)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana de *property / stiffness modification factors* (factores de modificación de propiedad / rigidez) en la opción *moment of inertia about 2 axis* (momento de inercia alrededor del eje 2) ingresar el valor de 0,35, luego en *moment of inertia about 3 axis* (momento de inercia alrededor del eje 3) ingresar el valor de 0,35, luego dar *click* en OK para guardar los cambios de factores de modificación de propiedad / rigidez.

Figura 54. **Ventana de *property / stiffness modification factors***
(factores de modificación de propiedad / rigidez)

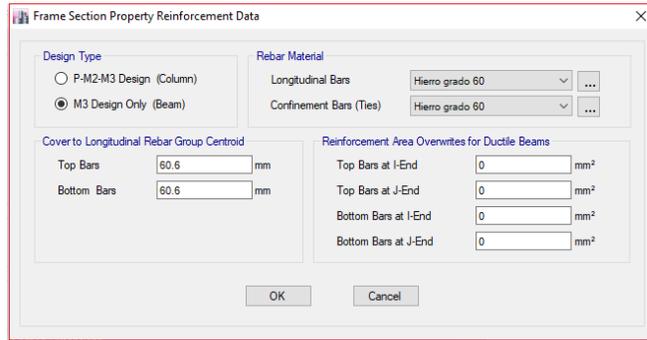


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego en la ventana *frame section property data* (datos de propiedad de la sección del marco) seleccionar la opción *modify / show rebar* (modificar / mostrar armaduras).

Luego en la ventana *frame section property reinforcement data* (datos de refuerzo de propiedades de sección de marco) en *design type* (tipo de diseño) seleccionar la opción *M3-design only (beam)* [M3-solo diseño (viga)], luego en *rebar material* (material de varilla) seleccionar la opción del material del hierro grado 60 creado, luego en *cover to longitudinal rebar group centroid* (recubrimiento al centroide longitudinal del grupo de barras de refuerzo) ingresar el valor de 60,60 mm, luego dar *click* en OK para guardar cambios de datos de refuerzo de propiedades de sección de marco.

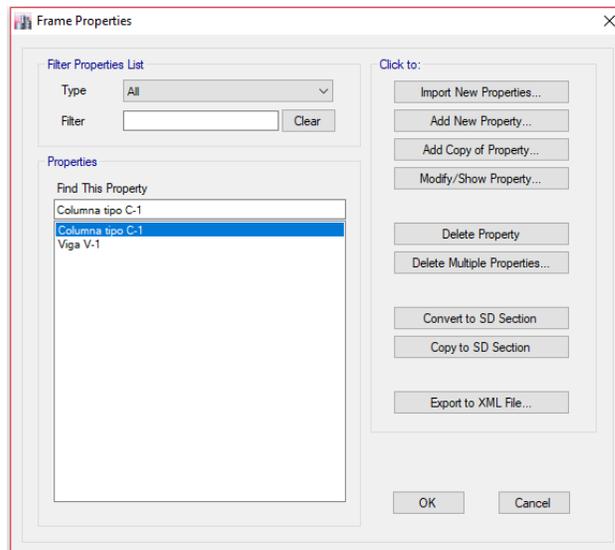
Figura 55. **Ventana de *frame section property reinforcement data* (datos de refuerzo de propiedades de sección de marco)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Luego dar *click* en OK para guardar cambios de datos de propiedad de la sección del marco.

Figura 56. **Ventana de *frame properties* (propiedades del marco)**

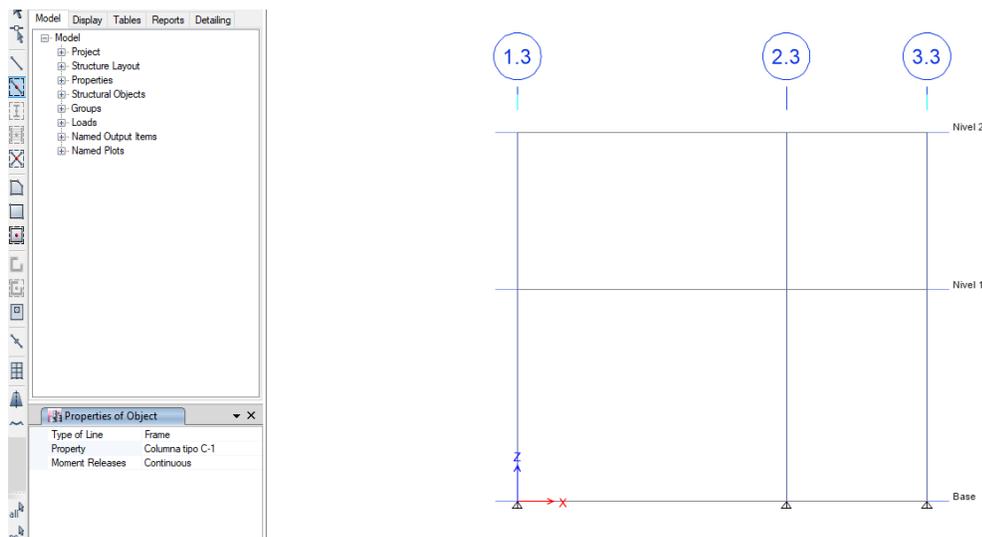


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 5. En este paso se dibujarán las columnas y vigas creadas en el marco analizado, para ellos se realizarán los siguientes pasos.

Para dibujar las columnas. Seleccionar la opción *quick draw beams / columns* (plan, elev, 3d) [dibujo rápido vigas / columnas (plano, elevacion, 3d)], en *type of line* (tipo de línea) seleccionar la opción *frame* (marco), en *property* (propiedad) seleccionar la opción de la Columna tipo C-1 creada, en *momento releases* (lanzamientos momentales) seleccionar la opción *continuous* (continuo), luego seleccionar las columnas cada una de las columnas del marco.

Figura 57. Ventana de creación de columnas del marco del eje G3

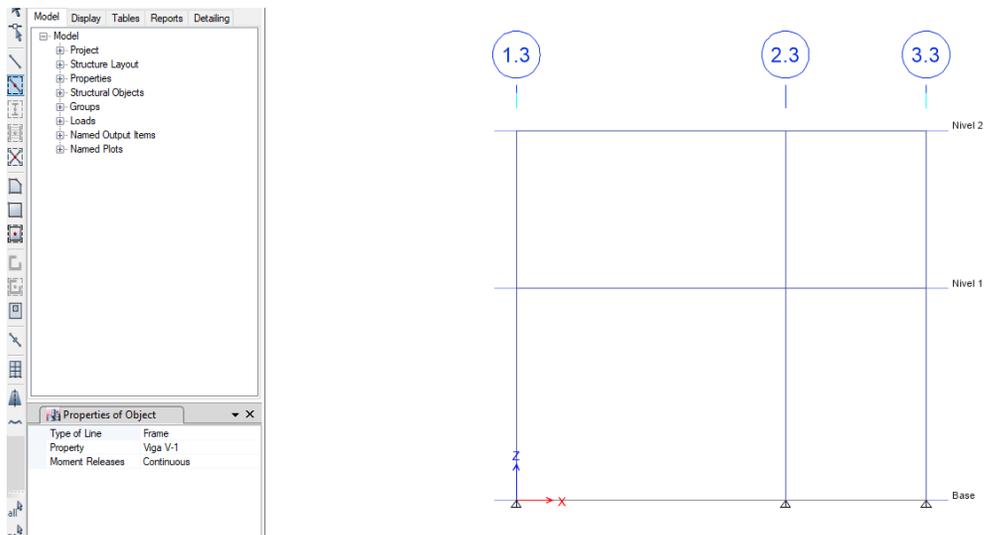


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Para dibujar las vigas. Seleccionar la opción *quick draw beams / columns* (plan, elev, 3d) [dibujo rápido vigas / columnas (plano, elevacion, 3d)], en *type of line* (tipo de línea) seleccionar la opción *frame* (marco), en *property* (propiedad) seleccionar la opción de la Viga V-1 creada, en *momento releases* (lanzamientos

momentales) seleccionar la opción *continuous* (continuo), luego seleccionar cada una de las vigas en el marco.

Figura 58. Ventana de creación de vigas del marco del eje G3

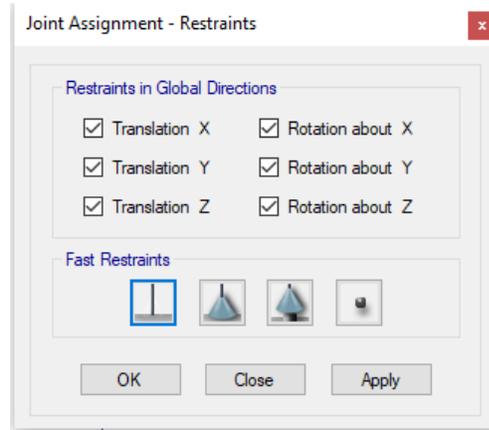


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 6. En este paso se asignarán los tipos de apoyos, para ello se realizarán los siguientes pasos.

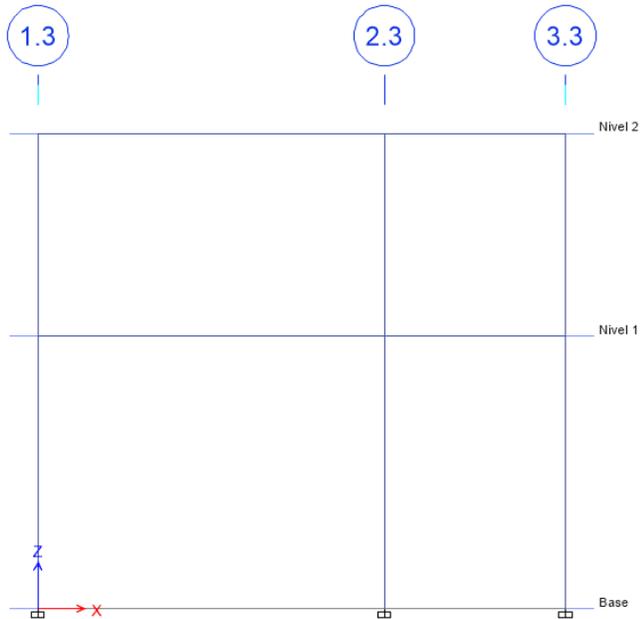
Seleccionar los apoyos del marco, luego seleccionar la opción *assign* (asignar), luego en la opción *joint* (articulación) seleccionar la opción *restraints* (restricciones), luego en *fast restraints* (restricciones rápidas) seleccionar la opción de la figura empotrada y luego dar *click* en OK para guardar los cambios de asignaciones conjuntas - restricciones.

Figura 59. **Ventana de *joint assignment - restraints* (asignación conjunta - restricciones)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 60. **Figura del marco del eje G3 con sus apoyos**

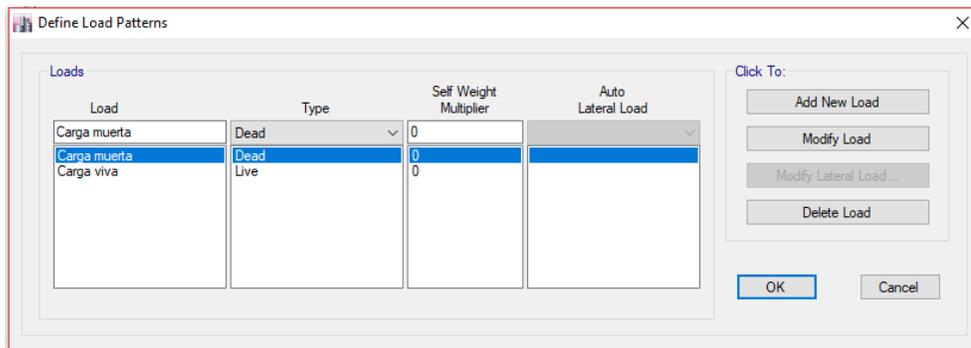


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 7. En este paso se asignarán las cargas muertas aplicadas al marco, para ellos se realizarán los siguientes pasos.

Seleccionar la opción *define* (definir), luego seleccionar la opción *load patterns* (patrones de carga), luego en *load* (carga) ingresar carga muerta, luego en *type* (tipo) seleccionar la opción *dead* (muerta), luego en *self weight multiplier* (multiplicador de peso propio) ingresar 0, luego dar *click* en *add new load* (agregar nueva carga), luego dar *click* en OK para guardar cambios en *define load patterns* (patrones de carga definidos).

Figura 61. **Ventana de *define load patterns* (patrones de carga definidos)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Para cargas distribuidas. Seleccionar la opción *assign* (asignar), luego seleccionar la opción *frame loads* (cargas del marco), luego seleccionar la opción *distributed* (distribuida), luego en *load pattern name* (nombre del patrón de carga) seleccionar la opción de la carga muerta creada, luego en *load type and direction* (tipo de carga y dirección) seleccionar la opción *forces* (fuerzas), luego en *direction of load application* (dirección de aplicación de la carga) seleccionar la opción *gravity* (gravedad), luego en *options* (opciones) seleccionar la opción

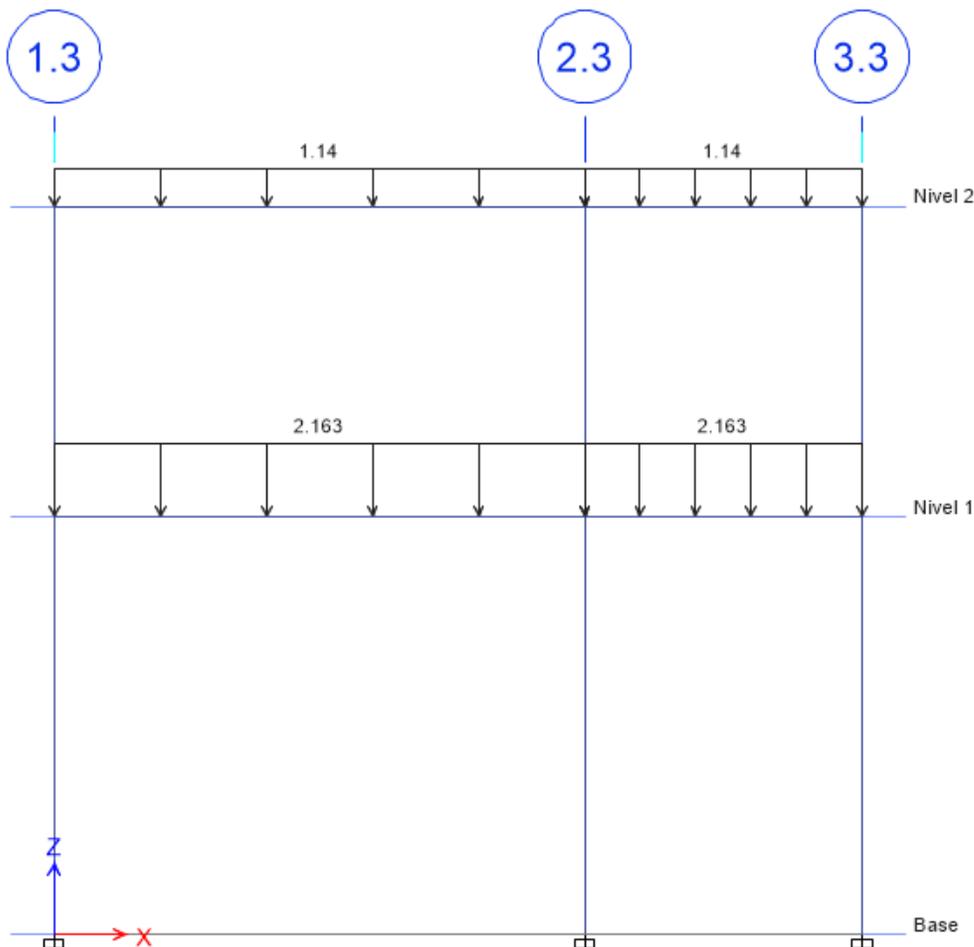
replace existing loads (reemplazar cargas existentes), luego seleccionar las vigas a asignarles la carga muerta distribuida, luego en *uniform load* (carga uniforme) ingresar la carga muerta distribuida aplicada a la viga, luego dar click en OK para guardar los cambios de *frame load assignment - distributed* (asignación de carga del marco - distribuida).

Figura 62. **Ventana de *frame load assignment - distributed* (asignación de carga del marco - distribuida)**

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 63. Cargas muertas distribuidas del marco del eje G3



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Para cargas puntuales. Seleccionar la opción *assign* (asignar), luego seleccionar la opción *frame loads* (cargas del marco), luego seleccionar la opción *point* (puntual), luego en *load pattern name* (nombre del patrón de carga) seleccionar la opción carga muerta, luego en *load type and direction* (tipo de carga y dirección) seleccionar la opción *forces* (fuerzas), luego en *direction of load application* (dirección de aplicación de la carga) seleccionar la opción *gravity* (gravedad), luego en *options* (opciones) seleccionar la opción *replace existing*

loads (reemplazar cargas existentes), luego seleccionar la opción *relative distance from end-1* (distancia relativa desde el final-1), luego seleccionar las vigas a asignarles la carga muerta puntual, luego en *point loads* (cargas puntuales) en *distance* (distancia) ingresar 0,50 (el cual es el centro de la viga) y en *load* (carga) ingresar el valor de la carga muerta puntual aplicada a la viga, luego dar *click* en OK para guardar los cambios de *frame load assignment - point* (asignación de carga del marco - puntual).

Figura 64. **Ventana de *frame load assignment - point* (asignación de carga del marco - puntual)**

Frame Load Assignment - Point

Load Pattern Name: Carga muerta

Load Type and Direction:
 Forces Moments
Direction of Load Application: Gravity

Options:
 Add to Existing Loads
 Replace Existing Loads
 Delete Existing Loads

Point Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.5	0	0	0
Load	4.2286	0	0	0

tonf

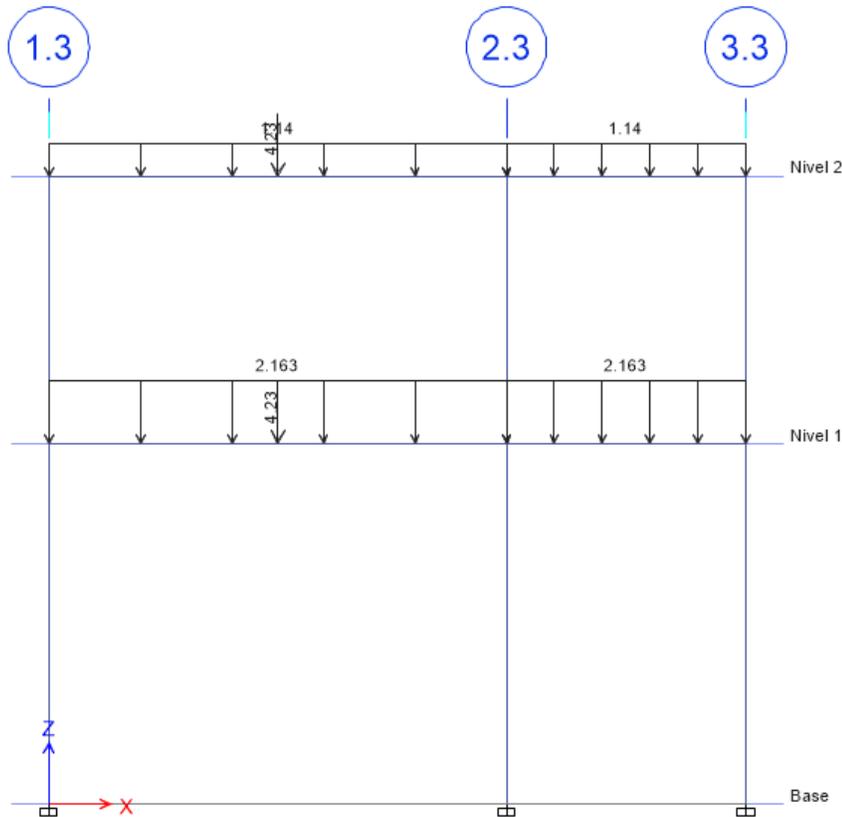
Relative Distance from End-1 Absolute Distance from End-1

OK Close Apply

Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 65. Cargas muertas distribuidas y puntuales del marco del eje

G3



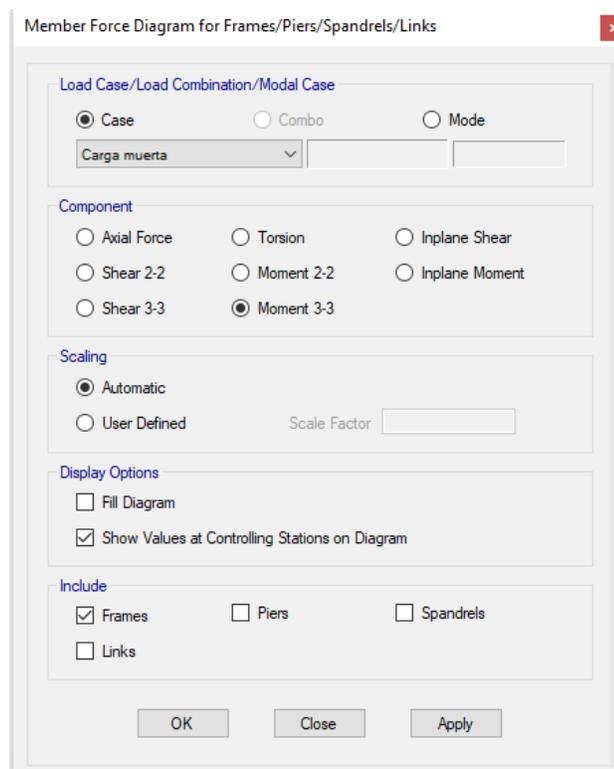
Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 8. En este paso obtendremos nuestros momentos actuantes en el marco, para ellos se realizarán los siguientes pasos.

Seleccionar la opción *run analysis* (ejecutar análisis), luego seleccionar la opción *display frame / pier / spandrel / link forces* (marco de exhibición / muelle / enjuta / fuerzas de enlace), luego en *load case / load combination / modal case* (caso de carga / combinación de carga / caso modal) seleccionar la opción *case* (caso) seleccionar la opción de carga muerta creada, luego en *component*

(componente) seleccionar la opción *moment 3-3* (momento 3-3), luego en *scaling* (escala) seleccionar la opción *automatic* (automático), luego en *display options* (opciones de pantalla) seleccionar la opción *show values at controlling stations on diagram* (mostrar valores en las estaciones de control en el diagrama), luego en *include* (incluir) seleccionar la opción *frames* (marcos), luego dar *click* en OK para guardar cambios en *member force diagram for frames / piers / spandrels / links* (diagrama de fuerza de miembros para marcos / pilares / enjutas / enlaces) y obtener el diagrama de momentos de carga muerta eje G3.

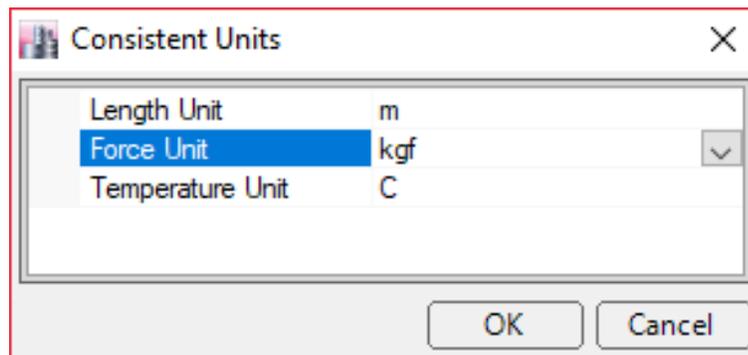
Figura 66. **Ventana de *member force diagram for frames / piers / spandrels / links* (diagrama de fuerza de miembros para marcos / pilares / enjutas / enlaces)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

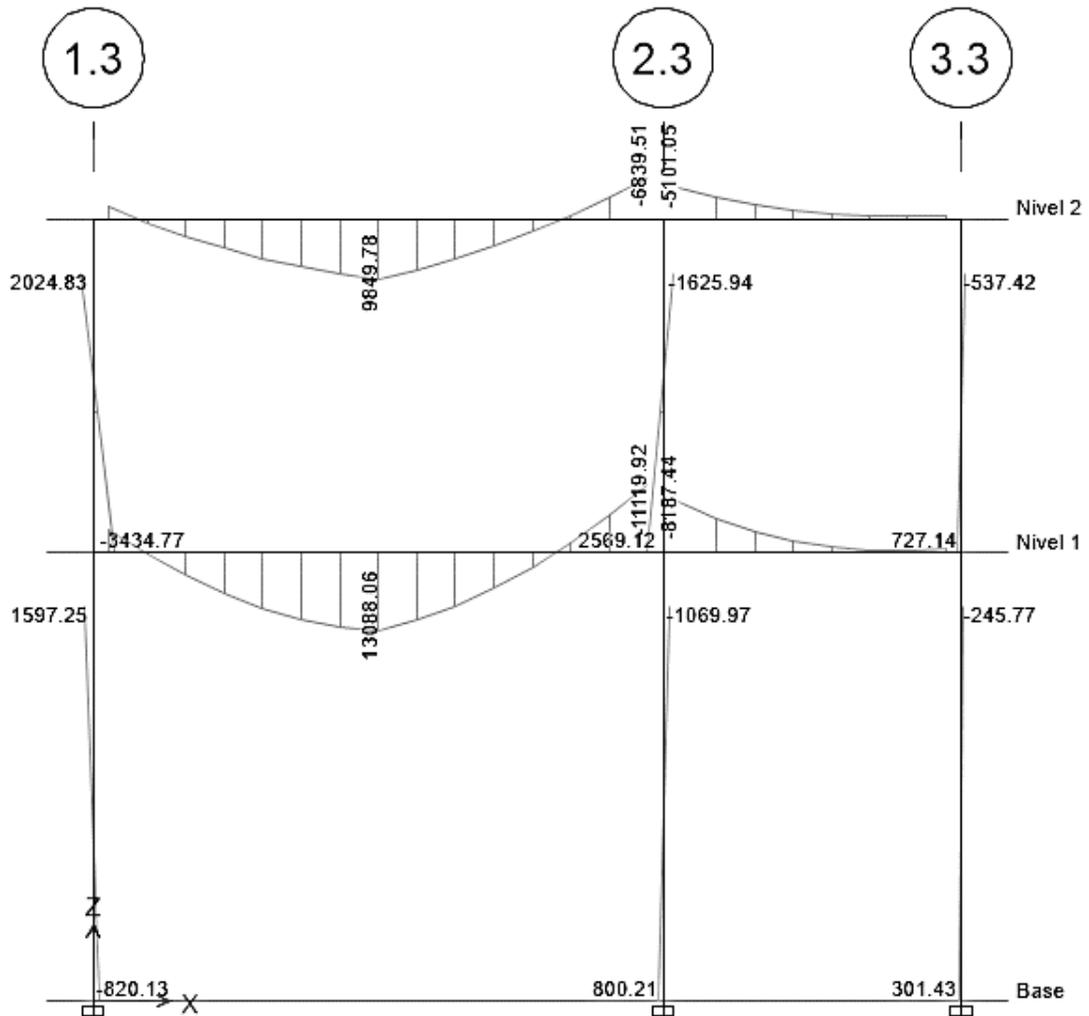
Luego dar *click* en *units* (unidades), luego seleccionar la opción *consistent units* (unidades consistentes), luego en *length unit* (unidad de longitud) seleccionar la opción m (metro), en *force unit* (unidad de fuerza) seleccionar la opción kgf (kilogramo de fuerza) y en *temperature unit* (unidad de temperatura) seleccionar la opción C (grados centígrados) y luego dar *click* en OK para guardar los cambios de *consistent units* (unidades consistentes).

Figura 67. **Ventana de *consistent units* (unidades consistentes)**



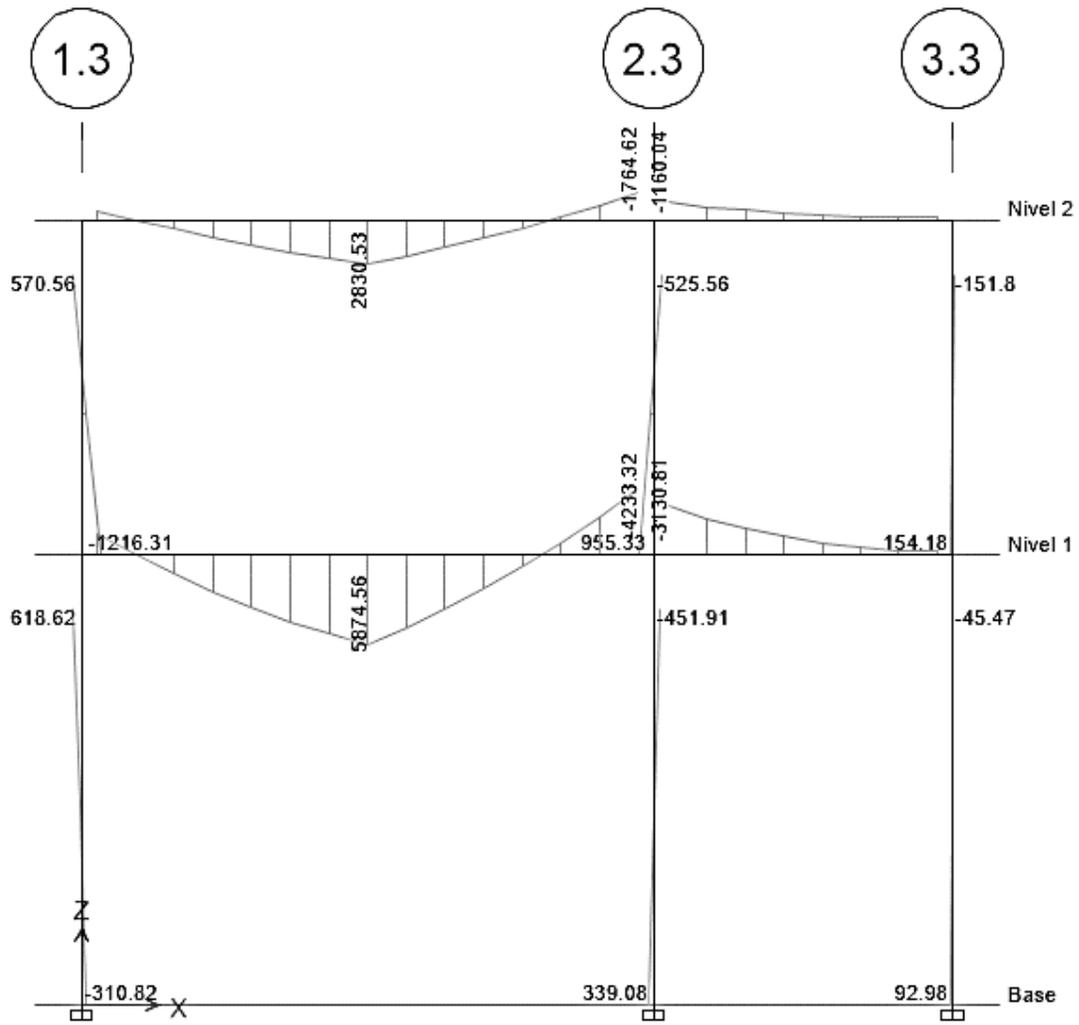
Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 68. Diagrama de momentos de carga muerta eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 69. Diagrama de momentos de carga viva eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

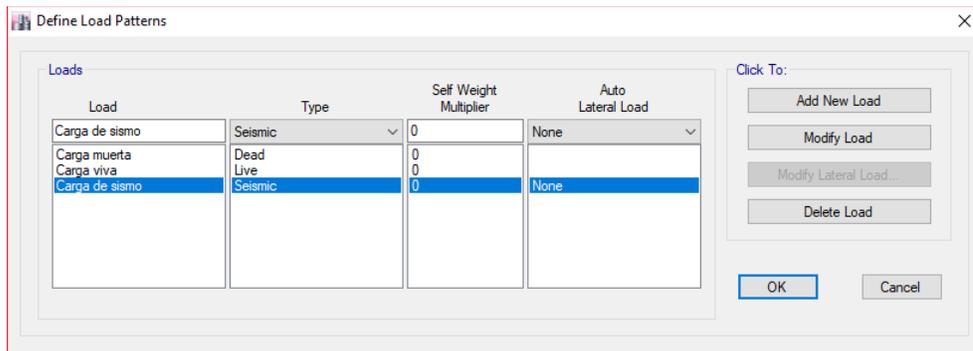
Se describió anteriormente cada uno de los pasos a utilizar en casos donde se analizan marcos sin ladeo, ahora se describen cada uno de los pasos a utilizar en casos donde se analizan marcos con ladeo los cuales son afectados por cargas laterales (carga de sismo). Se utilizará para ejemplificar el diagrama de momentos de carga de sismo del eje G3.

Una vez realizados los pasos del No. 1 al No. 6 de la explicación de marcos sin ladeo anterior se procederá para este análisis a iniciar con el paso No. 7:

- Paso No. 7. En este paso se asignarán las cargas de sismo aplicadas al marco, para ellos se realizarán los siguientes pasos.

Seleccionar la opción *define* (definir), luego seleccionar la opción *load patterns* (patrones de carga), luego en *load* (carga) ingresar carga de sismo, luego en *type* (tipo) seleccionar la opción *seismic* (sísmico), luego en *self weight multiplier* (multiplicador de peso propio) ingresar 0, luego dar *click en add new load* (agregar nueva carga), luego dar *click* en OK para guardar cambios en *define load patterns* (patrones de carga definidos).

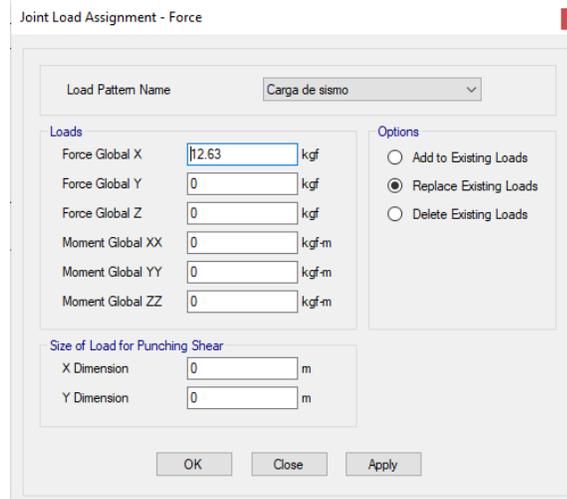
Figura 70. **Ventana de *define load patterns* (patrones de carga definidos)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

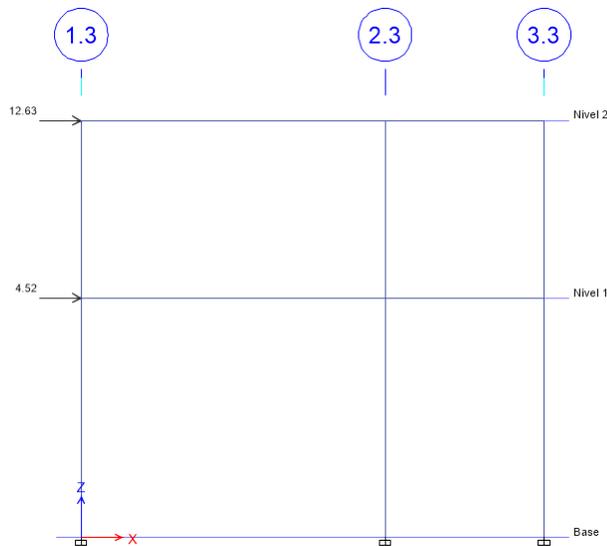
Para cargas de sismo. Seleccionar la opción *assign* (asignar), luego seleccionar la opción *joint loads* (cargas conjuntas), luego seleccionar la opción *force* (fuerza), luego en *load pattern name* (nombre del patrón de carga) seleccionar la opción de la carga de sismo creada, luego seleccionar el nodo en el marco donde será aplicada la carga por sismo, luego en *loads* (cargas) en la opción *force global X* (fuerza global X) ingresar el valor de la carga por sismo aplicada al nodo, luego dar *click* en OK para guardar los cambios de *joint load assignment - force* (asignación de carga conjunta - fuerza).

Figura 71. **Ventana de *joint load assignment - force* (asignación de carga conjunta – fuerza)**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 72. **Cargas de sismo aplicadas al marco del eje G3**

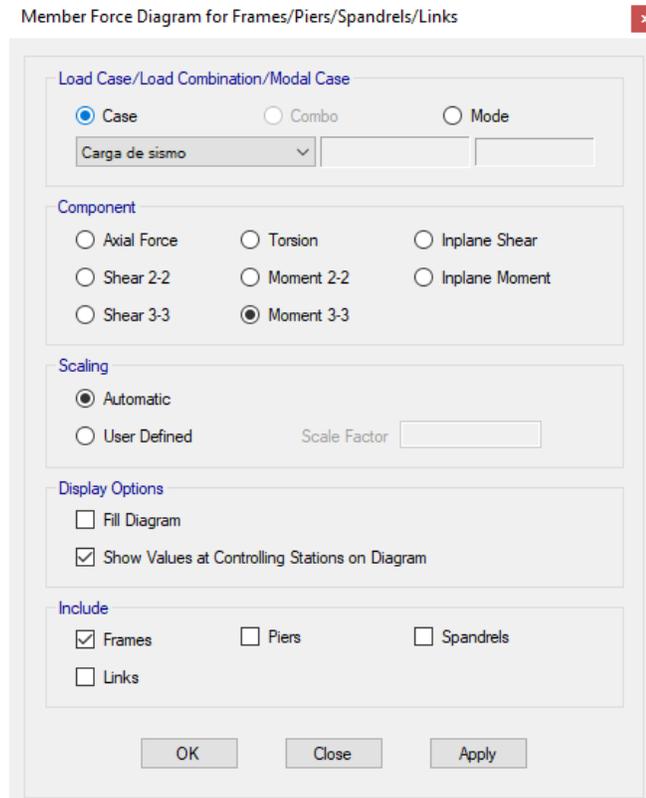


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

- Paso No. 8. En este paso obtendremos nuestros momentos actuantes en el marco, para ellos se realizarán los siguientes pasos.

Seleccionar la opción *run analysis* (ejecutar análisis), luego seleccionar la opción *display frame / pier / spandrel / link forces* (marco de exhibición / muelle / enjuta / fuerzas de enlace), luego en *load case / load combination / modal case* (caso de carga / combinación de carga / caso modal) seleccionar la opción *case* (caso) seleccionar la opción de carga de sismo creada, luego en *component* (componente) seleccionar la opción *moment 3-3* (momento 3-3), luego en *scaling* (escala) seleccionar la opción *automatic* (automático), luego en *display options* (opciones de pantalla) seleccionar la opción *show values at controlling stations on diagram* (mostrar valores en las estaciones de control en el diagrama), luego en *include* (incluir) seleccionar la opción *frames* (marcos), luego dar *click* en OK para guardar cambios en *member force diagram for frames / piers / spandrels / links* (diagrama de fuerza de miembros para marcos / pilares / enjutas / enlaces).

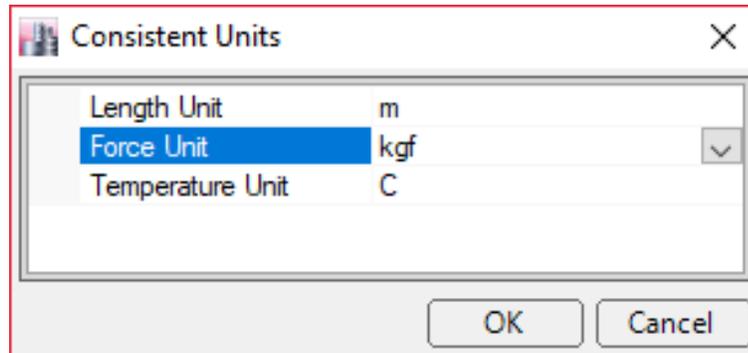
Figura 73. **Ventana de *member force diagram for frames / piers / spandrels / links* (diagrama de fuerza de miembros para marcos / pilares / enjutas / enlaces**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

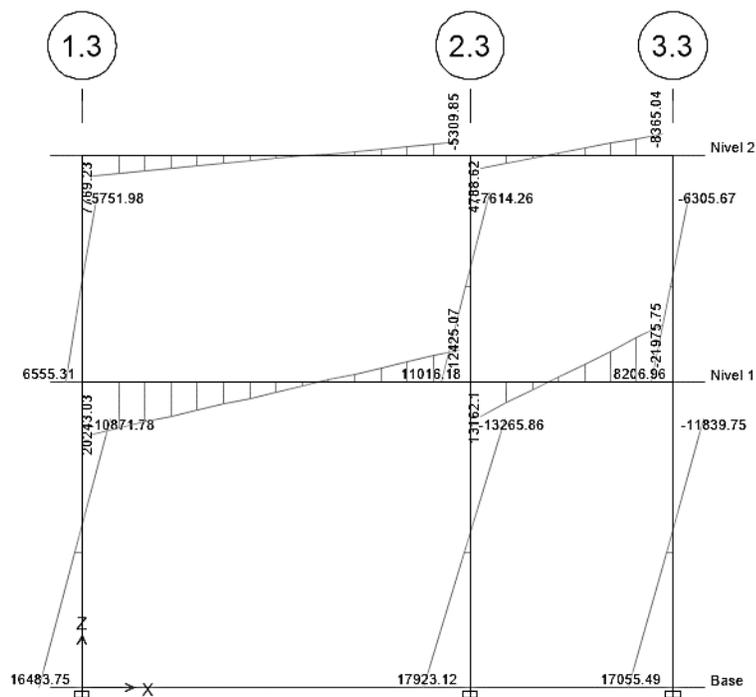
Luego dar *click en units* (unidades), luego seleccionar la opción *consistent units* (unidades consistentes), luego en *length unit* (unidad de longitud) seleccionar la opción m (metro), en *force unit* (unidad de fuerza) seleccionar la opción kgf (kilogramo de fuerza) y en *temperature unit* (unidad de temperatura) seleccionar la opción C (grados centígrados) y luego dar *click* en OK para guardar los cambios de *consistent units* (unidades consistentes).

Figura 74. **Ventana de *consistent units* (unidades consistentes)**



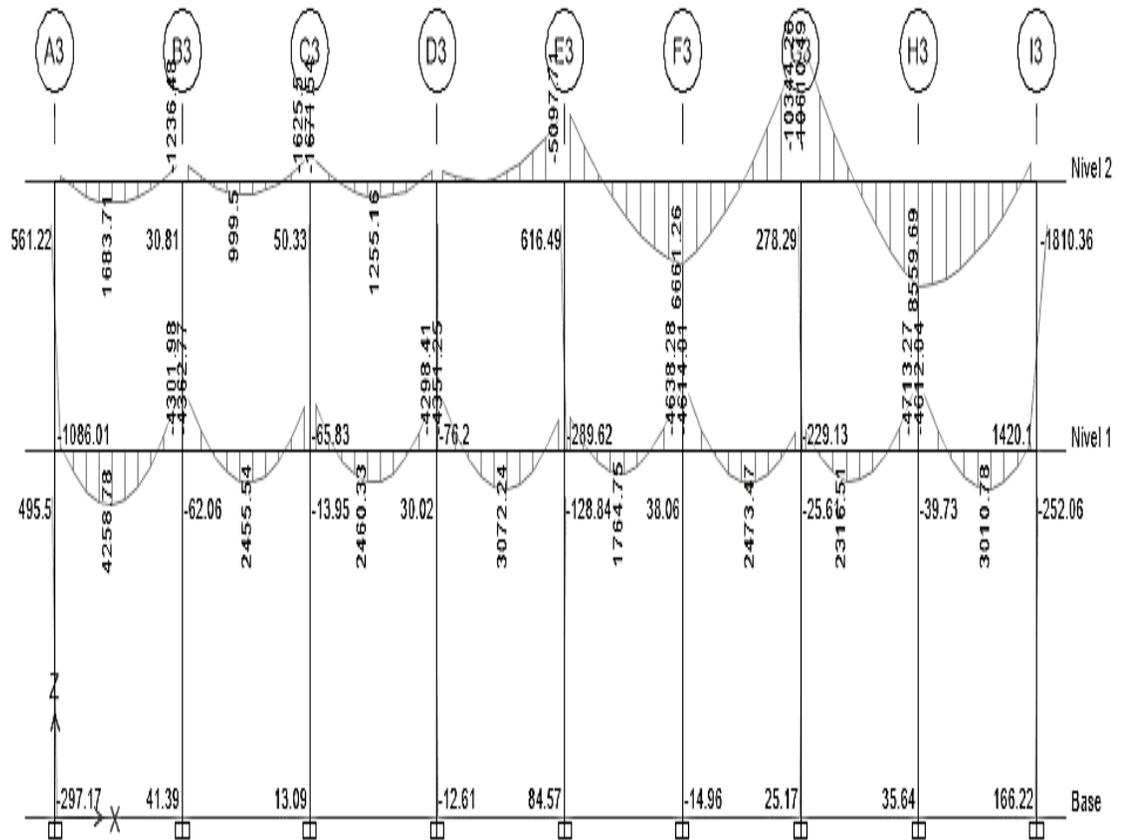
Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 75. **Diagrama de momentos de carga de sismo eje G3 (eje X), (kg * m), módulo 1**



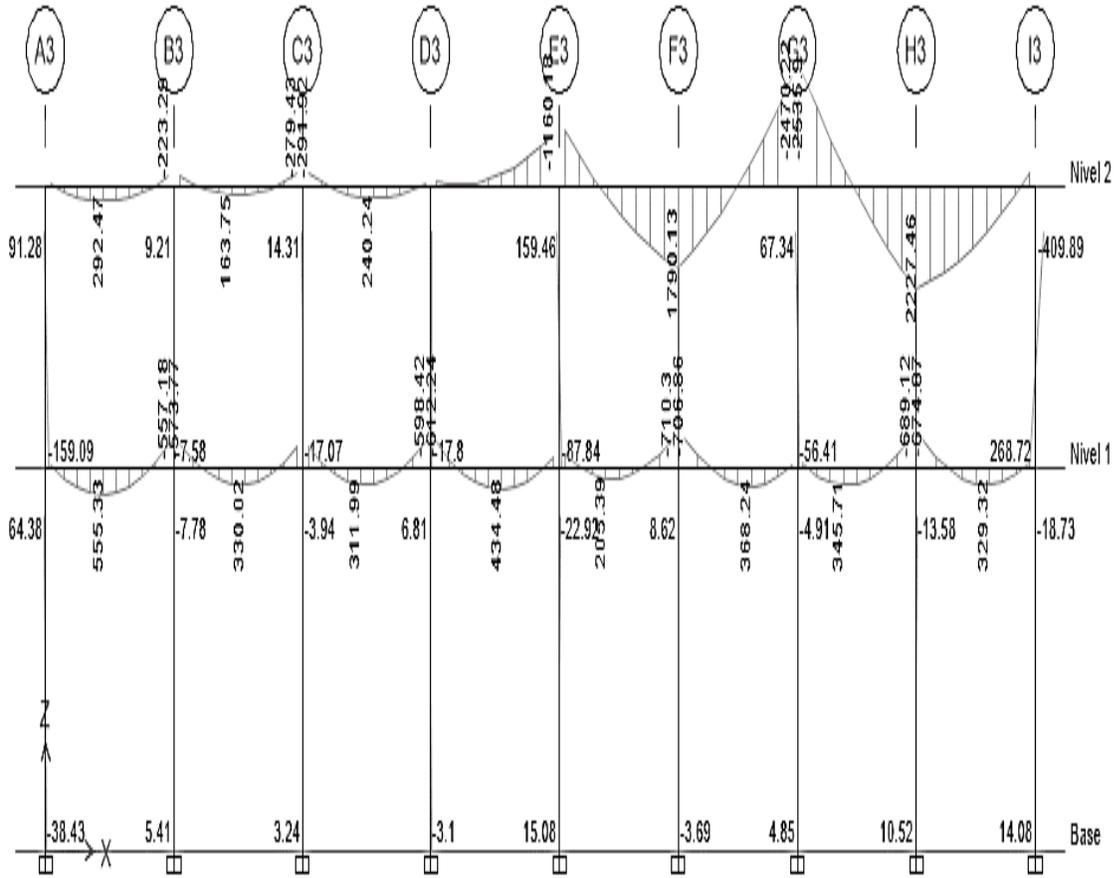
Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 76. Diagrama de momentos de carga muerta eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1.



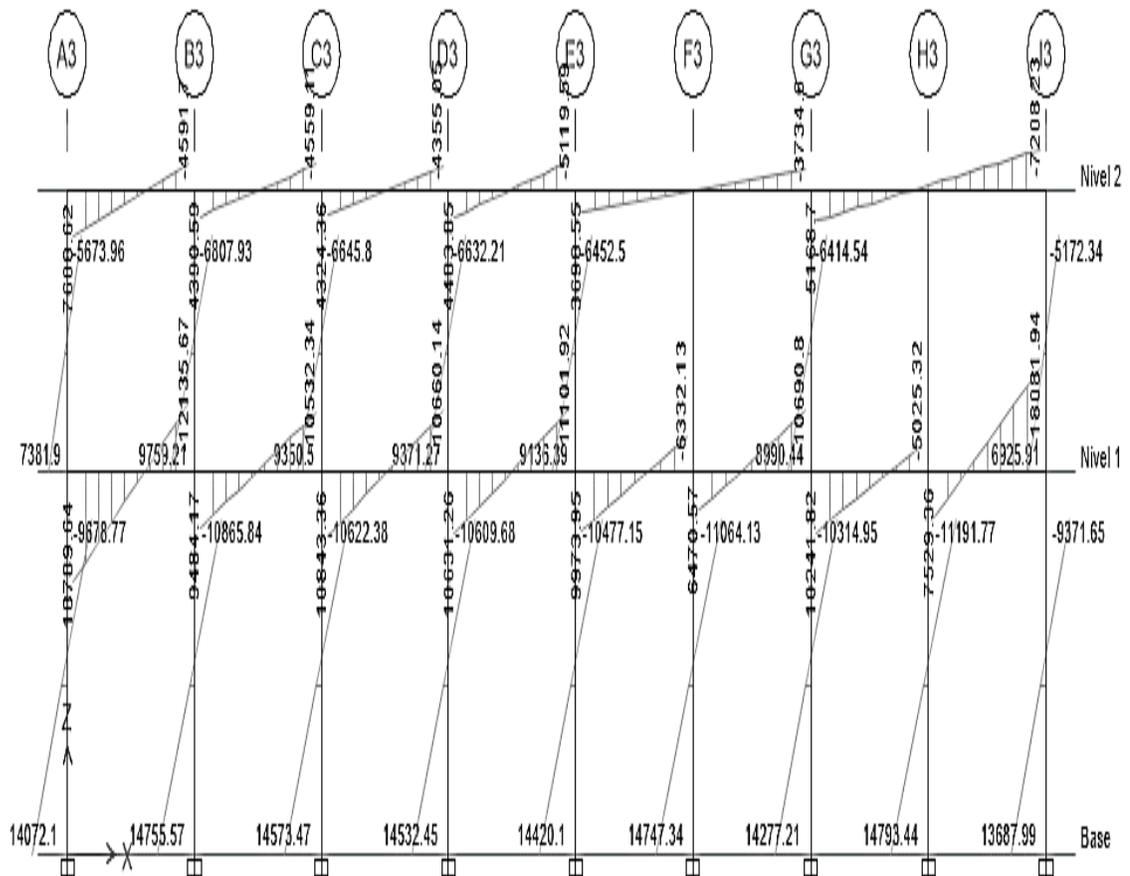
Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 77. Diagrama de momentos de carga viva eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

Figura 78. Diagrama de momentos de carga de sismo eje 2.3 (eje Y), (kg * m), módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 18.

A continuación, se procederá a realizar una comparación de momentos finales obtenidos tanto en el método de Kani como en el programa Etabs, empleando para la comparación el marco G3 con cargas de sismo del módulo 1.

Tabla XXXIX. **Comparación de resultados obtenidos entre los ejes 1.3 y 2.3 del marco G3 con cargas de sismo, Kani - Etabs**

Descripción	Ubicación del tramo	Kani (Kg * m)	Etabs (Kg * m)	Diferencia
Viga	Techo	7 448,05	7 769,23	4,13 %
	Eje 1,3 - Eje 2,3	4 890,20	5 309,85	7,90 %
Viga	Entrepiso	19 402,95	20 243,03	4,15 %
	Eje 1,3 - Eje 2,3	12 306,66	12 425,07	0,95 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La comparación de resultados muestra que el porcentaje de diferencia entre el método de Kani y el programa Etabs varía entre el 0,95 % y el 7,90 %, además con los datos analizados se logra determinar que la variación del porcentaje entre los resultados depende de la separación que hay entre ejes, siendo inferior cuando la longitud entre ejes pequeña y superior cuando la longitud entre ejes es grande.

Se procederá a realizar el diseño estructural del edificio con los datos obtenidos mediante el método de aproximaciones sucesivas Kani.

- **Envolvente de momentos**

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que resultan de la combinación de la carga muerta, carga viva y carga de sismo. Las combinaciones que se utilizaran son las que indica la Norma NSE-2-2018, sección 8.3.

Tabla XL. **Combinaciones de carga sugeridas por AGIES 2018**

Combinaciones de carga	Carga primaria
$U = 1,4 C_M$	Carga muerta (C_M)
$U = 1,2 C_M + 1,6 C_V + 0,5 (C_V \text{ Techo } \text{ ó } C_{Lluvia})$	Carga viva (C_V)
$U = 1,2 C_M + 1,0 C_V + 1,6 C_V \text{ Techo}$	Carga viva de techo ($C_V \text{ Techo}$)
$U = 1,2 C_M + 1,0 C_S + 1,0 C_V$	Carga de sismo (C_S)
$U = 0,9 C_M + 1,0 C_S$	Carga de sismo (C_S)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Momentos últimos:

Tabla XLI. **Envolvente de momentos del marco 2.3 (kg * m)**

Elemento	"VIGAS"							Envolvente
	C_M	C_V	C_S	$U = 1,4 C_M$	$U = 1,2 C_M + 1,6 C_V$	$U = 1,2 C_M + 1,0 C_S + 1,0 C_V$	$U = 0,9 C_M + 1,0 C_S$	
Viga A3-B3	N2							
M (-) A3-B3	-754,5152	-115,6395	8 183,0118	-1 056,3213	-1 090,4414	7 161,9541	7 503,9481	7 503,9481
M (+)	1 447,1863	257,4603	-----	2 026,0608	2 148,5600	1 994,0839	1 302,4677	2 148,5600
M (-) B3-A3	2 364,2531	407,4102	6 007,6686	3 309,9543	3 488,9600	9 252,1825	8 135,4964	9 252,1825
Viga B3-C3	N2							
M (-) B3-C3	-2 192,7607	-379,7318	4 319,1618	-3 069,8650	-3 238,8837	1 308,1172	2 345,6772	-3 069,8650
M (+)	831,3206	136,1107	-----	1 163,8488	1 215,3618	1 133,6954	748,1885	1 215,3618
M (-) C3-B3	2 157,7390	386,0171	4 805,9982	3 020,8346	3 206,9142	7 781,3021	6 747,9633	7 781,3021
Viga C3-D3	N2							
M (-) C3-D3	-2 244,9734	-404,1104	5 046,2830	-3 142,9628	-3 340,5447	1 948,2045	3 025,8069	-3 340,5447
M (+)	1 370,0356	258,9531	-----	1 918,0498	2 058,3677	1 902,9958	1 233,0320	2 058,3677
M (-) D3-C3	1 028,0963	115,9538	4 799,7314	1 439,3348	1 419,2416	6 149,4008	5 725,0181	6 149,4007
Viga D3-E3	N2							
M (-) D3-E3	-793,0771	-60,3881	5 238,3269	-1 110,3079	-1 048,3135	4 226,2463	4 524,5575	4 524,5575
M (+)	-459,4489	-170,7821	-----	-643,2285	-824,5900	-722,1208	-413,5040	-824,5900
M (+) E3-D3	6 138,9616	1 319,1464	5 923,4740	8 594,5462	9 477,3882	14 609,3743	11 448,5394	14 609,3743
Viga E3-G3	N2							
M (-) E3-G3	-7 111,2612	-1 551,8302	3 691,9055	-9 955,7657	-11 016,4418	-6 393,4381	-2 708,2296	-11 016,4418
M (+)	7 108,5238	1 762,5770	-----	9 951,9333	11 350,3518	10 292,805	6 397,6714	11 350,3518
M (-) G3-E3	12 455,9364	2 785,8859	3 814,2247	17 438,3110	19 404,5411	21 547,2343	15 024,5675	21 547,2342
Viga G3-I3	N2							
M (-) G3-I3	-12 844,8471	-2 873,4303	5 577,5396	-17 982,7859	-20 011,3050	-12 709,7072	-5 982,8228	-20 011,3050
M (+)	8 835,4164	2 143,3872	-----	12 369,5830	14 031,9192	12 745,8869	7 951,8748	14 031,9192
M (-) I3-G3	3 268,5654	702,6654	7 218,5353	4 575,9916	5 046,5431	11 843,4792	10 160,2442	11 843,4792
Viga A3-B3	N1							
M (-) A3-B3	-1 161,0586	-227,9659	19 590,6946	-1 625,4820	-1 758,0158	17 969,4584	18 545,7419	18 545,7419
M (+)	3 845,5779	502,5097	-----	5 383,8091	5 418,7090	5 117,2032	3 461,0201	5 418,7090
M (-) B3-A3	6 415,2789	843,0046	14 204,0654	8 981,3905	9 047,1420	22 745,4047	19 977,8164	22 745,4047
Viga B3-C3	N1							
M (-) B3-C3	-6 050,3965	-793,7198	9 998,5788	-8 470,5551	-8 530,4275	1 944,3832	4 553,2220	-8 530,4275
M (+)	2 387,2598	315,8526	-----	3 342,1637	3 370,0759	3 180,5644	2 148,5338	3 370,0759
M (-) C3-B3	4 972,5772	650,5649	11 179,7214	6 961,6081	7 007,9965	17 797,3790	15 655,0409	17 797,3789
Viga C3-D3	N1							
M (-) C3-D3	-5 059,5253	-663,7378	12 010,4174	-7 083,3354	-7 133,4108	5 275,2492	7 456,8446	7 456,8446
M (+)	2 628,7915	341,2989	-----	3 680,3081	3 700,6280	3 495,8487	2 365,9124	3 700,6280
M (-) D3-C3	5 480,3851	729,6544	11 659,9708	7 672,5391	7 743,9092	18 966,0873	16 592,3174	18 966,0873

Continuación de la tabla XLI.

Viga D3-E3	N1								
M (-) D3-E3	-5 411,6202	-712,1668	11 853,0685	-7 576,2683	-7 633,4111	4 646,9575	6 982,6103	-7 633,4111	
M (+)	2 817,2112	379,6119	- - - -	3 944,0957	3 988,0325	3 760,2653	2 535,4901	3 988,0325	
M (-) E3-D3	4 751,4507	604,5994	12 396,6128	6 652,0310	6 669,0999	18 702,9530	16 672,9184	18 702,9530	
Viga E3-F3	N1								
M (-) E3-F3	-5 043,1915	-686,8470	10 543,1876	-7 060,4681	-7 150,7850	3 804,5108	6 004,3153	-7 150,7850	
M (+)	2 044,6431	259,9006	- - - -	2 862,5003	2 869,4127	2 713,4723	1 840,1788	2 869,4127	
M (-) F3-E3	4 404,0067	572,2167	7 106,6686	6 165,6094	6 200,3548	12 963,6933	11 070,2746	12 963,6933	
Viga F3-G3	N1								
M (-) F3-G3	-4 435,7858	-577,5094	7 722,6582	-6 210,1001	-6 246,9580	1 822,2058	3 730,4510	-6 246,9580	
M (+)	2 375,2533	314,9626	- - - -	3 325,3546	3 354,2441	3 165,2666	2 137,7280	3 354,2441	
M (-) G3-F3	4 350,1919	571,4302	11 775,1668	6 090,2687	6 134,5186	17 566,8273	15 690,3395	17 566,8273	
Viga G3-H3	N1								
M (-) G3-H3	-4 463,4717	-603,3407	10 679,4994	-6 248,8604	-6 321,5112	4 719,9927	6 662,3749	6 662,3749	
M (+)	2 031,5786	272,4230	- - - -	2 844,2100	2 873,7711	2 710,3173	1 828,4207	2 873,7711	
M (-) H3-G3	5 009,8554	630,6782	5 531,3234	7 013,7976	7 020,9116	12 173,8281	10 040,1933	12 173,8281	
Viga H3-I3	N1								
M (-) H3-I3	-5 105,4485	-639,3451	9 629,9094	-7 147,6279	-7 149,4904	2 864,0261	5 035,0058	-7 149,4904	
M (+)	3 026,0735	362,5888	- - - -	4 236,5029	4 211,4303	3 993,8770	2 723,4662	4 236,5029	
M (-) I3-H3	2 378,8889	414,3421	18 876,6714	3 330,4445	3 517,6140	22 145,6802	21 017,6714	22 145,6802	
"COLUMNAS"									
Columna A3-A3'	N2								
M (-) A3-A3'	754,5153	115,6396	-8 183,0118	1 056,3214	1 090,4417	-7 161,9538	-7 503,9480	-7 503,9480	
M (+) A3'-A3	1 038,0321	143,3945	-7 109,2053	1 453,2449	1 475,0697	-5 720,1723	-6 174,9764	-6 174,9764	
Columna B3-B3'	N2								
M (-) B3-B3'	-171,4923	-27,6784	-10 326,8305	-240,0892	-250,0762	-10 560,2997	-10 481,1736	-10 560,2997	
M (+) B3'-B3	-226,2264	-31,6778	-9 960,9569	-316,7170	-322,1562	-10 264,1064	-10 164,5607	-10 264,1064	
Columna C3-C3'	N2								
M (-) C3-C3'	87,2345	18,0934	-9 852,2812	122,1283	133,6308	-9 729,5064	-9 773,7702	-9 773,7702	
M (+) C3'-C3	65,4244	11,1233	-9 333,5336	91,5942	96,3066	-9 243,9010	-9 274,6516	-9 274,6516	
Columna D3-D3'	N2								
M (-) D3-D3'	-235,0190	-55,5655	-10 038,0582	-329,0266	-370,9276	-10 375,647	-10 249,5753	-10 375,6465	
M (+) D3'-D3	-92,9779	-22,6016	-9 542,1798	-130,1691	-147,7360	-9 676,3549	-9 625,8599	-9 676,3549	
Columna E3-E3'	N2								
M (-) E3-E3'	970,6428	232,2939	-9 616,9308	1 358,8999	1536,4416	-8 219,8655	-8 743,3523	-8 743,3522	
M (+) E3'-E3	388,0596	99,1146	-9 151,4553	543,2834	624,2549	-8 586,67	-8 802,2017	-8 802,2017	
Columna G3-G3'	N2								
M (-) G3-G3'	388,9108	87,5444	-9 391,7644	544,4751	606,7640	-8 837,5270	-9 041,7447	-9 041,7447	
M (+) G3'-G3	153,6320	37,8070	-8 850,1865	215,085	244,8496	-8 628,0211	-8 711,9177	-8 711,9177	
Columna I3-I3'	N2								
M (-) I3-I3'	-3 268,5655	-702,6655	-7 218,5354	-4 575,9917	-5 046,5434	-11 843,4795	-10 160,2444	-11 843,4795	
M (+) I3'-I3	-2 008,5767	-383,0060	-6 511,9579	-2 812,0074	-3 023,1016	-9 305,2559	-8 319,6769	-9 305,2559	
Columna A3-A3'	N1								
M (-) A3-A3'	653,0266	84,5714	-12 481,4892	914,2372	918,9462	-11 613,2859	-11 893,7653	-11 893,7653	
M (+) A3'-A3	326,5133	42,2857	-12 481,4892	457,1186	459,4731	-12 047,3875	-12 187,6272	-12 187,6272	
Columna B3-B3'	N1								
M (-) B3-B3'	-138,6558	-17,6070	-14 241,6872	-194,1181	-194,5582	-14 425,6812	-14 366,4774	-14 425,6812	
M (+) B3'-B3	-69,3279	-8,8035	-14 241,6872	-97,0591	-97,2791	-14 333,6842	-14 304,0823	-14 333,6842	
Columna C3-C3'	N1								
M (-) C3-C3'	21,5238	2,0496	-13 856,6054	30,1333	29,1079	-13 828,7272	-13 837,2340	-13 837,2340	
M (+) C3'-C3	10,7619	1,0248	-13 856,6054	15,0667	14,5540	-13 842,6663	-13 846,9197	-13 846,91970	
Columna D3-D3'	N1								
M (-) D3-D3'	24,2130	5,1138	-13 970,8596	33,8982	37,2377	-13 936,6902	-13 949,0679	-13 949,0679	
M (+) D3'-D3	12,1065	2,5569	-13 970,8596	16,9491	18,6188	-13 953,7749	-13 959,9638	-13 959,9638	
Columna E3-E3'	N1								
M (-) E3-E3'	-96,0288	-16,8164	-13 792,5970	-134,4403	-142,1408	-13 924,6480	-13 879,0229	-13 924,6480	
M (+) E3'-E3	-48,0144	-8,4082	-13 792,5970	-67,2202	-71,0704	-13 858,6225	-13 835,8100	-13 858,6225	
Columna F3-F3'	N1								
M (-) F3-F3'	31,6888	5,2776	-14 830,3796	44,3643	46,4707	-14 787,0754	-14 801,8597	-14 801,8597	
M (+) F3'-F3	15,8444	2,6388	-14 830,3796	22,1822	23,2354	-14 808,7275	-14 816,1196	-14 816,1196	
Columna G3-G3'	N1								
M (-) G3-G3'	-40,3520	-5,8964	-13 604,4798	-56,4928	-57,8566	-13 658,7986	-13 640,7966	-13 658,7986	
M (+) G3'-G3	-20,1760	-2,9482	-13 604,4798	-28,2464	-28,9283	-13 631,6392	-13 622,6382	-13 631,6392	
Columna H3-H3'	N1								
M (-) H3-H3'	95,3216	8,6424	-15 161,3428	133,4502	128,2138	-15 038,3145	-15 075,5534	-15 075,5534	
M (+) H3'-H3	47,6608	4,3212	-15 161,3428	66,7251	64,1069	-15 099,8286	-15 118,4481	-15 118,4481	
Columna I3-I3'	N1								
M (-) I3-I3'	-369,6486	-31,2800	-12 369,7946	-517,5080	-493,6263	-12 844,6529	-12 702,4783	-12 844,6529	
M (+) I3'-I3	-184,8243	-15,6400	-12 369,7946	-258,7540	-246,8132	-12 607,2238	-12 536,1365	-12 607,2238	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XLII. **Envolvente de momentos del marco G3 (kg * m)**

"VIGAS"								
Elemento	C _M	C _V	C _S	U = 1,4 C _M	U = 1,2 C _M + 1,6 C _V	U = 1,2 C _M + 1,0 C _S + 1,0 C _V	U = 0,9 C _M + 1,0 C _S	Envolvente
Viga 1,3-2,3	N2							
M (-) 1,3-2,3	-4 053,8261	-1 230,4965	7 448,0461	-5 675,3565	-6 833,3857	1 352,9583	3 799,6026	-6 833,3857
M (+)	8 953,1740	2 566,5549	-----	12 534,4436	14 850,2966	1 3310,3637	8 057,8566	14 850,2966
M (-) 2,3-1,3	9 044,1248	2 312,9328	4 890,1979	12 661,7747	14 553,6422	18 056,0805	13 029,9102	18 056,0805
Viga 2,3-3,3	N2							
M (-) 2,3-3,3	-7 045,8556	-1 655,8878	7 016,5843	-9 864,1978	-11 104,4472	-3 094,3302	675,3143	-11 104,4472
M (+)	-1 591,1502	-564,2961	-----	-2 227,6103	-2 812,2540	-2 473,6763	-1 432,0352	-2 812,2540
M (-) 3,3-2,3	-362,1173	-165,2487	9 574,8041	-506,9642	-698,9387	8 975,0146	9 248,8985	9 248,8985
Viga 1,3-2,3	N1							
M (-) 1,3-2,3	-6 886,7654	-2 567,6625	19 402,9483	-9 641,4716	-12 372,3785	8 571,1673	13 204,8594	13 204,8594
M (+)	12 084,7224	5 510,3739	-----	16 918,6114	23 318,2651	20 012,0408	10 876,2502	23 318,2651
M (-) 2,3-1,3	13 790,7236	5 111,5950	12 306,6632	19 307,0130	24 727,4203	33 967,1265	24 718,3144	33 967,1265
Viga 2,3-3,3	N1							
M (-) 2,3-3,3	-10 440,1256	-3 755,1460	17 053,4743	-14 616,1758	-18 536,3843	770,1776	7 657,3613	-18 536,3843
M (+)	-1 445,9610	-1 168,4411	-----	-2 024,3454	-3 604,6590	-2 903,5943	-1 301,3649	-3 604,6590
M (-) 3,3-2,3	-465,2476	-335,3861	24 148,1051	-651,3466	-1 094,9149	23 254,4219	23 729,3823	23 729,3823
"COLUMNAS"								
Columna 1,3-1,3'	N2							
M (-) 1,3-1,3'	4 053,8261	1 230,4966	-7 448,0461	5 675,3565	6 833,3859	-1 352,9582	-3 799,6026	6 833,3859
M (-) 1,3'-1,3	4 471,4422	1 597,3220	-5 440,7977	6 260,0191	7 921,4458	1 522,2549	-1 416,4997	7 921,4458
Columna 2,3-2,3'	N2							
M (-) 2,3-2,3'	-1 998,2694	-657,0452	-11 906,7824	-2 797,5772	-3 449,1956	-1 4961,7509	-13 705,2249	-14 961,7509
M (-) 2,3'-2,3	-2 181,7689	-845,5033	-11 557,4280	-3 054,4765	-3 970,9280	-1 5021,0540	-13 521,0200	-15 021,0540
Columna 3,3-3,3'	N2							
M (-) 3,3-3,3'	362,1173	165,2486	-9 574,8041	506,9642	698,9385	-8 975,0147	-9 248,8985	-9 248,8985
M (-) 3,3'-3,3	323,8177	209,5963	-8 360,0820	453,3448	723,9353	-7 761,9045	-8 068,6461	-8 068,6461
Columna 1,3-1,3'	N1							
M (-) 1,3-1,3'	2 415,3232	970,3404	-13 962,1507	3 381,4525	4 450,9325	-10 093,4225	-11 788,3598	-11 788,3598
M (-) 1,3'-1,3	1 207,6616	485,1702	-13 962,1507	1 690,7262	2 225,4662	-12 027,7866	-12 875,2553	-12 875,2553
Columna 2,3-2,3'	N1							
M (-) 2,3-2,3'	-1 168,8290	-510,9458	-17 802,7095	-1 636,3606	-2 220,1081	-19 716,2501	-18 854,6556	-19 716,2501
M (-) 2,3'-2,3	-584,4145	-255,4729	-17 802,7095	-818,1803	-1 110,0540	-18 759,4798	-18 328,6826	-18 759,4798
Columna 3,3-3,3'	N1							
M (-) 3,3-3,3'	141,4298	125,7898	-15 788,0233	198,0017	370,9794	-15 492,5177	-15 660,7365	-15 660,7365
M (-) 3,3'-3,3	70,7149	62,8949	-15 788,0233	99,0009	185,4897	-15 640,2705	-15 724,3799	-15 724,3799

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- **Cortes últimos:**

Los esfuerzos cortantes últimos en vigas y columnas de los marcos analizados se obtienen según los factores de mayoración sugeridos en el código ACI 318S-14 sección 5,3.1, tabla 5,3.1. Las ecuaciones empleadas para el cálculo del cortante último consideran los efectos de carga viva, carga muerta y carga de sismo.

- **Cortante último en vigas:**

$$V_{U \text{ Vigas}} = 1,2 * \left(\frac{W_{CM} * LViga}{2} + \frac{P_{CM}}{2} \right) + 1,0 * \left(\frac{W_{CV} * LViga}{2} + \frac{P_{CV}}{2} \right) + 1,0 * \left(\frac{MS \text{ izquierdo} + MS \text{ derecho}}{LViga} \right)$$

Donde:

$V_{U \text{ Vigas}}$ = cortante último de la viga analizada (kg).

W_{CM} = carga muerta distribuida (kg / m).

P_{CM} = carga muerta puntual (kg).

W_{CV} = carga viva distribuida (kg / m).

P_{CV} = carga viva puntual (kg).

$M_{S \text{ izquierdo}}$ = momento por sismo en el extremo izquierdo de la viga (kg*m).

$M_{S \text{ derecho}}$ = momento por sismo en el extremo derecho de la viga (kg*m).

L_{Viga} = longitud de la viga (m).

Nota: El cortante último en la viga debido a una carga puntual debe omitirse en el caso en el que no exista la misma.

- Cortante último en columnas:

$$V_{U \text{ Columna}} = \frac{M_{U \text{ superior}} + M_{U \text{ inferior}}}{L_{\text{Columna}}}$$

Donde:

$V_{U \text{ Columnas}}$ = cortante último de la columna analizada (kg).

$M_{U \text{ superior}}$ = momento último en el extremo superior de la columna (kg*m).

$M_{U \text{ inferior}}$ = momento último en el extremo inferior de la columna (kg*m).

L_{Columna} = longitud de la columna (m).

Tabla XLIII. Cortante último del marco 2.3 (kg * m)

"VIGAS"									
Nivel	Tramo	L (m)	Cargas distribuidas (kg / m)		Cargas puntuales (kg)		Momentos por sismo (kg * m)		V _U (kg)
			W _{CM}	W _{CV}	P _{CM}	P _{CV}	M _{S izquierdo}	M _{S derecho}	
2do. Nivel	A3 – B3	4,44	1 220,07	210,61	-----	-----	8 183,01	6 007,67	6 572,73
2do. Nivel	B3 - C3	4,44	1 220,07	210,61	-----	-----	4 319,16	4 806,00	5 431,85
2do. Nivel	C3 - D3	4,44	1 220,07	210,61	-----	-----	5 046,28	4 799,73	5 594,20
2do. Nivel	D3 - E3	4,44	1 220,07	210,61	-----	-----	5 238,33	5 923,47	5 890,55
2do. Nivel	E3 - G3	8,22	1 220,07	210,61	2 686,34	1 047,50	3 691,91	3 814,22	18 621,51
2do. Nivel	G3 - I3	8,22	1 220,07	210,61	2 686,34	1 047,50	5 577,54	7 218,54	19 265,06
1er. Nivel	A3 – B3	4,44	3 205,36	421,23	-----	-----	19 590,69	14 204,07	12 349,20
1er. Nivel	B3 - C3	4,44	3 205,36	421,23	-----	-----	9 998,58	11 179,72	13 561,70
1er. Nivel	C3 - D3	4,44	3 205,36	421,23	-----	-----	12 010,42	11 659,97	14 122,99
1er. Nivel	D3 - E3	4,44	3 205,36	421,23	-----	-----	11 853,07	12 396,61	14 253,46
1er. Nivel	E3 - F3	4,11	3 205,36	421,23	-----	-----	10 543,19	7 106,67	12 451,53
1er. Nivel	F3 - G3	4,11	3 205,36	421,23	-----	-----	7 722,66	11 775,17	12 901,15
1er. Nivel	G3 - H3	4,11	3 205,36	421,23	-----	-----	10 679,50	5 531,32	12 101,39
1er. Nivel	H3 - I3	4,11	3 205,36	421,23	-----	-----	9 629,91	18 876,67	15 093,06
"COLUMNAS"									
Nivel	Tramo	L (m)	Cargas distribuidas (kg / m)		Cargas puntuales (kg)		Momentos por sismo (kg * m)		V _U (kg)
			W _{CM}	W _{CV}	P _{CM}	P _{CV}	M _{S superior}	M _{S inferior}	
2do. Nivel	A3 - A3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-8 183,01	-7 109,21	-3 556,33
2do. Nivel	B3 - B3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-10 326,83	-9 960,96	-4 718,09
2do. Nivel	C3 - C3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-9 852,28	-9 333,53	-4 461,82
2do. Nivel	D3 - D3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-10 038,06	-9 542,18	-4 553,54
2do. Nivel	E3 - E3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-9 616,93	-9 151,46	-4 364,74
2do. Nivel	G3 - G3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-9 391,76	-8 850,19	-4 242,31
2do. Nivel	I3 - I3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-7 218,54	-6 511,96	-3 193,14
1er. Nivel	A3 - A3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-12 481,49	-12 481,49	-4 303,96
1er. Nivel	B3 - B3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-14 241,69	-14 241,69	-4 910,93
1er. Nivel	C3 - C3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-13 856,61	-13 856,61	-4 778,14
1er. Nivel	D3 - D3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-13 970,86	-13 970,86	-4 817,54
1er. Nivel	E3 - E3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-13 792,60	-13 792,60	-4 756,07
1er. Nivel	F3 - F3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-14 830,38	-14 830,38	-5 113,92
1er. Nivel	G3 - G3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-13 604,48	-13 604,48	-4 691,20
1er. Nivel	H3 - H3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-15 161,34	-15 161,34	-5 228,05
1er. Nivel	I3 - I3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-12 369,79	-12 369,79	-4 265,44

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XLIV. Cortante último del marco G3 (kg * m)

"VIGAS"									
Nivel	Tramo	L (m)	Cargas distribuidas (kg / m)		Cargas puntuales (kg)		Momentos por sismo (kg * m)		V _U (kg)
			W _{CM}	W _{CV}	P _{CM}	P _{CV}	M _{S izquierdo}	M _{S derecho}	
2do. Nivel	1,3 - 2,3	7,36	1 140,34	186,89	4 228,63	1 670,00	7 448,05	4 890,20	23 220,63
2do. Nivel	2,3 - 3,3	3,85	1 140,34	186,89	-----	-----	7 016,58	9 574,80	7 055,77
1er. Nivel	1,3 - 2,3	7,36	2 162,51	473,24	4 228,63	3 340,00	19 402,95	12 306,66	31 373,32
1er. Nivel	2,3 - 3,3	3,85	2 162,51	473,24	-----	-----	17 053,47	24 148,11	15 981,05

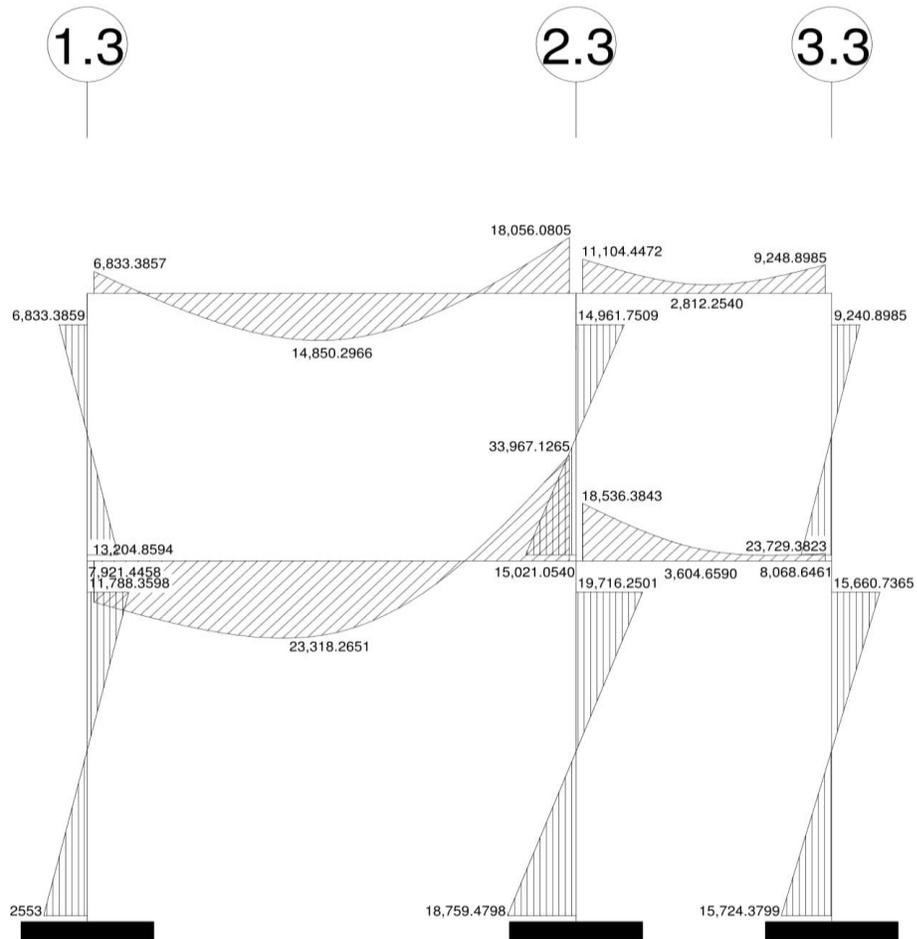
Continuación de la tabla XLIV.

"COLUMNAS"									
Nivel	Tramo	L (m)	Cargas distribuidas (kg / m)		Cargas puntuales (kg)		Momentos por sismo (kg * m)		V _U (kg)
			W _{CM}	W _{CV}	P _{CM}	P _{CV}	M _{S superior}	M _{S inferior}	
2do. Nivel	1,3 - 1,3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-7 448,05	-5 440,80	-2 997,41
2do. Nivel	2,3 - 2,3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-11 906,78	-11 557,43	-5 456,79
2do. Nivel	3,3 - 3,3'	4,30	-----	-----	-----	-----	-9 574,80	-8 360,08	-4 170,90
1er. Nivel	1,3 - 1,3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-13 962,15	-13 962,15	-4 814,53
1er. Nivel	2,3 - 2,3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-17 802,71	-17 802,71	-6 138,87
1er. Nivel	3,3 - 3,3'	5,80	-----	-----	-----	-----	-15 788,02	-15 788,02	-5 444,14

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Diagramas de cortes y momentos

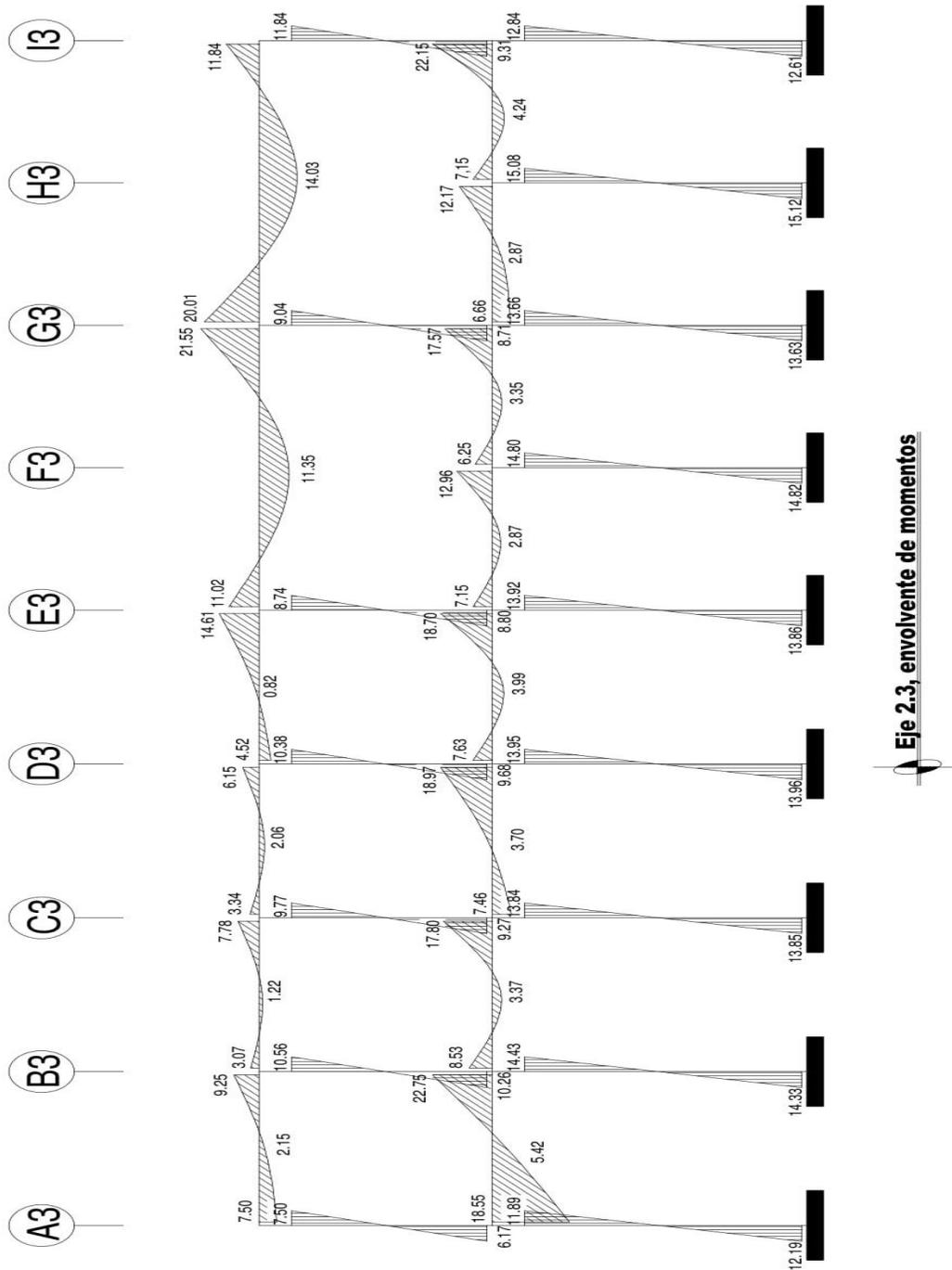
Figura 79. **Envolvente de momentos, eje G3 (eje X), (kg * m)**



Eje G3, envolvente de momentos

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

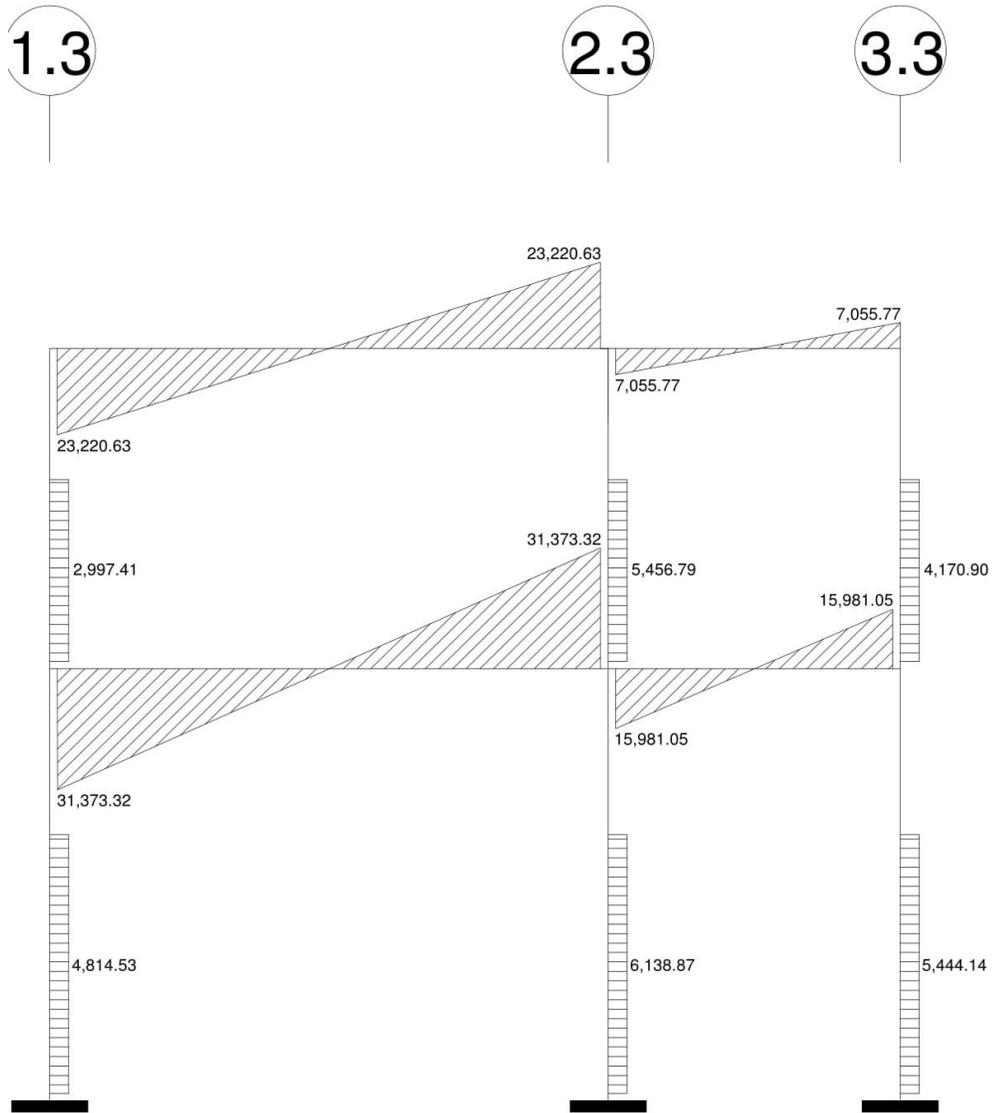
Figura 80. **Envolvente de momentos, eje 2.3 (eje Y), (ton * m)**



Eje 2.3, envolvente de momentos

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

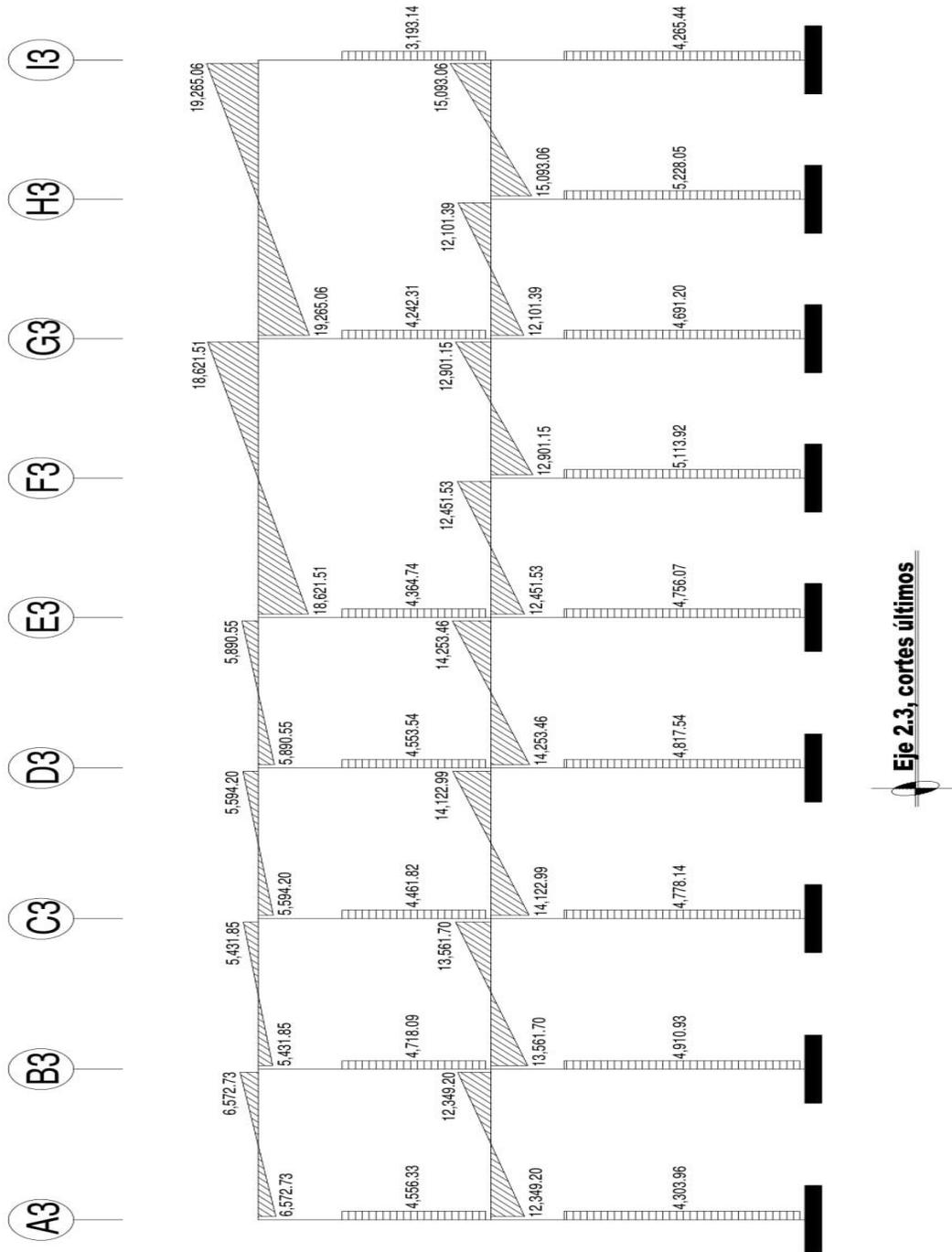
Figura 81. Cortes últimos, eje G3 (eje X), (kg * m)



Eje G3, cortes últimos

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 82. Cortes últimos, eje 2.3 (eje Y), (kg * m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.6. Diseño estructural

A continuación, se realiza el diseño estructural del edificio empleando como base los resultados obtenidos del análisis estructural, con el objetivo de determinar las dimensiones óptimas de los elementos estructurales (losas, vigas, columnas, cimentación) y el refuerzo de acero longitudinal y transversal necesario para que cada elemento estructural funcione de manera adecuada durante el tiempo de vida de la estructura.

El diseño de cada elemento estructural se hará con base al código ACI 318S-14, y las propiedades de los materiales a usar serán las siguientes:

- Materiales:

Resistencia del concreto, f'_c = 280 kg / cm², (4 000 psi)

Módulo de elasticidad del concreto, E_c = (15 100 * $\sqrt{f'_c}$) kg / cm²

Peso volumétrico del concreto, Y_c = 2 400 kg / m³

Resistencia del acero en columnas,
vigas y cimentaciones, f_y = 4 200 kg / cm², (grado 60)

Resistencia del acero en losas y
gradas, f_y = 2 800 kg / cm², (grado 40)

Módulo de elasticidad del acero, E_s = 2,1 * 10⁶ kg / cm²

- Recubrimiento de los elementos (según ACI 318S-14, sección 20.6.1.3.1, tabla 20.6.1.3.1.)

Losas = 0,020 m

Vigas = 0,040 m

Columnas = 0,040 m

Cimientos = 0,075 m

2.3.6.1. Diseño de gradas

Las gradas son elementos estructurales que tienen como función principal comunicar dos ambientes separados por una distancia vertical, deben proporcionar un recorrido amplio, seguro y de rápido acceso, la ubicación debe ser funcional de acuerdo a la ocupación del edificio. El módulo de gradas está compuesto por una serie de escalones, integrados por elementos horizontales denominados “huellas” y elementos verticales denominados “contrahuella”. Los escalones están apoyados sobre una losa inclinada continua con capacidad resistente a la flexión. Para el diseño modular de las gradas se aplicarán los criterios que se indican en el “Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales, 2016” del Ministerio de Educación, páginas 119 - 120 y para el diseño estructural se aplicarán los criterios sugeridos por el ACI 318S-14.

- Módulo de gradas:

Carga viva = 500 kg / m²

Sobre carga y acabados = 120 kg / m²

Altura entre vigas = 1,15 m

Nota: debido a que la longitud entre apoyos es muy larga, se colocó una viga de apoyo intermedia, para reducir el espesor de la losa inclinada (ver ubicación de viga de apoyo intermedia en detalle de gradas figura 45).

Tabla XLV. **Dimensionamiento de huellas y contrahuellas en gradas.**

Nivel de educación (No. máximo de huellas entre descansos ≤ 16 unidades)		Huella mínima (cm)	Contrahuella máxima (cm)
Pre primario y primario		25,00	15,00
Medio	Básico	30,00	20,00
	Diversificado		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Dimensionamiento propuesto:

$$\begin{aligned} \text{Contrahuella}_{Propuesta} &= 14,33 \text{ cm} \\ \text{Huella}_{Propuesta} &= 33,50 \text{ cm} \\ \text{No. de huellas entre descansos}_{Propuesta} &= 7 \text{ unidades} \end{aligned}$$

- Chequeo de condiciones de comodidad:

$$61,00 \text{ cm} \leq 2 * C_{Propuesta} + H_{Propuesta} \leq 63,00 \text{ cm}$$

$$45,00 \text{ cm} \leq C_{Propuesta} + H_{Propuesta} \leq 48,00 \text{ cm}$$

$$480,00 \text{ cm}^2 \leq C_{Propuesta} * H_{Propuesta} \leq 520,00 \text{ cm}^2$$

No. de huellas entre descansos $_{Propuesta} \leq 16$ unidades;

Si $C_{Propuesta}$, $H_{Propuesta}$ o No. huellas no se encuentran entre los rangos se deben cambiar las dimensiones;

Donde:

$C_{Propuesta}$ = contrahuella propuesta (cm).

$H_{Propuesta}$ = huella propuesta (cm).

$61,00 \text{ cm} \leq 2 * C_{Propuesta} + H_{Propuesta} \leq 63,00 \text{ cm}$
 $61,00 \text{ cm} \leq 2 * 14,33 \text{ cm} + 33,50 \text{ cm} \leq 63,00 \text{ cm}$
 $61,00 \text{ cm} \leq 62,16 \text{ cm} \leq 63,00 \text{ cm}; \text{ Si cumple.}$
 $45,00 \text{ cm} \leq C_{Propuesta} + H_{Propuesta} \leq 48,00 \text{ cm}$
 $45,00 \text{ cm} \leq 14,33 \text{ cm} + 33,50 \text{ cm} \leq 48,00 \text{ cm}$
 $45,00 \text{ cm} \leq 47,83 \text{ cm} \leq 48,00 \text{ cm}; \text{ Si cumple.}$

$480,00 \text{ cm}^2 \leq C_{Propuesta} * H_{Propuesta} \leq 520,00 \text{ cm}^2$
 $480,00 \text{ cm}^2 \leq 14,33 \text{ cm} * 33,50 \text{ cm} \leq 520,00 \text{ cm}^2$
 $480,00 \text{ cm}^2 \leq 480,06 \text{ cm}^2 \leq 520,00 \text{ cm}^2; \text{ Si cumple.}$

No. de huellas entre descansos $Propuesta \leq 16$ unidades
 14 unidades ≤ 16 unidades; Si cumple.

- Longitud de losa:

$$L_{Losa} = \sqrt{L_{Horizontal}^2 + L_{Vertical}^2};$$

Donde:

L_{Losa} = Longitud inclinada entre descansos de la losa analizada (m).
 $L_{Horizontal}$ = Longitud horizontal entre descansos de la losa analizada (m).
 $L_{Vertical}$ = Longitud vertical entre descansos de la losa analizada (m).

$$L_{Losa} = \sqrt{L_{Horizontal}^2 + L_{Vertical}^2}$$

$$L_{Losa} = \sqrt{(7 * 0,335 \text{ m})^2 + (8 * 0,1433 \text{ m})^2}$$

$$L_{Losa} = 2,61 \text{ m}$$

- Espesor de la losa:

A continuación, se procederá a calcular el espesor de la losa la cual tiene un extremo continuo, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 7.3.1.1, tabla 7.3.1.1:

Tabla XLVI. **Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas**

Condición de apoyo	Altura mínima
Simplemente apoyados	L / 20
Un extremo continuo	L / 24
Ambos extremos continuos	L / 28
En voladizo	L / 10

Fuente: American Concrete Insitute. ACI 318S-14. p. 92.

$$t_{Losa} = \frac{LLosa}{24};$$

Donde:

t_{Losa} = Espesor de la losa inclinada entre descansos analizada (m).

L_{Losa} = Longitud inclinada entre descansos de la losa analizada (m).

$$t_{Losa} = \frac{LLosa}{24}$$

$$t_{Losa} = \frac{2,61 \text{ m}}{24}$$

$$t_{Losa} = 0,11 \text{ m}$$

- Integración de cargas:

$$C_{U \text{ Gradas}} = 1,2 * C_{M \text{ Gradas}} + 1,6 * C_{V \text{ Gradas}}$$

$$C_{M \text{ Gradas}} = P_{P \text{ Gradas}} + P_{\text{Sobrecarga y acabados}}$$

$$P_{P \text{ Gradas}} = \gamma_c * \left(t_{\text{Losa}} + \frac{C}{2} \right);$$

Donde:

$C_{U \text{ Gradas}}$ = carga última del módulo de gradas analizado (kg / m²).

$C_{M \text{ Gradas}}$ = carga muerta del módulo de gradas analizado (kg / m²).

$C_{V \text{ Gradas}}$ = carga viva del módulo de gradas analizado (kg / m²).

$P_{P \text{ Gradas}}$ = peso propio de las gradas y de la losa inclinada analizada (kg / m²).

$P_{\text{Sobrecarga y acabados}}$ = peso de sobrecarga y acabados ((kg / m²).

γ_c = peso específico del concreto (kg / m³).

t_{Losa} = espesor de la losa inclinada entre descansos analizada (m).

C = contrahuella de la losa inclinada analizada (m).

$$P_{P \text{ Gradas}} = \gamma_c * \left(t_{\text{Losa}} + \frac{C}{2} \right)$$

$$P_{P \text{ Gradas}} = 2\,400,00 \text{ kg} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(0,11 \text{ m} + \frac{0,1433 \text{ m}}{2} \right)$$

$$P_{P \text{ Gradas}} = 435,96 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$C_{M \text{ Gradas}} = P_{P \text{ Gradas}} + P_{\text{Sobrecarga y acabados}}$$

$$C_{M \text{ Gradas}} = 435,96 \text{ kg} / \text{m}^2 + 120,00 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$C_{M \text{ Gradas}} = 555,96 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$C_{U \text{ Gradas}} = 1,2 * C_{M \text{ Gradas}} + 1,6 * C_{V \text{ Gradas}}$$

$$C_{U \text{ Gradas}} = 1,2 * 555,96 \text{ kg} / \text{m}^2 + 1,6 * 500,00 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$C_{U \text{ Gradas}} = 1\,467,15 \text{ kg} / \text{m}^2$$

- Momentos actuantes:

Se determinarán los momentos actuantes negativo y positivo de la losa inclinada con gradas analizada, para ello se considerará una franja unitaria de 1,00 m de ancho:

$$M_{(-)} = \frac{CU \text{ Gradadas} * L_{Losa}^2}{14}$$

$$M_{(+)} = \frac{CU \text{ Gradadas} * L_{Losa}^2}{9};$$

Donde:

$M_{(-)}$ = momento negativo (kg * m).

$M_{(+)}$ = momento positivo (kg * m).

$C_{U \text{ Gradadas}}$ = carga última del módulo de gradas analizado (kg / m²).

L_{Losa} = longitud inclinada entre descansos de la losa analizada (m).

$$M_{(-)} = \frac{CU \text{ Gradadas} * L_{Losa}^2}{14}$$

$$M_{(-)} = \frac{1\,467,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (2,61 \text{ m})^2}{14}$$

$$M_{(-)} = 713,88 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{(+)} = \frac{CU \text{ Gradadas} * L_{Losa}^2}{9}$$

$$M_{(+)} = \frac{1\,467,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (2,61 \text{ m})^2}{9}$$

$$M_{(+)} = 1\,110,49 \text{ kg} * \text{m}$$

- Peralte efectivo:

Para el peralte efectivo de la losa inclinada (d_{Losa}) debe tomarse en cuenta el espesor de la losa y el recubrimiento para losas de concreto no expuestas a la intemperie ni en contacto con el suelo según ACI 318S-14, sección 20.6.1.3.1, tabla 20.6.1.3.1. Se propone utilizar un recubrimiento de 2,00 centímetros y acero corrugado número 3 ($\emptyset = 3/8''$):

$$d_{Losa} = t_{Losa} - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ Varilla}}{2};$$

Donde:

d_{Losa} = peralte efectivo de la losa inclinada analizada (cm).

t_{Losa} = espesor de la losa inclinada entre descansos analizada (m).

$\emptyset_{Varilla}$ = diámetro de acero corrugado propuesto para la losa inclinada analizada (cm).

$$d_{Losa} = t_{Losa} - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ Varilla}}{2}$$

$$d_{Losa} = 11,00 \text{ cm} - 2,00 \text{ cm} - \frac{0,9525 \text{ cm}}{2}$$

$$d_{Losa} = 8,52 \text{ cm}$$

- Área de acero mínimo a flexión y área de acero por temperatura:

A continuación, se procederá a calcular el área de acero mínimo a flexión y el área de acero por temperatura (ambos tienen el mismo valor, según lo sugerido por ACI 318S-14, comentario R7.6.1.1) según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 7.6.1.1, tabla 7.6.1.1:

Tabla XLVII. **Áreas de acero a flexión mínimas en cm²**

Tipo de refuerzo	f_y , Kg / cm ²	A_s mín, cm ²	
Refuerzo corrugado	< 4 200 Kg / cm ²	0,0020 * A_g	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldada	≥ 4 200 Kg / cm ²	Mayor de:	$\frac{0,0018 * 4\ 200}{f_y} * A_g$
			0,0014 * A_g

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Se procede a calcular el área de acero mínimo a flexión y el área de acero por temperatura de la losa inclinada, se propone utilizar acero grado 40 (2 800,00 kg / cm²):

$$A_s \text{ mín ó temp} = 0,0020 * A_g$$

$$A_g = b_w * t_{Losa};$$

Donde:

$A_s \text{ mín ó temp}$ = área de acero mínimo a flexión o área de acero por temperatura de la losa inclinada analizada (cm²).

A_g = área bruta de la sección de concreto de la franja unitaria de la losa inclinada analizada (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la losa inclinada analizada (cm).

t_{Losa} = peralte de la losa inclinada analizada (cm).

$$A_g = b_w * t_{Losa}$$

$$A_g = 100,00 \text{ cm} * 11,00 \text{ cm}$$

$$A_g = 1\ 100,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín ó temp} = 0,0020 * A_g$$

$$A_s \text{ mín ó temp} = 0,0020 * 1\ 100,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín ó temp} = 2,20 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento máximo entre barras de acero corrugadas:

A continuación, se procede a calcular las condiciones de espaciamento máximo permitidas sugeridas por el ACI 318S-14, sección 7,7.2,3:

$$S_{m\acute{a}x} = \text{el menor entre } 3 * h_{Losa} \text{ y } 45,00 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{m\acute{a}x}$ = espaciamento máximo permitido entre barras de acero corrugadas de la losa inclinada analizada (cm).

h_{Losa} = altura de la losa inclinada analizada (cm).

$S_{m\acute{a}x}$ = el menor entre $3 * h_{Losa}$ y 45,00 cm

$S_{m\acute{a}x}$ = el menor entre $3 * 11,00$ cm y 45,00 cm

$S_{m\acute{a}x}$ = el menor entre 33,00 cm y 45,00 cm

$S_{m\acute{a}x}$ = 33,00 cm

- Área de acero requerida por los momentos actuantes:

$$A_{s \text{ requerida } M(i)} = \left[b_{Losa} * d_{Losa} - \sqrt{(b_{Losa} * d_{Losa})^2 - \left(\frac{Mu * b_{Losa}}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * frc}{f_y};$$

Donde:

$A_{s \text{ requerida } M(i)}$ = área de acero requerida por el momento actuante analizado (cm²).

b_{Losa} = ancho de franja unitaria de la losa inclinada analizada (cm).

- d_{Losa} = peralte efectivo de la losa inclinada analizada (cm).
 M_u = momento analizado (kg * m).
 f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).
 f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

$$A_s \text{ requerida } M(-) = \left[b_{Losa} * d_{Losa} - \sqrt{(b_{Losa} * d_{Losa})^2 - \left(\frac{M_u * b_{Losa}}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_s \text{ requerida } M(-) = \left[100,00 \text{ cm} * 8,52 \text{ cm} - \sqrt{(100,00 \text{ cm} * 8,52 \text{ cm})^2 - \left(\frac{713,88 \text{ kg} * \text{m} * 100,00 \text{ cm}}{0,003825 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}{2800,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$A_s \text{ requerida } M(-) = 3,40 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ requerida } M(+) = \left[b_{Losa} * d_{Losa} - \sqrt{(b_{Losa} * d_{Losa})^2 - \left(\frac{M_u * b_{Losa}}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_s \text{ requerida } M(+) = \left[100,00 \text{ cm} * 8,52 \text{ cm} - \sqrt{(100,00 \text{ cm} * 8,52 \text{ cm})^2 - \left(\frac{1110,49 \text{ kg} * \text{m} * 100,00 \text{ cm}}{0,003825 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}{2800,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$A_s \text{ requerida } M(+) = 5,37 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento de los bastones:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para el área de acero requerida por el momento negativo, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 3 ($\emptyset = 3/8''$):

$$S_{A_s \text{ requerida } M(-)} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * bw}{A_s \text{ requerida } M(-)}$$

Donde:

$S_{As \text{ requerida } M(-)}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas para el área de acero requerida por el momento negativo de la losa inclinada analizada (cm).

$A_s \emptyset \text{ propuesto}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la losa inclinada analizada (cm).

$A_s \text{ mín}$ = área de acero mínimo a flexión de la losa inclinada analizada (cm²).

$$S_{As \text{ requerida } M(-)} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{A_s \text{ requerida } M(-)}$$

$$S_{As \text{ requerida } M(-)} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{3,40 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ requerida } M(-)} = 20,88 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ requerida } M(-)} = 20,00 \text{ cm}$$

Se colocarán bastones longitudinales de acero corrugado con un espaciamiento de $S_{As \text{ requerida } M(-)} = 20,00 \text{ cm}$, en ambos extremos de la losa analizada.

- Espaciamiento del refuerzo en la cama inferior:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para el área de acero requerida por el momento positivo y por el área de acero por temperatura, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 3 ($\emptyset = 3/8''$):

$$S_{As \text{ requerida } M(+)} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{A_s \text{ requerida } M(+)}$$

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{As \emptyset \text{ propuesto} * bw}{As \text{ temp}};$$

Donde:

$S_{As \text{ requerida } M(+)}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas para el área de acero requerida por el momento positivo de la losa inclinada analizada (cm).

$S_{As \text{ temp}}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas para el área de acero por temperatura de la losa inclinada analizada (cm).

$A_{s \emptyset \text{ propuesto}}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la losa inclinada analizada (cm).

$A_{s \text{ requerida } M(-)}$ = área de acero requerida por el momento positivo (cm²).

$A_{s \text{ temp}}$ = área de acero por temperatura de la losa inclinada analizada (cm²).

$$S_{As \text{ requerida } M(+)} = \frac{As \emptyset \text{ propuesto} * bw}{As \text{ requerida } M(+)}$$

$$S_{As \text{ requerida } M(+)} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{5,37 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ requerida } M(+)} = 13,22 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ requerida } M(+)} = 10,00 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{As \emptyset \text{ propuesto} * bw}{As \text{ temp}}$$

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{2,20 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ temp}} = 32,27 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ temp}} = 30,00 \text{ cm}$$

Se colocarán barras No. 3 ($\emptyset = 3/8''$) longitudinales de acero corrugadas con un espaciamiento de $S_{As \text{ requerida } M(+)} = 10,00 \text{ cm}$ y se colocarán barras No. 3 ($\emptyset = 3/8''$) transversales de acero corrugadas con un espaciamiento de $S_{As \text{ temp}} = 30,00 \text{ cm}$.

- Espaciamiento del refuerzo en la cama superior del descanso:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para el área de acero por temperatura, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 3 ($\emptyset = 3/8''$):

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{A_s \text{ temp}};$$

Donde:

$S_{As \text{ temp}}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas para el área de acero por temperatura de la losa inclinada analizada (cm).

$A_s \emptyset \text{ propuesto}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm^2).

b_w = ancho de franja unitaria de la losa inclinada analizada (cm).

$A_s \text{ temp}$ = área de acero por temperatura de la losa inclinada analizada (cm^2).

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{A_s \text{ temp}}$$

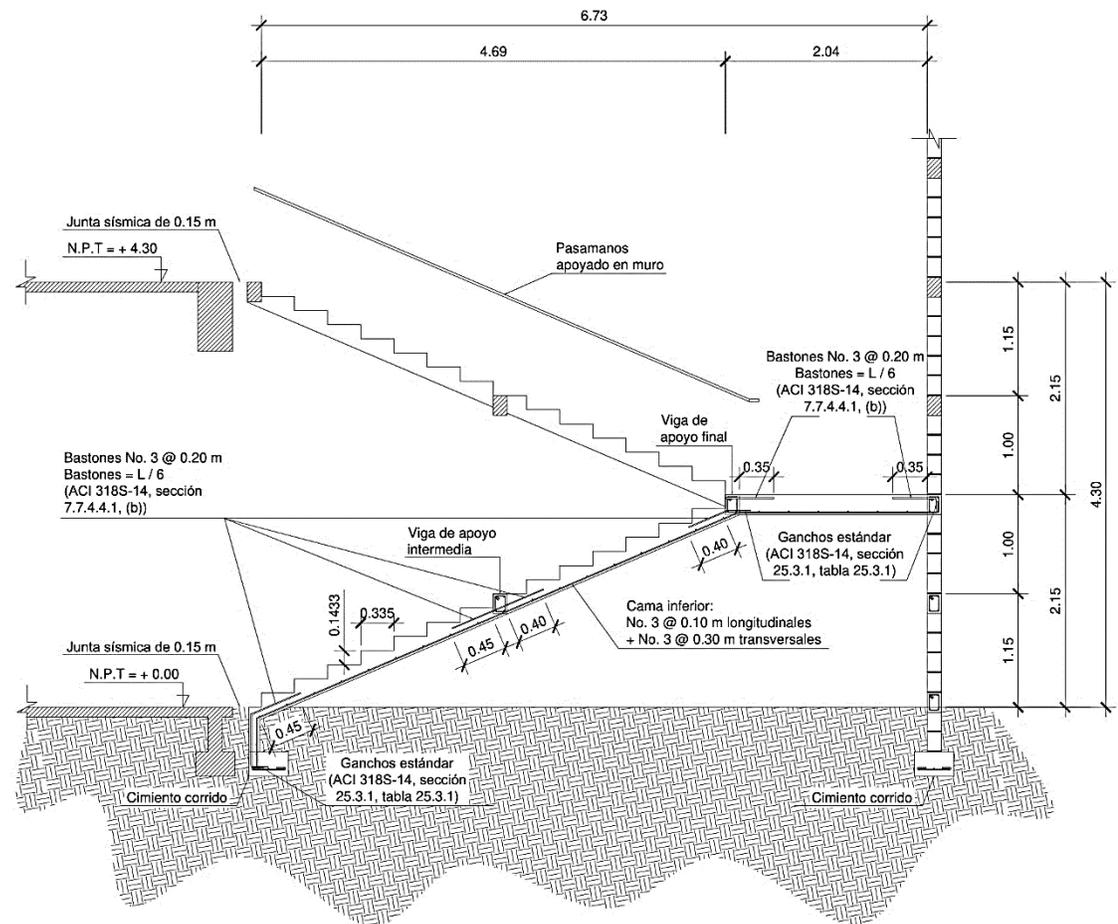
$$S_{As \text{ temp}} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{2,20 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ temp}} = 32,27 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ temp}} = 30,00 \text{ cm}$$

Se colocarán barras No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) en ambos sentidos de acero corrugadas con un espaciamiento de $S_{As\ temp} = 30,00$ cm.

Figura 83. Detalle de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Condiciones del cajón del módulo de gradas:

Debido a que la norma del AGIES NSE-4-2018 no se encuentra aún en la página www.agies.org, se utilizaron las condiciones para el cajón de las gradas

de acuerdo a lo establecido en la norma del AGIES NSE-4-2010, capítulos 5 y 6, correspondientes a las especificaciones para cimentaciones y muros descritas a continuación:

- Sección 5.1.3: las viviendas deben cimentarse siempre en terreno estable y deben empotrarse por lo menos 40,00 cm dentro del terreno para viviendas de 1 nivel de bloque o ladrillo y para viviendas de 2 niveles de bloque o ladrillo se deben empotrar 60,00 cm.
- Sección 5.3: los muros deben cimentarse sobre un cimiento corrido de acuerdo al tipo de material de las paredes, el tipo de techo y número de niveles. En todo caso los cimientos o vigas de cimentación deberán estar dispuestas en cuadros cerrados cuyo lado mayor no sobrepase los 7,00 m. Cuando no haya muro, debe continuarse el cimiento hasta su intersección con otro. Todo muro tendrá un cimiento corrido convencional cuyo ancho será de por lo menos dos veces el espesor del muro que soporta.
- Sección 5.3.5.1: su cimentación será un cimiento corrido de concreto reforzado con un ancho mínimo de 50,00 cm por 25,00 cm de peralte, luego levantado de block o ladrillo y en seguida, una solera de humedad fundida de 15,00 cm de peralte, sumando una profundidad mínima de 60,00 cm medido desde la parte inferior del cimiento. El refuerzo del cimiento corrido consiste en 4 barras No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) corridas más eslabón No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) a cada 15,00 cm. Mientras que la solera de humedad consiste de 4 barras No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) corridas más estribo No. 2 ($\varnothing = 1/4''$) a cada 15,00 cm.

- Sección 6.1.5.1: mampostería reforzada mixta: en este tipo de muro el acero de refuerzo se coloca y concentra en elementos verticales y horizontales fundidos de concreto denominados mochetas y soleras respectivamente. Ambas concentraciones de refuerzo deben confinar a las unidades de mampostería. Al mismo tiempo, el refuerzo de las mochetas y soleras debe quedar asegurado y confinado por eslabones o estribos preferentemente. La resistencia del concreto a compresión f'_c deberá ser como mínimo 17,5 MPa (175. kg/cm²).
- Sección 6.5.1: mampostería con refuerzo mixta.
- Sección 6.5.1.1: columnas de confinamiento.
- Sección 6.5.1.1.1: deben construirse columnas de confinamiento en todos los muros y vanos de la estructura. También en los extremos de los muros, en la intersección de muros estructurales y en puntos intermedios a distancias no mayores de 4,00 m. La resistencia del concreto debe ser al menos de 14,0 MPa (140. kg/cm²).
- Sección 6.5.1.1.2: la sección mínima de las columnas será de 200,00 cm². Su ancho mínimo será igual al espesor del muro.
- Sección 6.5.1.1.3: el refuerzo mínimo de las columnas consiste en 4 barras longitudinales corridas No.3 ($\varnothing = 3/8"$) más estribos No.2 ($\varnothing = 1/4"$) a cada 15,00 cm para muros de 14,00 cm de espesor o bien estribos No.2 ($\varnothing = 1/4"$) a cada 20,00 cm para muros de 19,00 cm de espesor.

- Sección 6.5.1.1.4: el refuerzo debe partir desde el nivel inferior del refuerzo de la cimentación con un gancho de 20,00 cm mínimo, y anclarse en la parte superior de la solera de entrepiso o remate.
- Sección 6.5.1.1.5: no se deben doblar las barras que se encuentren embebidas en el concreto recién fraguado o endurecido. Todas las barras deben doblarse antes de fundir los elementos. Mientras que los estribos deben tener un dobléz mínimo de 8,00 cm en ambos extremos y ubicados dentro del núcleo confinado de la columna y el amarre mediante alambre No. 18. La ubicación de las patas del estribo debe alternarse en cada una de las esquinas del refuerzo longitudinal.
- Sección 6.5.1.2: mochetas.
- Sección 6.5.1.2.1: deben construirse las mochetas de confinamiento en puntos intermedios intercaladas con las columnas de los muros y en los extremos de vanos de puertas y ventanas. La separación entre columnas y mochetas será no mayor de 2,00 m.
- Sección 6.5.1.2.2: la sección mínima de las mochetas será de 10,00 cm de largo y un ancho igual al espesor del muro.
- Sección 6.5.1.2.3: El refuerzo mínimo de las mochetas consiste en 2 barras longitudinales corridas No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) más eslabones No. 2 ($\varnothing = 3/8''$) a cada 15,00 cm para muros de 14,00 cm de espesor o bien eslabones No. 2 ($\varnothing = 1/4''$) a cada 20,00 cm para muros de 19,00 cm de espesor.

- Sección 6.5.1.3: soleras de confinamiento.
- Sección 6.5.1.3.1: todos los muros estructurales deben amarrarse entre sí mediante una solera de entrepiso y/o solera corona en la parte superior de los mismos. Dichas soleras deben ser fundidas de al menos del mismo espesor del muro y de un peralte mínimo de 15,00 cm.
- Sección 6.5.1.3.2: las culatas de mampostería también deben amarrarse construyendo soleras de corona a manera de elementos de confinamiento.
- Sección 6.5.1.3.3: el refuerzo mínimo de las soleras consiste en 4 barras longitudinales corridas No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) más estribos No. 2 ($\varnothing = 1/4''$) a cada 15,00 cm para muros de 14,00 cm de espesor o bien estribos No. 2 ($\varnothing = 1/4''$) a cada 20,00 cm para muros de 19,00 cm de espesor.
- Sección 6.5.1.3.4: en los cruces de los muros, las barras deben formar paralelos a los muros de donde llegan al cruce y sus traslapes deben tener una longitud mínima según su diámetro de barra.
- Sección 6.5.1.4: soleras intermedias.
- A los muros debe de proveérseles de soleras intermedias las cuales pueden ser:

- Una solera fundida con refuerzo consistente en 4 barras longitudinales corridas No. 3 ($\varnothing = 3/8$ ") más estribos No. 2 ($\varnothing = 1/4$ ") a cada 15,00 cm para muros de 14,00 cm de espesor o bien estribos No. 2 ($\varnothing = 1/4$ ") a cada 20,00 cm para muros de 19,00 cm de espesor.
- Dos soleras intermedias en unidad "U" uniformemente espaciadas, con refuerzo consistente en 2 barras longitudinales corridas No. 3 ($\varnothing = 3/8$ ") más eslabones No. 2 ($\varnothing = 1/4$ ") a cada 15,00 cm para muros de 14,00 cm de espesor o bien eslabones No. 2 ($\varnothing = 1/4$ ") a cada 20,00 cm para muros de 19,00 cm de espesor.
- A los muros se les debe de proveer soleras intermedias, dependiendo de su relación altura / largo:

Tabla XLVIII. **Número de soleras dependiendo de la relación altura / largo**

Relación de muro, Altura / Largo	No. de Soleras
Menor o igual a 0,99	1
De 1 a 1,99	2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

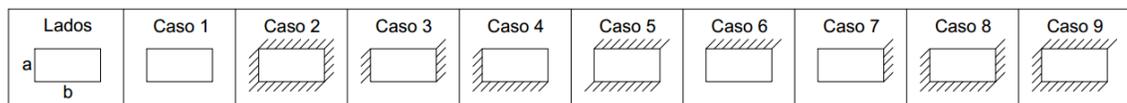
- Puede llamarse solera total a una de 4 barras longitudinales y media solera a la de menos cantidad de barras. Una solera total puede ser sustituida por dos medias soleras, para cumplir con la relación anterior.

- Las soleras totales tendrán un lado menor igual al espesor del muro y cumplir con lo indicado en 6.5.1.2. Las medias soleras pueden tener un lado menor igual a 10,00 cm y el otro como el espesor del muro, pueden ser fundidas dentro de una unidad tipo “U” que permita hacerlo.
- La junta de construcción entre el módulo de gradas y el módulo de marcos será de 0,15 m como se calculó en la sección de “Espaciamiento de junta sísmica entre módulos”, página: 75, cálculo realizado con base en el libro de “Diseño sísmico de edificios, Bazan y Meli”, página 181.

2.3.6.2. Diseño de losas

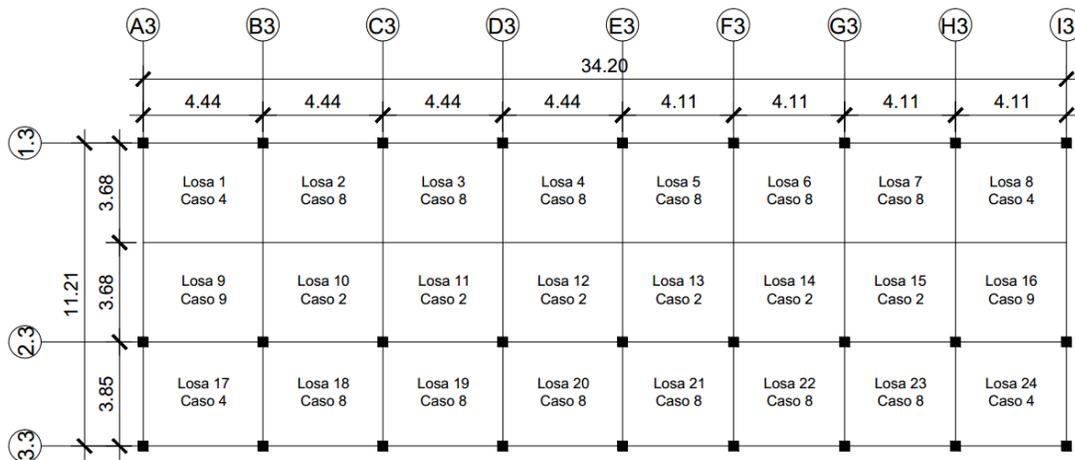
Es un elemento estructural que tiene como función principal dividir los diferentes niveles de un edificio siendo capaz de soportar y transmitir cargas hacia las vigas y las columnas de la estructura. Para el diseño de las losas de los edificios se utilizó el método 3 del ACI de 1963 (método de coeficientes), este método simplifica el cálculo de diseño de las losas, ya que está basado en la continuidad de sus bordes, como ejemplo, se analizarán y diseñarán las losas que componen el módulo 1. A continuación se describe cada uno de los pasos y fórmulas a utilizar en el diseño de losas.

Figura 84. Casos de continuidad en losas



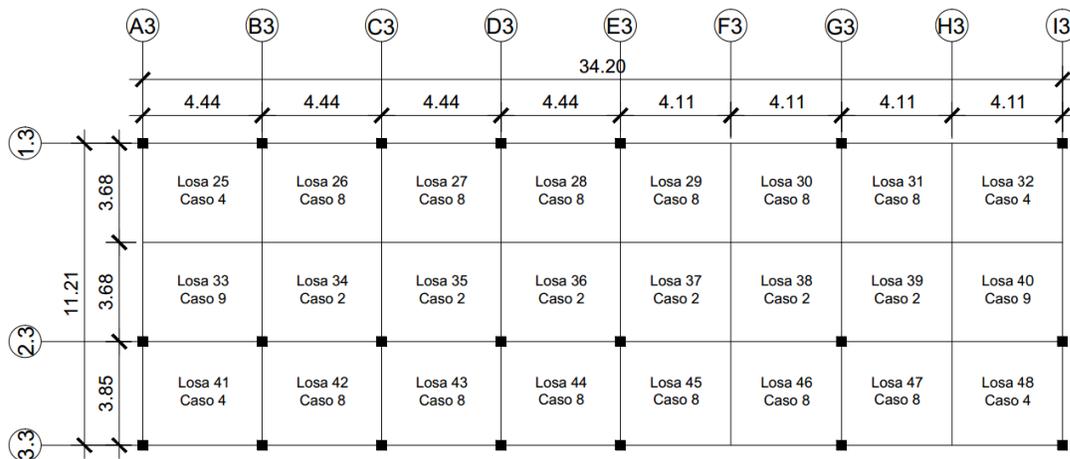
Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de Estructuras de Concreto*. p. 375-381.

Figura 85. **Planta típica de distribución de losas del entrespacio del módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 86. **Planta típica de distribución de losas del techo del módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Sentido en que trabajan las losas:

A continuación, se calculará en qué sentido trabajan las losas, empleando para ello la relación entre el lado menor y el lado mayor.

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

si $m < 0,50$, trabaja en una dirección
 si $m \geq 0,50$, trabaja en dos direcciones;

Donde:

m = Relación entre los lados de la losa

a = Lado corto de la losa (m).

b = Lado largo de la losa (m).

Losa 1:

$a = 3,68$ m

$b = 4,44$ m

$$m_{\text{Losa 1}} = \frac{3,68 \text{ m}}{4,44 \text{ m}}$$

$m_{\text{Losa1}} = 0,83$ m, trabaja en 2 direcciones

Nota: todas las losas del módulo 1 trabajan en 2 direcciones.

- Espesor de losa:

El espesor de las losas fue calculado en el predimensionamiento, sección 2.1.4.1.3.

$$t_{Losa} = 0,09 \text{ m}$$

- Cargas últimas de diseño, según el tipo de uso:

Para el cálculo de las cargas últimas de diseño se deben tomar en cuenta las cargas muertas (peso propio de la losa y peso de sobrecarga y acabados) y las cargas vivas, las cuales se aplican a las losas según el tipo de uso que se les den, las cuales están indicadas en la norma NSE-2-2018, sección 3.7, tabla 3.7.1-1, del AGIES.

Las cargas serán mayoradas según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 5.3.1, tabla 5.3.1.

Tabla XLIX. **Cargas actuantes en las losas**

$C_{M\ Losa}$	
$P_{P\ Losa}$	216,00 kg / m ²
$P_{Sobrecarga\ y\ acabados}$	120,00 kg / m ²
P_{Muros}	200,00 kg / m ²
$C_{V\ Losa}$	
Aulas y baños	200,00 kg / m ²
Pasillos y escaleras	500, kg / m ²
Azoteas sin acceso	100,00 kg / m ²

Fuente: AGIES. NSE-2. Demandas estructurales y condiciones de sitio. p. 33-35.

$$C_{U\ Losa} = 1,2 * C_{M\ Losa} + 1,6 * C_{V\ Losa};$$

Donde:

$C_{U\ Losa}$ = Carga última de diseño de la losa analizada (kg / m²).

$C_{M\ Losa}$ = Cargas muertas de la losa analizada (kg / m²).

$C_{V\ Losa}$ = Carga viva aplicada a la losa analizada (kg / m²).

- Carga última de aulas (losas 1-16):

$C_{M\ Losa, aulas} = P_{P\ Losa} + P_{Sobrecarga\ y\ acabados} + P_{Muros}$

$C_{M\ Losa, aulas} = 216,00\ kg / m^2 + 120,00\ kg / m^2 + 200,00\ kg / m^2$

$C_{M\ Losa, aulas} = 536,00\ kg / m^2$

$C_{MU\ Losa, aulas} = 1,2 * C_{M\ Losa, aulas}$

$C_{MU\ Losa, aulas} = 1,2 * 536,00\ kg / m^2$

$C_{MU\ Losa, aulas} = 643,20\ kg / m^2$

$C_{V\ Losa, aulas} = 200,00\ kg / m^2$

$C_{VU\ Losa, aulas} = 1,6 * C_{V\ Losa, aulas}$

$C_{VU\ Losa, aulas} = 1,6 * 200,00\ kg / m^2$

$C_{VU\ Losa, aulas} = 320,00\ kg / m^2$

$C_{U\ Losa, aulas} = 1,2 * C_{M\ Losa, aulas} + 1,6 * C_{V\ Losa, aulas}$

$C_{U\ Losa, aulas} = 643,20\ kg / m^2 + 320,00\ kg / m^2$

$C_{U\ Losa, aulas} = 963,20\ kg / m^2$

- Carga última de pasillos (losas 17-24):

$C_{M\ Losa, pasillos} = P_{P\ Losa} + P_{Sobrecarga\ y\ acabados} + P_{Muros}$

$C_{M\ Losa, pasillos} = 216,00\ kg / m^2 + 120,00\ kg / m^2 + 200,00\ kg / m^2$

$$C_M \text{ Losa, pasillos} = 536,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{MU} \text{ Losa, pasillos} = 1,2 * C_M \text{ Losa, pasillos}$$

$$C_{MU} \text{ Losa, pasillos} = 1,2 * 536,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{MU} \text{ Losa, pasillos} = 643,20 \text{ kg / m}^2$$

$$C_V \text{ Losa, pasillos} = 500,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{VU} \text{ Losa, pasillos} = 1,6 * C_V \text{ Losa, pasillos}$$

$$C_{VU} \text{ Losa, pasillos} = 1,6 * 500,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{VU} \text{ Losa, pasillos} = 800,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_U \text{ Losa, pasillos} = 1,2 * C_M \text{ Losa, pasillos} + 1,6 * C_V \text{ Losa, pasillos}$$

$$C_U \text{ Losa, pasillos} = 643,20 \text{ kg / m}^2 + 800,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_U \text{ Losa, pasillos} = 1 443,20 \text{ kg / m}^2$$

- Carga última de azotea sin acceso (losas 25 - 48):

$$C_M \text{ Losa, azotea sin acceso} = P_P \text{ Losa} + P_{\text{Sobrecarga y acabados}} + P_{\text{Muros}}$$

$$C_M \text{ Losa, azotea sin acceso} = 216,00 \text{ kg / m}^2 + 120,00 \text{ kg / m}^2 + 200,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_M \text{ Losa, azotea sin acceso} = 536,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{MU} \text{ Losa, azotea sin acceso} = 1,2 * C_M \text{ Losa, azotea sin acceso}$$

$$C_{MU} \text{ Losa, azotea sin acceso} = 1,2 * 536,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{MU} \text{ Losa, azotea sin acceso} = 643,20 \text{ kg / m}^2$$

$$C_V \text{ Losa, azotea sin acceso} = 100,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{VU} \text{ Losa, azotea sin acceso} = 1,6 * C_V \text{ Losa, azotea sin acceso}$$

$$C_{VU \text{ Losa, azotea sin acceso}} = 1,6 * 100,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{VU \text{ Losa, azotea sin acceso}} = 160,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{U \text{ Losa, azotea sin acceso}} = 1,2 * C_{M \text{ Losa, azotea sin acceso}} + 1,6 * C_{V \text{ Losa, azotea sin acceso}}$$

$$C_{U \text{ Losa, azotea sin acceso}} = 643,20 \text{ kg / m}^2 + 160,00 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{U \text{ Losa, azotea sin acceso}} = 803,20 \text{ kg / m}^2$$

- Momentos actuantes:

Se determinarán los momentos actuantes negativos y positivos de cada losa según los casos indicados en la figura 46, para ello se consideran franjas unitarias de 1,00 m de ancho.

- Momentos negativos de borde continuo:

$$M_{a, \text{negativo borde continuo}} = C_{CU a, \text{negativo}} * C_U * L_a^2$$

$$M_{b, \text{negativo borde continuo}} = C_{CU b, \text{negativo}} * C_U * L_b^2;$$

Donde:

$M_{a, \text{negativo borde continuo}}$ = momento negativo de borde continuo de la losa analizada en el lado corto (kg * m).

$M_{b, \text{negativo borde continuo}}$ = momento negativo de borde continuo de la losa analizada en el lado largo (kg * m).

$C_{CU a, \text{negativo}}$ = coeficiente para momento negativo de borde continuo de la carga última de la losa analizada en el lado corto.

$C_{CU b, \text{negativo}}$ = coeficiente para momento negativo de borde continuo de la carga última de la losa analizada en el lado largo.

C_U = carga última de diseño de la losa analizada (kg / m²).
 L_a = longitud del lado corto de la losa analizada (m).
 L_b = longitud del lado largo de la losa analizada (m).

- Momentos negativos de borde discontinuo:

$$M_{a, negativo} = \frac{1}{3} * M_{a, positivo}$$

$$M_{b, negativo} = \frac{1}{3} * M_{b, positivo};$$

Donde:

$M_{a, negativo}$ = momento negativo de borde discontinuo de la losa analizada en el lado corto (kg * m).

$M_{a, positivo}$ = momento positivo de la losa analizada en el lado corto (kg * m).

$M_{b, negativo}$ = momento negativo de borde discontinuo de la losa analizada en el lado largo (kg * m).

$M_{b, positivo}$ = momento positivo de la losa analizada en el lado largo (kg * m).

- Momentos positivos:

$$M_{a, positivo} = C_{CMU a, positivo} * C_{MU} * L_a^2 + C_{CVU a, positivo} * C_{VU} * L_a^2$$

$$M_{b, positivo} = C_{CMU b, positivo} * C_{MU} * L_b^2 + C_{CVU b, positivo} * C_{VU} * L_b^2$$

Donde:

$M_{a, positivo}$ = momento positivo de la losa analizada en el lado corto (kg * m).

$M_{b, positivo}$ = momento positivo de la losa analizada en el lado largo (kg * m).

$C_{CMU a, positivo}$ = coeficiente para momento positivo de la carga muerta última de la losa analizada en el lado corto.

$C_{CVU\ a,\ positivo}$ = coeficiente para momento positivo de la carga viva última de la losa analizada en el lado corto.

$C_{CMU\ b,\ positivo}$ = coeficiente para momento positivo de la carga muerta de la losa analizada en el lado largo.

$C_{CVU\ b,\ positivo}$ = coeficiente para momento positivo de la carga viva de la losa analizada en el lado largo.

C_{MU} = carga muerta última de diseño de la losa analizada ($1,2 * C_{M\ Losa}$) (kg / m^2).

C_{VU} = carga viva última de diseño de la losa analizada ($1,6 * C_{V\ Losa}$) (kg / m^2).

L_a = longitud del lado corto de la losa analizada (m).

L_b = longitud del lado largo de la losa analizada (m).

A continuación, se determinan los momentos positivos y negativos (de borde continuo y de borde discontinuo) según el caso de continuidad de cada una de las losas, indicados en las figuras 47 y 48.

Tabla L. Momentos positivos y momentos negativos (de borde continuo y de borde discontinuo) según el caso de continuidad de las losas, módulo 1

Losa	Ubicación	L _a (m)	L _b (m)	C _U (1,2 * C _{U(Losa)} + 1,6 * C _{V(Losa)}) (kg / m ²)	C _{NU} (1,2 * C _{U(Losa)}) (kg / m ²)	C _{CV} (1,6 * C _{V(Losa)}) (kg / m ²)	Caso	Coeficientes de momentos negativos (Carga Última)		Coeficientes de momentos positivos (Carga muerta última)		Coeficientes de momentos positivos (Carga viva última)		Momentos negativos de borde continuo (kg * m)		Momentos positivos (kg * m)		Momentos negativos de borde discontinuo (kg * m)	
								C _{CUa}	C _{CUb}	C _{CMa}	C _{CMb}	C _{CVa}	C _{CVb}	M _a	M _b	M _a	M _b	M _a	M _b
1	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	4	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023	860,91	645,6	499,92	386,01	166,64	128,7
2	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	639,16	873,45	425,95	354,34	141,98	----
3	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	639,16	873,45	425,95	354,34	141,98	----
4	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	639,16	873,45	425,95	354,34	141,98	----
5	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	8	0,043	0,052	0,025	0,019	0,035	0,024	560,89	846,06	369,44	336,17	123,15	----
6	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	8	0,043	0,052	0,025	0,019	0,035	0,024	560,89	846,06	369,44	336,17	123,15	----
7	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	8	0,043	0,052	0,025	0,019	0,035	0,024	560,89	846,06	369,44	336,17	123,15	----
8	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	4	0,06	0,04	0,033	0,022	0,039	0,026	782,64	650,82	456,45	379,57	152,15	126,5
9	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	9	0,072	0,021	0,028	0,013	0,039	0,02	939,17	398,75	412,9	291	----	97
10	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	2	0,06	0,031	0,024	0,012	0,037	0,019	782,64	588,63	369,39	272,02	----	----
11	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	2	0,06	0,031	0,024	0,012	0,037	0,019	782,64	588,63	369,39	272,02	----	----
12	Aula	3,68	4,44	963,2	643,2	320	2	0,06	0,031	0,024	0,012	0,037	0,019	782,64	588,63	369,39	272,02	----	----
13	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	2	0,055	0,037	0,022	0,014	0,034	0,022	717,42	602,01	338,97	271,03	----	----
14	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	2	0,055	0,037	0,022	0,014	0,034	0,022	717,42	602,01	338,97	271,03	----	----
15	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	2	0,055	0,037	0,022	0,014	0,034	0,022	717,42	602,01	338,97	271,03	----	----
16	Aula	3,68	4,11	963,2	643,2	320	9	0,068	0,025	0,026	0,015	0,036	0,022	886,99	406,76	382,48	281,9	----	93,97
17	Pasillo	3,85	4,44	1443,20	643,2	800	4	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023	1411,86	967,32	853,11	603,65	284,37	201,2
18	Pasillo	3,85	4,44	1443,20	643,2	800	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	1048,20	1308,73	750,8	562,52	250,27	----
19	Pasillo	3,85	4,44	1443,20	643,2	800	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	1048,20	1308,73	750,8	562,52	250,27	----
20	Pasillo	3,85	4,44	1443,20	643,2	800	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	1048,20	1308,73	750,8	562,52	250,27	----
21	Pasillo	3,85	4,11	1443,20	643,2	800	8	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027	812,89	1365,21	577,34	593,03	192,45	----
22	Pasillo	3,85	4,11	1443,20	643,2	800	8	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027	812,89	1365,21	577,34	593,03	192,45	----
23	Pasillo	3,85	4,11	1443,20	643,2	800	8	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027	812,89	1365,21	577,34	593,03	192,45	----
24	Pasillo	3,85	4,11	1443,20	643,2	800	4	0,055	0,045	0,03	0,024	0,035	0,029	1176,55	1097,04	701,04	652,66	233,68	217,6
27	Techo	3,68	4,44	803,2	643,2	160	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	532,99	728,36	339,28	284,95	113,09	----
28	Techo	3,68	4,44	803,2	643,2	160	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	532,99	728,36	339,28	284,95	113,09	----
29	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	8	0,043	0,052	0,025	0,019	0,035	0,024	467,72	705,52	293,6	271,3	97,87	----
30	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	8	0,043	0,052	0,025	0,019	0,035	0,024	467,72	705,52	293,6	271,3	97,87	----
31	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	8	0,043	0,052	0,025	0,019	0,035	0,024	467,72	705,52	293,6	271,3	97,87	----
32	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	4	0,06	0,04	0,033	0,022	0,039	0,026	652,64	542,71	371,95	309,3	123,98	103,1
33	Techo	3,68	4,44	803,2	643,2	160	9	0,072	0,021	0,028	0,013	0,039	0,02	783,16	332,51	328,4	227,92	----	75,97
34	Techo	3,68	4,44	803,2	643,2	160	2	0,06	0,031	0,024	0,012	0,037	0,019	652,64	490,85	289,22	212,09	----	----
35	Techo	3,68	4,44	803,2	643,2	160	2	0,06	0,031	0,024	0,012	0,037	0,019	652,64	490,85	289,22	212,09	----	----
36	Techo	3,68	4,44	803,2	643,2	160	2	0,06	0,031	0,024	0,012	0,037	0,019	652,64	490,85	289,22	212,09	----	----
37	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	2	0,055	0,037	0,022	0,014	0,034	0,022	598,25	502,01	265,3	211,57	----	----
38	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	2	0,055	0,037	0,022	0,014	0,034	0,022	598,25	502,01	265,3	211,57	----	----
39	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	2	0,055	0,037	0,022	0,014	0,034	0,022	598,25	502,01	265,3	211,57	----	----
40	Techo	3,68	4,11	803,2	643,2	160	9	0,068	0,025	0,026	0,015	0,036	0,022	739,65	339,19	304,48	222,44	----	74,15
41	Techo	3,85	4,44	803,2	643,2	160	4	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023	785,76	538,35	445,2	313,46	148,4	104,5
42	Techo	3,85	4,44	803,2	643,2	160	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	583,37	728,36	371,35	284,95	123,78	----
43	Techo	3,85	4,44	803,2	643,2	160	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	583,37	728,36	371,35	284,95	123,78	----
44	Techo	3,85	4,44	803,2	643,2	160	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,04	0,022	583,37	728,36	371,35	284,95	123,78	----
45	Techo	3,85	4,11	803,2	643,2	160	8	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027	452,41	759,79	283,26	301,14	94,42	----
46	Techo	3,85	4,11	803,2	643,2	160	8	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027	452,41	759,79	283,26	301,14	94,42	----
47	Techo	3,85	4,11	803,2	643,2	160	8	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027	452,41	759,79	283,26	301,14	94,42	----
48	Techo	3,85	4,11	803,2	643,2	160	4	0,055	0,045	0,03	0,024	0,035	0,029	654,8	610,55	369,02	339,14	123,01	113,1

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Balance de momentos:

El balance de momentos se realiza cuando existen continuidad en las losas, para ello deben utilizarse los momentos negativos de borde continuo calculados en cada losa en la tabla XLIX, debido a que cada momento negativo de borde continuo de las losas adyacentes se presentan con valores diferentes entre sí, se debe hacer un balance empleando los dos criterios indicados a continuación:

$$\text{Si } \rightarrow 0,80 * M_{Mayor} \leq M_{Menor}; M_{Bal} = (M_{Mayor} + M_{Menor}) / 2;$$

Donde:

M_{Mayor} = momento mayor de ambas losas analizadas (kg * m).

M_{Menor} = momento menor de ambas losas analizadas (kg * m).

M_{Bal} = momento balanceado de cada losa analizada (kg * m).

Si $\rightarrow 0,80 * M_{Mayor} > M_{Menor}$; M_{Bal} = Proporcional a su rigidez;

$$K_{Losa\ analizada} = 1 / L_{Losa\ analizada}$$

$$D_{Losa\ analizada} = K_{Losa\ analizada} / (\sum K_{Losas})$$

$$M_{Bal\ Forma\ \# 1} = M_{Menor} + [(M_{Mayor} - M_{Menor}) * D_{M\ Menor}]$$

$$M_{Bal\ Forma\ \# 2} = M_{Mayor} - [(M_{Mayor} - M_{Menor}) * D_{M\ Mayor}];$$

Donde:

M_{Mayor} = momento mayor de ambas losas analizadas (kg * m).

M_{Menor} = momento menor de ambas losas analizadas (kg * m).

M_{Bal} = momento balanceado de cada losa analizada proporcional a su rigidez (para su cálculo puede utilizarse cualquiera de las siguientes fórmulas: $M_{Bal\ Forma\ \# 1}$ ó $M_{Bal\ Forma\ \# 2}$) (kg * m).

$K_{Losa\ analizada}$ = rigidez de la losa analizada (m^{-1}).

- $\sum K_{Losas}$ = sumatoria de rigideces de ambas losas analizadas (m^{-1}).
- $L_{Losa\ analizada}$ = longitud de la losa analizada (m).
- $D_{Losa\ analizada}$ = factor de distribución de momento negativo de borde continuo correspondiente a la losa analizada.
- $M_{Bal\ Forma\ \# 1}$ = forma número 1, para calcular el momento balanceado de cada losa analizada ($kg * m$).
- $M_{Bal\ Forma\ \# 2}$ = forma número 2, para calcular el momento balanceado de cada losa analizada ($kg * m$).
- $D_{M\ Menor}$ = factor de distribución de momento negativo de borde continuo correspondiente al momento menor.
- $D_{M\ Mayor}$ = factor de distribución de momento negativo de borde continuo correspondiente al momento mayor.

Tabla LI. **Balance de momentos actuantes en las losas en el sentido X, módulo 1**

Losas	M Losa Anterior (kg * m)	M Losa Siguiente (kg * m)	L Losa anterior (m)	L Losa siguiente (m)	No necesita Balanceo	Balanceo promedio	Balanceo por rigidez				
					M1 = M2 (kg * m)	M1 = M2 (kg * m)	K Losa anterior	K Losa siguiente	D Losa anterior	D Losa siguiente	M1 = M2 (kg * m)
1-2	645,60	873,45	4,44	4,44	----	----	0,23	0,23	0,50	0,50	759,53
2-3	873,45	873,45	4,44	4,44	873,45	----	----	----	----	----	----
3-4	873,45	873,45	4,44	4,44	873,45	----	----	----	----	----	----
4-5	873,45	846,06	4,44	4,11	----	859,76	----	----	----	----	----
5-6	846,06	846,06	4,11	4,11	846,06	----	----	----	----	----	----
6-7	846,06	846,06	4,11	4,11	846,06	----	----	----	----	----	----
7-8	846,06	650,82	4,11	4,11	----	----	0,24	0,24	0,50	0,50	943,68
9-10	398,75	588,63	4,44	4,44	----	----	0,23	0,23	0,50	0,50	493,69
10-11	588,63	588,63	4,44	4,44	588,63	----	----	----	----	----	----
11-12	588,63	588,63	4,44	4,44	588,63	----	----	----	----	----	----
12-13	588,63	602,01	4,44	4,11	----	595,32	----	----	----	----	----
13-14	602,01	602,01	4,11	4,11	602,01	----	----	----	----	----	----
14-15	602,01	602,01	4,11	4,11	602,01	----	----	----	----	----	----
15-16	602,01	406,76	4,11	4,11	----	----	0,24	0,24	0,50	0,50	699,64
17-18	967,32	1 308,73	4,44	4,44	----	----	0,23	0,23	0,50	0,50	1 138,03
18-19	1 308,73	1 308,73	4,44	4,44	1 308,73	----	----	----	----	----	----
19-20	1 308,73	1 308,73	4,44	4,44	1 308,73	----	----	----	----	----	----
20-21	1 308,73	1 365,21	4,44	4,11	----	1 336,97	----	----	----	----	----
21-22	1 365,21	1 365,21	4,11	4,11	1 365,21	----	----	----	----	----	----
22-23	1 365,21	1 365,21	4,11	4,11	1 365,21	----	----	----	----	----	----

Continuación de la tabla LI.

23-24	1 365,21	1 097,04	4,11	4,11	----	1 231,13	----	----	----	----	----
25-26	538,35	728,36	4,44	4,44	----	----	0,23	0,23	0,5	0,5	633,36
26-27	728,36	728,36	4,44	4,44	728,36	----	----	----	----	----	----
27-28	728,36	728,36	4,44	4,44	728,36	----	----	----	----	----	----
28-29	728,36	705,52	4,44	4,11	----	716,94	----	----	----	----	----
29-30	705,52	705,52	4,11	4,11	705,52	----	----	----	----	----	----
30-31	705,52	705,52	4,11	4,11	705,52	----	----	----	----	----	----
31-32	705,52	542,71	4,11	4,11	----	----	0,24	0,24	0,5	0,5	786,93
33-34	332,51	490,85	4,44	4,44	----	----	0,23	0,23	0,5	0,5	411,68
34-35	490,85	490,85	4,44	4,44	490,85	----	----	----	----	----	----
35-36	490,85	490,85	4,44	4,44	490,85	----	----	----	----	----	----
36-37	490,85	502,01	4,44	4,11	----	496,43	----	----	----	----	----
37-38	502,01	502,01	4,11	4,11	502,01	----	----	----	----	----	----
38-39	502,01	502,01	4,11	4,11	502,01	----	----	----	----	----	----
39-40	490,85	339,19	4,11	4,11	----	----	0,24	0,24	0,5	0,5	566,68
41-42	538,35	728,36	4,44	4,44	----	----	0,23	0,23	0,5	0,5	633,36
42-43	728,36	728,36	4,44	4,44	728,36	----	----	----	----	----	----
43-44	728,36	728,36	4,44	4,44	728,36	----	----	----	----	----	----
44-45	728,36	759,79	4,44	4,11	----	744,08	----	----	----	----	----
45-46	759,79	759,79	4,11	4,11	759,79	----	----	----	----	----	----
46-47	759,79	759,79	4,11	4,11	759,79	----	----	----	----	----	----
47-48	759,79	610,55	4,11	4,11	----	685,17	----	----	----	----	----

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LII. **Balance de momentos actuantes en las losas en el sentido Y, módulo 1**

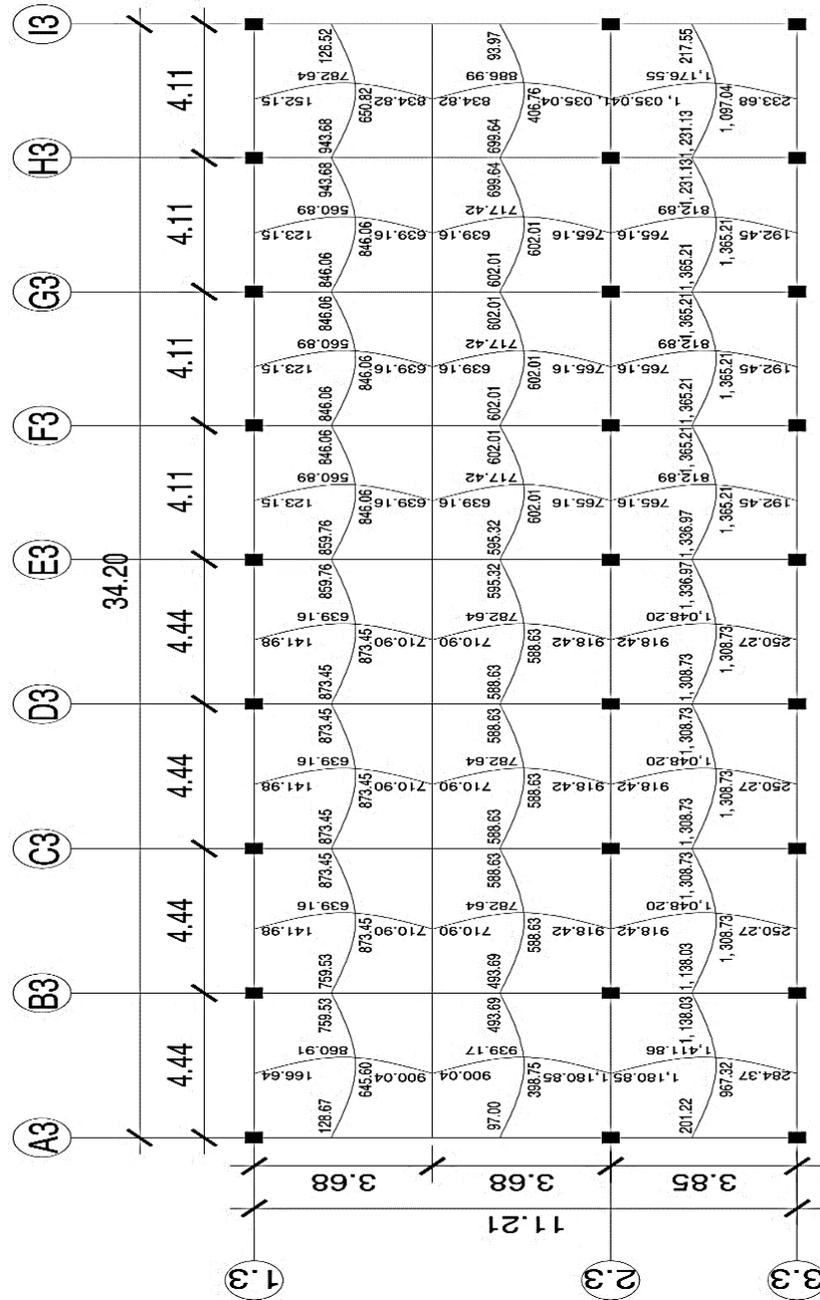
Losas	M Losa Anterior (kg * m)	M Losa Siguiente (kg * m)	L Losa anterior (m)	L Losa siguiente (m)	No necesita Balanceo	Balanceo promedio	Balanceo por rigidez					
					M1 = M2 (kg * m)	M1 = M2 (kg * m)	K Losa anterior	K Losa siguiente	D Losa anterior	D Losa siguiente	M1 = M2 (kg * m)	
1-9	860,91	939,17	3,68	3,68	----	900,04	----	----	----	----	----	----
9-17	939,17	1 411,86	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	1 180,85	
2-10	639,16	782,64	3,68	3,68	----	710,90	----	----	----	----	----	
10-18	782,64	1 048,20	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	918,42	
3-11	639,16	782,64	3,68	3,68	----	710,90	----	----	----	----	----	
11-19	782,64	1 048,20	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	918,42	
4-12	639,16	782,64	3,68	3,68	----	710,90	----	----	----	----	----	
12-20	782,64	1 048,20	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	918,42	
5-13	560,89	717,42	3,68	3,68	----	----	0,27	0,27	0,50	0,50	639,16	
13-21	717,42	812,89	3,68	3,85	----	765,16	----	----	----	----	----	
6-14	560,89	717,42	3,68	3,68	----	----	0,27	0,27	0,50	0,50	639,16	
14-22	717,42	812,89	3,68	3,85	----	765,16	----	----	----	----	----	
7-15	560,89	717,42	3,68	3,68	----	----	0,27	0,27	0,50	0,50	639,16	
15-23	717,42	812,89	3,68	3,85	----	765,16	----	----	----	----	----	
8-16	782,64	886,99	3,68	3,68	----	834,82	----	----	----	----	----	
16-24	886,99	1 176,55	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	1 035,04	
25-33	717,90	783,16	3,68	3,68	----	750,53	----	----	----	----	----	

Continuación de la tabla LII.

33-41	783,16	785,76	3,68	3,85	----	784,46	----	----	----	----	----
26-34	532,99	652,64	3,68	3,68	----	592,82	----	----	----	----	----
34-42	652,64	583,37	3,68	3,85	----	618,01	----	----	----	----	----
27-35	532,99	652,64	3,68	3,68	----	592,82	----	----	----	----	----
35-43	652,64	583,37	3,68	3,85	----	618,01	----	----	----	----	----
28-36	532,99	652,64	3,68	3,68	----	592,82	----	----	----	----	----
36-44	652,64	583,37	3,68	3,85	----	618,01	----	----	----	----	----
29-37	467,72	598,25	3,68	3,68	----	----	0,27	0,27	0,50	0,50	532,99
37-45	598,25	452,41	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	672,82
30-38	467,72	598,25	3,68	3,68	----	----	0,27	0,27	0,50	0,50	532,99
38-46	598,25	452,41	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	672,82
31-39	467,72	598,25	3,68	3,68	----	----	0,27	0,27	0,50	0,50	532,99
39-47	598,25	452,41	3,68	3,85	----	----	0,27	0,26	0,51	0,49	672,82
32-40	652,64	739,65	3,68	3,68	----	696,15	----	----	----	----	----
40-48	739,65	654,80	3,68	3,85	----	697,23	----	----	----	----	----

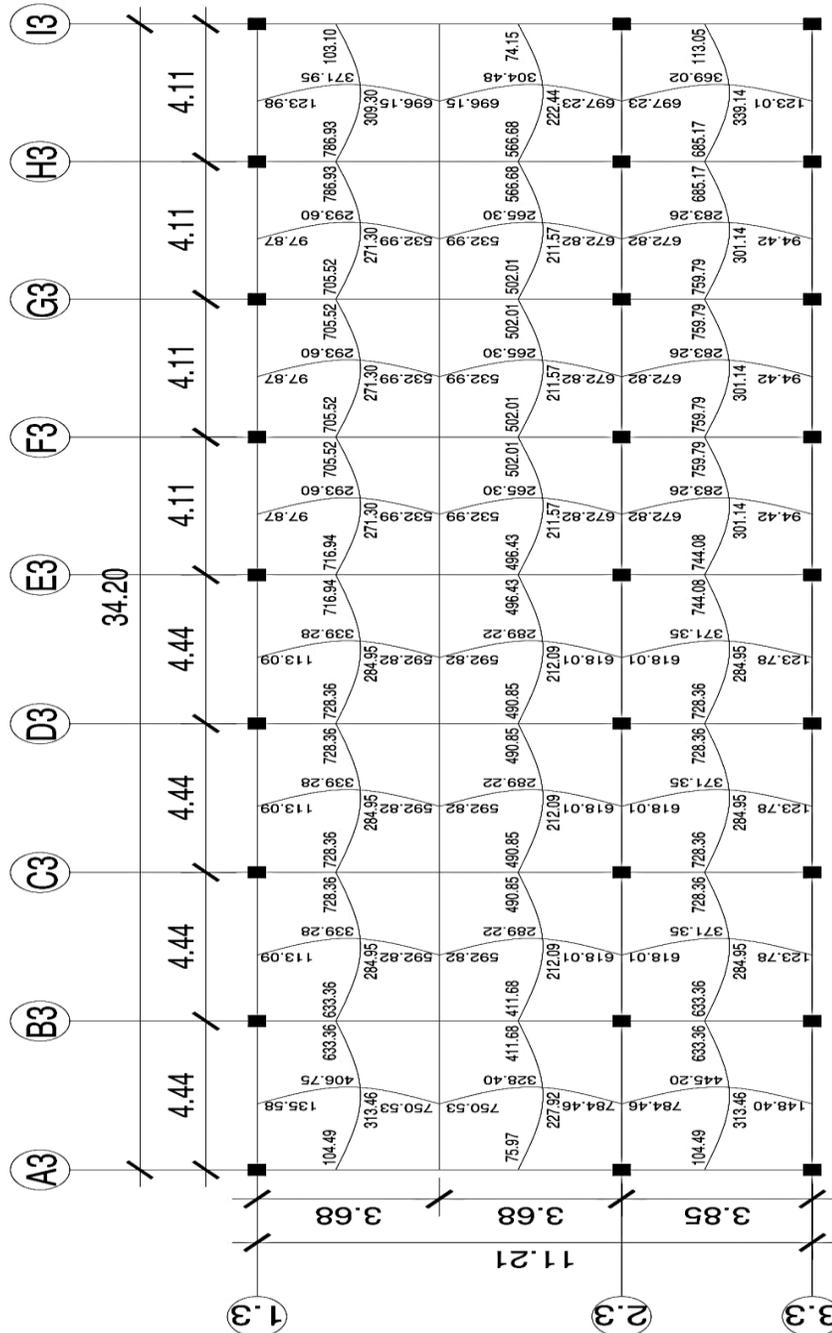
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 87. Planta de momentos actuantes balanceados en el entrespiso, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 88. **Planta de momentos actuantes balanceados en el techo, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Diseño de armado de losas

Para el diseño del refuerzo de las losas, se debe considerar un ancho de franja unitaria de 1,00 metro, la cual servirá para asumir las losas como vigas en el diseño del refuerzo, a continuación, se determina el refuerzo de cada una de las losas:

- Área de acero mínimo:

El área de acero mínimo a flexión para la franja unitaria de una losa se debe evaluar según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 8.6.1.1, tabla 8.6.1.1.

Tabla LIII. **Áreas de acero a flexión mínimas en cm²**

Tipo de refuerzo	f_y , Kg / cm ²	$A_s \text{ mín, cm}^2$	
Refuerzo corrugado	< 4 200 Kg / cm ²	0,0020 * A_g	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldada	\geq 4 200 Kg / cm ²	Mayor de:	$\frac{0,0018 * 4\ 200}{f_y} * A_g$
			0,0014 * A_g

Fuente: American Concrete Institute. ACI-318S-14. p. 112.

Se procede a calcular el área de acero mínimo a flexión de las losas, se propone utilizar acero grado 40 (2 800 kg / cm²):

$$A_g = b_w * t_{Losa}$$

$$A_s \text{ mín} = 0,0020 * A_g;$$

Donde:

$A_{s \text{ mín}}$ = área de acero mínimo a flexión de las losas analizadas (cm²).

A_g = área bruta de la sección de concreto de la franja unitaria de las losas analizadas (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).

t_{Losas} = espesor de las losas analizadas (cm).

$$A_g = b_w * t_{\text{Losas}}$$

$$A_g = 100 \text{ cm} * 9 \text{ cm}$$

$$A_g = 900 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0,0020 * A_g$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0,0020 * 900 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 1,80 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento que cumple con el área de acero mínimo:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para el área de acero mínimo calculado anteriormente, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 3 ($\emptyset = 3/8''$) en todas las losas.

$$S_{A_{s \text{ mín}}} = \frac{A_{s \emptyset \text{ propuesto}} * b_w}{A_{s \text{ mín}}};$$

Donde:

$S_{A_{s \text{ mín}}}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas de losas analizadas que cumple con el área de acero mínimo (cm).

$A_{s \emptyset \text{ propuesto}}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).

$A_{s\ mín}$ = área de acero mínimo a flexión de las losas analizadas (cm^2).

$$S_{As\ mín} = \frac{As\ \emptyset\ propuesto * bw}{As\ mín}$$

$$S_{As\ mín} = \frac{0,71\ \text{cm}^2 * 100\ \text{cm}}{1,80\ \text{cm}^2}$$

$$S_{As\ mín} = 39,44\ \text{cm}$$

- Espaciamiento mínimo entre barras de acero corrugadas:

A continuación, se calcula la separación mínima entre barras de acero corrugadas según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 25.2.1, la cual debe ser al menos el valor mayor de las siguientes ecuaciones, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 3 ($\emptyset = 3/8"$) y agregado grueso con un tamaño máximo de $1/2"$ en todas las losas:

$$S_{mín} = \text{el mayor entre } 2,50\ \text{cm}, \emptyset\ barra\ propuesta\ y\ \frac{4}{3} * h\ máx\ agregado\ grueso;$$

Donde:

$S_{mín}$ = espaciamento mínimo permitido entre barras de acero corrugadas de las losas analizadas (cm)

$\emptyset\ barra\ propuesta$ = diámetro correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm).

$h\ máx\ agregado\ grueso$ = tamaño máximo del agregado grueso (cm).

$$S_{mín} = \text{el mayor entre } 2,50\ \text{cm}, \emptyset\ barra\ propuesta\ y\ \frac{4}{3} * h\ máx\ agregado\ grueso$$

$$S_{mín} = \text{el mayor entre } 2,50\ \text{cm}, 0,95\ \text{cm}\ y\ \frac{4}{3} * 1,27\ \text{cm}$$

$$S_{mín} = \text{el mayor entre } 2,50\ \text{cm}, 0,95\ \text{cm}\ y\ 1,69\ \text{cm}$$

$$S_{mín} = 2,50\ \text{cm}$$

- Espaciamiento máximo entre barras de acero corrugadas:

Una vez calculado el espaciamiento que cumple con el área de acero mínimo se procede a calcular las condiciones de espaciamiento máximo permitidas sugeridas por el ACI 318S-14, sección 8.7, inciso 8.7.2.

$$S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}} = \text{el menor entre } 2 * t_{\text{Losá}} \text{ y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado corto}} = \text{el menor entre } 3 * t_{\text{Losá}} \text{ y } 45 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}}$ = espaciamiento máximo permitido entre barras de acero corrugadas en dirección del lado largo de las losas analizadas (cm).

$S_{\text{máx en dirección del lado corto}}$ = espaciamiento máximo permitido entre barras de acero corrugadas en dirección del lado corto de las losas analizadas (cm).

$t_{\text{Losá}}$ = espesor de las losas analizadas (cm).

$$S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}} = \text{el menor entre } 2 * t_{\text{Losá}} \text{ y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}} = \text{el menor entre } 2 * 9 \text{ cm y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}} = \text{el menor entre } 18 \text{ cm y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}} = 18 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado corto}} = \text{el menor entre } 3 * t_{\text{Losá}} \text{ y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado corto}} = \text{el menor entre } 3 * 9 \text{ cm y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado corto}} = \text{el menor entre } 27 \text{ cm y } 45 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx en dirección del lado corto}} = 27 \text{ cm}$$

- Área de acero mínimo que cumple con el espaciamiento máximo:

El espaciamiento que cumple con el área de acero mínimo ($S_{A_s \text{ mín}} = 39,44$ cm) es mayor a los espaciamiento máximos permitidos en las dos direcciones analizadas de las losas ($S_{\text{máx en dirección del lado largo (crítico)}} = 18,00$ cm y $S_{\text{máx en dirección del lado corto}} = 27,00$ cm) por lo que se adoptan los espaciamientos máximos y se determinan las áreas de acero respectivas para dichos espaciamientos, realizando el diseño con estos últimos, tomándolos como $A_{s \text{ mín}}$ en cada dirección analizada, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 3 ($\emptyset = 3/8''$) en todas las losas.

$$A_{s \text{ mín en dirección del lado analizado}} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{S_{\text{máx en dirección del lado analizado}};$$

$A_{s \text{ mín en dirección del lado analizado}}$ = área de acero mínimo a flexión a utilizar que cumple con el espaciamiento máximo entre barras de acero corrugadas en dirección del lado analizado de las losas analizadas (cm²).

$A_s \emptyset \text{ propuesto}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).

$S_{\text{máx en dirección del lado analizado}}$ = espaciamiento máximo entre barras de acero corrugadas en dirección del lado analizado de las losas analizadas (cm).

$$A_{s \text{ mín en dirección del lado largo (crítico)}} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{S_{\text{máx en dirección del lado largo}}}$$

$$A_{s \text{ mín en dirección del lado largo (crítico)}} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{18 \text{ cm}}$$

$$A_{s \text{ mín en dirección del lado largo (crítico)}} = 3,94 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín en dirección del lado corto} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * bw}{S \text{ máx en dirección del lado corto}}$$

$$A_s \text{ mín en dirección del lado corto} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{27 \text{ cm}}$$

$$A_s \text{ mín en dirección del lado corto} = 2,63 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán para el diseño de las losas, los espaciamientos máximos permitidos sugeridos por el ACI 318S-14 calculados en la sección anterior y las áreas de acero mínimas a flexión calculadas en esta sección.

- Peralte efectivo de la losa:

Para el peralte efectivo de la losa ($d_{Los\grave{a}}$) debe tomarse en cuenta el espesor de la losa y el recubrimiento para losas de concreto no expuestas a la intemperie ni en contacto con el suelo según ACI 318S-14 sección 20.6.1.3.1, tabla 20.6.1.3.1. Se propone utilizar un recubrimiento de 2,00 centímetros y acero corrugado número 3 ($\emptyset = 3/8''$) en todas las losas.

$$d_{Los\grave{a}} = t_{Los\grave{a}} - \text{Recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ varilla}}{2};$$

Donde:

$d_{Los\grave{a}}$ = peralte efectivo de las losas analizadas (cm).

$t_{Los\grave{a}}$ = espesor de las losas analizadas (cm).

Recubrimiento = recubrimiento de las losas analizadas (cm).

\emptyset varilla = diámetro de acero corrugado propuesto para las losas analizadas (cm).

$$d_{Los\grave{a}} = t_{Los\grave{a}} - \text{Recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ varilla}}{2}$$

$$d_{Los\grave{a}} = 9,00 \text{ cm} - 2,00 \text{ cm} - \frac{0,9525 \text{ cm}}{2}$$

$$d_{Losa} = 6,52 \text{ cm}$$

- Momentos soportados por el área de acero mínimo:

A continuación, se calcula el momento máximo que logra cubrir el área de acero mínimo a flexión en las dos direcciones analizadas, se propone utilizar una resistencia a la compresión del concreto de $f'_c = 280 \text{ kg / cm}^2$ y una resistencia a la fluencia del acero de $f_y = 2,800 \text{ kg / cm}^2$:

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado analizado}} = 0,9 * \left[\left(d_{Losa} - \frac{f_y * A_{s \text{ m}\acute{i}n} *}{1,7 * f'_c * b_w} \right) \right];$$

Donde:

$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado analizado}}$ = momento máximo cubierto por el área de acero mínimo a flexión en dirección del lado analizado de las losas analizadas (kg * cm).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

$A_{s \text{ m}\acute{i}n}$ = área de acero mínimo a flexión de las losas analizadas (cm²).

d_{Losa} = peralte efectivo de las losas analizadas (cm).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado largo}} = 0,9 * \left[\left(d_{Losa} - \frac{f_y * A_{s \text{ m}\acute{i}n} *}{1,7 * f'_c * b_w} \right) \right]$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado largo}} = 0,9 * \left[\begin{array}{c} 2\,800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 3,94 \text{ cm}^2 * \\ \left(6,52 \text{ cm} - \frac{3,94 \text{ cm}^2 * 2\,800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1,7 * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 100 \text{ cm}} \right) \end{array} \right]$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado largo}} = 62\,434,63 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado largo}} = 624,34 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado corto}} = 0,9 * \left[\left(dLosa - \frac{fy * As \text{ m}\acute{i}n *}{1,7 * f'c * bw} \right) \right]$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado corto}} = 0,9 * \left[\begin{array}{c} 2\,800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 2,63 \text{ cm}^2 * \\ \left(6,52 \text{ cm} - \frac{2,63 \text{ cm}^2 * 2\,800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1,7 * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 100 \text{ cm}} \right) \end{array} \right]$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado corto}} = 42\,186,62 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$M_{M\acute{a}x \text{ As m}\acute{i}n \text{ en direcci}\acute{o}n \text{ del lado corto}} = 421,86 \text{ kg} * \text{m}$$

- Refuerzo para momentos que excedan a los momentos maximos soportados por las áreas de acero mınimo a flexi3n:

Para todos los momentos que excedan a los momentos maximos soportados por las áreas de acero mınimo a flexi3n se procedería calcular las áreas de acero requeridas de dichos momentos empleando la siguiente f3rmula, se propone utilizar una resistencia a la compresi3n del concreto de $f'c = 280 \text{ kg} / \text{cm}^2$ y una resistencia a la fluencia del acero de $fy = 2\,800 \text{ kg} / \text{cm}^2$:

$$A_{s \text{ requerida}} = \left[bw * dLosa - \sqrt{(bw * dLosa)^2 - \left(\frac{Mu * bw}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{fy};$$

Donde:

$A_{s \text{ requerida}}$ = área de acero a flexi3n requerida para el momento analizado (cm^2).

- b_w = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).
 d_{Losa} = peralte efectivo de las losas analizadas (cm).
 M_u = momento analizado (kg * m).
 f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).
 f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

Nota: el espaciamiento correspondiente al área de acero requerida del momento analizado, se calcula de la misma manera que fue calculado para el área de acero mínimo.

Tabla LIV. **Áreas de acero y espaciamientos para todos los momentos aplicados en las losas, módulo 1**

Acero corrugado en dirección del sentido largo (sentido crítico) de las losas analizadas									
≤ 624,34	3,94	3,94	----	As mín	No, 3	18,00	0,15	----	----
633,36	4,00	3,94	----	As req	No, 3	17,75	0,15	----	----
685,17	4,34	3,94	----	As req	No, 3	16,36	0,15	----	----
699,64	4,44	3,94	----	As req	No, 3	16,01	0,15	----	----
705,52	4,47	3,94	----	As req	No, 3	15,87	0,15	----	----
716,94	4,55	3,94	----	As req	No, 3	15,60	0,15	----	----
728,36	4,63	3,94	----	As req	No, 3	15,35	0,15	----	----
744,08	4,73	3,94	----	As req	No, 3	15,01	0,15	----	----
759,53	4,83	3,94	----	As req	No, 3	14,69	0,10	----	----
786,93	5,02	3,94	----	As req	No, 3	14,15	0,10	----	----
846,06	5,41	3,94	----	As req	No, 3	13,11	0,10	----	----
859,76	5,51	3,94	----	As req	No, 3	12,89	0,10	----	----
873,45	5,60	3,94	----	As req	No, 3	12,68	0,10	----	----
943,68	6,08	3,94	----	As req	No, 3	11,68	0,10	----	----
1 138,03	7,42	3,94	----	As req	No, 4	17,11	0,15	----	----
1 231,13	8,08	3,94	----	As req	No, 4	15,71	0,15	----	----
1 308,73	8,64	3,94	----	As req	No, 4	14,70	0,10	----	----
1 336,97	8,84	3,94	----	As req	No, 4	14,36	0,10	----	----
1 365,21	9,05	3,94	----	As req	No, 4	14,04	0,10	----	----
Acero corrugado en dirección del sentido corto de las losas analizadas									
≤ 421,86	2,63	----	2,63	As mín	No, 3	----	----	0,27	0,25
532,99	3,34	----	2,63	As req	No, 3	----	----	21,23	0,20
592,82	3,73	----	2,63	As req	No, 3	----	----	19,02	0,15
618,01	3,90	----	2,63	As req	No, 3	----	----	18,21	0,15
639,16	4,04	----	2,63	As req	No, 3	----	----	17,59	0,15
672,82	4,26	----	2,63	As req	No, 3	----	----	16,67	0,15
696,15	4,41	----	2,63	As req	No, 3	----	----	16,09	0,15
697,23	4,42	----	2,63	As req	No, 3	----	----	16,06	0,15

Continuación de la tabla LIV.

710,90	4,51	----	2,63	As req	No, 3	----	----	15,74	0,15
750,53	4,77	----	2,63	As req	No, 3	----	----	14,87	0,10
765,16	4,87	----	2,63	As req	No, 3	----	----	14,58	0,10
784,46	5,00	----	2,63	As req	No, 3	----	----	14,20	0,10
834,82	5,34	----	2,63	As req	No, 3	----	----	13,30	0,10
900,04	5,78	----	2,63	As req	No, 3	----	----	12,29	0,10
918,42	5,90	----	2,63	As req	No, 3	----	----	12,03	0,10
1 035,04	6,71	----	2,63	As req	No, 3	----	----	10,59	0,10
1 180,85	7,73	----	2,63	As req	No, 4	----	----	16,44	0,15

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Chequeo por corte:

Las losas deben resistir esfuerzo debido al corte producido por cargas vivas y muertas aplicadas, por lo que se procede a verificar si el espesor de las losas diseñadas cumple con el corte máximo resistente ($V_{m\acute{a}x\ res}$) sugerido en el ACI 318S-14, sección 22.5.5.1, modificado con base en el apéndice B, fila 22.5.5.1.

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'c} * b_w * d_{Losa}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = \frac{CU * La}{2}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el espesor de las losas diseñadas es adecuado.

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} > V_{m\acute{a}x\ res}$; se debe aumentar el espesor de las losas diseñadas.

Donde:

$V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la losa crítica (kg).

$V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante máximo actuante en la losa crítica analizada (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de las losas analizadas (cm).

d_{Losa} = peralte efectivo de las losas analizadas (cm).

C_U = carga última aplicada a la losa crítica (kg / m).

L_a = lado corto de la losa crítica (m).

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{Losa}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 0,75 * 0,53 * 1,00 * \sqrt[2]{280} \text{ kg / cm}^2 * 100 \text{ cm} * 6,52 \text{ cm}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 4\ 336,74 \text{ kg}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = \frac{C_U * L_a}{2}$$

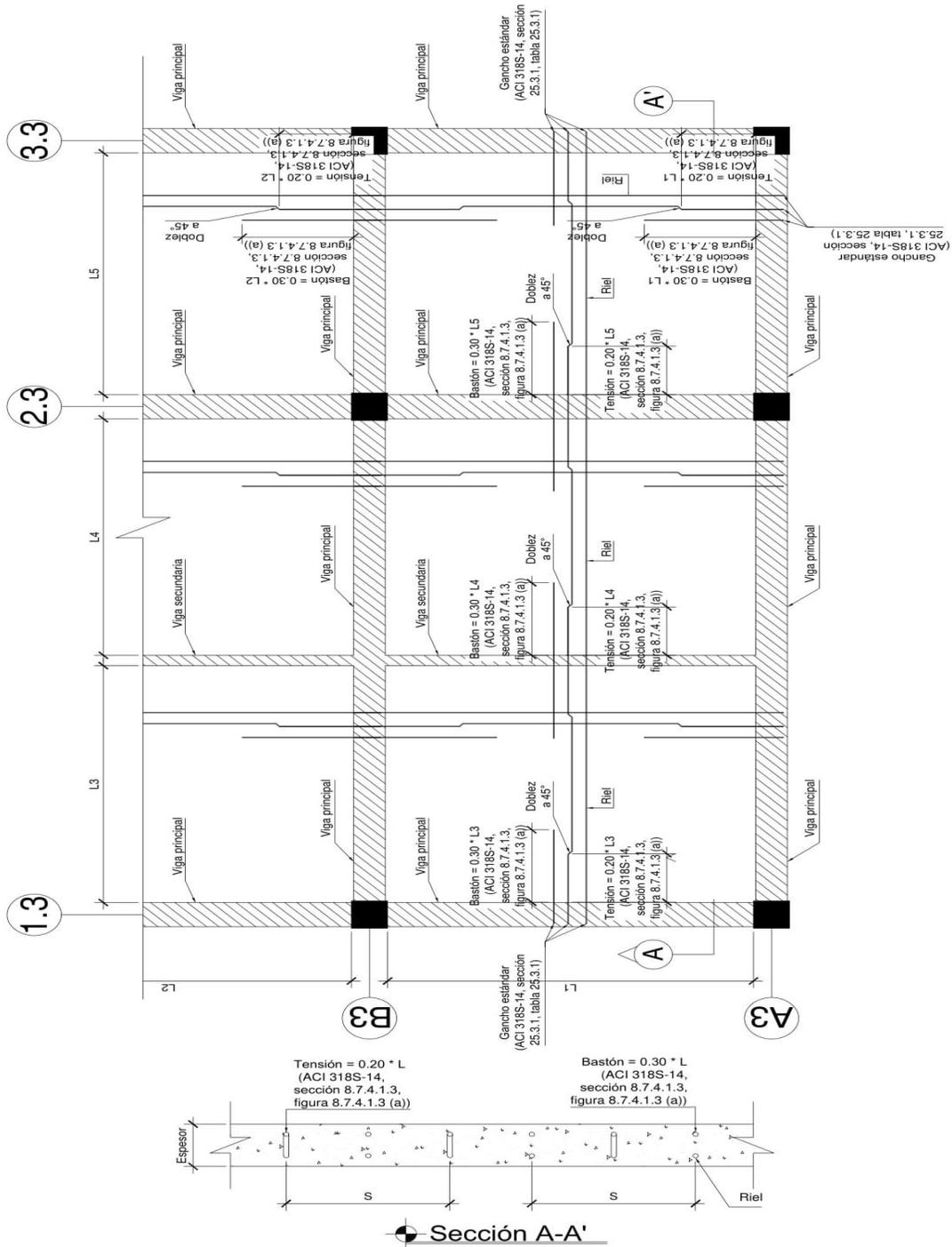
$$V_{m\acute{a}x\ act} = \frac{1\ 443,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 3,85 \text{ m}}{2}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = 2\ 778,16 \text{ kg}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el espesor de las losas diseñadas es adecuado.

$2\ 778,16 \text{ kg} \leq 4\ 336,74 \text{ kg}$; Las losas si cumplen con el chequeo por corte.

Figura 89. Detalle típico de armado de losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.6.3. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a flexión, estas son diseñadas para resistir esfuerzos por corte, compresión y tensión, su función es transmitir las cargas hacia las columnas.

Para ejemplificar este procedimiento, se diseñará la viga crítica del edificio, la cual pertenece al módulo 1 y está ubicada en el primer nivel del marco G, entre los ejes 1.3 y 2.3, empleando para ello los momentos y cortes actuantes últimos aplicados a la misma.

- Momentos últimos aplicados a la viga:

$$M_U (-) = 33\,967,1265 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_U (+) = 23\,318,2651 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Cortante último aplicado a la viga:

$$V_U = 31\,373,32 \text{ kg}$$

- Dimensiones de viga:

$$\text{Base} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0,70 \text{ m}$$

- Peralte efectivo de la viga:

A continuación, se calcula el peralte efectivo de la viga, para ello se toma en cuenta el recubrimiento mínimo para una viga de concreto no expuesta a la intemperie ni en contacto con el suelo el cual es de 4,00 cm según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 20.6.1.3.1, tabla 20.6.1.3.1, también se propone

utilizar refuerzo longitudinal con barras de acero corrugadas número 8 ($\varnothing = 1''$) y refuerzo transversal con barras de acero lisas número 3 ($\varnothing = 3/8''$):

$$d_{Viga} = h_{Viga} - \text{Recubrimiento} - \varnothing \text{ varilla transversal} - \frac{\varnothing \text{ varilla longitudinal}}{2};$$

Donde:

d_{Viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

h_{Viga} = altura de la viga analizada (cm).

Recubrimiento = recubrimiento propuesto para la viga analizada (cm).

\varnothing varilla transversal = diámetro de acero liso del refuerzo transversal propuesto para la viga analizada (cm).

\varnothing varilla longitudinal = diámetro de acero corrugado del refuerzo longitudinal propuesto para la viga analizada (cm).

$$d_{Viga} = h_{Viga} - \text{Recubrimiento} - \varnothing \text{ varilla transversal} - \frac{\varnothing \text{ varilla longitudinal}}{2}$$

$$d_{Viga} = 70,00 \text{ cm} - 4,00 \text{ cm} - 0,9525 \text{ cm} - \frac{2,54 \text{ cm}}{2}$$

$$d_{Viga} = 63,78 \text{ cm}$$

Nota: Según lo sugerido por el ACI 318S-14 sección 9,7.6,4.2, inciso (a), el refuerzo transversal debe ser de barras de acero lisas número 3 ($\varnothing = 3/8''$) como mínimo, para barras de acero corrugadas longitudinales No. 10 o menores.

- Área de acero mínimo:

El área de acero mínimo a flexión para una viga se debe evaluar según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 9.6.1.2, incisos (a) y (b), modificado con base en el apéndice B, fila 9,6.1,2 (a) y (b).

El mayor entre:

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d_{Viga}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_w * d_{Viga};$$

Donde:

$A_s \text{ mín}$ = área de acero mínimo a flexión de la viga analizada (cm²).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

b_w = base de la viga analizada (cm).

d_{Viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d_{Viga}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}}{4\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 35,00 \text{ cm} * 63,78 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ mín} = 7,11 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_w * d_{Viga}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{4\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 35,00 \text{ cm} * 63,78 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ mín} = 7,44 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el valor mayor de acero mínimo, $A_s \text{ mín} = 7,44 \text{ cm}^2$ para el diseño de la viga.

- Área de acero máximo:

$$A_s \text{ máx} = \rho \text{ máx} * b_w * d_{Viga}$$

$$\rho \text{ máx} = 0,75 * \rho \text{ bal (zona no sísmica);} \quad \rho \text{ máx} = 0,50 * \rho \text{ bal (zona sísmica)}$$

$$\rho \text{ bal} = \left(\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\,090}{f_y + 6\,090} \right)$$

$\beta_1 = 0,85$ para $170 \text{ kg / cm}^2 \leq f'_c \leq 280 \text{ kg / cm}^2$, según ACI-318S-14, sección 22.2.2.4.3, tabla 22.2.2.4.3, modificado con base en el apéndice B;

$A_s \text{ máx}$ = área de acero máximo a flexión de la viga analizada (cm^2).

$\rho \text{ máx}$ = cuantía máxima de acero $\leq 0,025$ según ACI 318S-14, sección 18.6.3.1.

b_w = base de la viga analizada (cm).

d_{Viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

$\rho \text{ bal}$ = cuantía balanceada de acero.

β_1 = factor beta para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos del concreto.

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm^2).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm^2).

$$\rho \text{ bal} = \left(\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\,090}{f_y + 6\,090} \right)$$

$$\rho \text{ bal} = \left(\frac{0,85 * 85 * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{4\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) * \left(\frac{6\,090}{4\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 6\,090} \right)$$

$$\rho \text{ bal} = 0,0285$$

$$\rho \text{ máx} = 0,50 * \rho \text{ bal (zona sísmica)}$$

$$\rho \text{ máx} = 0,50 * 0,0285$$

$$\rho \text{ máx} = 0,0143$$

$$A_s \text{ máx} = \rho \text{ máx} * b_w * d_{\text{Viga}}$$

$$A_s \text{ máx} = 0,0143 * 35,00 \text{ cm} * 63,78 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ máx} = 31,92 \text{ cm}^2$$

El área de acero para la viga se debe encontrar entre los siguientes límites:
 $7,44 \text{ cm}^2 \leq A_s \text{ viga} \leq 31,92 \text{ cm}^2$.

- Refuerzo longitudinal requerido:

$$A_s \text{ requerida} = \left[b_w * d_{\text{Los}} - \sqrt{(b_w * d_{\text{Los}})^2 - \left(\frac{M_u * b_w}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y};$$

Donde:

$A_s \text{ requerida}$ = área de acero a flexión o compresión requerida para el momento analizado (cm^2).

b_w = base de la viga analizada (cm).

d_{Viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

M_u = momento analizado ($\text{kg} * \text{m}$).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm^2).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm^2).

Tabla LV. **Áreas de acero requeridas por los momentos actuantes en la viga**

Tipo de momento	M_u (kg * m)	$A_s req$ (cm²)	$A_s mín$ (cm²)	$A_s máx$ (cm²)	$A_s a usar$ (cm²)
$M_u (-)$	33 967,13	14,98	7,44	31,92	14,98
$M_u (+)$	23 318,27	10,07	7,44	31,92	10,07

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Refuerzo en cama superior de viga:

A continuación, se calcularán las barras corridas a flexión en la cama superior de la viga, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 9.7.7.1, inciso (b) y los bastones en los apoyos de la viga, se propone utilizar barras de acero corrugadas No. 6, ($A_s \text{ barra No. 6} = 2,85 \text{ cm}^2$):

$$A_s a usar = 14,98 \text{ cm}^2; 2 \text{ No. 6 corridas} + 4 \text{ bastones No. 6.}$$

$$A_s continuo = \text{al menos } 1/6 * A_s a usar$$

$$A_s continuo = \text{al menos } 1/6 * 14,98 \text{ cm}^2$$

$$A_s continuo = \text{al menos } 2,50 \text{ cm}^2; 2 \text{ No. 6 corridas.}$$

Para el armado en la cama superior de la viga se usarán 2 barras corridas de acero corrugadas No. 6 + 4 bastones de acero corrugado No. 6.

- Refuerzo en cama inferior de viga:

A continuación, se calcularán las barras corridas a flexión en la cama inferior de la viga, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 9.7.7.1, inciso (a) y los bastones en el centro de la luz de la viga se propone utilizar barras de acero corrugadas No. 6, ($A_s \text{ barra No. 6} = 2,85 \text{ cm}^2$):

$$A_s \text{ a usar} = 10,07 \text{ cm}^2; 2 \text{ No. 6 corridas} + 2 \text{ bastones No. 6.}$$

$$A_s \text{ continuo} = \text{al menos } 1/4 * A_s \text{ a usar}$$

$$A_s \text{ continuo} = \text{al menos } 1/4 * 10,07 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ continuo} = \text{al menos } 2,52 \text{ cm}^2; 2 \text{ No. 6 corridas.}$$

Para el armado en la cama inferior de la viga se usarán 2 barras corridas de acero corrugadas No. 6 + 2 bastones de acero corrugadas No. 6.

- Revisión por corte:

Cuando la sección de concreto de una viga no es capaz de contrarrestar los esfuerzos por corte a los que está sometida, se debe diseñar el refuerzo de acero a corte (refuerzo transversal confinado), según sugerido en el ACI 318S-14, sección 22.5.5.1, modificado con base en el apéndice B, fila 22.5.5.1, para asegurar que el elemento estructural sea capaz de resistir los mismos.

$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[3]{f'c} * b_w * d_{viga}$$

Si, $V_{m\acute{a}x \text{ act}} > V_{m\acute{a}x \text{ res}}$; se debe diseñar refuerzo transversal por corte.

Si, $V_{m\acute{a}x \text{ act}} \leq V_{m\acute{a}x \text{ res}}$; no se debe diseñar refuerzo transversal por corte.

Donde:

$V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la viga analizada (kg).

$V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante máximo actuante en la viga analizada, obtenido del cálculo de cortes últimos del análisis estructural, tabla XLIV (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

f_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

b_w = base de la viga analizada (cm).

d_{viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * 1 * \sqrt[2]{f_c} * b_w * d_{viga}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 0,75 * 0,53 * 1,00 * \sqrt[2]{280} \text{ kg / cm}^2 * 35,00 \text{ cm} * 63,78 \text{ cm}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 14\ 848,03 \text{ kg}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = 31\ 373,32 \text{ kg}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} > V_{m\acute{a}x\ res}$; se debe diseñar refuerzo transversal por corte.

31 373,32 kg > 14 848,03 kg; se procederá a diseñar el refuerzo transversal por corte.

- Longitud de confinamiento:

A continuación, se calcula la longitud de confinamiento de la viga empleando los parámetros sugeridos por el ACI 318S-14 y empleando el

diagrama de corte actuante en la viga y corte resistente del concreto, tomando como distancia de confinamiento la de mayor valor:

A continuación, se calcula la distancia de confinamiento según lo sugerido por el ACI 318S-14, inciso 18,4.2,4:

$$L_o = 2 * h_{Viga};$$

Donde:

L_o = distancia de confinamiento del refuerzo transversal medida del extremo hacia centro de la viga analizada (m).

h_{Viga} = altura de la viga analizada (m).

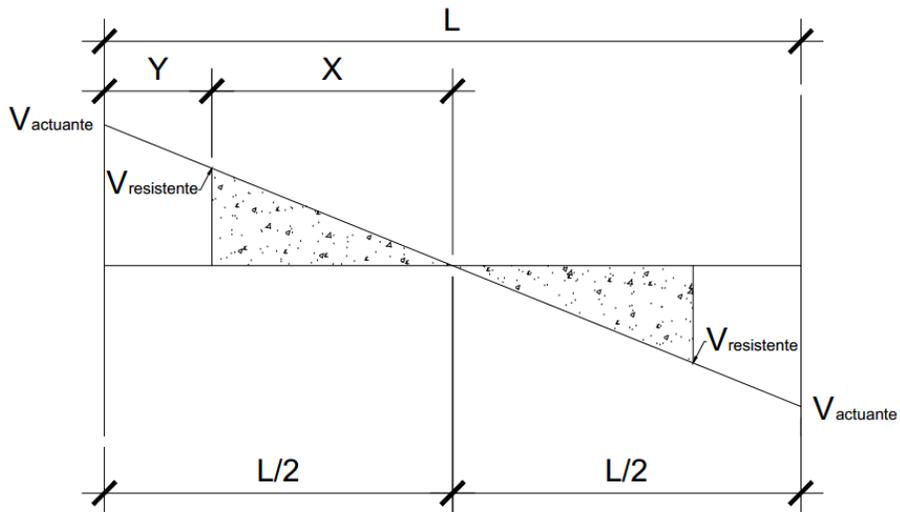
$$L_o = 2 * h_{Viga}$$

$$L_o = 2 * 0,70 \text{ m}$$

$$L_o = 1,40 \text{ m}$$

A continuación, se calcula la distancia de confinamiento empleando el diagrama de corte actuante en la viga y corte resistente del concreto:

Figura 90. **Diagrama de corte actuante en la viga y corte resistente del concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

A continuación, se procede a determinar la distancia (variable Y de la figura 52) a la que se debe confinar el refuerzo transversal:

$$Y = \frac{L}{2} - X$$

$$X = \frac{V_{\text{máx res}} * \left(\frac{L}{2}\right)}{V_{\text{máx act}}};$$

Donde:

Y = distancia de confinamiento del refuerzo transversal medida del extremo hacia centro de la viga analizada (m).

X = distancia de refuerzo transversal sin confinamiento medida del centro hacia el extremo de la viga analizada (m).

L = luz libre entre caras interiores de la viga analizada (m).

$V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la viga analizada (kg).

$V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante máximo actuante en la viga analizada, obtenido del cculo de cortes últimos del análisis estructural, tabla XLIV (kg).

$$X = \frac{V_{m\acute{a}x\ res} * \left(\frac{L}{2}\right)}{V_{m\acute{a}x\ act}}$$

$$X = \frac{14\ 848,03\ \text{kg} * \left(\frac{(7,36\ \text{m} - 0,40\ \text{m})}{2}\right)}{31\ 373,32\ \text{kg}}$$

$$X = 1,65\ \text{m}$$

$$Y = \frac{L}{2} - X$$

$$Y = \frac{(7,36\ \text{m} - 0,40\ \text{m})}{2} - 1,65\ \text{m}$$

$$Y = 1,83\ \text{m}$$

$$Y = 1,85\ \text{m}$$

La viga se confinará empleando una distancia de confinamiento de $Y = 1,85$ m en ambos extremos de la viga, medida del extremo hacia el centro de la viga.

- Espaciamiento del refuerzo transversal confinado:

A continuación, se calculará el espaciamiento del refuerzo transversal confinado, empleando los parámetros sugeridos por el ACI 318S-14, sección 18.4.2.4, incisos del (a) al (d):

$S_{Confinado}$ = el menor de $\frac{d_{Viga}}{4}$, $8 * \emptyset_{Menor}$ varilla longitudinal, $24 * \emptyset$ varilla transversal y 30,00 cm;

Donde:

$S_{Confinado}$ = espaciamiento del refuerzo transversal confinado (cm).

d_{Viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

\emptyset_{Menor} varilla longitudinal = diámetro de acero corrugado del refuerzo longitudinal de la viga analizada (cm).

\emptyset varilla transversal = diámetro de acero liso del refuerzo transversal de la viga analizada (cm).

$S_{Confinado}$ = el menor de $\frac{d_{Viga}}{4}$, $8 * \emptyset_{Menor}$ varilla longitudinal, $24 * \emptyset$ varilla transversal y 30,00 cm

$S_{Confinado}$ = el menor de $\frac{63,78 \text{ cm}}{4}$, $8 * 1,27 \text{ cm}$, $24 * 0,9525 \text{ cm}$ y 30,00 cm

$S_{Confinado}$ = el menor de 15,95 cm, 10,16 cm, 22,86 cm y 30,00 cm

$S_{Confinado}$ = 10,16 cm

$S_{Confinado}$ = 10,00 cm

- Espaciamiento máximo del refuerzo transversal:

A continuación, se calculará el espaciamiento máximo del refuerzo transversal, empleando los parámetros sugeridos por el ACI 318S-14, sección 18,4.2,5:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d_{Viga}}{2};$$

Donde:

$S_{m\acute{a}x}$ = espaciamiento máximo del refuerzo transversal de la viga analizada (cm).

d_{Viga} = peralte efectivo de la viga analizada (cm).

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

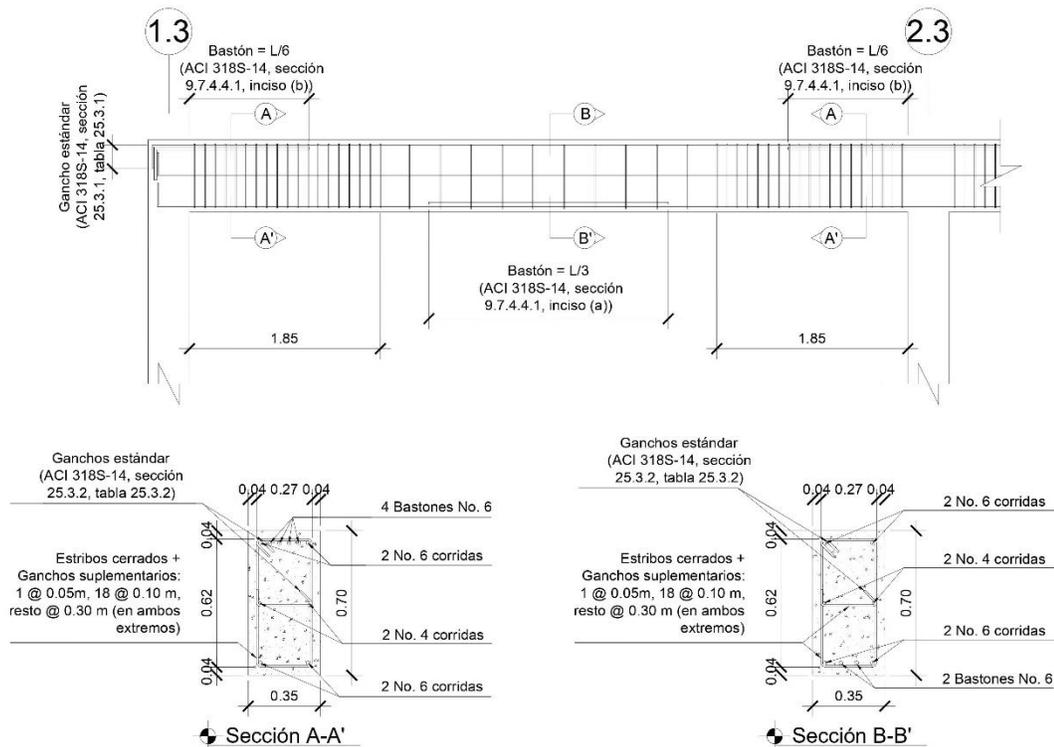
$$S_{m\acute{a}x} = \frac{63,78 \text{ cm}}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 31,89 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 30,00 \text{ cm}$$

El primer estribo se colocará a 5,00 cm medidos de la cara interna de la columna hacia el centro de la viga, luego se colocarán estribos con espaciamiento igual a $S_{Confinado} = 10,00 \text{ cm}$ hasta una distancia de 1,80 m medidos del primer estribo hacia el centro de la viga, en ambos extremos de la viga, el resto de estribos se colocarán a $S_{m\acute{a}x} = 30,00 \text{ cm}$.

Figura 91. Detalle de armado de viga principal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Nota: Se agregó 2 barras extras de acero corrugado No. 4 longitudinales, debido a que las barras longitudinales que actúan a flexión no deben estar separadas a más de 35,00 centímetros según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18.6.4.2, además se agregó un gancho suplementario para brindar soporte lateral a las 2 barras extras agregadas según lo sugerido por el ACI 318S-14, comentario R25.7.2.3.

2.3.6.4. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que tienen como función principal resistir las cargas axiales y los momentos flexionantes y transmitir las hacia la cimentación. A continuación, se procede a diseñar la columna crítica del edificio, la cual pertenece al módulo 1 y está ubicada en el nivel 1, entre los ejes 2,3 y G3.

Nivel 1:

Área tributaria	= 23,04 m ²
Dimensiones	= 0,40 m * 0,40 m
Longitud	= 5,80 m
Momento máximo en X	= 19 716,25 kg * m
Momento máximo en Y	= 13 658,80 kg * m
Corte máximo	= 6 138,87 kg

Nivel 2:

Área tributaria	= 46,07 m ²
Dimensiones	= 0,40 m * 0,40 m
Longitud	= 4,30 m

Tabla LVI. **Cargas actuantes en las losas**

C_M Losa	
$P_{P\ Losa}$	216,00 kg / m ²
$P_{Sobrecarga\ y\ acabados}$	120,00 kg / m ²
P_{Muros}	200,00 kg / m ²
C_V Losa	
Aulas y baños	200,00 kg / m ²
Azoteas sin acceso	100,00 kg / m ²

AGIES. NSE-2. *Demandas estructurales y condiciones de sitio.* p. 33-35.

- Carga última:

$$C_U = \sum C_{U\ Nivel\ i}$$

$$C_{U\ Nivel\ i} = 1,2 * C_{M\ Nivel\ i} + 1,6 * C_{V\ Nivel\ i};$$

Donde:

C_U = carga última (kg / m²).

$\sum C_{U\ Nivel\ i}$ = sumatoria de cargas últimas de los niveles analizados (kg / m²).

$C_{U\ Nivel\ i}$ = carga última del nivel analizado (kg / m²).

$C_{M\ Nivel\ i}$ = carga muerta del nivel analizado (kg / m²).

$C_{V\ Nivel\ i}$ = carga viva del nivel analizado (kg / m²).

$$C_{U\ Nivel\ 1} = 1,2 * C_{M\ Nivel\ 1} + 1,6 * C_{V\ Nivel\ 1}$$

$$C_{U\ Nivel\ 1} = 1,2 * (216 + 120 + 200) \text{ kg / m}^2 + 1,6 * 200 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{U\ Nivel\ 1} = 963,20 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{U\ Nivel\ 2} = 1,2 * C_{M\ Nivel\ 2} + 1,6 * C_{V\ Nivel\ 2}$$

$$C_{U \text{ Nivel } 2} = 1,2 * (216 + 120) \text{ kg / m}^2 + 1,6 * 100 \text{ kg / m}^2$$

$$C_{U \text{ Nivel } 2} = 563,20 \text{ kg / m}^2$$

$$C_U = \sum C_{U \text{ Nivel } i}$$

$$C_U = 963,20 \text{ kg / m}^2 + 563,20 \text{ kg / m}^2$$

$$C_U = 1\,526,40 \text{ kg / m}^2$$

- Factor de carga última:

$$F_{CU} = \frac{C_U}{\sum C_{M \text{ Niveles } i} + \sum C_{V \text{ Niveles } i}}$$

Donde:

F_{CU} = factor de carga última.

C_U = carga última (kg / m²).

$\sum C_{M \text{ Niveles } i}$ = sumatoria de cargas muertas de los niveles analizados (kg / m²).

$\sum C_{V \text{ Niveles } i}$ = sumatoria de cargas vivas de los niveles analizados (kg / m²).

$$F_{CU} = \frac{C_U}{\sum C_{M \text{ Niveles } i} + \sum C_{V \text{ Niveles } i}}$$

$$F_{CU} = \frac{1\,526,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{872,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 300,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}$$

$$F_{CU} = 1,30$$

- Carga axial última:

$$P_{U \text{ Total}} = \sum P_{U \text{ Niveles } i}$$

$$P_{U \text{ Nivel } 2} = (A_{\text{Tributaria Nivel } 2} * C_{U \text{ Nivel } 2}) + (P_{\text{Vigas}} * F_{CU})$$

$$P_{U \text{ Nivel } 1} = (A_{\text{Tributaria Nivel } 1} * C_{U \text{ Nivel } 1}) + (P_{\text{Vigas}} * F_{CU}) + (P_{\text{Columna Nivel } 2} * F_{CU})$$

$$P_{Vigas} = (b_{Viga\ principal} * h_{Viga\ principal} * L_{Viga\ principal} * \gamma_{Concreto}) + (b_{Viga\ secundaria} * h_{Viga\ secundaria} * L_{Viga\ secundaria} * \gamma_{Concreto})$$

$$P_{Columna\ Nivel\ 2} = b_{Columna} * h_{Columna} * L_{Columna\ Nivel\ 2} * \gamma_{Concreto}$$

Donde:

$P_{U\ Total}$ = carga axial última (kg).

$\sum P_{U\ Niveles\ i}$ = sumatoria de cargas axiales últimas de los niveles analizados (kg).

$P_{U\ Nivel\ 2}$ = carga axial última del nivel 2 (kg).

$P_{U\ Nivel\ 1}$ = carga axial última del nivel 1 (kg).

$A_{Tributaria\ Nivel\ 2}$ = área tributaria del nivel 2 (m²).

$A_{Tributaria\ Nivel\ 1}$ = área tributaria del nivel 1 (m²).

$C_{U\ Nivel\ 2}$ = carga última del nivel 2 (kg / m²).

$C_{U\ Nivel\ 1}$ = carga última del nivel 1 (kg / m²).

P_{Vigas} = peso de vigas (kg).

F_{CU} = factor de carga última.

$P_{Columna\ Nivel\ 2}$ = peso de columna en el nivel 2 (kg).

$b_{Viga\ principal}$ = base de viga principal (m).

$h_{Viga\ principal}$ = altura de viga principal (m).

$L_{Viga\ principal}$ = longitud de viga principal (m).

$b_{Viga\ secundaria}$ = base de viga secundaria (m).

$h_{Viga\ secundaria}$ = altura de viga secundaria (m).

$L_{Viga\ secundaria}$ = longitud de viga secundaria (m).

$b_{Columna\ Nivel\ 2}$ = base de columna (m).

$h_{Columna\ Nivel\ 2}$ = altura de columna (m).

$L_{Columna\ Nivel\ 2}$ = longitud de columna en el nivel 2 (m).

$\gamma_{Concreto}$ = peso específico del concreto (kg / m³).

$$P_{U \text{ Nivel } 2} = (A_{\text{Tributaria Nivel } 2} * C_{U \text{ Nivel } 2}) + (P_{\text{Vigas}} * F_{\text{CU}})$$

$$P_{U \text{ Nivel } 2} = (46,07 \text{ m}^2 * 563,20 \text{ kg / m}^2) + \{ [(0,70 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 13,83 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg / m}^3) + (0,30 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 19,44 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg / m}^3)] * 1,30 \}$$

$$P_{U \text{ Nivel } 2} = 25\,946,62 \text{ kg} + 13\,301,03 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ Nivel } 2} = 39\,247,65 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ Nivel } 1} = (23,04 \text{ m}^2 * 963,20 \text{ kg / m}^2) + \{ [(0,70 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 9,72 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg / m}^3) + (0,30 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 4,11 * 2\,400 \text{ kg / m}^3)] * 1,30 \} + [(0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 4,30 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg / m}^3) * 1,30]$$

$$P_{U \text{ Nivel } 1} = 22\,192,13 \text{ kg} + 8\,007,01 \text{ kg} + 2\,146,56 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ Nivel } 1} = 32\,345,70 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ Total}} = \sum P_{U \text{ Niveles } i}$$

$$P_{U \text{ Total}} = 39\,247,65 \text{ kg} + 32\,345,70 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ Total}} = 71\,593,35 \text{ kg}$$

- Efecto de esbeltez:

Se considera que una columna es esbelta cuando los lados de su sección transversal son pequeños en relación con su longitud, las columnas esbeltas se clasifican en tres categorías, cada categoría determina el comportamiento de la columna bajo la acción de cargas:

- Columna corta ($E < 22$): el diseño de esta columna se realiza con los datos obtenidos del análisis estructural, la columna fallará por aplastamiento.

- Columna intermedia ($22 < E < 100$): para el diseño de la columna se deben de magnificar los momentos actuantes, la columna fallará por aplastamiento y pandeo simultáneamente.
- Columna larga ($E > 100$): no se recomienda el diseño ni la construcción, debido a que la columna fallará por pandeo.

La esbeltez para columnas será obtenida por medio de la ecuación:

$$E = \frac{K_p * L_u}{\sigma};$$

Donde:

E = esbeltez.

K_p = factor de longitud efectiva de pandeo (ecuaciones de Furlong).

L_u = longitud libre de la columna (m).

σ = radio de giro (m); se calcula de la siguiente forma según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 6,2.5,1, incisos (b) y (c). $0,30 * \text{lado menor}$, si la columna es de sección rectangular. $0,25 * \text{diámetro}$, si la columna es de sección circular.

- Factor de longitud efectiva de pandeo (ecuaciones de Furlong):

Para encontrar el factor de longitud efectiva de pandeo, se puede recurrir a los monogramas de Jackson y Moreland, o bien se puede obtener mediante las ecuaciones de Furlong, las cuales trabajan bajo los rangos presentados a continuación:

$$K_p = \frac{20 - \Psi_p}{20} * \sqrt[2]{1 + \Psi_p}; \text{ para } \Psi_p < 2$$

$$K_p = 0,9 * \sqrt[2]{1 + \Psi_p}; \text{ para } \Psi_p \geq 2$$

$$\Psi_p = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2};$$

Donde:

K_p = factor de longitud efectiva de pandeo.

Ψ_p = coeficiente promedio del grado de empotramiento.

Ψ_A = coeficiente que determina el grado de empotramiento a la rotación en el extremo superior de la columna.

Ψ_B = coeficiente que determina el grado de empotramiento a la rotación en el extremo inferior de la columna.

- Coeficientes que determinan el grado de empotramiento a la rotación en la columna:

$$\Psi_A = \frac{\sum K_{Columnas}}{\sum K_{Vigas}}$$

$$\Psi_B = 0,00 \text{ (empotramiento en la base)}$$

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

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

Donde:

Ψ_A = coeficiente que determina el grado de empotramiento a la rotación en el extremo superior de la columna.

Ψ_B = coeficiente que determina el grado de empotramiento a la rotación en el extremo inferior de la columna.

$\sum K_{Columnas}$ = sumatoria de rigideces de las columnas que llegan al nodo analizado (cm³).

$\sum K_{vigas}$ = sumatoria de rigideces de las vigas que llegan al nodo analizado (cm³).

K = rigidez del elemento estructural (viga o columna) que llega al nodo analizado (cm³).

I = inercia del elemento estructural (viga o columna) analizado (cm⁴).

L = longitud del elemento estructural (viga o columna) analizado (cm).

b = base del elemento estructural (viga o columna) analizado (cm).

h = altura del elemento estructural (viga o columna) analizado (cm).

- Factores de reducción del momento de inercia:

Según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 6.6.3.1.1, tabla 6.6.3.1.1(a), se permite reducir los valores de inercia de las columnas y de las vigas.

Tabla LVII. **Momento de inercia permitida para el análisis elástico al nivel de carga mayorada**

Miembro y condición	Momento de inercia
Columnas	0,70 * I _{Columna}
Vigas	0,35 * I _{Vigas}

Fuente: American Concrete Institute. ACI-318S-14. p. 78.

Por lo tanto, las ecuaciones para encontrar los coeficientes que determinan el grado de empotramiento a la rotación en los extremos de la columna quedan modificados de la siguiente forma:

$$\Psi_A = \frac{0,70 * \sum K_{col}}{0,35 * \sum K_{viga}}$$

$$\Psi_B = 0,00 \text{ (empotramiento en la base)}$$

- Cálculo de esbeltez de la columna:

Definida cada una de las ecuaciones en las secciones anteriores, se procede a calcular la categoría en la que se encuentra clasificada la esbeltez de la columna:

$$I_{Columna} = \frac{1}{12} * b_{Columna} * h_{Columna}^3$$

$$I_{Columna} = \left(\frac{1}{12} * 40,00 * 40,00^3\right) \text{ cm}^4$$

$$I_{Columna} = 213\ 333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{Viga} = \frac{1}{12} * b_{Viga} * h_{Viga}^3$$

$$I_{Viga} = \left(\frac{1}{12} * 70,00 * 35,00^3\right) \text{ cm}^4$$

$$I_{Viga} = 250\ 104,17 \text{ cm}^4$$

Tabla LVIII. **Sumatoria de rigideces de columnas y vigas que llegan al nodo del entrepiso de la columna analizada**

Elemento estructural	Inercia (cm ⁴)	Longitud (cm)	Rigidez (cm ³)	∑ de Rigideces (cm ³)
Columna, Nivel 2	213 333,33	430,00	496,12	863,94
Columna, Nivel 1	213 333,33	580,00	367,82	
Viga eje X-X, lado izquierdo	250 104,17	696,00	359,35	1 084,29
Viga eje X-X, lado derecho	250 104,17	345,00	724,94	
Viga eje Y-Y, lado izquierdo	250 104,17	371,00	674,14	1 348,28
Viga eje Y-Y, lado derecho	250 104,17	371,00	674,14	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

○ Eje X-X:

$$\Psi_A = \frac{0,70 * \sum K_{col}}{0,35 * \sum K_{viga}}$$

$$\Psi_A = \frac{0,70 * 863,94 \text{ cm}^3}{0,35 * 1\,084,29 \text{ cm}^3}$$

$$\Psi_A = 1,59$$

$$\Psi_B = 0,00 \text{ (empotramiento en la base)}$$

$$\Psi_B = 0,00$$

$$\Psi_p = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

$$\Psi_p = \frac{1,59 + 0,00}{2}$$

$$\Psi_p = 0,80$$

$$K_p = \frac{20 - \Psi_p}{20} * \sqrt[2]{1 + \Psi_p}; \text{ para } \Psi_p < 2$$

$$K_p = \frac{20 - 0,80}{20} * \sqrt[2]{1 + 0,80}$$

$$K_p = 1,29$$

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

$$E = \frac{1,29 * 5,71 \text{ m}}{0,30 * 0,40 \text{ m}}$$

$$E = 61,38$$

- Si $22 < E < 100$; entonces la esbeltez de la columna es categoría intermedia.
- $22 < 61,38 < 100$; la esbeltez de la columna es categoría intermedia.

○ Eje Y-Y:

$$\Psi_A = \frac{0,70 * \sum K_{col}}{0,35 * \sum K_{viga}}$$

$$\Psi_A = \frac{0,70 * 863,94 \text{ cm}^3}{0,35 * 1\,348,28 \text{ cm}^3}$$

$$\Psi_A = 1,28$$

$\Psi_B = 0,00$ (empotramiento en la base)

$$\Psi_B = 0,00$$

$$\Psi_p = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

$$\Psi_p = \frac{1,28 + 0,00}{2}$$

$$\Psi_p = 0,64$$

$$K_p = \frac{20 - \Psi_p}{20} * \sqrt[2]{1 + \Psi_p}; \text{ para } \Psi_p < 2$$

$$K_p = \frac{20 - 0,64}{20} * \sqrt[2]{1 + 0,64}$$

$$K_p = 1,24$$

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

$$E = \frac{1,24 * 5,71 \text{ m}}{0,30 * 0,40 \text{ m}}$$

$$E = 59,00$$

- Si $22 < E < 100$; entonces la esbeltez de la columna es categoría intermedia.
- $22 < 59,00 < 100$; la esbeltez de la columna es categoría intermedia.

La esbeltez de la columna es categoría intermedia tanto en el eje X como en el eje Y, por lo que se procederá a magnificar los momentos actuantes.

- Magnificación de momentos:

A continuación, se procede a calcular los momentos magnificados, para ello se realizará el procedimiento sugerido por el ACI 318S-14, sección 6.6.4.

$$M_{d\ Eje\ i} = \delta_{Eje\ i} * M_{U\ Eje\ i}$$

$$\delta_{Eje\ i} = \frac{1}{1 - \frac{P_{U\ Total}}{0,75 * P_{C\ Eje\ i}}} \geq 1$$

$$P_{C\ Eje\ i} = \frac{\pi^2 * E * I}{(K_p * L_u)^2}$$

$$E * I = \frac{0,4 * E_c * I}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{C_{MU\ Nivel\ 1}}{C_{U\ Nivel\ 1}}$$

Donde:

$\delta_{Eje\ i}$ = factor de magnificación en el eje analizado.

$P_{U\ Total}$ = carga axial última (kg).

$P_{C\ Eje\ i}$ = carga crítica de pandeo de Euler en el eje analizado (ton).

$E * I$ = rigidez a la flexión de un elemento a compresión (kg * cm²).

K_p = factor de longitud efectiva de pandeo.

L_u = longitud libre de la columna (m).

E_c = módulo de elasticidad del concreto (kg / cm²); $E_c = 15\ 100 * \sqrt[3]{f'_c}$.

I = inercia centroidal de la sección de la columna (cm⁴); $I = \frac{1}{12} * b * h^3$.

β_d = factor de flujo plástico del concreto.

$C_{MU\ Nivel\ 1}$ = carga muerta última del Nivel 1 (kg / m²).

$C_{U\ Nivel\ 1}$ = carga última del Nivel 1 (kg / m²).

$M_{d\ Eje\ i}$ = momento de diseño en el eje analizado (kg * m).

$M_{U\ Eje\ i}$ = momento último en el eje analizado (kg * m).

$$\beta_d = \frac{CMU\ Nivel\ 1}{CU\ Nivel\ 1}$$

$$\beta_d = \frac{643,20 \frac{kg}{m^2}}{963,20 \frac{kg}{m^2}}$$

$$\beta_d = 0,67$$

$$E * I = \frac{0,4 * Ec * I}{1 + \beta_d}$$

$$E * I = \frac{0,4 * \left(15\ 100 * \sqrt[2]{280 \frac{kg}{cm^2}}\right) * \left(\frac{1}{12} * 40,00\ cm * 40,00\ cm^3\right)}{1 + 0,67}$$

$$E * I = 1\ 291,1 * 10^{10}\ kg * cm^2$$

$$E * I = 1\ 291,10\ ton * m^2$$

$$P_{C\ Eje\ X-X} = \frac{\pi^2 * E * I}{(Kp\ Eje\ X-X * Lu)^2}$$

$$P_{C\ Eje\ X-X} = \frac{\pi^2 * (1\ 291,10\ ton * m^2)}{(1,29 * 5,70\ m)^2}$$

$$P_{C\ Eje\ X-X} = 235,68\ ton$$

$$P_{C\ Eje\ Y-Y} = \frac{\pi^2 * E * I}{(Kp\ Eje\ Y-Y * Lu)^2}$$

$$P_{C\ Eje\ Y-Y} = \frac{\pi^2 * (1\ 291,10\ ton * m^2)}{(1,24 * 5,70\ m)^2}$$

$$P_{C\ Eje\ Y-Y} = 255,07\ ton$$

$$\delta_{Eje\ X-X} = \frac{1}{1 - \frac{PU}{0,75 * PC\ Eje\ X-X}} \geq 1$$

$$\delta_{Eje\ X-X} = \frac{1}{1 - \frac{71\ 593,35\ kg}{0,75 * 235\ 680,00\ kg}} \geq 1$$

$$\delta_{Eje\ X-X} = 1,68 \geq 1$$

$$\delta_{Eje \ Y-Y} = \frac{1}{1 - \frac{PU}{0,75 * PC Eje \ X-X}} \geq 1$$

$$\delta_{Eje \ Y-Y} = \frac{1}{1 - \frac{71\ 593,35 \text{ kg}}{0,75 * 255\ 070,00 \text{ kg}}} \geq 1$$

$$\delta_{Eje \ Y-Y} = 1,60 \geq 1$$

$$M_{d \ Eje \ X-X} = \delta_{Eje \ X-X} * M_{U \ Eje \ X-X}$$

$$M_{d \ Eje \ X-X} = 1,68 * 19\ 716,25 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{d \ Eje \ X-X} = 33\ 123,30 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{d \ Eje \ Y-Y} = \delta_{Eje \ Y-Y} * M_{U \ Eje \ Y-Y}$$

$$M_{d \ Eje \ Y-Y} = 1,60 * 13\ 658,80 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{d \ Eje \ Y-Y} = 21\ 854,08 \text{ kg} * \text{m}$$

- Límites de acero longitudinal:

A continuación, se procede a calcular el límite mínimo y el límite máximo de acero longitudinal, empleando los parámetros sugeridos por el ACI 318S-14, sección 10.6.1,1:

$$0,01 * A_g \leq A_s \leq 0,08 * A_g$$

$$A_{s \ \text{mín}} = 0,01 * A_g$$

$$A_{s \ \text{máx}} = 0,08 * A_g$$

Donde:

A_g = área gruesa de la sección transversal de la columna (cm²).

A_s = área de acero de la columna analizada (cm²).

$A_{s \ \text{mín}}$ = área de acero mínimo de la columna analizada (cm²).

$A_{s \ \text{máx}}$ = área de acero máximo de la columna analizada (cm²).

$$A_{s \text{ mín}} = 0,01 * A_g$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0,01 * (40,00 \text{ cm} * 40,00 \text{ cm})$$

$$A_{s \text{ mín}} = 16,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ máx}} = 0,08 * A_g$$

$$A_{s \text{ máx}} = 0,08 * (40,00 \text{ cm} * 40,00 \text{ cm})$$

$$A_{s \text{ máx}} = 128,00 \text{ cm}^2$$

- Acero longitudinal propuesto:

Se propone usar 16 varillas No. 9 de acero corrugadas corridas, las cuales equivalen a 102,61 cm² y representan el 6,41 % del área gruesa de la columna.

- Método de Bresler:

A continuación, se procederá a verificar si el área acero propuesto es el adecuado para la columna, para ello se utilizará el método de las cargas inversas o método de Bresler, mediante el uso de diagramas de interacción para diseño de columnas.

- Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{b_{\text{Columna}} - (2 * \text{recubrimiento})}{h_{\text{Columna}}};$$

Donde:

γ = valor de la gráfica.

b_{Columna} = base de la sección de la columna (cm).

h_{Columna} = altura de la sección de la columna (cm).

$$Y = \frac{b_{Columna} - (2 * \text{recubrimiento})}{h_{Columna}}$$

$$Y = \frac{40,00 \text{ cm} - (2 * 4,00 \text{ cm})}{40,00 \text{ cm}}$$

$$Y = 0,80$$

- Valor de la curva:

$$\rho_{\mu} = \frac{A_s}{A_g} * \frac{f_y}{0,85 * f'_c};$$

Donde:

ρ_{μ} = Valor de la curva.

A_s = Área de acero propuesto (cm²).

A_g = Área gruesa de la sección transversal de la columna (cm²).

$$\rho_{\mu} = \frac{A_s}{A_g} * \frac{f_y}{0,85 * f'_c}$$

$$\rho_{\mu} = \frac{102,61 \text{ cm}^2}{1\ 600,00 \text{ cm}^2} * \frac{4\ 200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0,85 * 280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$\rho_{\mu} = 1,13$$

- Excentricidades:

$$e_x = \frac{M_{d \text{ Eje } X-X}}{P_{U \text{ Total}}}$$

$$e_y = \frac{M_{d \text{ Eje } Y-Y}}{P_{U \text{ Total}}};$$

Donde:

e_x = excentricidad en el eje X (m).

e_y = excentricidad en el eje Y (m).

$M_{d \text{ Eje } X-X}$ = momento de diseño en el eje X (kg * m).

$M_{d \text{ Eje } Y-Y}$ = momento de diseño en el eje Y (kg * m).

$P_{U\ Total}$ = carga axial última (kg).

$$e_x = \frac{Md\ Eje\ X-X}{P_{U\ Total}}$$

$$e_x = \frac{33\ 123,30\ kg * m}{71\ 593,35\ kg}$$

$$e_x = 0,46\ m$$

$$e_y = \frac{Md\ Eje\ Y-Y}{P_{U\ Total}};$$

$$e_y = \frac{21\ 854,08\ kg * m}{71\ 593,35\ kg}$$

$$e_y = 0,31\ m$$

- Valor de las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,46\ m}{0,40\ m}$$

$$\frac{e_x}{h_x} = 1,15$$

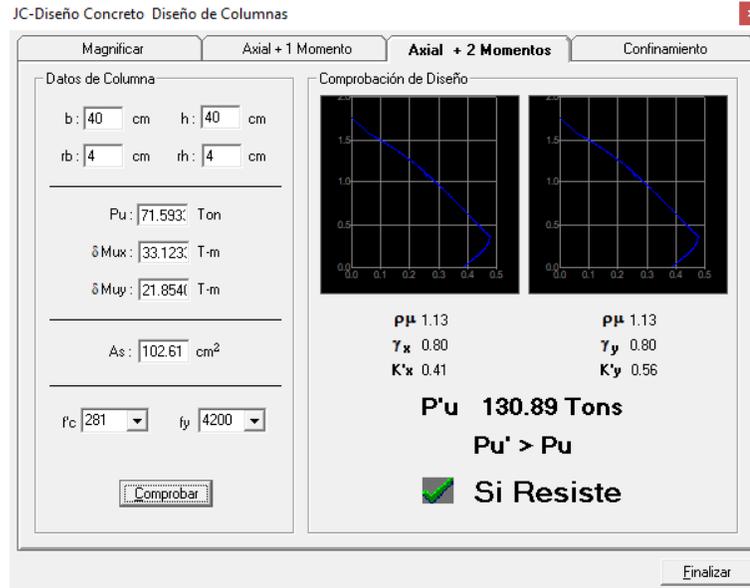
$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,31\ m}{0,40\ m}$$

$$\frac{e_y}{h_y} = 0,79$$

- Valor de las variables de Bresler:

Con los valores obtenidos se procede a determinar los valores de las variables de Bresler (K'_x y K'_y) empleando el programa JC-Diseño Concreto.

Figura 92. **Obtención de variables de Bresler mediante el programa JC-Diseño Concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa JC-Diseño Concreto.

$$K'_x = 0,41$$

$$K'_y = 0,56$$

- Carga de falla:

$$P_{U\text{ Falla}} = \frac{P_U}{\Phi};$$

Donde:

$P_{U\text{ Falla}}$ = carga de falla (kg).

P_U = carga axial última (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

$$P_{U\text{ Falla}} = \frac{PU}{\phi}$$

$$P_{U\text{ Falla}} = \frac{71\,593,35 \text{ kg}}{0,65}$$

$$P_{U\text{ Falla}} = 110\,143,62 \text{ kg}$$

- Cálculo de cargas de resistencia con excentricidad y carga axial pura:

$$P'_x = K'_x * f'_c * A_g$$

$$P'_y = K'_y * f'_c * A_g$$

$$P'_o = 0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s; \text{ ACI 318S-14, sección 22.4.2.2.}$$

Donde:

P'_x = carga de resistencia con excentricidad en el eje X (kg).

P'_y = carga de resistencia con excentricidad en el eje Y (kg).

P'_o = carga axial pura (kg).

K'_x = variable de Bresler en el eje X.

K'_y = variable de Bresler en el eje Y.

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

A_g = área gruesa de la sección transversal de la columna (cm²).

A_s = área de acero propuesto (cm²).

$$P'_x = K'_x * f'_c * A_g$$

$$P'_x = 0,41 * 280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 1\,600,00 \text{ cm}^2$$

$$P'_x = 183\,680,00 \text{ kg}$$

$$P'_y = K'_y * f'_c * A_g$$

$$P'_y = 0,56 * 280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 1\ 600,00 \text{ cm}^2$$

$$P'_y = 250\ 880,00 \text{ kg}$$

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

$$P'_o = 0,85 * 280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * (1\ 600,00 \text{ cm}^2 - 102,61 \text{ cm}^2) + 4\ 200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 102,61 \text{ cm}^2$$

$$P'_o = 787\ 340,82 \text{ kg}$$

- Carga última que resiste la columna:

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

Si $P'_U > P_{UFalla}$; el área de acero propuesto es el adecuado para la columna
 Si $P'_U < P_{UFalla}$; se debe aumentar la sección de columna o el área de acero;

Donde:

P'_U = carga última que resiste la columna (kg).

P'_x = carga de resistencia con excentricidad en el eje X (kg).

P'_y = carga de resistencia con excentricidad en el eje Y (kg).

P'_o = carga axial pura (kg).

P_{UFalla} = carga de falla (kg).

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

$$P'_U = \frac{1}{\frac{1}{183\ 680,00 \text{ kg}} + \frac{1}{250\ 880,00 \text{ kg}} - \frac{1}{787\ 340,82 \text{ kg}}}$$

$$P'_U = 122\ 547,18 \text{ kg}$$

Si $P'_U > P_{UFalla}$; el área de acero propuesto es el adecuado para la columna.

122 547,18 kg > 110 143,62 kg; el área de acero de la columna es el adecuado.

- Revisión por corte:

A continuación, se procederá a realizar una revisión por corte, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 22.5.6.1, modificado con base en el apéndice B, fila 22.5.6.1, para asegurar que el elemento estructural sea capaz de resistir el mismo.

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{Columna}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} > V_{m\acute{a}x\ res}$; el espaciamiento de los estribos en la longitud no confinada, se deben diseñar por corte.

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el espaciamiento de los estribos en la longitud no confinada, debe ser $S = \frac{d_{Columna}}{2}$;

Donde:

$V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la columna analizada (kg).

$V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante máximo actuante en la columna analizada, obtenido del cálculo de cortes últimos del análisis estructural, tabla XLIV (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

b_w = base de la columna analizada (cm).

$d_{Columna}$ = peralte efectivo de la columna analizada (cm).

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{Columna}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 0,75 * 0,53 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00 \frac{kg}{cm^2}} * 40,00\ cm * 34,57\ cm$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 9\ 197,62\ kg$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = 6\ 138,87\ kg$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el espaciamiento de los estribos en la longitud no confinada, debe ser $S = \frac{d_{Columna}}{2}$

$6\ 138,87\ kg \leq 9\ 197,62\ kg$; la columna cumple con el chequeo por corte, por lo que el espaciamiento de los estribos en la longitud no confinada estará dada por la ecuación $S = \frac{d_{Columna}}{2}$.

- Refuerzo transversal:

A continuación, se procederá a calcular el refuerzo transversal según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18,7.5,4, tabla 18,7.5,4, modificado a cm^2 , se propone utilizar barras de acero lisas número 3 ($\varnothing = 3/8"$):

$$A_{sh} = \text{El mayor entre } 30 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \text{ y } 9 * \frac{f_{rc}}{f_{yt}}$$

$$\# \text{ De estribos} = \frac{A_{sh}}{A_{s\ a\ usar}};$$

Donde:

A_{sh} = área total de refuerzo transversal, colocado dentro del espaciamiento S (cm²).

A_g = área gruesa de la sección transversal de la columna (cm²).

A_{ch} = área de la sección transversal de la columna, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal (cm²).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

f_{yt} = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal (kg / cm²).

De estribos = cantidad de estribos elaborados con barras de acero lisas colocados dentro del espaciamiento S (unidades).

$A_{s \text{ a usar}}$ = área de acero de barra de acero liso propuesto (cm²).

$$A_{sh} = \text{el mayor entre } 30 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \text{ y } 9 * \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \text{el mayor entre } 30 * \left(\frac{1\,600,00 \text{ cm}^2}{1\,024,00 \text{ cm}^2} - 1 \right) * \left(\frac{280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{4\,200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) \text{ y } 0,09 * \frac{280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{4\,200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$A_{sh} = \text{el mayor entre } 1,13 \text{ cm}^2 \text{ y } 0,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$\# \text{ De estribos} = \frac{A_{sh}}{A_{s \text{ varilla No. 3}}}$$

$$\# \text{ De estribos} = \frac{1,13 \text{ cm}^2}{0,71 \text{ cm}^2}$$

$$\# \text{ De estribos} = 2 \text{ estribos No. 3}$$

Se usarán 2 estribos elaborados con barras de acero lisas número 3 (Ø = 3/8") colocados dentro del espaciamiento S.

- Espaciamiento máximo del refuerzo transversal:

A continuación, se calculará el espaciamiento máximo del refuerzo transversal, empleando la ecuación dada por la revisión por corte:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d_{Columna}}{2};$$

Donde:

$S_{m\acute{a}x}$ = espaciamiento máximo del refuerzo transversal de la columna analizada (cm).

d_{Viga} = peralte efectivo de la columna analizada (cm).

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

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{33,62 \text{ cm}}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 16,81 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 15,00 \text{ cm}$$

- Longitud de confinamiento:

A continuación, se calcula la longitud de confinamiento de la columna empleando los parámetros sugeridos por el ACI 318S-14, sección 18,7.5.1, incisos del (a) al (c):

$$L_o = \text{El mayor entre } L_{\text{Mayor de la sección transversal}}, \frac{1}{6} * L_u \text{ y } 0,45 \text{ m};$$

Donde:

L_o = distancia de confinamiento del refuerzo transversal medida del extremo hacia centro de la columna analizada (m).

L_u = longitud libre de la columna (m).

$L_{Mayor\ de\ la\ sección\ transversal}$ = mayor dimensión de la sección transversal de la columna (m).

L_o = El mayor entre $L_{Mayor\ de\ la\ sección\ transversal}$, $\frac{1}{6} * L_u$ y 45,00 cm

L_o = El mayor entre 0,40 m, $\frac{1}{6} * 5,71$ m y 0,45 cm

L_o = El mayor entre 0,40 m, 0,95 cm y 0,45 cm

L_o = 1,00 m

La columna se confinará empleando una distancia de confinamiento de $L_o = 1,00$ m en ambos extremos de la columna, medida del extremo hacia el centro de la columna.

- Longitud de confinamiento en la base de la columna:

A continuación, se calcula la longitud de confinamiento en la base de la columna, empleando lo sugerido por el ACI 318S-14, comentario R18,7.5,1:

$$L_{o\ Base\ de\ columna} = 1,50 * L_o;$$

Donde:

$L_{o\ Base\ de\ la\ columna}$ = distancia de confinamiento del refuerzo transversal en la base de la columna medida de la cara interna de la zapata hacia centro de la columna analizada (m).

L_o = distancia de confinamiento del refuerzo transversal medida del extremo hacia centro de la columna analizada (m).

$$L_{o \text{ Base de columna}} = 1,50 * L_o$$

$$L_{o \text{ Base de columna}} = 1,50 * 1,00 \text{ m}$$

$$L_{o \text{ Base de columna}} = 1,50 \text{ m}$$

La columna se confinará en la base empleando una distancia de confinamiento de $L_{o \text{ Base de columna}} = 1,50 \text{ m}$, medida de la cara interna de la zapata hacia el centro de la columna.

- Espaciamiento del refuerzo transversal confinado:

A continuación, se calculará el espaciamiento del refuerzo transversal confinado, empleando los parámetros sugeridos por el ACI 318S-14, sección 18.7.5.3, incisos del (a) al (d), modificado con base en el apéndice B, fila 18.7.5.3:

$$S_{\text{Confinado}} = \text{el menor de } \frac{L_{\text{Menor de la sección transversal}}}{4}, 6 * \emptyset_{\text{Menor varilla longitudinal}}$$

$$\text{y } 10,00 \text{ cm} \leq S_{\text{Confinado}} = 10 + \frac{35,00 - h_x}{3} \leq 15,00 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{\text{Confinado}}$ = espaciamiento del refuerzo transversal confinado (cm).

$L_{\text{Menor de la sección transversal}}$ = menor dimensión de la sección transversal de la columna (m).

$\emptyset_{\text{Menor varilla longitudinal}}$ = diámetro de acero corrugado del refuerzo longitudinal de la viga analizada (cm).

h_x = espaciamiento máximo, medido de centro a centro, entre barras longitudinales soportadas lateralmente, alrededor del perímetro de la columna (cm).

$S_{\text{Confinado}} = \text{el menor de } \frac{L_{\text{Menor de la sección transversal}}}{4}, 6 * \emptyset_{\text{Menor varilla}}$

$\text{longitudinal y } 10,00 \text{ cm} \leq S_{\text{Confinado}} = 100 + \frac{35,00 - hx}{3} \leq 15,00 \text{ cm}$

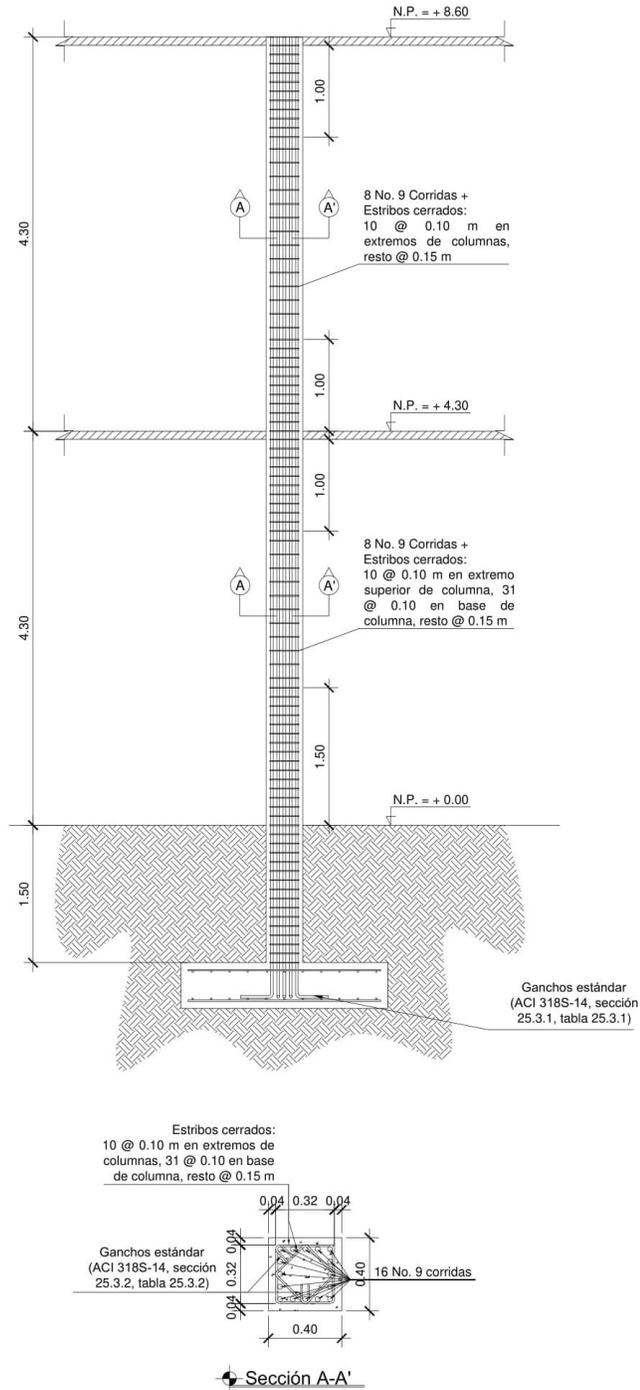
$S_{\text{Confinado}} = \text{el menor de } \frac{40,00 \text{ cm}}{4}, 6 * 2,86 \text{ cm y } 10,00 \text{ cm} \leq S_{\text{Confinado}} = 10 + \frac{35 - 27,24 \text{ cm}}{3} \leq 15,00 \text{ cm}$

$S_{\text{Confinado}} = \text{el menor de } 10,00 \text{ cm, } 17,16 \text{ cm y } 10,00 \text{ cm} \leq 12,59 \text{ cm} \leq 15,00 \text{ cm}$

$S_{\text{Confinado}} = 10,00 \text{ cm}$

El primer par de estribos se colocará en la cara interna de la losa o de la zapata hacia el centro de la columna, luego se colocarán pares de estribos con espaciamiento igual a $S_{\text{Confinado}} = 10,00 \text{ cm}$ hasta una distancia de 1,00 m (en la base de la columna irá hasta una distancia de 1,50 m) medidos del primer par de estribos hacia el centro de la columna, en ambos extremos de la columna, el resto de pares de estribos se colocarán a $S_{\text{máx}} = 15,00 \text{ cm}$.

Figura 93. **Detalle de armado de columna principal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.6.5. Diseño de la cimentación

Los cimientos son elementos estructurales destinados a recibir tanto las cargas aplicadas por la superestructura como su peso propio y transmitir las hacia el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se debe tomar en cuenta los siguientes factores: el tipo de superestructura, el tipo de cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y su costo. En este edificio se utilizarán zapatas aisladas concéntricas y excéntricas para cargar el peso de la superestructura y cimiento corrido para soportar los muros.

2.3.6.5.1. Diseño de cimiento corrido

El cimiento corrido en este caso no tiene ninguna función estructural, su única función será la de cargar el peso de los muros de relleno, este debe ser continuo para proveer un mejor amarre y dar una distribución adecuada a los mismos. Debido a que la norma del AGIES NSE-4-2018 no se encuentra aún en la página www.agies.org, se propone el diseño del cimiento corrido de acuerdo a lo establecido en la norma del AGIES NSE-4-2010, capítulo 5, correspondiente a las especificaciones para la cimentación descritas a continuación:

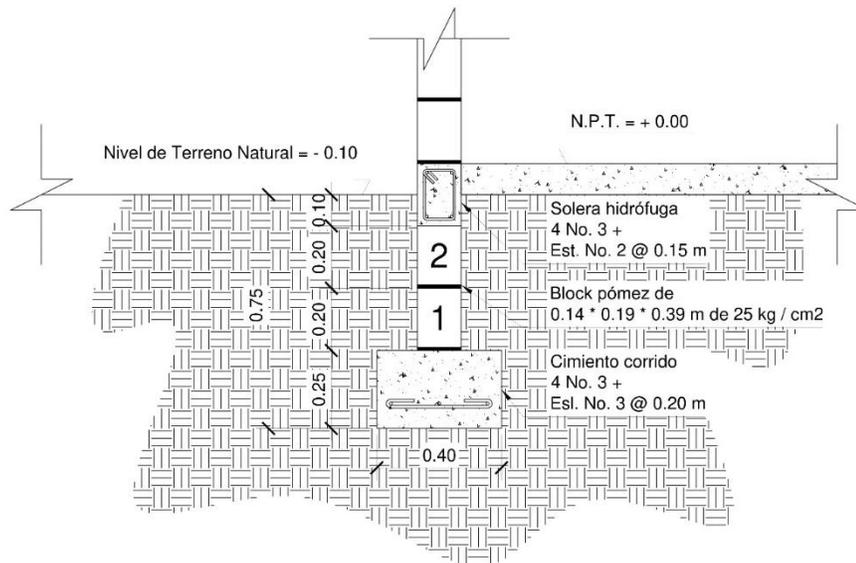
- Sección 5.1.3: las viviendas deben cimentarse siempre en terreno estable y deben empotrarse por lo menos 40,00 cm dentro del terreno para viviendas de 1 nivel de bloque o ladrillo y para viviendas de 2 niveles de bloque o ladrillo se deben empotrar 60,00 cm.
- Sección 5.3: los muros deben cimentarse sobre un cimiento corrido de acuerdo al tipo de material de las paredes, el tipo de techo y número de niveles. En todo caso los cimientos o vigas de cimentación deberán estar dispuestas en cuadros cerrados cuyo lado mayor no sobrepase los 7,00

m. Cuando no haya muro, debe continuarse el cimiento hasta su intersección con otro. Todo muro tendrá un cimiento corrido convencional cuyo ancho será de por lo menos dos veces el espesor del muro que soporta.

- Sección 5.3.3: la cimentación puede consistir en un cimiento corrido de concreto reforzado con un ancho de 40,00 cm por 25,00 cm de peralte; luego, levantado de block o ladrillo y en seguida, una solera de humedad fundida de 15,00 cm de peralte, sumando una profundidad mínima de 60,00 cm medidos desde la parte inferior del cimiento. El refuerzo del cimiento corrido consiste en 3 barras No. 3 corridas ($\emptyset = 3/8''$), más eslabón No. 3 a cada 20,00 cm. Mientras que la solera de humedad consiste de 4 barras No. 3 ($\emptyset = 3/8''$) corridas, más estribo No. 2 ($\emptyset = 1/4''$) a cada 15,00 cm.

Nota: se tomó como opción la sección 5,3.3 de la norma AGIES NSE-4-2010, debido a que los muros son únicamente de relleno.

Figura 94. **Detalle de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.6.5.2. **Diseño de zapatas**

A continuación, se describen los procedimientos para los tipos de zapatas que se utilizarán en el diseño estructural.

- Zapata aislada concéntrica tipo Z-1

Cimentación:

Base de la zapata propuesta = 2,25 m

Peralte de zapata propuesto = 0,50 m

Columna:

Carga axial última = 71 593,35 kg

Momento máximo en X = 19 716,25 kg * m

Momento máximo en Y	= 13 658,80 kg * m
Base	= 0,40 m
Altura	= 0,40 m
Longitud	= 5,80 m
Factor de carga última	= 1,30

Suelo:

Valor de esfuerzo límite	= 127 680,00 kg/ m ²
Valor soporte del suelo	= 31 920,00 kg / m ²
Peso específico del suelo	= 1 690,00 kg / m ³
Desplante	= 1,50 m

- Carga y momentos de trabajo:

A continuación, se procederá a calcular la carga y los momentos de trabajo, empleando para ello el factor de carga última como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 172 - 173:

$$P'_t = \frac{P_{U\ Total}}{F_{CU}}$$

$$M'_{t\ Eje\ i} = \frac{M_{U\ Eje\ i}}{F_{CU}};$$

Donde:

P'_t = carga axial de trabajo (kg).

$M'_{t\ Eje\ i}$ = momento de trabajo en el eje analizado (kg * m).

$P_{U\ Total}$ = carga axial última (kg).

$M_{U\ Eje\ i}$ = momento último en el eje analizado (kg * m).

F_{CU} = factor de carga última.

$$P'_t = \frac{PU \text{ Total}}{FCU}$$

$$P'_t = \frac{71\,593,35 \text{ kg}}{1,30}$$

$$P'_t = 55\,071,81 \text{ kg}$$

$$M'_{t \text{ Eje } X} = \frac{MU \text{ Eje } X}{FCU}$$

$$M'_{t \text{ Eje } X} = \frac{19\,716,25 \text{ kg} \cdot \text{m}}{1,30}$$

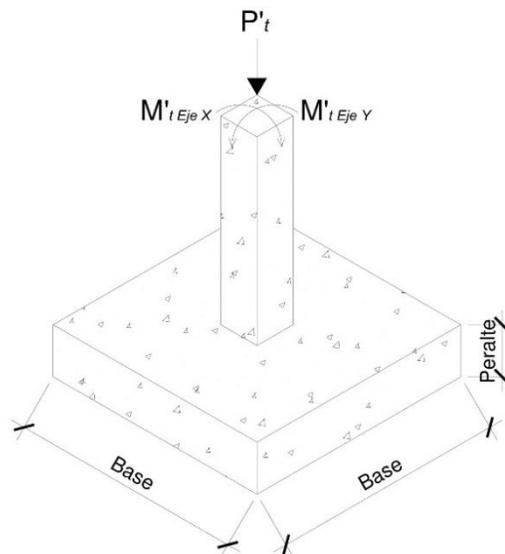
$$M'_{t \text{ Eje } X} = 15\,166,35 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M'_{t \text{ Eje } Y} = \frac{MU \text{ Eje } Y}{FCU}$$

$$M'_{t \text{ Eje } Y} = \frac{13\,658,80 \text{ kg} \cdot \text{m}}{1,30}$$

$$M'_{t \text{ Eje } Y} = 10\,506,77 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Figura 95. **Carga y momentos de trabajo aplicados a la zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Chequeo de presión sobre el suelo:

A continuación, se procederá a verificar si que la zapata cumple con las presiones admisibles, empleando para ello las dimensiones propuestas, la carga de trabajo y los momentos de trabajo:

- Carga total sobre el suelo:

Se calculará la carga total sobre el suelo como se en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 174:

$$P_{Total\ sobre\ el\ suelo} = P'_t + W_{Suelo} + W_{Zapata} + W_{Columna}$$

$$W_{Suelo} = \gamma_{Suelo} * A_{Zapata} * D_f$$

$$W_{Zapata} = \gamma_{Concreto} * A_{Zapata} * t_{Zapata}$$

$$W_{Columna} = \gamma_{Concreto} * b_{Columna} * h_{Columna} * L_{Columna};$$

Donde:

$P_{Total\ sobre\ el\ suelo}$ = carga total sobre el suelo (kg).

P'_t = carga axial de trabajo (kg).

W_{Suelo} = peso del suelo (kg).

W_{Zapata} = peso de la zapata (kg).

$W_{Columna}$ = peso de la columna (kg).

γ_{Suelo} = peso específico del suelo (kg / m³).

$\gamma_{Concreto}$ = peso específico del concreto (kg / m³).

t_{Zapata} = peralte de la zapata analizada (m).

A_{Zapata} = área de la zapata analizada (m²).

D_f = desplante de la zapata analizada (m).

$b_{Columna}$ = base de la columna (m).

$h_{Columna}$ = altura de la columna (m).

$L_{Columna}$ = longitud de la columna (m).

$$W_{Suelo} = \gamma_{Suelo} * A_{Zapata} * D_f$$

$$W_{Suelo} = 1\,690,00 \text{ kg / m}^3 * 5,06 \text{ m}^2 * 1,50 \text{ m}$$

$$W_{Suelo} = 12\,827,10 \text{ kg}$$

$$W_{Zapata} = \gamma_{Concreto} * A_{Zapata} * t_{Zapata}$$

$$W_{Zapata} = 2\,400,00 \text{ kg / m}^3 * 5,06 \text{ m}^2 * 0,50 \text{ m}$$

$$W_{Zapata} = 6\,072,00 \text{ kg}$$

$$W_{Columna} = \gamma_{Concreto} * b_{Columna} * h_{Columna} * L_{Columna}$$

$$W_{Columna} = 2\,400,00 \text{ kg / m}^3 * 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 5,80 \text{ m}$$

$$W_{Columna} = 2\,227,20 \text{ kg}$$

$$P_{Total \text{ sobre el suelo}} = P'_t + W_{Suelo} + W_{Zapata} + W_{Columna}$$

$$P_{Total \text{ sobre el suelo}} = 55\,071,81 \text{ kg} + 12\,827,10 \text{ kg} + 6\,072,00 \text{ kg} + 2\,227,20 \text{ kg}$$

$$P_{Total \text{ sobre el suelo}} = 76\,198,11 \text{ kg}$$

- Comprobación de excentricidades:

Se comprobarán las excentricidades como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 174 - 175:

$$K = \frac{b_{Zapata}}{6}$$

$$e_{Eje i} = \frac{M'_t \text{ Eje } i}{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}$$

Si $e_{Eje i} < K$; Si cumple porque la excentricidad no supera el núcleo de la zapata, por lo que se pueden usar las expresiones de presiones admisibles.

Si $e_{Eje i} > K$; No cumple porque la excentricidad supera el núcleo de la zapata, por lo que se debe aumentar la base de la zapata;

Donde:

K = núcleo de la zapata (m).

$e_{Eje i}$ = excentricidad en el eje analizado de la zapata (kg * m).

b_{Zapata} = base de la zapata (m).

$M'_{t Eje i}$ = momento de trabajo en el eje analizado (kg * m).

$P_{Total sobre el suelo}$ = carga total sobre el suelo (kg).

$$K = \frac{b_{Zapata}}{6}$$

$$K = \frac{2,25 \text{ m}}{6}$$

$$K = 0,38 \text{ m}$$

$$e_{Eje X} = \frac{M'_{t Eje X}}{P_{Total sobre el suelo}}$$

$$e_{Eje X} = \frac{15\ 166,35 \text{ kg * m}}{76\ 198,11 \text{ kg}}$$

$$e_{Eje X} = 0,20 \text{ m}$$

$$e_{Eje Y} = \frac{M'_{t Eje Y}}{P_{Total sobre el suelo}}$$

$$e_{Eje Y} = \frac{10\ 506,77 \text{ kg * m}}{76\ 198,11 \text{ kg}}$$

$$e_{Eje Y} = 0,14 \text{ m}$$

Si $e_{Eje i} < K$; Si cumple porque la excentricidad no supera el núcleo de la zapata, por lo que se pueden usar las expresiones de cargas distribuidas admisibles.

$$e_{Eje X} < K$$

$$0,20 \text{ m} < 0,38 \text{ y}$$

$$e_{Eje Y} < K$$

0,14 m < 0,38 m; si cumplen por lo que se procederá a calcular las cargas distribuidas admisibles.

- Presiones admisibles:

Se calcularán las presiones admisibles como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 175 - 176:

$$q_{M\acute{a}x} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} + \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} + \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

Si $q_{M\acute{a}x} < V_{Suelo}$; Las dimensiones son adecuadas para la zapata.

Si $q_{M\acute{a}x} > V_{Suelo}$; Se deben aumentar las dimensiones de la zapata.

$$q_{M\acute{i}n} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} - \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} - \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

Si $q_{M\acute{i}n} > 0,00$; No existen esfuerzos de tensión.

Si $q_{M\acute{i}n} < 0,00$; Si existen esfuerzos de tensión.

$$S_{Eje i} = \frac{1}{6} * b_{Zapata}^3;$$

Donde:

$q_{M\acute{a}x}$ = presión admisible máxima (kg / m²).

$q_{M\acute{i}n}$ = presión admisible mínima (kg / m²).

V_{Suelo} = valor soporte del suelo (kg / m²).

$P_{Total \text{ sobre el suelo}}$ = carga total sobre el suelo (kg).

A_{Zapata} = área de la zapata analizada (m²).

$M'_{t Eje X}$ = momento de trabajo en el eje X (kg * m).

- $M'_{t Eje Y}$ = momento de trabajo en el eje Y (kg * m).
 $S_{Eje X}$ = núcleo de la sección de la zapata en el eje X (m³).
 $S_{Eje Y}$ = núcleo de la sección de la zapata en el eje Y (m³).
 $S_{Eje i}$ = núcleo de la sección de la zapata en el eje analizado (m³).
 b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

$$S_{Eje X} = \frac{1}{6} * b_{Zapata}^3$$

$$S_{Eje X} = \frac{1}{6} * (2,25 \text{ m})^3$$

$$S_{Eje X} = 1,90 \text{ m}^3$$

$$S_{Eje Y} = \frac{1}{6} * b_{Zapata}^3$$

$$S_{Eje Y} = \frac{1}{6} * (2,25 \text{ m})^3$$

$$S_{Eje Y} = 1,90 \text{ m}^3$$

$$q_{Máx} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} + \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} + \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

$$q_{Máx} = \frac{76 \ 198,11 \text{ kg}}{5,06 \text{ m}^2} + \frac{15 \ 166,35 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3} + \frac{10 \ 506,77 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3}$$

$$q_{Máx} = 28 \ 571,08 \text{ kg} / \text{ m}^2$$

$$q_{Mín} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} - \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} - \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

$$q_{Mín} = \frac{76 \ 198,11 \text{ kg}}{5,06 \text{ m}^2} - \frac{15 \ 166,35 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3} - \frac{10 \ 506,77 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3}$$

$$q_{Mín} = 1 \ 546,75 \text{ kg} / \text{ m}^2$$

Si $q_{Máx} < V_{Suelo}$; Las dimensiones son adecuadas para la zapata.

28 571,08 kg / m² < 31 920,00 kg / m²; Las dimensiones de la zapata son adecuadas.

Si $q_{Mín} > 0,00$; No existen esfuerzos de tensión.

1 546,75 kg / m² > 0,00; La zapata no tiene esfuerzos de tensión.

- Presión última de diseño:

Debido a que el valor soporte del suelo puede variar según la ubicación de la zapata, se procede a calcular la presión última de diseño como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 176:

$$q_{diseño} = q_{Máx} * F_{CU};$$

Donde:

$q_{diseño}$ = presión última de diseño (kg / m²).

$q_{Máx}$ = presión admisible máxima (kg / m²).

F_{CU} = factor de carga última.

$$q_{diseño} = q_{Máx} * F_{CU}$$

$$q_{diseño} = 28\ 571,08 \text{ kg / m}^2 * 1,30$$

$$q_{diseño} = 37\ 142,40 \text{ kg / m}^2$$

- Peralte efectivo de la zapata:

A continuación, se calculará el peralte efectivo de la zapata como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 176, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 6 (Ø = 3/4”):

$$d_{Zapata} = t_{Zapata} - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ varilla}}{2};$$

Donde:

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

t_{Zapata} = peralte de la zapata analizada (cm).

Recubrimiento = recubrimiento de la zapata analizada (cm).

\emptyset varilla = diámetro de acero corrugado propuesto para la zapata analizada (cm).

$$d_{Zapata} = t_{Zapata} - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ varilla}}{2}$$

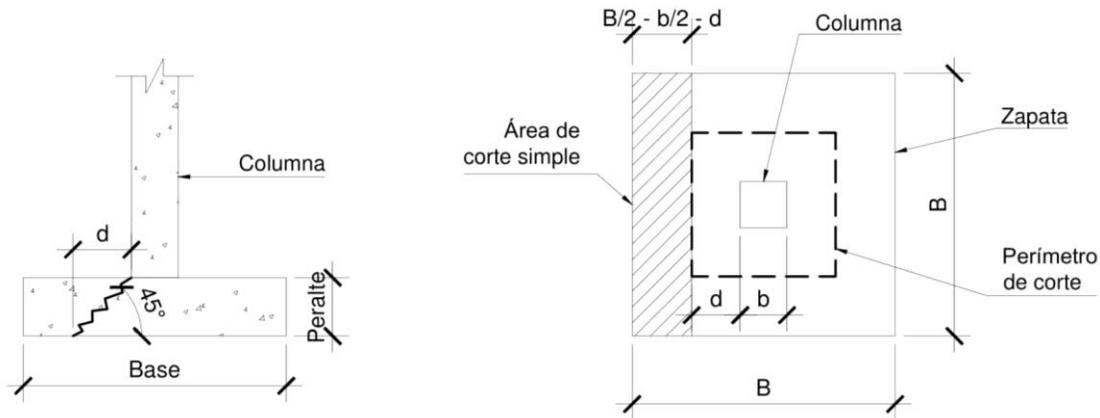
$$d_{Zapata} = 50,00 \text{ cm} - 7,50 \text{ cm} - \frac{1,91 \text{ cm}}{2}$$

$$d_{Zapata} = 41.55 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple:

La falla por esfuerzo cortante en una zapata ocurre generalmente en forma diagonal a 45 ° medidos a partir del borde de la columna, por lo que se asume que la influencia del esfuerzo cortante ocurre a una distancia horizontal igual al peralte efectivo de la zapata.

Figura 96. Corte simple en la zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Corte simple actuante:

Se calculará el corte simple actuante como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 177 - 178:

$$V_{m\acute{a}x\ act} = A_{Corte\ simple} * q_{dise\tilde{n}o}$$

$$A_{Corte\ simple} = b_{Zapata} * \left(\frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2} - d_{Zapata} \right);$$

Donde:

$V_{Actuante}$ = cortante simple máximo actuante en la zapata analizada (kg).

$A_{Corte\ simple}$ = área en la que actúa el cortante simple de la zapata analizada (m^2).

$q_{dise\tilde{n}o}$ = presión última de diseño (kg / m^2).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (m).

$$A_{\text{Corte simple}} = b_{Zapata} * \left(\frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2} - d_{Zapata} \right)$$

$$A_{\text{Corte simple}} = 2,25 \text{ m} * \left(\frac{2,25 \text{ m}}{2} - \frac{0,40 \text{ m}}{2} - 0,42 \text{ m} \right)$$

$$A_{\text{Corte simple}} = 1,14 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{máx act}} = A_{\text{Corte simple}} * q_{\text{diseño}}$$

$$V_{\text{máx act}} = 1,14 \text{ m}^2 * 37\ 142,40 \text{ kg / m}^2$$

$$V_{\text{máx act}} = 42\ 342,34 \text{ kg}$$

- Corte resistente:

A continuación, se procederá a calcular el corte resistente, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 22,5.6,1, modificado con base en el apéndice B, fila 22,5.6,1:

$$V_{\text{máx res}} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{Zapata}$$

Si, $V_{\text{máx act}} > V_{\text{máx res}}$; se debe aumentar el peralte de la zapata.

Si, $V_{\text{máx act}} \leq V_{\text{máx res}}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata;

Donde:

$V_{\text{máx res}}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la zapata analizada (kg).

$V_{\text{máx act}}$ = cortante máximo actuante en la zapata analizada (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

b_w = base de la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{Zapata}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 0,75 * 0,53 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 225,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}$$

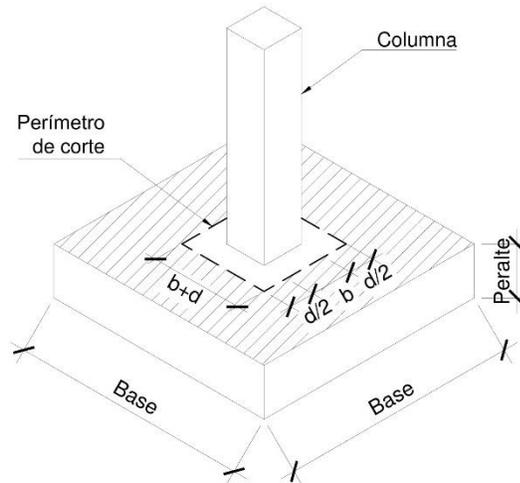
$$V_{m\acute{a}x\ res} = 62\ 182,72 \text{ kg}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata
42 342,34 kg \leq 62 182,72 kg; el peralte es adecuado para la zapata.

- Chequeo por corte punzonante:

El corte por punzonamiento se produce a una distancia horizontal igual a la mitad del peralte efectivo de la zapata, medida a partir del borde de la columna, debido a los esfuerzos de corte que la columna transmite a la zapata.

Figura 97. Corte punzonante en la zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Corte punzonante actuante:

Se calculará el corte punzonante actuante como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 178 - 179:

$$V_{m\acute{a}x\ act} = A_{Corte\ punzonante} * q_{dise\tilde{n}o}$$

$$A_{Corte\ punzonante} = A_{Zapata} - (b_{Columna} + d_{Zapata})^2;$$

Donde:

$V_{Actuante}$ = cortante punzonante máximo actuante en la zapata analizada (kg).

$A_{Corte\ simple}$ = área en la que actúa el cortante simple de la zapata analizada (m²).

$q_{diseño}$ = presión última de diseño (kg / m²).
 b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).
 d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (m).

$$A_{Corte\ punzonante} = A_{Zapata} - (b_{Columna} + d_{Zapata})^2$$

$$A_{Corte\ punzonante} = 5,06\ m^2 - (0,40\ m + 0,42\ m)^2$$

$$A_{Corte\ punzonante} = 4,39\ m^2$$

$$V_{máx\ act} = A_{Corte\ punzonante} * q_{diseño}$$

$$V_{máx\ act} = 4,39\ m^2 * 37\ 142,40\ kg / m^2$$

$$V_{máx\ act} = 163\ 055,13\ kg$$

- Corte resistente:

A continuación, se procederá a calcular el corte resistente, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 22,6.5,2, tabla 22,6.5,2, modificado con base en el apéndice B, fila 22,6.5,2 (b):

$$V_{máx\ res} = \Phi * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \lambda * \sqrt[3]{f'_c} * b_o * d_{Zapata}$$

$$b_o = 4 * (b_{Columna} + d_{Zapata})$$

Si, $V_{máx\ act} > V_{máx\ res}$; se debe aumentar el peralte de la zapata.

Si, $V_{máx\ act} \leq V_{máx\ res}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata;

Donde:

$V_{máx\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la zapata analizada (kg).

$V_{máx\ act}$ = cortante máximo actuante en la zapata analizada (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21,2.1, tabla 21,2.1.

- β = relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna.
- λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.
- f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).
- b_o = perímetro interno del área donde actúa el cortante punzonante en la zapata analizada (cm).
- d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$$b_o = 4 * (b_{Columna} + d_{Zapata})$$

$$b_o = 4 * (40,00 \text{ cm} + 41,55 \text{ cm})$$

$$b_o = 326,20 \text{ cm}$$

$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = \Phi * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_o * d_{Zapata}$$

$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = 0,75 * 0,53 * \left[1 + \frac{2}{\left(\frac{40 \text{ cm}}{40 \text{ cm}}\right)}\right] * 1,00 * \sqrt{280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 326,20 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}$$

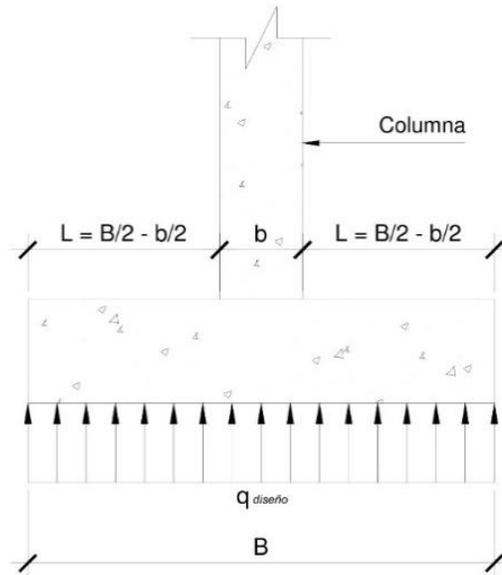
$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = 270 \ 453,36 \text{ kg}$$

Si, $V_{m\acute{a}x \text{ act}} \leq V_{m\acute{a}x \text{ res}}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata
 $163 \ 055,13 \text{ kg} \leq 270 \ 453,36 \text{ kg}$; el peralte es adecuado para la zapata.

- Diseño del refuerzo por flexión:

A continuación, se procederá a diseñar el refuerzo para resistir el momento por flexión aplicado en la zapata para ello se debe considerar una franja unitaria de 1,00 m como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 180 - 181:

Figura 98. **Momento por flexión aplicado en la zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$M_{Flector \acute{U}ltimo} = \frac{q_{dise\tilde{n}o} * L^2}{2}$$

$$L = \frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2};$$

Donde:

$M_{Flector \acute{U}ltimo}$ = momento flector \acute{u}ltimo (kg * m).

$q_{dise\tilde{n}o}$ = presi3n \acute{u}ltima de dise\~{n}o (kg / m²).

L = longitud de presi3n \acute{u}ltima de dise\~{n}o (m).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

$b_{Columna}$ = base de la columna analizada (m).

$$L = \frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2}$$

$$L = \frac{2,25 \text{ m}}{2} - \frac{0,40 \text{ m}}{2}$$

$$L = 0,93 \text{ m}$$

$$M_{Flector \text{ Último}} = \frac{q_{diseño} * L^2}{2}$$

$$M_{Flector \text{ Último}} = \frac{37\,142,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (0,93 \text{ m})^2}{2}$$

$$M_{Flector \text{ Último}} = 16\,062,23 \text{ kg} * \text{m}$$

- Área de acero requerida por el momento flector último:

$$A_s \text{ requerida} = \left[b_{Zapata} * d_{Zapata} - \sqrt{(b_{Zapata} * d_{Zapata})^2 - \left(\frac{M_u * b_{Zapata}}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y};$$

Donde:

$A_s \text{ requerida}$ = área de acero requerida por el momento flector último (cm²).

b_{Zapata} = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

M_u = momento analizado (kg * m).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

$$A_s \text{ requerida} = \left[b_{Zapata} * d_{Zapata} - \sqrt{(b_{Zapata} * d_{Zapata})^2 - \left(\frac{M_u * b_{Zapata}}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_s \text{ requerida} = \left[100,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm} - \sqrt{(100,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm})^2 - \left(\frac{16\,062,23 \text{ kg} * \text{m} * 100,00 \text{ cm}}{0,003825 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}{4\,200,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$A_s \text{ requerida} = 13,72 \text{ cm}^2$$

- Área de acero mínimo:

El área de acero mínimo a flexión para una zapata se debe evaluar según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1 y sección 9.6.1.2, incisos (a) y (b), modificado con base en el apéndice B, fila 9.6.1.2 (a) y (b).

El mayor entre:

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d_{Zapata}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_w * d_{Zapata};$$

Donde:

$A_s \text{ mín}$ = área de acero mínimo a flexión de la zapata analizada (cm²).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

f_y = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d_{Zapata}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}}{4,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 100,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ mín} = 13,24 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_w * d_{Zapata}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{4,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 100,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ mín} = 13,85 \text{ cm}^2$$

- Área de acero por temperatura:

A continuación, se calculará el área de acero por temperatura, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1 y sección 7.6.1.1:

Tabla LIX. **Áreas de acero a flexión mínimas en cm²**

Tipo de refuerzo	f_y , Kg / cm ²	$A_s \text{ mín, cm}^2$	
Refuerzo corrugado	< 4 200 Kg / cm ²	0,0020 * A_g	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldada	\geq 4 200 Kg / cm ²	Mayor de:	$\frac{0,0018 * 4\ 200}{f_y} * A_g$
			0,0014 * A_g

Fuente: American Concrete Institute. ACI-318S-14. p. 94.

Se procede a calcular el área de acero mínimo a flexión de la zapata, se propone utilizar acero grado 60 (4 200 kg / cm²):

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } \frac{0,0018 * 4\ 200}{f_y} * A_g \text{ y } 0,0014 * A_g$$

$$A_g = b_w * t_{\text{zapata}};$$

Donde:

$A_{s \text{ temp}}$ = área de acero por temperatura de la zapata analizada (cm²).

A_g = área bruta de la sección de concreto de la franja unitaria de la zapata analizada (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

t_{zapata} = peralte de la zapata analizada (cm).

$$A_g = b_w * t_{zapata}$$

$$A_g = 100,00 \text{ cm} * 50,00 \text{ cm}$$

$$A_g = 5\,000,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } \frac{0,0018 * 4 * 200}{f_y} * A_g \text{ y } 0,0014 * A_g$$

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } \frac{0,0018 * 4 * 200}{4,200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 5\,000,00 \text{ cm}^2 \text{ y } 0,0014 * 5\,000,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } 9,00 \text{ cm}^2 \text{ y } 7,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temp}} = 9,00 \text{ cm}^2$$

Se usará un área de acero para la cama inferior de la zapata de $A_{s \text{ mín}} = 13,85 \text{ cm}^2$.

Se usará un área de acero para la cama superior de la zapata de $A_{s \text{ temp}} = 9,00 \text{ cm}^2$

- Espaciamiento mínimo entre barras de acero corrugadas:

A continuación, se calculará la separación mínima entre barras de acero corrugadas según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1, sección 7.7.2.1, y sección 25.2.2, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 6 ($\varnothing = 3/4''$) y agregado grueso con un tamaño máximo de $3/4''$:

$$S_{\text{mín}} = 2,50 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{\text{mín}}$ = espaciamiento mínimo permitido entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada (cm)

$$S_{\text{mín}} = 2,50 \text{ cm}$$

- Espaciamiento máximo entre barras de acero corrugadas:

A continuación, se procede a calcular las condiciones de espaciamiento máximo permitidas sugeridas por el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1 y sección 7.7.2.3:

$$S_{m\acute{a}x} = \text{el menor entre } 3 * h_{Zapata} \text{ y } 45,00 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{m\acute{a}x}$ = Espaciamiento máximo permitido entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada (cm).

h_{Zapata} = Altura de la zapata analizada (cm).

$$S_{m\acute{a}x} = \text{el menor entre } 3 * h_{Zapata} \text{ y } 45,00 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \text{el menor entre } 3 * 50,00 \text{ cm y } 45,00 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \text{el menor entre } 150,00 \text{ cm y } 45,00 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 45,00 \text{ cm}$$

- Espaciamiento del refuerzo en la cama inferior:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para la cama inferior, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 6 ($\emptyset = 3/4"$):

$$S_{As \text{ seleccionado}} = \frac{As \emptyset \text{ propuesto} * bw}{As \text{ seleccionado}};$$

Donde:

$S_{As\ seleccionado}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada que cumple con el área de acero seleccionado (cm).

$A_{s\ \emptyset\ propuesto}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm^2).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

$A_{s\ seleccionado}$ = área de acero a flexión seleccionado de la zapata analizada (cm^2).

$$S_{As\ seleccionado} = \frac{A_{s\ \emptyset\ propuesto} * b_w}{A_{s\ min}}$$

$$S_{As\ seleccionado} = \frac{2,85\ \text{cm}^2 * 100\ \text{cm}}{13,85\ \text{cm}^2}$$

$$S_{As\ seleccionado} = 20,58\ \text{cm}$$

$$S_{As\ seleccionado} = 20,00\ \text{cm}$$

- Espaciamiento del refuerzo en la cama superior:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para la cama superior, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 5 ($\emptyset = 5/8''$):

$$S_{As\ temp} = \frac{A_{s\ \emptyset\ propuesto} * b_w}{A_{s\ temp}};$$

Donde:

$S_{As\ temp}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada que cumple con el área de acero por temperatura (cm).

$A_{s \emptyset \text{ propuesto}}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm^2).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

$A_{s \text{ temp}}$ = área de acero por temperatura de la zapata analizada (cm^2).

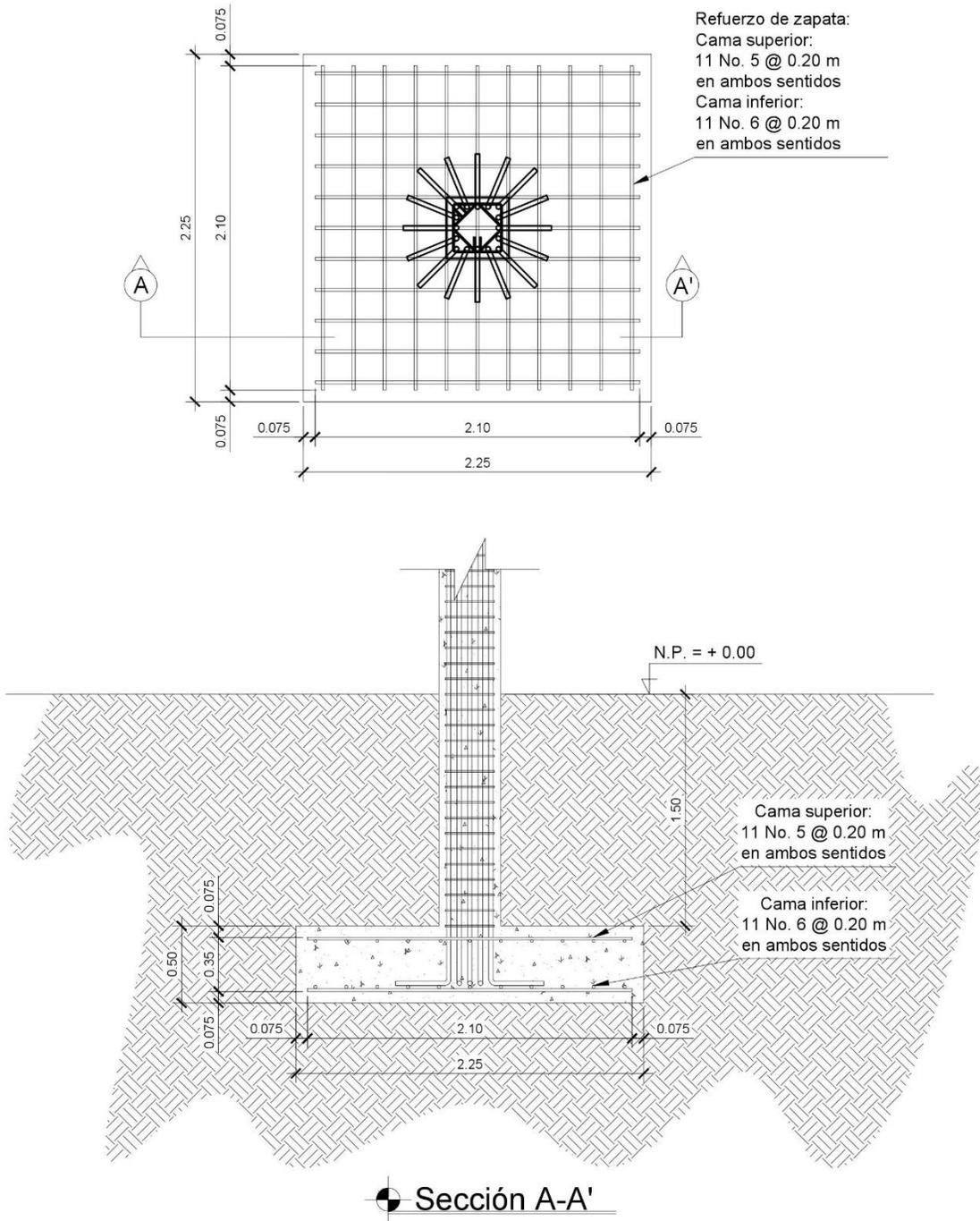
$$S_{A_{s \text{ temp}}} = \frac{A_{s \emptyset \text{ propuesto}} * b_w}{A_{s \text{ temp}}}$$

$$S_{A_{s \text{ temp}}} = \frac{1,98 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{9,00 \text{ cm}^2}$$

$$S_{A_{s \text{ temp}}} = 22,00 \text{ cm}$$

$$S_{A_{s \text{ temp}}} = 20,00 \text{ cm}$$

Figura 99. **Detalle de zapata aislada concéntrica tipo Z-1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Zapata aislada excéntrica tipo Z-2

Cimentación:

Base de la zapata propuesta = 2,25 m

Peralte de zapata propuesto = 0,50 m

Columna:

Carga axial última = 71 593,35 kg

Momento máximo en X = 19 716,25 kg * m

Momento máximo en Y = 13 658,80 kg * m

Base = 0,40 m

Altura = 0,40 m

Longitud = 5,80 m

Factor de carga última = 1,30

Suelo:

Valor de esfuerzo límite = 127 680,00 kg/ m²

Valor soporte del suelo = 31 920,00 kg / m²

Peso específico del suelo = 1 690,00 kg / m³

Desplante = 1,50 m

- Carga de trabajo:

A continuación, se procederá a calcular la carga de trabajo empleando para ello el factor de carga última como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 185:

$$P'_t = \frac{PU\ Total}{FCU};$$

Donde:

P'_t = carga axial de trabajo (kg).

$P_{U\ Total}$ = carga axial última (kg).

F_{CU} = factor de carga última.

$$P'_t = \frac{P_{U\ Total}}{F_{CU}}$$

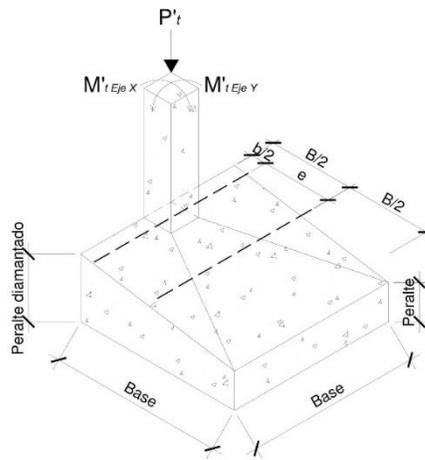
$$P'_t = \frac{71\ 593,35\ \text{kg}}{1,30}$$

$$P'_t = 55\ 071,81\ \text{kg}$$

- Excentricidad de la carga que provoca la flexión:

A continuación, se procederá a verificar si que la zapata cumple con las presiones admisibles, empleando para ello las dimensiones propuestas, la carga de trabajo y los momentos de trabajo como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 185 - 186:

Figura 100. **Carga y momentos de trabajo aplicados a la zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$e = \frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2};$$

Donde:

e = excentricidad de la carga axial de trabajo que provoca la flexión (m).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

$b_{Columna}$ = base de la columna (m).

$$e = \frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2}$$

$$e = \frac{2,25 \text{ m}}{2} - \frac{0,40 \text{ m}}{2}$$

$$e = 0,93 \text{ m}$$

- Esfuerzos en el suelo:

A continuación, se procederá a calcular los esfuerzos máximos de compresión y tensión generados en el suelo debidos a la excentricidad de la carga axial de trabajo.

- Esfuerzo de compresión máxima:

Se calculará el esfuerzo de compresión máxima como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 186:

$$\sigma_{C \text{ Máx}} = \frac{P'_t}{AZapata} * \left(1 + \frac{6 * e}{bZapata} \right);$$

Donde:

$\sigma_{C \text{ Máx}}$ = esfuerzo de compresión máxima (kg / m²).

P'_t = carga axial de trabajo (kg).

e = excentricidad de la carga axial de trabajo que provoca la flexión (m).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (kg).

$$\sigma_{C \text{ Máx}} = \frac{P'_t}{AZapata} * \left(1 + \frac{6 * e}{bZapata} \right)$$

$$\sigma_{C \text{ Máx}} = \frac{55\,071,81 \text{ kg}}{5,06 \text{ m}^2} * \left(1 + \frac{6 * 0,93 \text{ m}}{2,25 \text{ m}} \right)$$

$$\sigma_{C \text{ Máx}} = 37\,875,47 \text{ kg / m}^2$$

- Esfuerzo de tensión máxima:

Se procederá a calcular el esfuerzo de tensión máxima como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 187:

$$\sigma_{T\text{Máx}} = \frac{P't}{AZapata} * \left(1 - \frac{6 * e}{bZapata}\right);$$

Donde:

$\sigma_{T\text{Máx}}$ = Esfuerzo de tensión máxima (kg / m²).

$P't$ = Carga axial de trabajo (kg).

e = Excentricidad de la carga axial de trabajo que provoca la flexión (m).

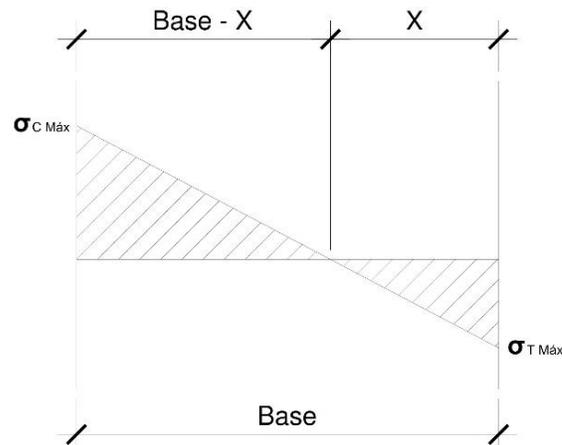
b_{Zapata} = Base de la zapata analizada (kg).

$$\sigma_{T\text{Máx}} = \frac{P't}{AZapata} * \left(1 - \frac{6 * e}{bZapata}\right)$$

$$\sigma_{T\text{Máx}} = \frac{55\,071,81 \text{ kg}}{5,06 \text{ m}^2} * \left(1 - \frac{6 * 0,93 \text{ m}}{2,25 \text{ m}}\right)$$

$$\sigma_{T\text{Máx}} = -16\,107,96 \text{ kg / m}^2$$

Figura 101. **Esfuerzos en el suelo debido a una columna excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Punto de cambio de esfuerzo:

A continuación, se procederá a calcular el punto de cambio de esfuerzo de compresión a esfuerzo de tensión, obteniendo el resultado mediante la aplicación de triángulos semejantes como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 187:

:

$$X = \frac{\sigma_{T \text{ Máx}} * b_{Zapata}}{\sigma_{T \text{ Máx}} + \sigma_{C \text{ Máx}}}$$

Donde:

X = punto de cambio de esfuerzo (m).

$\sigma_{C \text{ Máx}}$ = esfuerzo de compresión máxima (kg / m²).

$\sigma_{T \text{ Máx}}$ = esfuerzo de tensión máxima (kg / m²).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

$$X = \frac{\sigma T \text{ Máx} * bZapata}{\sigma T \text{ Máx} + \sigma C \text{ Máx}}$$

$$X = \frac{16\,107,96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 2,25 \text{ m}}{16\,107,96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 37\,875,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}$$

$$X = 0,67 \text{ m}$$

- Esfuerzo en el eje neutro:

Se calculará el esfuerzo en el eje neutro como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 188:

$$\sigma_{Neutro} = \frac{\sigma C \text{ Máx} * \left(\frac{bZapata}{2} - X\right)}{bZapata - X};$$

Donde:

σ_{Neutro} = esfuerzo en el eje neutro (kg / m²).

$\sigma C \text{ Máx}$ = esfuerzo de compresión máxima (kg / m²).

$bZapata$ = base de la zapata analizada (m).

$$\sigma_{Neutro} = \frac{\sigma C \text{ Máx} * \left(\frac{bZapata}{2} - X\right)}{bZapata - X}$$

$$\sigma_{Neutro} = \frac{37\,875,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * \left(\frac{2,25 \text{ m}}{2} - 0,67 \text{ m}\right)}{2,25 \text{ m} - 0,67 \text{ m}}$$

$$\sigma_{Neutro} = 10\,907,18 \text{ kg / m}^2$$

- Altura del diamante:

La altura del diamante, se calculará asumiendo un ángulo de inclinación $\Phi = 25^\circ$ como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un

edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 188:

$$H = \tan (\Phi) * (b_{Zapata} - b_{Columna});$$

Donde:

H = altura de la zapata diamantada (m).

Φ = ángulo de inclinación de la zapata analizada (°).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

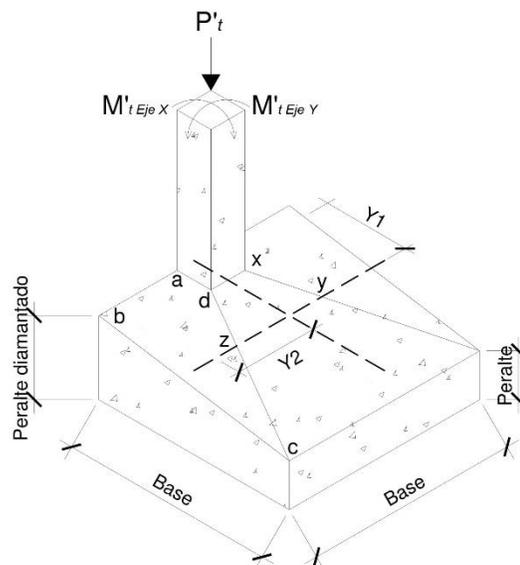
$b_{Columna}$ = base de la columna (m).

$$H = \tan (\Phi) * (b_{Zapata} - b_{Columna})$$

$$H = \tan (25^\circ) * (2,25 \text{ m} - 0,40 \text{ m})$$

$$H = 0,86 \text{ m}$$

Figura 102. Diagrama de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Momento resultante en el trapecio x-d-z-y:

Se calculará el momento resultante en el trapecio x-d-z-y como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 189 - 190:

$$M_1 = P_1 * Y_1$$

$$P_1 = \sigma_{Neutro} * \left(\frac{D_{x-d} + D_{y-z}}{2} \right) * H$$

$$Y_1 = \frac{H}{3} * \left[\frac{(2 * D_{y-z}) + D_{x-d}}{D_{y-z} + D_{x-d}} \right];$$

Donde:

M_1 = momento provocado por la aplicación de P_1 en el centroide del trapecio x-d-z-y (kg * m).

Y_1 = distancia del centro de la columna al centroide del trapecio x-d-z-y (kg).

P_1 = fuerza resultante en el trapecio que forman los puntos x-d-z-y (kg).

σ_{Neutro} = esfuerzo en el eje neutro (kg / m²).

D_{x-d} = distancia del punto "x" al punto "d" (m); $D_{x-d} = 0,40$ m.

D_{y-z} = distancia del punto "y" al punto "z" (m); $D_{y-z} = 1,13$ m.

H = altura de la zapata diamantada (m).

$$Y_1 = \frac{H}{3} * \left[\frac{(2 * D_{y-z}) + D_{x-d}}{D_{y-z} + D_{x-d}} \right]$$

$$Y_1 = \frac{0,86 \text{ m}}{3} * \left[\frac{(2 * 1,13 \text{ m}) + 0,40 \text{ m}}{1,13 \text{ m} + 0,40 \text{ m}} \right]$$

$$Y_1 = 0,50 \text{ m}$$

$$P_1 = \sigma_{Neutro} * \left(\frac{Dx-d + Dy-z}{2} \right) * H$$

$$P_1 = 10\,907,18 \text{ kg} / \text{m}^2 * \left(\frac{0,40 \text{ m} + 1,13 \text{ m}}{2} \right) * 0,86 \text{ m}$$

$$P_1 = 7\,175,83 \text{ kg}$$

$$M_1 = P_1 * Y_1$$

$$M_1 = 7\,175,83 \text{ kg} * 0,50 \text{ m}$$

$$M_1 = 3\,587,92 \text{ kg} * \text{m}$$

- Momento resultante en el trapecio a-b-c-d:

Se calculará el momento resultante en el trapecio a-b-c-d como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 190 - 191:

$$M_2 = P_2 * Y_2$$

$$P_2 = \sigma_{\perp Y1} * A_{a-b-c-d}$$

$$\sigma_{\perp Y1} = \frac{\sigma C \text{ Máx}}{2}$$

$$A_{a-b-c-d} = \left[Dx - d * \left(\frac{bZapata - Dx-d}{2} \right) \right] + \left[\frac{(bZapata - Dx-d) + (bZapata - Dy-z)}{4} * H \right]$$

$$Y_2 = \frac{Da-b}{3} * \left[\frac{(2 * bZapata) + Dx-d}{bZapata + Dx-d} \right];$$

Donde:

M_2 = momento provocado por la aplicación de P_2 en el centroide del trapecio a-b-c-d (kg * m).

Y_2 = distancia del centro de la columna al centroide del trapecio a-b-c-d (m).

P_2 = fuerza resultante en el trapecio que forman los puntos a-b-c-d (kg).

$\sigma_{\perp Y1}$ = esfuerzo en dirección perpendicular a Y_1 (kg / m²).

$A_{a-b-c-d}$ = área de la superficie del trapecio a-b-c-d (m²).

$\sigma_{C Máx}$ = esfuerzo de compresión máxima (kg / m²).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

D_{x-d} = Distancia del punto "x" al punto "d" (m); $D_{x-d} = 0,40$ m.

D_{y-z} = Distancia del punto "y" al punto "z" (m); $D_{y-z} = 1,13$ m.

D_{a-b} = Distancia del punto "a" al punto "b" (m); $D_{a-b} = 0,93$ m.

H = Altura de la zapata diamantada (m).

$$Y_2 = \frac{D_{a-b}}{3} * \left[\frac{(2 * b_{Zapata}) + D_{x-d}}{b_{Zapata} + D_{x-d}} \right]$$

$$Y_2 = \frac{0,93}{3} * \left[\frac{(2 * 2,25 \text{ m}) + 0,40 \text{ m}}{2,25 \text{ m} + 0,40 \text{ m}} \right]$$

$$Y_2 = 0,57\text{m}$$

$$A_{a-b-c-d} = \left[D_{x-d} * \left(\frac{b_{Zapata} - D_{x-d}}{2} \right) \right] + \left[\frac{(b_{Zapata} - D_{x-d}) + (b_{Zapata} - D_{y-z})}{4} * H \right]$$

$$A_{a-b-c-d} = \left[0,40\text{m} * \left(\frac{2,25 \text{ m} - 0,40\text{m}}{2} \right) \right] + \left[\frac{(2,25\text{m} - 0,40 \text{ m}) + (2,25\text{m} - 1,13 \text{ m})}{4} * 0,86 \text{ m} \right]$$

$$A_{a-b-c-d} = 1,01 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\perp Y1} = \frac{\sigma_{C Máx}}{2}$$

$$\sigma_{\perp Y1} = \frac{37\,875,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{2}$$

$$\sigma_{\perp Y1} = 18\,937,74 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_2 = \sigma_{\perp Y1} * A_{a-b-c-d}$$

$$P_2 = 18\,937,74 \text{ kg} / \text{m}^2 * 1,01 \text{ m}^2$$

$$P_2 = 19\,127,12 \text{ kg}$$

$$M_2 = P_2 * Y_2$$

$$M_2 = 19\,127,12 \text{ kg} * 0,57\text{m}$$

$$M_2 = 10\,902,46 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Momentos de trabajo:

A continuación, se procederá a calcular los momentos de trabajo empleando para ello el factor de carga última como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 191:

$$M'_{tEje\ i} = M_{UEje\ i} - M_{\#}$$

Donde:

$M'_{tEje\ i}$ = momento de trabajo en el eje analizado (kg * m).

$M_{UEje\ i}$ = momento último en el eje analizado (kg * m).

$M_{\#}$ = momento resultante # en el trapecio correspondiente al eje analizado (kg * m).

F_{CU} = factor de carga última.

$$M'_{tEje\ X} = M_{UEje\ X} - M_2$$

$$M'_{tEje\ X} = 19\,716,25 \text{ kg} \cdot \text{m} - 10\,902,46 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M'_{tEje\ X} = 8\,813,79 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M'_{tEje\ Y} = M_{UEje\ Y} - M_1$$

$$M'_{tEje\ Y} = 13\,658,80 \text{ kg} \cdot \text{m} - 3\,587,92 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M'_{tEje\ Y} = 10\,070,88 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Chequeo de presión sobre el suelo:

A continuación, se procederá a verificar si que la zapata cumple con las presiones admisibles, empleando para ello las dimensiones propuestas, la carga de trabajo y los momentos de trabajo:

- Carga total sobre el suelo:

Se calculará la carga total sobre el suelo como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 191 - 192:

$$P_{Total\ sobre\ el\ suelo} = P'_t + W_{Suelo} + W_{Zapata} + W_{Columna}$$

$$W_{Suelo} = \gamma_{Suelo} * A_{Zapata} * D_f$$

$$W_{Zapata} = \gamma_{Concreto} * A_{Zapata} * t_{Zapata}$$

$$W_{Columna} = \gamma_{Concreto} * b_{Columna} * h_{Columna} * L_{Columna};$$

Donde:

$P_{Total\ sobre\ el\ suelo}$ = carga total sobre el suelo (kg).

P'_t = carga axial de trabajo (kg).

W_{Suelo} = peso del suelo (kg).

W_{Zapata} = peso de la zapata (kg).

$W_{Columna}$ = peso de la columna (kg).

γ_{Suelo} = peso específico del suelo (kg / m³).

$\gamma_{Concreto}$ = peso específico del concreto (kg / m³).

t_{Zapata} = peralte de la zapata analizada (m).

A_{Zapata} = área de la zapata analizada (m²).

D_f = desplante de la zapata analizada (m).

$b_{Columna}$ = base de la columna (m).
 $h_{Columna}$ = altura de la columna (m).
 $L_{Columna}$ = longitud de la columna (m).

$$W_{Suelo} = \gamma_{Suelo} * A_{Zapata} * D_f$$

$$W_{Suelo} = 1\,690,00 \text{ kg / m}^3 * 5,06 \text{ m}^2 * 1,50 \text{ m}$$

$$W_{Suelo} = 12\,827,10 \text{ kg}$$

$$W_{Zapata} = \gamma_{Concreto} * A_{Zapata} * t_{zapata}$$

$$W_{Zapata} = 2\,400,00 \text{ kg / m}^3 * 5,06 \text{ m}^2 * 0,50 \text{ m}$$

$$W_{Zapata} = 6\,072,00 \text{ kg}$$

$$W_{Columna} = \gamma_{Concreto} * b_{Columna} * h_{Columna} * L_{Columna}$$

$$W_{Columna} = 2\,400,00 \text{ kg / m}^3 * 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 5,80 \text{ m}$$

$$W_{Columna} = 2\,227,20 \text{ kg}$$

$$P_{Total \text{ sobre el suelo}} = P'_t + W_{Suelo} + W_{Zapata} + W_{Columna}$$

$$P_{Total \text{ sobre el suelo}} = 55\,071,81 \text{ kg} + 12\,827,10 \text{ kg} + 6\,072,00 \text{ kg} + 2\,227,20 \text{ kg}$$

$$P_{Total \text{ sobre el suelo}} = 76\,198,11 \text{ kg}$$

- Comprobación de excentricidades:

Se comprobarán las excentricidades como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 192:

$$K = \frac{b_{Zapata}}{6}$$

$$e_{Eje i} = \frac{M'_{t Eje i}}{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}$$

Si $e_{Eje i} < K$; Si cumple porque la excentricidad no supera el núcleo de la zapata, por lo que se pueden usar las expresiones de presiones admisibles.

Si $e_{Eje i} > K$; No cumple porque la excentricidad supera el núcleo de la zapata, por lo que se debe aumentar la base de la zapata;

Donde:

K = núcleo de la zapata (m).

$e_{Eje i}$ = excentricidad en el eje analizado de la zapata (kg * m).

b_{Zapata} = base de la zapata (m).

$M'_{t Eje i}$ = momento de trabajo en el eje analizado (kg * m).

$P_{Total sobre el suelo}$ = carga total sobre el suelo (kg).

$$K = \frac{b_{Zapata}}{6}$$

$$K = \frac{2,25 \text{ m}}{6}$$

$$K = 0,38 \text{ m}$$

$$e_{Eje X} = \frac{M'_{t Eje X}}{P_{Total sobre el suelo}}$$

$$e_{Eje X} = \frac{8\,813,79 \text{ kg} * \text{m}}{76\,198,11 \text{ kg}}$$

$$e_{Eje X} = 0,12 \text{ m}$$

$$e_{Eje Y} = \frac{M'_{t Eje Y}}{P_{Total sobre el suelo}}$$

$$e_{Eje Y} = \frac{10\,070,88 \text{ kg} * \text{m}}{76\,198,11 \text{ kg}}$$

$$e_{Eje Y} = 0,13 \text{ m}$$

Si $e_{Eje i} < K$; Si cumple porque la excentricidad no supera el núcleo de la zapata, por lo que se pueden usar las expresiones de cargas distribuidas admisibles.

$$e_{Eje X} < K$$

$$0,12 \text{ m} < 0,38 \text{ y}$$

$$e_{Eje Y} < K$$

0,13 m < 0,38 m; si cumplen por lo que se procederá a calcular las cargas distribuidas admisibles.

- Presiones admisibles:

Se calcularán las presiones admisibles como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 192 - 193:

$$q_{Máx} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} + \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} + \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

Si $q_{Máx} < V_{Suelo}$; Las dimensiones son adecuadas para la zapata.

Si $q_{Máx} > V_{Suelo}$; Se deben aumentar las dimensiones de la zapata.

$$q_{Mín} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} - \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} - \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

Si $q_{Mín} > 0,00$; No existen esfuerzos de tensión.

Si $q_{Mín} < 0,00$; Si existen esfuerzos de tensión.

$$S_{Eje i} = \frac{1}{6} * b_{Zapata}^3;$$

Donde:

$q_{Máx}$ = presión admisible máxima (kg / m²).

$q_{Mín}$ = presión admisible mínima (kg / m²).

V_{Suelo} = valor soporte del suelo (kg / m²).

$P_{Total \text{ sobre el suelo}}$ = carga total sobre el suelo (kg).

A_{Zapata} = área de la zapata analizada (m²).

$M'_{t Eje X}$ = momento de trabajo en el eje X (kg * m).

- $M'_{t Eje Y}$ = momento de trabajo en el eje Y (kg * m).
 $S_{Eje X}$ = núcleo de la sección de la zapata en el eje X (m³).
 $S_{Eje Y}$ = núcleo de la sección de la zapata en el eje Y (m³).
 $S_{Eje i}$ = núcleo de la sección de la zapata en el eje analizado (m³).
 b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

$$S_{Eje X} = \frac{1}{6} * b_{Zapata}^3$$

$$S_{Eje X} = \frac{1}{6} * (2,25 \text{ m})^3$$

$$S_{Eje X} = 1,90 \text{ m}^3$$

$$S_{Eje Y} = \frac{1}{6} * b_{Zapata}^3$$

$$S_{Eje Y} = \frac{1}{6} * (2,25 \text{ m})^3$$

$$S_{Eje Y} = 1,90 \text{ m}^3$$

$$q_{Máx} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} + \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} + \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

$$q_{Máx} = \frac{76 \ 198,11 \text{ kg}}{5,06 \text{ m}^2} + \frac{8 \ 813,79 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3} + \frac{10 \ 070,88 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3}$$

$$q_{Máx} = 24 \ 998,22 \text{ kg} / \text{ m}^2$$

$$q_{Mín} = \frac{P_{Total \text{ sobre el suelo}}}{A_{Zapata}} - \frac{M'_{t Eje X}}{S_{Eje X}} - \frac{M'_{t Eje Y}}{S_{Eje Y}}$$

$$q_{Mín} = \frac{76 \ 198,11 \text{ kg}}{5,06 \text{ m}^2} - \frac{8 \ 813,79 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3} - \frac{10 \ 070,88 \text{ kg} * \text{ m}}{1,90 \text{ m}^3}$$

$$q_{Mín} = 5 \ 119,62 \text{ kg} / \text{ m}^2$$

Si $q_{Máx} < V_{Suelo}$; Las dimensiones son adecuadas para la zapata.

24 998,22 kg / m² < 31 920,00 kg / m²; Las dimensiones de la zapata son adecuadas.

Si $q_{Mín} > 0,00$; No existen esfuerzos de tensión.

5 119,62 kg / m² > 0,00; La zapata no tiene esfuerzos de tensión.

- Presión última de diseño:

Debido a que el valor soporte del suelo puede variar según la ubicación de la zapata, se procede a calcular la presión última de diseño como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 193:

$$q_{diseño} = q_{Máx} * F_{CU};$$

Donde:

$q_{diseño}$ = presión última de diseño (kg / m²).

$q_{Máx}$ = presión admisible máxima (kg / m²).

F_{CU} = factor de carga última.

$$q_{diseño} = q_{Máx} * F_{CU}$$

$$q_{diseño} = 24\ 998,22 \text{ kg / m}^2 * 1,30$$

$$q_{diseño} = 32\ 497,69 \text{ kg / m}^2$$

- Peralte efectivo de la zapata:

A continuación, se calculará el peralte efectivo de la zapata como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 193, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 8 (Ø = 1"):

$$d_{Zapata} = t_{Zapata} - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ varilla}}{2};$$

Donde:

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

t_{Zapata} = peralte de la zapata analizada (cm).

Recubrimiento = recubrimiento de la zapata analizada (cm).

\emptyset varilla = diámetro de acero corrugado propuesto para la zapata analizada (cm).

$$d_{Zapata} = t_{Zapata} - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset \text{ varilla}}{2}$$

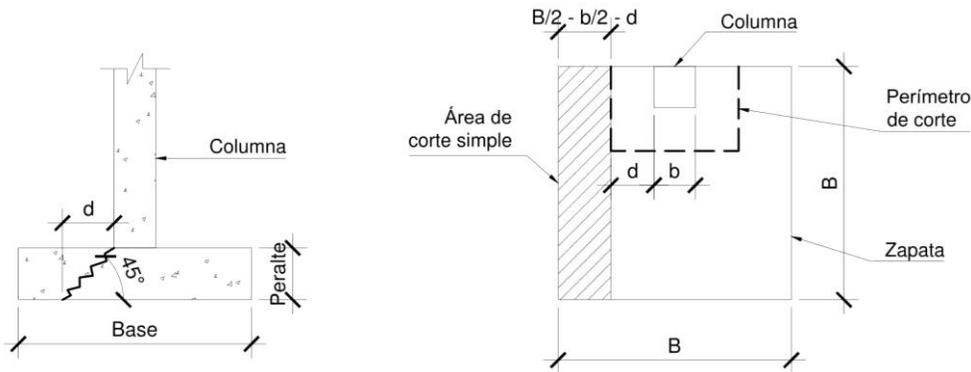
$$d_{Zapata} = 50,00 \text{ cm} - 7,50 \text{ cm} - \frac{2,54 \text{ cm}}{2}$$

$$d_{Zapata} = 41,23 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple:

La falla por esfuerzo cortante en una zapata ocurre generalmente en forma diagonal a 45 ° medidos a partir del borde de la columna, por lo que se asume que la influencia del esfuerzo cortante ocurre a una distancia horizontal igual al peralte efectivo de la zapata.

Figura 103. Corte simple en la zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Corte simple actuante:

Se calculará el corte simple actuante como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 193 - 194:

$$V_{m\acute{a}x\ act} = A_{Corte\ simple} * q_{dise\~{n}o}$$

$$A_{Corte\ simple} = b_{Zapata} * \left(\frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2} - d_{Zapata} \right);$$

Donde:

$V_{Actuante}$ = cortante simple máximo actuante en la zapata analizada (kg).

$A_{Corte\ simple}$ = área en la que actúa el cortante simple de la zapata analizada (m²).

$q_{dise\~{n}o}$ = presión última de diseño (kg / m²).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (m).

$$A_{Corte\ simple} = b_{Zapata} * \left(\frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2} - d_{Zapata} \right)$$

$$A_{Corte\ simple} = 2,25\ m * \left(\frac{2,25\ m}{2} - \frac{0,40\ m}{2} - 0,41\ m \right)$$

$$A_{Corte\ simple} = 1,16\ m^2$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = A_{Corte\ simple} * q_{dise\~{n}o}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = 1,16\ m^2 * 32\ 497,69\ kg / m^2$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = 37\ 697,32\ kg$$

- Corte resistente:

A continuaci3n, se proceder3 a calcular el corte resistente, seg3n lo sugerido por el ACI 318S-14, secci3n 22,5.6,1, modificado con base en el ap3ndice B, fila 22,5.6,1:

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * b_w * d_{Zapata}$$

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} > V_{m\acute{a}x\ res}$; se debe aumentar el peralte de la zapata.

Si, $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata;

Donde:

$V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante m3ximo resistente por el concreto de la zapata analizada (kg).

$V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante m3ximo actuante en la zapata analizada (kg).

Φ = factor de reducci3n de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, secci3n 21,2.1, tabla 21,2.1.

λ = factor de modificaci3n basado en la composici3n del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, secci3n 19,2.4,2, tabla 19,2.4,2.

f'_c = resistencia especificada a la compresi3n del concreto (kg / cm²).

b_w = base de la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$$V_{m\acute{a}x\ res} = \Phi * 0,53 * \lambda * \sqrt[2]{f'c} * b_w * d_{Zapata}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 0,75 * 0,53 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00 \frac{kg}{cm^2}} * 225,00\ cm * 41,23\ cm$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 61\ 703,81\ kg$$

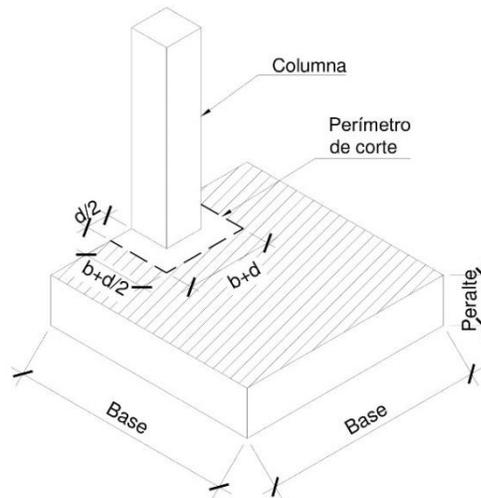
Si $V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata

$37\ 697,32\ kg \leq V_{m\acute{a}x\ res} = 61\ 703,81\ kg$; el peralte es adecuado para la zapata.

- Chequeo por corte punzonante:

El corte por punzonamiento se produce a una distancia horizontal igual a la mitad del peralte efectivo de la zapata, medida a partir del borde de la columna, debido a los esfuerzos de corte que la columna transmite a la zapata.

Figura 104. Corte punzonante en la zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Corte punzonante actuante:

Se calculará el corte punzonante actuante como se indica en Bárbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 194 - 195:

$$V_{m\acute{a}x\ act} = A_{Corte\ punzonante} * q_{dise\tilde{n}o}$$

$$A_{Corte\ punzonante} = A_{Zapata} - \left[\left(b_{Columna} + \frac{d_{Zapata}}{2} \right) * (b_{Columna} + b_{Zapata}) \right];$$

Donde:

$V_{Actuante}$ = cortante punzonante máximo actuante en la zapata analizada (kg).

$A_{Corte\ simple}$ = área en la que actúa el cortante simple de la zapata analizada (m²).

$q_{diseño}$ = presión última de diseño (kg / m²).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (m).

$$A_{Corte\ punzonante} = A_{Zapata} - \left[\left(b_{Columna} + \frac{d_{Zapata}}{2} \right) * (b_{Columna} + d_{Zapata}) \right]$$

$$A_{Corte\ punzonante} = 5,06 \text{ m}^2 - \left[\left(0,40 \text{ m} + \frac{0,41 \text{ m}}{2} \right) * (0,40 \text{ m} + 0,41 \text{ m}) \right]$$

$$A_{Corte\ punzonante} = 4,57 \text{ m}^2$$

$$V_{máx\ act} = A_{Corte\ punzonante} * q_{diseño}$$

$$V_{máx\ act} = 4,57 \text{ m}^2 * 32\ 497,69 \text{ kg / m}^2$$

$$V_{máx\ act} = 148\ 514,44 \text{ kg}$$

▪ Corte resistente:

A continuación, se procederá a calcular el corte resistente, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 22,6.5,2, tabla 22,6.5,2, modificado con base en el apéndice B, fila 22,6.5,2 (b):

$$V_{máx\ res} = \Phi * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d_{Zapata}$$

$$b_o = 2 * \left(b_{Columna} + \frac{d_{Zapata}}{2} \right) + (b_{Columna} + d_{Zapata})$$

Si, $V_{máx\ act} > V_{máx\ res}$; se debe aumentar el peralte de la zapata.

Si, $V_{máx\ act} \leq V_{máx\ res}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata;

Donde:

$V_{máx\ res}$ = cortante máximo resistente por el concreto de la zapata analizada (kg).

$V_{máx\ act}$ = cortante máximo actuante en la zapata analizada (kg).

Φ = factor de reducción de resistencia del concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 21.2.1, tabla 21.2.1.

β = relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna.

λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

b_o = perímetro interno del área donde actúa el cortante punzonante en la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$$b_o = 2 * \left(b_{Columna} + \frac{d_{Zapata}}{2} \right) + (b_{Columna} + d_{Zapata})$$

$$b_o = 2 * \left(40,00 \text{ cm} + \frac{41,23 \text{ cm}}{2} \right) + (40,00 \text{ cm} + 41,23 \text{ cm})$$

$$b_o = 202,46 \text{ cm}$$

$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = \Phi * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d_{Zapata}$$

$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = 0,75 * 0,53 * \left[1 + \frac{2}{\left(\frac{40 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} \right)} \right] * 1,00 * \sqrt{280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 202,46 \text{ cm} * 41,23 \text{ cm}$$

$$V_{m\acute{a}x \text{ res}} = 166 \ 567,39 \text{ kg}$$

Si $V_{m\acute{a}x \text{ act}} \leq V_{m\acute{a}x \text{ res}}$; el peralte propuesto es adecuado para la zapata

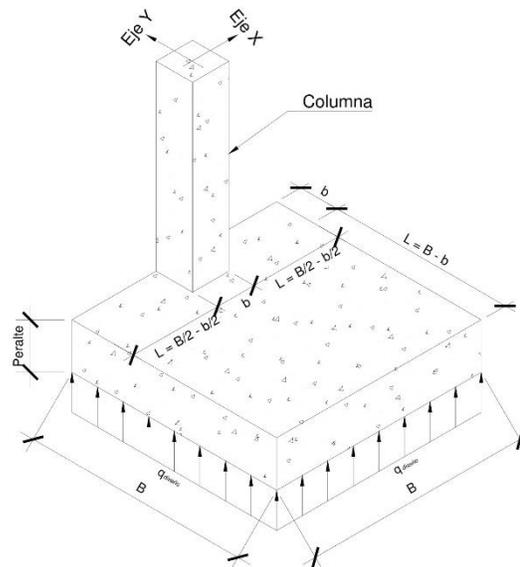
148 514,44 kg \leq 166 567,39 kg; el peralte es adecuado para la zapata.

- Diseño del refuerzo por flexión:

A continuación, se procederá a diseñar el refuerzo para resistir el momento por flexión aplicado en la zapata para ello se debe considerar una franja unitaria

de 1,00 m como se indica en Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala, p. 196 - 197:

Figura 105. **Momentos por flexión aplicados en la zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$M_{Flector \acute{U}ltimo \ Eje \ i} = \frac{q_{diseño} * L_i^2}{2}$$

$$L_x = \frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2}$$

$$L_y = B_{Zapata} - b_{Columna};$$

Donde:

$M_{Flector \acute{U}ltimo \ Eje \ i}$ = momento flector último en el eje analizado (kg * m).

$q_{diseño}$ = presión última de diseño (kg / m²).

L_i = longitud de presión última de diseño en el eje analizado (m).

L_X = longitud de presión última de diseño en el eje X (m).

L_Y = longitud de presión última de diseño en el eje Y (m).

b_{Zapata} = base de la zapata analizada (m).

$b_{Columna}$ = base de la columna analizada (m).

$$L_X = \frac{b_{Zapata}}{2} - \frac{b_{Columna}}{2}$$

$$L_X = \frac{2,25 \text{ m}}{2} - \frac{0,40 \text{ m}}{2}$$

$$L_X = 0,93 \text{ m}$$

$$L_Y = B_{Zapata} - b_{Columna}$$

$$L_Y = 2,25 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$$

$$L_Y = 1,85 \text{ m}$$

$$M_{Flector \text{ Último Eje } X} = \frac{q_{diseño} * L_X^2}{2}$$

$$M_{Flector \text{ Último Eje } X} = \frac{32\,497,69 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (0,93 \text{ m})^2}{2}$$

$$M_{Flector \text{ Último Eje } X} = 14\,053,63 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{Flector \text{ Último Eje } Y} = \frac{q_{diseño} * L_Y^2}{2}$$

$$M_{Flector \text{ Último Eje } Y} = \frac{32\,497,69 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (1,85 \text{ m})^2}{2}$$

$$M_{Flector \text{ Último Eje } Y} = 55\,611,67 \text{ kg} * \text{m}$$

- Área de acero requerida por los momentos flectores últimos:

$$A_s \text{ requerida Eje } i = \left[b_{Zapata} * d_{Zapata} - \sqrt{(b_{Zapata} * d_{Zapata})^2 - \left(\frac{M_{Eje } i * b_{Zapata}}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y};$$

Donde:

$A_{s \text{ requerida Eje } i}$ = área de acero requerida por el momento flector último en el eje analizado (cm^2).

b_{Zapata} = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$M_{u \text{ Eje } i}$ = momento en el eje analizado ($\text{kg} \cdot \text{m}$).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm^2).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm^2).

$$A_{s \text{ requerida Eje } X} = \left[b_{\text{zapata}} * d_{\text{zapata}} - \sqrt{(b_{\text{zapata}} * d_{\text{zapata}})^2 - \left(\frac{M_{u \text{ Eje } X} * b_{\text{zapata}}}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_{s \text{ requerida Eje } X} = \left[100,00 \text{ cm} * 41,23 \text{ cm} - \sqrt{(100,00 \text{ cm} * 41,23 \text{ cm})^2 - \left(\frac{55 \ 611,67 \text{ kg} \cdot \text{m} * 100,00 \text{ cm}}{0,003825 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}{4 \ 200,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$A_{s \text{ requerida Eje } X} = 38,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ requerida Eje } Y} = \left[b_{\text{zapata}} * d_{\text{zapata}} - \sqrt{(b_{\text{zapata}} * d_{\text{zapata}})^2 - \left(\frac{M_{u \text{ Eje } Y} * b_{\text{zapata}}}{0,003825 * f'_c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_{s \text{ requerida Eje } Y} = \left[100,00 \text{ cm} * 41,23 \text{ cm} - \sqrt{(100,00 \text{ cm} * 41,23 \text{ cm})^2 - \left(\frac{14 \ 053,63 \text{ kg} \cdot \text{m} * 100,00 \text{ cm}}{0,003825 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}{4 \ 200,00 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$A_{s \text{ requerida Eje } Y} = 9,20 \text{ cm}^2$$

- Área de acero mínimo:

El área de acero mínimo a flexión para una zapata se debe evaluar según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1 y sección 9.6.1.2, incisos (a) y (b), modificado con base en el apéndice B, fila 9.6.1.2 (a) y (b).

El mayor entre:

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d_{Zapata}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_w * d_{Zapata};$$

Donde:

$A_s \text{ mín}$ = área de acero mínimo a flexión de la zapata analizada (cm²).

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

d_{Zapata} = peralte efectivo de la zapata analizada (cm).

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d_{Zapata}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}}{4\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 100,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ mín} = 13,24 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_w * d_{Zapata}$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{4\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 100,00 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ mín} = 13,85 \text{ cm}^2$$

- Área de acero por temperatura:

A continuación, se calculará el área de acero por temperatura, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1 y sección 7.6.1.1:

Tabla LX. **Áreas de acero a flexión mínimas en cm²**

Tipo de refuerzo	f_y , Kg / cm ²	$A_s \text{ mín, cm}^2$	
Refuerzo corrugado	< 4 200 Kg / cm ²	0,0020 * A_g	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldada	$\geq 4 200$ Kg / cm ²	Mayor de:	$\frac{0,0018 * 4 200}{f_y} * A_g$
			0,0014 * A_g

Fuente: American Concrete Institute. *ACI-318S-14*. p. 94.

Se procede a calcular el área de acero mínimo a flexión de la zapata, se propone utilizar acero grado 60 (4 200 kg / cm²):

$$A_s \text{ mín ó temp} = \text{El mayor de } \frac{0,0018 * 4 200}{f_y} * A_g \text{ y } 0,0014 * A_g$$

$$A_g = b_w * t_{Zapata};$$

Donde:

$A_s \text{ temp}$ = área de acero por temperatura de la zapata analizada (cm²).

A_g = área bruta de la sección de concreto de la franja unitaria de la zapata analizada (cm²).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

t_{Zapata} = peralte de la zapata analizada (cm).

$$A_g = b_w * t_{Zapata}$$

$$A_g = 100,00 \text{ cm} * 50,00 \text{ cm}$$

$$A_g = 5 000,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } \frac{0,0018 * 4 \ 200}{f_y} * A_g \text{ y } 0,0014 * A_g$$

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } \frac{0,0018 * 4 \ 200}{4 \ 200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 5 \ 000,00 \text{ cm}^2 \text{ y } 0,0014 * 5 \ 000,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temp}} = \text{El mayor de } 9,00 \text{ cm}^2 \text{ y } 7,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temp}} = 9,00 \text{ cm}^2$$

Se usará un área de acero en el sentido X para la cama inferior de la zapata de $A_{s \text{ requerida Eje X}} = 38,93 \text{ cm}^2$

Se usará un área de acero en el sentido Y para la cama inferior de la zapata de $A_{s \text{ mín}} = 13,85 \text{ cm}^2$

Se usará un área de acero para la cama superior de la zapata de $A_{s \text{ temp}} = 9,00 \text{ cm}^2$

- Espaciamiento mínimo entre barras de acero corrugadas:

A continuación, se calculará la separación mínima entre barras de acero corrugadas según lo sugerido en el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1, sección 7.7.2.1, y sección 25.2.2, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 6 ($\varnothing = 3/4''$) y agregado grueso con un tamaño máximo de $3/4''$:

$$S_{\text{mín}} = 2,50 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{\text{mín}}$ = espaciamiento mínimo permitido entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada (cm)

$$S_{\text{mín}} = 2,50 \text{ cm}$$

- Espaciamiento máximo entre barras de acero corrugadas:

A continuación, se procede a calcular las condiciones de espaciamento máximo permitidas sugeridas por el ACI 318S-14, sección 13.3.3.1 y sección 7.7.2.3:

$$S_{m\acute{a}x} = \text{el menor entre } 3 * h_{Zapata} \text{ y } 45,00 \text{ cm};$$

Donde:

$S_{m\acute{a}x}$ = espaciamento máximo permitido entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada (cm).

h_{Zapata} = altura de la zapata analizada (cm).

$S_{m\acute{a}x}$ = el menor entre $3 * h_{Zapata}$ y 45,00 cm

$S_{m\acute{a}x}$ = el menor entre $3 * 50,00$ cm y 45,00 cm

$S_{m\acute{a}x}$ = el menor entre 150,00 cm y 45,00 cm

$S_{m\acute{a}x}$ = 45,00 cm

- Espaciamiento del refuerzo en la cama inferior:

Se procede a calcular el espaciamento entre las barras de acero corrugadas para la cama inferior, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 8 ($\emptyset = 1''$) en el eje X y barras de acero corrugadas número 6 ($\emptyset = 3/4''$) en el eje Y:

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } i} = \frac{As \emptyset \text{ propuesto} * bw}{As \text{ seleccionado Eje } i}$$

Donde:

$S_{As \text{ seleccionado Eje } i}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada que cumple con el área de acero seleccionado en el eje analizado (cm).

$A_{s \emptyset \text{ propuesto}}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm^2).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

$A_{s \text{ seleccionado Eje } i}$ = área de acero a flexión seleccionado de la zapata en el eje analizado (cm^2).

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } X} = \frac{A_{s \emptyset \text{ propuesto}} * b_w}{A_{s \text{ requerida Eje } X}}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } X} = \frac{5,07 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{38,93 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } X} = 13,02 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } X} = 10,00 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } Y} = \frac{A_{s \emptyset \text{ propuesto}} * b_w}{A_{s \text{ mín}}}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } Y} = \frac{2,85 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{13,85 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } Y} = 20,58 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ seleccionado Eje } Y} = 20,00 \text{ cm}$$

Se usarán varillas No. 8 ($\emptyset = 1''$) con un espaciamiento de $S_{As \text{ seleccionado Eje } X} = 10,00 \text{ cm}$, en ambos sentidos para la cama inferior de la zapata excéntrica.

- Espaciamiento del refuerzo en la cama superior:

Se procede a calcular el espaciamiento entre las barras de acero corrugadas para la cama superior, se propone utilizar barras de acero corrugadas número 5 ($\emptyset = 5/8''$):

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{A_s \text{ temp}};$$

Donde:

$S_{As \text{ temp}}$ = espaciamiento entre barras de acero corrugadas de la zapata analizada que cumple con el área de acero por temperatura (cm).

$A_s \emptyset \text{ propuesto}$ = área de acero correspondiente al número de barra corrugada propuesta (cm^2).

b_w = ancho de franja unitaria de la zapata analizada (cm).

$A_s \text{ temp}$ = área de acero por temperatura de la zapata analizada (cm^2).

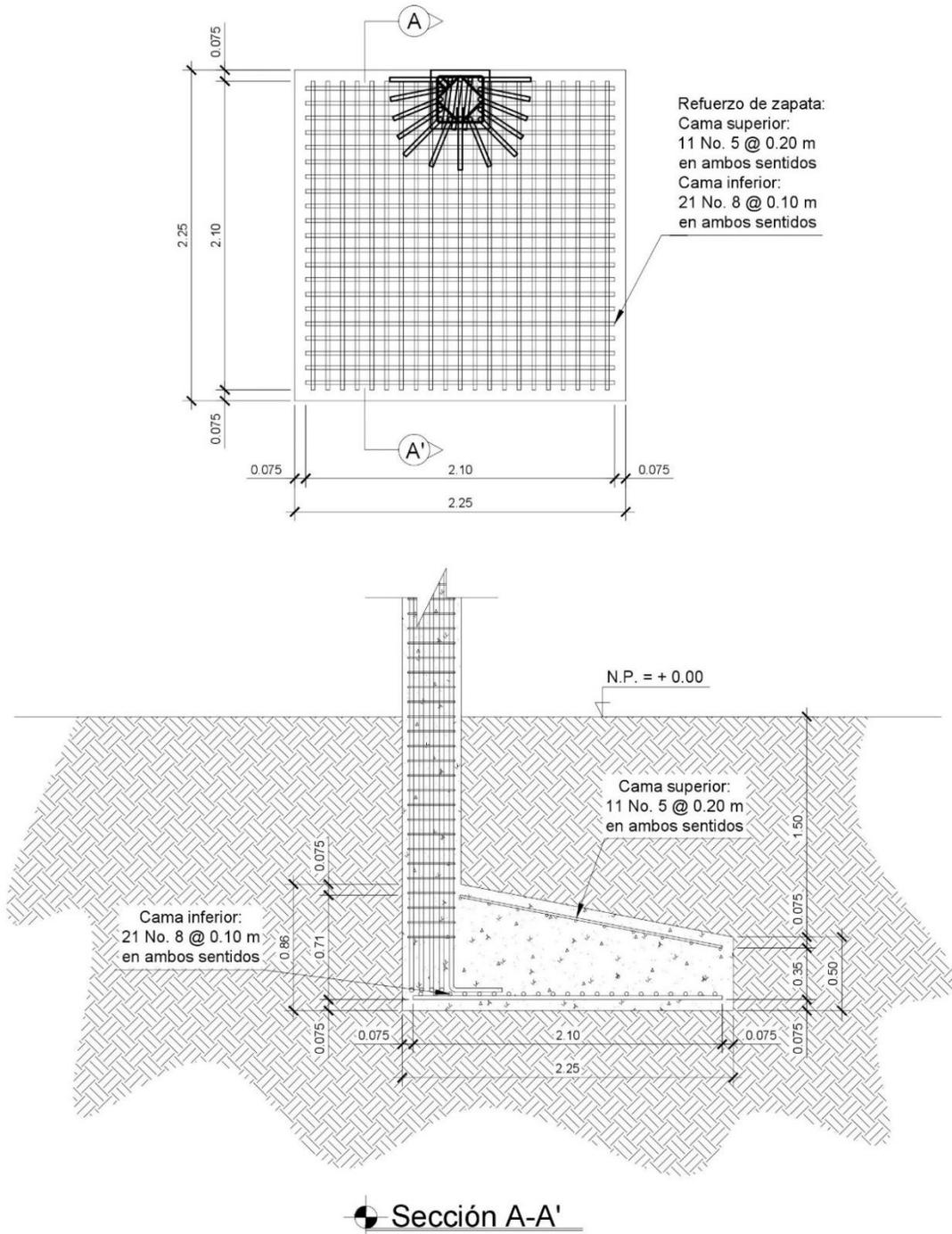
$$S_{As \text{ temp}} = \frac{A_s \emptyset \text{ propuesto} * b_w}{A_s \text{ temp}}$$

$$S_{As \text{ temp}} = \frac{1,98 \text{ cm}^2 * 100,00 \text{ cm}}{9,00 \text{ cm}^2}$$

$$S_{As \text{ temp}} = 22,00 \text{ cm}$$

$$S_{As \text{ temp}} = 20,00 \text{ cm}$$

Figura 106. **Detalle de zapata aislada excéntrica tipo Z-2**



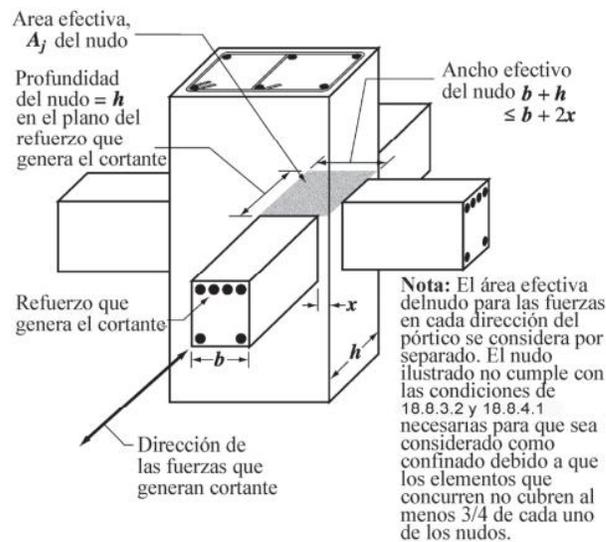
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.3.6.6. Diseño de nudo sísmico

El nudo sísmico es la porción de la columna que se encuentra limitada por las superficies superiores e inferiores de las vigas que llegan a ella.

Su objetivo es garantizar la estabilidad global de la estructura, ya que su falla conlleva a consecuencias en la funcionalidad de la misma, produciéndose un colapso progresivo. Debido a que el cortante que se produce en la columna es máximo, en esta zona el acero de la viga debe desarrollar su máximo esfuerzo para soportar los momentos flectores negativos de los apoyos, ya que durante el sismo en ellos se presenta una inversión de momentos.

Figura 107. Nudo sísmico



Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318S-14*. p. 303.

- Los nudos se pueden clasificar como:
 - Nudos de pórticos que resisten fuerzas gravitacionales.
 - Nudos de pórticos que resisten fuerzas gravitacionales y sísmicas.

- El comportamiento del nudo se rige bajo las siguientes consideraciones:
 - Los momentos flectores de las vigas y las columnas deberán ser resistidos por el acero longitudinal de vigas y columnas respectivamente.
 - El cortante vertical en la cara de la viga deberá ser resistido por esta.
 - El cortante horizontal producido por la fuerza de tensión del acero de las vigas deberá ser resistido exclusivamente por el concreto del nudo.

- Chequeo de la dimensión de la columna:

A continuación, se procederá a chequear la dimensión de la columna, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18,8.2,3:

$$b_{Col} \geq 20 * \emptyset_{Barra\ longitudinal};$$

Donde:

b_{Col} = dimensión de la columna analizada paralela al refuerzo de la viga analizada (cm).

$\emptyset_{Barra\ longitudinal}$ = diámetro de la barra longitudinal de mayor tamaño de la viga analizada (cm).

$$40,00 \text{ cm} \geq 20 * \varnothing_{\text{barra No. 6}}$$

$$40,00 \text{ cm} \geq 20 * 1,91 \text{ cm}$$

$$40,00 \text{ cm} \geq 38,20 \text{ cm}; \text{ Cumple}$$

- Chequeo de la altura del nudo:

A continuación, se procederá a chequear la altura del nudo, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18,8.2,4:

$$h_{\text{Nudo}} \geq (h_{\text{Viga}} / 2);$$

Donde:

h_{Nudo} = Altura del nudo analizado (cm).

h_{Viga} = Altura de la viga analizada (cm).

$$h_{\text{Nudo}} \geq (h_{\text{Viga}} / 2)$$

$$40,00 \text{ cm} \geq 70,00 \text{ cm} / 2$$

$$40,00 \text{ cm} \geq 35,00 \text{ cm}; \text{ Cumple}$$

- Chequeo de resistencia a cortante en el nudo:

A continuación, se procederá a chequear la resistencia a cortante en el nudo, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18,8.4,1, tabla 18,8.4,1:

$$b_{\text{Nudo}} = b_{\text{Viga}} + h_{\text{Nudo}}$$

$$A_{\text{Nudo}} = h_{\text{Nudo}} * b_{\text{Nudo}}$$

$$V_{\text{máx res}} = 1,7 * \lambda * \sqrt[2]{f'c} * A_{\text{Nudo}}, \text{ para nudos confinados por vigas en sus 4 caras}$$

$$V_{\text{máx res}} = 1,2 * \lambda * \sqrt[2]{f'c} * A_{\text{Nudo}}, \text{ para nudos confinados por vigas en sus 3 caras}$$

o 2 caras opuestas

$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,0 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * A_{Nudo}$, para nudos confinados por vigas en otros casos

$$V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res};$$

Donde:

b_{Nudo} = ancho efectivo del nudo analizado (cm).

b_{Viga} = base de la viga analizada (cm).

h_{Nudo} = altura del nudo analizado (cm).

A_{Nudo} = \u00e1rea efectiva de la secci\u00f3n transversal dentro del nudo (cm).

$V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante m\u00e1ximo resistente por el concreto del nudo analizado (kg).

λ = factor de modificaci\u00f3n basado en la composici\u00f3n del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, secci\u00f3n 19.2.4.2, tabla 19.2.4.2.

f'_c = resistencia especificada a la compresi\u00f3n del concreto (kg / cm²).

$V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante m\u00e1ximo actuante en el nudo analizado (kg).

$$b_{Nudo} = b_{Viga} + h_{Nudo}$$

$$b_{Nudo} = 35,00\text{ cm} + 40,00\text{ cm}$$

$$b_{Nudo} = 75,00\text{ cm}$$

$$A_{Nudo} = h_{Nudo} * b_{Nudo}$$

$$A_{Nudo} = 40,00\text{ cm} * 75,00\text{ cm}$$

$$A_{Nudo} = 3\ 000,00\text{ cm}^2$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,70 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c} * A_{Nudo}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,70 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00\text{ kg / cm}^2} * 3\ 000,00\text{ cm}^2$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 85\ 339,32\text{ kg}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,20 * \lambda * \sqrt[2]{f_c} * A_{Nudo}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,20 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00} \text{ kg / cm}^2 * 3\ 000,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 60\ 239,52 \text{ kg}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,00 * \lambda * \sqrt[2]{f_c} * A_{Nudo}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 1,00 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00} \text{ kg / cm}^2 * 3\ 000,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 50\ 199,60 \text{ kg}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} = 6\ 138,87 \text{ kg}$$

$$V_{m\acute{a}x\ act} \leq V_{m\acute{a}x\ res}$$

$$6\ 138,87 \text{ kg} \leq 50\ 199,60 \text{ kg} \text{ Cumple}$$

- Longitud de desarrollo del gancho estándar a 90 ° de barras en compresión:

El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara del núcleo confinado de la columna más distante y anclarse, a continuación, se procederá a calcular la longitud del gancho estándar a 90 ° de barras en tracción, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18,8.5.1:

El mayor de:

$$L_d = 8 * \emptyset_{\text{Barra Longitudinal}}, 15,00 \text{ cm y } \frac{f_y * \emptyset_{\text{Barra Longitudinal}}}{5,40 * \lambda * \sqrt[2]{f_c}}$$

Donde:

L_{dh} = longitud de desarrollo del gancho estándar a 90 ° de barras en tracción.

- \emptyset *Barra longitudinal* = diámetro de la barra longitudinal de mayor tamaño de la viga analizada (cm).
- f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (kg / cm²).
- λ = factor de modificación basado en la composición del agregado en la mezcla de concreto indicado en el ACI 318S-14, sección 19,2.4,2, tabla 19,2.4,2.
- f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (kg / cm²).

$$L_{dh} = \text{El mayor de } 8 * \emptyset_{\text{Barra No. 6}}; 15,00 \text{ cm y } \frac{f_y * \emptyset_{\text{Barra No. 6}}}{5,40 * \lambda * \sqrt[2]{f'_c}}$$

$$L_{dh} = \text{El mayor de } 8 * 1,91 \text{ cm}; 15,00 \text{ cm y } \frac{4\,200,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 1,91 \text{ cm}}{5,40 * 1,00 * \sqrt[2]{280,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}}$$

$$L_{dh} = \text{El mayor de } 15,28 \text{ cm}; 15,00 \text{ cm y } 88,78 \text{ cm}$$

$$L_{dh} = 88,78 \text{ cm}$$

$$L_{dh} = 90,00 \text{ cm}$$

- Longitud de desarrollo de barras en tracción:

A continuación, se procederá a calcular la longitud de desarrollo de barras a tracción, según lo sugerido por el ACI 318S-14, sección 18,8.5,3, inciso (b):

El mayor de:

$$L_d = 3,25 * L_{dh};$$

Donde:

L_d = longitud de desarrollo en tracción para una barra recta.

L_{dh} = longitud de desarrollo del gancho estándar a 90 ° de barras en tracción.

$$L_d = 3,25 * L_{dh}$$

$$L_d = 3,25 * 90,00 \text{ cm}$$

$$L_d = 292,50 \text{ cm}$$

$$L_d = 2,95 \text{ m}$$

2.3.7. Diseño de instalaciones hidráulicas y eléctricas

Las instalaciones en el edificio son indispensables para un óptimo funcionamiento en las actividades escolares, cada tipo de instalación es suministrada por una red pública y se distribuye mediante una red interna a los puntos donde se desea disponer de las mismas. Las instalaciones deben ser capaces de suplir los requerimientos al que son expuestas, es por ello que en el diseño de estas debe considerarse la cantidad de personas que harán uso de los servicios.

2.3.7.1. Instalación de agua potable

Para el diseño de la instalación de agua potable se procederá a hacer uso del método de Hunter modificado, el cual consiste en la determinación de los caudales probables en sistemas hidráulicos y sanitarios; en este caso el edificio tendrá un uso público por lo que cuenta con una cantidad considerable de artefactos que pueden ser utilizados por las personas simultáneamente, para ello Hunter hizo un análisis de tipo probabilístico para determinar las unidades de consumo según el tipo de artefacto la cual se muestra a continuación:

Tabla LXI. **Tabla de Hunter**

Cantidad	Artefacto	Unidades Hunter (uso público)	Total de unidades Hunter
44	Inodoro con tanque	5	220
25	Mingitorio con llave	3	75
55	Lavamanos	2	110
14	Ducha	3	42
2	Pila	5	10
1	Lavatrastos	4	4
Total			461
Caudal (l / s)			7,37

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.
p 48 y 50.

Se puede observar que el gasto probable es de 7,37 l / s que equivalen a 0,00737 m³ / s. La Dirección Municipal de Aguas de la Municipalidad de Chinautla indica que el valor de la velocidad promedio de la red de distribución municipal en el sector es de 2,50 m / s, por lo que se procederá a calcular el diámetro de la tubería de distribución principal, se propone utilizar tubería de 2 ½" (A = 4,91 pulg²):

$$A = Q / V;$$

Donde:

A = área de la sección de la tubería a usar (m²).

Q = caudal de diseño (m³ / s).

V = velocidad del flujo de agua (m / s).

$$A = Q / V$$

$$A = \frac{0,00737 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A = 0,002948 \text{ m}^2$$

$$A = 4,57 \text{ pulg}^2$$

Se utilizará tubería de 2 ½" en la línea de distribución principal, tubería de 1 ½", 1" y ¾" en circuitos cerrados y tubería de ½" en conexiones.

2.3.7.2. Instalación de drenaje sanitario

El drenaje sanitario debe ser capaz de recolectar y evacuar las aguas residuales que se producen en el edificio, esto se hace por medio de un conjunto de tuberías y estructuras que deben seguir las siguientes consideraciones:

Las cajas de registro se deben colocar en la unión de dos o más colectores, en cambios de dirección y a cada 15 metros como máximo en tramos rectos.

Las tuberías enterradas deberán tener una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %.

Empleando como referencia la tabla LXI se establece un número de unidades de descarga (UD) y un diámetro de tubería por cada aparato sanitario, según la clase de la instalación, para este proyecto se considera una instalación de tercera clase, debido a que esta se refiere a instalaciones públicas, es decir, donde los artefactos son utilizados por una cantidad considerable de personas.

Tabla LXII. **Unidades de descarga de artefactos.**

Cantidad	Artefacto	Unidades de descarga (uso público)	Total de unidades de descarga
44	Inodoro con tanque	6	264
25	Mingitorio con llave	2	50
55	Lavamanos	2	110
14	Ducha	3	42
2	Pila	5	10
1	Lavatrastos	5	5
Total			481
Diámetro de tubería (pulgadas)			8,00

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.*
p. 71 y 72.

Se utilizará tubería de 6" y 8" en el colector principal, tubería de 3" y 4" en inodoros y pilas y lavatrastos y tubería de 2" y 3" en mingitorios, duchas, lavamanos.

2.3.7.3. Instalación de drenaje pluvial

Para evacuar las aguas pluviales se debe conocer la intensidad de lluvia, la cual tendrá un período de retorno de 20 años y un tiempo de concentración de 5 minutos, siendo una intensidad de lluvia de 163,00 mm / hr.

A continuación, se muestra una tabla proporcionada por el FHA de áreas de evacuación de agua pluvial según el tamaño del diámetro de la tubería para una intensidad de 200 mm / hr.

Tabla LXIII. **Área máxima a drenar con una bajada pluvial**

Diámetro (pulgadas)	Área máxima (m²)
2	30
2 ½	60
3	100
4	210
6	625

Fuente: Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas. *Normas de planificación y construcción*.
p. 84.

Con base en lo anterior, se procederá a calcular el número de bajadas pluviales necesarias para el edificio, se propone utilizar tubería de 3”:

$$\# \text{ Bajadas pluviales} = A_{\text{Total}} / A_{\text{De evacuación de } \varnothing 3};$$

Donde:

Bajadas pluviales = cantidad de bajadas pluviales (Unidades).

A_{Total} = área total del edificio (m²).

$A_{\text{De evacuación de } \varnothing 4}$ = área máxima a drenar con tubo PVC de Ø 3” (m²).

$$\# \text{ Bajadas pluviales} = A_{\text{Total}} / A_{\text{De evacuación de } \varnothing 3}''$$

$$\# \text{ Bajadas pluviales} = \frac{1\ 452,36 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2}$$

Bajadas pluviales = 15 unidades

Se instalarán 15 bajadas de agua pluvial como mínimo con tubería PVC de Ø 3" y una pendiente del 1,50 %.

2.3.7.4. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica estará constituida por 1 tablero de distribución principal, 6 tableros de distribución secundarios, 19 circuitos de iluminación y 26 circuitos de fuerza; la iluminación tendrá como máximo 18 unidades por circuito y la fuerza 10 unidades por circuito.

Los circuitos de iluminación incluyen 239 lámparas de 100 watts y los circuitos de fuerza incluyen 213 tomacorrientes de 180 watts.

Para determinar el calibre de los conductores para la iluminación y para la fuerza se debe conocer la corriente de los circuitos, a continuación, se muestra el cálculo de la corriente para los circuitos con mayor número de unidades:

- Iluminación: circuito G (17 lámparas de 100 watts)

$$I = \frac{U * W}{V};$$

Donde:

I = corriente eléctrica (A).

U = unidades por circuito (U).

W = potencia eléctrica (W).

V = tensión eléctrica (V).

$$I = \frac{U * W}{V}$$

$$I = \frac{17 \text{ Lámparas} * 100 \text{ Watts}}{120 \text{ Voltios}}$$

$$I = 14,17 \text{ A.}$$

- Fuerza: circuito C (10 tomacorrientes de 180 watts)

$$I = \frac{U * W}{V}$$

$$I = \frac{10 \text{ Tomacorriente} * 180 \text{ Watts}}{120 \text{ Voltios}}$$

$$I = 15,00 \text{ A.}$$

Se colocarán conductores de cobre calibre 12, que tienen la capacidad de resistir 20 amperios y se utilizarán flipones de 20 amperios tanto para los circuitos de iluminación como para los circuitos de fuerza.

2.3.8. Planos constructivos

Concluida la fase arquitectónica, de análisis y diseño estructural, se procede a interpretar de forma gráfica los detalles de cada elemento estructural que formará parte del edificio escolar, colocando especificaciones de diseño y de los materiales que serán utilizados. Entre los planos establecidos para la ejecución del proyecto se tienen:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Planta de electricidad
- Planta de drenajes
- Planta de instalaciones hidráulicas

- Planta de cimientos y distribución de columnas
- Planta de losas y vigas
- Detalles generales

Estos planos se encontrarán en los apéndices.

2.3.9. Presupuesto

La integración del presupuesto se realizó tomando en cuenta los materiales de construcción con IVA, mano de obra calificada y no calificada, herramienta, equipo y maquinaria.

Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de Chinautla y los salarios de mano de obra se consideraron según los que la municipalidad asigna para casos similares.

2.3.9.1. Materiales

Los materiales de construcción son los componentes de los elementos constructivos y arquitectónicos de una edificación, son materias primas empleadas en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil.

2.3.9.2. Mano de obra

La mano de obra está constituida por el personal de campo (maestro de obra, encargado, albañiles, ayudantes), quienes tienen como función construir la edificación empleando para ello los materiales, herramienta, equipo y maquinaria de construcción necesarios.

2.3.9.3. Herramienta, equipo y maquinaria

La herramienta, equipo y maquinaria son elementos necesarios para la realización de trabajo pesado en un tiempo corto, entre las herramientas están el nivel, el metro, el martillo, entre otros, entre el equipo está la cortadora de acero, vibradores, mezcladoras de concreto, entre otros, y entre la maquinaria está el rodo, la motoniveladora, el tractor, entre otros.

2.3.9.4. Otros

Como otros se pueden tomar en cuenta el transporte de equipo y maquinaria, fletes, combustible y todo lo que no pueda formar parte de los materiales, mano de obra y herramienta, equipo y maquinaria.

Tabla LXIV. Presupuesto del edificio para escuela primaria

Presupuesto de edificio para escuela primaria en la colonia San Martín, Chinautla, Guatemala						
No. Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total	
1.00	Trabajos preliminares					
1.01	Construcción de bodega y guardianía	Global	1,00	Q 27 465,34	Q	27 465,34
1.02	Limpia y chapeo	m2	1 451,16	Q 7,59	Q	11 014,30
1.03	Trazo y nivelación	ml	258,43	Q 35,76	Q	9 241,46
2.00	Cimentación					
2.01	Levantado de 2 hiladas de block pómez de 0,14 m * 0,19 m * 0,39 m de 25 kg / cm2 con pines No. 3 @ 0,60 m	m2	185,86	265,43	Q	49 333,88
2.02	Cimiento corrido tipo CC-1 de 0,25 m * 0,40 m, (ver detalle en planos)	ml	222,29	245,67	Q	54 609,98
2.03	Cimiento corrido tipo CC-2, de 0,25 m * 0,40 m, (ver detalle en planos)	ml	306,56	245,67	Q	75 312,60
2.04	Solera hidrófuga de 0,15 m * 0,20 m, (ver detalle en planos)	ml	528,85	75,54	Q	39 949,33
2.05	Zapata tipo Z-1, (ver detalle en planos)	Unidad	78,00	Q 6 574,56	Q	512 815,68
2.06	Zapata tipo Z-2, (ver detalle en planos)	Unidad	14,00	Q 8 154,34	Q	114 160,76
2.07	Zapata tipo Z-3, (ver detalle en planos)	Unidad	2,00	Q 8 567,34	Q	17 134,68
2.08	Excavación estructural	m3	158,66	Q 86,42	Q	13 710,97
2.09	Relleno estructural	m3	68,75	Q 62,93	Q	4 326,47
3.00	Columnas					

Continuación de la tabla LXIV.

3.01	Columna tipo C-1 de 0,40 m * 0,40 m, (ver detalle en planos)	ml	833,30	Q	984,67	Q	820 525,51
3.02	Columna tipo C-2, de 0,14 m * 0,39 m, (ver detalle en planos)	ml	485,50	Q	131,04	Q	63 619,92
3.03	Columna tipo C-3, de 0,14 m * 0,19 m, (ver detalle en planos)	ml	245,80	Q	68,97	Q	16 952,83
3.04	Columna tipo C-4, de 0,14 m * 0,59 m, (ver detalle en planos)	ml	304,60	Q	207,78	Q	63 289,79
3.05	Columna tipo C-5, (ver detalle en planos)	ml	84,10	Q	264,54	Q	22 247,81
3.06	Columna tipo C-6, (ver detalle en planos)	ml	47,00	Q	508,91	Q	23 918,77
3.07	Columna tipo C-7, (ver detalle en planos)	ml	17,20	Q	323,65	Q	5 566,78
3.08	Columna tipo C-8, (ver detalle en planos)	ml	4,70	Q	366,34	Q	1 721,80
3.09	Columna tipo C-9, (ver detalle en planos)	ml	4,70	Q	292,27	Q	1 373,67
3.10	Columna tipo C-10, (ver detalle en planos)	ml	4,70	Q	381,32	Q	1 792,20
3.11	Columna tipo C-11, de 0,14 m * 0,99 m, (ver detalle en planos)	ml	21,90	Q	334,82	Q	7 332,56
4.00	Muros						
4.01	Muro de block pómez de 0,14 m * 0,19 m * 0,39 m de 25 kg / cm2 con pines No. 3 @ 0,60 m	m2	2 794,91	Q	221,56	Q	619 240,04
4.02	Muro de block pómez de 0,09 m * 0,19 m * 0,39 m de 25 kg / cm2 con pines No. 3 @ 0,60 m	m2	291,88	Q	215,34	Q	62 853,44
4.03	Solera intermedia de block U de 0,14 m * 0,19 m de 25 kg / cm2, (ver detalle en planos)	ml	1 057,70	Q	52,43	Q	55 455,21
4.04	Solera intermedia de 0,15 m * 0,20 m, (ver detalle en planos)	ml	528,85	Q	83,45	Q	44 132,53
5.00	Losas						
5.01	Losa tradicional, (ver detalle en planos)	m2	2 843,16	Q	372,23	Q	1 058 309,45
6.00	Vigas						
6.01	Viga transversal V1-T, (ver detalle en planos)	ml	405,27	Q	1,467,34	Q	594 668,88
6.02	Viga longitudinal V2-L, (ver detalle en planos)	ml	339,74	Q	1,365,76	Q	464 003,30
6.03	Viga transversal V3-T, (ver detalle en planos)	ml	256,72	Q	1,356,87	Q	348 335,67
6.04	Viga longitudinal V4-L, (ver detalle en planos)	ml	326,04	Q	1,247,93	Q	406 875,10
6.05	Viga secundaria V5-S, (ver detalle en planos)	ml	315,52	Q	684,28	Q	215 904,03
7.00	Instalaciones						
7.01	Instalaciones hidráulicas						
7.01.01	Instalación de agua potable	Global	1,00	Q	161 465,23	Q	161 465,23
7.01.02	Instalación de drenaje sanitario	Global	1,00	Q	187 345,28	Q	187 345,28
7.01.03	Instalación de drenaje pluvial	Global	1,00	Q	124 465,87	Q	124 465,87
7.02	Instalaciones eléctricas						
7.02.01	Instalación de iluminación	Global	1,00	Q	193 463,45	Q	193 463,45
7.02.02	Instalación de fuerza	Global	1,00	Q	153 638,86	Q	153 638,86

Continuación de la tabla LXIV.

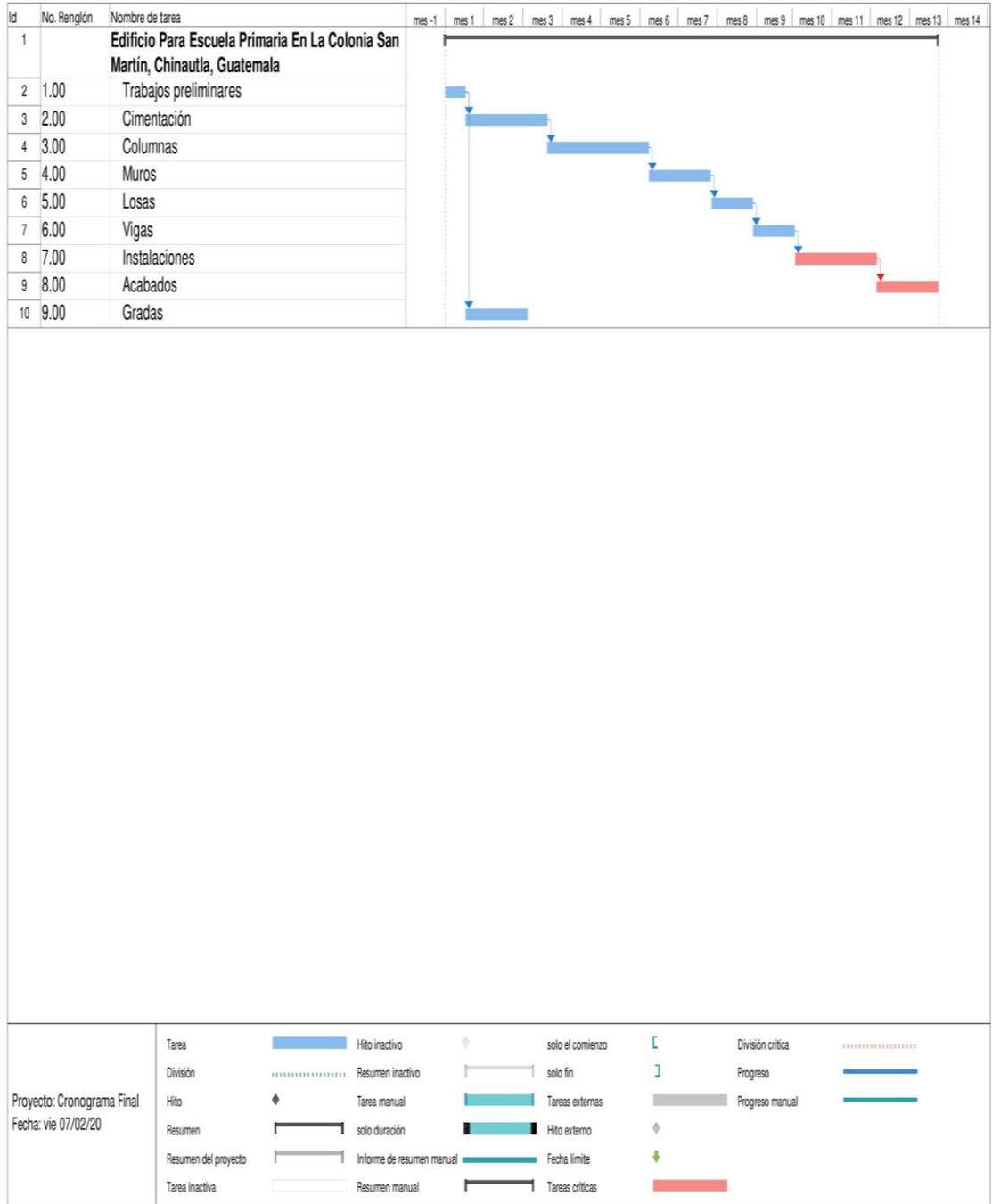
8.00	Acabados					
8.01	Suministro e instalación de puertas					
8.01.01	Puerta tipo P-1 de 1,20 m * 2,20 m de metal	Unidad	24,00	Q	3 542,63	Q 85 023,12
8.01.02	Puerta tipo P-2 de 2,40 m * 2,20 m de metal	Unidad	5,00	Q	7,082,34	Q 35 411,70
8.01.03	Puerta tipo P-3 de 0,90 m * 2,20 m de metal	Unidad	12,00	Q	3 105,87	Q 37 270,44
8.01.04	Puerta tipo P-4 de 0,60 m * 1,60 m de metal	Unidad	56,00	Q	2 050,56	Q 114 831,36
8.01.05	Puerta tipo P-5 de 1,20 m * 2,20 m de metal	Unidad	2,00	Q	3 487,29	Q 6 974,58
8.01.06	Puerta tipo P-6 de 1,00 m * 2,20 m de metal	Unidad	2,00	Q	3 005,74	Q 6 011,48
8.01.07	Puerta tipo P-7 de 1,00 m * 2,20 m de aluminio + vidrio	Unidad	4,00	Q	4 082,53	Q 16 330,12
8.02	Suministro e instalación de ventanas					
8.02.01	Ventanas de metal	m2	167,97	Q	863,81	Q 145 094,17
8.02.02	Ventanas de metal tipo sifón	m2	14,98	Q	1 452,34	Q 21 756,05
8.03	Suministro e instalación de pisos, azulejos, acabados en muros y cielos					
8.03.01	Suministro e instalación de piso de Porcelanato tipo Montpellier Mármol de 0,40 m * 0,60 m	m2	2 387,28	Q	135,23	Q 322 831,87
8.03.02	Suministro e instalación de piso serie Scabas color crema de 0,40 m * 0,40 m	m2	331,14	Q	122,76	Q 40 650,75
8.03.03	Suministro e instalación de piso cerámico para cocinas esmaltado Kronos de 0,30 m * 0,30 m	m2	32,13	Q	132,65	Q 4,262,04
8.03.04	Suministro e instalación de azulejo serie Scabas color crema de 0,25 m * 0,40 m	m2	40,97	Q	128,34	Q 5,258,09
8.03.05	Repello + cernido + pintura (en muros)	m2	5 203,11	Q	94,23	Q 490 288,87
8.03.06	Repello + cernido + blanqueado (en cielo)	m2	2 928,45	Q	67,38	Q 197 319,28
8.03.07	Repello + cernido (en muros)	m2	970,47	Q	52,03	Q 50 493,55
8.03.08	Barras de acero inoxidable de Ø 2", (ver detalle en planos)	Global	1,00	Q	1 285,29	Q 1 285,29
8.03.09	Baranda de metal, (ver detalle en planos)	Global	1,00	Q	18 284,65	Q 18 284,65
9.00	Gradas					
9.01	Módulo de gradas	Global	1,00	Q	38 534,25	Q 38 534,25
					Total	Q 8 285 485,08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.1.5 Cronograma

En la figura 108 se describe el diagrama de ejecución de la escuela de la colonia San Martín.

Figura 108. Cronograma de edificio para escuela primaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2019.

2.3.10. Análisis socioeconómico

Tiene como objetivo identificar y valorar tanto los costos como los beneficios de un proyecto o programa para compararlos y decidir la conveniencia de su ejecución, esto se logra mediante indicadores de costo-beneficio: valor presente neto y tasa interna de retorno.

2.3.10.1. Valor presente neto (VPN)

Es un instrumento de evaluación financiera de proyectos, se define como la sumatoria de los flujos netos de caja anuales actualizados menos la inversión inicial, con este indicador se conoce el valor del dinero actual que va a recibir el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado, a fin de comprar este valor con la inversión inicial. Regularmente, los proyectos de inversión municipal no son rentables, debido a que el objetivo de estas obras es beneficiar a la comunidad. Por lo tanto, la inversión para el proyecto de un edificio escolar no es rentable ya que el valor presente neto da como resultado un valor menor a cero.

2.3.10.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa que iguala la suma de los ingresos actualizados con la suma de los egresos actualizados. La tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace que el valor presente neto del proyecto sea igual a cero, esta tasa es un criterio de rentabilidad y no de ingreso monetario neto como el VPN. La tasa interna de retorno ayuda a medir en términos relativos la rentabilidad de una inversión.

2.3.11. Estudio de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental tiene como función el análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas y de la naturaleza, permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos no deseados. De acuerdo a la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, Decreto No. 68-86, artículo No. 4, el Estado de Guatemala velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Con el Acuerdo Ministerial Núm. 199-2016, se creó el Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, que contiene el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, mediante el cual es posible la clasificación de un proyecto de acuerdo a su finalidad.

Tomando en consideración lo anterior, un edificio escolar es un proyecto de categoría C - de bajo impacto ambiental potencial, según la sección F, numeral 640, el cual abarcando el diseño, construcción y ampliación de centros educativos (escuelas o institutos).

Por lo tanto, una evaluación ambiental inicial (EAI) se considera acorde al estudio de impacto ambiental para dicho proyecto. Cabe mencionar que, al realizar esta evaluación, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) determinará la necesidad de presentar otro instrumento ambiental o emitirá la resolución que corresponda al caso concreto.

En la evaluación ambiental inicial se incluyen los siguientes aspectos:

- Suelo: erosión, deposición, sedimentación, contaminación por residuos, alteración de la cubierta vegetal, empobrecimiento del suelo, áreas de inundación.
- Aguas: superficiales y subterráneas.
- Aire: contaminación, efectos de la contaminación sobre la vegetación, patrimonio histórico, artístico y los diferentes materiales; alteración del microclima.
- Contaminación térmica.
- Ruido.
- Olores molestos o pestilencias.
- Radiaciones ionizantes.
- Visual.
- Social.
- Productos químicos tóxicos.
- Protección de la naturaleza: áreas protegidas (parques, reservas, áreas de interés especial, otras); fauna y flora especies en peligro de extinción o escasa; incendios forestales; repoblaciones forestales, otros aspectos de la conservación de la naturaleza.

2.4. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, sector a, aldea La Laguneta, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala

En los siguientes incisos se describe el diseño del sistema de alcantarillado de la aldea La Laguneta.

2.4.1. Descripción del proyecto

Consiste en diseñar un sistema de alcantarillado para la población del sector A, aldea La Laguneta, con una población futura de 6 020 habitantes a un período de diseño de 30 años, el diseño del alcantarillado sanitario es de 990,86 metros líneas y está basado en las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM 2001, edición 2009, está constituido por la red principal, subramales, tuberías auxiliares para conexiones domiciliares, 23 pozos de visita y una propuesta de tratamiento de aguas residuales, la tubería utilizada es de PVC y el diámetro utilizado en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es de 6" de diámetro en el 91,67 % de su longitud total y de 8" de diámetro equivalente al 8,33 % en la longitud restante, la cual cumple con la norma ASTM F 949.

2.4.2. Levantamiento topográfico

Es el estudio en planimetría y altimetría en el cual se representa la superficie terrestre en un plano horizontal, con la utilización de aparatos y métodos adecuados, con el fin de obtener las rutas adecuadas de desfogue del sistema de alcantarillado sanitario, ubicación de pozos de visita y ubicación de la planta de tratamiento, en este caso la municipalidad de Chinautla proporcionó las curvas de nivel del terreno que fueron elaboradas por medio de un levantamiento topográfico por la misma con anterioridad.

2.4.3. Tipo de sistema a utilizar

Se utilizará un sistema de alcantarillado sanitario debido a que transportará únicamente aguas residuales.

2.4.4. Período de diseño

El período de diseño del sistema de alcantarillado sanitario con base en el INFOM tiene una proyección de 30 años para llenar adecuadamente su función durante su uso, el cual incluye el tiempo de gestiones administrativas y financieras por parte de la municipalidad.

2.4.5. Velocidad de diseño

Las velocidades de diseño según las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM son las siguientes:

- Velocidad máxima del caudal de diseño = 2,50 m/s
- Velocidad mínima del caudal de diseño = 0,60 m/s

2.4.6. Estimación de la población de diseño

Para estimar la población futura proyectada a 30 años se utilizó el método geométrico, el cual concuerda con la realidad, la tasa de crecimiento es del 5,22 % anual, datos obtenidos por el INE.

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

Donde:

P_f = población futura. r = tasa de crecimiento = 5,22 %.

P_o = población inicial = 1 308 hab. n = período de diseño = 30 años.

$P_f = (218 * 6) * (1 + 0,0522)^{30} = 6\ 020$ habitantes

2.4.7. Determinación del caudal de aguas servidas

El caudal de diseño según las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_{\text{Domiciliar}} + Q_{\text{Infiltración}} + Q_{\text{Ilegal}} + Q_{\text{Comercial}} + Q_{\text{Industrial}}$$

Donde:

q = caudal de diseño (l / s).

$q_{\text{domiciliar}}$ = caudal máximo de origen doméstico (l / s).

$q_{\text{infiltración}}$ = caudal de infiltración (l / s).

q_{ilegal} = caudal ilegal (l / s).

$q_{\text{comercial}}$ = caudal de origen comercial (l / s).

$q_{\text{industrial}}$ = caudal de origen industrial (l / s).

2.4.7.1. Caudal máximo de origen doméstico ($q_{\text{domiciliar}}$)

El cálculo del caudal máximo de origen doméstico con base en el INFOM depende del número de conexiones domiciliarias futuras (n), se usará la relación de 6 habitantes por conexión para determinar el número de conexiones cuando solo se tenga la población, la selección de la ecuación a utilizar depende de los siguientes criterios:

- Para tramos que tengan una contribución de menos de 100 conexiones futuras, se determinará según la ecuación:

$$q = 0,45 * (n - 1)^{0,5}$$

- Para tramos que tengan contribución de 100 a 1,000 conexiones futuras, se determinará según la ecuación:
- $q = 0,75 * n * 6 * 200 / 86,400 * [(18 + (n * 0,006)^{0,5}) / (4 + (n * 0,006)^{0,5})]$
- Para tramos que tengan contribución de más de 1,000 conexiones se usará el caudal de hora máxima:

$$q = n * 6 * 200 * 2,5 / 86,400;$$

Donde:

q = caudal máximo de origen doméstico (l / s).

n = número de conexiones domiciliarias (viviendas de 6 hab).

2.4.7.2. Caudal de infiltración (q infiltración)

Para el cálculo del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería, con base en el INFOM se calcula según los siguientes criterios:

- Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático:
 - Tuberías de cemento q infiltración = 0,25 * diámetro en pulgadas
 - Tuberías de PVC q infiltración = 0,01 * diámetro en pulgadas

- Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático:
 - Tuberías de cemento q infiltración = $0,15 * \text{diámetro en pulgadas}$
 - Tuberías de PVC q infiltración = $0,02 * \text{diámetro en pulgadas}$

2.4.7.3. Caudal ilegal (q ilegal)

Con base en INFOM el caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos por error, por este concepto el caudal ilegal tendrá un valor del 10 por ciento del caudal máximo de origen doméstico.

2.4.7.4. Caudal comercial (q comercial)

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, entre otros. debido a que en el lugar no hay ninguno de este tipo no se considerará.

2.4.7.5. Caudal industrial (q industrial)

Es el agua que ha sido utilizada por los diferentes tipos de industrias tales como azucareras, maquilas, farmacéuticas, embotelladoras, entre otros. debido a que en el lugar no hay ninguno de este tipo no se considerará.

2.4.8. Tipo de tubería a utilizar

La tubería a utilizar es de PVC, según el INFOM el diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto o de 6" para tubos de PVC, en las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC, usando en este caso un reductor de 4" * 3" como

protección de obstrucciones a la entrada de la conexión en la candela domiciliar, la cual será de un diámetro mínimo de 12”.

Los diámetros se usaron con base en las especificaciones de la tubería NOVAFORT de AMANCO la cual cumple con la norma ASTM F 949 de 4” a 18” y con la norma AASHTO M-304 para diámetros de 24” a 42” a continuación de muestra la tabla:

Tabla LXV. Diámetros de tubería

Diámetro nominal (Dn)		Diámetro interior mínimo (Di)		Diámetro exterior promedio (De)	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
100,33	4	100,45	3,95	109,22	4,30
150	6	150,10	5,91	163,07	6,42
200,18	8	200,70	7,88	218,11	8,60
250,09	10	250,75	9,85	273,96	10,79
297,56	12	298,00	11,72	325	12,80
375	15	364,20	14,34	397,71	15,66
445,82	18	447,20	17,55	486,46	19,15
596,11	24	594,66	23,47	649,73	25,58

Fuente: NOVAFORT. *Manual técnico tubosistemas de alcantarillado*. p. 7.

La zanja debe ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral.

Debe tomarse en cuenta que una zanja angosta hace difícil el ensamble y la correcta instalación de la tubería, además la poca amplitud limita la adecuada compactación del material alrededor de la tubería. Se presentan los anchos mínimos de zanja recomendados para suelos estables.

Según las especificaciones de la tubería NOFAVORT de AMANCO estos son los anchos de zanja recomendados:

Tabla LXVI. **Anchos de zanja recomendados**

Diámetro nominal		Ancho de zanja	
mm	pulg	Metros	pulg
100	4	0,50	20
150	6	0,55	22
200	8	0,62	24
250	10	0,67	26
300	12	0,75	28
375	15	0,80	32
450	18	0,90	36
600	24	1,10	44
675	27	1,16	46
750	30	1,25	48
825	33	1,35	50
900	36	1,45	54
1000	42	1,55	60
1200	48	1,80	66
1350	54	2,00	72
1500	60	2,20	78

Fuente: NOVAFORT. *Manual técnico tubosistemas de alcantarillado*, p. 7.

2.4.9. Diseño de secciones y pendiente

Según el INFOM, se usará en el diseño, secciones circulares funcionando como canales a sección parcialmente llena. El máximo que se permite lleno para diseño es un 74 % del diámetro del tubo.

2.4.9.1. Velocidad

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente con base en el INFOM se hará aplicando la fórmula de Manning en sistema métrico para secciones circulares así:

$$V = (0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}) / \eta;$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección llena (m / s).

D = diámetro de la sección circular (pulgadas).

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m / m).

η = coeficiente de rugosidad de Manning.

= 0,014 para tubos de concreto.

= 0,010 para tubos de PVC, se utilizó este valor para este diseño.

2.4.9.2. Caudal a sección llena

Para calcular el caudal de la tubería a sección llena se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$A = 5,067 * 10^{-4} * D^2$$

Donde:

A = área de tubería (m²).

D = diámetro de tubería (pulgadas).

$$Q = V * A;$$

Donde:

Q = caudal a sección llena (m³ / s).

V = velocidad del flujo a sección llena (m / s).

A = área de tubería (m²).

2.4.9.3. Relaciones hidráulicas

Las relaciones hidráulicas son parámetros ya establecidos por tablas, los cuales relacionan q/Q, d/D y v/V.

2.4.9.3.1. Relación q / Q

Es la relación que determina el porcentaje del caudal de diseño que pasa con respecto al caudal a sección llena.

$$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}};$$

Donde:

q_{diseño} = caudal de diseño (l / s).

Q_{sección llena} = caudal a sección llena (l / s).

2.4.9.3.2. Relación v / V

El valor de esta relación se obtiene de las tablas de relaciones de sección parcial según el valor q / Q .

Indica la relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena, para encontrar la velocidad a sección parcial se usa la siguiente ecuación:

$$v_{\text{diseño}} = v / V * V;$$

Donde:

$v_{\text{diseño}}$ = velocidad de diseño (m / s).

v / V = relación de velocidades a sección parcial y a sección llena.

V = velocidad del flujo a sección llena (m / s).

2.4.9.3.3. Relación d / D

El valor de esta relación se obtiene de las tablas de relaciones de sección parcial según el valor q / Q .

Indica la relación o el porcentaje entre la altura del caudal de diseño de la tubería y el diámetro interno de la tubería, el porcentaje debe ser menor al 74 % del diámetro interno de la tubería.

$$d / D < 74 \%;$$

Donde:

d / D = relación de alturas o tirantes a sección parcial y a sección llena.

74 % = porcentaje de altura o tirante de diseño máximo permitido.

2.4.9.4. Tabla de relaciones de sección parcial

Con las tablas de relaciones de sección parcial se calcularán las condiciones hidráulicas de los tubos parcialmente llenos, se adjuntan a continuación:

Tabla LXVII. Tabla de relaciones de sección parcial

q/Q	v/V	a/A	d/D	q/Q	v/V	a/A	d/D
0,000001	0,019224	0,000054	0,001	0,299184	0,873482	0,342519	0,375
0,000034	0,056141	0,000606	0,005	0,306626	0,879362	0,348691	0,38
0,000151	0,088980	0,001697	0,01	0,314128	0,885171	0,354878	0,385
0,000361	0,116413	0,003101	0,015	0,321691	0,890908	0,361082	0,39
0,000672	0,140803	0,004773	0,02	0,329311	0,896574	0,367299	0,395
0,001086	0,163129	0,006657	0,025	0,336988	0,902170	0,373530	0,4
0,001608	0,183921	0,008743	0,03	0,344720	0,907697	0,379774	0,405
0,002238	0,203503	0,010997	0,035	0,352505	0,913154	0,386030	0,41
0,002980	0,222095	0,013418	0,04	0,360342	0,918542	0,392298	0,415
0,003834	0,239853	0,015985	0,045	0,368230	0,923862	0,398577	0,42
0,004802	0,256893	0,018693	0,05	0,376167	0,929114	0,404866	0,425
0,005885	0,273304	0,021533	0,055	0,384151	0,934299	0,411165	0,43
0,007083	0,289158	0,024495	0,06	0,392181	0,939416	0,417473	0,435
0,008398	0,304512	0,027579	0,065	0,400255	0,944467	0,423789	0,44
0,009829	0,319412	0,030772	0,07	0,408372	0,949452	0,430113	0,445
0,011377	0,333900	0,034073	0,075	0,416530	0,954371	0,436445	0,45
0,013043	0,348007	0,037479	0,08	0,424720	0,959224	0,442775	0,455
0,014825	0,361764	0,040980	0,085	0,432969	0,964012	0,449132	0,46
0,016726	0,375193	0,044580	0,09	0,441233	0,968735	0,455473	0,465
0,018746	0,388318	0,048275	0,095	0,449538	0,973393	0,461826	0,47
0,021310	0,413727	0,055906	0,105	0,457876	0,977987	0,468182	0,475
0,025498	0,426042	0,059849	0,11	0,466246	0,982517	0,474542	0,48
0,027984	0,438117	0,063873	0,115	0,474644	0,986983	0,480904	0,485
0,030585	0,449964	0,067972	0,12	0,483071	0,991385	0,487269	0,49
0,033302	0,461593	0,072146	0,125	0,491523	0,995724	0,493634	0,495
0,036135	0,473014	0,076393	0,13	0,500000	1,000000	0,500000	0,5
0,039083	0,484236	0,080711	0,135	0,508499	1,004213	0,506366	0,505
0,042145	0,495268	0,085095	0,14	0,517019	1,008362	0,512732	0,51
0,045320	0,506117	0,089545	0,145	0,525558	1,012449	0,519096	0,515
0,048609	0,516790	0,094059	0,15	0,534114	1,016474	0,525458	0,52
0,052011	0,527293	0,098638	0,155	0,542686	1,020436	0,531818	0,525
0,055524	0,537633	0,103275	0,16	0,551271	1,024336	0,538174	0,53
0,059149	0,547816	0,107972	0,165	0,559868	1,028173	0,544527	0,535

Continuación de la tabla LXVII.

0,062884	0,557845	0,112727	0,17	0,568475	1,031949	0,550875	0,54
0,066729	0,567726	0,117537	0,175	0,577090	1,035662	0,557218	0,545
0,070683	0,577464	0,122402	0,18	0,585711	1,039313	0,563556	0,55
0,074745	0,587063	0,127320	0,185	0,594336	1,042903	0,569886	0,555
0,078914	0,596526	0,132289	0,19	0,602964	1,046430	0,576211	0,56
0,083190	0,605857	0,137310	0,195	0,611593	1,049896	0,582527	0,565
0,087571	0,615060	0,142378	0,2	0,620219	1,053300	0,588834	0,57
0,092057	0,624138	0,147495	0,205	0,628843	1,056642	0,595133	0,575
0,096647	0,633094	0,152658	0,21	0,637461	1,059922	0,601423	0,58
0,101340	0,641931	0,157867	0,215	0,646072	1,063140	0,607702	0,585
0,106134	0,650652	0,163119	0,22	0,654673	1,066296	0,613969	0,59
0,111029	0,659259	0,168415	0,225	0,663263	1,069390	0,620226	0,595
0,116024	0,667755	0,173752	0,23	0,671840	1,072422	0,626470	0,6
0,121118	0,676142	0,179131	0,235	0,680401	1,075392	0,632700	0,605
0,126310	0,684422	0,184550	0,24	0,688945	1,078300	0,638918	0,61
0,131598	0,692597	0,190007	0,245	0,697469	1,081145	0,645121	0,615
0,136982	0,700670	0,195501	0,25	0,705972	1,083927	0,651310	0,62
0,142460	0,708642	0,201032	0,255	0,714450	1,086647	0,657481	0,625
0,148032	0,716516	0,206600	0,26	0,722903	1,089305	0,663637	0,63
0,153696	0,724292	0,212202	0,265	0,731327	1,091899	0,669775	0,635
0,159452	0,731973	0,217839	0,27	0,739721	1,094430	0,675896	0,64
0,165297	0,739560	0,223507	0,275	0,748082	1,096897	0,681998	0,645
0,171231	0,747054	0,229208	0,28	0,756408	1,099301	0,688081	0,65
0,177253	0,754458	0,234941	0,285	0,764698	1,101641	0,694144	0,655
0,183361	0,761771	0,240704	0,29	0,772947	1,103917	0,700186	0,66
0,189554	0,768997	0,246495	0,295	0,781155	1,106128	0,706207	0,665
0,195831	0,776135	0,252316	0,3	0,789319	1,108275	0,712205	0,67
0,202191	0,783188	0,258164	0,305	0,797436	1,110356	0,718180	0,675
0,208633	0,790156	0,264040	0,31	0,805504	1,112372	0,724132	0,68
0,215154	0,797040	0,269941	0,315	0,813521	1,114323	0,730059	0,685
0,221755	0,803842	0,275869	0,32	0,821484	1,116207	0,735960	0,69
0,228433	0,810563	0,281820	0,325	0,829390	1,118024	0,741836	0,695
0,235187	0,817203	0,287795	0,33	0,837238	1,119774	0,747685	0,7
0,242016	0,823763	0,293793	0,335	0,845024	1,121457	0,753505	0,705
0,248919	0,830244	0,299814	0,34	0,852745	1,123072	0,759297	0,71
0,255894	0,836648	0,305856	0,345	0,860400	1,124618	0,765060	0,715
0,262940	0,842975	0,311919	0,35	0,867985	1,126096	0,770791	0,72
0,270055	0,849226	0,318001	0,355	0,875498	1,127503	0,776493	0,725
0,277239	0,855401	0,324104	0,36	0,882936	1,128840	0,782162	0,73
0,284489	0,861502	0,330224	0,365	0,890296	1,130107	0,787798	0,735
0,291805	0,867528	0,336364	0,37	0,897575	1,131301	0,793401	0,74

Fuente: GALLARDO ARMIJOS, Pablo. *Diseño de canales abiertos*.

<https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/09/DISE%C3%91O-CANALES-ABIERTOS.pdf>. Consulta: 15 de agosto de 2020.

2.4.10. Obras de arte

El sistema de alcantarillado sanitario se utiliza para evacuar aguas negras solamente y está conformado por los elementos que se describen a continuación:

2.4.10.1. Pozos de visita

Son empleados como medios de inspección y limpieza, con base en el INFOM se diseñarán para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores a 24"
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores (ramales iniciales)
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24"
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24"

Con base en el INFOM la diferencia entre las cotas *invert* de las tuberías que entran y la cota *invert* de la tubería que sale de un pozo de visita será como mínimo la carga de velocidad en el tubo de salida.

$$h_v = v^2 / (2 * g);$$

Donde:

h_v = diferencia entre las cotas *invert* de las tuberías que entran y cota *invert* de la tubería que sale (m).

v = velocidad de diseño (m / s).

g = gravedad (m / s).

Se exceptúa el caso cuando el tubo de entrada y el de salida son del mismo diámetro y están en línea recta, en cuyo caso las tuberías se instalan según la pendiente.

Los fondos de los pozos deberán tener canales para dirigir los caudales hacia el tubo de salida.

La profundidad mínima del coronamiento de las tuberías entre pozos con respecto a la superficie del terreno será de 1,00 metro.

Cuando la altura promedio del coronamiento de la tubería principal en la sección a diseñar resulte a una profundidad mayor de 3,00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal para realizar las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

2.4.10.2. Candela domiciliar

Con base en el INFOM la candela de registro domiciliar será de un diámetro mínimo de 12", la conexión con la tubería principal se hará por medio de una tubería secundaria la cual tendrá una pendiente del 2 % como mínimo y un diámetro mínimo de 6" en concreto y de 4" en PVC, usando en este caso un reductor de 4" * 3" como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión en la candela domiciliar.

Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario se debe tomar en cuenta la altura de las viviendas con el fin de no profundizar tanto las candelas de registro domiciliar.

2.4.11. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

A continuación, se explica paso a paso como diseñar un alcantarillado sanitario, empleando los parámetros necesarios para encontrar la pendiente óptima, velocidad del flujo, caudal del flujo, la cota *invert* de entrada y de salida de la tubería, altura inicial y final de la tubería, entre otros.

2.4.11.1. Parámetros de diseño

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, sector A, aldea La Laguneta, se utilizaron los siguientes parámetros.

- Tipo de sistema: Alcantarillado sanitario
- Población actual: 1 308 hab
- Población a 30 años: 6 020 hab
- Densidad de habitantes: 6 hab / vivienda
- Tasa de crecimiento (r): 5,22 %
- Dotación de agua: 200 l / hab / día
- Período de diseño: 30 años
- Tipo de tubería: PVC
- Norma de tubería: ASTM F 949
- Tráfico: Normal
- Altura mínima: 1,20 m
- Ø de pozos de visita: 1,20 m
- Ø de candela domiciliar: 12 pulgadas
- Factor de rugosidad (n): 0,010
- Relación de velocidad: $0,60 \text{ m / s} \leq v \leq 2,50 \text{ m / s}$

2.4.11.2. Diseño de PV-12 a PV-13 (Tramo Continuo)

- Distancia horizontal entre pozos:

$$DH = 16,21 \text{ m}$$

- Cotas del terreno:

$$\text{Cota de terreno inicial} = 1\,465,48 \text{ m}$$

$$\text{Cota de terreno final} = 1\,465,08 \text{ m}$$

- Pendiente del terreno:

$$S_{\text{Terreno}} = (CT_{\text{Inicial}} - CT_{\text{Final}}) / \text{Distancia}$$

$$S_{\text{Terreno}} = (1\,465,48 \text{ m} - 1\,465,08 \text{ m}) / 16,21 \text{ m}$$

$$S_{\text{Terreno}} = 2,47 \%$$

- Número de viviendas:

$$\text{Número de viviendas local:} \quad 4 \text{ viviendas}$$

$$\text{Número de viviendas acumuladas:} \quad 218 \text{ viviendas}$$

- Número de habitantes:

$$\text{No. hab}_{\text{Actual}} = \text{No. viviendas acumuladas} * \text{Densidad de habitantes}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Actual}} = 218 \text{ viviendas} * 6 \text{ hab / vivienda}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Actual}} = 1\,308 \text{ habitantes}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Futuro}} = P_o * (1 + r)^n$$

$$\text{No. hab}_{\text{Futuro}} = 1\,308 \text{ habitantes} * [1 + (5,22 / 100)]^{30}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Futuro}} = 6\,020 \text{ habitantes}$$

- Número de conexiones domiciliarias:
 $n_{Actual} = (\text{No. hab}_{Actual}) / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{Actual} = 1\,308 \text{ hab} / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{Actual} = 218 \text{ viviendas}$
 $n_{Futuro} = (\text{No. hab}_{Futuro}) / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{Futuro} = 6\,020 \text{ hab} / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{Futuro} = 1\,004 \text{ viviendas}$

- Diámetro interno de tubería propuesto:

$$\varnothing_{Interno} = 7,88 \text{ pulgadas}$$

Se inició el diseño con un diámetro interno de 5,91 pulgadas, debido a que no cumplió con los parámetros de relación parcial y con la velocidad máxima, se aumentó el diámetro interno a 7,88 pulgadas.

- Caudal de diseño:

$$Q_{Diseño} = Q_{Domiciliar} + Q_{Infiltración} + Q_{Ilegal} + Q_{Comercial} + Q_{Industrial}$$

$$Q_{Domiciliar} = 0,75 * n * 6 * \frac{200}{86\,400} * \frac{18 + (n * 0,006)^{0,5}}{4 + (n * 0,006)^{0,5}}; \text{ para tramos que tienen una contribución de 100 a 1 000 conexiones}$$

$$Q_{Domiciliar Actual} = 0,75 * 218 * 6 * \frac{200}{86,400} * \frac{18 + (218 * 0,006)^{0,5}}{4 + (218 * 0,006)^{0,5}}$$

$$Q_{Domiciliar Actual} = 8,45 \text{ l / s}$$

$$Q_{Domiciliar Futuro} = n * 6 * 200 * 2,5 / 86\,400; \text{ para tramos que tienen una contribución de más de 1 000 conexiones}$$

$$Q_{Domiciliar Futuro} = 1\,004 * 6 * 200 * 2,5 / 86\,400$$

$$\begin{aligned}
q_{\text{Domiciliar Futuro}} &= 34,86 \text{ l / s} \\
q_{\text{Infiltración}} &= 0,01 * \text{diámetro en pulgadas} \\
q_{\text{Infiltración}} &= 0,01 * 8 \\
q_{\text{Infiltración}} &= 0,08 \text{ l / s} \\
q_{\text{Illegal Actual}} &= 0,10 * q_{\text{Domiciliar Actual}} \\
q_{\text{Illegal Actual}} &= 0,10 * 8,45 \text{ l / s} \\
q_{\text{Illegal Actual}} &= 0,85 \text{ l / s} \\
q_{\text{Illegal Futuro}} &= 0,10 * q_{\text{Domiciliar Futuro}} \\
q_{\text{Illegal Futuro}} &= 0,10 * 34,86 \text{ l / s} \\
q_{\text{Illegal Futuro}} &= 3,49 \text{ l / s} \\
q_{\text{Comercial}} &= 0,00 \text{ l / s} \\
q_{\text{Industrial}} &= 0,00 \text{ l / s} \\
q_{\text{Diseño Actual}} &= 8,45 \text{ l / s} + 0,08 \text{ l / s} + 0,85 \text{ l / s} \\
q_{\text{Diseño Actual}} &= 9,38 \text{ l / s} \\
q_{\text{Diseño Futuro}} &= 34,86 \text{ l / s} + 0,08 \text{ l / s} + 3,49 \text{ l / s} \\
q_{\text{Diseño Futuro}} &= 38,43 \text{ l / s}
\end{aligned}$$

- Pendiente de tubería:

$$S_{\text{Tubería}} = (CII - CIF) / \text{Distancia de tubería entre pozos}$$

$$S_{\text{Tubería}} = \frac{(CT \text{ Inicial} - \text{Altura mínima} - hv) - (CT \text{ Final} - \text{Altura mínima})}{\text{Distancia de tubería entre pozos}}; \text{ para tramos iniciales}$$

$$S_{\text{Tubería}} = \frac{(CIF \text{ tramo anterior} - hv) - (CT \text{ Final tramo actual} - \text{Altura mínima})}{\text{Distancia de tubería entre pozos}}; \text{ para tramos}$$

continuos

$$S_{\text{Tubería}} = \frac{(1,463,15 - 0,12) - (1465,08 \text{ m} - 2.20 \text{ m})}{16,21 \text{ m} - 1,20 \text{ m}}$$

$$S_{\text{Tubería}} = 1,00 \%$$

Debido a la profundidad del pozo inicial del tramo analizado $h_{\text{Pozo Inicial}} = 2,33$ metros y a la poca pendiente del terreno natural $S_{\text{Terreno}} = 2,47$

% se recomienda diseñar con una pendiente mínima de la tubería de un 1,00 % para que los pozos siguientes del sistema del alcantarillado sanitario tengan poca profundidad y para la facilidad de construcción, esto se hace manipulando la altura mínima del pozo final del tramo en diseño.

- Caudal a sección llena:

$$V = (0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}) / \eta$$

$$V = (0,03429 * 7,88 \text{ pulgadas}^{2/3} * 0,01^{1/2}) / 0,010$$

$$V = 1,36 \text{ m / s}$$

$$A = 5,067 * 10^{-4} * D^2$$

$$A = 5,067 * 10^{-4} * 7,88 \text{ pulgadas}^2$$

$$A = 0,03146 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 1,36 \text{ m / s} * 0,03146 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,04279 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 42,79 \text{ l / s}$$

- Relación de caudales actual:

$$q / Q = (9,38 \text{ l / s}) / (42,79 \text{ l / s})$$

$$q / Q = 0,21913 < 1,00; \text{ Cumple}$$

$$d / D = 0,318 \leq 0,74; \text{ Cumple}$$

$$v / V = 0,80113$$

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

$$v = 1,36 \text{ m / s} * 0,80113$$

$$v = 1,09 \text{ m / s}; 0,60 \text{ m / s} \leq v \leq 2,50 \text{ m / s}; \text{ Cumple}$$

- Relación de caudales futuro:

$$q / Q = (38,43 \text{ l / s}) / (42,79 \text{ l / s})$$

$$q / Q = 0,89811 < 1,00; \text{ Cumple}$$

$$d / D = 0,74 \leq 0,74; \text{ Cumple}$$

$$v / V = 1,13130$$

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

$$v = 1,36 \text{ m / s} * 1,13130$$

$$v = 1,54 \text{ m / s}; 0,60 \text{ m / s} \leq v \leq 2,50 \text{ m / s}; \text{ Cumple}$$

En los casos en los que la velocidad o el tirante excedan el valor máximo permitido se recomienda disminuir la pendiente profundizando el pozo inicial para que el pozo final tenga la altura mínima.

En caso de no lograr cumplir con los parámetros de velocidad y tirante se recomienda aumentar el diámetro de la tubería al siguiente diámetro de tubería conocido comercialmente.

- Pérdida de altura:

Se debe calcular pérdida de altura debido a que hay cambio de dirección y cambio de diámetro en el trayecto de la tubería.

$$h_v = v^2 / 2 * g$$

$$h_v = (1,52 \text{ m / s})^2 / (2 * 9,81 \text{ m / s}^2)$$

$$h_v = 0,12 \text{ m}$$

- Para calcular la pérdida de altura (h_v) se debe hacer un procedimiento iterativo.

En la primera iteración, se calcula la pérdida de altura (h_v), luego de haber calculado la pendiente con el valor $h_v = 0$ y calculado paso a paso la velocidad y

caudal a sección llena, los parámetros de relación parcial y la velocidad a sección parcial, la cual es la que se utiliza para el cálculo de pérdida de altura (h_v).

En la segunda iteración, se calcula nuevamente la pérdida de altura (h_v), en la cual el valor encontrado de h_v en la primera iteración se debe agregar en la ecuación de pendiente y se debe volver a calcular paso a paso cada uno de los valores de velocidad y caudal a sección llena, parámetros de relación parcial y la velocidad a sección parcial; se debe realizar las iteraciones necesarias hasta que la pérdida de altura (h_v) ingresada en la ecuación de pendiente sea la misma que la calculada con la ecuación de pérdida de altura.

Esto se hace con la intención de que la pérdida de altura se tenga únicamente en el pozo inicial y no en el pozo final, teniendo la menor altura posible en el pozo final y haciendo que el valor del proyecto de alcantarillado sanitario sea el óptimo. Se recomienda utilizar un programa de computadora como Excel para poder realizar este conjunto de iteraciones.

En el caso de este tramo diseñado fue necesario hacer 2 iteraciones para encontrar el valor de la pérdida de altura óptima.

- En otros casos cuando el tubo de entrada y el de salida son del mismo diámetro y están en línea recta o cuando sea un tramo inicial, se debe usar $h_v = 0$ en la ecuación de pendiente y no se calculará la pérdida de altura y por lo tanto tampoco se realizará el procedimiento iterativo explicado anteriormente; por lo que luego de calcular los valores de velocidad y caudal a sección llena, parámetros de relación parcial y la velocidad a sección parcial, se debe pasar seguidamente al cálculo de cotas *invert* y de alturas.

- Cotas *invert*:
 $CII = CT_{\text{Inicial}} - \text{altura mínima; para tramos iniciales}$
 $CII = CIF_{\text{Tramo anterior}} - hv; \text{ para tramos Continuos}$
 $CII = 1,463,15 \text{ m} - 0,12 \text{ m}$
 $CII = 1,463,03 \text{ m}$
 $CIF = CII - (\text{Distancia de tubería entre pozos} * S)$
 $CIF = 1,463,03 \text{ m} - [(16,21 \text{ m} - 1,20 \text{ m}) * 0,01]$
 $CIF = 1,462,88 \text{ m}$
- Alturas de pozos:
 $h_{\text{Pozo Inicial}} = CT_{\text{Inicial}} - CII$
 $h_{\text{Pozo Inicial}} = 1,465,48 - 1,463,03 \text{ m}$
 $h_{\text{Pozo Inicial}} = 2,45 \text{ m}$
 $h_{\text{Pozo Final}} = CT_{\text{Final}} - CIF$
 $h_{\text{Pozo Final}} = 1,465,08 - 1,462,88 \text{ m}$
 $h_{\text{Pozo Final}} = 2,20 \text{ m}$

2.4.11.3. Diseño de PV-6 a PV-7 (Tubería auxiliar para conexión domiciliar, tramo inicial)

Se calcula una tubería auxiliar cuando la altura promedio de la corona de la tubería principal resulte a una profundidad mayor a 3,00 metros.

La tubería auxiliar para conexión domiciliar como su nombre lo indica se diseña para facilitar la conexión de los domicilios al sistema de alcantarillado sanitario.

La tubería auxiliar se debe considerar como un tramo inicial.

$$h_{\text{Coronamiento de Tubería Principal}} = \frac{(CT_{\text{Inicial}} - CII_{\text{Tubería Pral}}) + (CT_{\text{Final}} - CIF_{\text{Tubería Pral}})}{2}$$

$$h_{\text{Coronamiento de Tubería Principal}} = \frac{(1\,474,66\text{ m} - 1\,468,58\text{ m}) + (1\,473,95\text{ m} - 1\,468,40\text{ m})}{2}$$

$$h_{\text{Coronamiento de Tubería Principal}} = 5,82\text{ m}$$

- Distancia horizontal entre pozos:

$$DH = 19,48\text{ m}$$

- Cotas del terreno:

$$\text{Cota de terreno inicial} = 1\,474,66\text{ m}$$

$$\text{Cota de terreno final} = 1\,473,95\text{ m}$$

- Pendiente del terreno:

$$S_{\text{Terreno}} = (CT_{\text{Inicial}} - CT_{\text{Final}}) / \text{Distancia}$$

$$S_{\text{Terreno}} = (1\,474,66\text{ m} - 1\,473,95\text{ m}) / 19,48\text{ m}$$

$$S_{\text{Terreno}} = 3,64\%$$

- Número de viviendas:

$$\text{Número de viviendas local:} \quad 4\text{ viviendas}$$

$$\text{Número de viviendas acumuladas:} \quad 4\text{ viviendas}$$

- Número de habitantes:

$$\text{No. hab}_{\text{Actual}} = \text{No. viviendas acumuladas} * \text{Densidad de habitantes}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Actual}} = 4\text{ viviendas} * 6\text{ hab} / \text{vivienda}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Actual}} = 24\text{ habitantes}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Futuro}} = P_o * (1 + r)^n$$

$$\text{No. hab}_{\text{Futuro}} = 24\text{ habitantes} * [1 + (5,22 / 100)]^{30}$$

$$\text{No. hab}_{\text{Futuro}} = 111\text{ habitantes}$$

- Número de conexiones domiciliarias:
 $n_{\text{Actual}} = (\text{No. hab}_{\text{Actual}}) / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{\text{Actual}} = 24 \text{ hab} / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{\text{Actual}} = 4 \text{ viviendas}$
 $n_{\text{Futuro}} = (\text{No. hab}_{\text{Futuro}}) / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{\text{Futuro}} = 111 \text{ hab} / (6 \text{ hab} / \text{vivienda})$
 $n_{\text{Futuro}} = 19 \text{ viviendas}$

- Diámetro interno de tubería propuesto:
 $\emptyset_{\text{Interno}} = 5,91 \text{ pulgadas}$

- Caudal de diseño:

$$q_{\text{Diseño}} = q_{\text{Domiciliar}} + q_{\text{Infiltración}} + q_{\text{Ilegal}} + q_{\text{Comercial}} + q_{\text{Industrial}}$$

$q_{\text{Domiciliar}} = 0,45 * (n - 1)^{0,5}$; para tramos que tienen una contribución de menos de 100 conexiones

$$q_{\text{Domiciliar Actual}} = 0,45 * (4 - 1)^{0,5}$$

$$q_{\text{Domiciliar Actual}} = 0,78 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Domiciliar Futuro}} = 0,45 * (19 - 1)^{0,5}$$

$$q_{\text{Domiciliar Futuro}} = 1,91 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Infiltración}} = 0,01 * \text{diámetro en pulgadas}$$

$$q_{\text{Infiltración}} = 0,01 * 6$$

$$q_{\text{Infiltración}} = 0,06 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Ilegal Actual}} = 0,10 * q_{\text{Domiciliar Actual}}$$

$$q_{\text{Ilegal Actual}} = 0,10 * 0,78 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Ilegal Actual}} = 0,08 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Ilegal Futuro}} = 0,10 * q_{\text{Domiciliar Futuro}}$$

$$q_{\text{Ilegal Futuro}} = 0,10 * 1,91 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Ilegal Futuro}} = 0,19 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Comercial}} = 0,00 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Industrial}} = 0,00 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Diseño Actual}} = 0,78 \text{ l / s} + 0,06 \text{ l / s} + 0,08 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Diseño Actual}} = 0,92 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Diseño Futuro}} = 1,91 \text{ l / s} + 0,06 \text{ l / s} + 0,19 \text{ l / s}$$

$$q_{\text{Diseño Futuro}} = 2,16 \text{ l / s}$$

- Pendiente de tubería:

$$S_{\text{Tubería}} = (CII - CIF) / \text{Distancia de tubería entre pozos}$$

$$S_{\text{Tubería}} = \frac{(CT_{\text{Inicial}} - \text{Altura mínima} - hv) - (CT_{\text{Final}} - \text{Altura mínima})}{\text{Distancia de tubería entre pozos}}; \text{ para tramos iniciales}$$

$$S_{\text{Tubería}} = \frac{(CIF_{\text{tramo anterior}} - hv) - (CT_{\text{Final tramo actual}} - \text{Altura mínima})}{\text{Distancia de tubería entre pozos}}; \text{ para tramos continuos}$$

$$S_{\text{Tubería}} = \frac{(1,474,66 - 1,20) - (1473,95 \text{ m} - 1,20 \text{ m})}{19,48 \text{ m} - 1,20 \text{ m}}$$

$$S_{\text{Tubería}} = 3,88 \%$$

- Caudal a sección llena:

$$V = (0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}) / \eta$$

$$V = (0,03429 * 5,91 \text{ pulgadas}^{2/3} * 0,0388^{1/2}) / 0,010$$

$$V = 2,21 \text{ m / s}$$

$$A = 5,067 * 10^{-4} * D^2$$

$$A = 5,067 * 10^{-4} * 5,91 \text{ pulgadas}^2$$

$$A = 0,01770 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 2,21 \text{ m / s} * 0,01770 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,03912 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 39,12 \text{ l / s}$$

- Relación de caudales actual:
 $q / Q = (0,92 \text{ l / s}) / (39,12 \text{ l / s})$
 $q / Q = 0,02352 < 1,00$; Cumple
 $d / D = 0,105 \leq 0,74$; Cumple
 $v / V = 0,41373$
 $v = V * (v / V)$
 $v = 2,21 \text{ m / s} * 0,41373$
 $v = 0,91 \text{ m / s}$; $0,60 \text{ m / s} \leq v \leq 2,50 \text{ m / s}$; Cumple

- Relación de caudales futuro:
 $q / Q = (2,16 \text{ l / s}) / (39,12 \text{ l / s})$
 $q / Q = 0,05521 < 1,00$; Cumple
 $d / D = 0,159 \leq 0,74$; Cumple
 $v / V = 0,53558$
 $v = V * (v / V)$
 $v = 2,21 \text{ m / s} * 0,53558$
 $v = 1,18 \text{ m / s}$; $0,60 \text{ m / s} \leq v \leq 2,50 \text{ m / s}$; Cumple

- Pérdida de altura:

Se exceptúa el cálculo de pérdida de altura en tramos iniciales, debido a que no existen tuberías de tramos anteriores que entren al pozo inicial.

- Cotas *invert.*
 $CII = CT_{\text{Inicial}} - \text{altura mínima}$; para tramos iniciales
 $CII = CIF_{\text{Tramo anterior}} - hv$; para tramos Continuos
 $CII = 1,474,66 \text{ m} - 1,20 \text{ m}$
 $CII = 1,473,46 \text{ m}$
 $CIF = CII - (\text{Distancia de tubería entre pozos} * S)$

$$\text{CIF} = 1,473,46 \text{ m} - [(19,48 \text{ m} - 1,20 \text{ m}) * 0,0388]$$

$$\text{CIF} = 1,472,75 \text{ m}$$

- Alturas de pozos:

$$h_{\text{Pozo Inicial}} = \text{CT}_{\text{Inicial}} - \text{CII}$$

$$h_{\text{Pozo Inicial}} = 1,474,66 - 1,473,46 \text{ m}$$

$$h_{\text{Pozo Inicial}} = 1,20 \text{ m}$$

$$h_{\text{Pozo Final}} = \text{CT}_{\text{Final}} - \text{CIF}$$

$$h_{\text{Pozo Final}} = 1,473,95 - 1,472,75 \text{ m}$$

$$h_{\text{Pozo Final}} = 1,20 \text{ m}$$

Se realizó un programa de Excel para el cálculo de los tramos del sistema de alcantarillado sanitario de forma individual y su respectiva tabla resumen, ver apéndice 3.

2.4.12. Elaboración de planos

Se realizó un juego de planos el cual contiene:

- Planta de curvas de nivel
- Planta general, con la distribución de viviendas
- Planta perfil de línea de red principal y de ramales
- Detalles de pozo de visita y conexión domiciliar
- Propuesta de planta de tratamiento

Ver apéndice, sección de planos constructivos, sistema de alcantarillado sanitario.

2.4.13. Propuesta de tratamiento de aguas residuales

Se recomienda realizar un pre-tratamiento con un canal de rejillas y una caja desarenadora.

El canal de rejillas tiene como función principal la remoción de los materiales gruesos o en suspensión, los cuales deben de retirarse de forma mecánica o manual, las rejillas están formadas por medio de barras separadas en claros libres entre 0,5 y 2,5 centímetros y colocadas en un ángulo de 30 y 60 grados respecto a la horizontal, los sólidos extraídos por medio de este pre-tratamiento se eliminan acomodándolos en un relleno sanitario o incinerándolos, este proceso es necesario para la remoción de basura proveniente del sistema de alcantarillado sanitario tales como papeles, plásticos, entre otros.

La caja desarenadora tiene como función separar por gravedad los sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y gravas, a los que se les denomina “arenas”, la cantidad de material retenida en el desarenador es variable, si no se extraen las “arenas” estas pueden provocar daños en los equipos mecánicos por abrasión y causar obstrucciones por acumularse alrededor de las tuberías, causando dificultades operatorias en el sistema de tratamiento de aguas residuales, debe existir una transición en la unión del canal o tubería de llegada al desarenador para asegurar la uniformidad de la velocidad en la zona de entrada, la transición debe tener un ángulo de divergencia suave no mayor de $12^{\circ} 30'$.

Luego del pre-tratamiento se recomienda realizar un tratamiento primario empleando para ello fosas sépticas, las cuales son estructuras de concreto o mampostería reforzada, la cuales funcionan como un depósito de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado sanitario, en el que quedan retenidos los sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el

proceso físico de sedimentación, al proporcionar un tiempo de permanencia adecuado (tiempo de retención), los sólidos suspendidos que llegan a la fosa séptica son decantados, a través del proceso de sedimentación, separando la materia sedimentable, la cual entra en un proceso de digestión anaeróbica y se decanta en la fosa.

Después del tratamiento se recomienda desfogar las aguas tratadas hacia el río que pasa en la parte inferior de la quebrada.

2.4.14. Presupuesto

La integración del presupuesto se realizó tomando en cuenta los materiales de construcción con IVA, mano de obra calificada y no calificada, herramienta, equipo y maquinaria.

Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de Chinautla y los salarios de mano de obra se consideraron según los que la municipalidad asigna para casos similares.

Tabla LXVIII. Presupuesto de alcantarillado sanitario

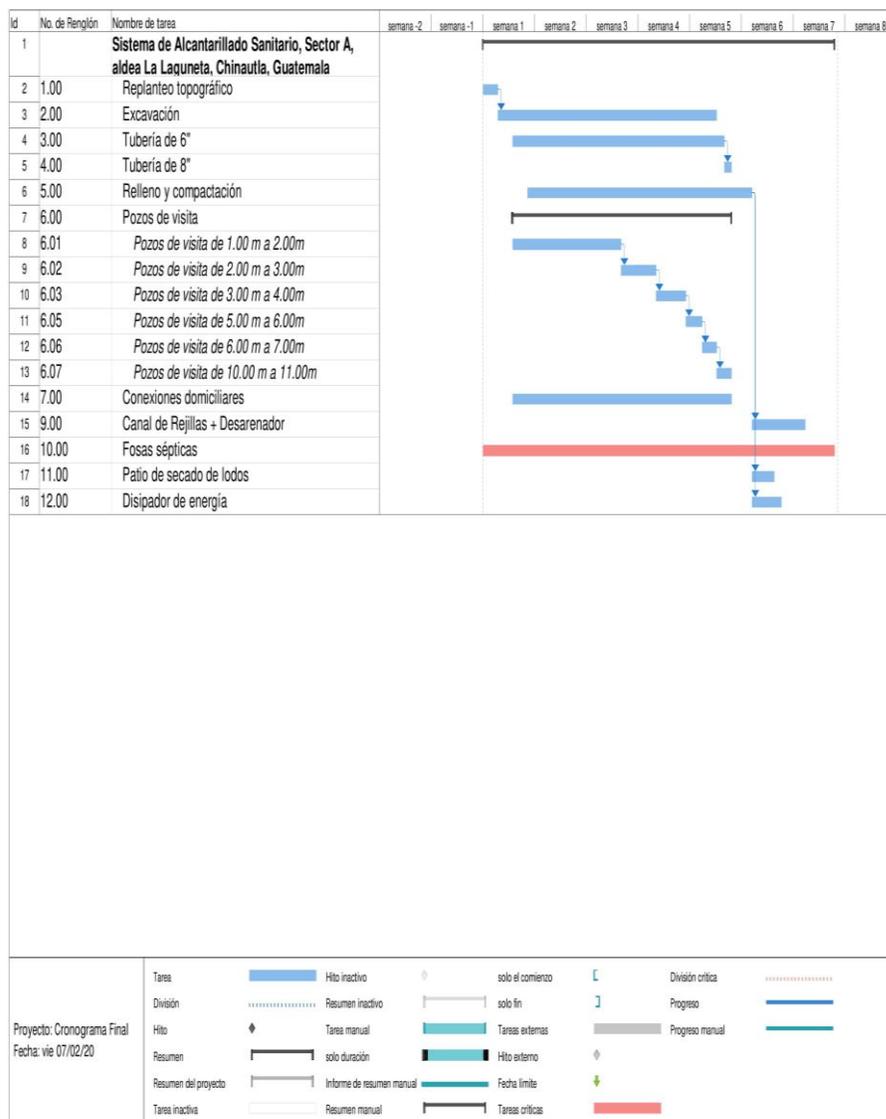
Presupuesto Del Sistema De Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Municipio De Chinautla, Departamento De Guatemala					
No. Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1.00	Replanteo topográfico	ml	1,010,96	Q 2,40	Q 2 426,30
2.00	Excavación	m3	1,739,62	Q 55,25	Q 96 110,42
3.00	Tubería de 6"	ml	944,65	Q 124,29	Q 117 408,66
4.00	Tubería de 8"	ml	85,79	Q 213,30	Q 18 298,66
5.00	Relleno y compactación	m3	1 668,08	Q 24,22	Q 40 407,67
6.00	Pozos de visita	Unidades	23,00		
6.01	Pozos de visita de 1,00 m a 2,00m	Unidades	14,00	Q 5 382,26	Q 75 351,58
6.02	Pozos de visita de 2,00 m a 3,00m	Unidades	3,00	Q 6 796,18	Q 20 388,53
6.03	Pozos de visita de 3,00 m a 4,00m	Unidades	4,00	Q 8 417,31	Q 33 669,25
6.05	Pozos de visita de 5,00 m a 6,00m	Unidades	1,00	Q 13 487,26	Q 13 487,26
6.06	Pozos de visita de 6,00 m a 7,00m	Unidades	1,00	Q 16 081,09	Q 16 081,09
7.00	Conexiones domiciliarias	Unidad	218,00	Q 2 401,28	Q 523 479,04
8.00	Accesorios y herramientas	Global	1,00	Q 9 751,48	Q 9 751,48
9.00	Canal de Rejillas + Desarenador	Global	1,00	Q 91 903,20	Q 91 903,20
10.00	Fosas sépticas	Global	1,00	Q 679 795,20	Q 679 795,20
11.00	Patio de secado de lodos	Global	1,00	Q 165 120,00	Q 165 120,00
12.00	Disipador de energía	Global	1,00	Q 37 807,20	Q 37 807,20
Total					Q 1 941 305,15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.4.15. Cronograma

En la figura 109 se describe el cronograma de ejecución del alcantarillado sanitario.

Figura 109. Cronograma de sistema de alcantarillado sanitario



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

2.4.16. Análisis socioeconómico

En general, los proyectos de sistemas de alcantarillado sanitario tienen un gran componente social, el cual da al proyecto un enfoque para su respectivo análisis, deben considerarse los efectos indirectos y de valorización social de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo. Una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para su realización. La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación.

2.4.16.1. Valor presente neto

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta, así las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo se consideran como desembolsos o ingresos, es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado, entre otros. Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión, consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores futuros de rescate de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento, para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva que en el mercado actual es de 12 %.

- Egresos:

Inversión:	Q. 1 941 305,15
Mantenimiento anual (CA):	Q. 18 000,00
Período de diseño:	30 años

- Ingresos:

Costo de conexión (CC):	Q. 1 000,00
Costo de mantenimiento mensual (CMM):	Q. 25,00
Número de viviendas:	218 viviendas

$$CC = Q. 1 000,00 * 218 \text{ viviendas}$$

$$\text{Costo de conexión} = Q. 218 000,00$$

$$CMA = Q. 25,00 * 218 \text{ viviendas} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo de mantenimiento anual} = Q. 65 400,00$$

$$\text{Valor presente neto (VPN)} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$\text{Valor presente neto (VPN)} = Q. 218 000,00 + Q. 65 400,00 * \left[\frac{(1 + 0,12)^{30} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{30}} \right] - Q.$$

$$1 941 305,15 - Q. 18 000,00 * \left[\frac{(1 + 0,12)^{30} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{30}} \right]$$

$$\text{Valor presente neto (VPN)} = Q. -1 341 489,43$$

2.4.16.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad, producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del proyecto y se expresa en porcentaje. Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el

análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, éste se determina de la siguiente manera:

Costo = Inversión inicial - VPN

Costo = Q. 1 941 305,15 - Q. 599 815,72

Costo = Q. 1 341 489,43

Beneficio = No. de habitantes beneficiados a futuro

Beneficio = 6 020 habitantes

Costo / Beneficio = Q. 1 341 489,43 / 6 020 habitantes

Costo / Beneficio = Q. 222,84 / habitante

Dados los indicadores financieros anteriores, el proyecto no tendrá ningún retorno porque no es viable financieramente. No obstante, el proyecto es rentable desde el punto de vista social, ya que elevará el nivel de vida de los pobladores de la comunidad, reduciendo el índice de enfermedades.

2.4.17. Evaluación de impacto ambiental

Es el estudio correspondiente a las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental y la integridad de los recursos naturales, como lo son los ecosistemas, ríos, lagunas, flora, fauna, entre otros.

En este caso el proyecto no tendrá un impacto ambiental negativo, debido a que durante el proceso de construcción el suelo no tendrá cambios drásticos, esto se debe a que la pendiente de la superficie del terreno natural favorece en la instalación del sistema de alcantarillado sanitario, moviendo polvo únicamente en la excavación que se realizará durante la ejecución del proyecto.

El impacto ambiental positivo será la evacuación de las aguas servidas de las viviendas, las cuales se colocarán en un lugar adecuado, ayudando con ello a la eliminación de mosquitos y zancudos, disminuyendo de manera radical las enfermedades que se pudieran ocasionar.

CONCLUSIONES

1. Los proyectos de edificio para escuela primaria y sistema de alcantarillado sanitario son factibles socialmente, debido a que los proyectos de inversión municipal no son rentables, por lo que estos se realizan con el objetivo de beneficiar a la comunidad.
2. Con la construcción del edificio para escuela primaria en la colonia San Martín, Chinautla, Guatemala, mejorarán las condiciones de vida para los alumnos que asistan al centro educativo, de manera que contribuye al desarrollo académico-social del estudiante.
3. El sistema de alcantarillado sanitario contribuirá con el saneamiento ambiental del área, evitando la contaminación y las enfermedades provenientes de las aguas servidas de los domicilios, evacuando las mismas hacia su respectiva planta de tratamiento para que sean asistidas correctamente.
4. El precio total para la ejecución de cada uno de los proyectos está en el rango adecuado, debido a que los presupuestos se realizaron con los precios estimados por la municipalidad de Chinautla.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Chinautla, Guatemala:

1. Construir los proyectos diseñados con los materiales de construcción, normas y especificaciones establecidas en los planos constructivos y en este informe.
2. Actualizar los precios del presupuesto de cada uno de los proyectos, antes de la ejecución de las obras, para evitar variaciones de los precios en función de la economía.
3. Realizar un mantenimiento preventivo del sistema de alcantarillado sanitario cada 6 meses y antes de que inicie la época de invierno, para alargar su tiempo de vida y evitar su deterioro, de tal manera se garantice el buen funcionamiento del proyecto durante su vida útil.
4. Verificar que se realice en un plazo corto el movimiento de tierras y que se riegue el área de trabajo cada 45 minutos, durante la ejecución del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario, para evitar la contaminación de polvo en los lugares aledaños.
5. Chequear que no se realicen cambios a los planos ni al diseño de los proyectos sin previa consulta y aprobación por parte de un profesional capacitado.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO. *Manual técnico tubosistemas*. Guatemala: AMANCO, 2016
180 p.
2. American Concrete Institute. *ACI 318S-14*. Estado Unidos: ACI, 2014.
592 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2018. 109 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Editorial Limusa, 2004. 650 p.
5. GALLARDO ARMIJOS, Pablo. *Diseño de canales abiertos*. [en línea].
<<https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/09/DISE%C3%91O-CANALES-ABIERTOS.pdf>>. [Consulta: 15 de agosto de 2020].
6. HIBBELER, Russell. *Análisis estructural*. 8ª. ed. México: PEARSON, 2012. 720 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para diseños de alcantarillado*. Guatemala: INFOM, 2009. 22 p.

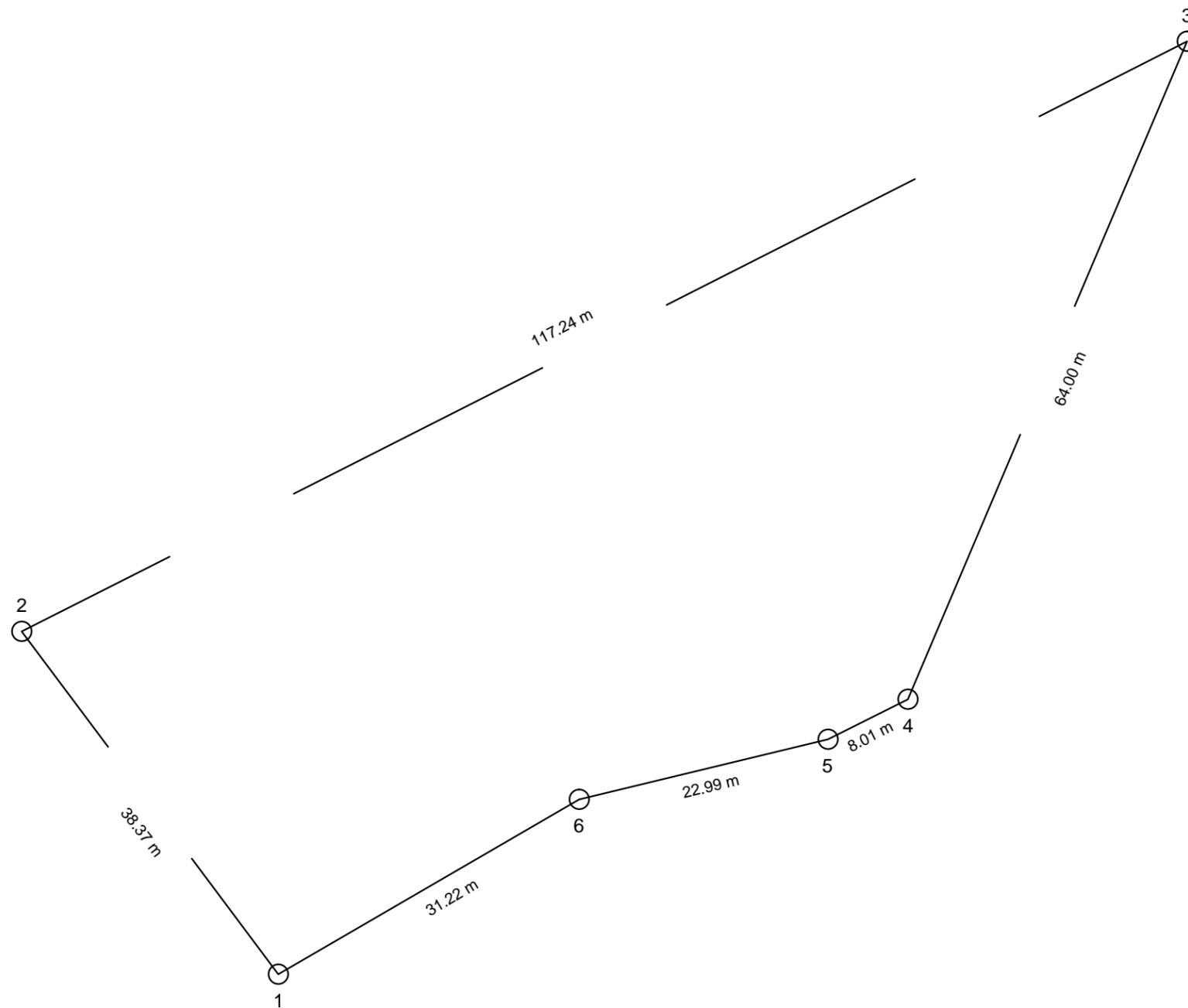
8. Ministerio de Educación. Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales. Guatemala: Mineduc, 2016. 162 p.

9. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12^a. ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos de edificio para escuela primaria en la colonia
San Martín, Chinautla, Guatemala**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.



LIBRETA TOPOGRÁFICA			
Est	P-O	Azimut	Distancia (m)
1	2	296° 46' 25"	117.24
2	3	156° 56' 08"	64.00
3	4	116° 26' 06"	8.01
4	5	103° 32' 57"	22.99
5	6	120° 04' 11"	31.22
6	1	216° 56' 07"	38.37

Área Total = 3, 480.86 m²
 = 4, 981.63 v²

PLANTA DE TOPOGRAFÍA
 ESCALA: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

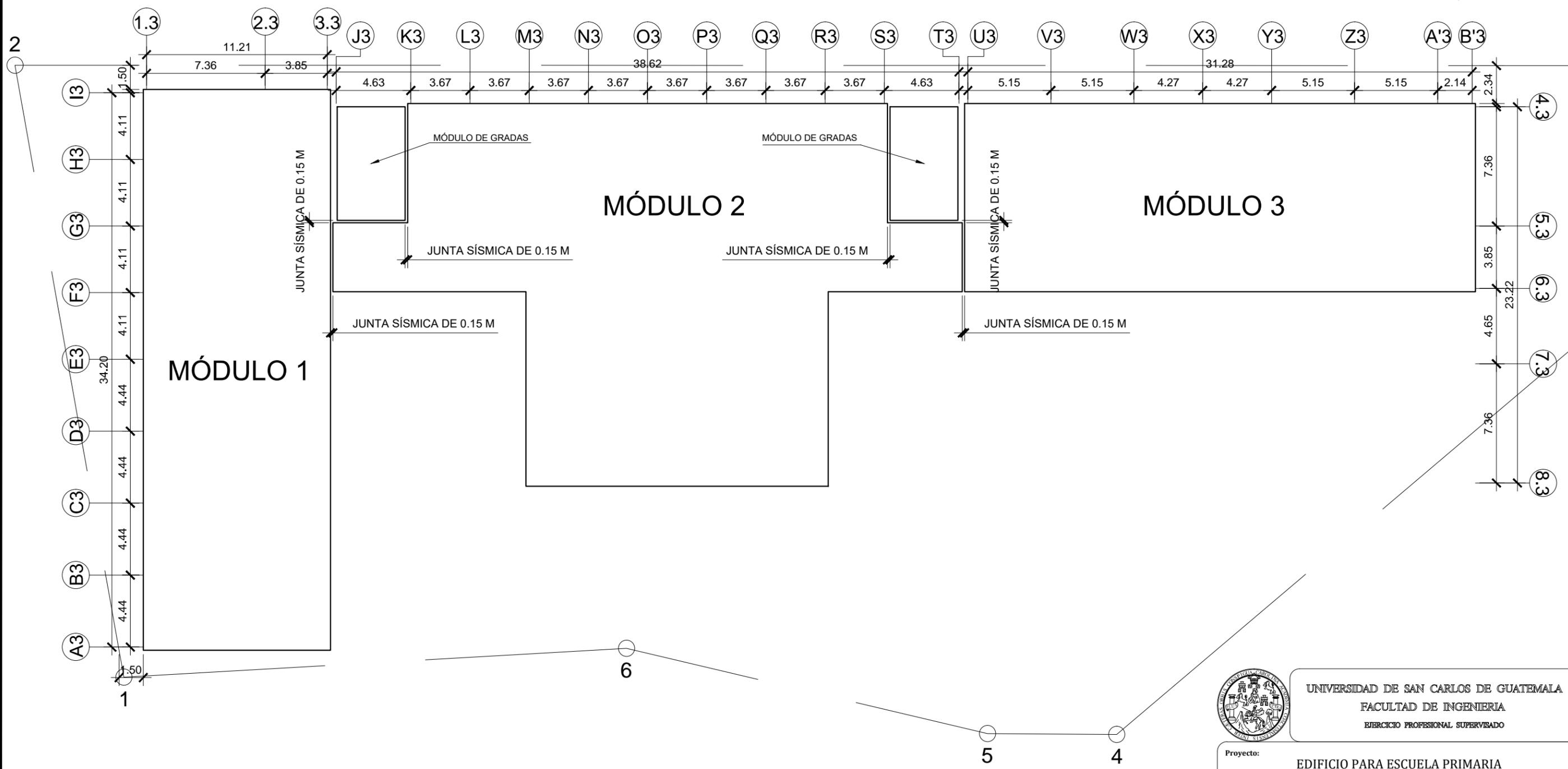
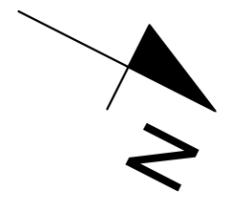
Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Planta de Topografía
 Diseñó: Dilan Godoy
 Calculó: Dilan Godoy
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla
 Escala: Indicada
 Fecha: Septiembre 2, 021

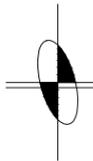
(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
 Egresista
 (2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 Asesor de E.P.S.

HOJA No.:
1
 61



PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA: 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

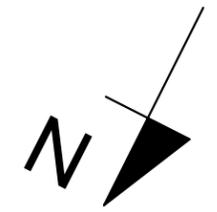
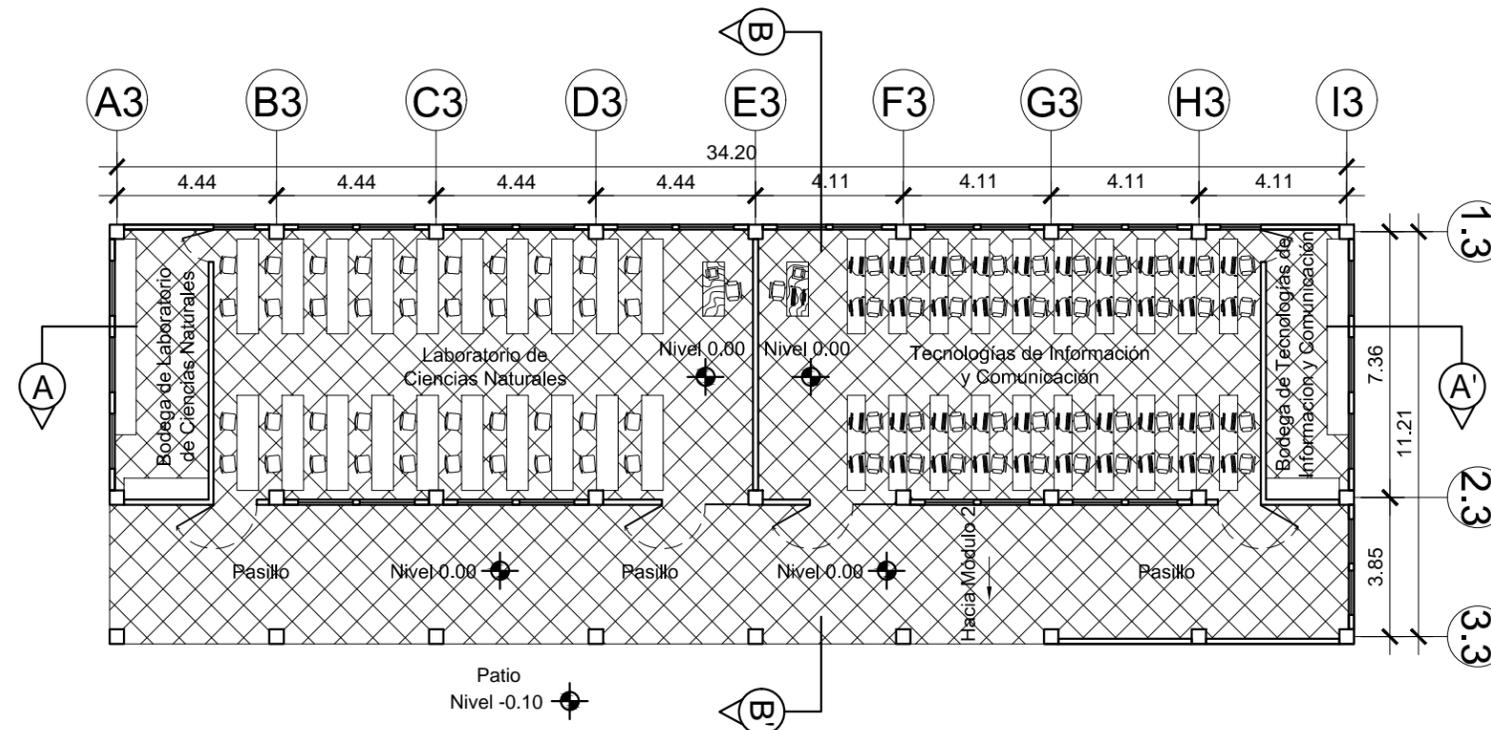
Contenido: Planta de Conjunto
 Diseñó: Dilan Godoy
 Calculó: Dilan Godoy
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula
 Escala: Indicada
 Fecha: Septiembre 2, 021

(F) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
 Egresista

(F) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 Asesor de E.P.S.

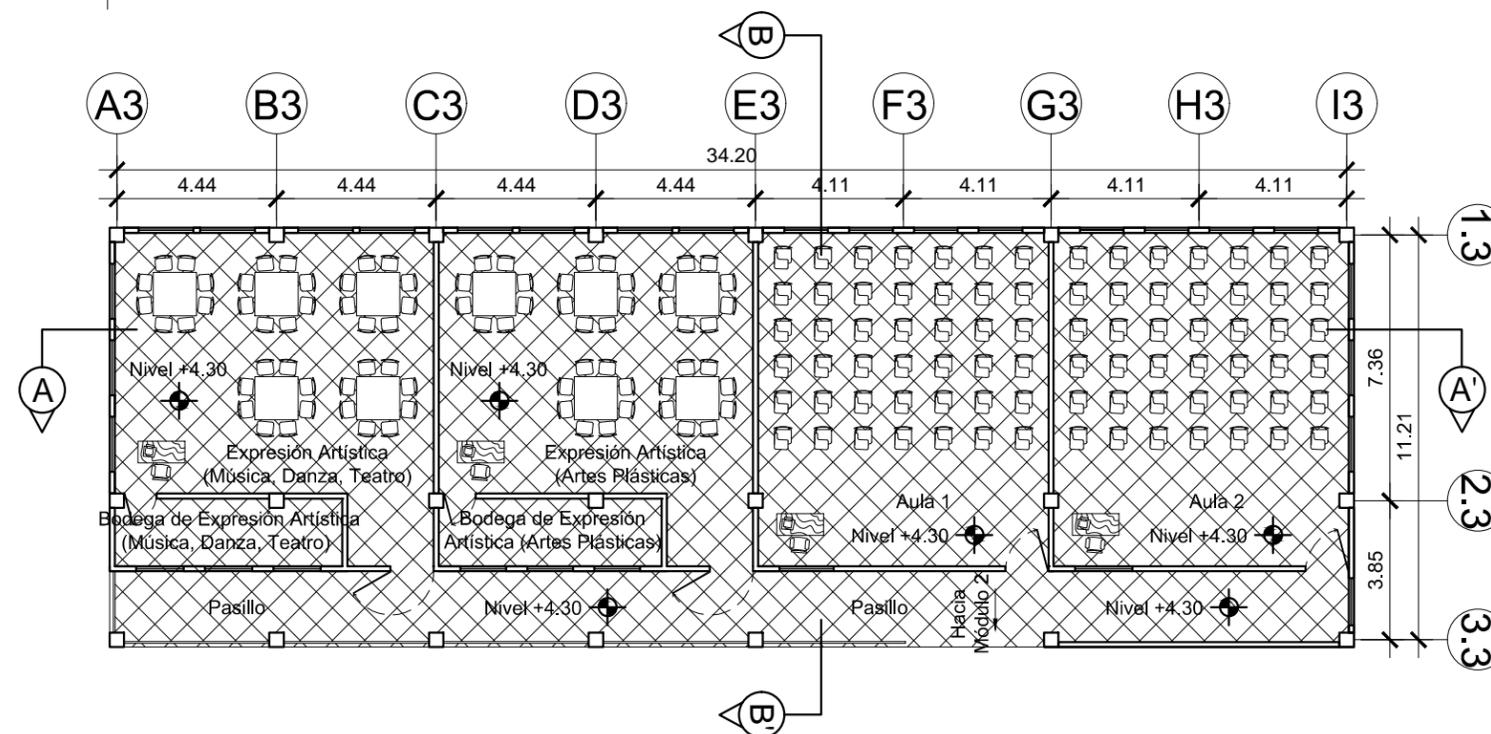
HOJA No.: 2 / 61



PLANTA AMUEBLADA - PRIMER NIVEL

MÓDULO 1

ESCALA: 1/200



PLANTA AMUEBLADA - SEGUNDO NIVEL

MÓDULO 1

ESCALA: 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

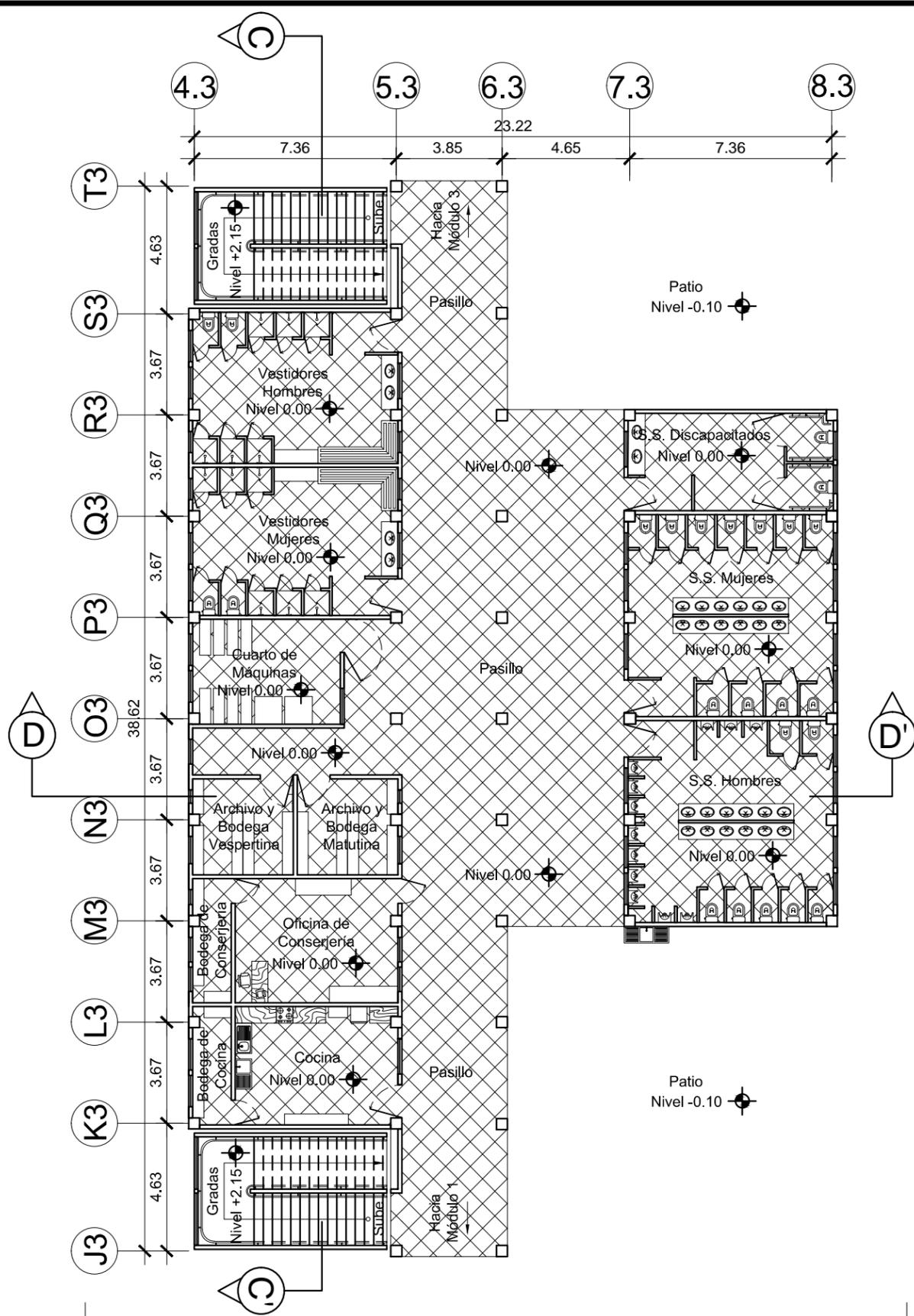
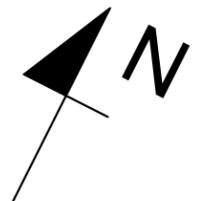
Contenido: Plantas Amuebladas, Módulo 1

Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

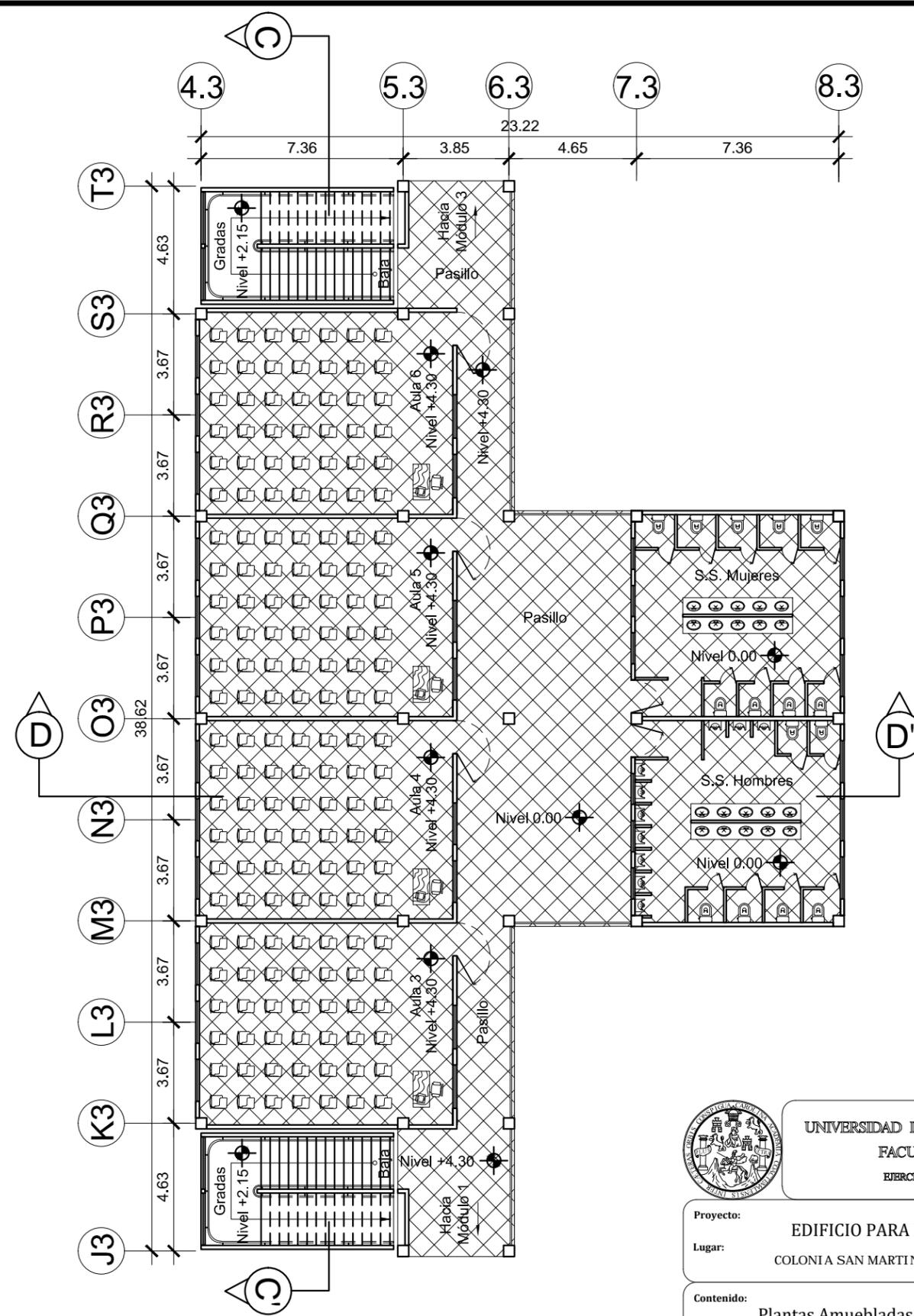
Municipalidad: Chiantula
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Egresista
(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Acorde de E.P.S.

HOJA No.:
3
61



PLANTA AMUEBLADA - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 2
 ESCALA: 1/200



PLANTA AMUEBLADA - PRIMER NIVEL
MÓDULO 2
 ESCALA: 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: **EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA**
 Lugar: **COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

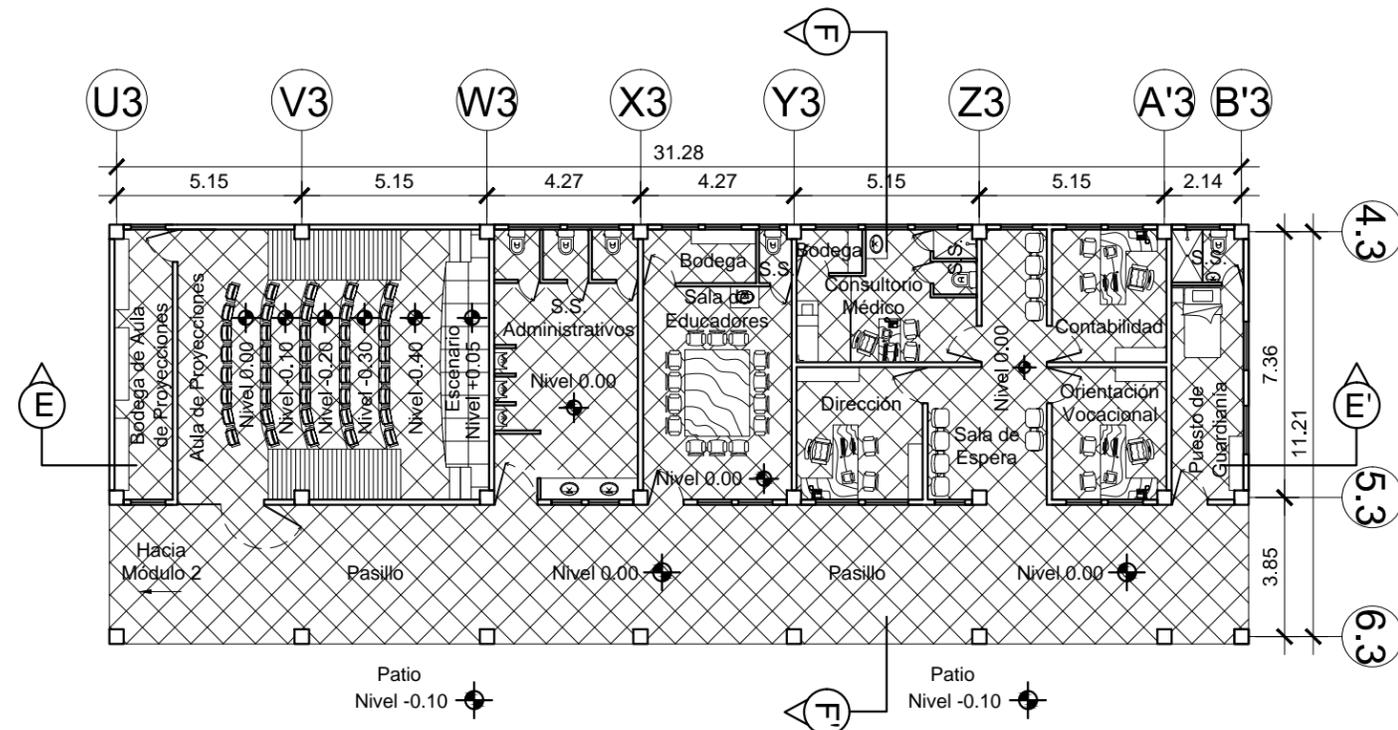
Contenido: **Plantas Amuebladas, Módulo 2**
 Diseño: Dilan Godoy
 Calculó: Dilan Godoy
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla
 Escala: Indicada
 Fecha: Septiembre 2, 021

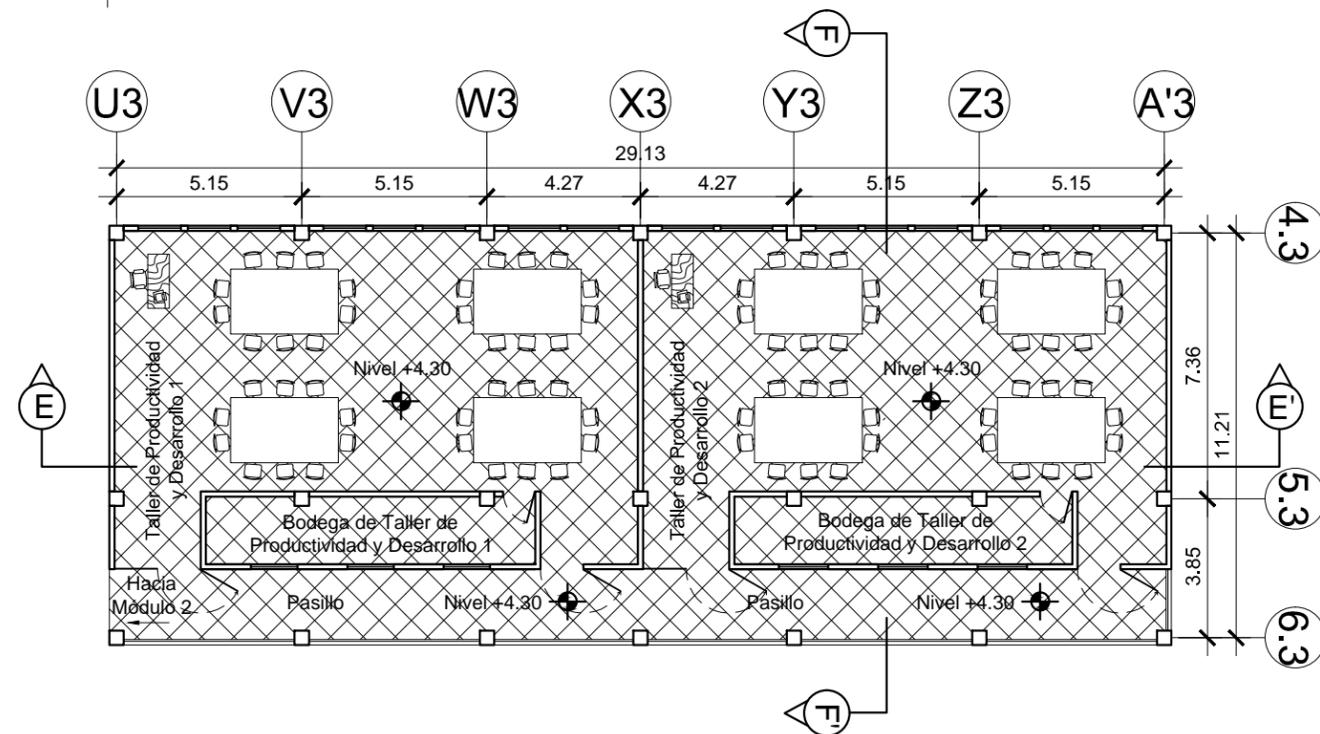
HOJA No.: **4** / 61

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
 Egresista

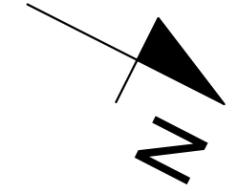
Ing. Manuel Alfredo Arriola Ochoa
 Asesor de E.P.S.



PLANTA AMUEBLADA - PRIMER NIVEL
MÓDULO 3 ESCALA: 1/200



PLANTA AMUEBLADA - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 3 ESCALA: 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

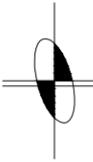
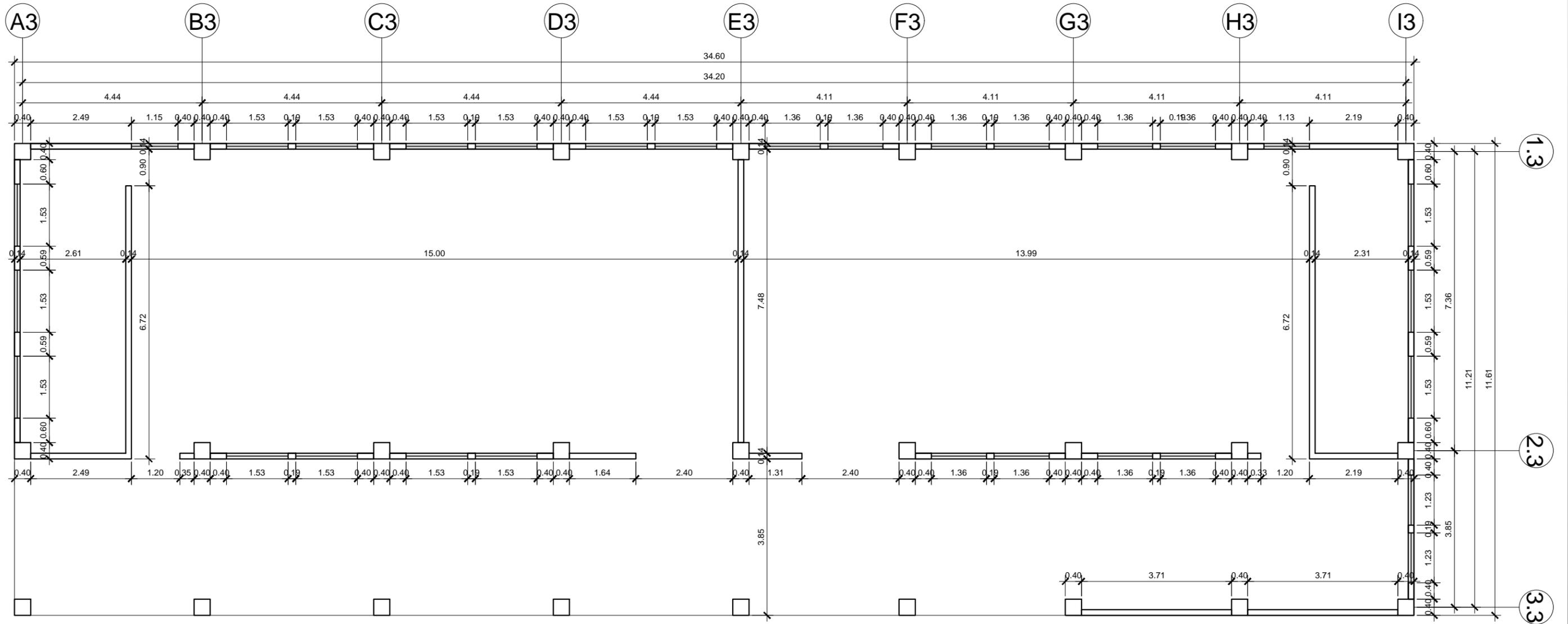
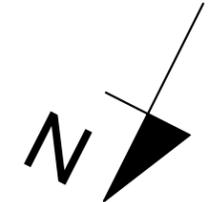
Contenido: Plantas Amuebladas, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy
 Cálculo: Dilan Godoy
 Dibujo: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla
 Escala: Indicada
 Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Egresista
 (2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 Asesor de E.P.S.

HOJA No.:
5
 61



PLANTA ACOTADA - PRIMER NIVEL

MÓDULO 1

ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

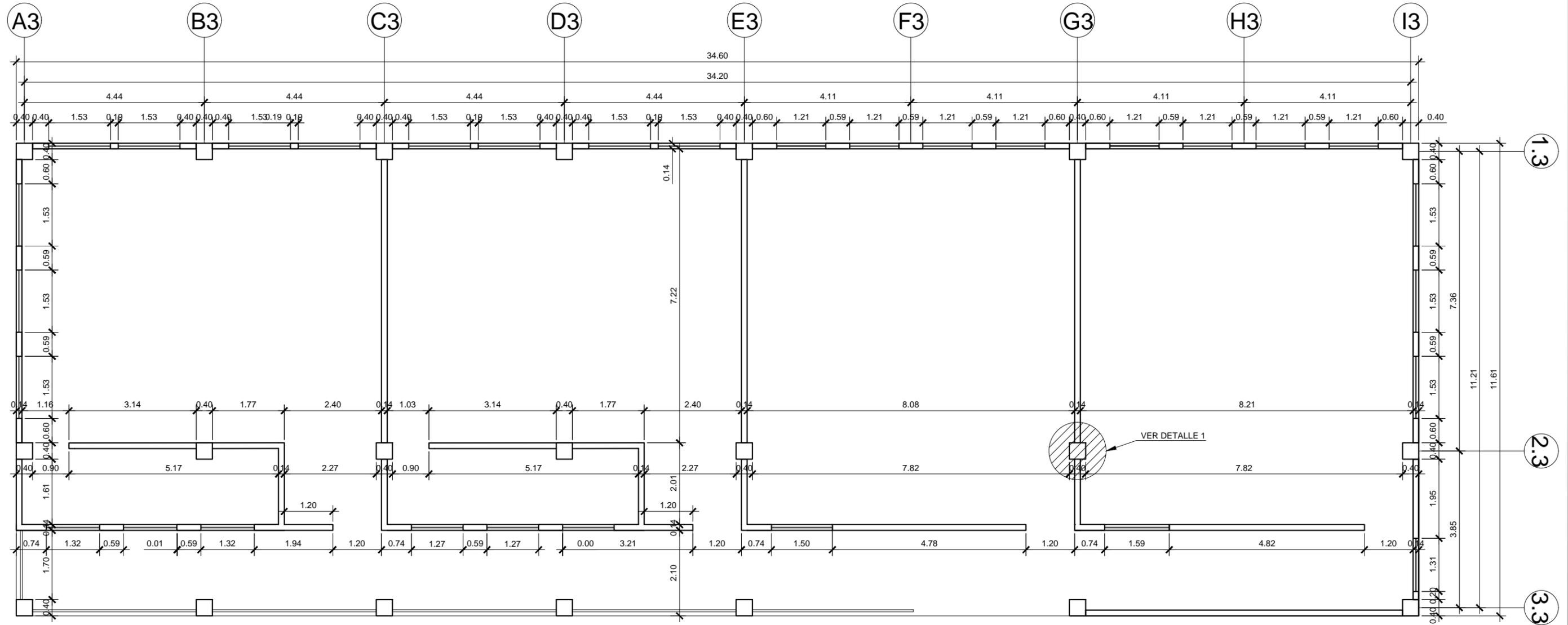
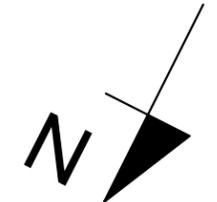
Contenido: Plantas Acotadas, Módulo 1
Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

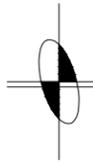
Municipalidad: Chínautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta
Acnur de E.P.S.

HOJA No.: 6 / 61




PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 1

ESCALA: 1/100

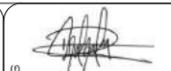


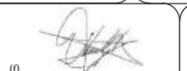
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

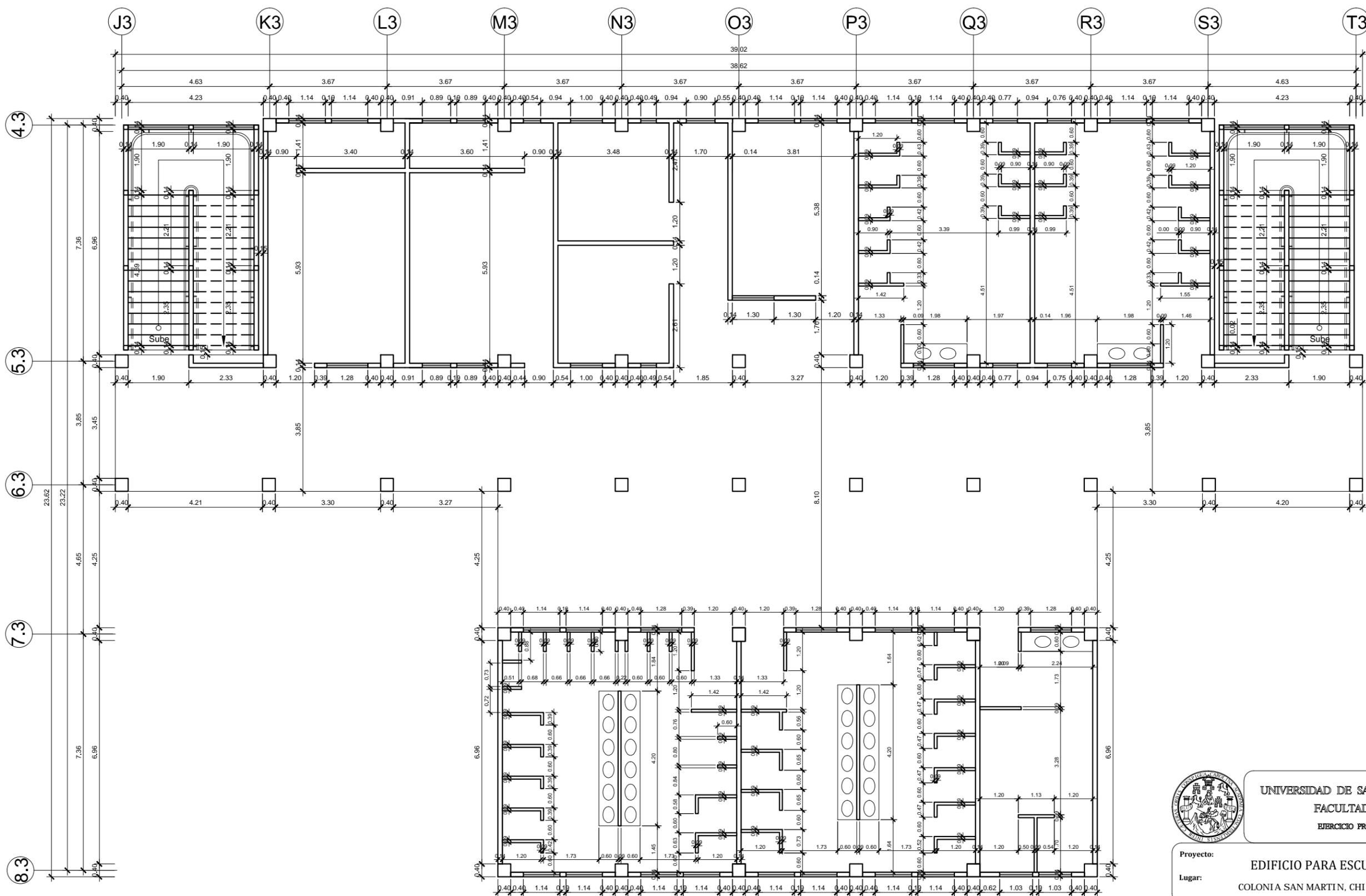
Contenido: Plantas Acotadas, Módulo 1
 Diseño: Dilan Godoy
 Cálculo: Dilan Godoy
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chianautla
 Escala: Indicada
 Fecha: Septiembre 2, 021


 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
 Egresista


 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 Asesor de F.P.S.

HOJA No.:
7
61



PLANTA ACOTADA - PRIMER NIVEL
MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

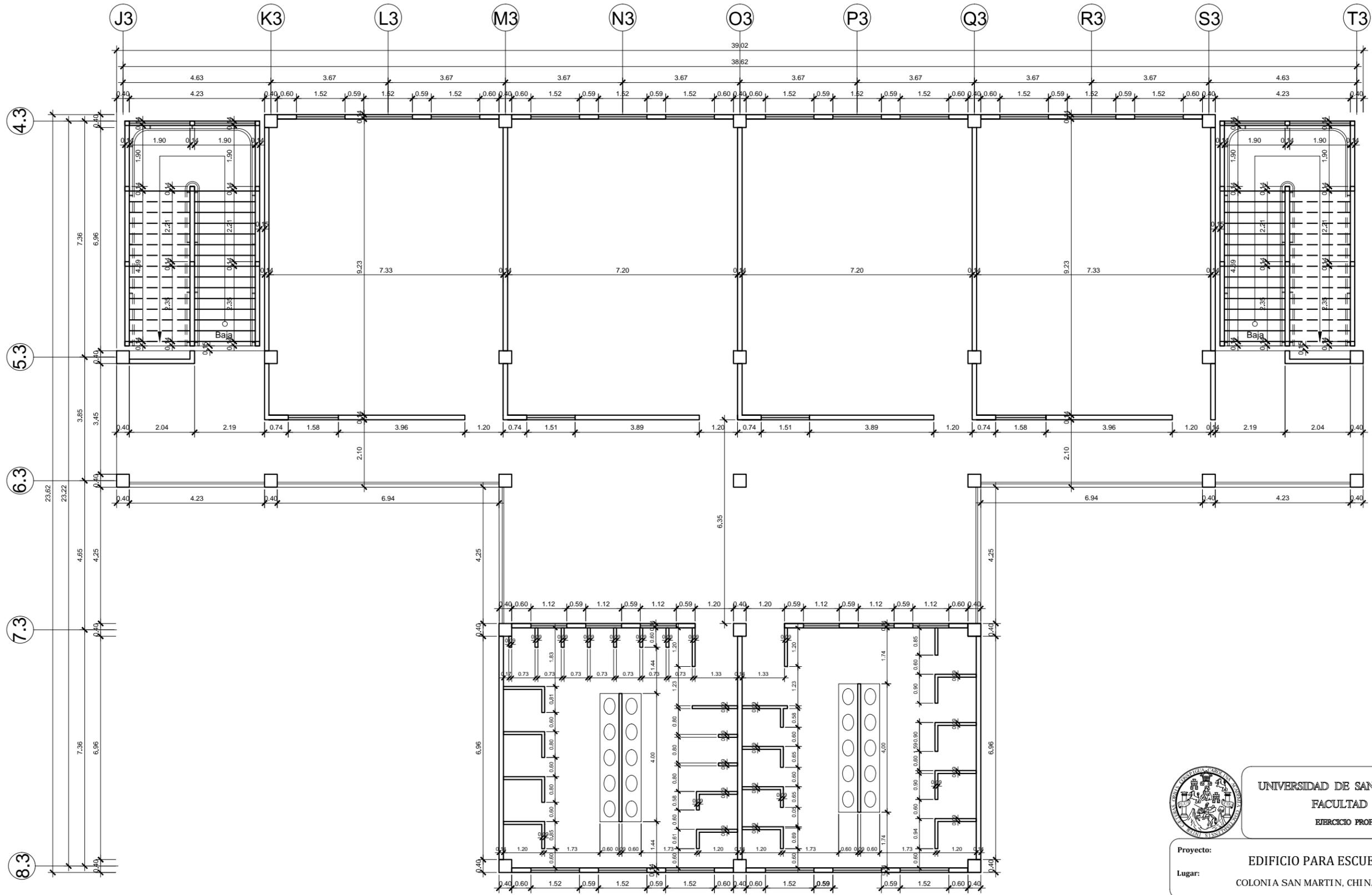
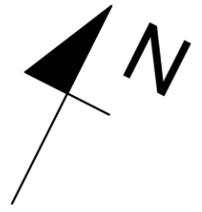
Contenido: Plantas Acotadas, Módulo 2

Diseño: Dilan Godoy
 Cálculo: Dilan Godoy
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula
 Escala: Indicada
 Fecha: Septiembre 2, 021

(f) Egresista
 (f) Asesor de E.P.S.

HOJA No.:
8
61



PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 2
ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

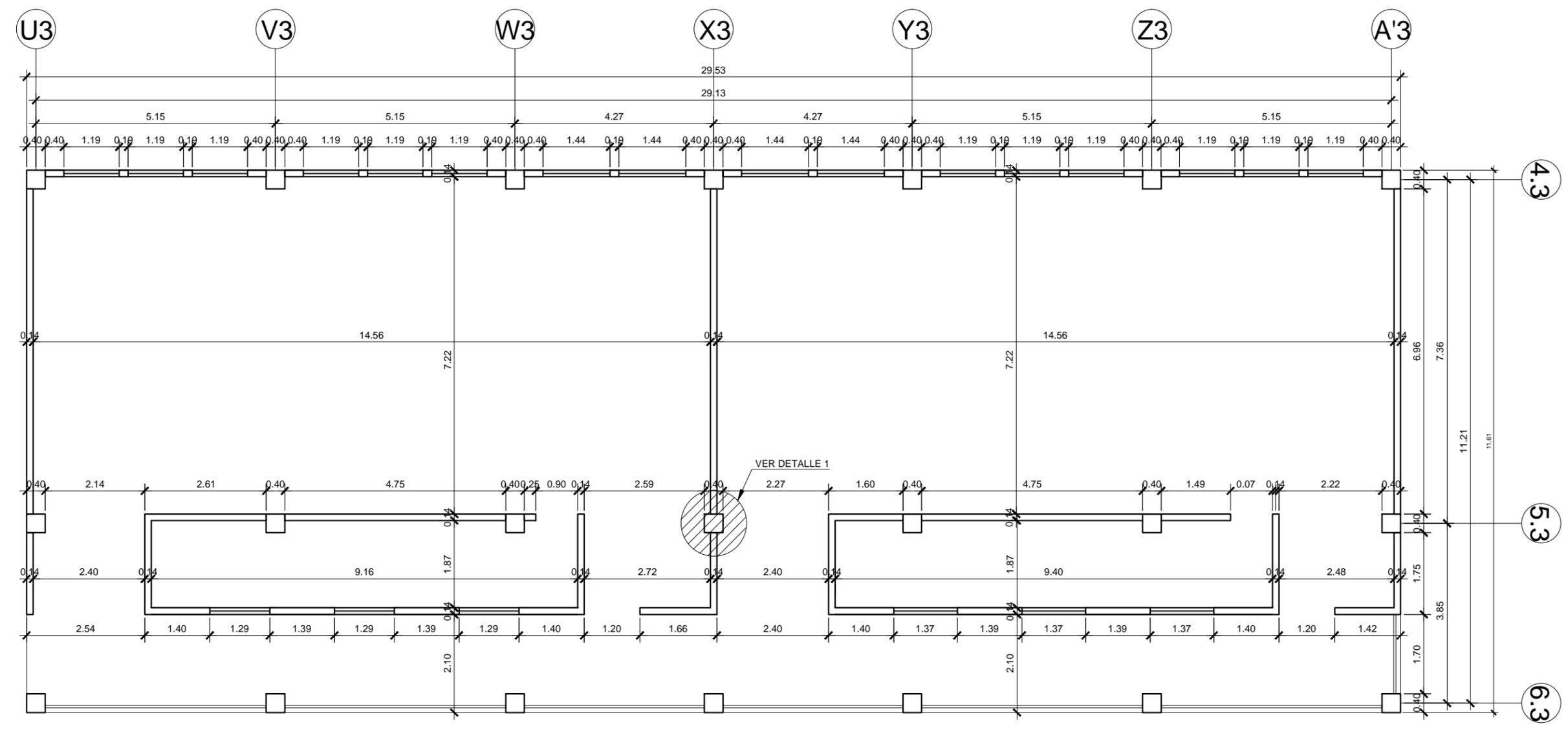
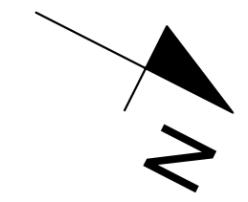
Contenido: Plantas Acotadas, Módulo 2
Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

(Signature)
Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos
Especialista

(Signature)
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta
Asesor de E.P.S.

HOJA No.: 9 / 61



PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 3 ESCALA: 1/100

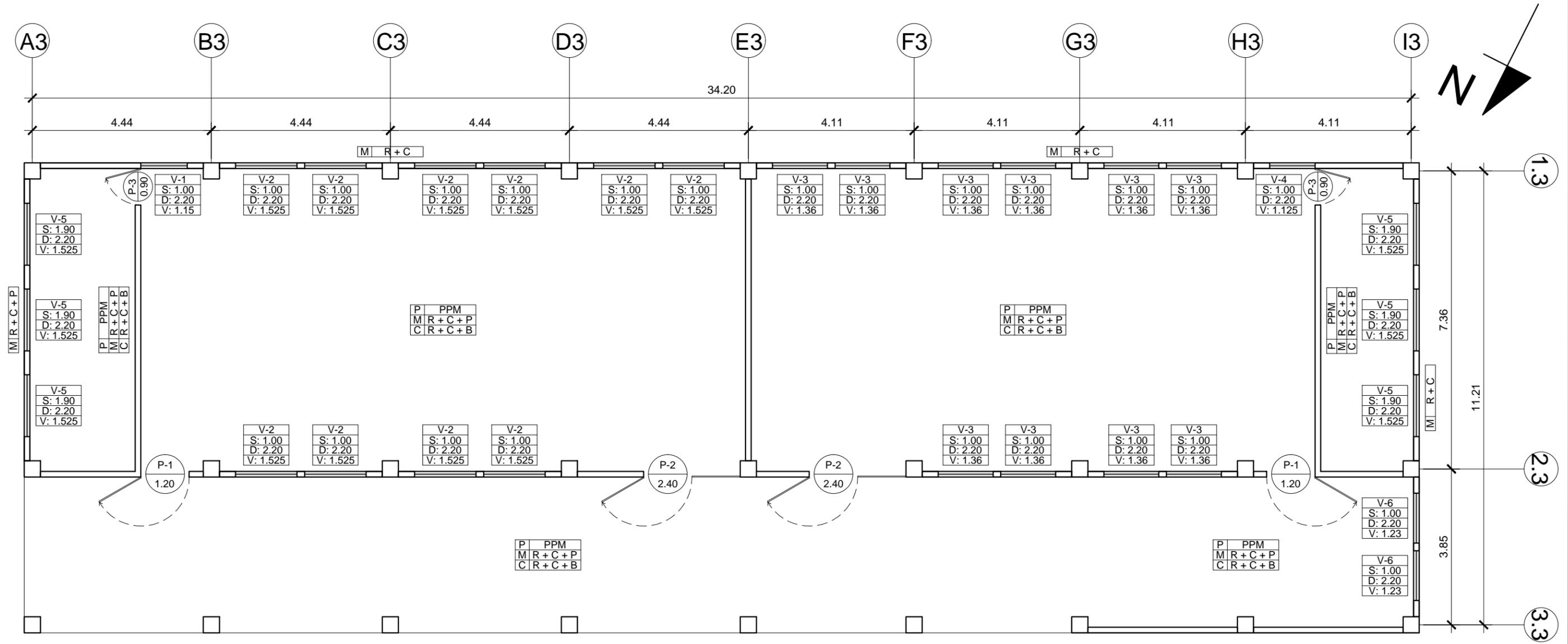


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas Acotadas, Módulo 3
Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta
Arquitecto de E.P.S.
HOJA No.: 11 / 61



P	PISO
M	MURO
C	CIELO

ACABADOS EN PISOS, MUROS Y CIELOS	
ABREVIACION	DESCRIPCION
PPM	PISO DE PORCELANATO TIPO MONTPELLIER MARMOL DE 0.40 M * 0.60 M
R + C + P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R + C + B	REPELLO + CERNIDO + BLANQUEADO
R + C	REPELLO + CERNIDO
—	BARANDA DE METAL

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
V-1	1.15	1.20	METAL	1
V-2	1.525	1.20	METAL	10
V-3	1.36	1.20	METAL	10
V-4	1.125	1.20	METAL	1
V-5	1.525	0.30	METAL	6
V-6	1.23	1.20	METAL	2

PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	HOJAS	MATERIAL	UNIDADES
P-1	1.20	2.20	1	METAL	2
P-2	2.40	2.20	2	METAL	2
P-3	0.90	2.20	1	METAL	2

PLANTA DE ACABADOS - PRIMER NIVEL

MÓDULO 1

ESCALA: 1/100



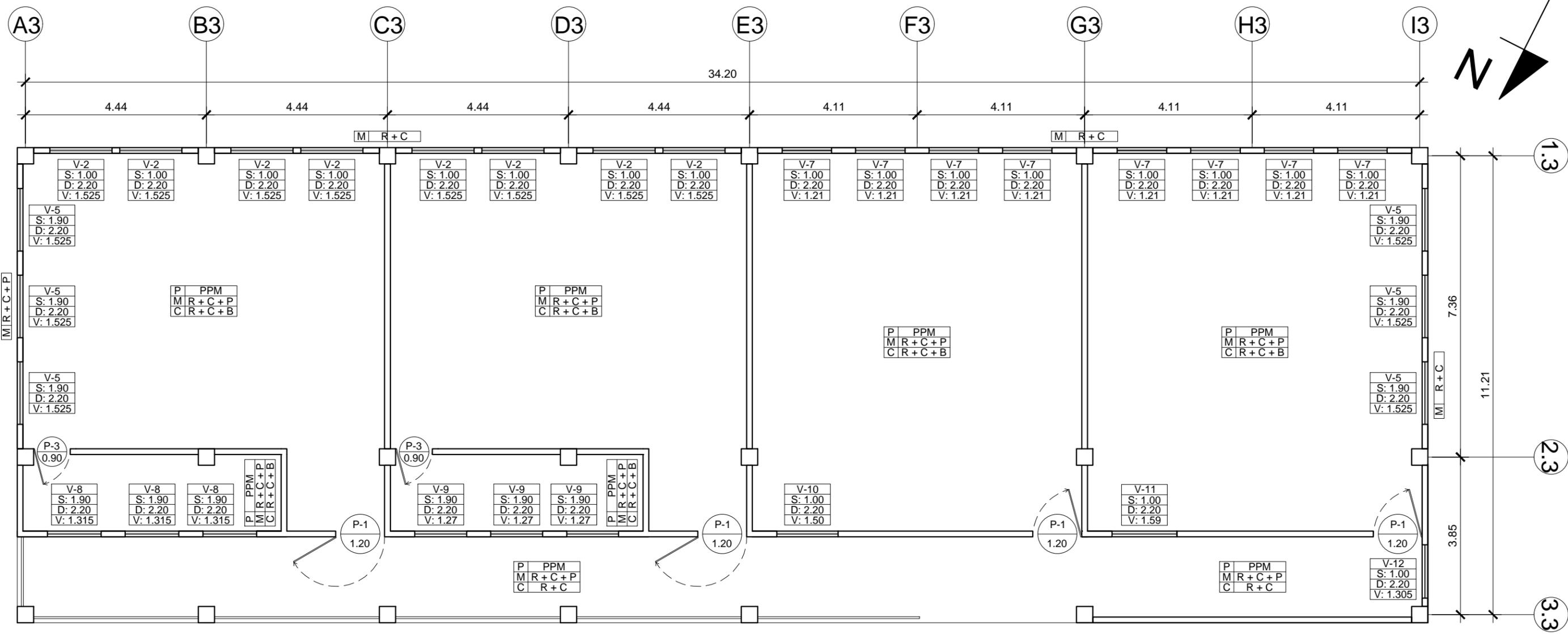
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Acabados, Módulo 1
Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 12 / 61



P	PISO
M	MURO
C	CIELO

ACABADOS EN PISOS, MUROS Y CIELOS	
ABREVIACION	DESCRIPCION
PPM	PISO DE PORCELANATO TIPO MONTPELLIER MARMOL DE 0.40 M * 0.60 M
R + C + P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R + C + B	REPELLO + CERNIDO + BLANQUEADO
R + C	REPELLO + CERNIDO
—	BARANDA DE METAL

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
V-2	1.525	1.20	METAL	8
V-5	1.525	0.30	METAL	6
V-7	1.21	1.20	METAL	8
V-8	1.315	0.30	METAL	3
V-9	1.27	0.30	METAL	3
V-10	1.50	1.20	METAL	1
V-11	1.59	1.20	METAL	1
V-12	1.305	1.20	METAL	1

PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	HOJAS	MATERIAL	UNIDADES
P-1	1.20	2.20	1	METAL	4
P-3	0.90	2.20	1	METAL	2

PLANTA DE ACABADOS - SEGUNDO NIVEL

MÓDULO 1

ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

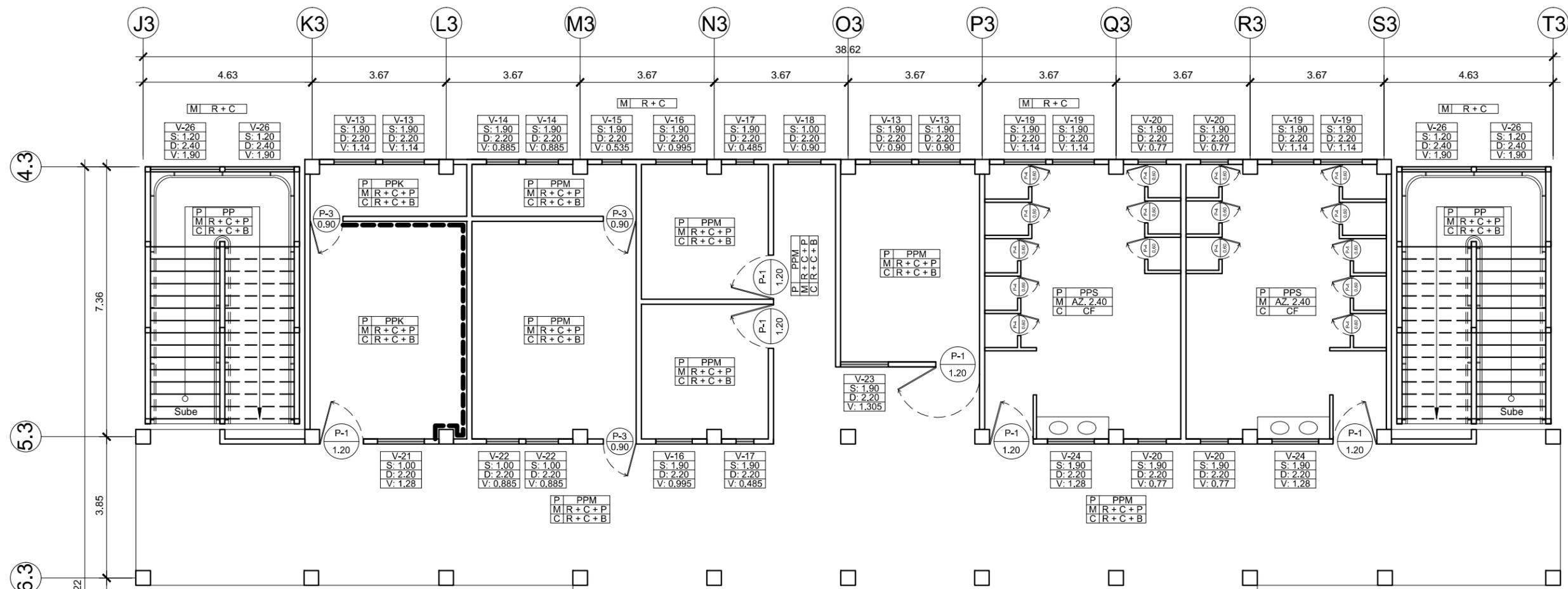
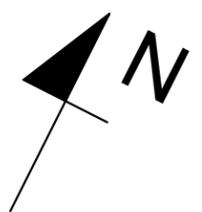
Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Acabados, Módulo 1
Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 13 / 61

Ing. Manuel Alfredo Arriola Ochoa
Acorde de E.P.S.



P	PISO
M	MURO
C	CIELO

ACABADOS EN PISOS, MUROS Y CIELOS	
ABREVIACION	DESCRIPCION
PPM	PISO DE PORCELANATO TIPO MONTPELLIER MARMOL DE 0.40 M * 0.60 M
PPS	PISO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.40 M * 0.40 M
PPK	PISO CERAMICO ESMALTADO KRONOS DE DE 0.30 M * 0.30 M
R + C + P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R + C + B	REPELLO + CERNIDO + BLANQUEADO
R + C	REPELLO + CERNIDO
AZ. 2.40	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 2.40 M
CF	CIELO FALSO A UNA ALTURA DE 2.40 M
	BARRAS DE ACERO INOXIDABLE DE Ø 2"
	BARANDA DE METAL
	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 1.40 M

PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	HOJAS	MATERIAL	UNIDADES
P-1	1.20	2.20	1	METAL	9
P-3	0.90	2.20	1	METAL	3
P-4	0.60	1.60	1	METAL	34
P-5	1.20	2.20	1	METAL	2

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
V-13	1.14	0.30	METAL	4
V-14	0.885	0.30	METAL	2
V-15	0.535	0.30	METAL	1
V-16	0.995	0.30	METAL	2
V-17	0.485	0.30	METAL	2
V-18	0.90	1.20	METAL	1
V-19	1.14	0.30	METAL TIPO SIFON	16
V-20	0.77	0.30	METAL TIPO SIFON	4
V-21	1.28	1.20	METAL	1
V-22	0.885	1.20	METAL	2
V-23	1.305	0.30	METAL	1
V-24	1.28	0.30	METAL TIPO SIFON	5
V-25	1.03	0.30	METAL TIPO SIFON	2
V-26	1.90	1.20	METAL	4

PLANTA DE ACABADOS - PRIMER NIVEL

MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

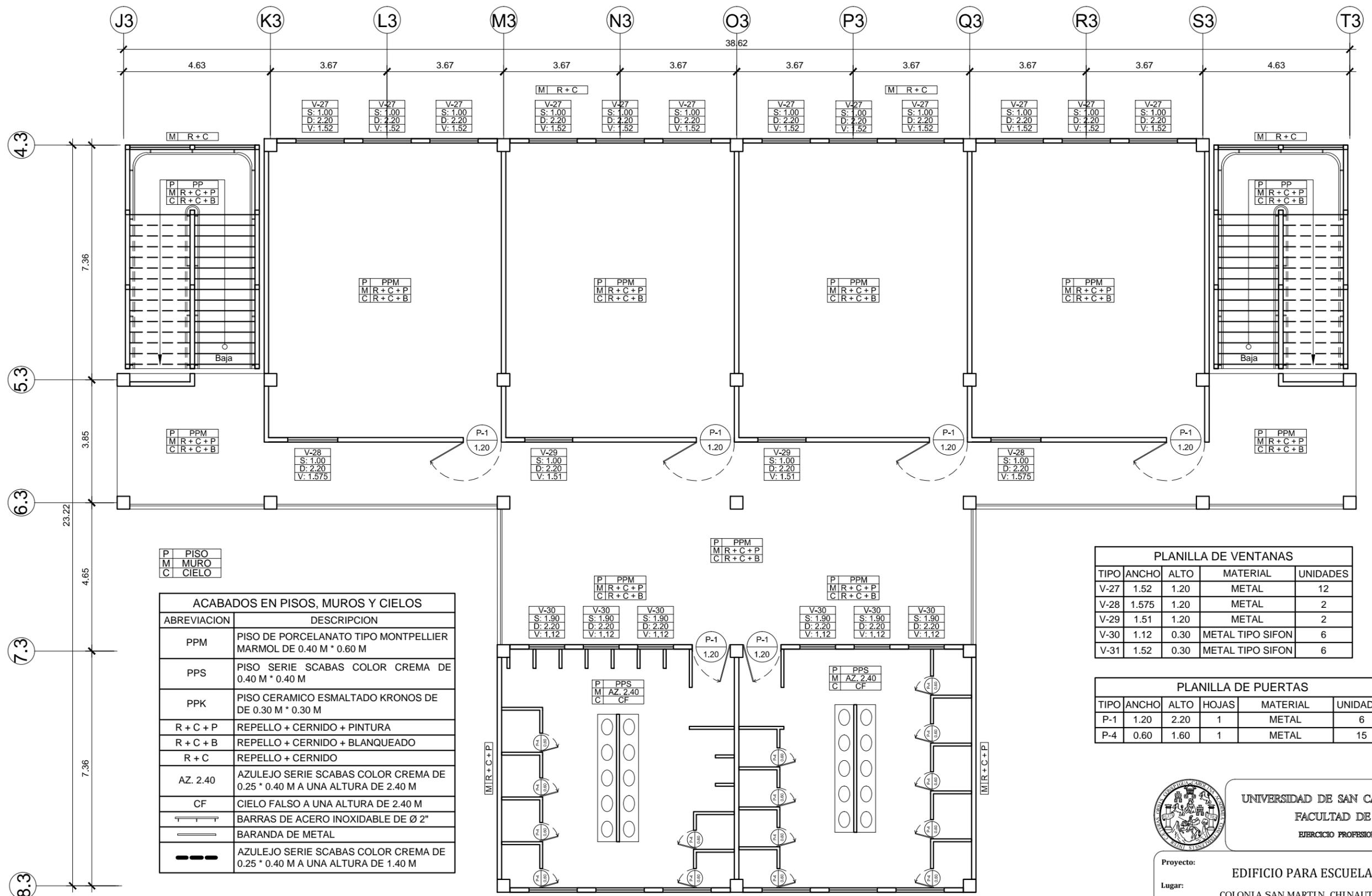
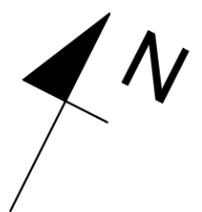
Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Acabados, Módulo 2
Diseño: Dilan Godoy
Cálculo: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinnautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochueta
Arquitecto de E.P.S.

HOJA No.: 14 / 61



ACABADOS EN PISOS, MUROS Y CIELOS	
ABREVIACION	DESCRIPCION
PPM	PISO DE PORCELANATO TIPO MONTPELLIER MARMOL DE 0.40 M * 0.60 M
PPS	PISO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.40 M * 0.40 M
PPK	PISO CERAMICO ESMALTADO KRONOS DE DE 0.30 M * 0.30 M
R + C + P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R + C + B	REPELLO + CERNIDO + BLANQUEADO
R + C	REPELLO + CERNIDO
AZ. 2.40	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 2.40 M
CF	CIELO FALSO A UNA ALTURA DE 2.40 M
	BARRAS DE ACERO INOXIDABLE DE Ø 2"
	BARANDA DE METAL
	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 1.40 M

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
V-27	1.52	1.20	METAL	12
V-28	1.575	1.20	METAL	2
V-29	1.51	1.20	METAL	2
V-30	1.12	0.30	METAL TIPO SIFON	6
V-31	1.52	0.30	METAL TIPO SIFON	6

PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	HOJAS	MATERIAL	UNIDADES
P-1	1.20	2.20	1	METAL	6
P-4	0.60	1.60	1	METAL	15

PLANTA DE ACABADOS - SEGUNDO NIVEL

MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

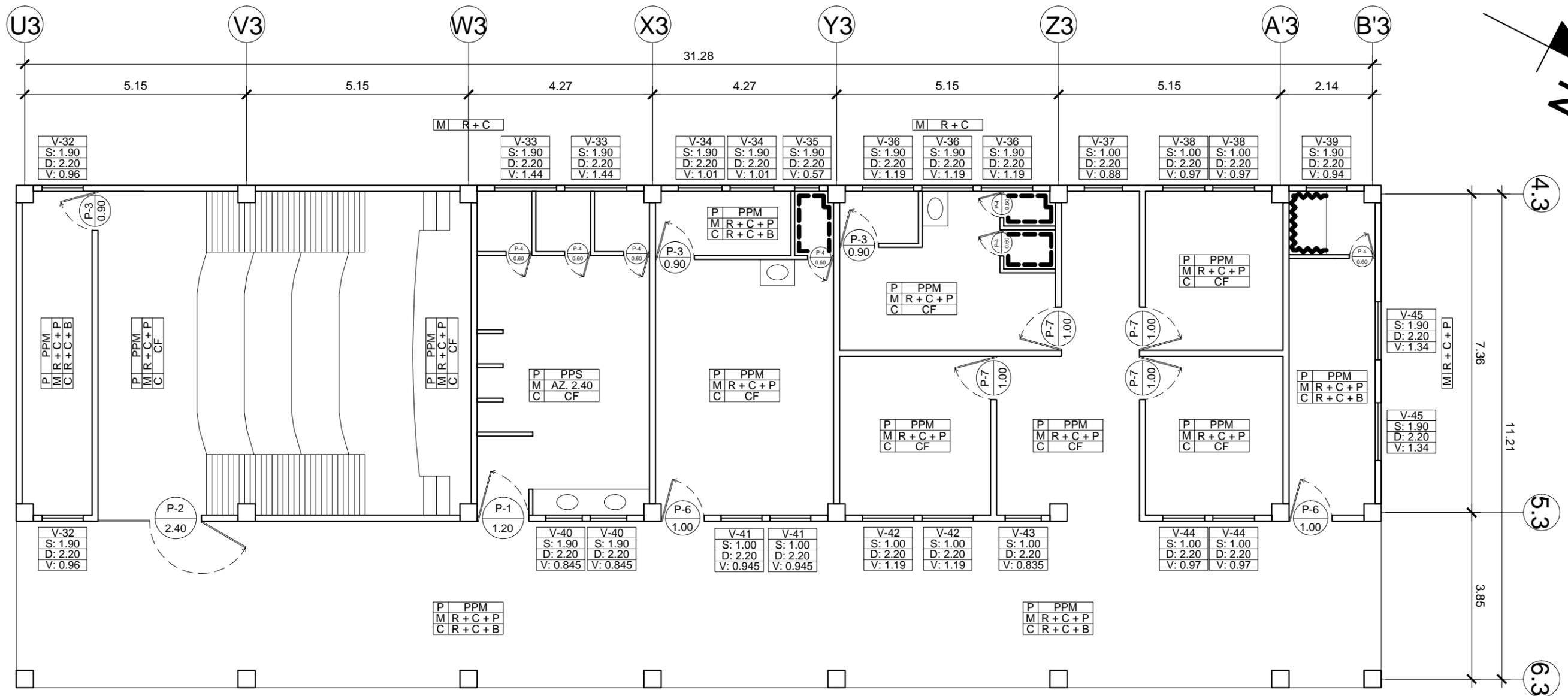
Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Acabados, Módulo 2
Diseño: Dilan Godoy
Calculó: Dilan Godoy
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chినautla
Escala: Indicada
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 15 / 61

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
Amor de E.P.S.



PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	HOJAS	MATERIAL	UNIDADES
P-1	1.20	2.20	1	METAL	1
P-2	2.40	2.20	2	METAL	1
P-3	0.90	2.20	1	METAL	3
P-4	0.60	1.60	1	METAL	7
P-6	1.00	2.20	1	METAL	2
P-7	1.00	2.20	1	ALUMINIO + VIDRIO	4

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
V-32	0.96	0.30	METAL	2
V-33	1.44	0.30	METAL TIPO SIFON	2
V-34	1.01	0.30	METAL	2
V-35	0.57	0.30	METAL TIPO SIFON	1
V-36	1.19	0.30	METAL	3
V-37	0.88	1.20	METAL	1
V-38	0.97	1.20	METAL	2
V-39	0.94	0.30	METAL TIPO SIFON	1
V-40	0.845	0.30	METAL	2
V-41	0.945	1.20	METAL	2
V-42	1.19	1.20	METAL	2
V-43	0.835	1.20	METAL	1
V-44	0.97	1.20	METAL	2
V-45	1.34	0.30	METAL	2

P	PISO
M	MURO
C	CIELO

ACABADOS EN PISOS, MUROS Y CIELOS	
ABREVIACION	DESCRIPCION
PPM	PISO DE PORCELANATO TIPO MONTPELLIER MARMOL DE 0.40 M * 0.60 M
PPS	PISO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.40 M * 0.40 M
R + C + P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R + C + B	REPELLO + CERNIDO + BLANQUEADO
R + C	REPELLO + CERNIDO
AZ. 2.40	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 2.40 M
CF	CIELO FALSO A UNA ALTURA DE 2.40 M
—	BARANDA DE METAL
---	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 2.40 M
~~~~	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 1.80 M

# PLANTA DE ACABADOS - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 3

ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

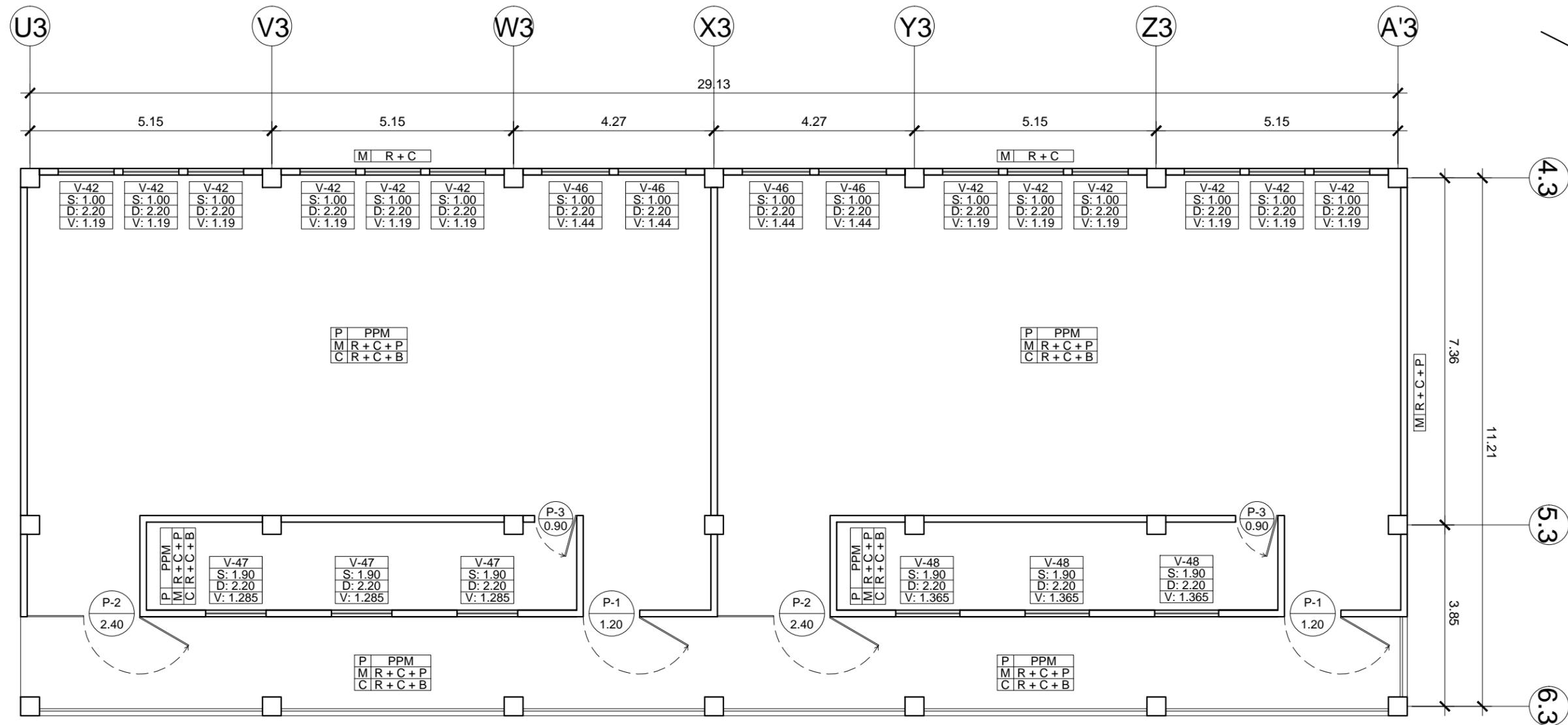
Contenido: Plantas De Acabados, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chianautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Arquitecto de E.P.S.

HOJA No.: 16 / 61



PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	HOJAS	MATERIAL	UNIDADES
P-1	1.20	2.20	1	METAL	2
P-2	2.40	2.20	2	METAL	2
P-3	0.90	2.20	1	METAL	2

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
V-42	1.19	1.20	METAL	12
V-46	1.44	1.20	METAL	4
V-47	1.285	0.30	METAL	3
V-48	1.365	0.30	METAL	3

P	PISO
M	MURO
C	CIELO

ACABADOS EN PISOS, MUROS Y CIELOS	
ABREVIACION	DESCRIPCION
PPM	PISO DE PORCELANATO TIPO MONTPELLIER MARMOL DE 0.40 M * 0.60 M
PPS	PISO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.40 M * 0.40 M
R + C + P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R + C + B	REPELLO + CERNIDO + BLANQUEADO
R + C	REPELLO + CERNIDO
AZ. 2.40	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 2.40 M
CF	CIELO FALSO A UNA ALTURA DE 2.40 M
—	BARANDA DE METAL
---	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 2.40 M
~	AZULEJO SERIE SCABAS COLOR CREMA DE 0.25 * 0.40 M A UNA ALTURA DE 1.80 M

## PLANTA DE ACABADOS - SEGUNDO NIVEL

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Acabados, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde de E.P.S.

HOJA No.: 17 / 61



**ELEVACIÓN FRONTAL**  
 ESCALA: 1/250



**ELEVACIÓN LATERAL**  
 ESCALA: 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

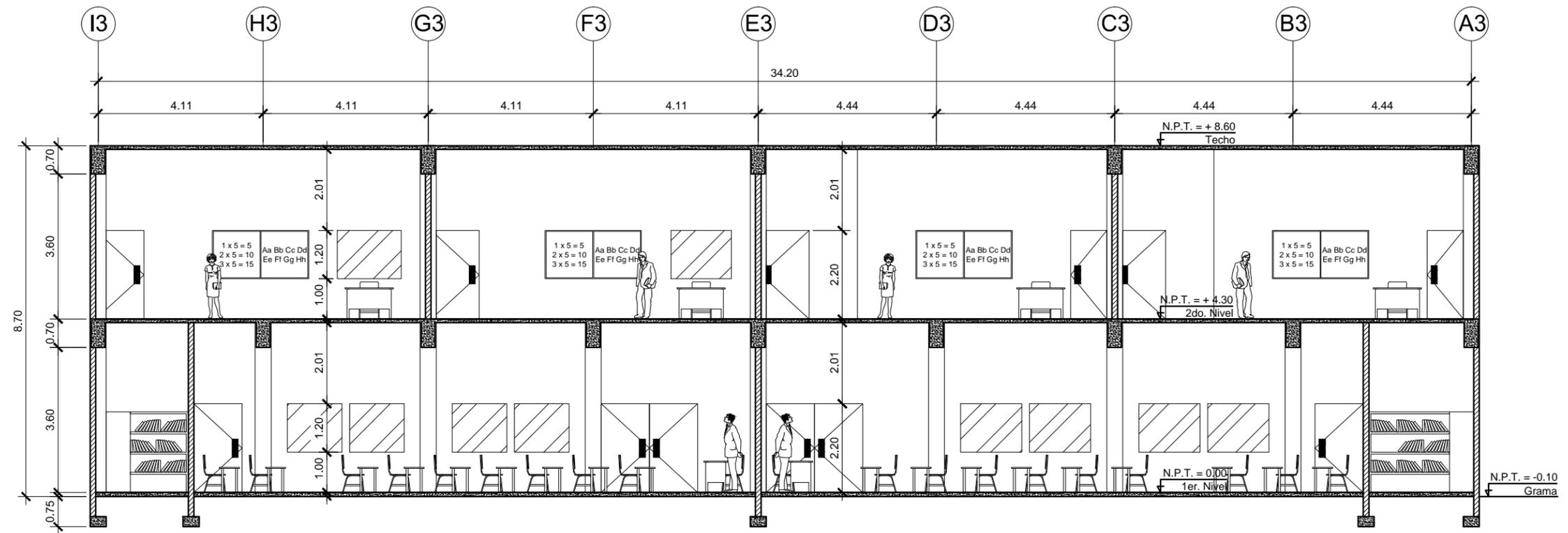
Contenido: Elevaciones  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

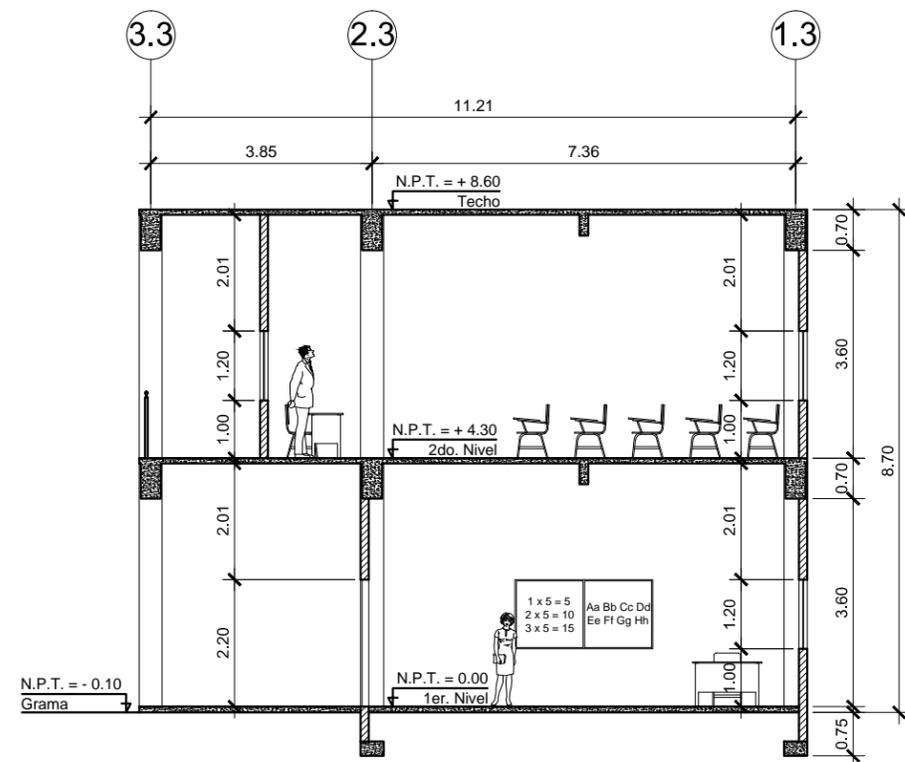
(1)   
 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

(2)   
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
 Acorde de E.P.S.

HOJA No.: 18 / 61



**SECCIÓN A-A'**  
**MÓDULO 1** ESCALA: 1/125



**SECCIÓN B-B'**  
**MÓDULO 1** ESCALA: 1/125



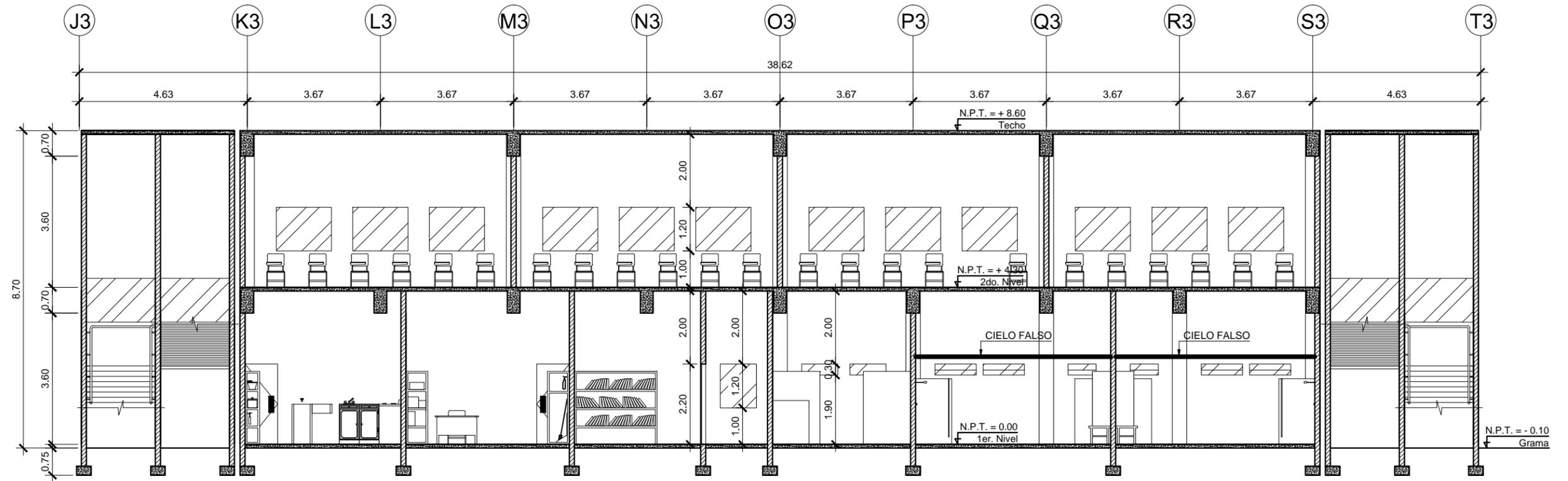
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

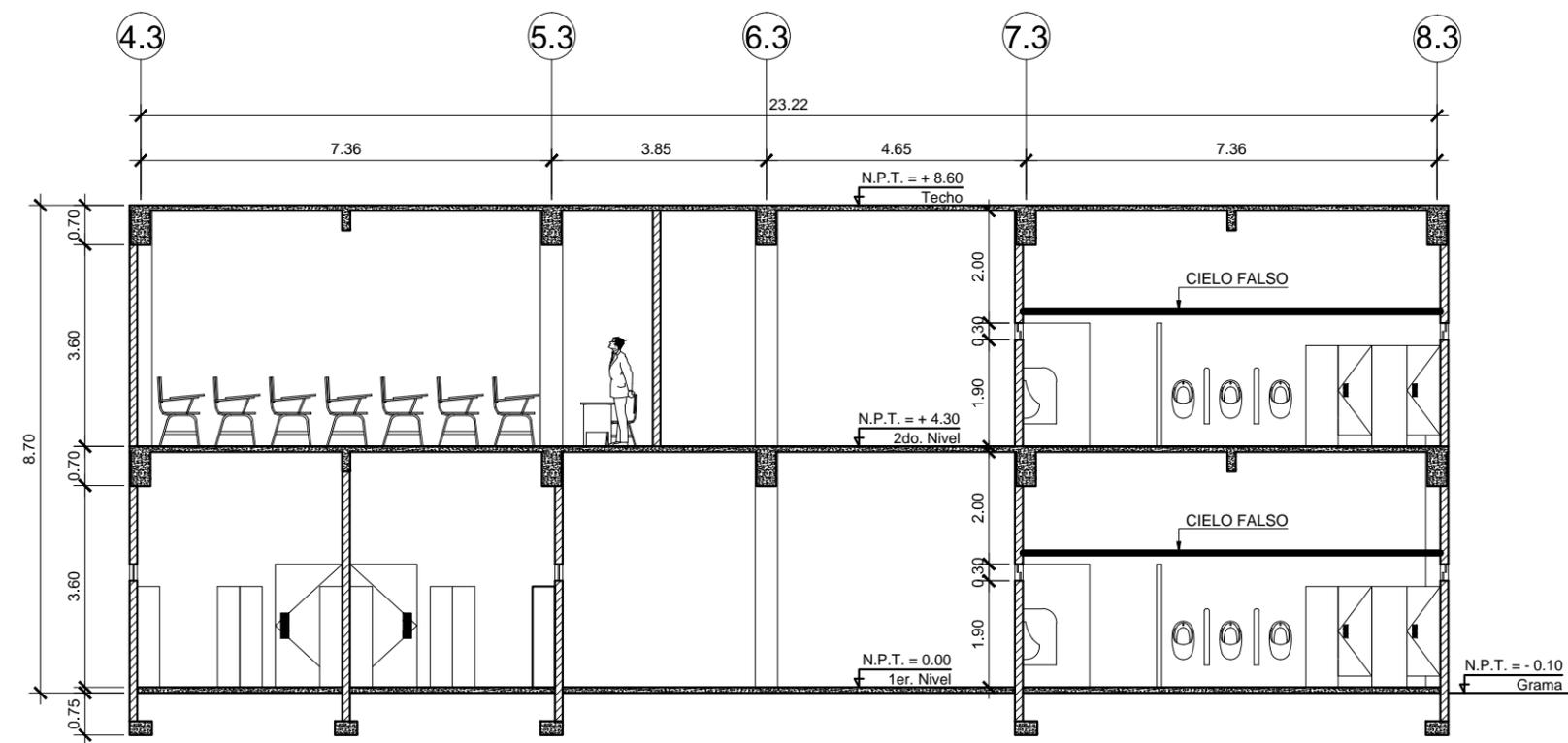
Contenido: Secciones, Módulo 1  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021  
 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista  
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
 Asesor de E.P.S.

HOJA No.:  
 19 / 61



**SECCIÓN C-C'**  
**MÓDULO 2** ESCALA: 1/125



**SECCIÓN D-D'**  
**MÓDULO 2** ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

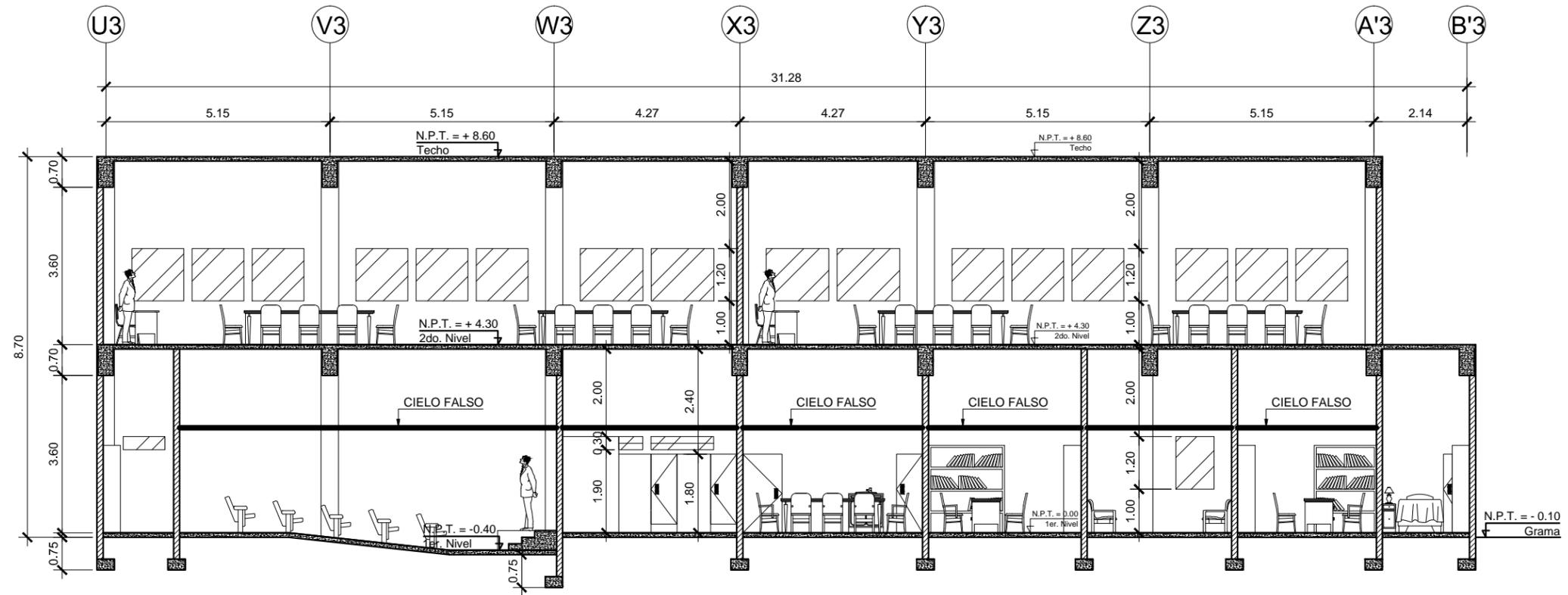
Contenido: Secciones, Módulo 2  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

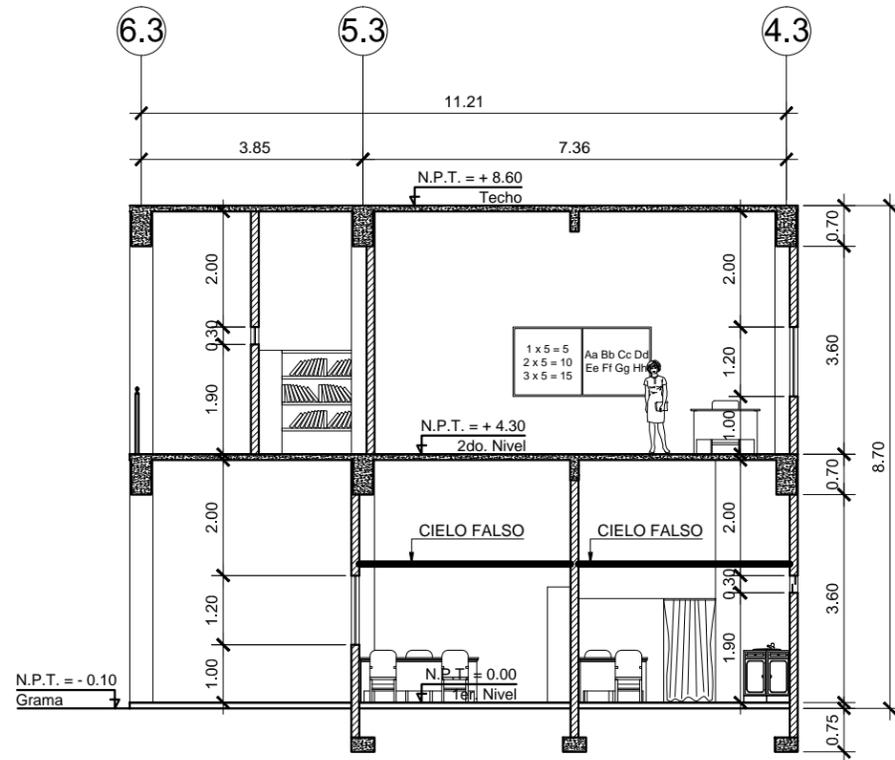
HOJA No.: 20 / 61

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Aмор de E.P.S.



**SECCIÓN E-E'**  
**MÓDULO 3** ESCALA: 1/125



**SECCIÓN F-F'**  
**MÓDULO 3** ESCALA: 1/125

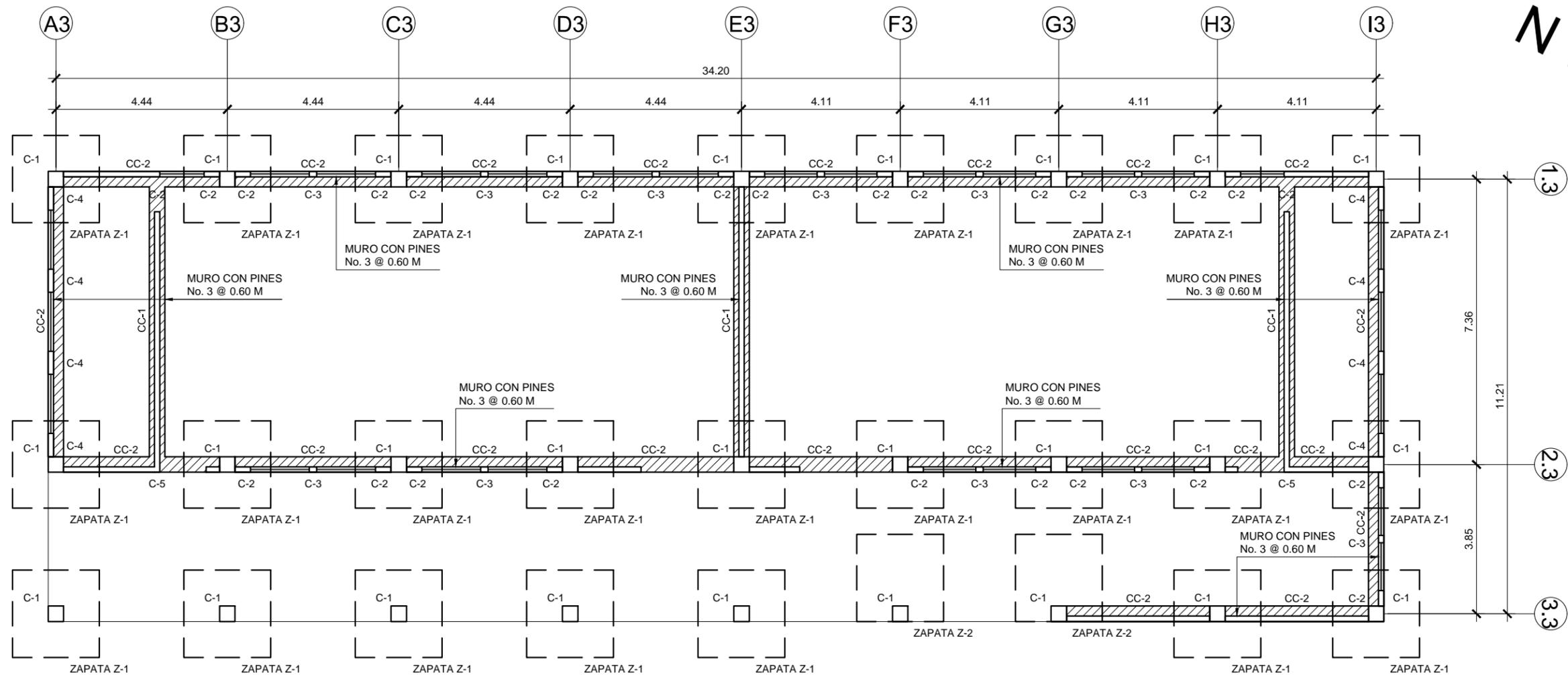


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Secciones, Módulo 3  
 Diseñó: Dilan Godoy  
 Calculó: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021  
 HOJA No.: 21 / 61



# PLANTA DE CIMENTACIONES - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Cimentaciones, Módulo 1

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula

Escala: Indicada

Fecha: Septiembre 2, 021

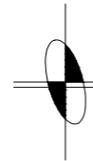
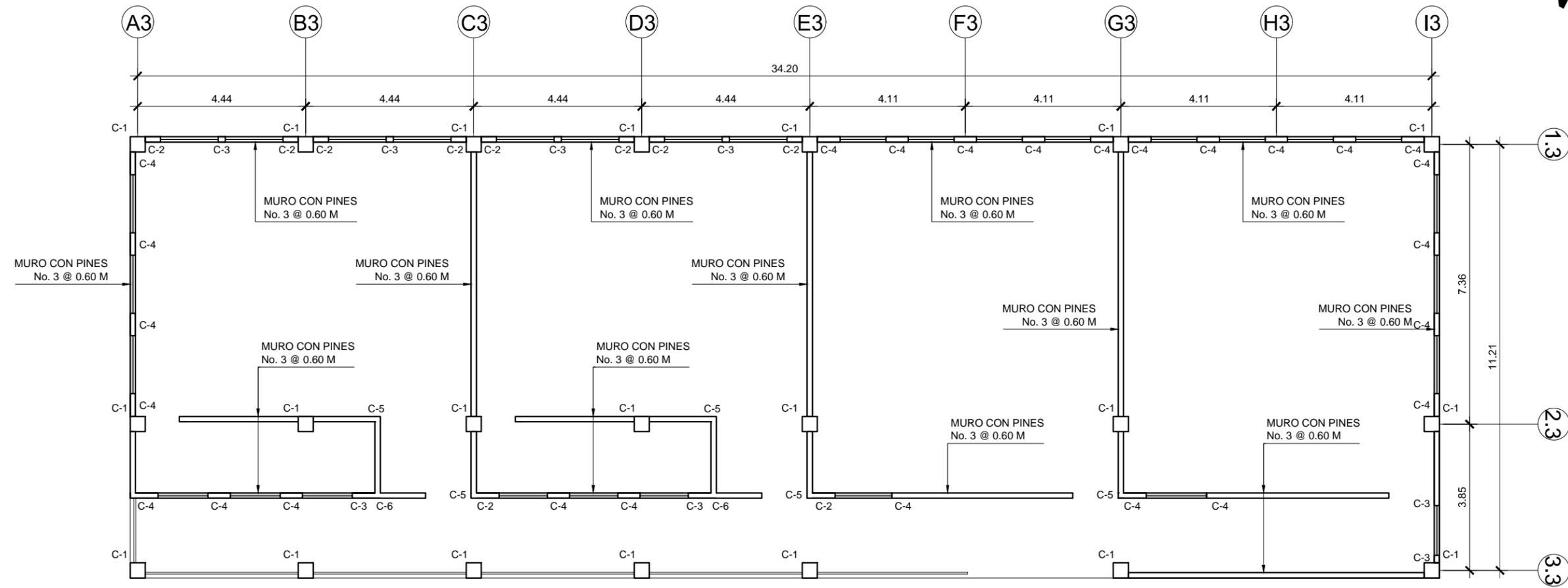
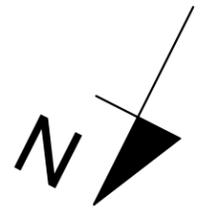
(1)   
Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

(2)   
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Acorde de E.P.S.

HOJA No.:

22

61



**PLANTA DE CIMENTACIONES - SEGUNDO NIVEL**  
**MÓDULO 1**

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

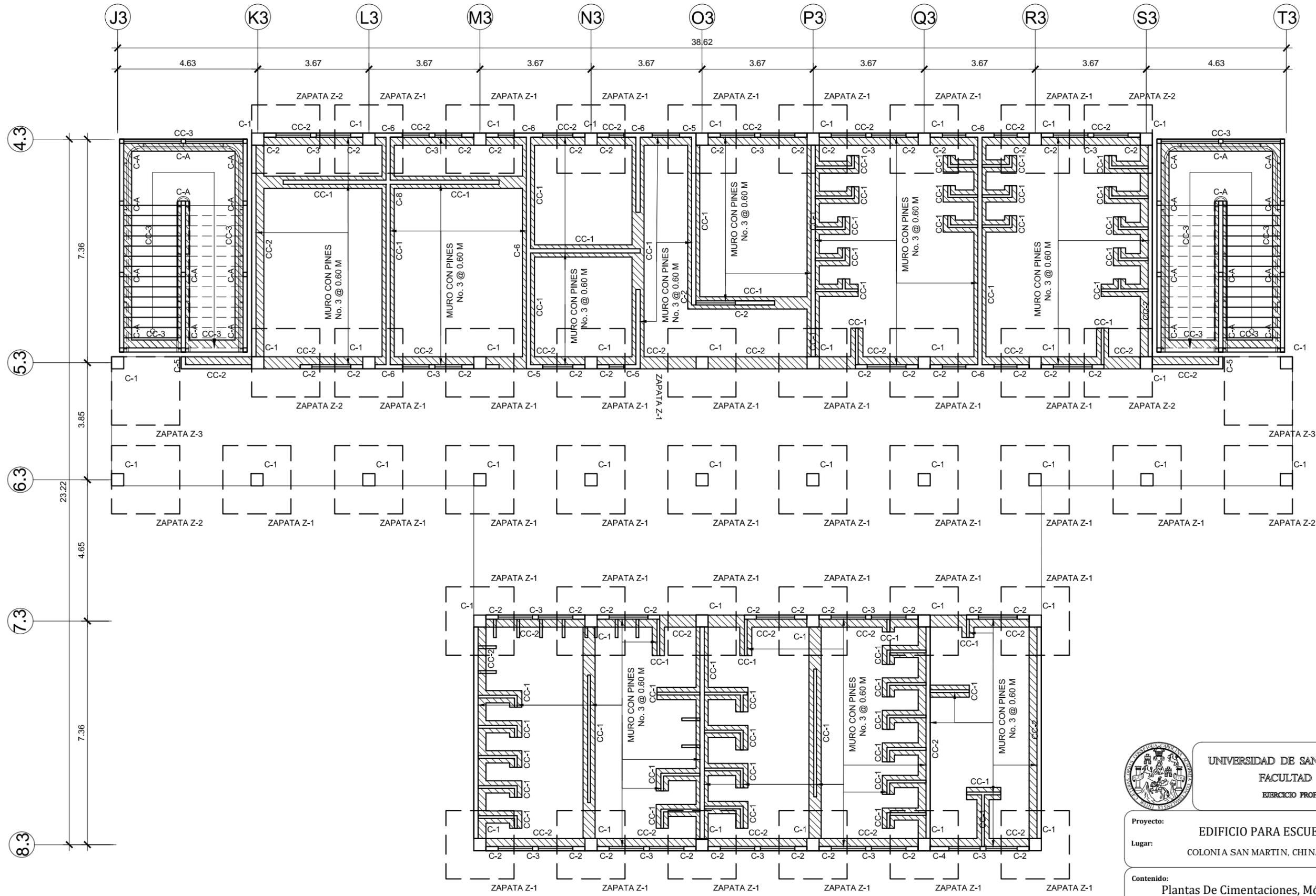
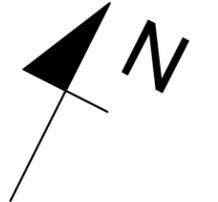
Contenido: Plantas De Cimentaciones, Módulo 1  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
 Acorde de E.P.S.

HOJA No.: 23 / 61



**PLANTA DE CIMENTACIONES - SEGUNDO NIVEL**  
**MÓDULO 2**  
 ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

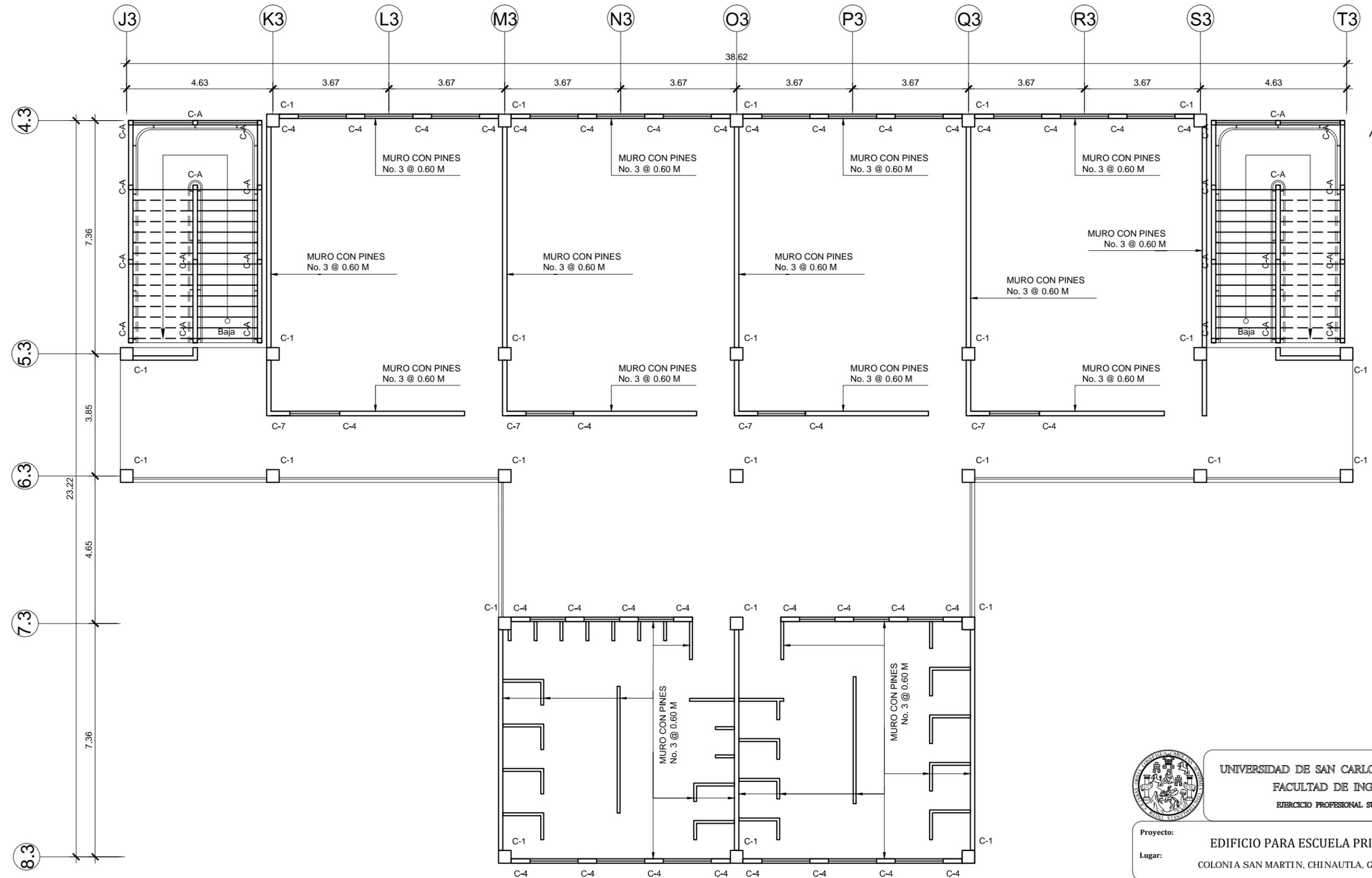
Proyecto: **EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA**  
 Lugar: **COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

Contenido: **Plantas De Cimentaciones, Módulo 2**  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: **24** / 61

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Asesor de E.P.S.



**PLANTA DE CIMENTACIONES - SEGUNDO NIVEL**  
**MÓDULO 2**

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: **EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA**  
 Lugar: **COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

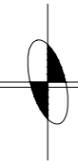
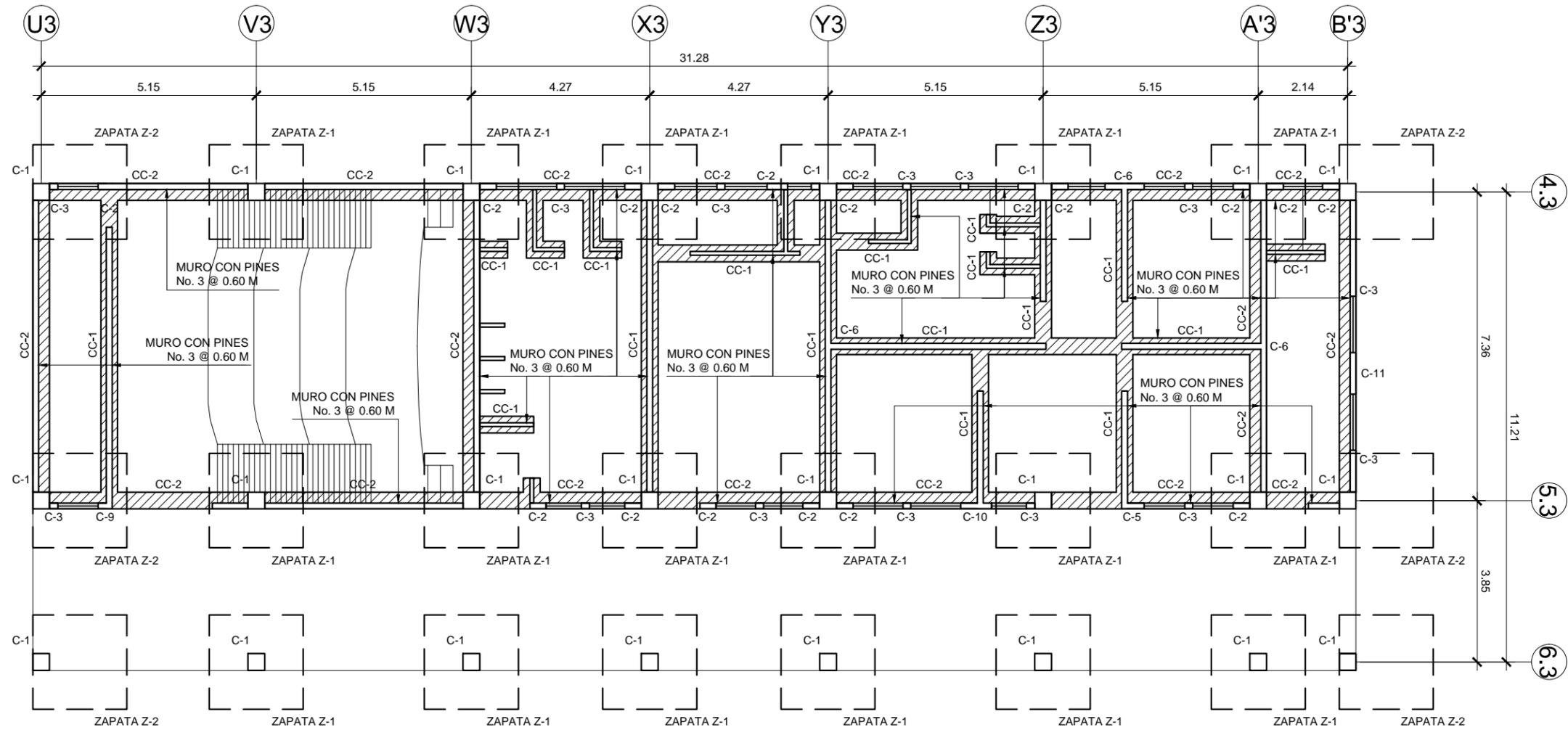
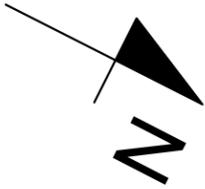
Contenido: **Plantas De Cimentaciones, Módulo 2**

Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Egresista  
 (2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
 Asesor de E.P.S.

HOJA No.: **25**  
**61**



# PLANTA DE CIMENTACIONES - SEGUNDO NIVEL

## MÓDULO 3

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

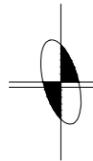
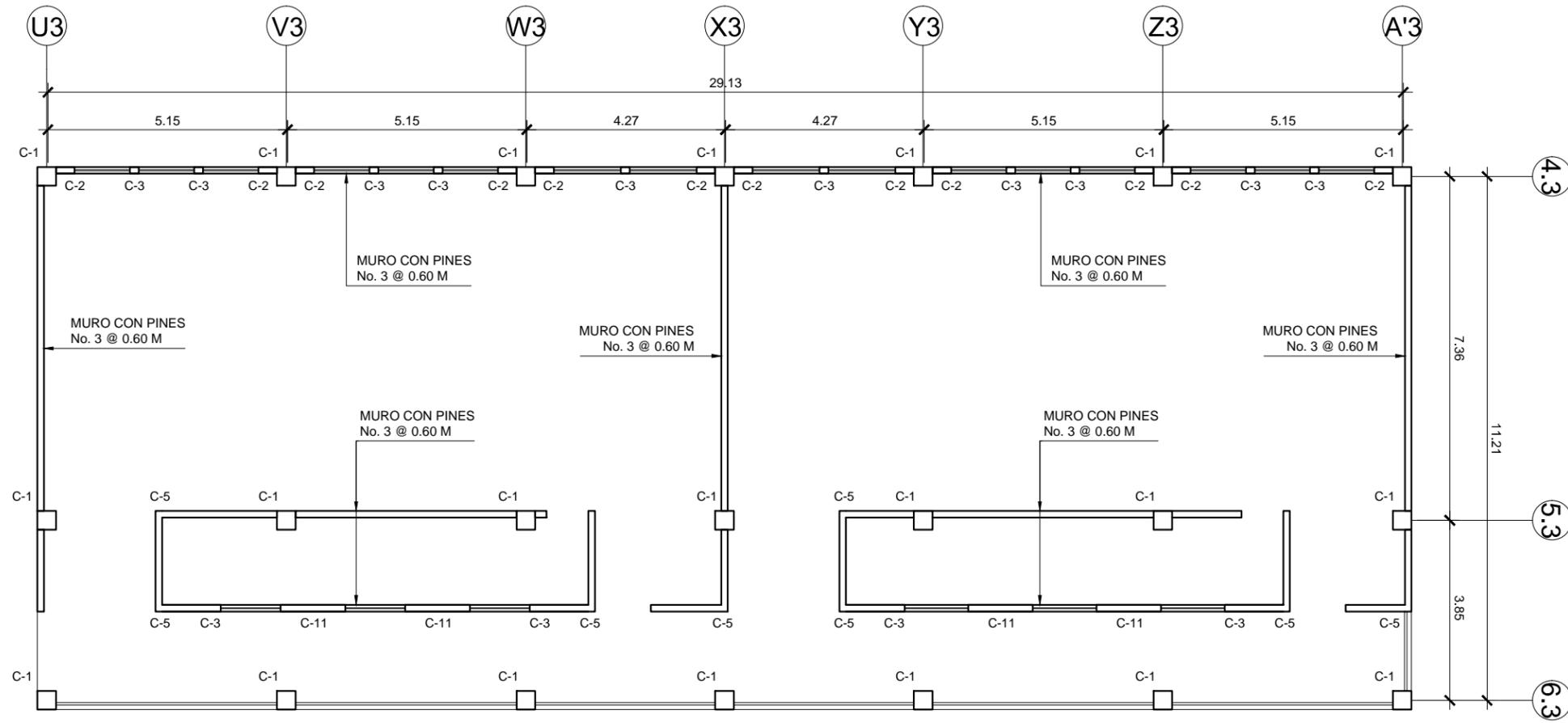
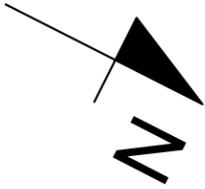
Contenido: Plantas De Cimentaciones, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

(f) Egresista  
(f) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Acorde de E.P.S.

HOJA No.:  
**26**  
**61**



**PLANTA DE CIMENTACIONES - SEGUNDO NIVEL**  
**MÓDULO 3**

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Plantas De Cimentaciones, Módulo 3

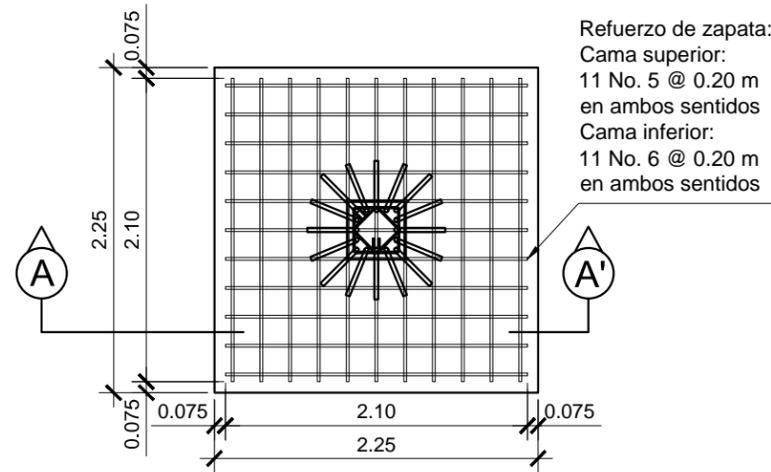
Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

(f)   
 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

(f)   
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
 Acorde de E.P.S.

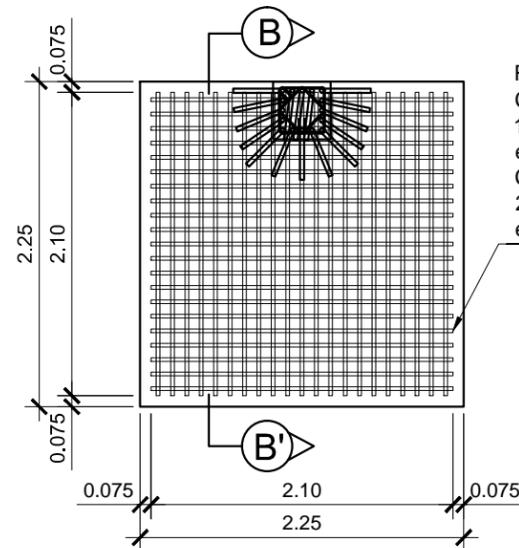
HOJA No.:  
 27 / 61



Refuerzo de zapata:  
 Cama superior:  
 11 No. 5 @ 0.20 m  
 en ambos sentidos  
 Cama inferior:  
 11 No. 6 @ 0.20 m  
 en ambos sentidos

**ZAPATA TIPO Z-1**

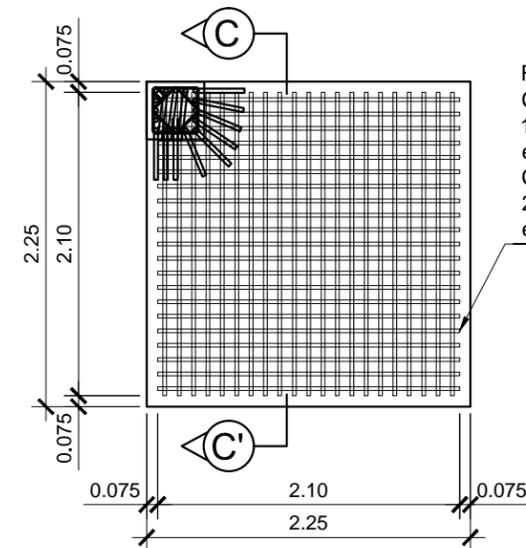
ESCALA: 1/50



Refuerzo de zapata:  
 Cama superior:  
 11 No. 5 @ 0.20 m  
 en ambos sentidos  
 Cama inferior:  
 21 No. 8 @ 0.10 m  
 en ambos sentidos

**ZAPATA TIPO Z-2**

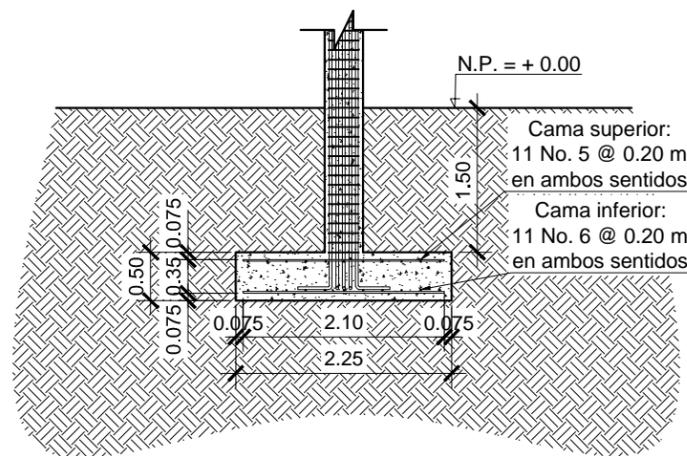
ESCALA: 1/50



Refuerzo de zapata:  
 Cama superior:  
 11 No. 5 @ 0.20 m  
 en ambos sentidos  
 Cama inferior:  
 21 No. 8 @ 0.10 m  
 en ambos sentidos

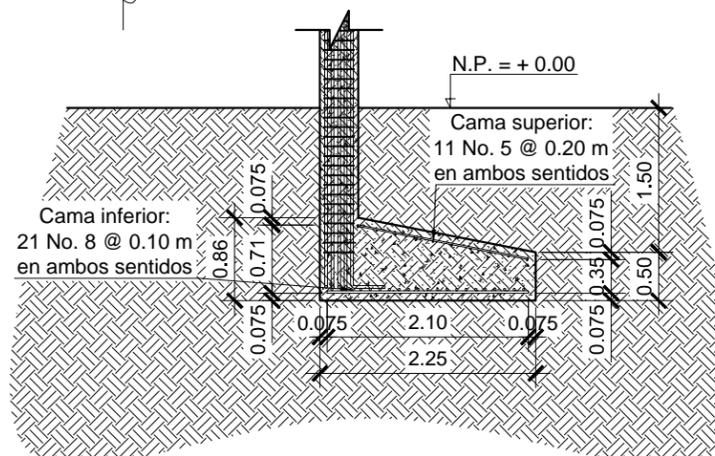
**ZAPATA TIPO Z-3**

ESCALA: 1/50



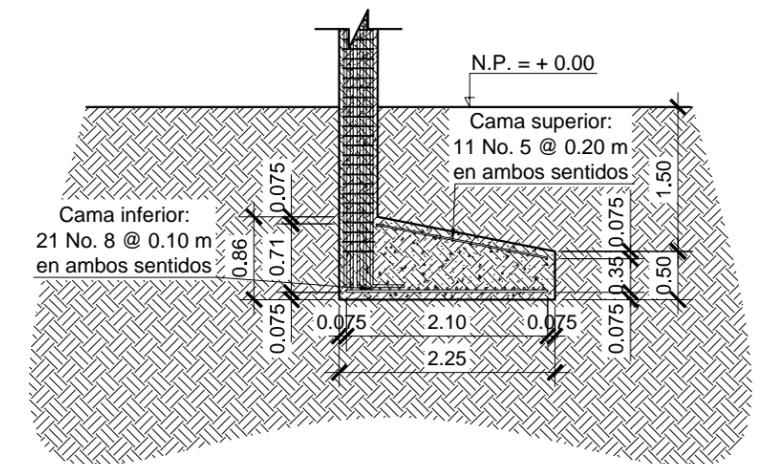
**SECCION A-A'**

ESCALA: 1/50



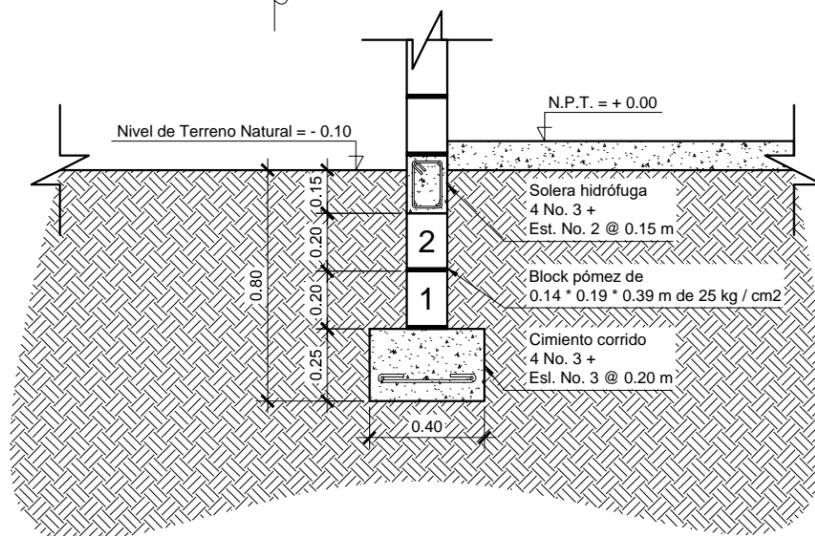
**SECCION B-B'**

ESCALA: 1/50



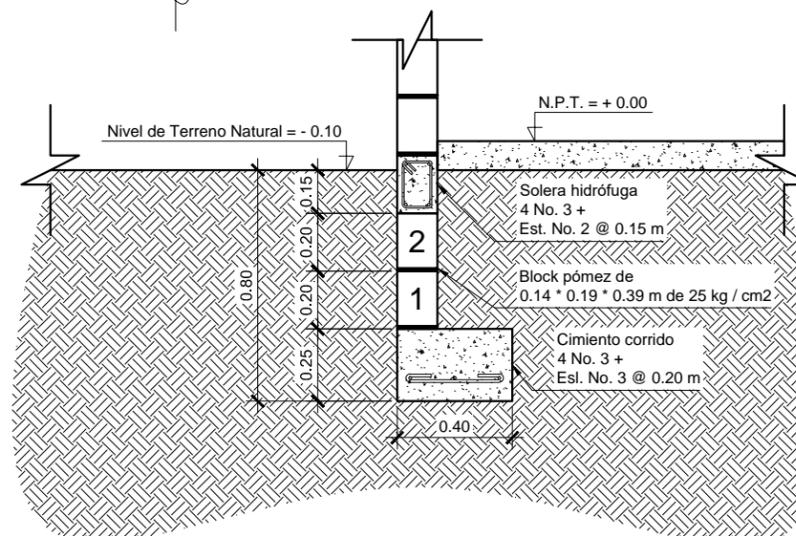
**SECCION C-C'**

ESCALA: 1/50



**CIMIENTO CORRIDO TIPO CC-1**

ESCALA: 1/25



**CIMIENTO CORRIDO TIPO CC-2**

ESCALA: 1/25



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

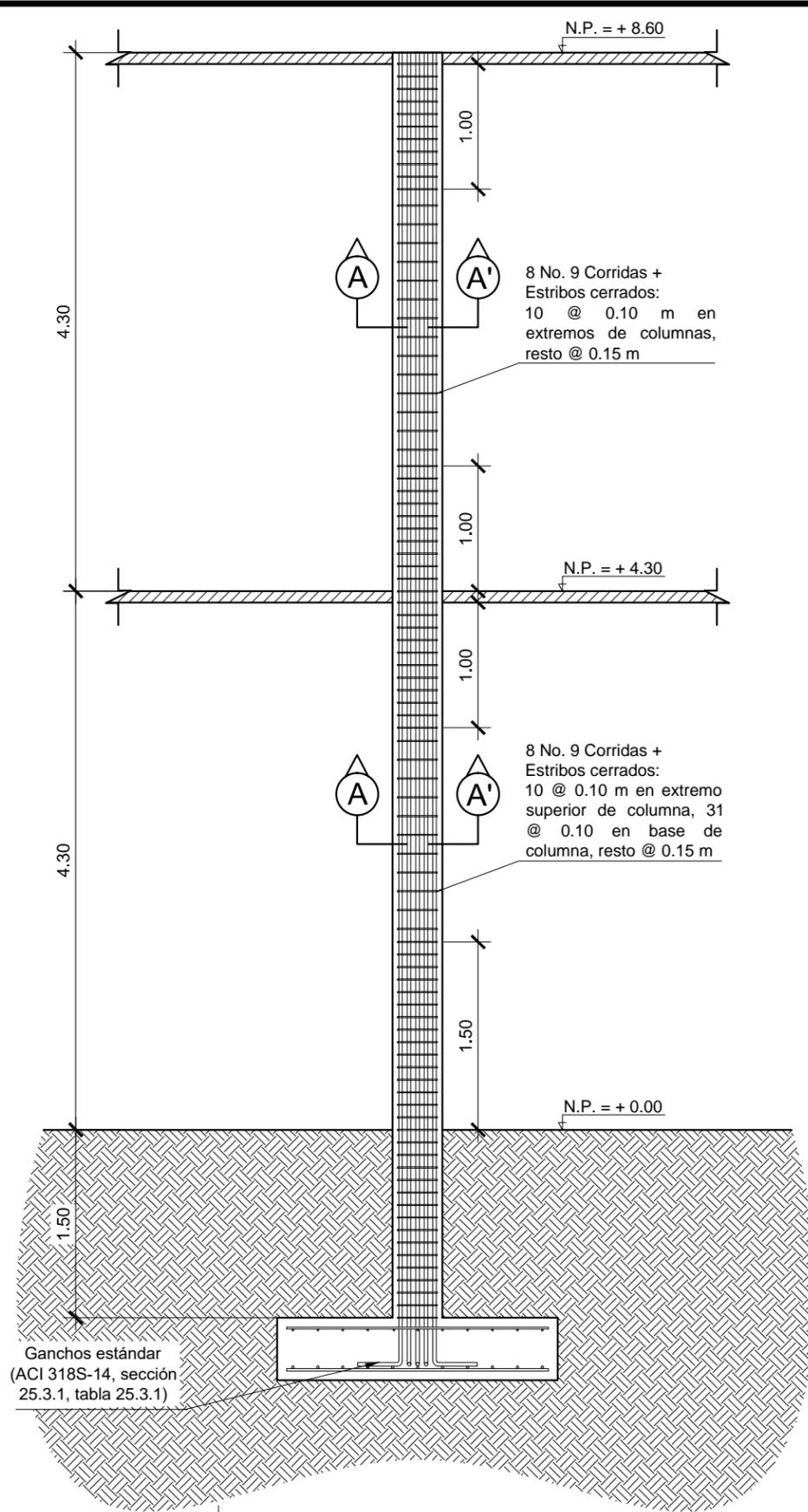
Contenido: Detalles Estructurales

Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

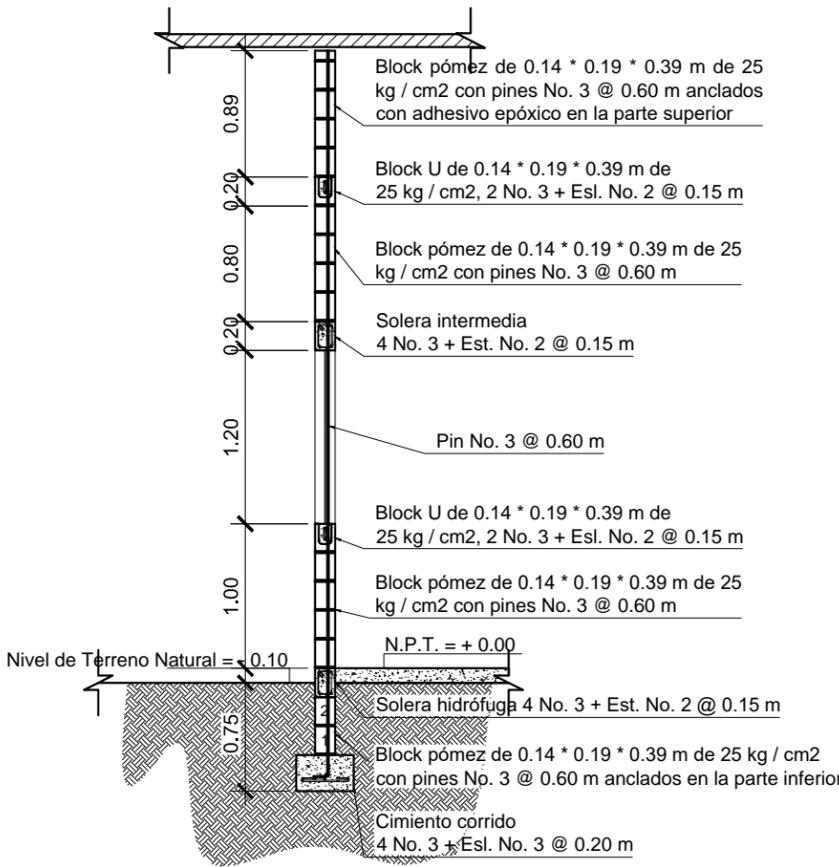
Municipalidad: Chinnautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista  
 (2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Acorde de E.P.S.

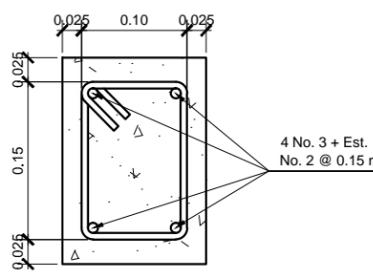
HOJA No.: 28 / 61



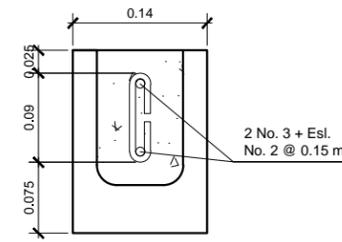
**COLUMNA TIPO C-1**  
ESCALA: 1/50



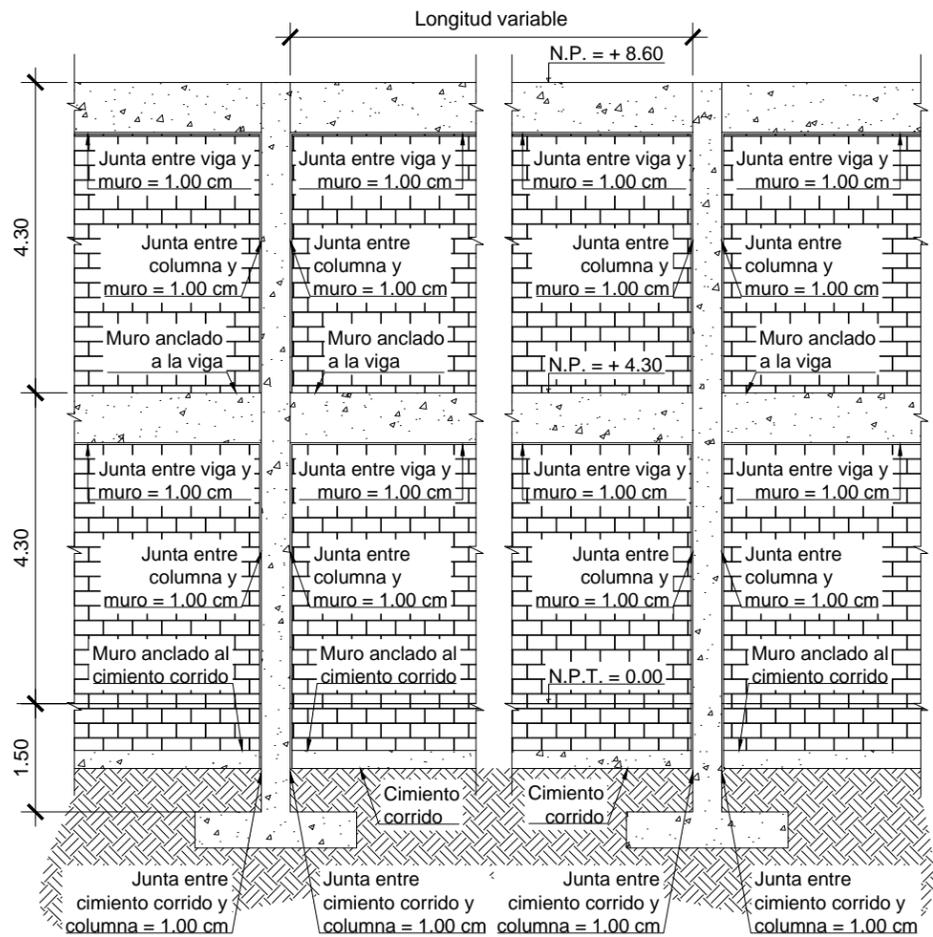
**DETALLE TIPICO DE MURO PINEADO**  
ESCALA: 1/50



**SOLERA HIDRÓFUGA**  
ESCALA: 1/7.5



**SOLERA BLOCK U**  
ESCALA: 1/7.5



**DETALLE DEL MURO DE RELLENO**  
ESCALA: 1/100



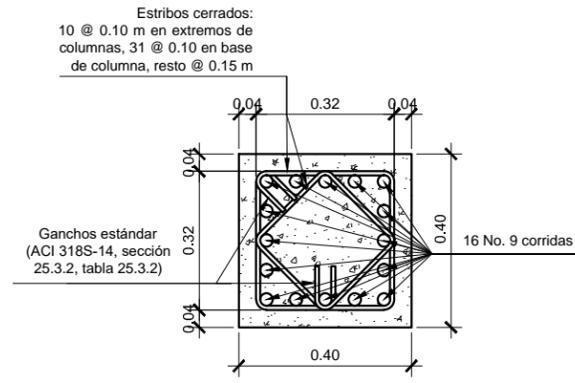
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

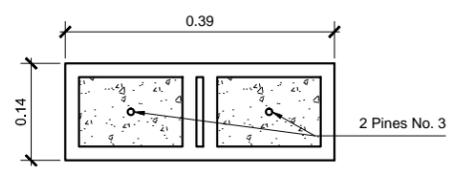
Contenido: Detalles Estructurales  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

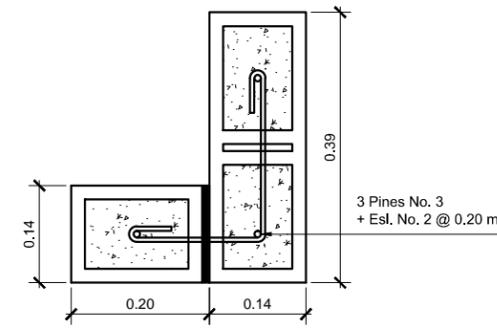
HOJA No.: 29 / 61



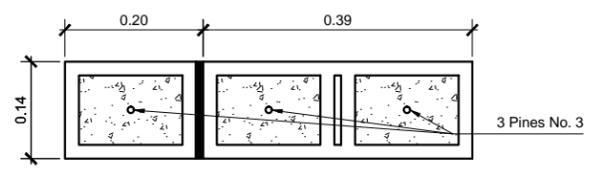
**COLUMNA TIPO C-1**  
SECCIÓN A-A'  
ESCALA: 1/10



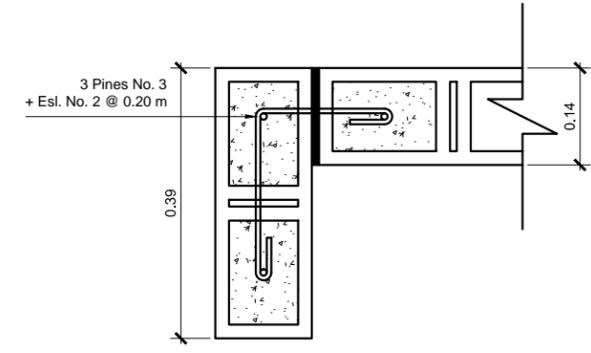
**COLUMNA TIPO C-2**  
SIN ESCALA



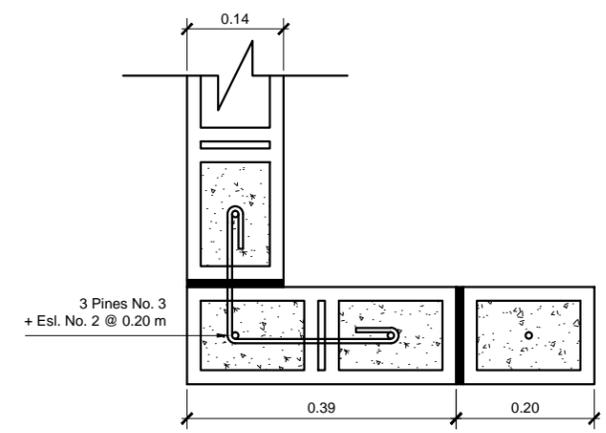
**COLUMNA TIPO C-9**  
SIN ESCALA



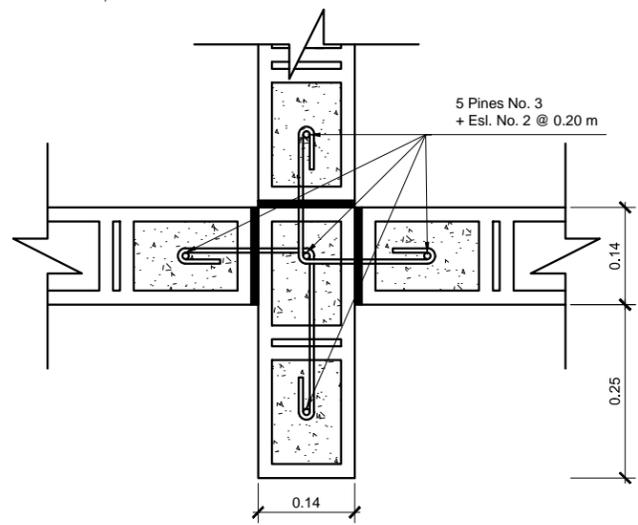
**COLUMNA TIPO C-4**  
SIN ESCALA



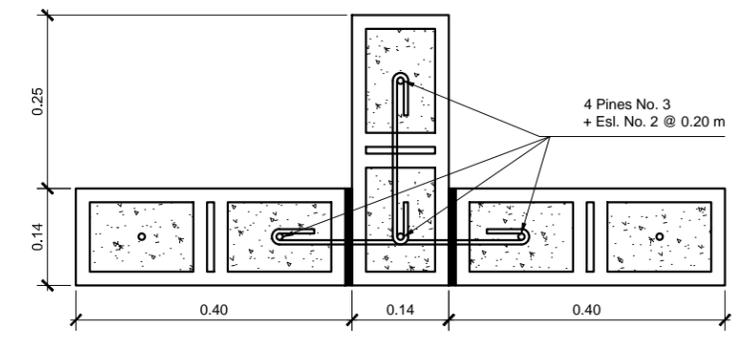
**COLUMNA TIPO C-5**  
SIN ESCALA



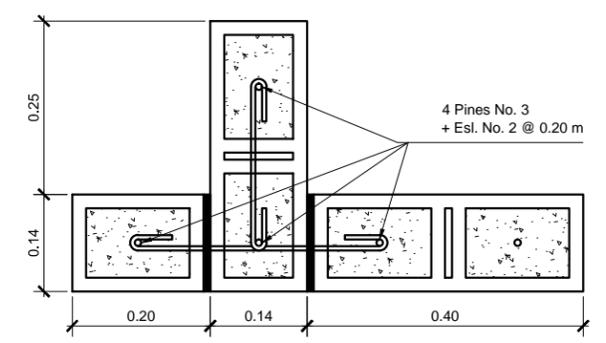
**COLUMNA TIPO C-7**  
SIN ESCALA



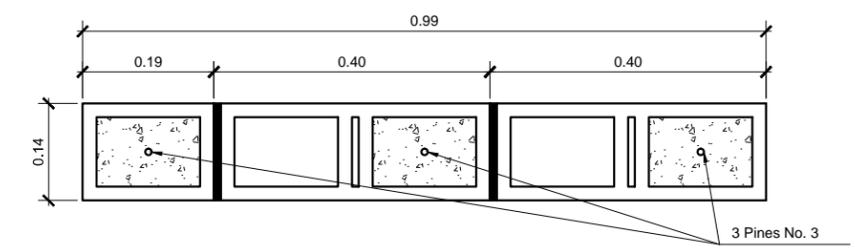
**COLUMNA TIPO C-8**  
SIN ESCALA



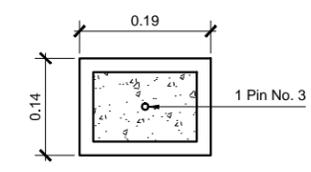
**COLUMNA TIPO C-6**  
SIN ESCALA



**COLUMNA TIPO C-10**  
SIN ESCALA



**COLUMNA TIPO C-11**  
SIN ESCALA



**COLUMNA TIPO C-3**  
SIN ESCALA



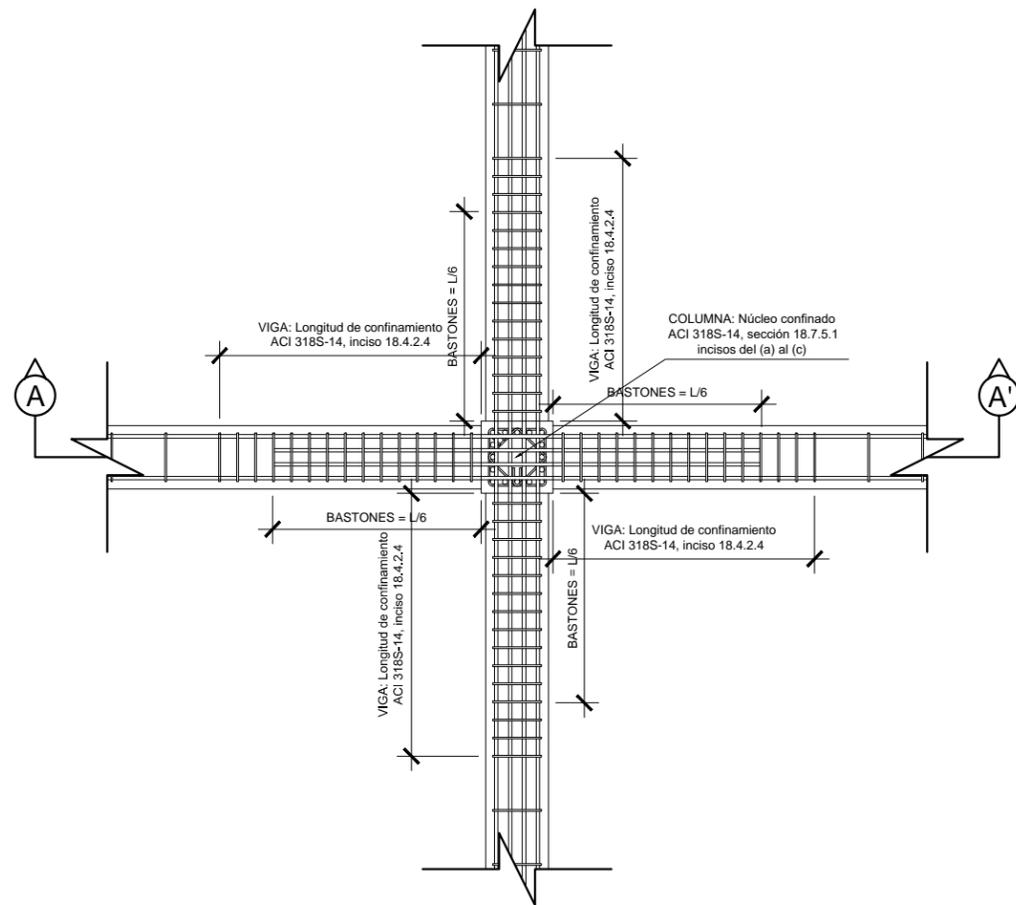
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

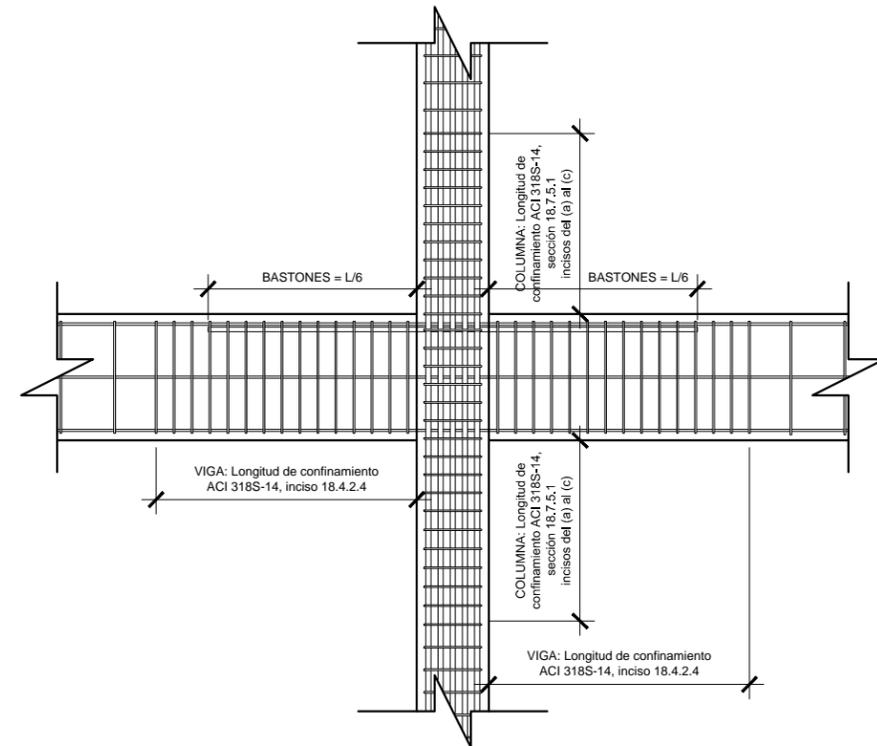
Contenido: Detalles Estructurales  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

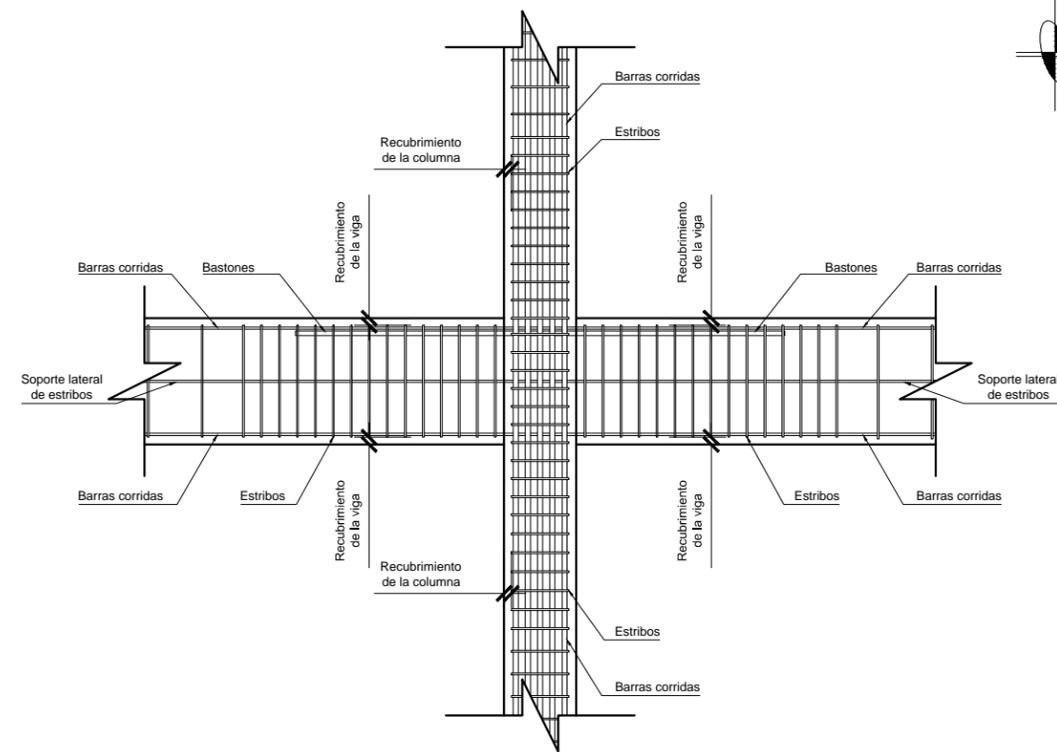
HOJA No.: 30 / 61



**PLANTA**  
Sin Escala



**ELEVACIÓN**  
**PERFIL A-A'**  
Sin Escala



**DETALLES**  
Sin Escala



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Nudo Sísmico  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

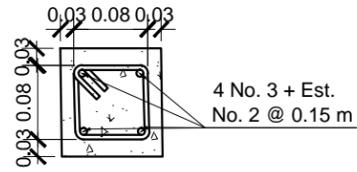
Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Amor de E.P.S.

HOJA No.: 31 / 61

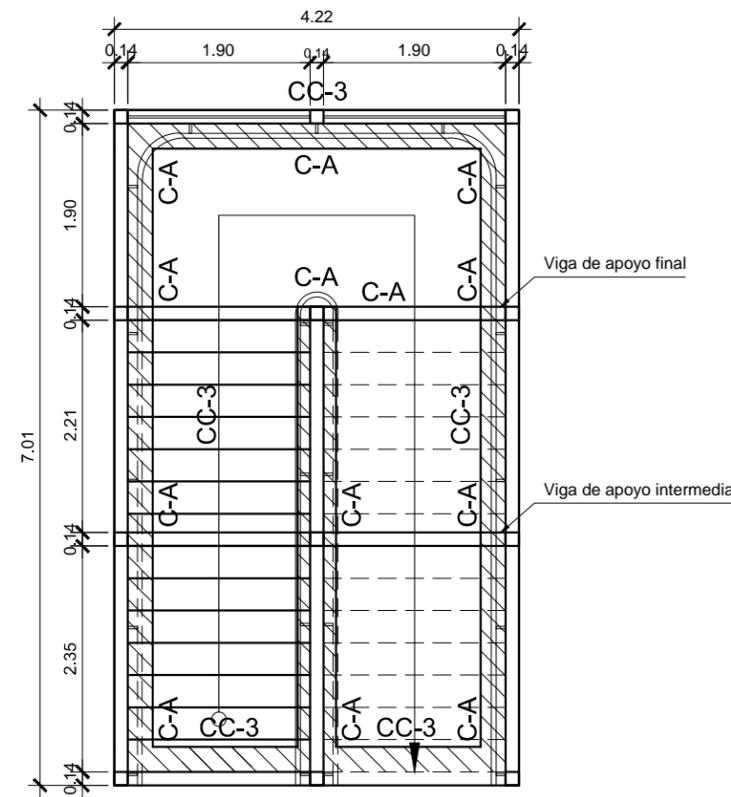
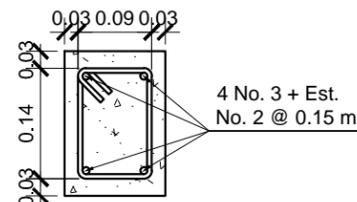
## COLUMNA TIPO C-A

ESCALA: 1/10



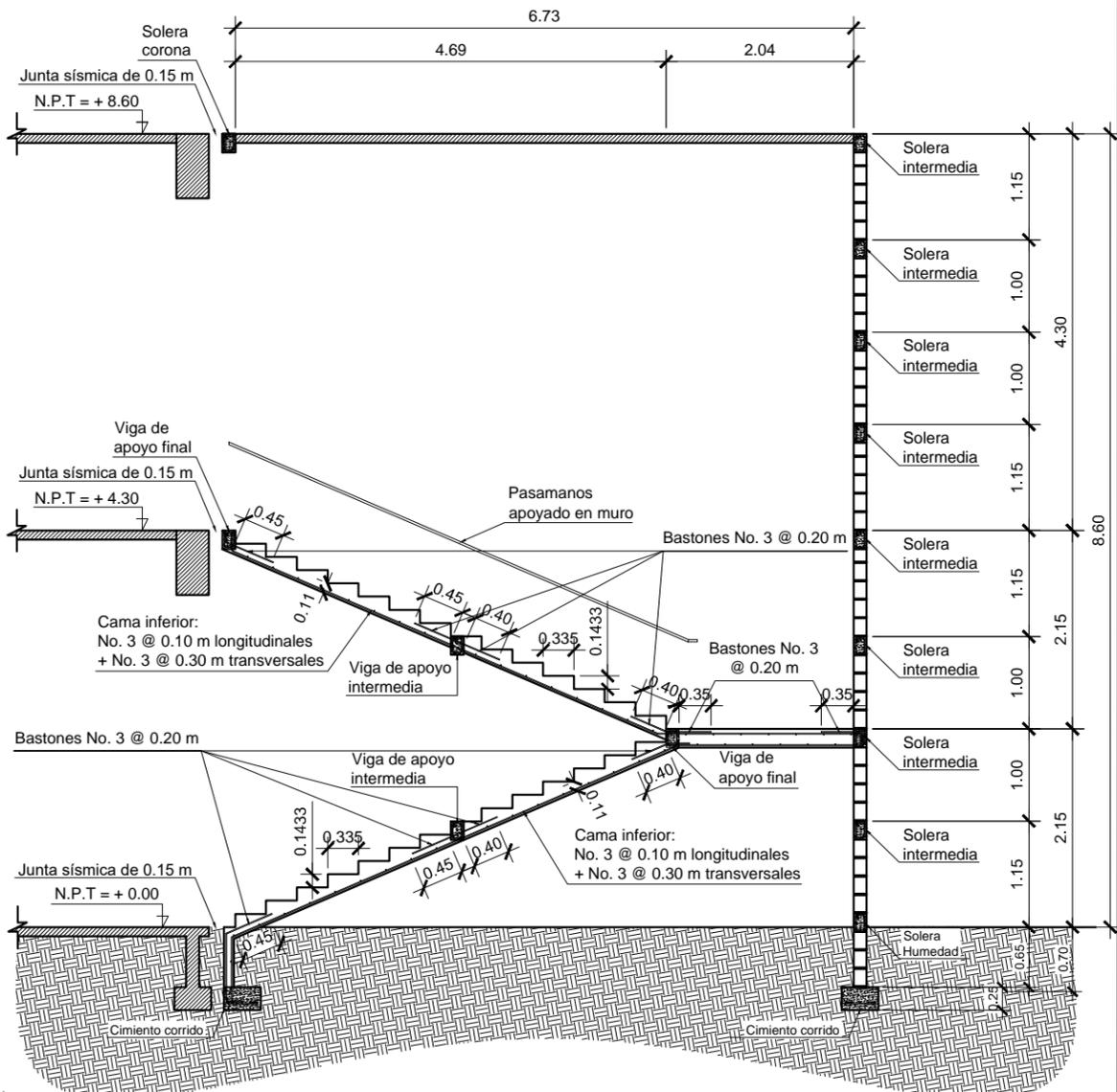
## VIGA Y SOLERA

VIGA DE APOYO INTERMEDIA ESCALA: 1/10  
 VIGA DE APOYO FINAL  
 SOLERA HIDRÓFUGA  
 SOLERA INTERMEDIA  
 SOLERA FINAL



## PLANTA DE CAJÓN Y GRADAS

ESCALA: 1/75



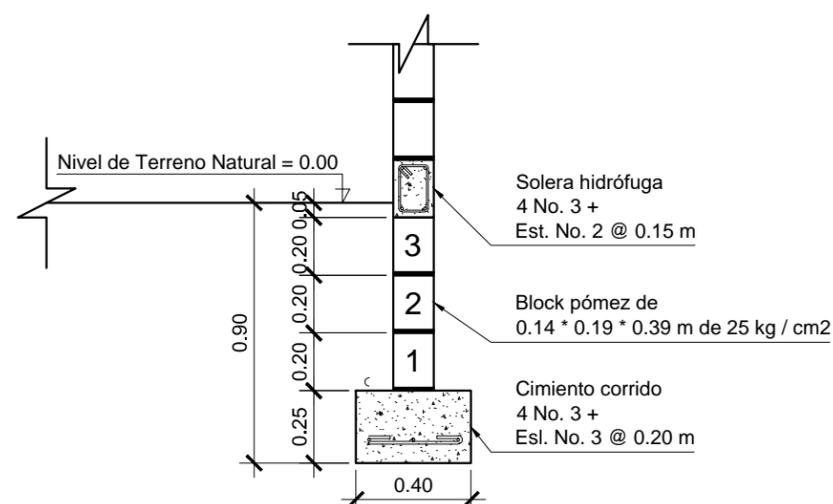
## SECCIÓN TÍPICA DE CAJÓN Y GRADAS

ESCALA: 1/75

## CIMIENTO CORRIDO

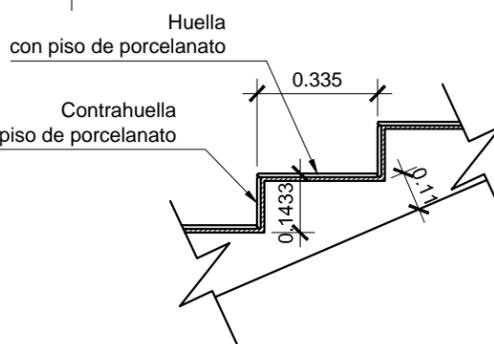
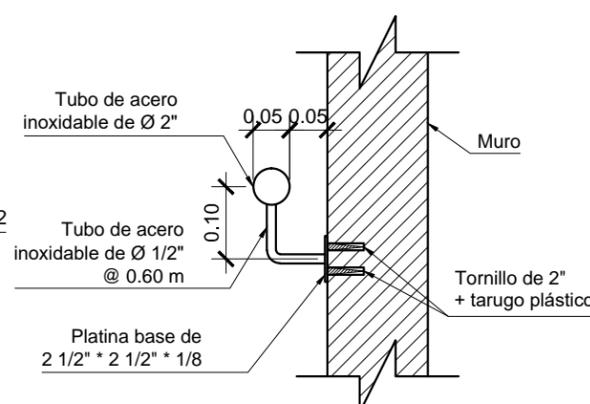
TIPO CC-3

ESCALA: 1/25



## PASAMANOS

ESCALA: 1/10



## GRADAS

HUELLA Y CONTRAHUELLA ESCALA: 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

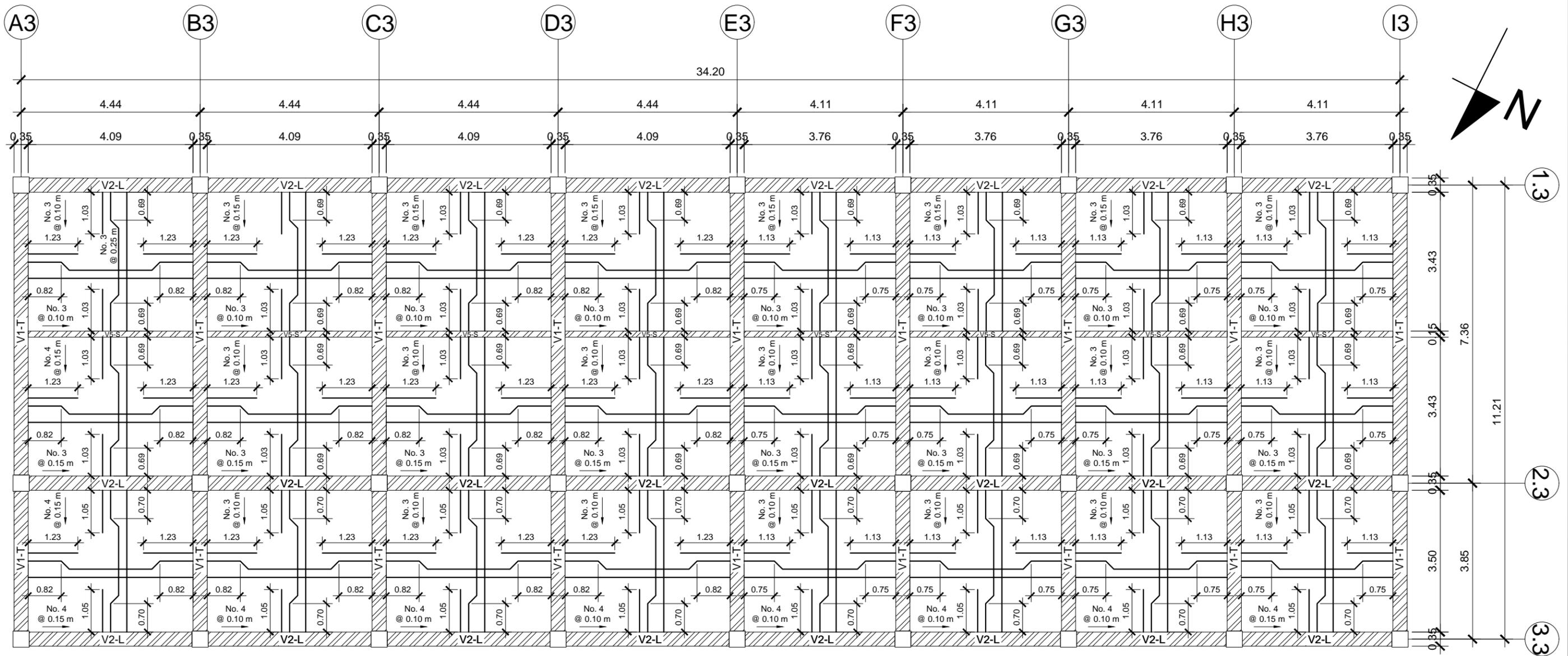
Contenido: Detalle De Cajón y Gradass

Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chianautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochueta  
 Acorde de E.P.S.

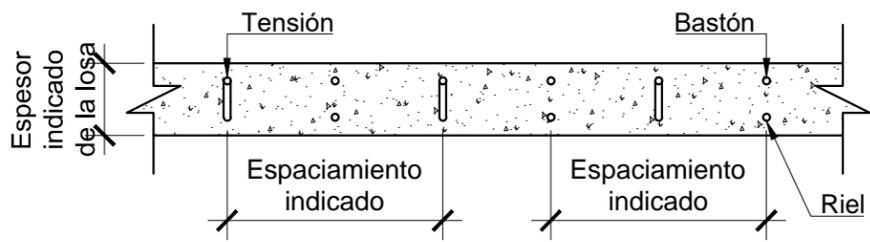
HOJA No.: 32 / 61



# PLANTA DE LOSAS Y VIGAS - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/100



# SEPARACION DE HIERROS

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/10

### ESPECIFICACIONES GENERALES:

- EL CONCRETO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  (4,000 PSI)
- EL ACERO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$  (grado 40).
- EL CONCRETO DEBE TENER UN PESO ESPECIFICO DE  $2,400 \text{ kg/cm}^3$ .
- EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBE SER DE  $\frac{1}{2}$ ".
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.15 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.20 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.25 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.30 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.35 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.40 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.45 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.



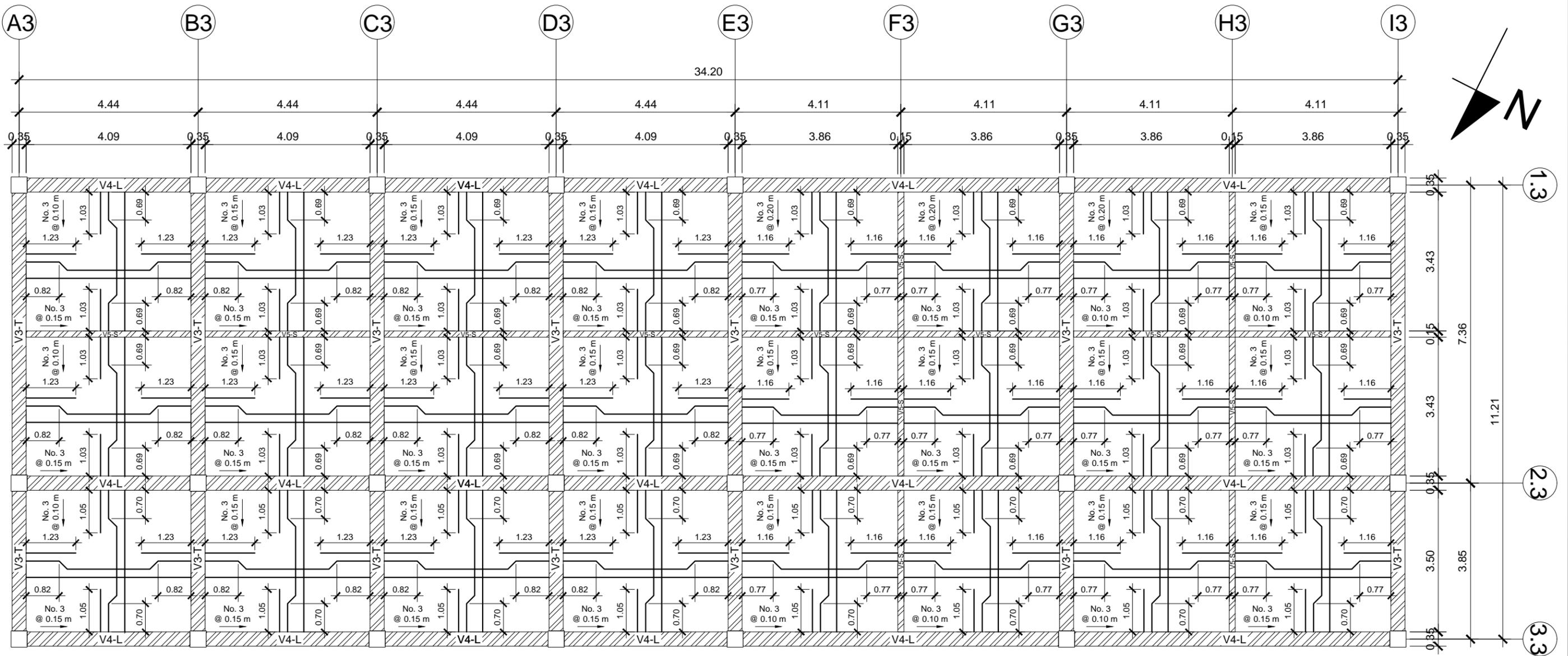
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Armado De Losas Y Vigas, Módulo 1  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chianautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

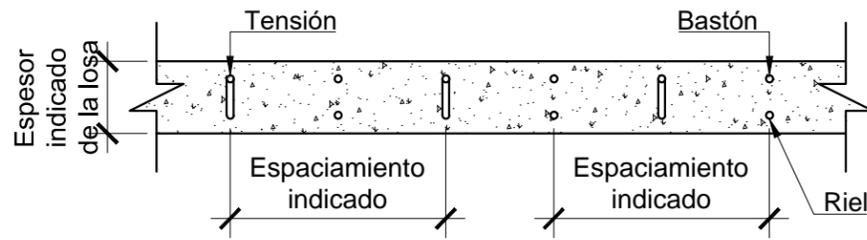
HOJA No.: 33 / 61



# PLANTA DE LOSAS Y VIGAS - SEGUNDO NIVEL

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/100



# SEPARACION DE HIERROS

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/10

### ESPECIFICACIONES GENERALES:

- EL CONCRETO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$  (4, 0000 PSI)
- EL ACERO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_y = 2, 800 \text{ kg / cm}^2$  (grado 40).
- EL CONCRETO DEBE TENER UN PESO ESPECIFICO DE  $2, 400 \text{ kg / cm}^3$ .
- EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBE SER DE  $\frac{1}{2}''$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.15 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.20 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.25 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.30 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.35 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.40 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.45 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

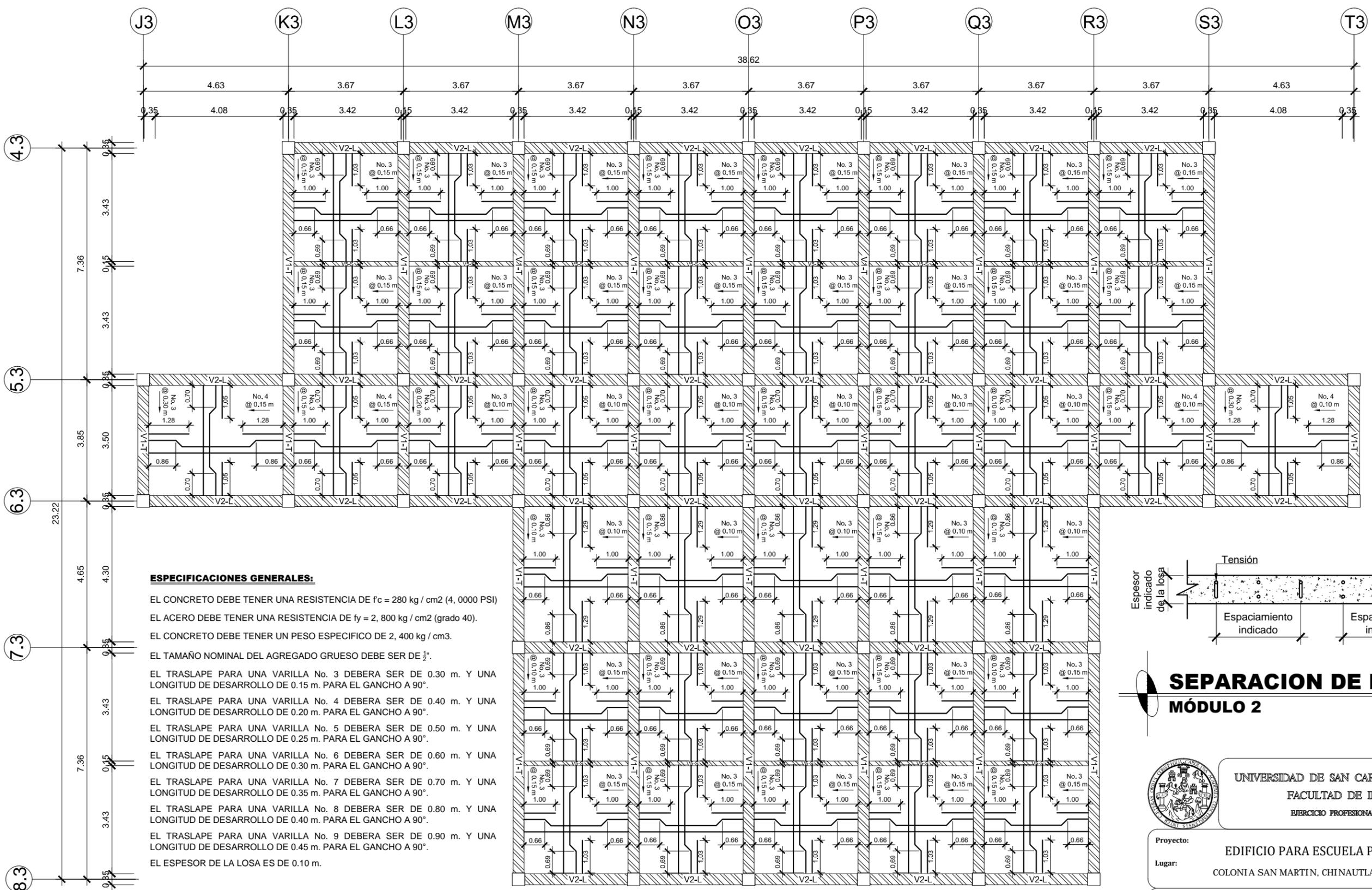
Contenido: Armado De Losas Y Vigas, Módulo 1

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

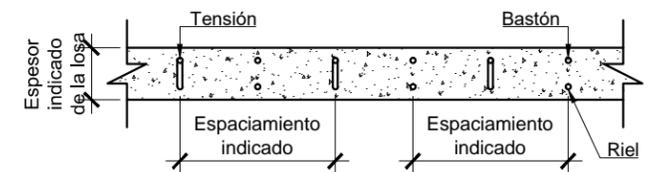
Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Astor de E.P.S.

HOJA No.: 34 / 61



**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

- EL CONCRETO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  (4,000 PSI)
- EL ACERO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$  (grado 40).
- EL CONCRETO DEBE TENER UN PESO ESPECIFICO DE  $2,400 \text{ kg/cm}^3$ .
- EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBE SER DE  $\frac{1}{2}$ ".
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.15 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.20 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.25 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.30 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.35 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.40 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.45 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.



**SEPARACION DE HIERROS**  
MÓDULO 2 SIN ESCALA

**PLANTA DE LOSAS Y VIGAS - PRIMER NIVEL**  
MÓDULO 2 ESCALA: 1/125



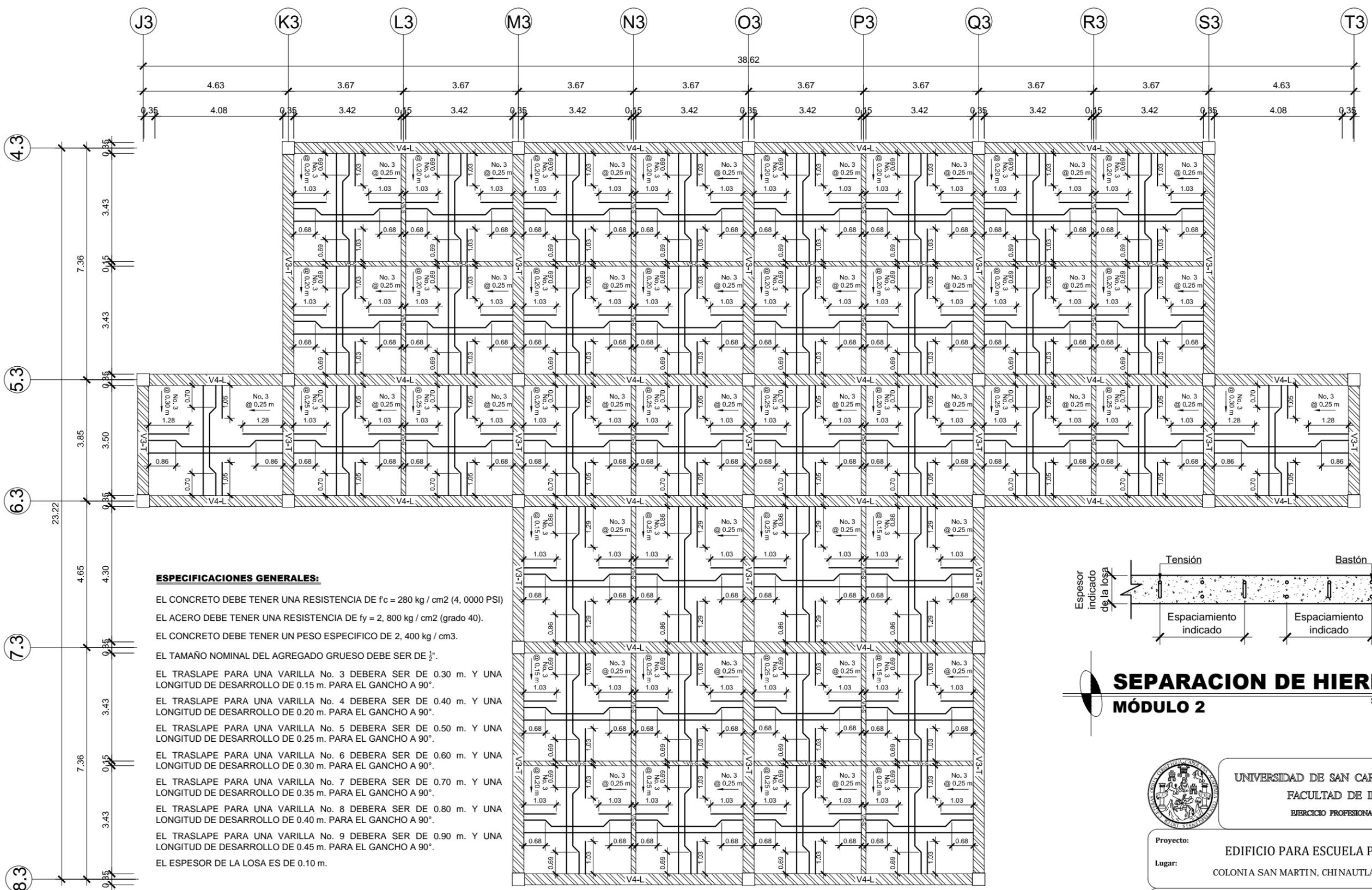
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Armado De Losas Y Vigas, Módulo 2  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

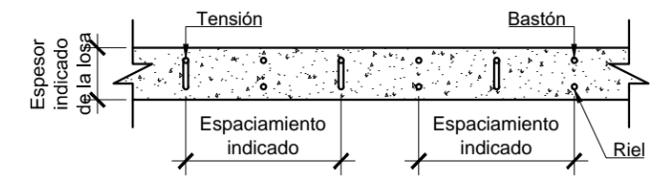
Municipalidad: Chinautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 35 / 61



**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

- EL CONCRETO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  (4,0000 PSI)
- EL ACERO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$  (grado 40).
- EL CONCRETO DEBE TENER UN PESO ESPECIFICO DE  $2,400 \text{ kg/cm}^3$ .
- EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBE SER DE  $\frac{1}{4}$ ".
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.15 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.20 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.25 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.30 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.35 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.40 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.45 m. PARA EL GANCHO A  $90^\circ$ .
- EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.



**SEPARACION DE HIERROS**  
MÓDULO 2 SIN ESCALA

**PLANTA DE LOSAS Y VIGAS - SEGUNDO NIVEL**  
MÓDULO 2 ESCALA: 1/125

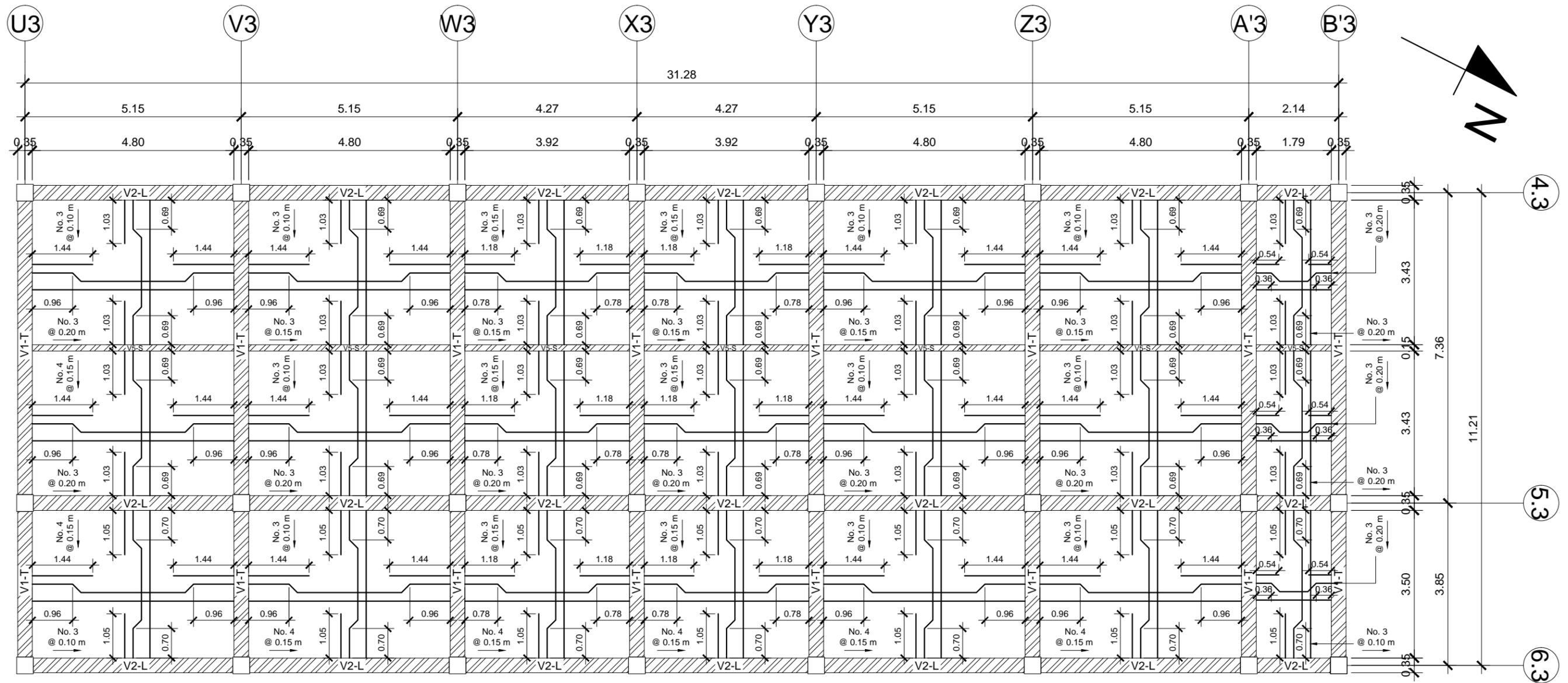


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Armado De Losas Y Vigas, Módulo 2  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

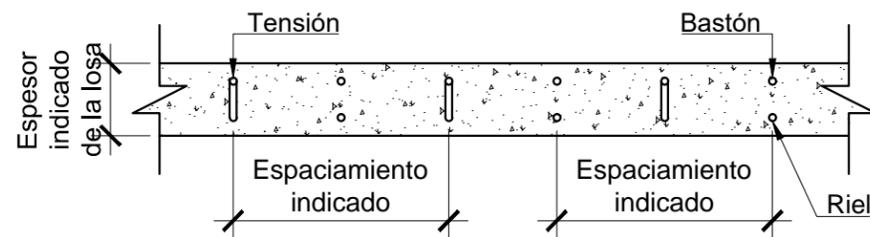
Municipalidad: Chinautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021  
HOJA No.: 36/61  
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochueta  
Arquitecto de E.P.S.



## PLANTA DE LOSAS Y VIGAS - PRIMER NIVEL

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/100



## SEPARACION DE HIERROS

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/10

#### ESPECIFICACIONES GENERALES:

EL CONCRETO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$  (4,000 PSI)

EL ACERO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_y = 2,800 \text{ kg / cm}^2$  (grado 40).

EL CONCRETO DEBE TENER UN PESO ESPECIFICO DE  $2,400 \text{ kg / cm}^3$ .

EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBE SER DE  $\frac{1}{2}$ ".

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.15 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.20 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.25 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.30 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.35 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.40 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.45 m. PARA EL GANCHO A 90°.

EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto:

EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA

Lugar:

COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido:

Armado De Losas Y Vigas, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy

Calculó: Dilan Godoy

Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula

Escala: Indicada

Fecha: Septiembre 2, 021

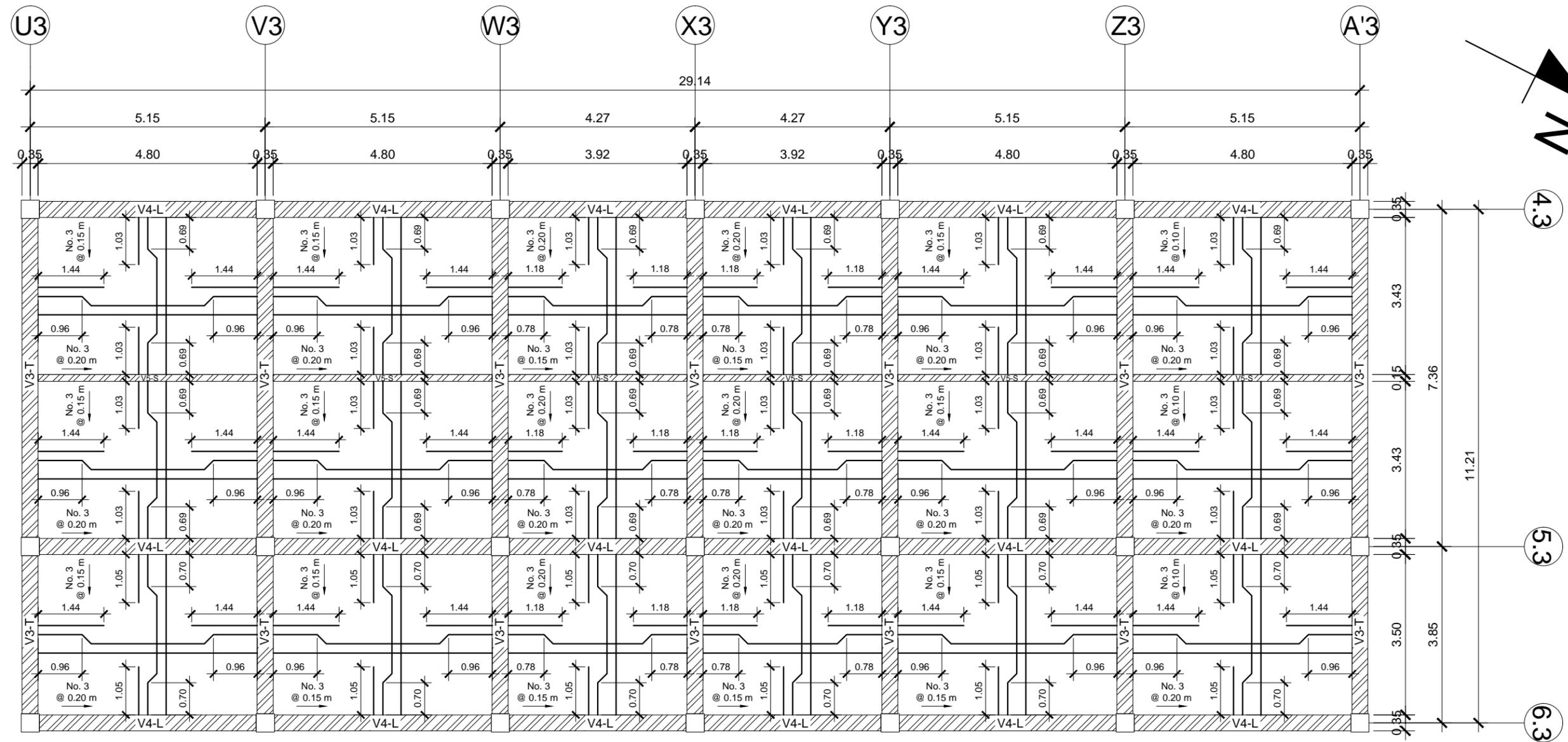
(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Asesor de E.P.S.

HOJA No.:

37

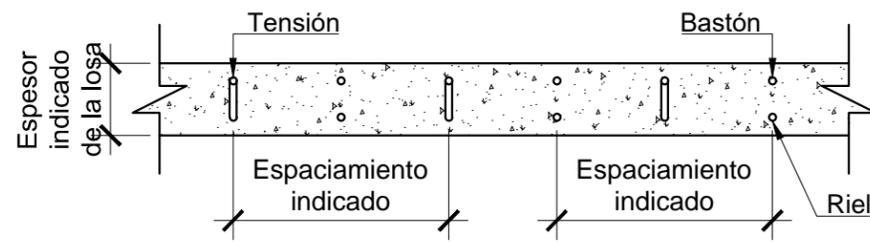
61



## PLANTA DE LOSAS Y VIGAS - SEGUNDO NIVEL

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/100



## SEPARACION DE HIERROS

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/10

#### ESPECIFICACIONES GENERALES:

- EL CONCRETO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$  (4, 0000 PSI)
- EL ACERO DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE  $f_y = 2, 800 \text{ kg / cm}^2$  (grado 40).
- EL CONCRETO DEBE TENER UN PESO ESPECIFICO DE  $2, 400 \text{ kg / cm}^3$ .
- EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBE SER DE  $\frac{1}{2}$ ".
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.15 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.20 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.25 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.30 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.35 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.40 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO DE 0.45 m. PARA EL GANCHO A 90°.
- EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

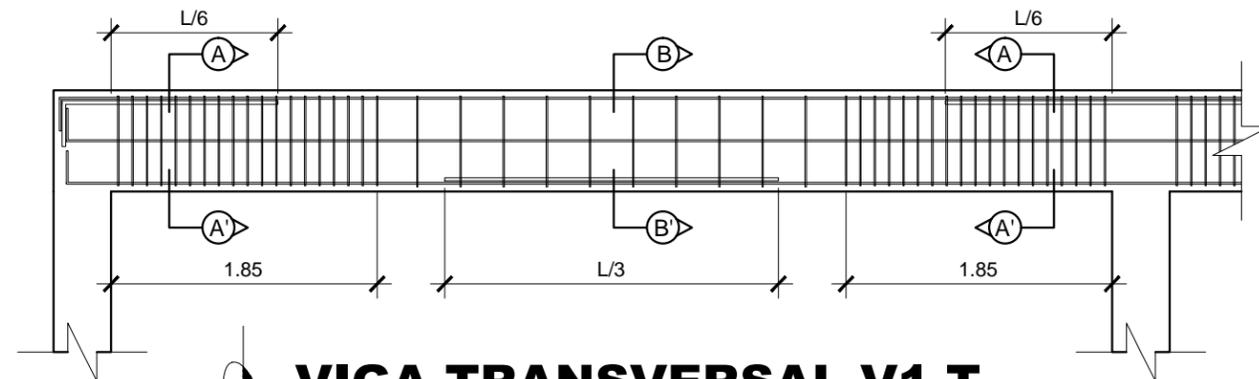
Contenido: Armado De Losas Y Vigas, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

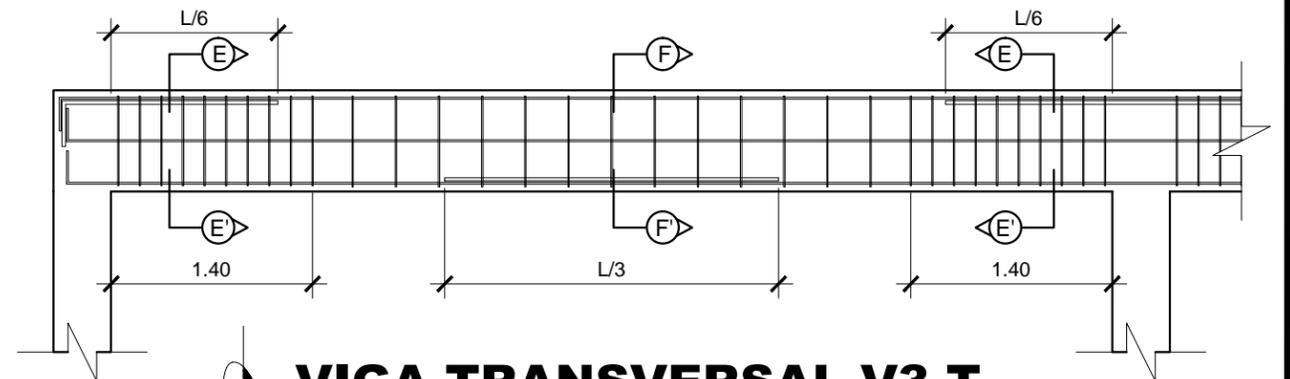
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Especialista

HOJA No.: 38 / 61



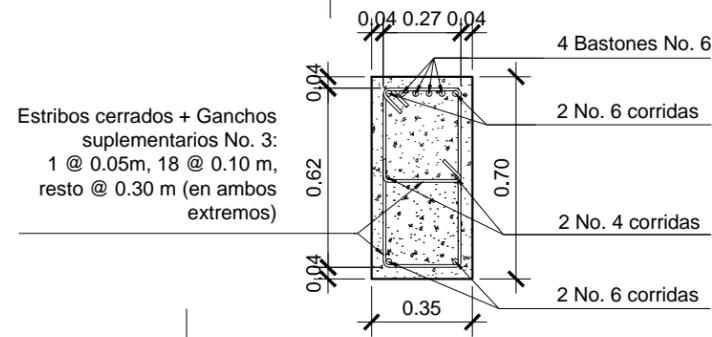
**VIGA TRANSVERSAL V1-T**

ESCALA: 1/50



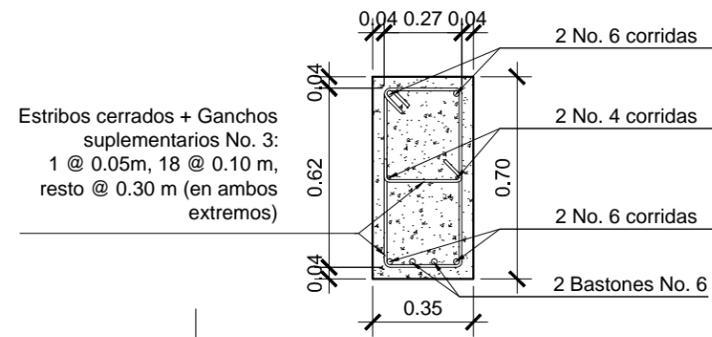
**VIGA TRANSVERSAL V3-T**

ESCALA: 1/50



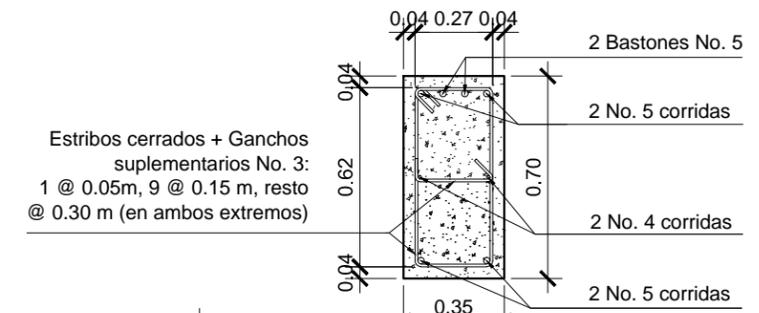
**SECCION A-A'**

ESCALA: 1/25



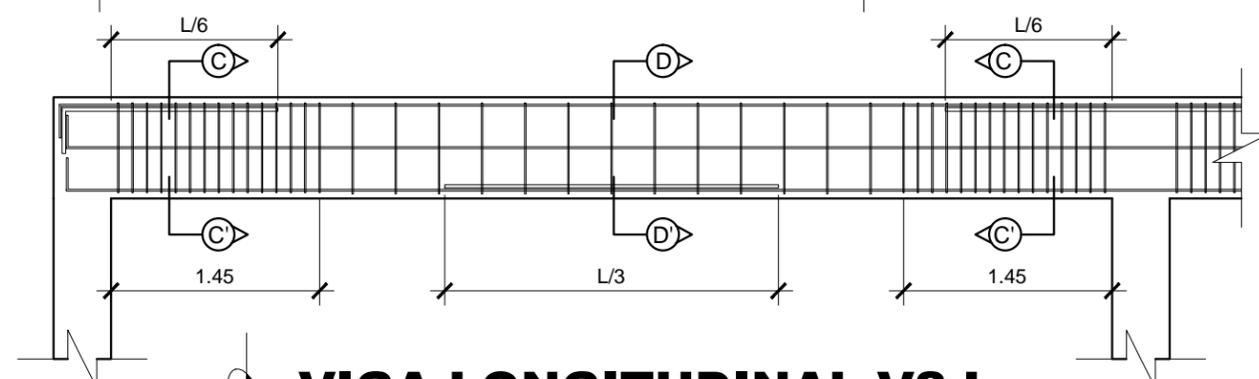
**SECCION B-B'**

ESCALA: 1/25



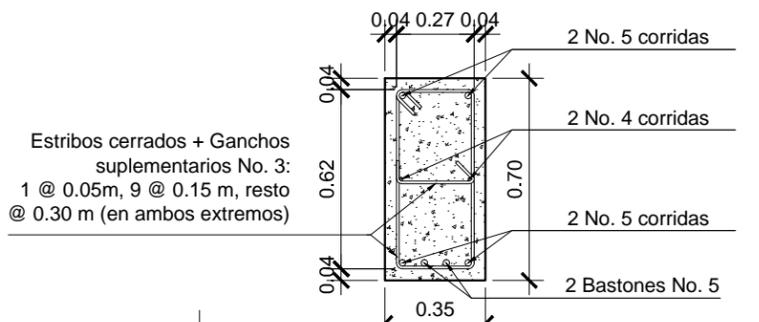
**SECCION E-E'**

ESCALA: 1/25



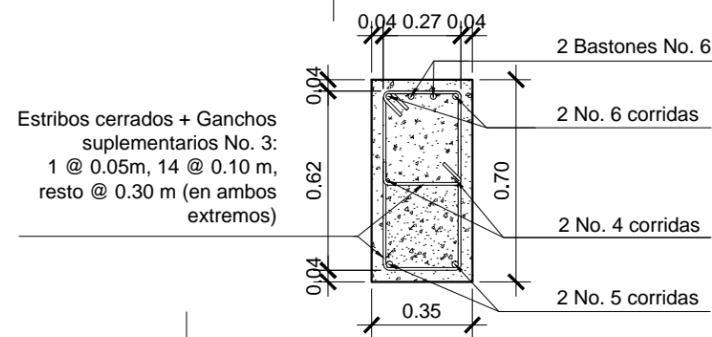
**VIGA LONGITUDINAL V2-L**

ESCALA: 1/50



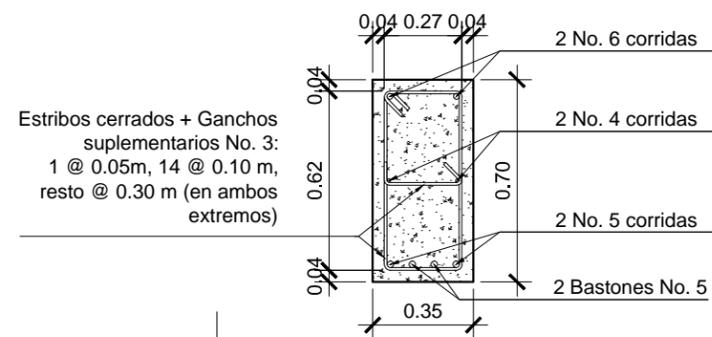
**SECCION F-F'**

ESCALA: 1/25



**SECCION C-C'**

ESCALA: 1/25



**SECCION D-D'**

ESCALA: 1/25



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

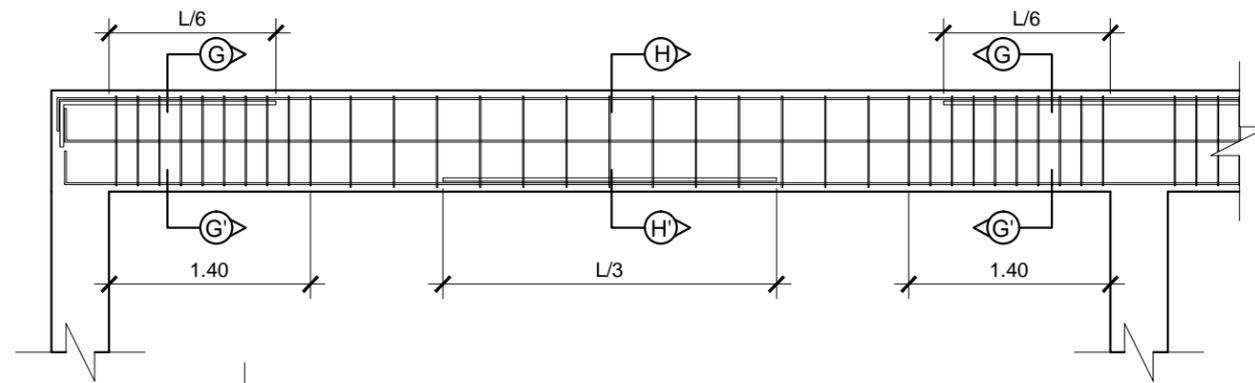
Contenido: Detalles De Armado De Vigas

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

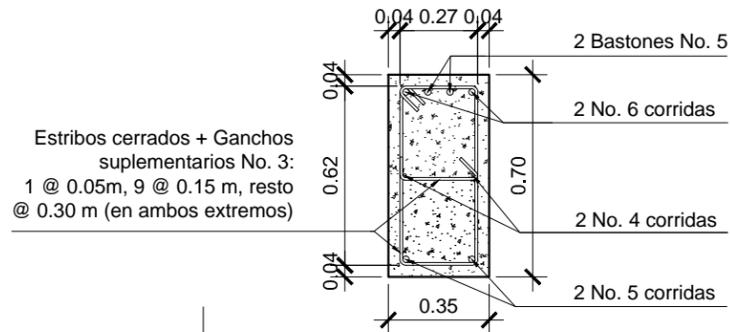
Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Acorde a E.P.S.

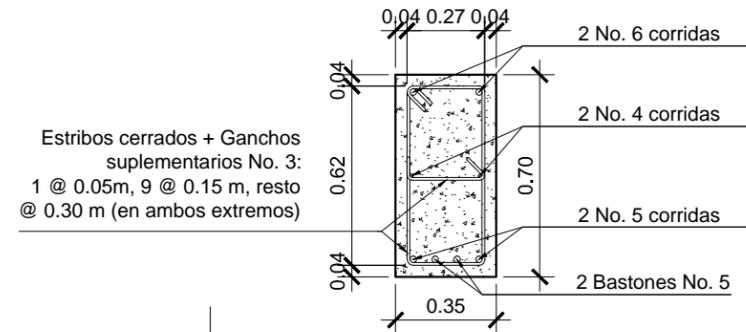
HOJA No.: 39 / 61



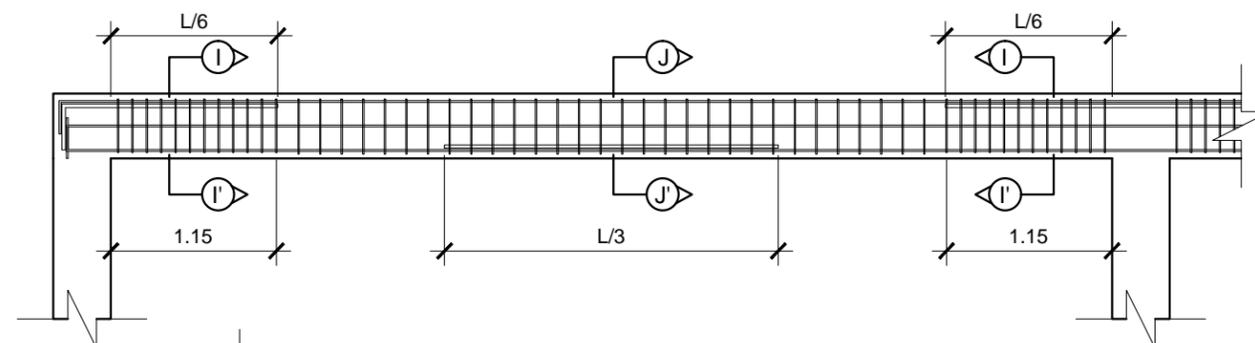
**VIGA LONGITUDINAL V4-L**  
ESCALA: 1/50



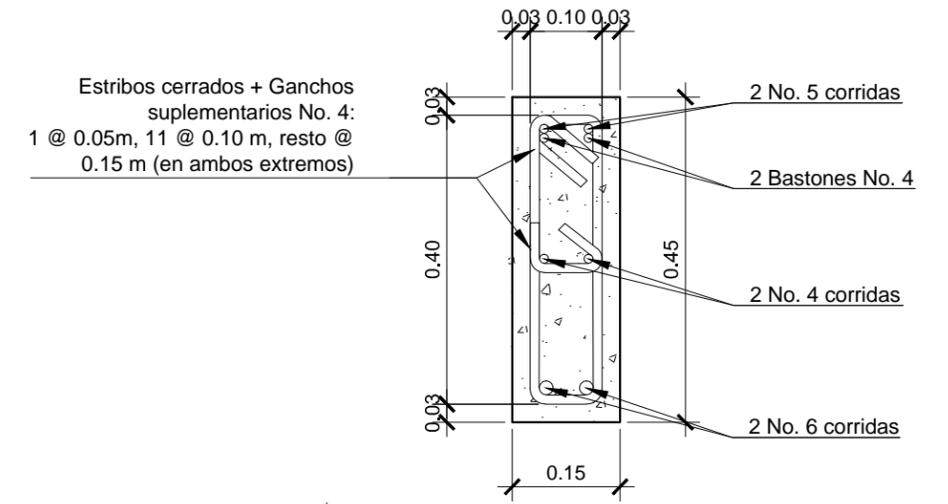
**SECCION G-G'**  
ESCALA: 1/25



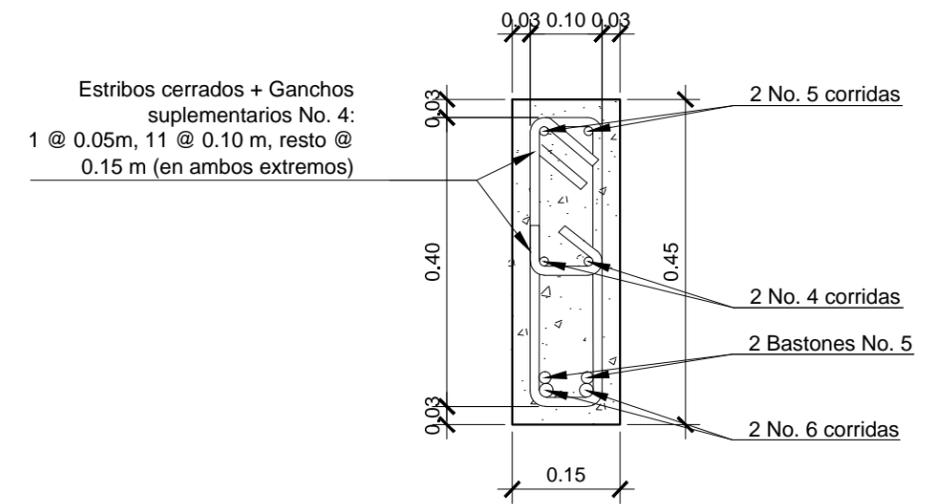
**SECCION H-H'**  
ESCALA: 1/25



**VIGA SECUNDARIA V5-S**  
ESCALA: 1/50



**SECCION I-I'**  
ESCALA: 1/10



**SECCION J-J'**  
ESCALA: 1/10

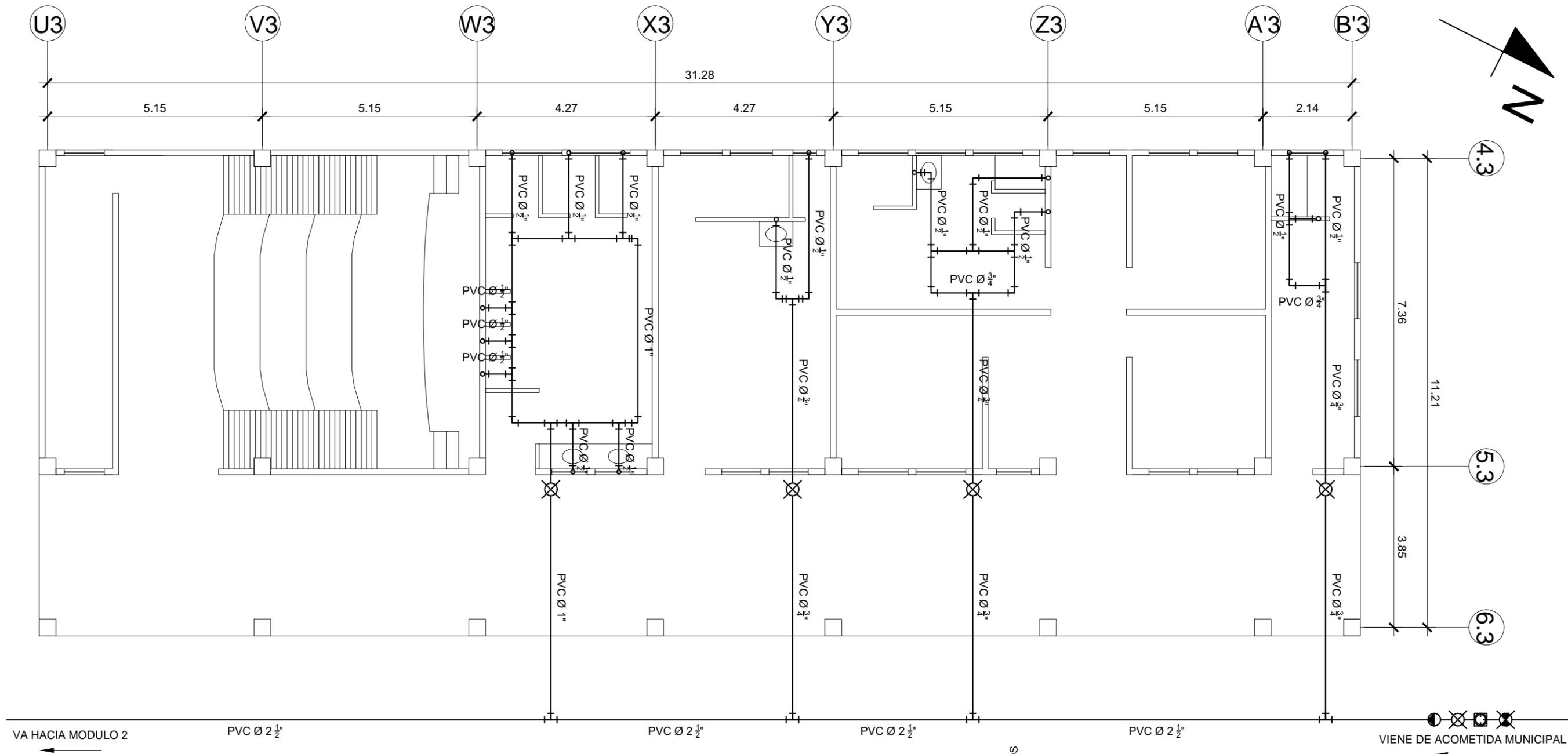


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Detalles De Armado De Vigas  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021  
Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Acorde de E.P.S.  
HOJA No.: 40/61

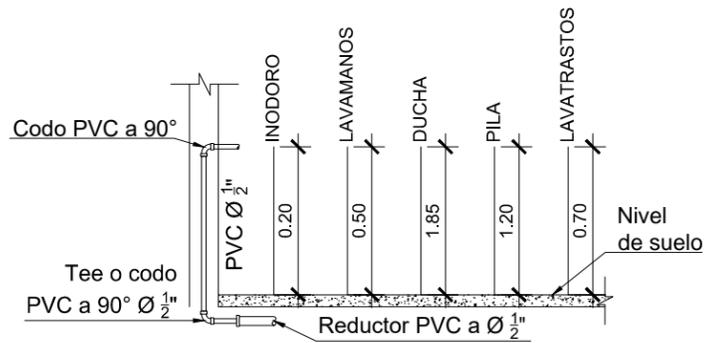


# INSTALACION DE AGUA POTABLE - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VALVULA DE PASO
	CONTADOR
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA DE CHEQUE
	CODO PVC A 90° HORIZONTAL, Ø INDICADO
	CODO PVC A 90° VERTICAL, Ø INDICADO
	TEE PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO
	TEE PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	CRUZ PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO



# ALTURAS DE TOMAS DE AGUA

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

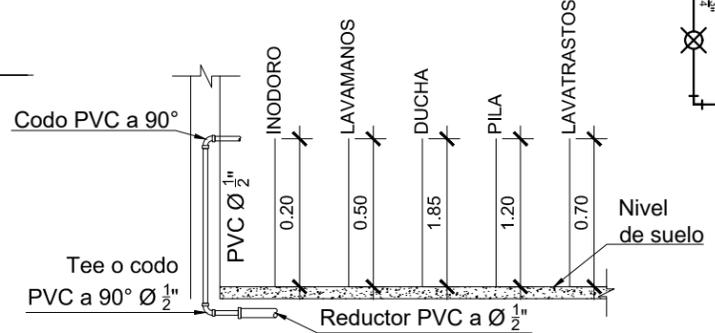
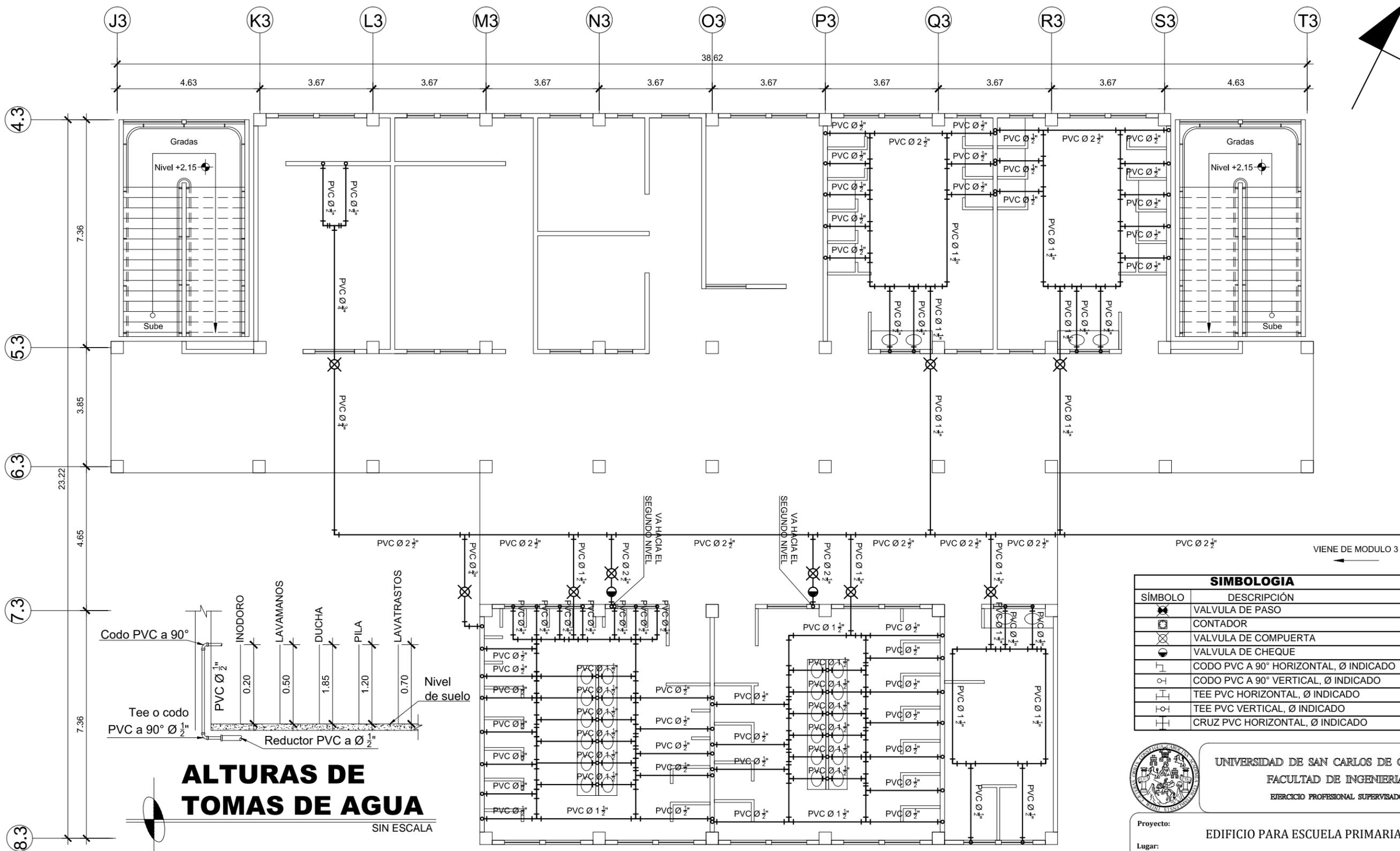
Contenido: Instalación De Agua Potable  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Acomor de E.P.S.

HOJA No.: 41 / 61



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VALVULA DE PASO
	CONTADOR
	VALVULA DE COMPUERTA
	CODO PVC A 90° HORIZONTAL, Ø INDICADO
	CODO PVC A 90° VERTICAL, Ø INDICADO
	TEE PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO
	TEE PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	CRUZ PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO

# INSTALACION DE AGUA POTABLE - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

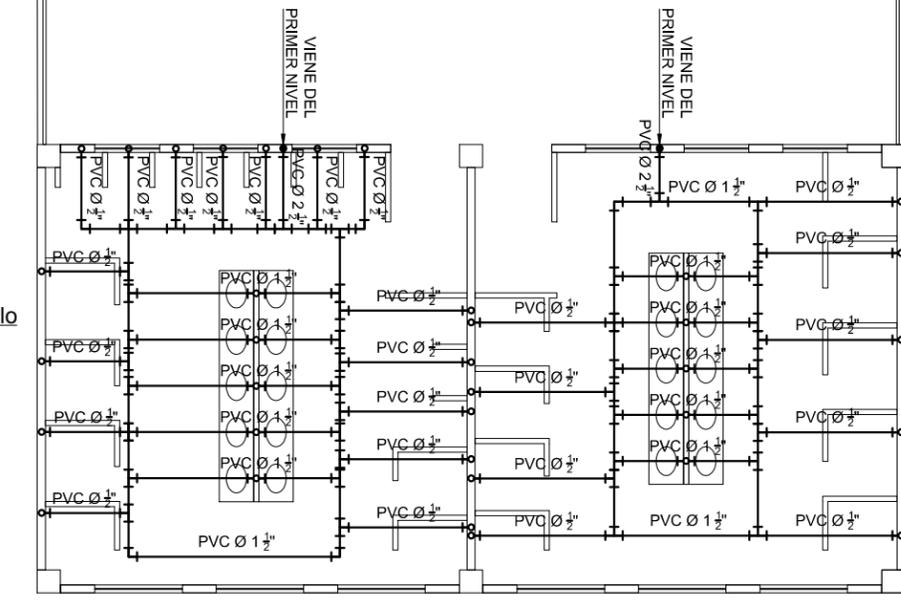
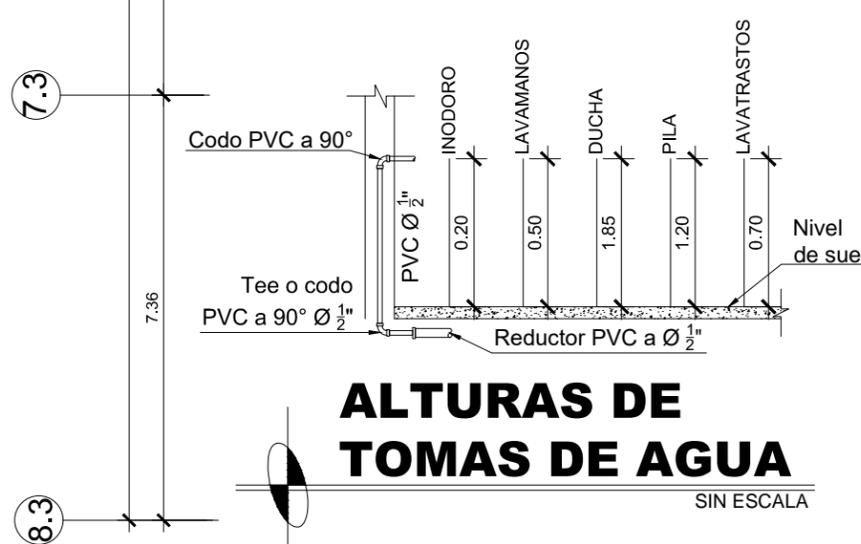
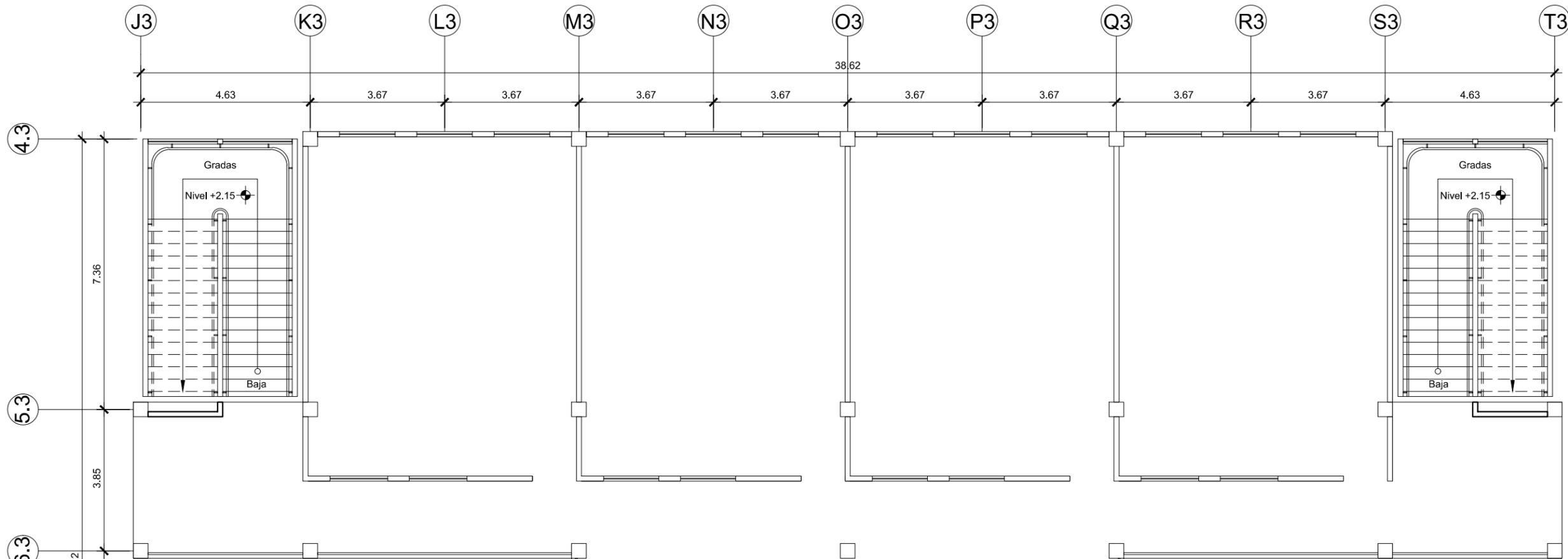
Contenido: Instalación De Agua Potable

Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Diseño: Dilan Godoy  
Calculó: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

HOJA No.: 42 / 61

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde de E.P.S.



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VALVULA DE PASO
	CONTADOR
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA DE CHEQUE
	CODO PVC A 90° HORIZONTAL, Ø INDICADO
	CODO PVC A 90° VERTICAL, Ø INDICADO
	TEE PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO
	TEE PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	CRUZ PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

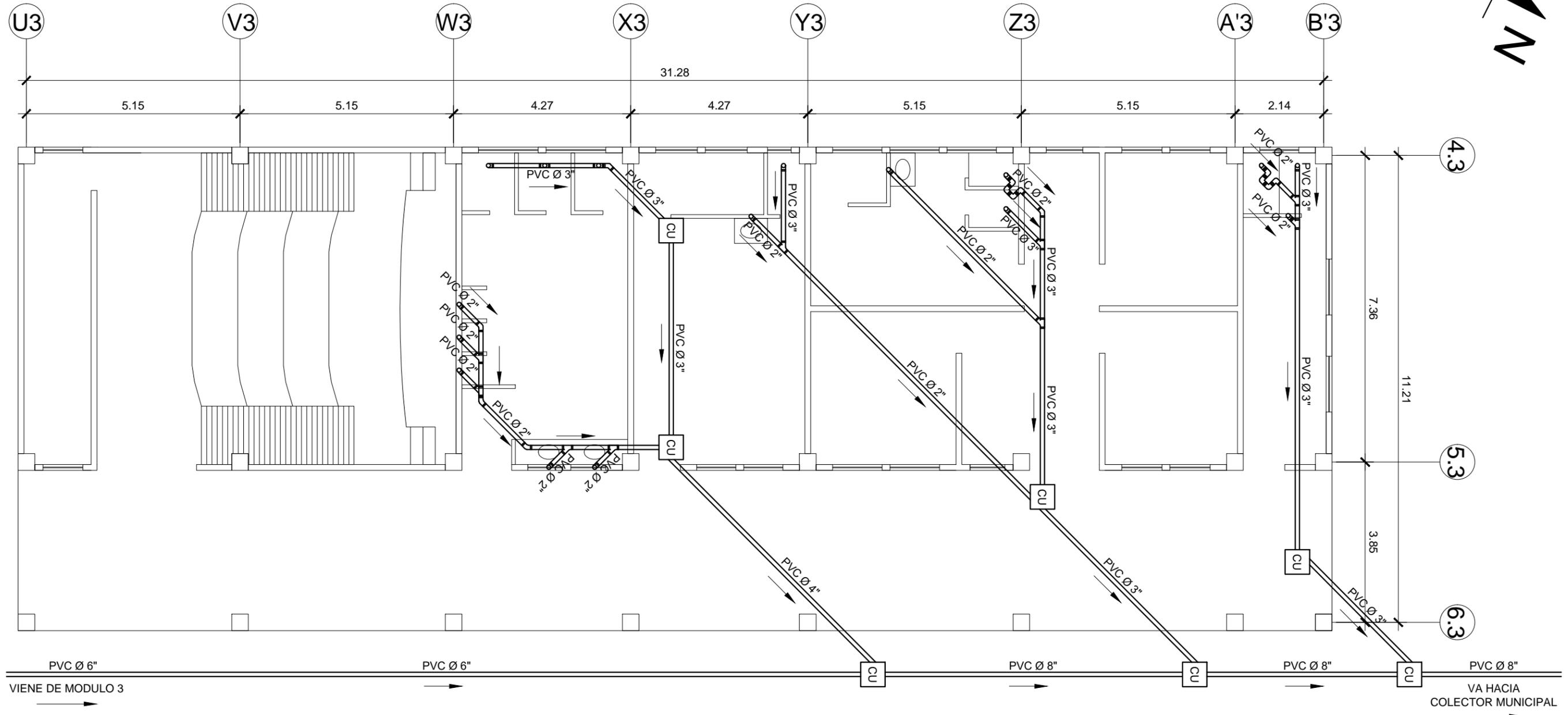
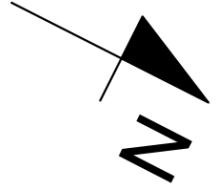
Contenido: Instalación De Agua Potable  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinnautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021  
 HOJA No.: 43 / 61  
 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos, Egresista  
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, Asesor de E.P.S.

# INSTALACION DE AGUA POTABLE - SEGUNDO NIVEL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



# INSTALACION DE DRENAJE SANITARIO - PRIMER NIVEL MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CODO PVC A 90° VERTICAL, Ø INDICADO
	YEE PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO
	SIFON PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	TEE PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	CAJA DE UNION DE CONCRETO PREFABRICADA, MARCA LOS CANARIOS DE 0.50 m * 0.50 m * 0.50 m
	TRAMPAGRASA DE ACERO INOXIDABLE, MARCA HELVEX DE 0.53 m * 0.35 m * 0.35 m
	TUBERIA PVC, Ø INDICADO
	DIRECCION DEL FLUJO CON UNA PENDIENTE DEL 2%



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

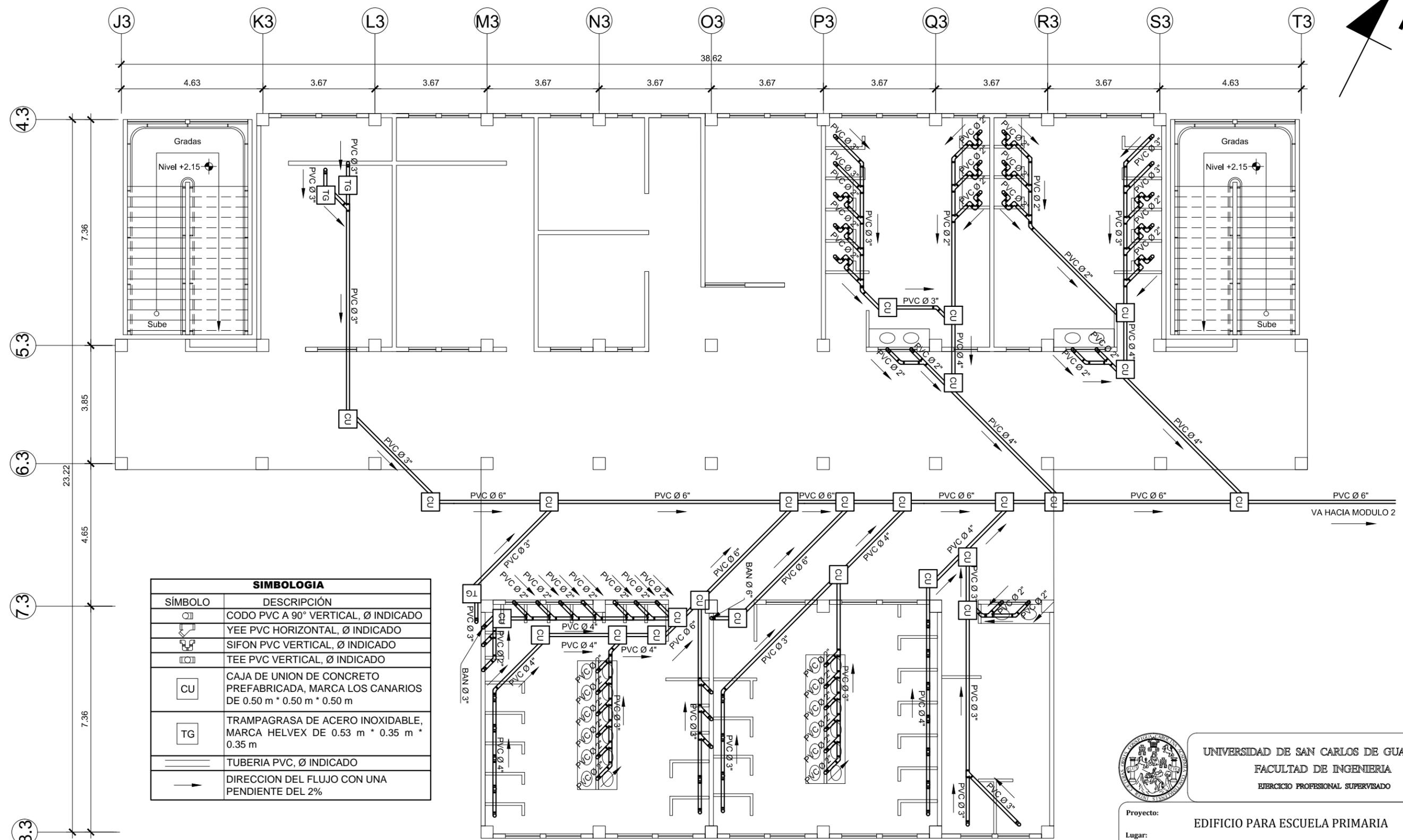
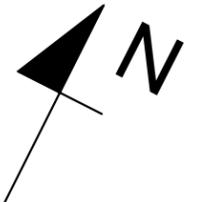
Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Drenaje Sanitario  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 44 / 61

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde de E.P.S.



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CODO PVC A 90° VERTICAL, Ø INDICADO
	YEE PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO
	SIFON PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	TEE PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	CAJA DE UNION DE CONCRETO PREFABRICADA, MARCA LOS CANARIOS DE 0.50 m * 0.50 m * 0.50 m
	TRAMPAGRASA DE ACERO INOXIDABLE, MARCA HELVEX DE 0.53 m * 0.35 m * 0.35 m
	TUBERIA PVC, Ø INDICADO
	DIRECCION DEL FLUJO CON UNA PENDIENTE DEL 2%

# INSTALACION DE DRENAJE SANITARIO - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Drenaje Sanitario

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula

Escala: Indicada

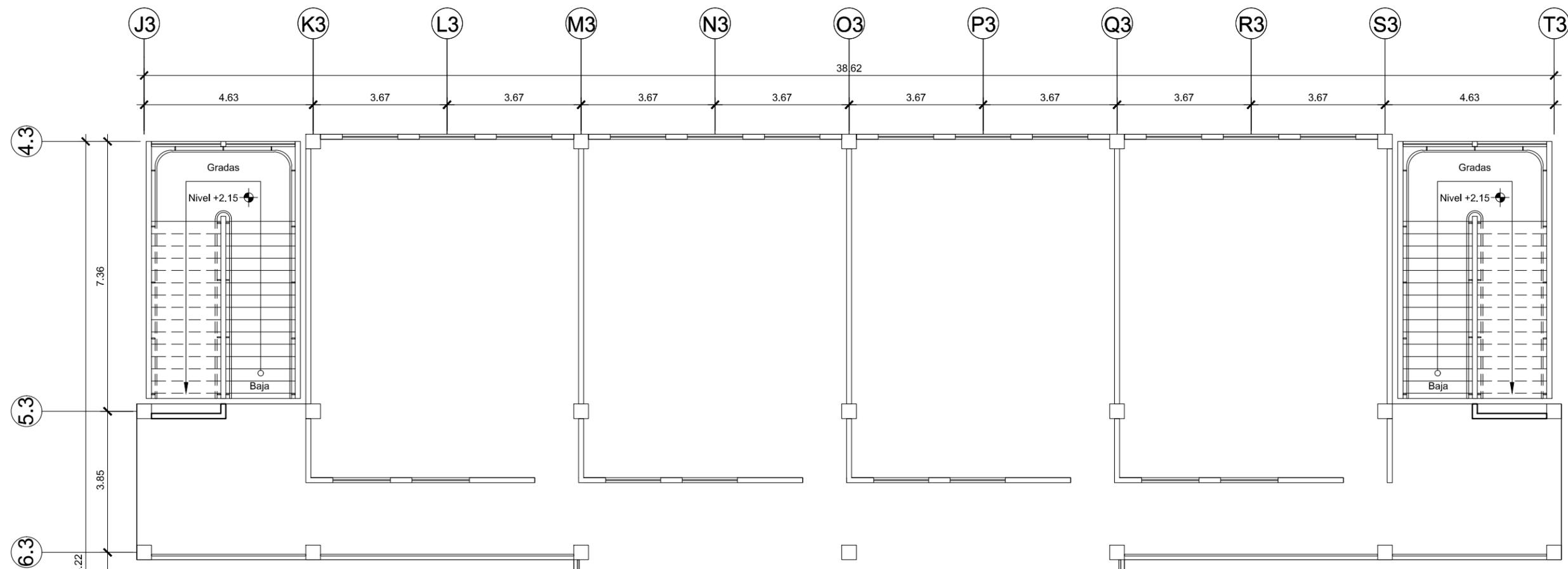
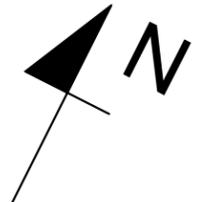
Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Asesor de E.P.S.

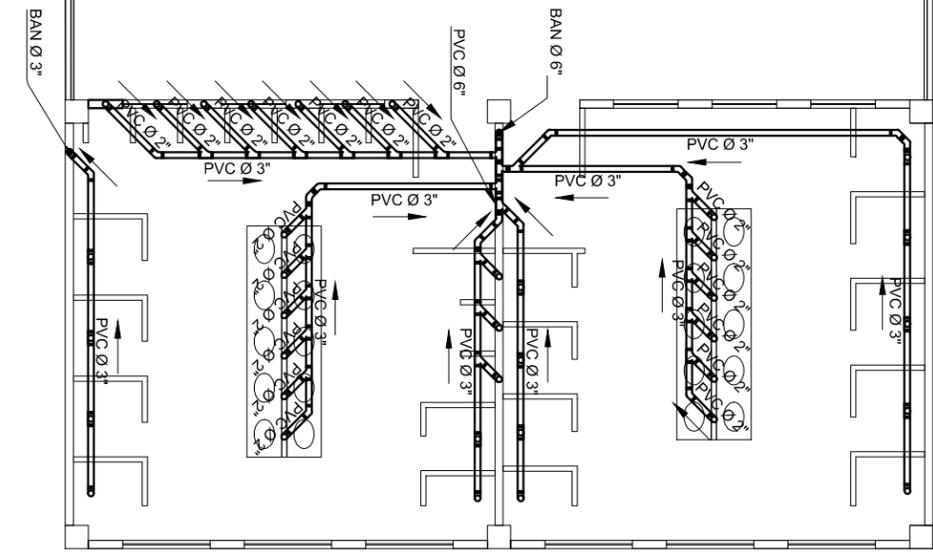
HOJA No.:

45

61



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CODO PVC A 90° VERTICAL, Ø INDICADO
	YEE PVC HORIZONTAL, Ø INDICADO
	SIFON PVC VERTICAL, Ø INDICADO
	TEE PVC VERTICAL, Ø INDICADO
CU	CAJA DE UNION DE CONCRETO PREFABRICADA, MARCA LOS CANARIOS DE 0.50 m * 0.50 m * 0.50 m
TG	TRAMPAGRASA DE ACERO INOXIDABLE, MARCA HELVEX DE 0.53 m * 0.35 m * 0.35 m
	TUBERIA PVC, Ø INDICADO
	DIRECCION DEL FLUJO CON UNA PENDIENTE DEL 2%



# INSTALACION DE DRENAJE SANITARIO - SEGUNDO NIVEL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

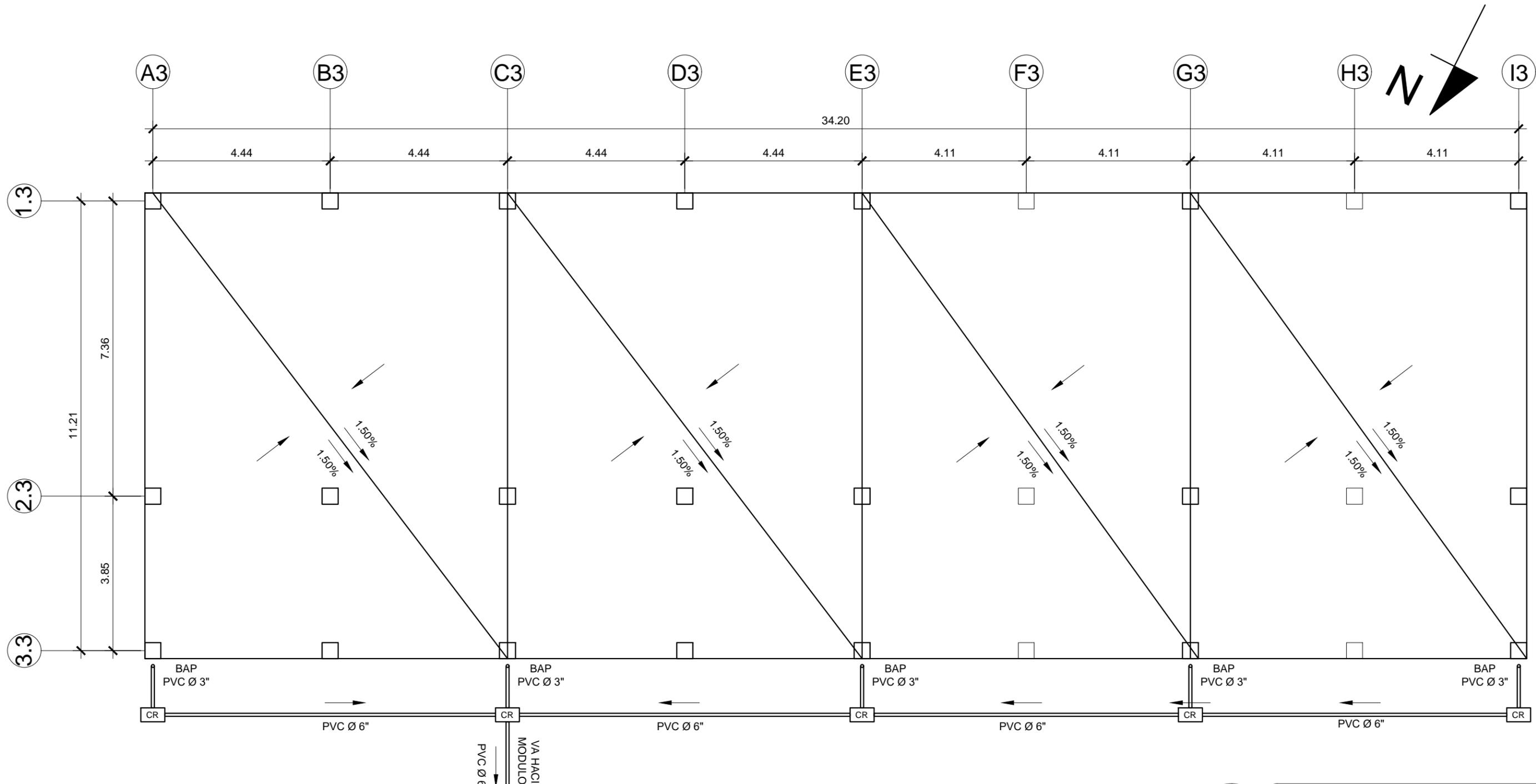
Contenido: Instalación De Drenaje Sanitario  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinnautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 46 / 61

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Acorde a E.P.S.



# INSTALACION DE DRENAJE PLUVIAL

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	BAJADA DE AGUA PLUVIAL Ø 3"
—	TUBERIA PVC, Ø INDICADO
CR	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO PREFABRICADA, MARCA LOS CANARIOS DE 0.50 m * 0.50 m * 0.50 m
—	LIMITE DEL PAÑUELO
→	PENDIENTE DEL PAÑUELO 1.00%



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

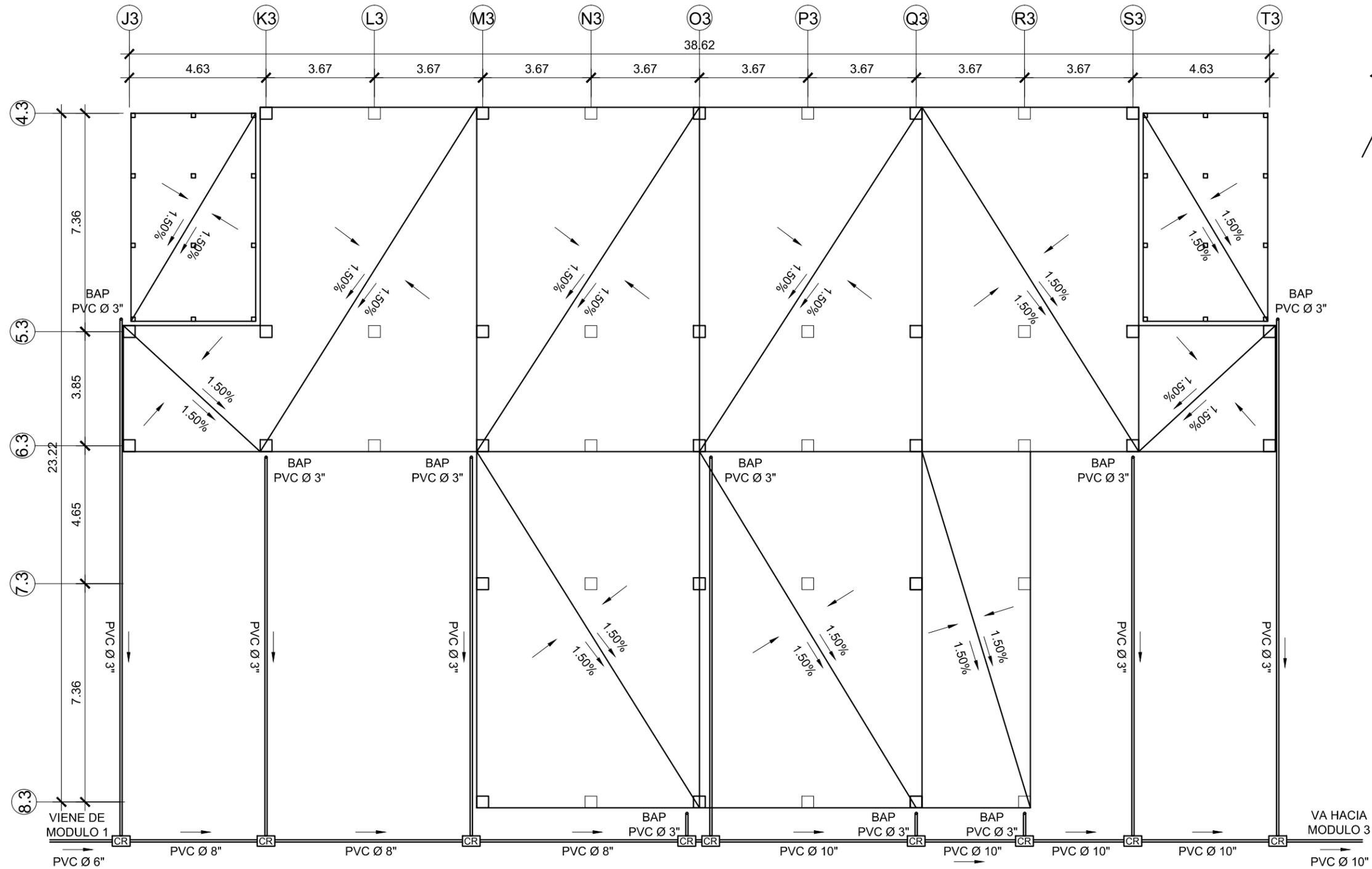
Contenido: Instalación De Drenaje Pluvial  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Acorde de E.P.S.

HOJA No.: 47 / 61



# INSTALACION DE DRENAJE PLUVIAL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/150

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	BAJADA DE AGUA PLUVIAL Ø 3"
—	TUBERIA PVC, Ø INDICADO
CR	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO PREFABRICADA, MARCA LOS CANARIOS DE 0.50 m * 0.50 m * 0.50 m
—	LIMITE DEL PAÑUELO
→	PENDIENTE DEL PAÑUELO 1.00%



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

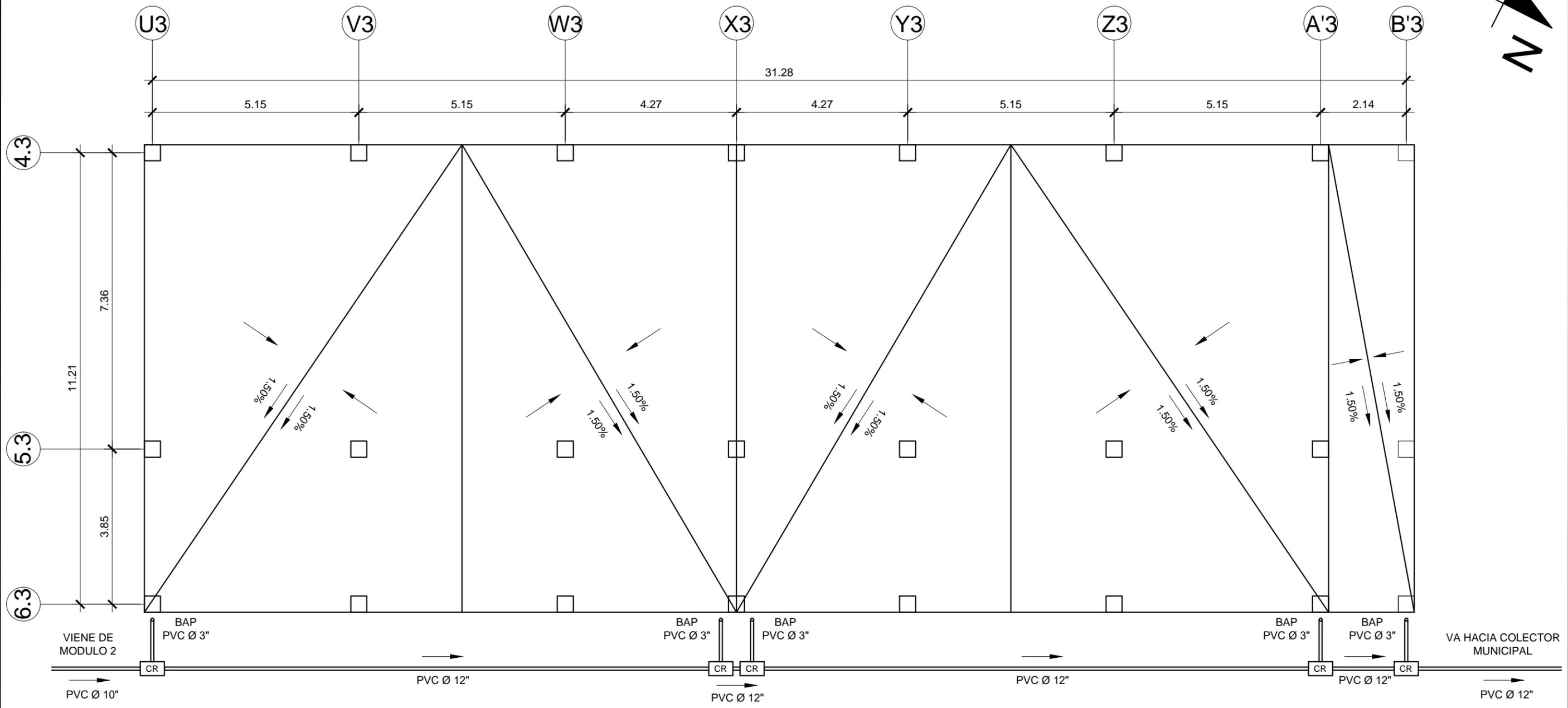
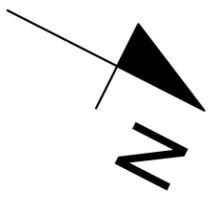
Contenido: Instalación De Drenaje Pluvial

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde a E.P.S.

HOJA No.: 48 / 61



# INSTALACION DE DRENAJE PLUVIAL

## MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	BAJADA DE AGUA PLUVIAL Ø 3"
—	TUBERIA PVC, Ø INDICADO
CR	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO PREFABRICADA, MARCA LOS CANARIOS DE 0.50 m * 0.50 m * 0.50 m
—	LIMITE DEL PAÑUELO
→	PENDIENTE DEL PAÑUELO 1.00%



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Drenaje Pluvial  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

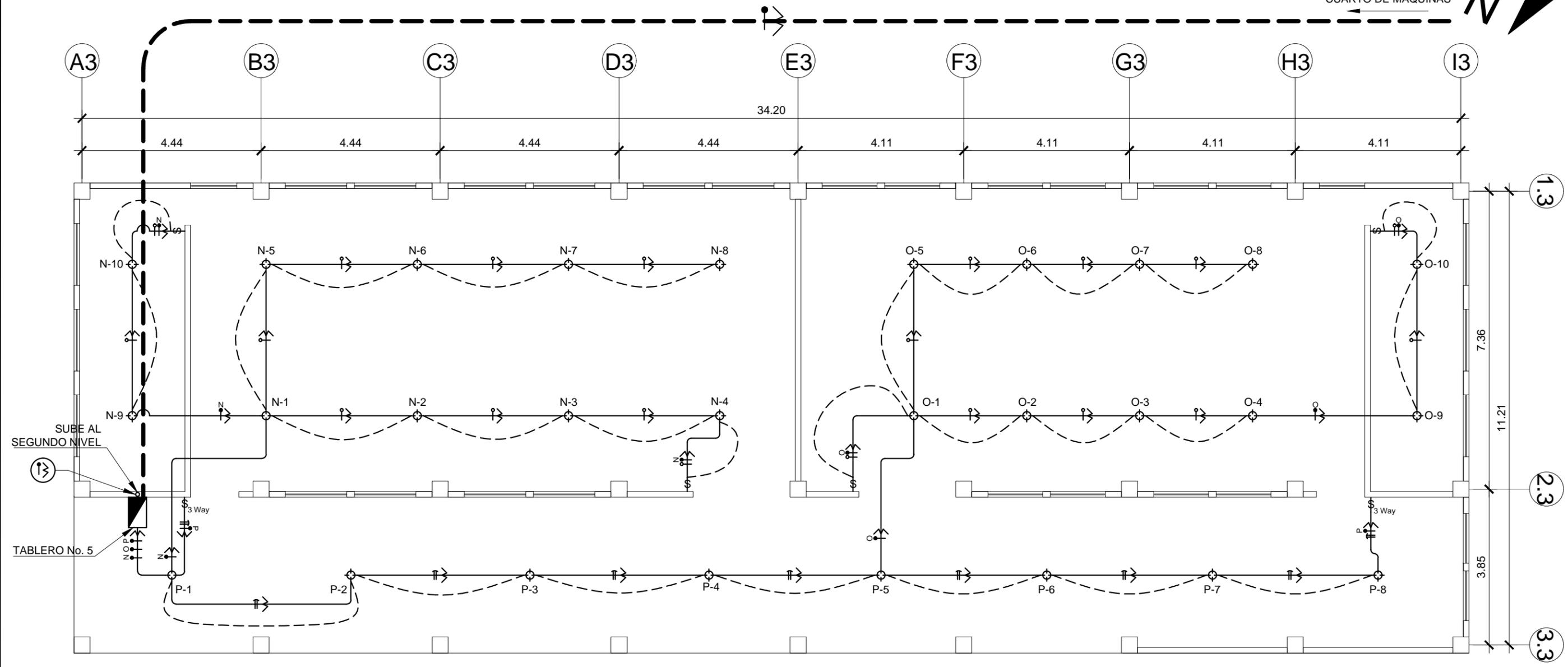
Municipalidad: Chínautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

  
 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

  
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Acorde de E.P.S.

HOJA No.: 49 / 61

VIENE DE MODULO 2,  
TABLERO PRINCIPAL EN  
CUARTO DE MAQUINAS



# PLANTA DE ILUMINACION - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA EN PARED O EN LOSA		VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
	LAMPARA DE 100 WATTS		VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
	TABLERO DE DISTRIBUCION		LINEA DE CONDUCCION
	LINEA VIVA, CALIBRE 12		CIRCUITO - UNIDAD
	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12		INTERRUPTOR SIMPLE
	RETORNO, CALIBRE 12		
	PUENTE, CALIBRE 12		
	INTERRUPTOR 3 WAY		



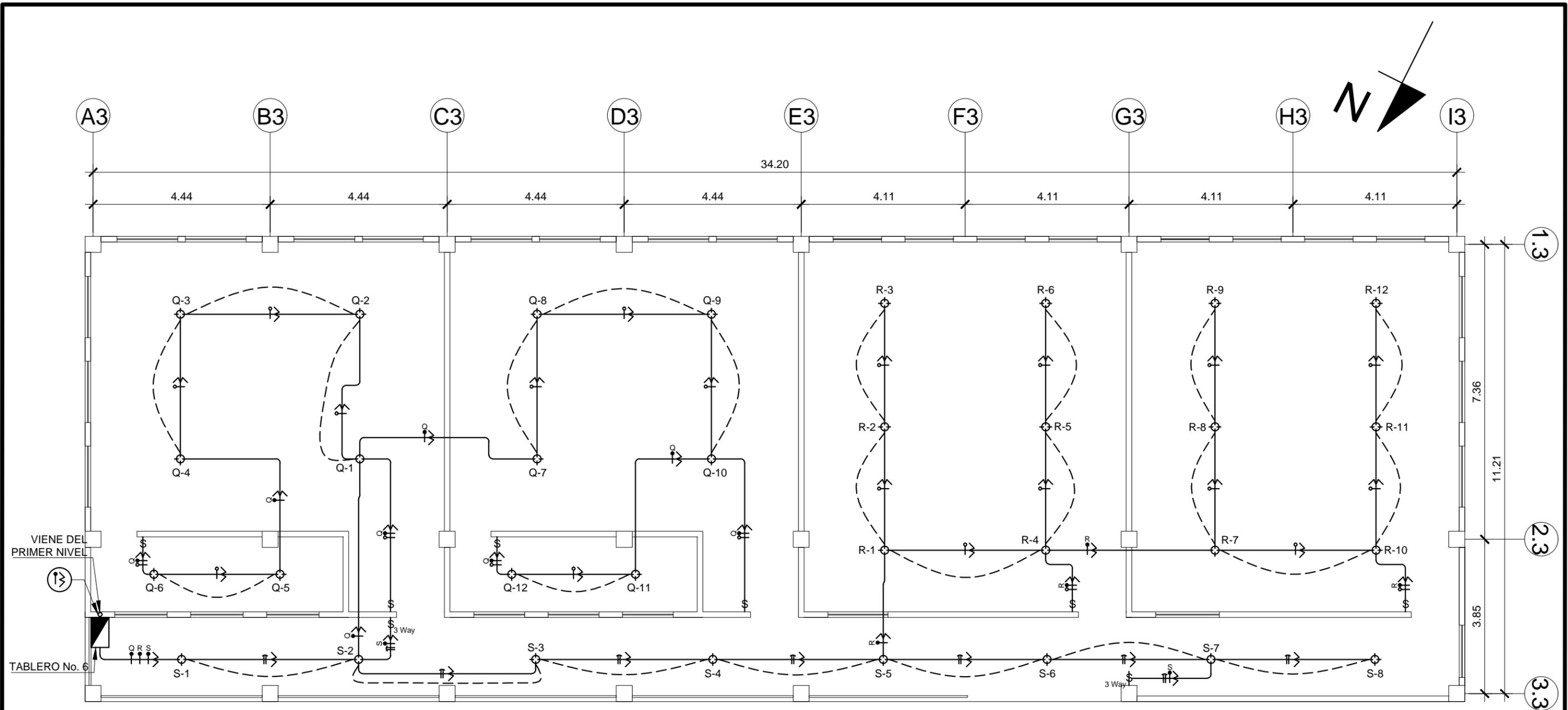
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Iluminación, Módulo 1  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 50 / 61



## PLANTA DE ILUMINACION - SEGUNDO NIVEL

### MÓDULO 1

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA EN PARED O EN LOSA	—	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
⊕	LAMPARA DE 100 WATTS	—	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
▣	TABLERO DE DISTRIBUCION	- - -	LINEA DE CONDUCCION
—	LINEA VIVA, CALIBRE 12	Q-6	CIRCUITO - UNIDAD
—	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12	\$	INTERRUPTOR SIMPLE
—	RETORNO, CALIBRE 12		
—	PUENTE, CALIBRE 12		
\$ _{3 Way}	INTERRUPTOR 3 WAY		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

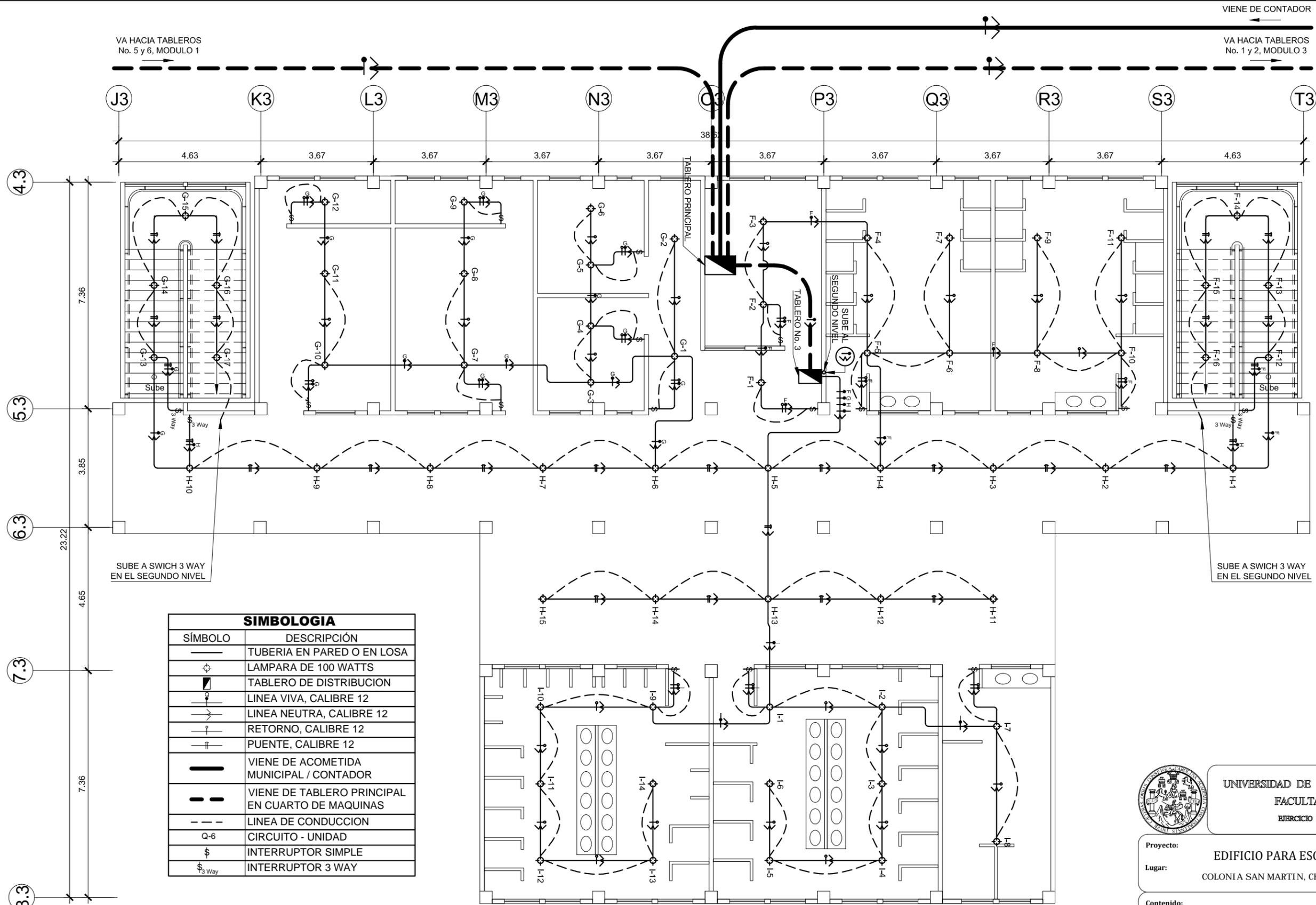
Contenido: Instalación De Iluminación, Módulo 1

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde a E.P.S.

HOJA No.: 51 / 61



VA HACIA TABLEROS  
No. 5 y 6, MODULO 1

VIENE DE CONTADOR

VA HACIA TABLEROS  
No. 1 y 2, MODULO 3

SUBE A SWICH 3 WAY  
EN EL SEGUNDO NIVEL

SUBE A SWICH 3 WAY  
EN EL SEGUNDO NIVEL

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA EN PARED O EN LOSA
	LAMPARA DE 100 WATTS
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LINEA VIVA, CALIBRE 12
	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12
	RETORNO, CALIBRE 12
	PUENTE, CALIBRE 12
	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
	LINEA DE CONDUCCION
	CIRCUITO - UNIDAD
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR 3 WAY

# PLANTA DE ILUMINACION - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

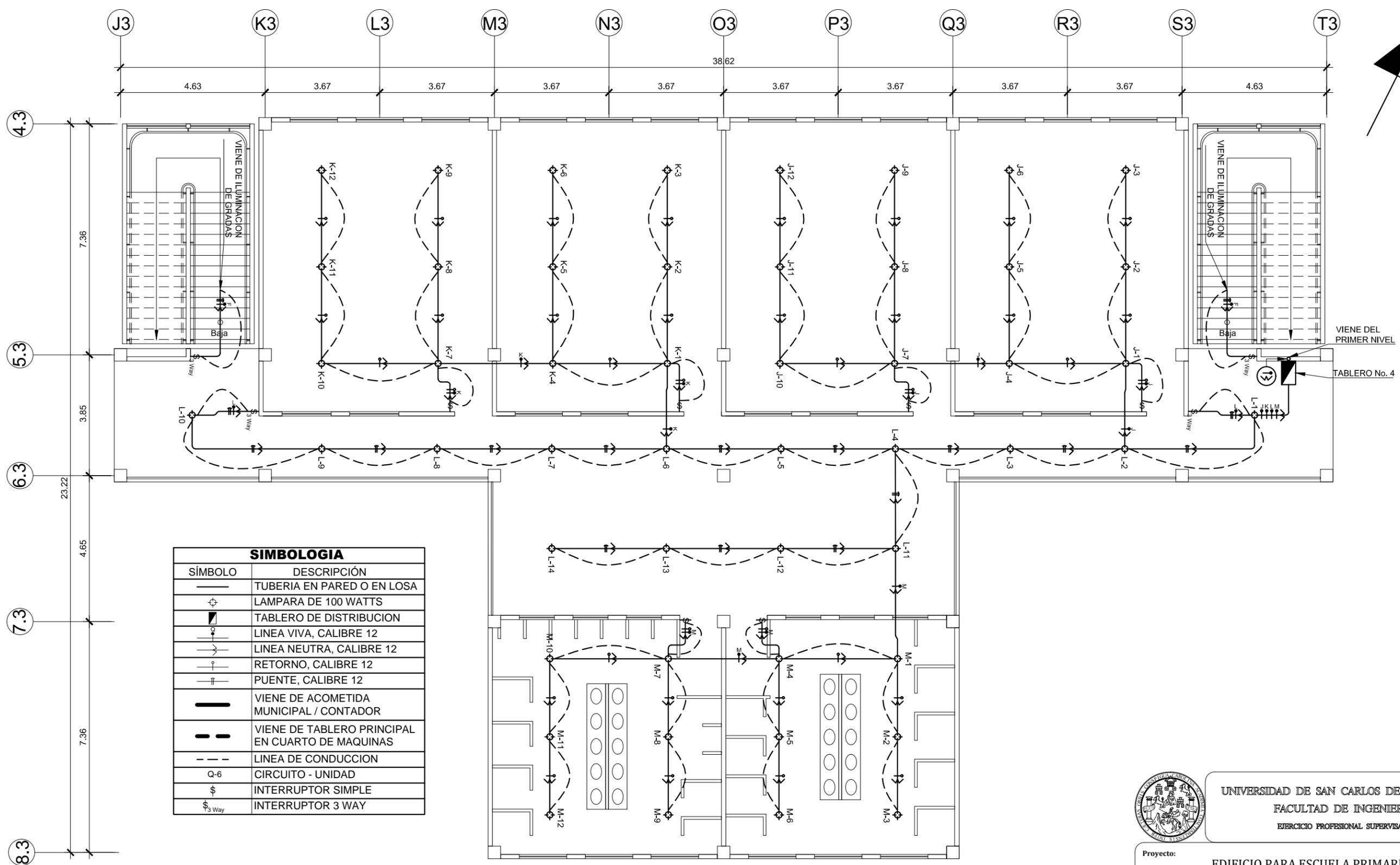
Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Iluminación, Módulo 2  
Diseño: Dilan Godoy  
Calculó: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 52 / 61

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde a E.P.S.



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA EN PARED O EN LOSA
	LAMPARA DE 100 WATTS
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LINEA VIVA, CALIBRE 12
	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12
	RETORNO, CALIBRE 12
	PUENTE, CALIBRE 12
	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
	LINEA DE CONDUCCION
	CIRCUITO - UNIDAD
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR 3 WAY

# PLANTA DE ILUMINACION - SEGUNDO NIVEL

## MÓDULO 2

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Iluminación, Módulo 2  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinnautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
 Aмор de E.P.S.

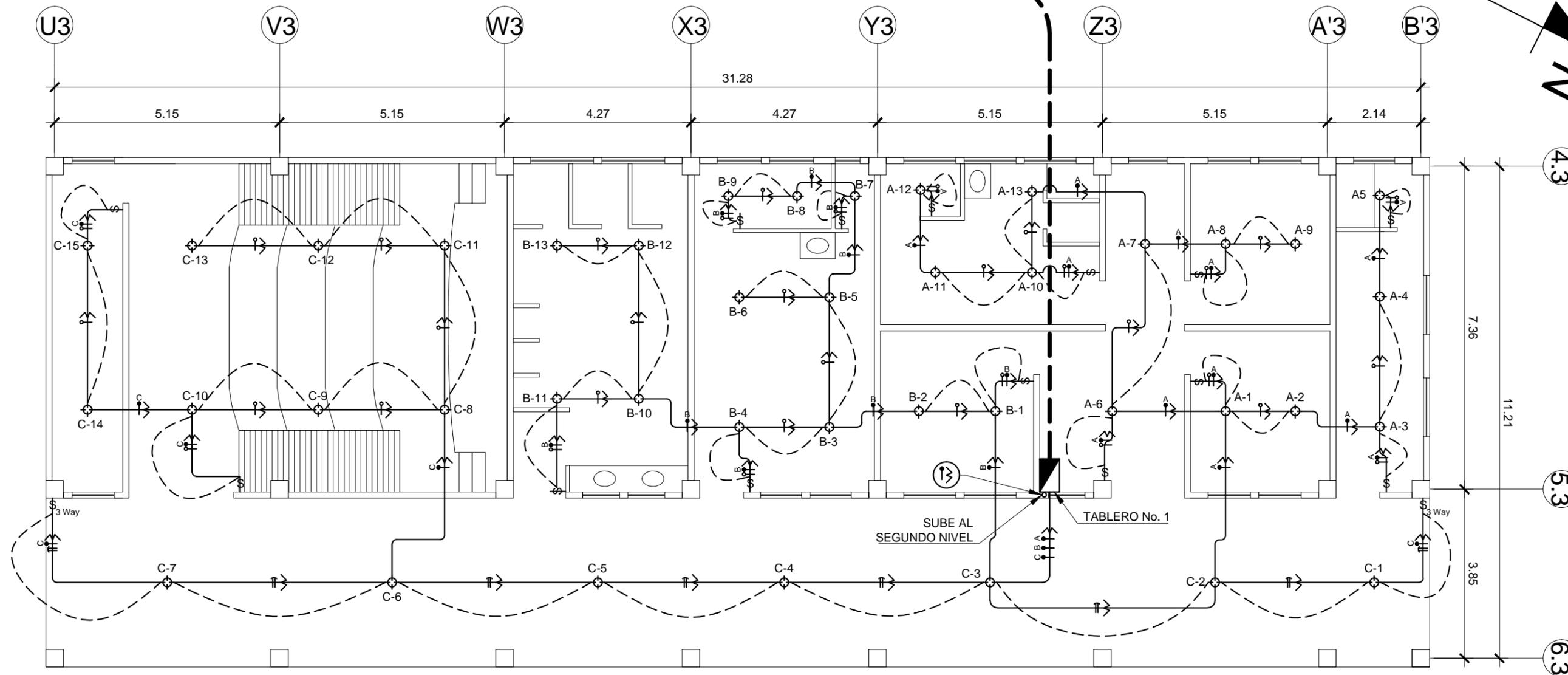
HOJA No.: 53 / 61

VA HACIA MODULO 2,  
TABLERO PRINCIPAL EN  
CUARTO DE MAQUINAS

VIENE DE  
ACOMETIDA MUNICIPAL

VIENE DE MODULO 2,  
TABLERO PRINCIPAL EN  
CUARTO DE MAQUINAS

CONTADOR



## PLANTA DE ILUMINACION - PRIMER NIVEL

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

#### SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA EN PARED O EN LOSA		VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
	LAMPARA DE 100 WATTS		VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
	TABLERO DE DISTRIBUCION		LINEA DE CONDUCCION
	LINEA VIVA, CALIBRE 12		CIRCUITO - UNIDAD
	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12		INTERRUPTOR SIMPLE
	RETORNO, CALIBRE 12		
	PUENTE, CALIBRE 12		
	INTERRUPTOR 3 WAY		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Iluminación, Módulo 3

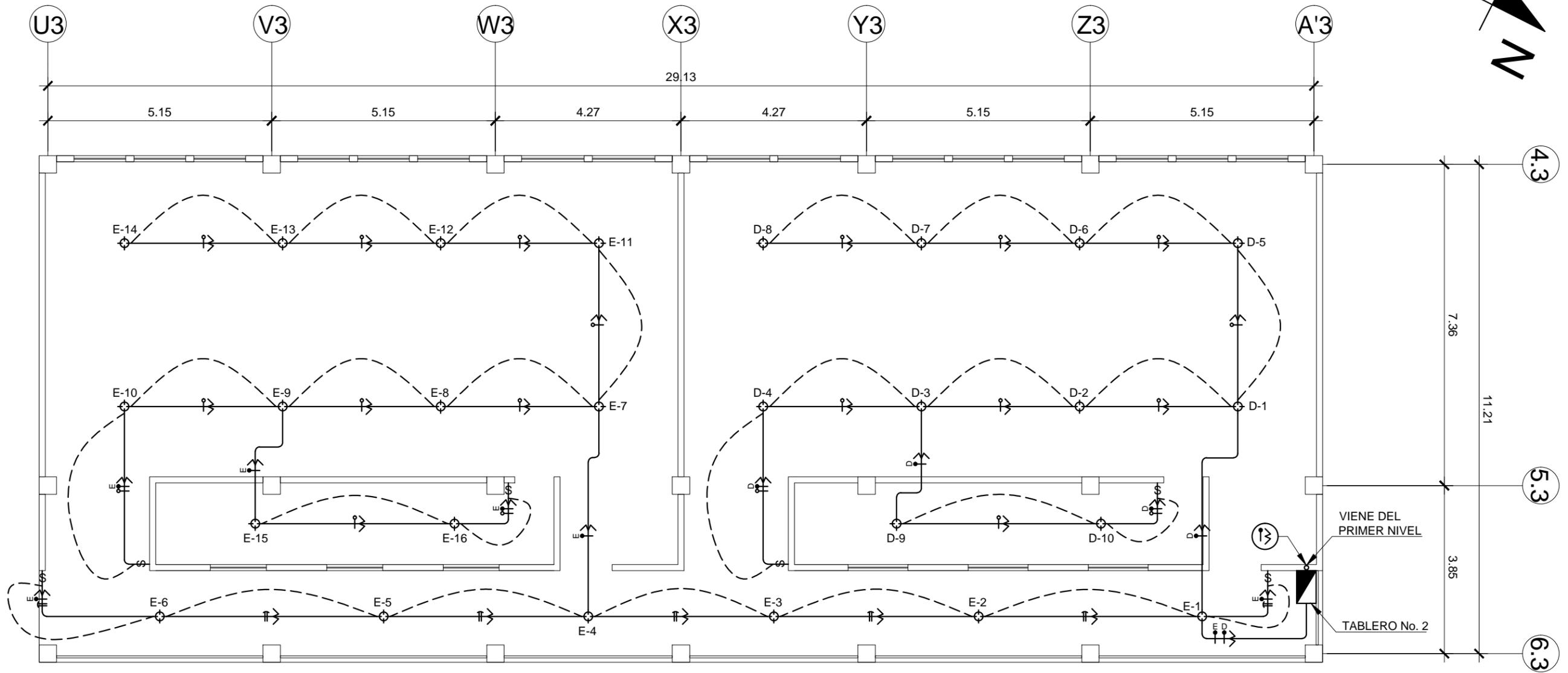
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa  
Acorde de E.P.S.

HOJA No.:  
54 / 61



## PLANTA DE ILUMINACION - SEGUNDO NIVEL

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA EN PARED O EN LOSA	—	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
⊕	LAMPARA DE 100 WATTS	—	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
⊠	TABLERO DE DISTRIBUCION	---	LINEA DE CONDUCCION
—	LINEA VIVA, CALIBRE 12	Q-6	CIRCUITO - UNIDAD
—	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12	\$	INTERRUPTOR SIMPLE
—	RETORNO, CALIBRE 12		
—	PUENTE, CALIBRE 12		
⋈	INTERRUPTOR 3 WAY		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Iluminación, Módulo 3

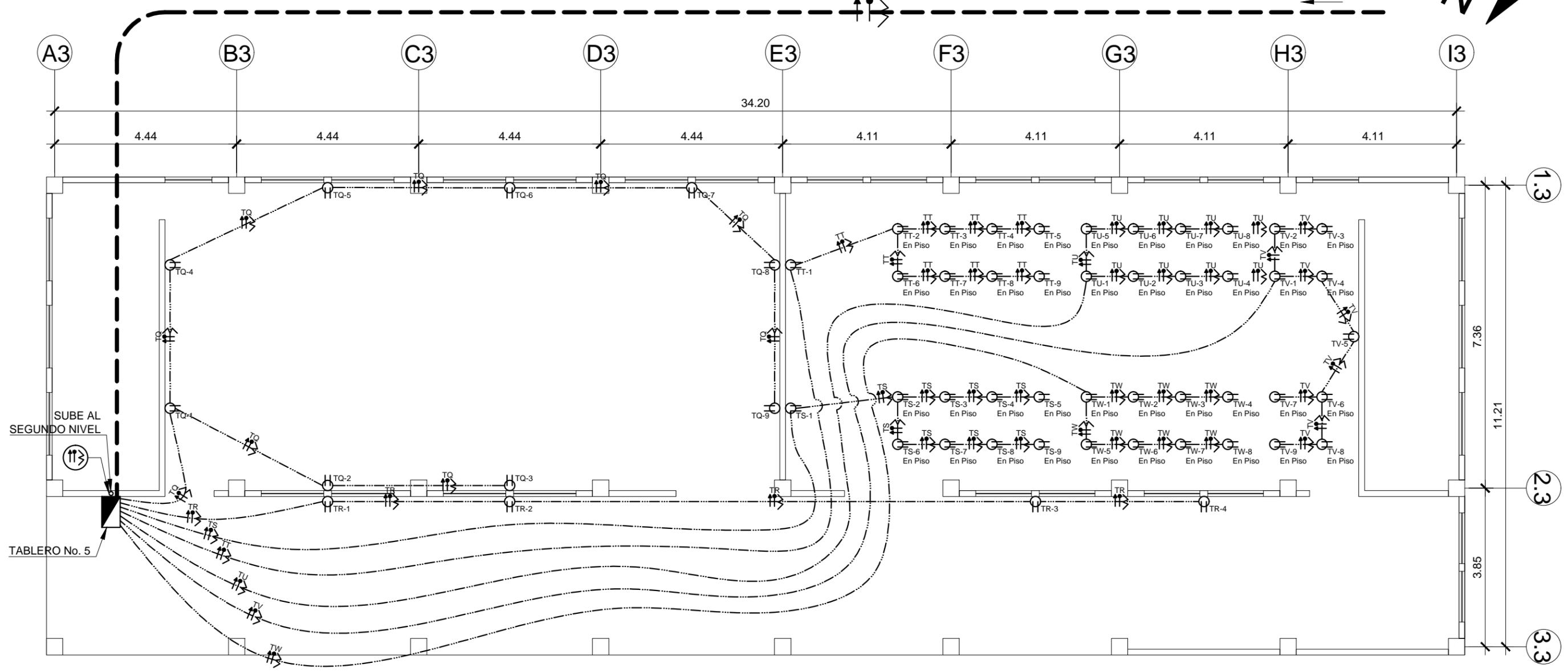
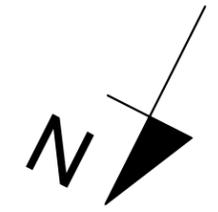
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde a E.P.S.

HOJA No.:  
55 / 61

VIENE DE MODULO 2,  
TABLERO PRINCIPAL EN  
CUARTO DE MAQUINAS



# PLANTA DE FUERZA - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 1

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA EN PARED O EN PISO	—↑	LINEA DE TIERRA, CALIBRE 12
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PARED)	—	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
⊕ _{En Piso}	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PISO)	- - -	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
⊕	TABLERO DE DISTRIBUCION	- - -	LINEA DE CONDUCCION
—↑	LINEA VIVA, CALIBRE 12	L-7	TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD
—→	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

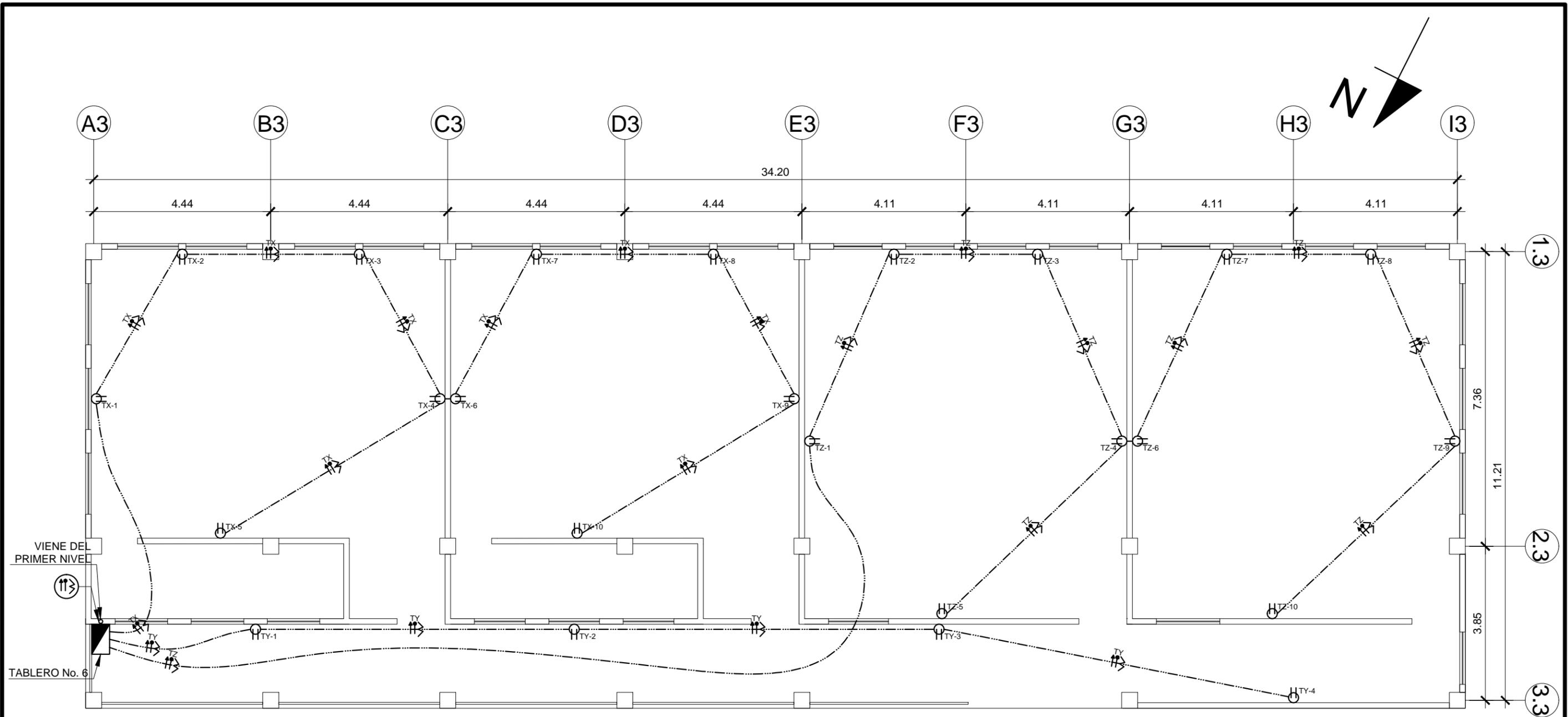
Contenido: Instalación De Fuerza, Módulo 1  
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 56 / 61

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde a E.P.S.



## PLANTA DE FUERZA - SEGUNDO NIVEL

### MÓDULO 1

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA EN PARED O EN PISO		LINEA DE TIERRA, CALIBRE 12
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PARED)		VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PISO)		VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
	TABLERO DE DISTRIBUCION		LINEA DE CONDUCCION
	LINEA VIVA, CALIBRE 12		TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD
	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Fuerza, Módulo 1

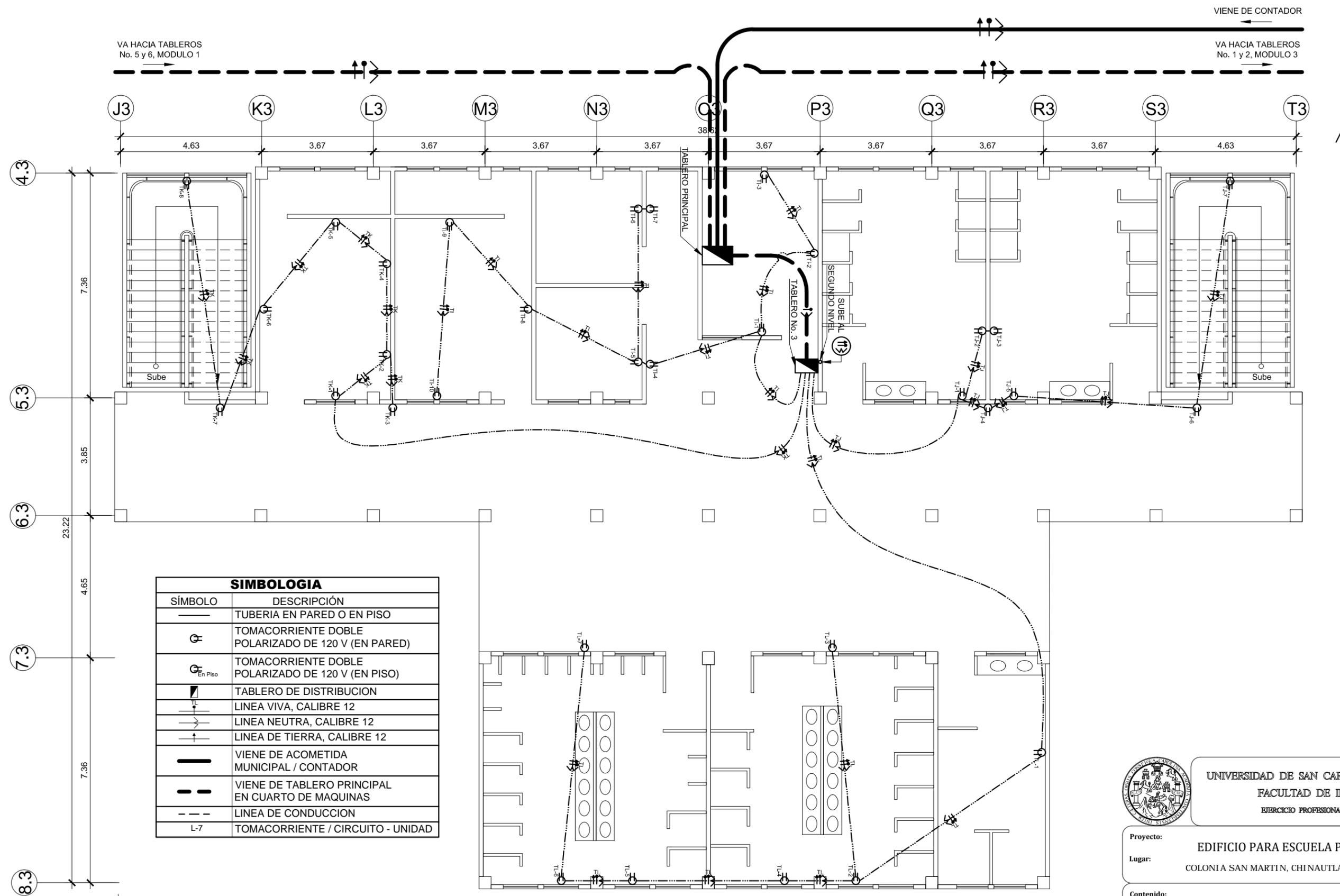
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Aмор de E.P.S.

HOJA No.:  
57 / 61



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA EN PARED O EN PISO
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PARED)
⊕ _{En Piso}	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PISO)
▭	TABLERO DE DISTRIBUCION
— —	LINEA VIVA, CALIBRE 12
— —	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12
— —	LINEA DE TIERRA, CALIBRE 12
—	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
—	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
---	LINEA DE CONDUCCION
L-7	TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD

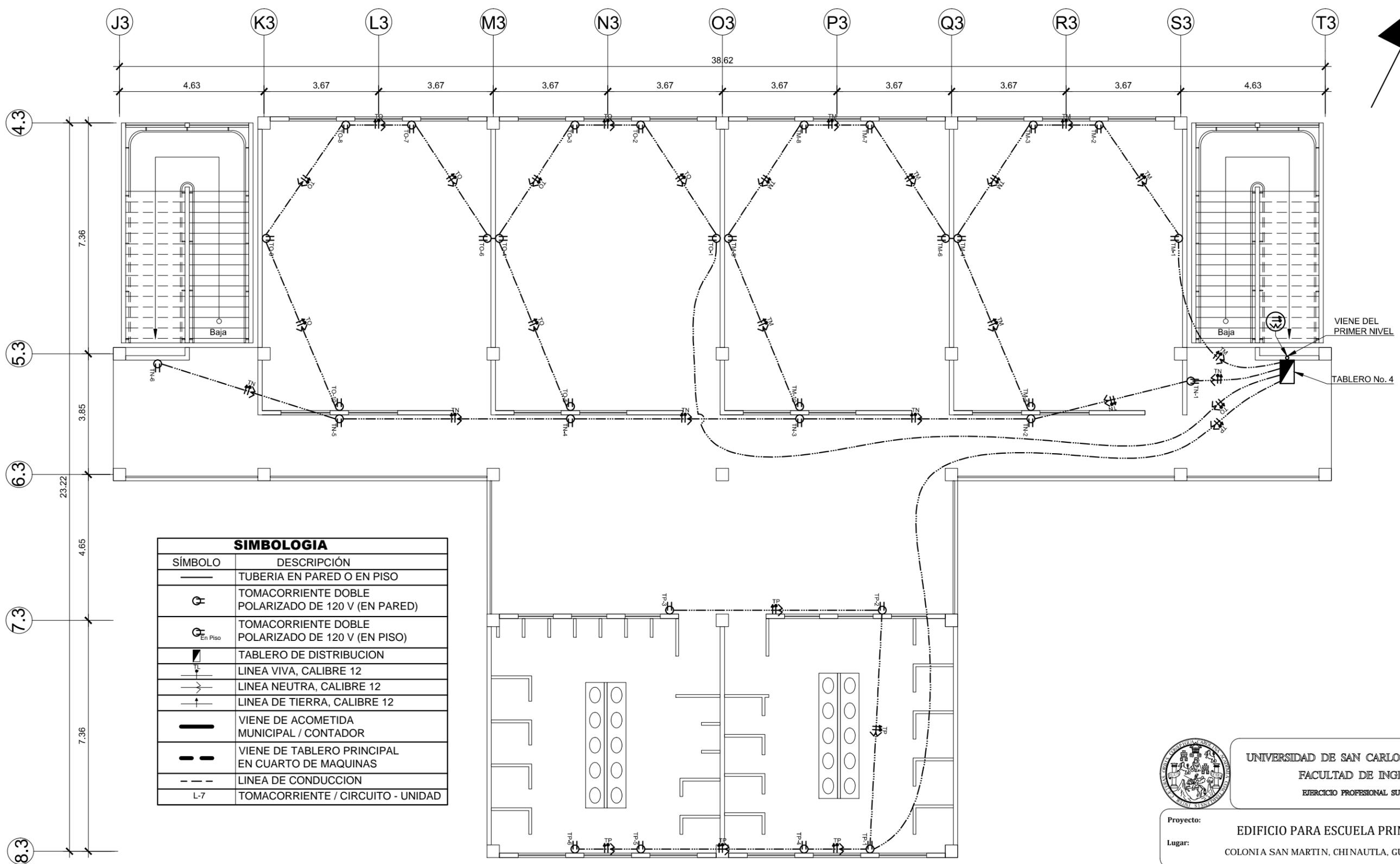
**PLANTA DE FUERZA - PRIMER NIVEL**  
**MÓDULO 2**  
 ESCALA: 1/125


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: **EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA**  
 Lugar: **COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

Contenido: **Instalación De Fuerza, Módulo 2**  
 Diseñó: Dilan Godoy  
 Calculó: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021  
  
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Asesor de E.P.S.  
 HOJA No.: **58** / **61**



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA EN PARED O EN PISO
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PARED)
⊕ _{En Piso}	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PISO)
▭	TABLERO DE DISTRIBUCION
— —	LINEA VIVA, CALIBRE 12
— —	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12
— —	LINEA DE TIERRA, CALIBRE 12
—	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
—	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
- - -	LINEA DE CONDUCCION
L-7	TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD

**PLANTA DE FUERZA - SEGUNDO NIVEL**  
**MÓDULO 2**

ESCALA: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
 Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Fuerza, Módulo 2  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chiantula  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Septiembre 2, 021

HOJA No.: 59 / 61

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Egresista

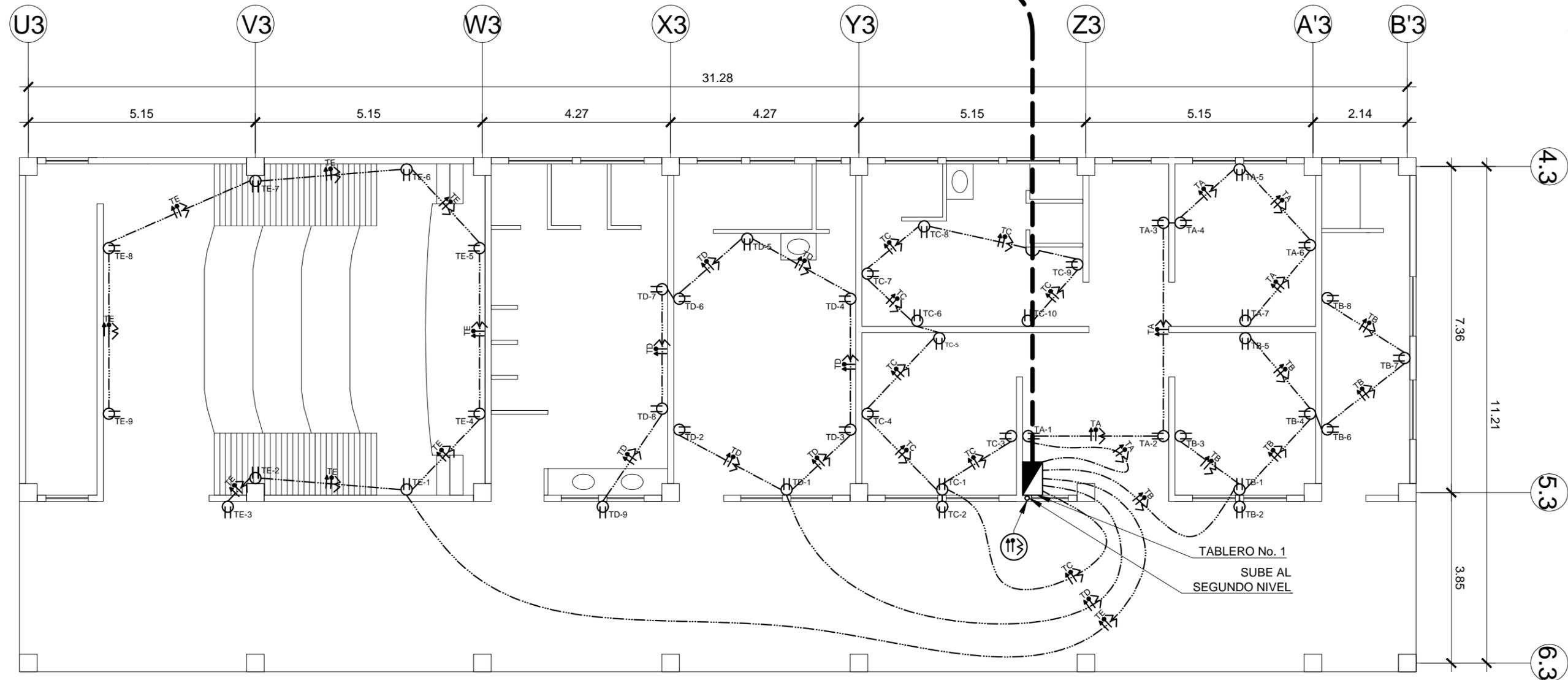
(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Acorde de E.P.S.

VA HACIA MODULO 2,  
TABLERO PRINCIPAL EN  
CUARTO DE MAQUINAS

VIENE DE  
ACOMETIDA MUNICIPAL

VIENE DE MODULO 2,  
TABLERO PRINCIPAL EN  
CUARTO DE MAQUINAS

CONTADOR



# PLANTA DE FUERZA - PRIMER NIVEL

## MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

### SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA EN PARED O EN PISO		LINEA DE TIERRA, CALIBRE 12
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PARED)		VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PISO)		VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
	TABLERO DE DISTRIBUCION		LINEA DE CONDUCCION
	LINEA VIVA, CALIBRE 12		L-7 TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD
	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Fuerza, Módulo 3

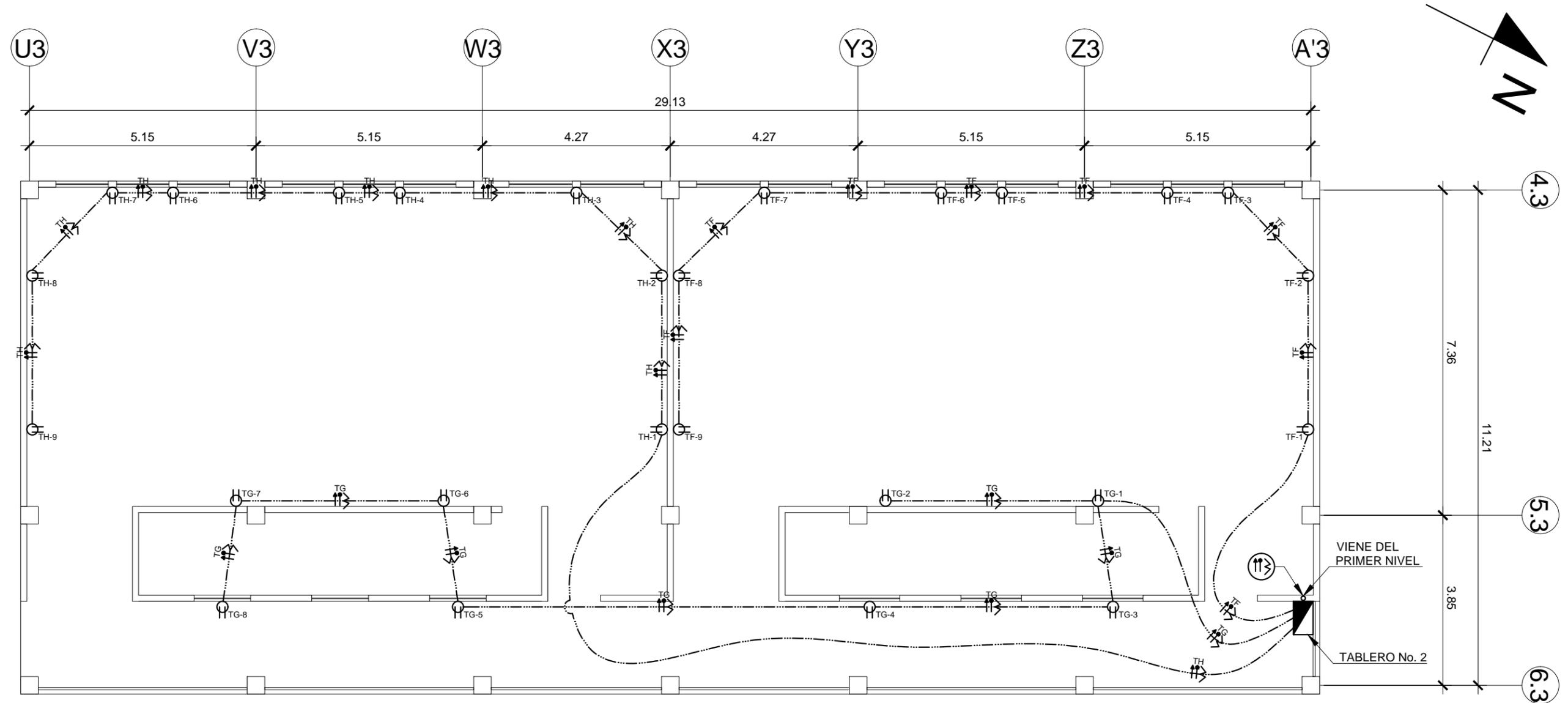
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2, 021

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Astor de E.P.S.

HOJA No.:  
**60**  
**61**



## PLANTA DE FUERZA - SEGUNDO NIVEL

### MÓDULO 3

ESCALA: 1/100

#### SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA EN PARED O EN PISO	—↑	LINEA DE TIERRA, CALIBRE 12
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PARED)	—	VIENE DE ACOMETIDA MUNICIPAL / CONTADOR
⊕ _{En Piso}	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V (EN PISO)	---	VIENE DE TABLERO PRINCIPAL EN CUARTO DE MAQUINAS
□	TABLERO DE DISTRIBUCION	---	LINEA DE CONDUCCION
—↑	LINEA VIVA, CALIBRE 12	L-7	TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD
—>	LINEA NEUTRA, CALIBRE 12		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: EDIFICIO PARA ESCUELA PRIMARIA  
Lugar: COLONIA SAN MARTIN, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Instalación De Fuerza, Módulo 3

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla

Escala: Indicada

Fecha: Septiembre 2, 021

(1) Egresista  
(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Acorde de E.P.S.

HOJA No.:

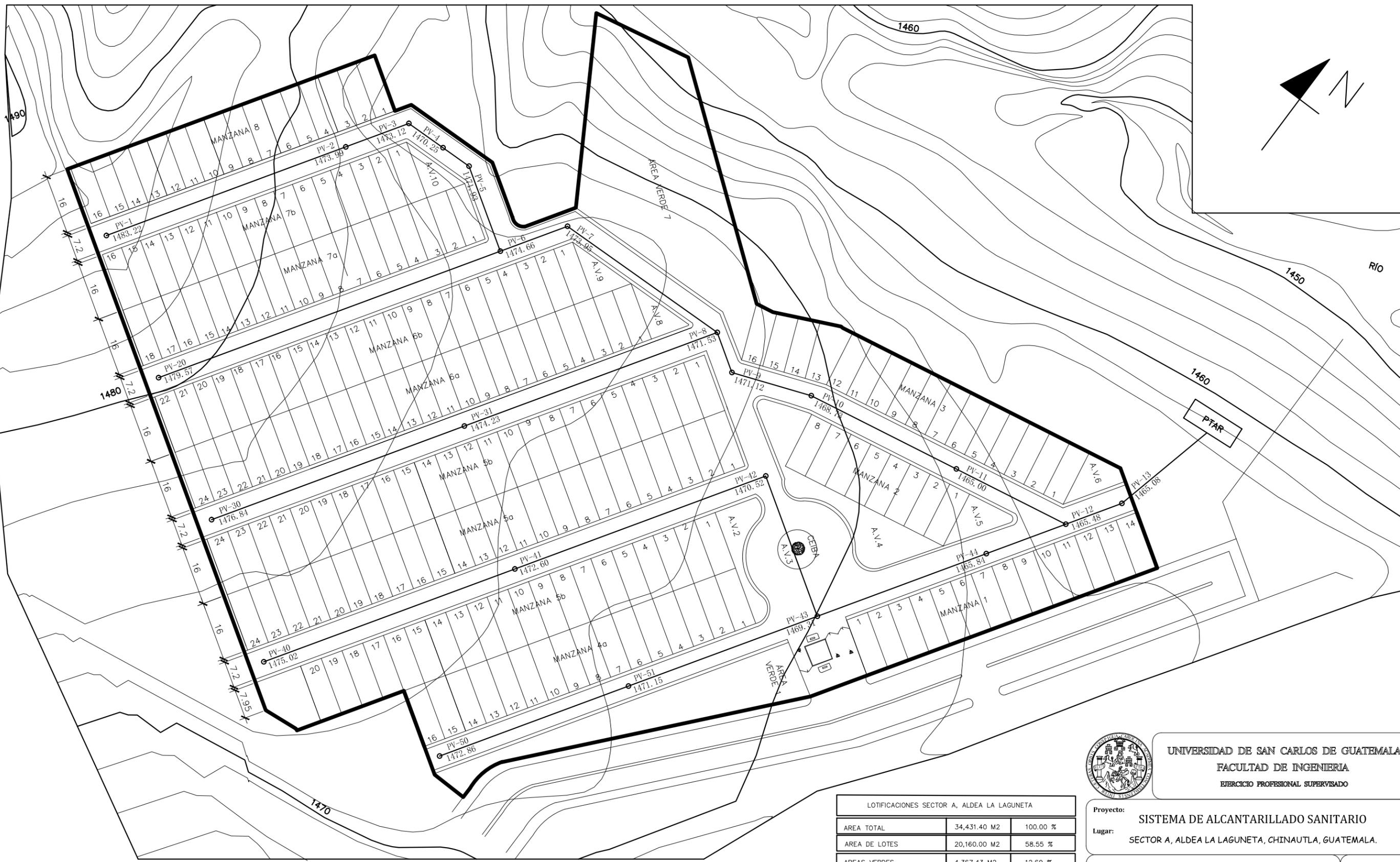
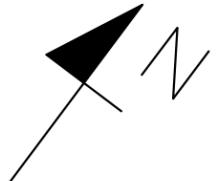
61

61

Apéndice 2. **Planos de sistema de alcantarillado sanitario sector A,  
aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.





# PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

ESCALA: 1/1,000

LOTIFICACIONES SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA		
AREA TOTAL	34,431.40 M2	100.00 %
AREA DE LOTES	20,160.00 M2	58.55 %
AREAS VERDES	4,367.43 M2	12.69 %
AREA DE CALLES Y CERAS	9,586.96 M2	27.84 %
SERVIDUMBRES DE PASO	317.01.00 M2	0.92 %

>96 LOTES DE 5.50M X 16.00M  
(MANZANAS 6a, 6b 7a, 7b y 8 = 8,448M2  
>122 LOTES DE 6.00M X 16.00M  
(MANZANAS 1, 2, 3, 4a, 4b, 5a y 5b = 11,712M2  
>TOTAL 218 LOTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
Lugar: SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.

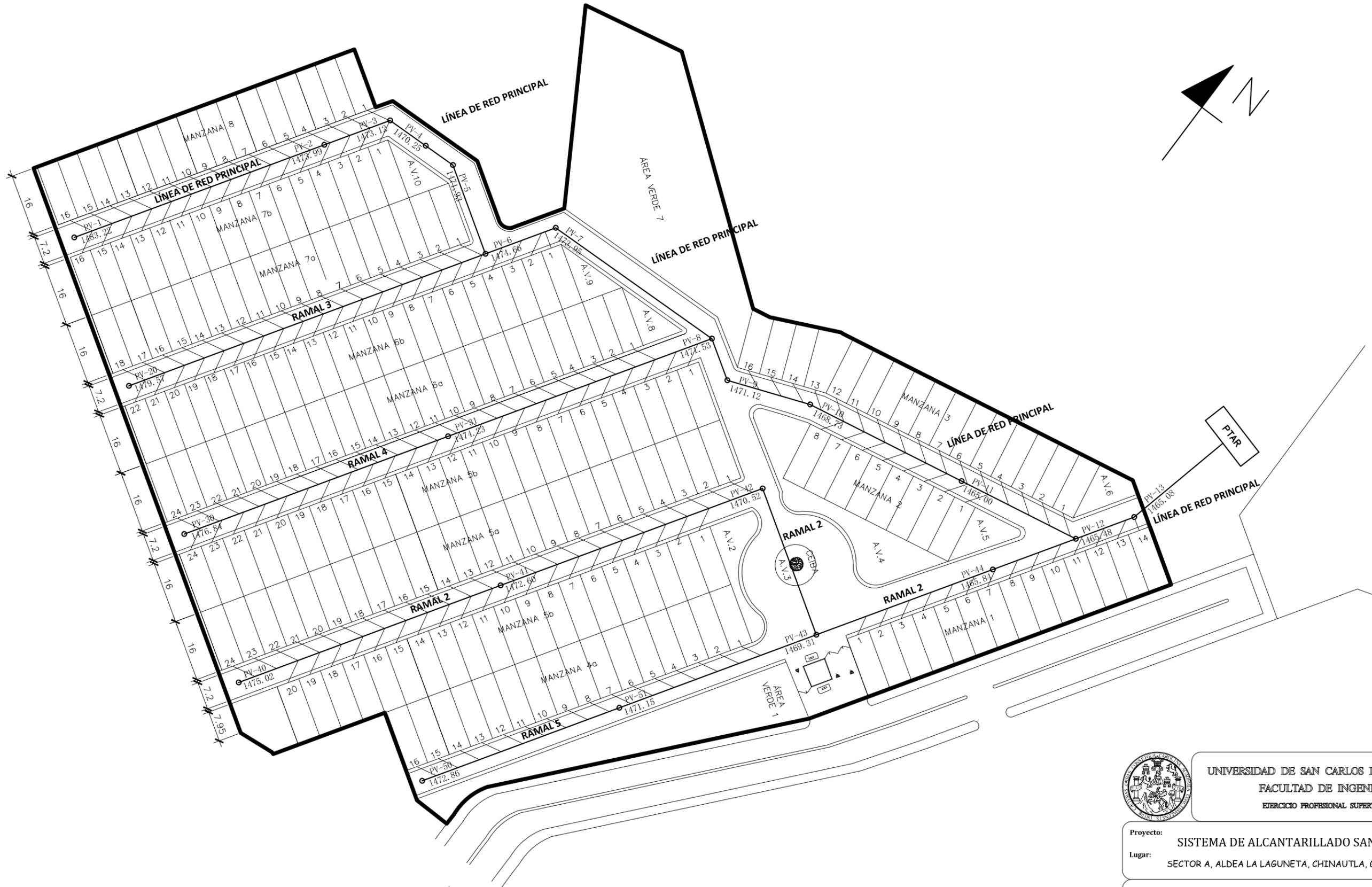
Contenido: Planta De Curvas De Nivel  
Diseño: Dilan Godoy  
Calculó: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Agosto de 2, 020

(1) Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

(2) Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Acorde de E.P.S.

HOJA No.: 1 / 7



# PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/1,000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
 Lugar: SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.

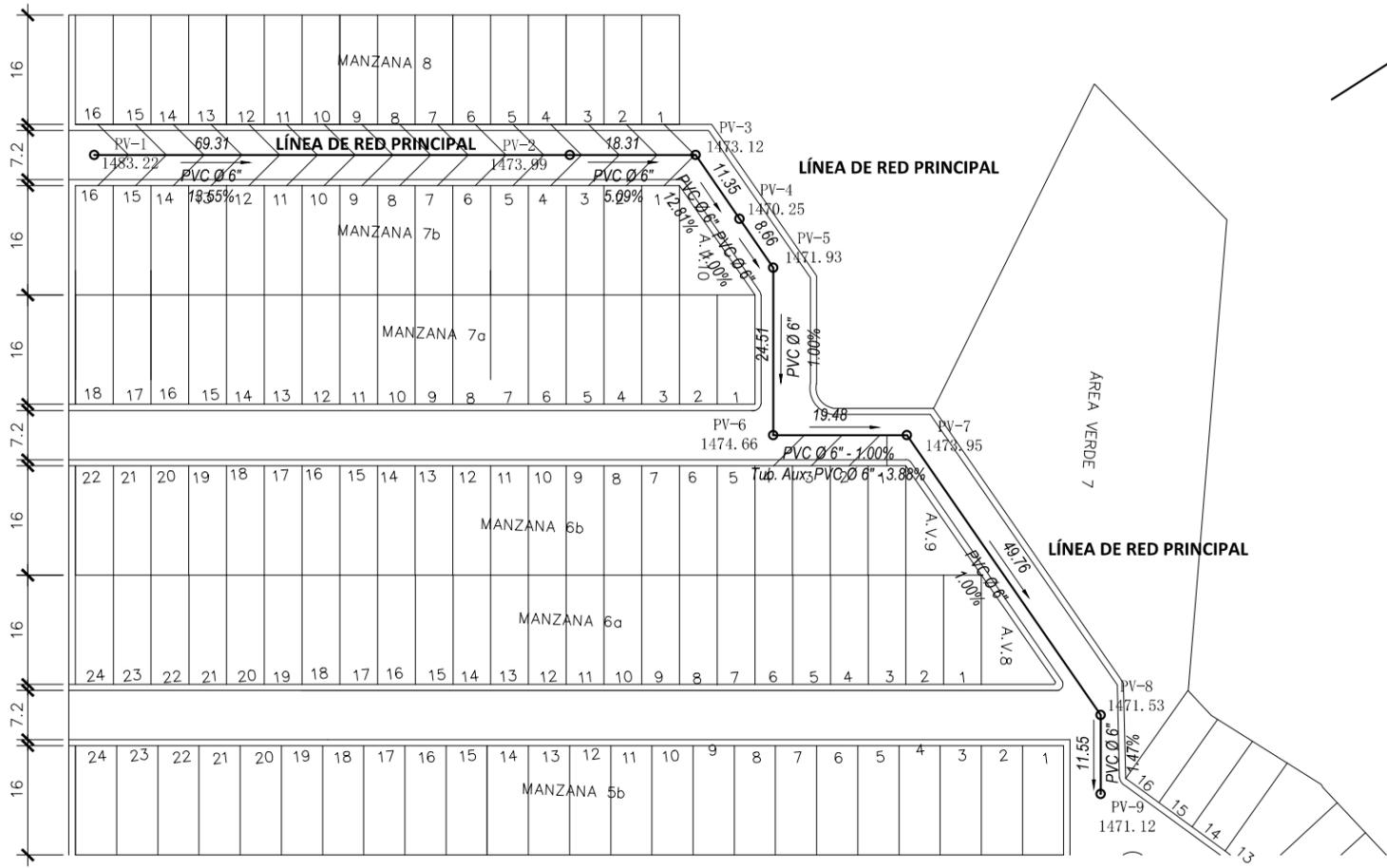
Contenido: Planta General  
 Diseño: Dilan Godoy  
 Cálculo: Dilan Godoy  
 Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla  
 Escala: Indicada  
 Fecha: Agosto de 2, 020

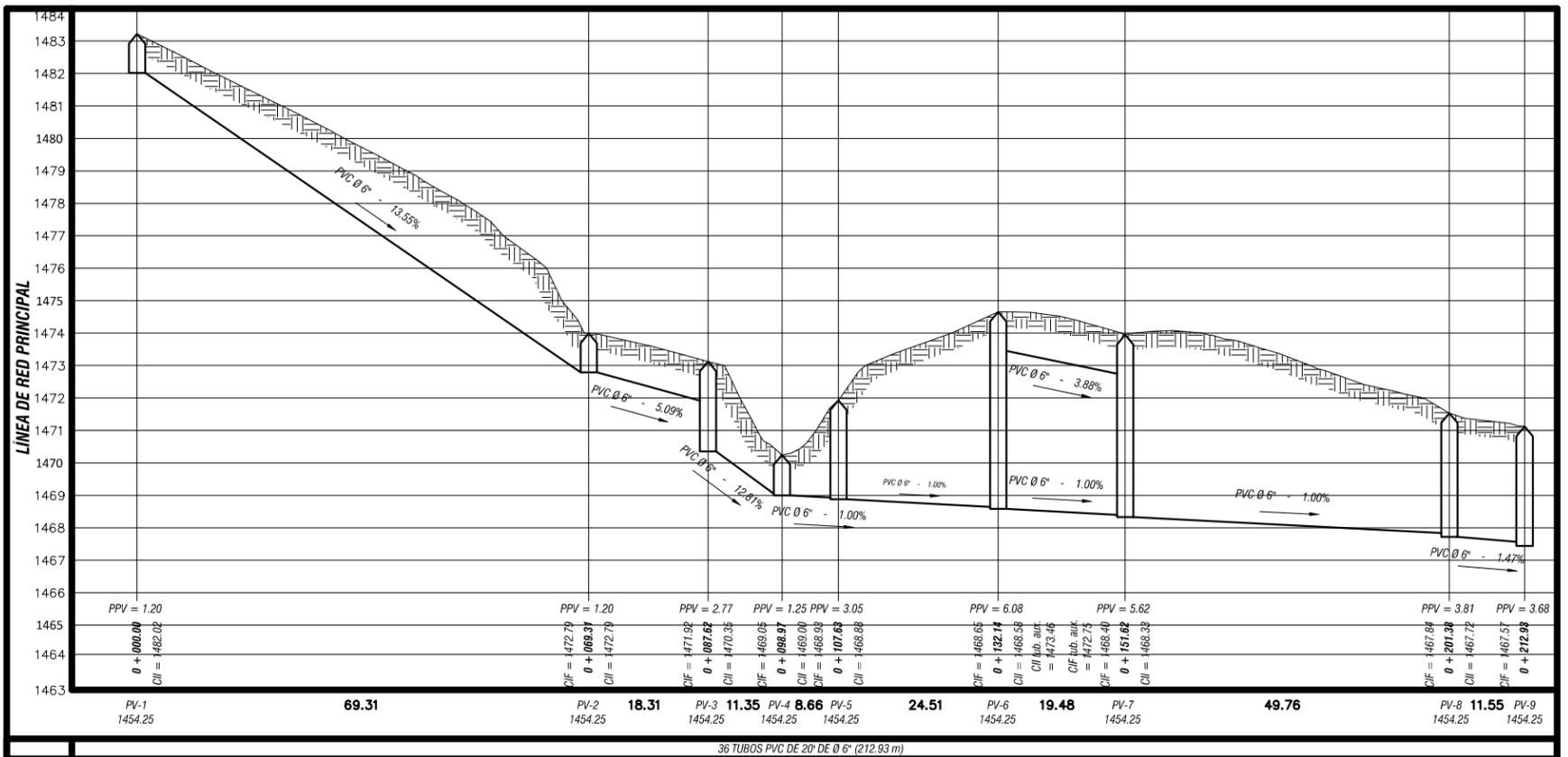
  
 Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
 Especialista

  
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
 Asesor de E.P.S.

HOJA No.: 2 / 7



**PLANTA GENERAL**  
ESCALA: 1/1,000



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Ubicación de Vivienda
PV-#	Pozo de Visita - Número
	Línea de Conducción de Drenaje
PVC	Tubería de PVC
%	Pendiente de Tubería
Ø	Diámetro de Tubería (plg)
	Dirección de Flujo de Caudal
0 + 000.00	Caminamiento

NOMBRE DE PERFIL	
PPV = (m)	PPV = Profundidad de Pozo
0 + 000.00	C/I = Cota Inicial
0 + 000.00	C/F = Cota Final
PV-#	Distancia (m)
Cota Terreno Inicial	Cota Terreno Final
No. TUBOS PVC DE 20' DE Ø (DISTANCIA m)	

**PERFIL DE PLANTA**  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1,000 VERTICAL: 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
Lugar: SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.

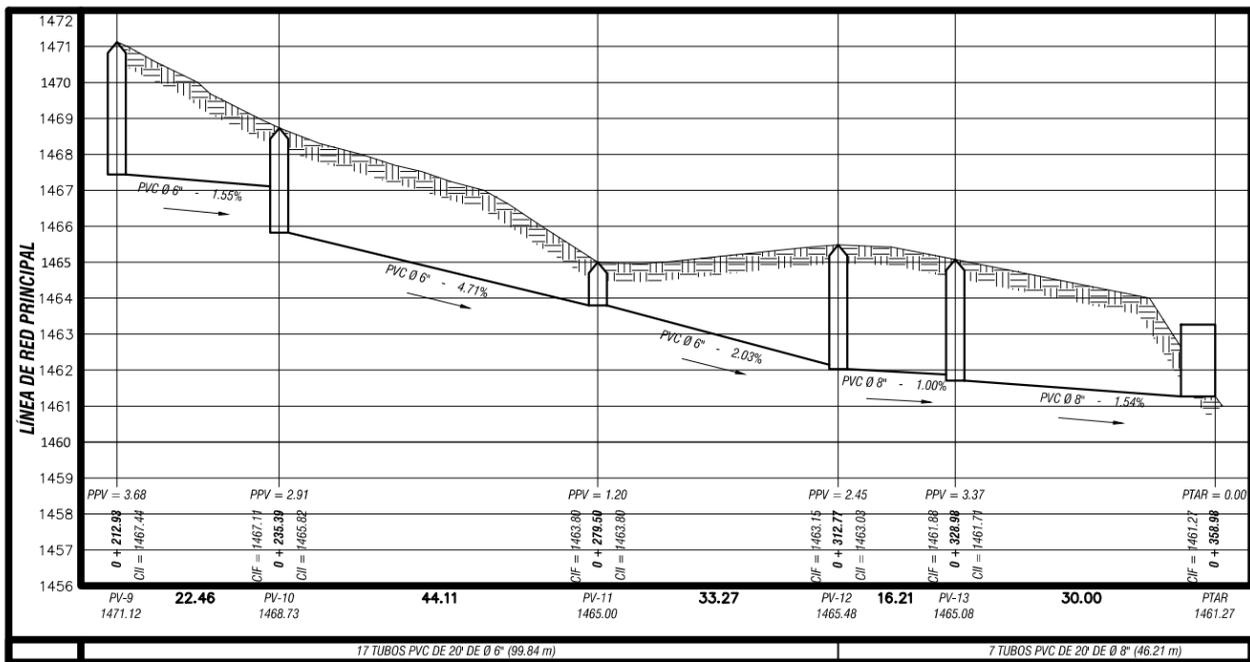
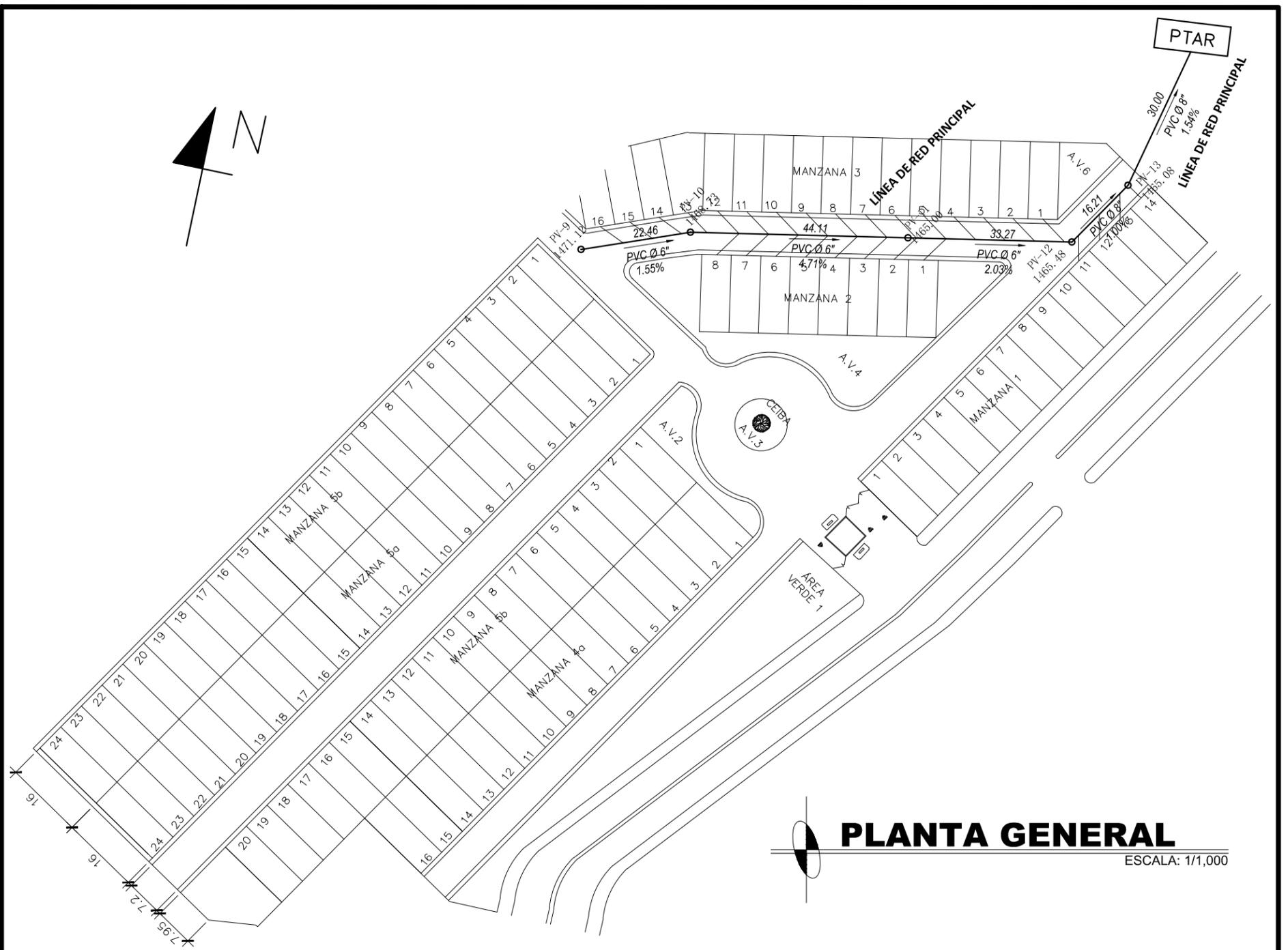
Contenido: Planta y Perfil, Línea de Red Principal

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chínautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Agosto de 2, 020

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista  
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Asesor de E.P.S.

HOJA No.: **3** / 7



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Ubicación de Vivienda
PV-#	Pozo de Visita - Número
	Línea de Conducción de Drenaje
PVC	Tubería de PVC
%	Pendiente de Tubería
Ø	Diámetro de Tubería (plg)
	Dirección de Flujo de Caudal
0 + 000.00	Caminamiento

NOMBRE DE PERFIL	
1472	
1471	
1470	
1469	
1468	
1467	PPV = (m)
1466	PPV = Profundidad de Pozo
1465	0 + 000.00
1464	CIF = Cota Inicial
1463	CIF = Cota Final
	PV-# Distancia (m) PV-#
	Cota Terreno Inicial Cota Terreno Final
	No. TUBOS PVC DE 20' DE Ø (DISTANCIA m)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
Lugar: SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Planta y Perfil, Línea de Red Principal

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

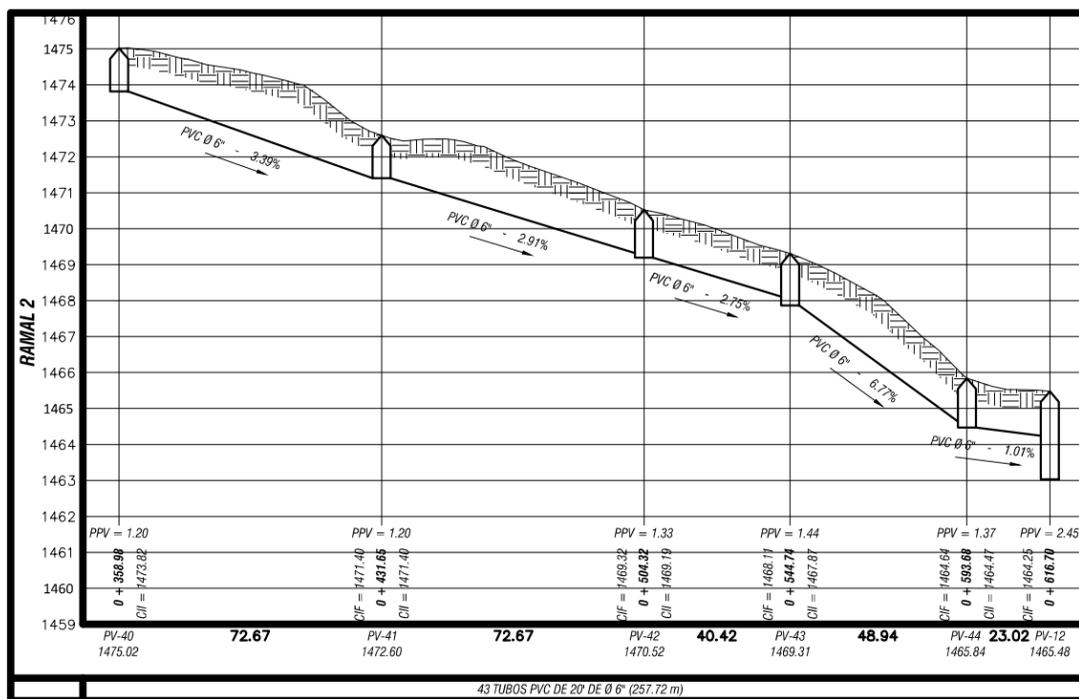
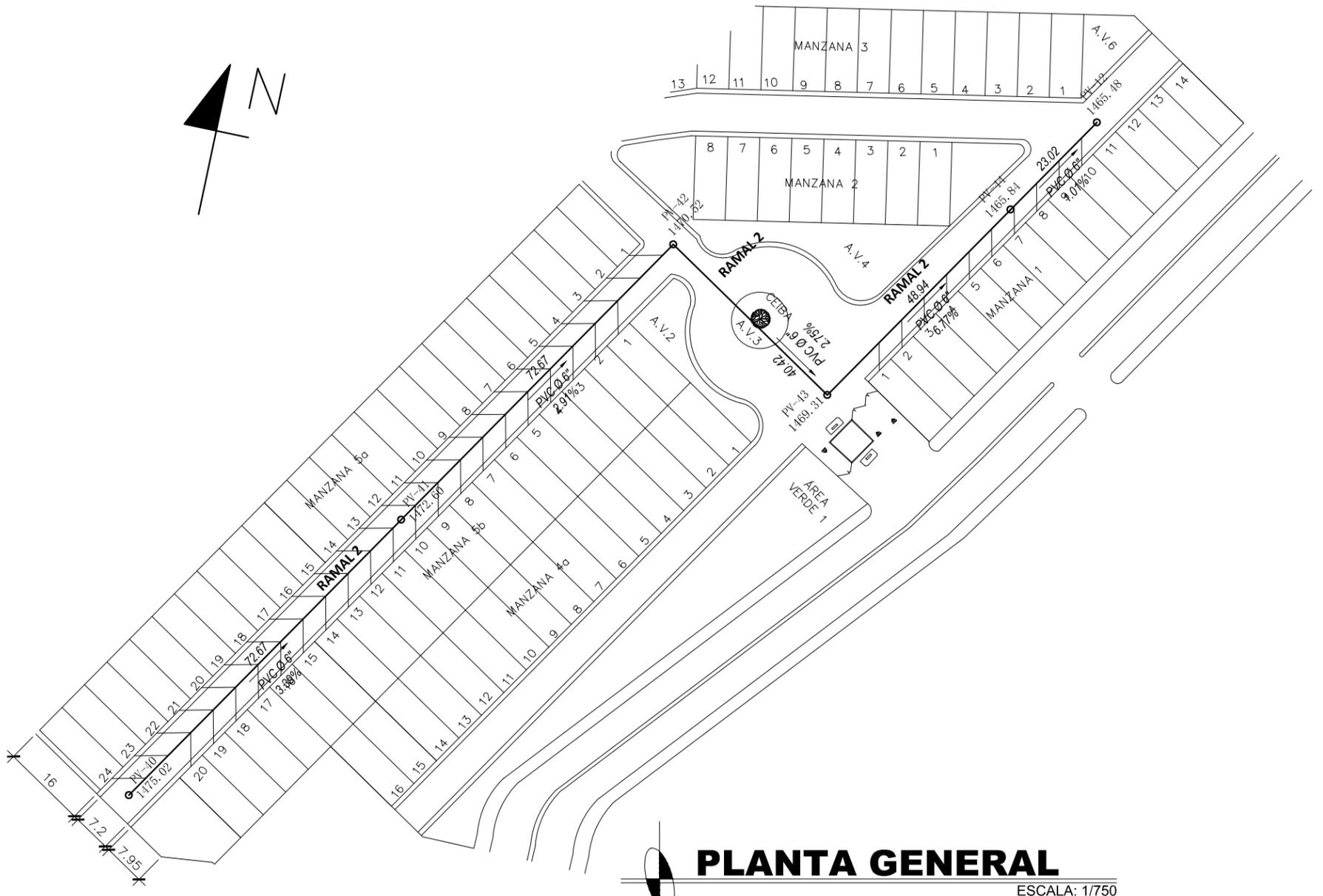
Municipalidad: Chinautla

Escala: Indicada

Fecha: Agosto de 2, 020

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Asesor de E.P.S.

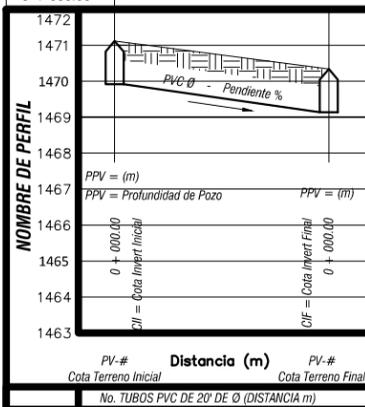
HOJA No. 4/7



## PERFIL DE PLANTA

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000 VERTICAL: 1/100

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Ubicación de Vivienda
PV-#	Pozo de Visita - Número
	Línea de Conducción de Drenaje
PVC	Tubería de PVC
%	Pendiente de Tubería
Ø	Diámetro de Tubería (plg)
	Dirección de Flujo de Caudal
0 + 000.00	Caminamiento



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
Lugar: SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Planta y Perfil, Ramal 2

Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla

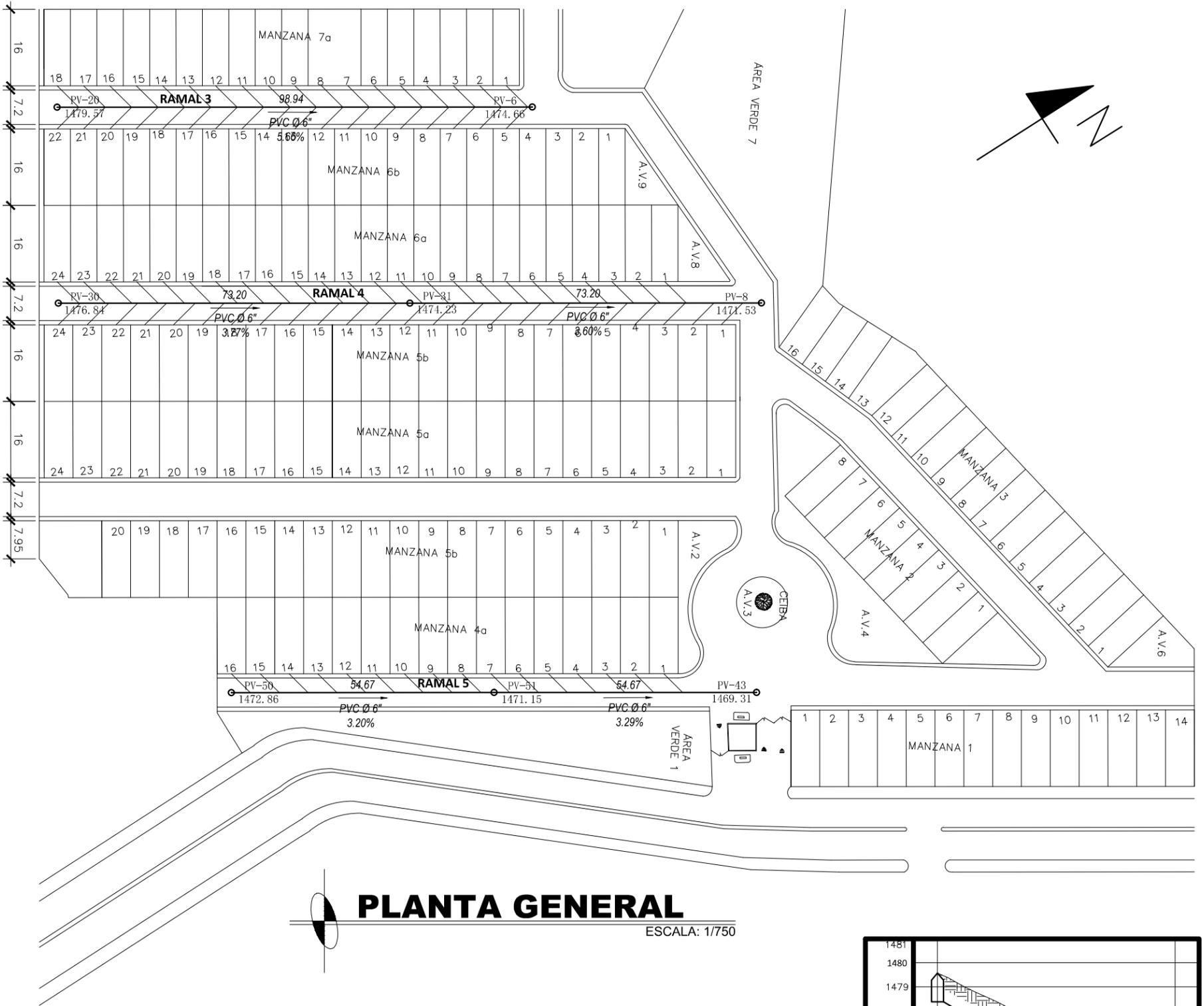
Escala: Indicada

Fecha: Agosto de 2, 020

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Egresista

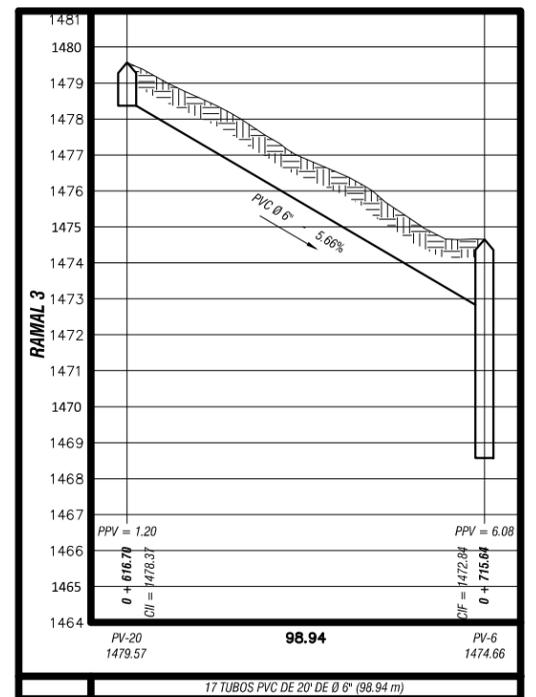
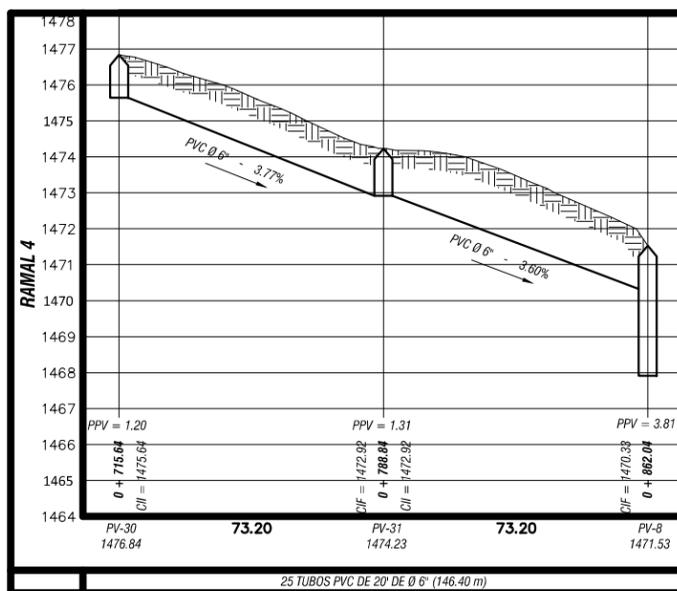
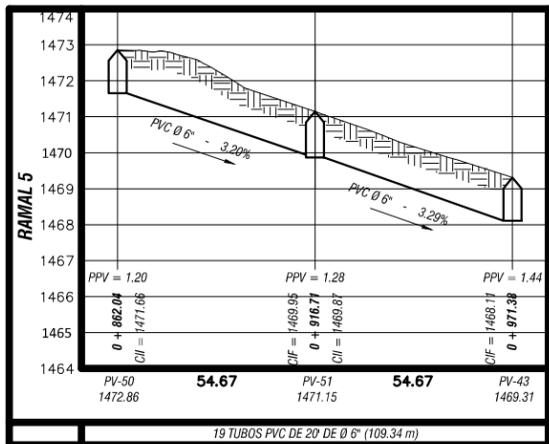
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Asesor de E.P.S.

HOJA No. 5/7



# PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/750



# PERFIL DE PLANTA

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000 VERTICAL: 1/100

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Ubicación de Vivienda
PV-#	Pozo de Visita - Número
	Línea de Conducción de Drenaje
PVC	Tubería de PVC
%	Pendiente de Tubería
Ø	Diámetro de Tubería (plg)
	Dirección de Flujo de Caudal
0 + 000.00	Caminamiento

NOMBRE DE PERFIL	
PPV = (m)	PPV = Profundidad de Pozo
0 + 000.00	Cota Inicial
0 + 000.00	Cota Final
PV-#	Distancia (m)
PV-#	Distancia (m)

No. TUBOS PVC DE 20" DE Ø (DISTANCIA m)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
Lugar: SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Contenido: Planta y Perfil, Ramales 3, 4 y 5

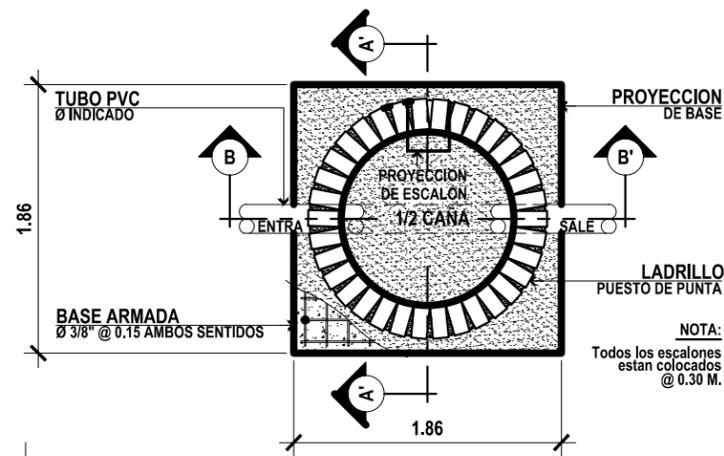
Diseño: Dilan Godoy  
Cálculo: Dilan Godoy  
Dibujó: Dilan Godoy

Municipalidad: Chinautla  
Escala: Indicada  
Fecha: Agosto de 2, 020

Dilan Noé Jorge Antonio Godoy Mencos  
Especialista

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta  
Asesor de E.P.S.

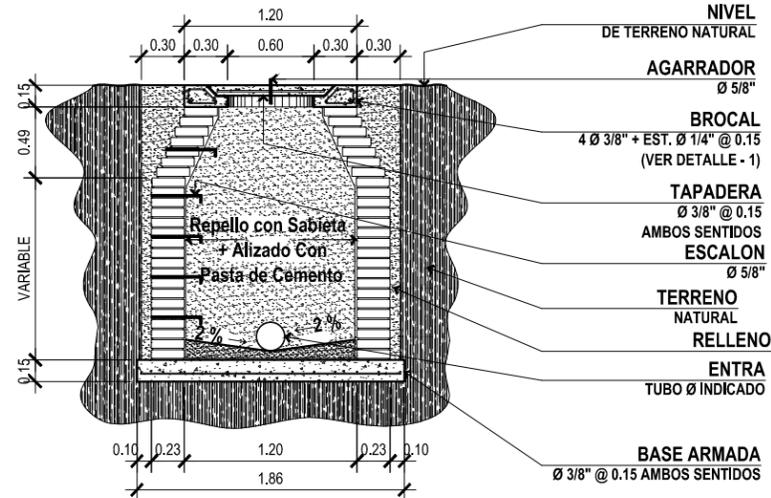
HOJA No.: 6/7



### PLANTA DE POZO DE VISITA

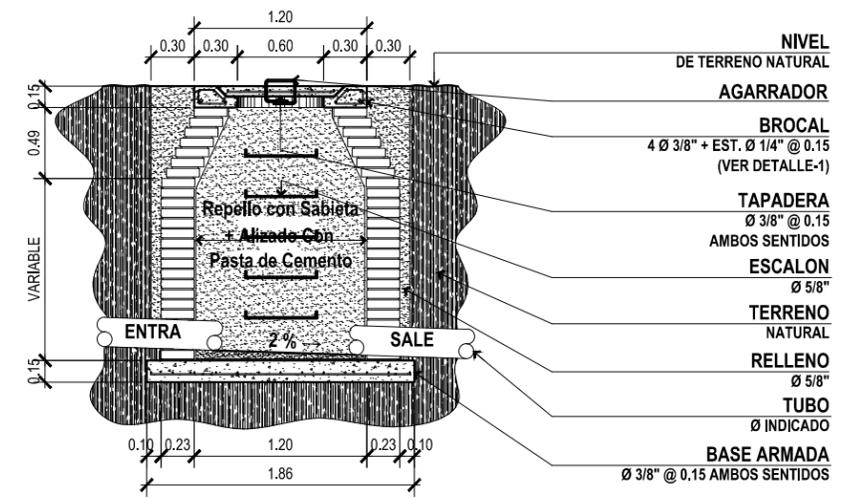
ESCALA: 1/50

NOTA:  
Todos los escalones  
están colocados  
@ 0.30 M.



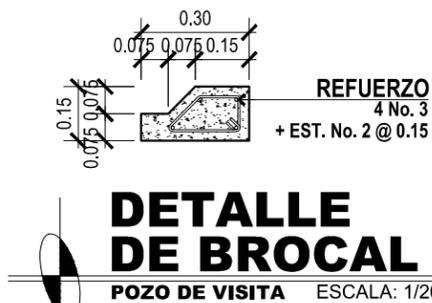
### SECCION A-A'

POZO DE VISITA ESCALA: 1/50



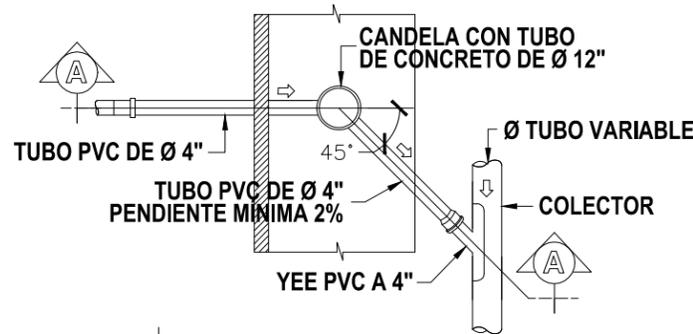
### SECCION B-B'

POZO DE VISITA ESCALA: 1/50



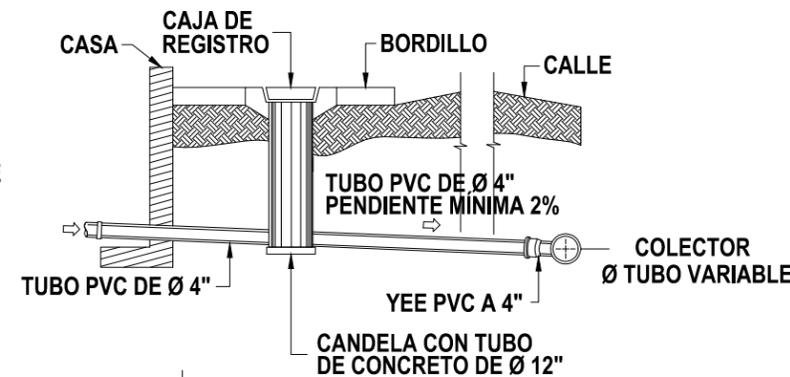
### DETALLE DE BROCAL

POZO DE VISITA ESCALA: 1/20



### PLANTA

ESCALA: 1/50

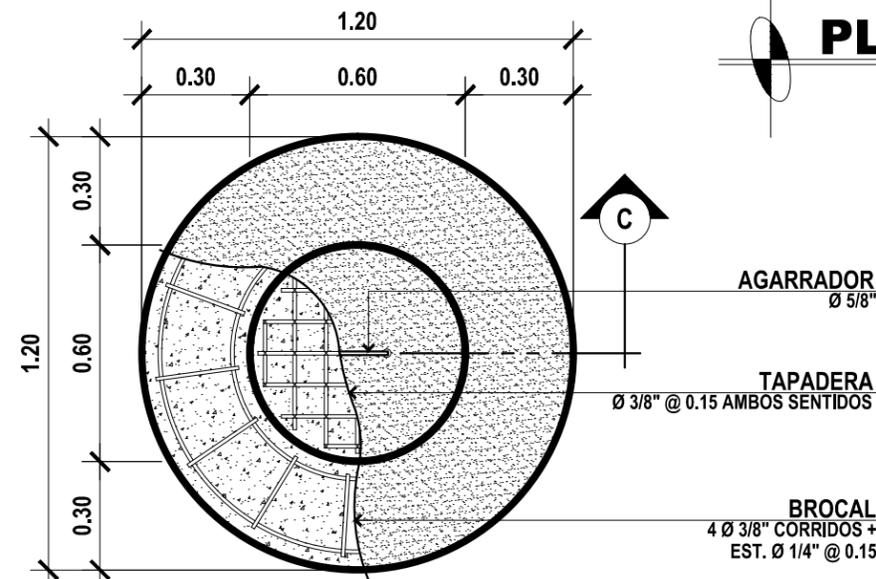


### SECCION A-A'

ESCALA: 1/50

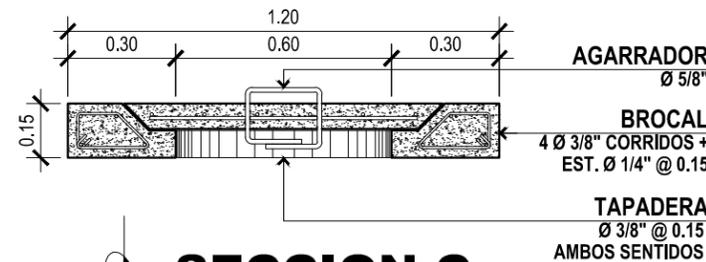
### ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- > CONCRETO:
  - El Concreto debe tener una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm².
  - El agregado grueso debe tener un diámetro mínimo de 1/2".
  - El recubrimiento mínimo para la base será de 7 cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.
- > ACERO:
  - El acero debe tener un fy = 2,810 Kg/cm².
- MAMPOSTERIA:
  - Se utilizará ladrillo tuyo de 0.065 x 0.11 x 0.23 m.
  - La mampostería será conforme a la norma ASTM C-62.
  - El ladrillo tuyo tendrá una resistencia a la compresión mínima de 84 Kg/cm².
- > MORTERO:
  - Proporción 1:3, una de cemento por tres de arena.
  - El agua a utilizar debe de ser limpia y libre de cualquier sustancia dañina.
  - El cemento a utilizar es Portland tipo 1, ASTM C-150.
  - Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144c.
- > TUBERÍA:
  - Toda la tubería será NOVAFORT y deberá cumplir con la norma ASTM F-949, no debe de utilizarse tubería de diámetro menor a lo especificado en planos.
  - Las uniones realizadas entre tramos de tubería, así como tubos y conexiones, cumplen con los requerimientos establecidos en la norma ASTM D-3212.
  - El empaque de hule utilizado para el sello entre tuberías, entre tubos y conexiones cumplen con los requerimientos de la norma ASTM F-477.
  - Toda la tubería se colocará alineada y con pendiente especificada en planos.
- > NOTAS:
  - Las tapaderas y brocales deberán curarse según las especificaciones del ACI 318, antes de su colocación.
  - Los pozos deberán de identificarse de acuerdo al plano de red general.



### PLANTA DE BROCAL Y TAPADERA

POZO DE VISITA ESCALA: 1/20



### SECCION C

BROCAL Y TAPADERA ESCALA: 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto:	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	Diseño:	Dilan Godoy
Lugar:	SECTOR A, ALDEA LA LAGUNETA, CHINAUTLA, GUATEMALA.	Calculó:	Dilan Godoy
Contenido:	Detalles De Pozo De Visita	Dibujó:	Dilan Godoy

Municipalidad:	Chinautla	HOJA No.:	7
Escala:	Indicada		7
Fecha:	Agosto de 2, 020		7

Apéndice 3.

**Diseño de alcantarillado sanitario sector A, aldea La  
Laguneta, Chinautla, Guatemala.**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.



"Tabla Resumen de Diseño, Normativo INFOM 2001, Edición 2009"

Inicial / Continuo	DE	A	Cotas De Terreno		DH	S Terreno (%)	No. Casas		No. De Habitantes		No. De Conexiones (n)		Ø Interno Propuesto	S Óptima De Tubería (%)	Sección Llena V(m/s)	Q (l/s)	q diseño (l/s)		0.60 m/s ≤ v ≤ 2.50 m/s		d/D ≤ 0.74 m		q/Q		v/V		hv	GIS	GE	Alturas	
			Inicio	Final			Local	Acumulado	Actual	Futuro	Actual	Futuro					Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro				Inicio	Final
Inicial	PV-1	PV-2	1483.22	1473.99	69.31	13.32	24	24	144	663	24.00	111.00	5.91	13.55	4.13	73.10	2.43	5.03	1.90	2.36	0.124	0.177	0.03275	0.068298	0.459284	0.571638	0.00	1482.02	1472.79	1.20	1.20
Continuo	PV-2	PV-3	1473.99	1473.12	18.31	4.75	8	32	192	884	32.00	148.00	5.91	5.08	2.53	44.78	2.82	6.56	1.41	1.80	0.169	0.258	0.062128	0.145792	0.555851	0.713378	0.00	1472.79	1471.92	1.20	1.20
Continuo	PV-3	PV-4	1473.12	1470.25	11.35	25.29	0	32	192	884	32.00	148.00	5.91	12.81	4.01	70.98	2.82	6.56	1.94	2.50	0.135	0.205	0.039083	0.092057	0.484236	0.624138	0.32	1470.35	1469.05	2.77	1.20
Continuo	PV-4	PV-5	1470.25	1471.93	8.66	-19.40	0	32	192	884	32.00	148.00	5.91	1.00	1.12	19.82	2.82	6.56	0.79	1.01	0.254	0.396	0.141357	0.330842	0.707056	0.897699	0.05	1469.00	1468.93	1.25	3.00
Continuo	PV-5	PV-6	1471.93	1474.66	24.51	-11.14	0	32	192	884	32.00	148.00	5.91	1.00	1.12	19.82	2.82	6.56	0.79	1.01	0.254	0.396	0.141357	0.330842	0.707056	0.897699	0.05	1468.88	1468.65	3.05	6.01
Inicial	PV-20	PV-6	1479.57	1474.66	98.94	4.96	36	36	216	995	36.00	166.00	5.91	5.66	2.67	47.26	2.99	7.29	1.49	1.93	0.17	0.265	0.062884	0.153696	0.557845	0.724292	0.00	1478.37	1472.84	1.20	1.82
Continuo (Tubería Auxiliar)	PV-6	PV-7	1474.66	1473.95	19.48	3.64	4	4	24	111	4.00	19.00	5.91	3.88	2.21	39.12	0.92	2.16	0.91	1.18	0.105	0.159	0.02313	0.054813	0.413727	0.535578	0.00	1473.46	1472.75	1.20	1.20
Continuo			1474.66	1473.95	19.48	3.64	0	68	408	1878	68.00	313.00	5.91	1.00	1.12	19.82	4.11	13.00	0.88	1.19	0.309	0.59	0.207338	0.654673	0.788769	1.066296	0.07	1468.58	1468.40	6.08	5.55
Continuo	PV-7	PV-8	1473.95	1471.53	49.76	4.86	0	72	432	1989	72.00	332.00	5.91	1.00	1.12	19.82	4.23	13.71	0.89	1.21	0.313	0.611	0.212536	0.690652	0.794297	1.078874	0.07	1468.33	1467.84	5.62	3.69
Inicial	PV-30	PV-31	1476.84	1474.23	73.20	3.57	25	25	150	691	25.00	116.00	5.91	3.77	2.18	38.59	2.48	5.24	1.22	1.52	0.171	0.248	0.063644	0.134817	0.559833	0.697453	0.00	1475.64	1472.92	1.20	1.31
Continuo	PV-31	PV-8	1474.23	1471.53	73.20	3.69	23	48	288	1326	48.00	221.00	5.91	3.60	2.13	37.70	3.45	9.47	1.33	1.77	0.204	0.341	0.091152	0.250308	0.622332	0.831531	0.00	1472.92	1470.33	1.31	1.20
Continuo	PV-8	PV-9	1471.53	1471.12	11.55	3.55	0	120	720	3314	120.00	553.00	5.91	1.47	1.36	24.07	5.40	21.63	1.10	1.54	0.322	0.74	0.224416	0.897575	0.806540	1.131301	0.12	1467.72	1467.57	3.81	3.55
Continuo	PV-9	PV-10	1471.12	1468.73	22.46	10.64	3	123	738	3397	123.00	567.00	5.91	1.55	1.40	24.78	5.53	22.12	1.13	1.58	0.321	0.736	0.223084	0.891758	0.805193	1.130351	0.13	1467.44	1467.11	3.68	1.62
Continuo	PV-10	PV-11	1468.73	1465.00	44.11	8.46	13	136	816	3756	136.00	626.00	5.91	4.71	2.43	43.01	6.07	24.14	1.71	2.50	0.253	0.535	0.140258	0.559868	0.705466	1.028173	0.32	1465.82	1463.80	2.91	1.20
Continuo	PV-11	PV-12	1465.00	1465.48	33.27	-1.44	8	144	864	3977	144.00	663.00	5.91	2.03	1.60	28.32	6.40	25.40	1.29	1.81	0.323	0.739	0.225752	0.896125	0.807884	1.131068	0.00	1463.80	1463.15	1.20	2.33
Inicial	PV-40	PV-41	1475.02	1472.60	72.67	3.33	22	22	132	608	22.00	102.00	5.91	3.39	2.06	36.46	2.33	4.65	1.15	1.41	0.171	0.24	0.063644	0.12736	0.559833	0.686065	0.00	1473.82	1471.40	1.20	1.20
Continuo	PV-41	PV-42	1472.60	1470.52	72.67	2.86	22	44	264	1215	44.00	203.00	5.91	2.91	1.91	33.81	3.31	8.77	1.21	1.60	0.211	0.35	0.097577	0.258704	0.634871	0.839188	0.00	1471.40	1469.32	1.20	1.20
Continuo	PV-42	PV-43	1470.52	1469.31	40.42	2.99	0	44	264	1215	44.00	203.00	5.91	2.75	1.86	32.92	3.31	8.77	1.19	1.57	0.213	0.35	0.09945	0.265778	0.638410	0.845785	0.13	1469.19	1468.11	1.33	1.20
Inicial	PV-50	PV-51	1472.86	1471.15	54.67	3.13	9	9	54	249	9.00	42.00	5.91	3.20	2.00	35.40	1.46	3.23	0.98	1.24	0.138	0.20	0.040906	0.091152	0.490877	0.622332	0.00	1471.66	1469.95	1.20	1.20
Continuo	PV-51	PV-43	1471.15	1469.31	54.67	3.37	7	16	96	442	16.00	74.00	5.91	3.29	2.03	35.93	1.98	4.29	1.09	1.37	0.159	0.23	0.054813	0.119069	0.535578	0.6728	0.00	1469.87	1468.11	1.28	1.20
Continuo	PV-43	PV-44	1469.31	1465.84	48.94	7.09	6	66	396	1823	66.00	304.00	5.91	6.77	2.92	51.68	4.05	8.68	1.74	2.17	0.189	0.28	0.078072	0.16766	0.594644	0.742568	0.24	1467.87	1464.64	1.44	1.20
Continuo	PV-44	PV-12	1465.84	1465.48	23.02	1.56	4	70	420	1933	70.00	323.00	5.91	1.01	1.13	20.00	4.17	8.94	0.89	1.10	0.309	0.47	0.207338	0.446212	0.788769	0.971538	0.06	1464.47	1464.25	1.37	1.23
Continuo	PV-12	PV-13	1465.48	1465.08	16.21	2.47	4	218	1308	6020	218.00	1004.00	7.88	1.00	1.36	42.79	9.38	38.43	1.09	1.54	0.318	0.74	0.219105	0.897575	0.801131	1.131301	0.12	1463.03	1462.88	2.45	2.20
Continuo	PV-13	PTAR	1465.08	1461.27	30.00	12.70	0	218	1308	6019	218.00	1004.00	7.88	1.54	1.69	53.17	9.38	34.86	1.27	1.80	0.284	0.59	0.176041	0.654673	0.752984	1.066296	0.17	1461.71	1461.27	3.37	0.00
			<b>Total</b>		<b>990.86</b>																										

Parámetros de Diseño	
Densidad	6 Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%
Dotación	200 l/Hab/Día
Período de Diseño	30 Años
Tubería	PVC
Normas	ASTM F 949
Tráfico	Normal
Altura Mínima	1.2 m
Diámetro de PV	1.2 m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100

Clasificación de Ramales	
Línea de Red Principal	
Ramal 2	
Ramales 3, 4 y 5	
PTAR	

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-1 a PV-2 (INICIAL)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    69.31 m

+ 0
1483.22 m
h 1.20 m ≥ h 1.20 m
CHEQUEA

+ 20
1481.22 m
h 1.83 m ≥ h 1.20 m
CHEQUEA

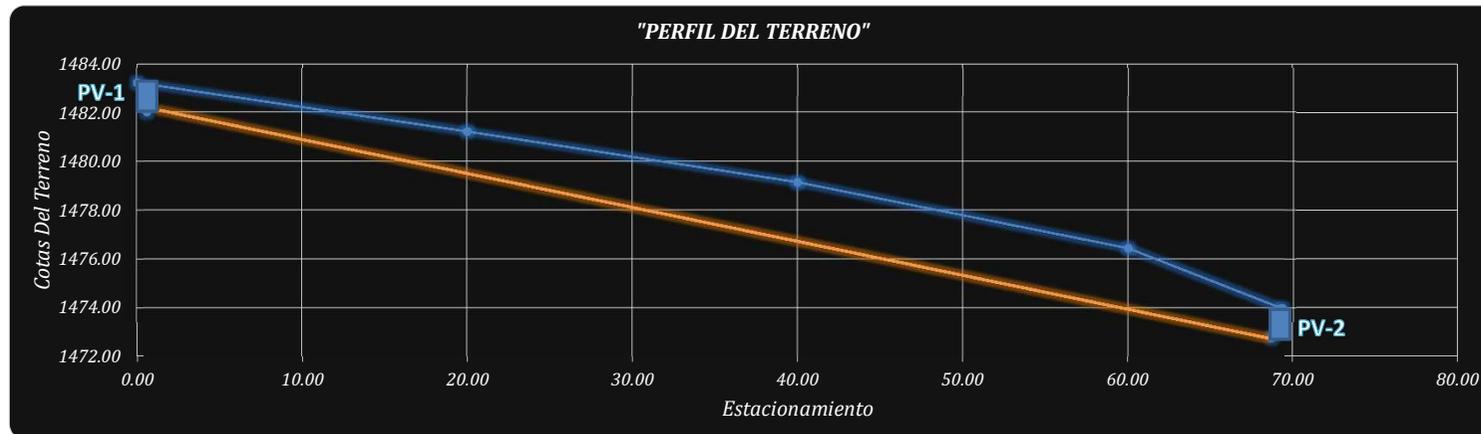
+ 40
1479.15 m
h 2.47 m ≥ h 1.20 m
CHEQUEA

+ 60
1476.45 m
h 2.48 m ≥ h 1.20 m
CHEQUEA

+ 69.31
1473.99 m
h 1.20 m ≥ h 1.20 m
CHEQUEA

**PV-1**

**PV-2**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	13.32 %
-----------	---------

**2.) No. De Viviendas**

Local	24
Acumulado	24

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	144
n Actual	24
Hab. Futuro	662.69
Hab. Futuro	663.00
n Futuro	111

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.43 l/s
q Futuro	5.03 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1482.02
-----	---------

**S Óptima 13.552 %**

S de PV inicial a PV final	13.552 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	----------	---------------

S de +20 a PV final	14.843 %
S de +40 a PV final	17.973 %
S de +60 a PV final	28.243 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	4.13 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.07310 m ³ /s
	73.10 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.033283
	0.032750

d/D	0.124	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.459284		
v	1.90 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.068785
	0.068298

d/D	0.177	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.571638		
v	2.36 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1482.02
CiE	1472.79

Ci + 20	1479.39
Ci + 40	1476.68
Ci + 60	1473.97

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.83	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	2.47	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	2.48	<b>CHEQUEA</b>

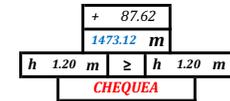
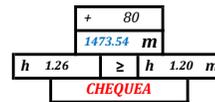
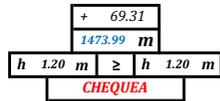
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-2 a PV-3 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    18.31 m



**PV-2**

**PV-3**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	4.75 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	8
Acumulado	32

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	192
n Actual	32
Hab. Futuro	883.59
Hab. Futuro	884.00
n Futuro	148

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.82 l/s
q Futuro	6.56 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1472.79
-----	---------

**S Óptima 5.085 %**

S de PV inicial a PV final	5.085 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +80 a PV final	5.983 %
---------------------	---------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.53 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.04478 m ³ /s
	44.78 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.062865
	0.062128

d/D	0.169	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.555851		
v	1.41 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.146461
	0.145792

d/D	0.258	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.713378		
v	1.80 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1472.79
CiE	1471.92

Ci + 80	1472.28
---------	---------

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 80	1.26	<b>CHEQUEA</b>
------	------	----------------

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-3 a PV-4 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    11.35 m

+	0
1473.12	m
h 2.77	m ≥ h 1.20
CHEQUEA	

+	8.54
1470.68	m
h 1.35	m ≥ h 1.20
CHEQUEA	

+	11.35
1470.25	m
h 1.20	m ≥ h 1.20
CHEQUEA	

**PV-3**

**PV-4**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	25.29 %
-----------	---------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	32

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	192
n Actual	32
Hab. Futuro	883.59
Hab. Futuro	884.00
n Futuro	148

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.82 l/s
q Futuro	6.56 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1470.35
-----	---------

**S Óptima 12.808 %**

S de PV inicial a PV final	12.808 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	----------	---------------

S de +80 a PV final	19.457 %
---------------------	----------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	4.01 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.07098 m ³ /s
	70.98 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.039663
	0.039083

d/D	0.135	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.484236		
v	1.94 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.092406
	0.092057

d/D	0.205	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.624138		
v	2.50 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

h _v	0.32		
CiS Mínima	1471.60	≥ 1470.35	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1470.35
CiE	1469.05

Ci + 9	1469.33
--------	---------

**12.) Alturas**

Inicio	2.77	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 8.54	1.35	<b>CHEQUEA</b>
--------	------	----------------

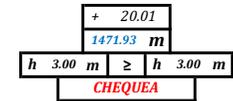
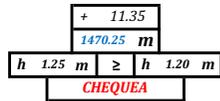
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-4 a PV-5 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    8.66 m



**PV-4**

**PV-5**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	-19.40 %
-----------	----------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	32

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	192
n Actual	32
Hab. Futuro	883.59
Hab. Futuro	884.00
n Futuro	148

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.82 l/s
q Futuro	6.56 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1469.00
-----	---------

S Óptima	1.000 %
----------	---------

S de PV inicial a PV final	1.000 %	OPTIMA
----------------------------	---------	--------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.12	m/s
A	0.01770	m ²
Q	0.01982	m ³ /s
	19.82	l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.142007
	0.141357

d/D	0.254	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.707056		
v	0.79	m/s	De 0.6 a 2.5
			CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.330845
	0.330842

d/D	0.396	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.897699		
v	1.01	m/s	De 0.6 a 2.5
			CHEQUEA

**10.) Pérdida de Altura**

h _v	0.05		
CiS Mínima	1469.00	≥ 1469.00	CHEQUEA

**11.) Cotas Invert**

CiS	1469.00
CiE	1468.93

**12.) Alturas**

Inicio	1.25	CHEQUEA
Final	3.00	CHEQUEA

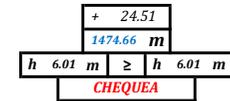
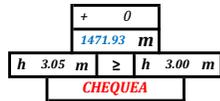
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-5 a PV-6 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    24.51 m



**PV-5**

**PV-6**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno -11.14 %

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	32

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	192
n Actual	32
Hab. Futuro	883.59
Hab. Futuro	884.00
n Futuro	148

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.82 l/s
q Futuro	6.56 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø 5.910

**6.) Pendiente Óptima**

CiS 1468.88

S Óptima 1.000 %

S de PV inicial a PV final 1.000 % **OPTIMA**

S de +80 a PV final 112.276 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.12 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.01982 m ³ /s
	19.82 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.142007
	0.141357

d/D	0.254	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.707056		
v	0.79 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.330845
	0.330842

d/D	0.396	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.897699		
v	1.01 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

h _v	0.05		
CiS Mínima	1468.88	≥ 1468.88	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1468.88
CiE	1468.65

Ci + 20	1468.69
---------	---------

**12.) Alturas**

Inicio	3.05	<b>CHEQUEA</b>
Final	6.01	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	5.55	<b>CHEQUEA</b>
------	------	----------------

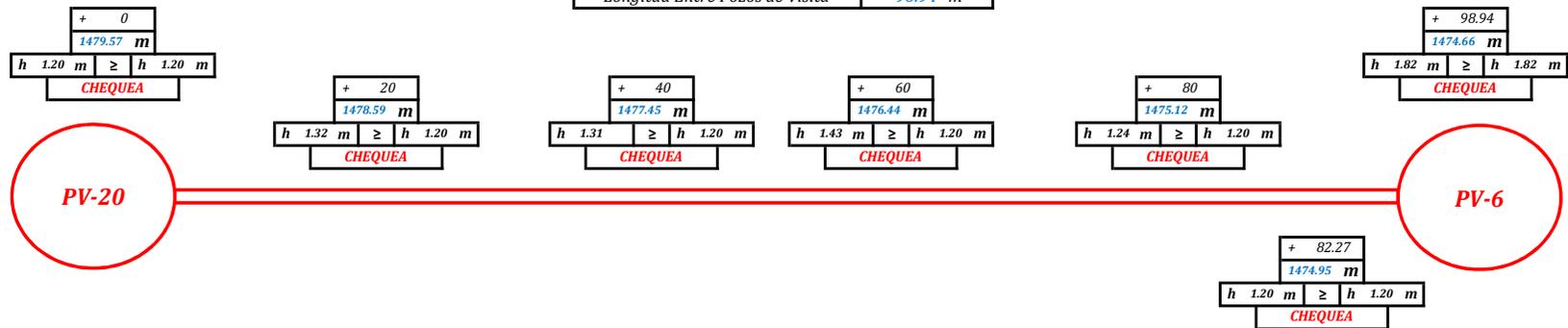
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-20 a PV-6 (INICIAL)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita: 98.94 m



**PV-20**

**PV-6**

**"PERFIL DEL TERRENO"**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	4.96 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	36
Acumulado	36

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	216
n Actual	36
Hab. Futuro	994.04
Hab. Futuro	995.00
n Futuro	166

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.99 l/s
q Futuro	7.29 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1478.37
-----	---------

S Óptima	5.658 %
----------	---------

S de PV inicial a PV final	5.658 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV inicial	5.052 %
S de +40 a PV inicial	5.381 %
S de +60 a PV inicial	5.269 %
S de +80 a PV inicial	5.605 %

S de + 82 a PV inicial	5.657 %
------------------------	---------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.67 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.04726 m ³ /s
	47.26 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.063217
	0.062884

d/D	0.170	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
-----	-------	--------	----------------

v/V	0.557845		
v	1.49 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.154238
	0.153696

d/D	0.265	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.724292		
v	1.93 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1478.37
CiE	1472.84

Ci + 20	1477.27
Ci + 40	1476.14
Ci + 60	1475.01
Ci + 80	1473.88

Ci + 82	1473.75
---------	---------

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.82	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.32	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.31	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	1.43	<b>CHEQUEA</b>
+ 80	1.24	<b>CHEQUEA</b>

+ 82.27	1.20	<b>CHEQUEA</b>
---------	------	----------------

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-6 a PV-7 (TUBERÍA AUXILIAR PARA CONEXIONES DOMICILIARES)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

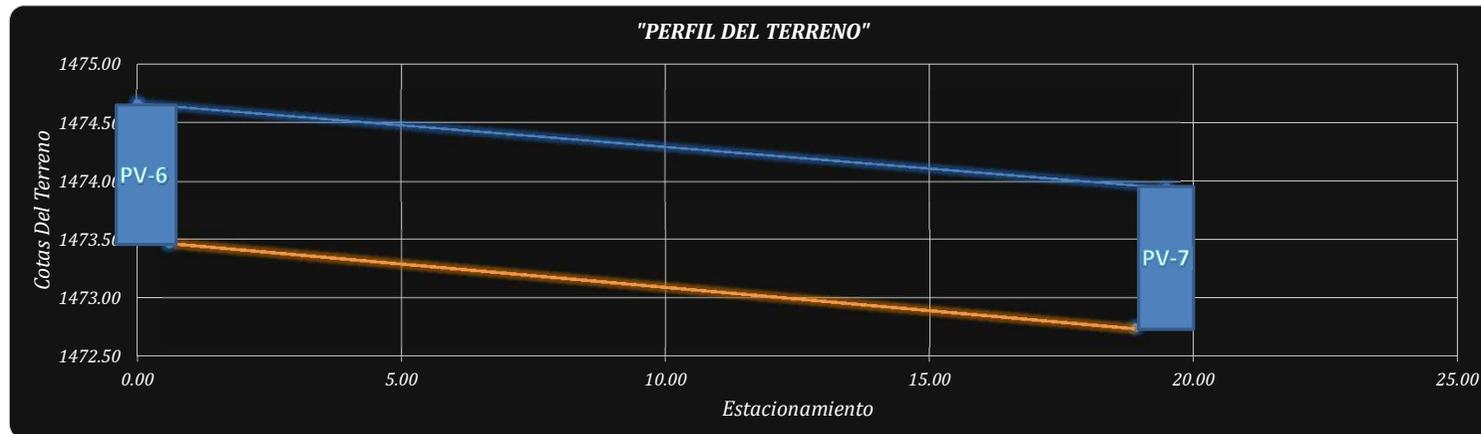
Longitud Entre Pozos de Visita    19.48 m

+ 0		
1474.66 m		
h 1.20 m	≥	h 1.20 m
CHEQUEA		

+ 19.48		
1473.95 m		
h 1.20 m	≥	h 1.20 m
CHEQUEA		

**PV-6**

**PV-7**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.64 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	4
Acumulado	4

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	24
n Actual	4
Hab. Futuro	110.45
Hab. Futuro	111.00
n Futuro	19

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	0.92 l/s
q Futuro	2.16 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1473.46
-----	---------

**S Óptima 3.884 %**

S de PV inicial a PV final	3.884 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.21 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03912 m ³ /s
	39.12 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.023429
	0.023130

d/D	0.105	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.413727		
v	0.91 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.055199
	0.054813

d/D	0.159	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.535578		
v	1.18 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1473.46
CiE	1472.75

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-6 a PV-7 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    19.48 m

+ 0	
1474.66 m	
h 6.08 m	≥ h 6.01 m
CHEQUEA	

+ 19.48	
1473.95 m	
h 5.55 m	≥ h 5.55 m
CHEQUEA	

PV-6

PV-7



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.64 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	68

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	408
n Actual	68
Hab. Futuro	1877.63
Hab. Futuro	1878.00
n Futuro	313

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	4.11 l/s
q Futuro	13.00 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1468.58
-----	---------

**S Óptima 1.000 %**

S de PV inicial a PV final	1.000 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.12	m/s
A	0.01770	m ²
Q	0.01982	m ³ /s
	19.82	l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.207367
	0.207338

d/D	0.309	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.788769		
v	0.88	m/s	De 0.6 a 2.5 <b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.655520
	0.654673

d/D	0.590	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	1.066296		
v	1.19	m/s	De 0.6 a 2.5 <b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.07		
CiS Mínima	1468.58	≥ 1468.58	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1468.58
CiE	1468.40

**12.) Alturas**

Inicio	6.08	<b>CHEQUEA</b>
Final	5.55	<b>CHEQUEA</b>

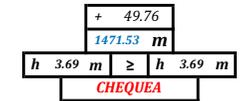
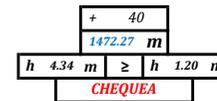
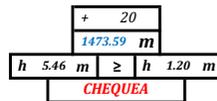
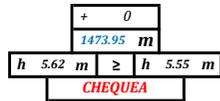
"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"

Tramo de PV-7 a PV-8 (CONTINUO)

Ingresar Datos
Chequear Datos

"NIVELES DEL TERRENO"

Longitud Entre Pozos de Visita 49.76 m



PV-7

PV-8



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	4.86 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	72

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	432
n Actual	72
Hab. Futuro	1988.07
Hab. Futuro	1989.00
n Futuro	332

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	4.23 l/s
q Futuro	13.71 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1468.33
-----	---------

**S Óptima 1.000 %**

S de PV inicial a PV final	1.000 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	15.604 %
S de +40 a PV final	35.262 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.12 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.01982 m ³ /s
	19.82 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.213380
	0.212536

d/D	0.313	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.794297		
v	0.89 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.691343
	0.690652

d/D	0.611	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	1.078874		
v	1.21 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.07		
CiS Mínima	1468.33	≥ 1468.33	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1468.33
CiE	1467.84

Ci + 20	1468.13
Ci + 40	1467.93

**12.) Alturas**

Inicio	5.62	<b>CHEQUEA</b>
Final	3.69	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	5.46	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	4.34	<b>CHEQUEA</b>

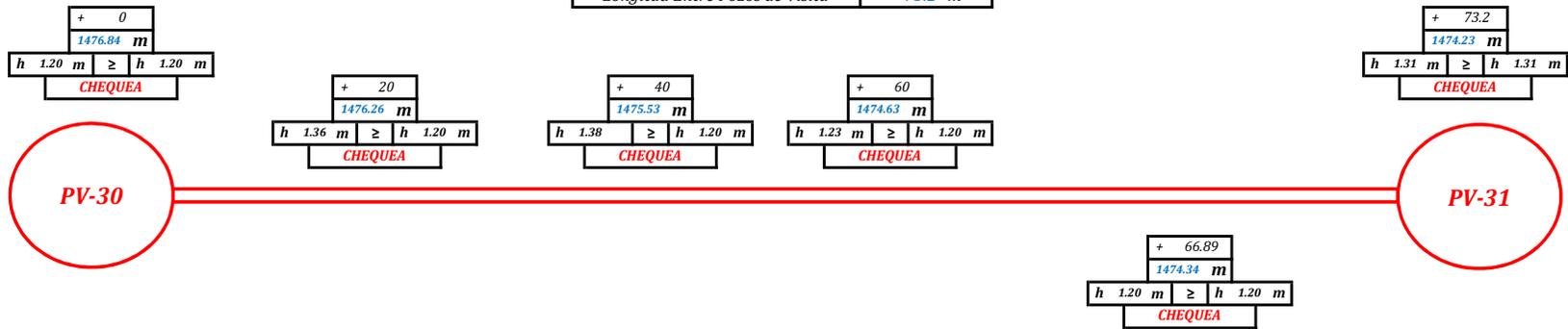
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-30 a PV-31 (INICIAL)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita 73.2 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.57 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	25
Acumulado	25

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	150
n Actual	25
Hab. Futuro	690.30
Hab. Futuro	691.00
n Futuro	116

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.48 l/s
q Futuro	5.24 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1475.64
-----	---------

S Óptima	3.771 %
----------	---------

S de PV inicial a PV final	3.778 %
----------------------------	---------

S de +20 a PV inicial	2.990 %
S de +40 a PV inicial	3.325 %
S de +60 a PV inicial	3.721 %

S de + 67 a PV inicial	3.771 %	<b>OPTIMA</b>
------------------------	---------	---------------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.18	m/s
A	0.01770	m ²
Q	0.03859	m ³ /s
	38.59	l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.064378
	0.063644

d/D	0.171	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.559833		
v	1.22	m/s	De 0.6 a 2.5 <b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.135736
	0.134817

d/D	0.248	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.697453		
v	1.52	m/s	De 0.6 a 2.5 <b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1475.64
CiE	1472.92

Ci + 20	1474.90
Ci + 40	1474.15
Ci + 60	1473.40

Ci + 67	1473.14
---------	---------

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.31	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.36	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.38	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	1.23	<b>CHEQUEA</b>

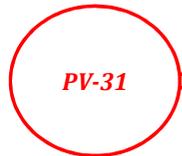
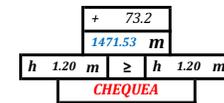
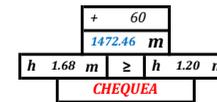
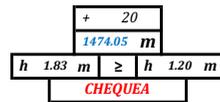
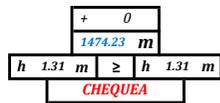
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-31 a PV-8 (CONTINUO)**

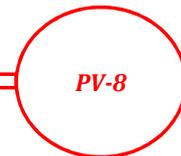
Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    73.2 m



**PV-31**



**PV-8**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.69 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	23
Acumulado	48

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	288
n Actual	48
Hab. Futuro	1325.38
Hab. Futuro	1326.00
n Futuro	221

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	3.45 l/s
q Futuro	9.47 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1472.92
-----	---------

S Óptima	3.597 %
----------	---------

S de PV inicial a PV final	3.597 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	4.791 %
S de +40 a PV final	5.521 %
S de +60 a PV final	7.381 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.13 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03770 m ³ /s
	37.70 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.091580
	0.091152

d/D	0.204	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.622332		
v	1.33 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.251273
	0.250308

d/D	0.341	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.831531		
v	1.77 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1472.92
CiE	1470.33

Ci + 20	1472.22
Ci + 40	1471.50
Ci + 60	1470.78

**11.) Alturas**

Inicio	1.31	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.83	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.83	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	1.68	<b>CHEQUEA</b>

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-8 a PV-9 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

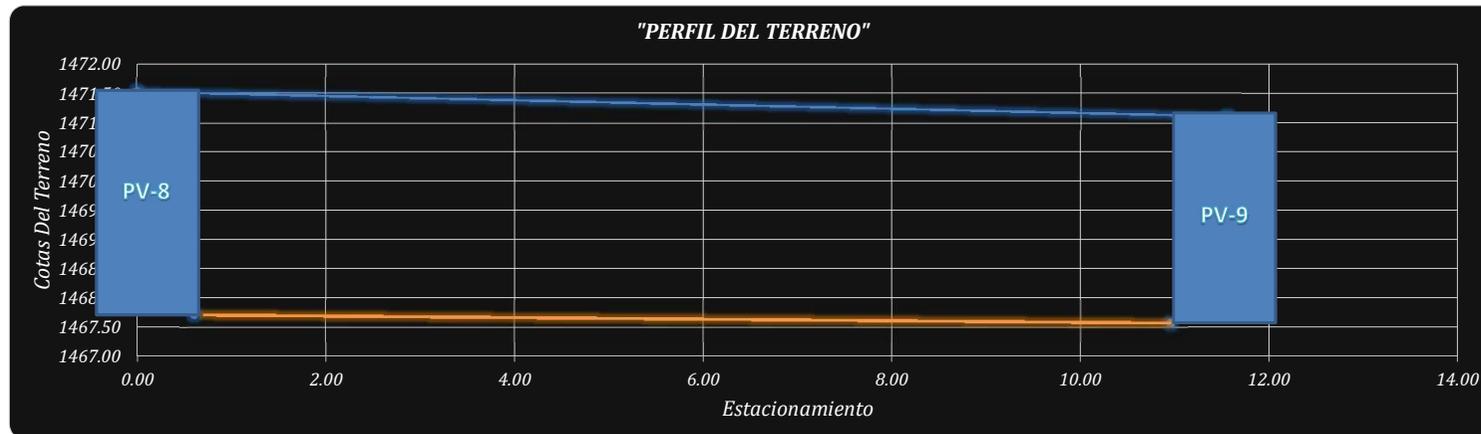
Longitud Entre Pozos de Visita    11.55 m

+ 0	
1471.53 m	
h 3.81 m	≥ h 3.69 m
CHEQUEA	

+ 11.55	
1471.12 m	
h 3.55 m	≥ h 3.55 m
CHEQUEA	

**PV-8**

**PV-9**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.55 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	120

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	720
n Actual	120
Hab. Futuro	3313.46
Hab. Futuro	3314.00
n Futuro	553

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	5.40 l/s
q Futuro	21.63 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1467.72
-----	---------

S Óptima	1.470 %	OPTIMA
----------	---------	--------

S de PV inicial a PV final	1.443 %
----------------------------	---------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.36 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.02407 m ³ /s
	24.07 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.224509
	0.224416

d/D	0.322	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.80654		
v	1.10 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.898715
	0.897575

d/D	0.740	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	1.131301		
v	1.54 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**10.) Pérdida de Altura**

h _v	0.12		
CiS Mínima	1467.72	≥ 1467.72	CHEQUEA

**10.) Cotas Invert**

CiS	1467.72
CiE	1467.57

**11.) Alturas**

Inicio	3.81	CHEQUEA
Final	3.55	CHEQUEA

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-9 a PV-10 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    22.46 m

+ 0	
1471.12 m	
h 3.68 m	≥ h 3.55 m
CHEQUEA	

+ 20	
1468.96 m	
h 1.82	≥ h 1.20 m
CHEQUEA	

+ 22.46	
1468.73 m	
h 1.62 m	≥ h 1.62 m
CHEQUEA	

**PV-9**

**PV-10**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	10.64 %
-----------	---------

**2.) No. De Viviendas**

Local	3
Acumulado	123

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	738
n Actual	123
Hab. Futuro	3396.29
Hab. Futuro	3397.00
n Futuro	567

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	5.53 l/s
q Futuro	22.12 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1467.44
-----	---------

S Óptima	1.550 %	OPTIMA
----------	---------	--------

S de PV inicial a PV final	1.563 %
----------------------------	---------

S de +20 a PV final	34.946 %
---------------------	----------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.40 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.02478 m ³ /s
	24.78 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.223131
	0.223084

d/D	0.321	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.805193		
v	1.13 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.892607
	0.891758

d/D	0.736	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	1.130351		
v	1.58 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**10.) Pérdida de Altura**

h _v	0.13		
CiS Mínima	1467.44	≥ 1467.44	CHEQUEA

**11.) Cotas Invert**

CiS	1467.44
CiE	1467.11

Ci + 20	1467.14
---------	---------

**12.) Alturas**

Inicio	3.68	CHEQUEA
Final	1.62	CHEQUEA

+ 20	1.82	CHEQUEA
------	------	---------

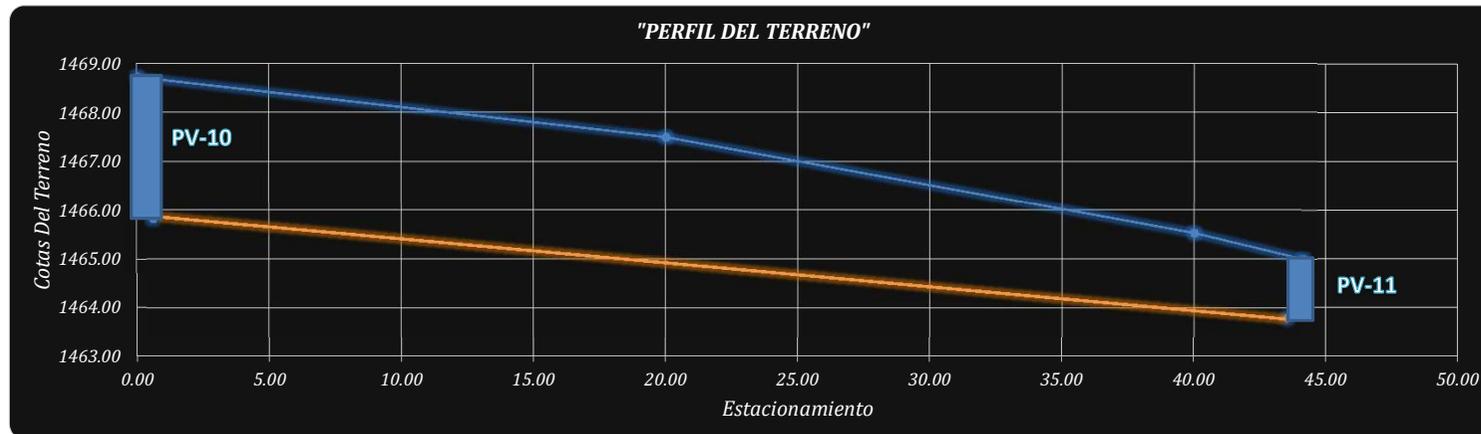
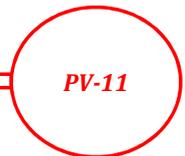
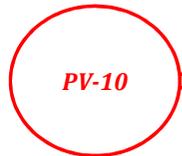
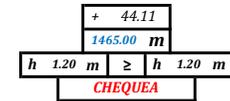
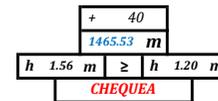
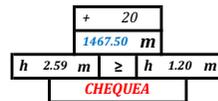
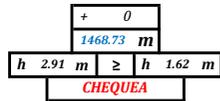
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-10 a PV-11 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    44.11 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	8.46 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	13
Acumulado	136

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	816
n Actual	136
Hab. Futuro	3755.25
Hab. Futuro	3756.00
n Futuro	626

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	6.07 l/s
q Futuro	24.14 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1465.82
-----	---------

**S Óptima 4.710 %**

S de PV inicial a PV final	4.708 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	10.634 %
S de +40 a PV final	15.100 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.43 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.04301 m ³ /s
	43.01 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.141052
	0.140258

d/D	0.253	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.705466		
v	1.71 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.561332
	0.559868

d/D	0.535	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	1.028173		
v	2.50 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.32		
CiS Mínima	1466.79	≥ 1465.82	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1465.82
CiE	1463.80

Ci + 20	1464.91
Ci + 40	1463.97

**12.) Alturas**

Inicio	2.91	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+	20	2.59	<b>CHEQUEA</b>
+	40	1.56	<b>CHEQUEA</b>

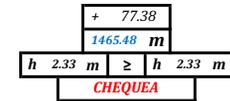
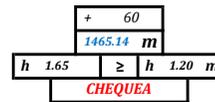
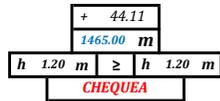
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-11 a PV-12 (CONTINUO)**

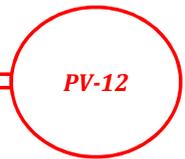
Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    33.27 m



**PV-11**



**PV-12**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	-1.44 %
-----------	---------

**2.) No. De Viviendas**

Local	8
Acumulado	144

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	864
n Actual	144
Hab. Futuro	3976.15
Hab. Futuro	3977.00
n Futuro	663

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	6.40 l/s
q Futuro	25.40 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1463.80
-----	---------

S Óptima	2.030 %	OPTIMA
----------	---------	--------

S de PV inicial a PV final	2.027 %
----------------------------	---------

S de +20 a PV final	4.708 %
---------------------	---------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.60 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.02832 m ³ /s
	28.32 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.225818
	0.225752

d/D	0.323	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.807884		
v	1.29 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.896833
	0.896125

d/D	0.739	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	1.131068		
v	1.81 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**10.) Cotas Invert**

CiS	1463.80
CiE	1463.15

Ci + 60	1463.49
---------	---------

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	CHEQUEA
Final	2.33	CHEQUEA

+ 60	1.65	CHEQUEA
------	------	---------

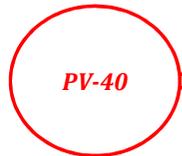
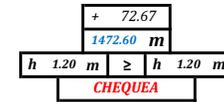
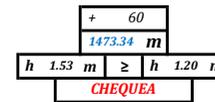
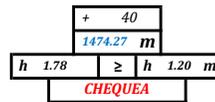
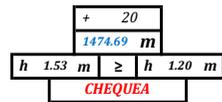
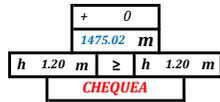
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-40 a PV-41 (INICIAL)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

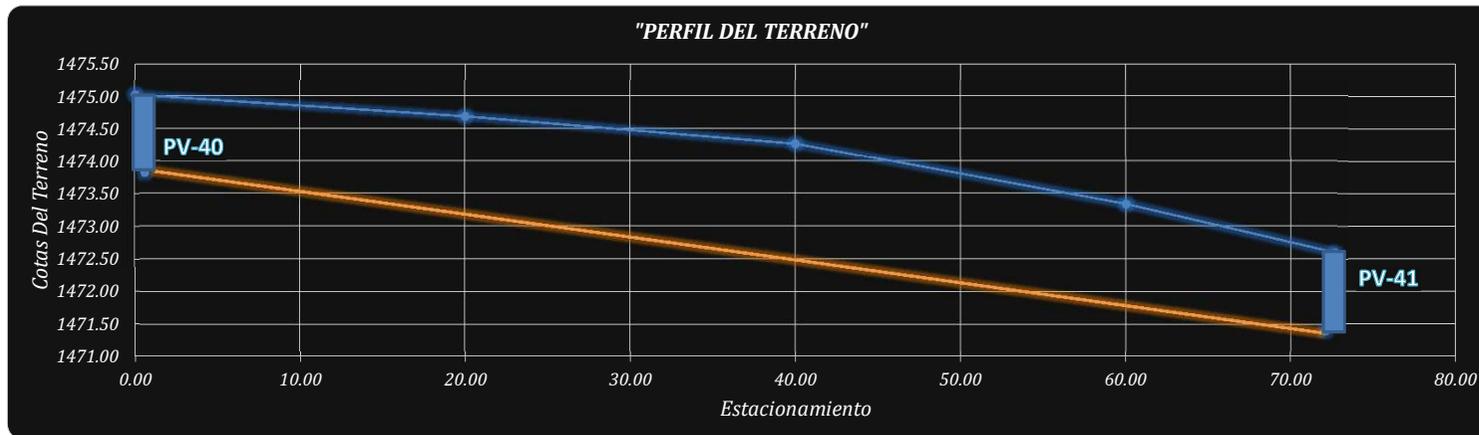
Longitud Entre Pozos de Visita    72.67 m



**PV-40**



**PV-41**



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.33 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	22
Acumulado	22

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	132
n Actual	22
Hab. Futuro	607.47
Hab. Futuro	608.00
n Futuro	102

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	2.33 l/s
q Futuro	4.65 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1473.82
-----	---------

**S Óptima 3.386 %**

S de PV inicial a PV final	3.386 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	4.014 %
S de +40 a PV final	5.207 %
S de +60 a PV final	6.131 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.06 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03646 m ³ /s
	36.46 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.063833
	0.063644

d/D	0.171	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.559833		
v	1.15 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.127511
	0.127360

d/D	0.241	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.686065		
v	1.41 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1473.82
CiE	1471.40

Ci + 20	1473.16
Ci + 40	1472.49
Ci + 60	1471.81

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.53	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.78	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	1.53	<b>CHEQUEA</b>

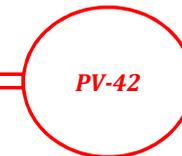
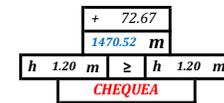
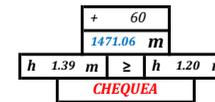
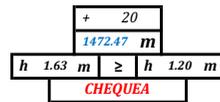
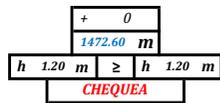
"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"

Tramo de PV-41 a PV-42 (CONTINUO)

Ingresar Datos
Chequear Datos

"NIVELES DEL TERRENO"

Longitud Entre Pozos de Visita 72.67 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	2.86 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	22
Acumulado	44

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	264
n Actual	44
Hab. Futuro	1214.93
Hab. Futuro	1215.00
n Futuro	203

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	3.31 l/s
q Futuro	8.77 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1471.40
-----	---------

**S Óptima 2.910 %**

S de PV inicial a PV final	2.910 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	3.745 %
S de +40 a PV final	3.929 %
S de +60 a PV final	4.474 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.91 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03381 m ³ /s
	33.81 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.097762
	0.097577

d/D	0.211	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.634871		
v	1.21 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.259290
	0.258704

d/D	0.347	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.839188		
v	1.60 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1471.40
CiE	1469.32

Ci + 20	1470.84
Ci + 40	1470.25
Ci + 60	1469.67

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.63	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.53	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	1.39	<b>CHEQUEA</b>

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-42 a PV-43 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

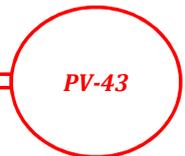
Longitud Entre Pozos de Visita    40.42 m

+	0
1470.52	m
h 1.33 m	≥ h 1.20 m
CHEQUEA	

+	20
1469.99	m
h 1.33 m	≥ h 1.20 m
CHEQUEA	

+	40
1469.32	m
h 1.21 m	≥ h 1.20 m
CHEQUEA	

+	40.42
1469.31	m
h 1.20 m	≥ h 1.20 m
CHEQUEA	



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	2.99 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	44

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	264
n Actual	44
Hab. Futuro	1214.93
Hab. Futuro	1215.00
n Futuro	203

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	3.31 l/s
q Futuro	8.77 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1469.19
-----	---------

S Óptima	2.754 %
----------	---------

S de PV inicial a PV final	2.754 %	OPTIMA
----------------------------	---------	--------

S de +20 a PV final	3.431 %
S de +40 a PV final	-5.556 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.86 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03292 m ³ /s
	32.92 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.100390
	0.099450

d/D	0.213	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.63841		
v	1.19 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.266260
	0.265778

d/D	0.352	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.845785		
v	1.57 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.13		
CiS Mínima	1469.19	≥ 1469.19	CHEQUEA

**11.) Cotas Invert**

CiS	1469.19
CiE	1468.11

Ci + 20	1468.66
Ci + 40	1468.11

**12.) Alturas**

Inicio	1.33	CHEQUEA
Final	1.20	CHEQUEA

+ 20	1.33	CHEQUEA
+ 40	1.21	CHEQUEA

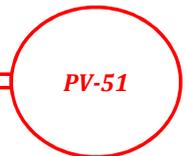
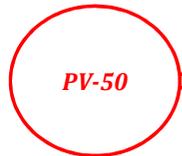
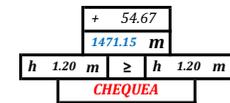
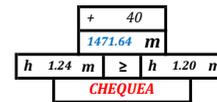
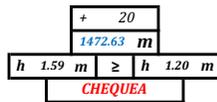
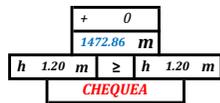
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-50 a PV-51 (INICIAL)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    54.67 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.13 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	9
Acumulado	9

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	54
n Actual	9
Hab. Futuro	248.51
Hab. Futuro	249.00
n Futuro	42

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	1.46 l/s
q Futuro	3.23 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1471.66
-----	---------

**S Óptima 3.198 %**

S de PV inicial a PV final	3.198 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	4.344 %
S de +40 a PV final	3.483 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.00 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03540 m ³ /s
	35.40 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.041220
	0.040906

d/D	0.138	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.490877		
v	0.98 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.091205
	0.091152

d/D	0.204	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.622332		
v	1.24 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1471.66
CiE	1469.95

Ci + 20	1471.04
Ci + 40	1470.40

**11.) Alturas**

Inicio	1.20	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.59	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.24	<b>CHEQUEA</b>

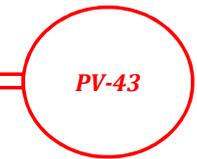
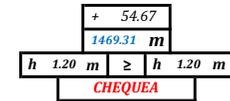
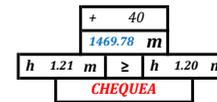
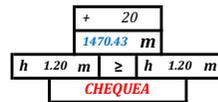
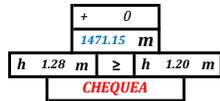
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-51 a PV-43 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    54.67 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	3.37 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	7
Acumulado	16

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	96
n Actual	16
Hab. Futuro	441.79
Hab. Futuro	442.00
n Futuro	74

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	1.98 l/s
q Futuro	4.29 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1469.87
-----	---------

**S Óptima** 3.292 %

S de PV inicial a PV final	3.292 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	3.287 %
S de +40 a PV final	3.340 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.03 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.03593 m ³ /s
	35.93 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.055001
	0.054813

d/D	0.159	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.535578		
v	1.09 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.119350
	0.119069

d/D	0.233	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.6728		
v	1.37 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Cotas Invert**

CiS	1469.87
CiE	1468.11

Ci + 20	1469.23
Ci + 40	1468.57

**11.) Alturas**

Inicio	1.28	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.20	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.21	<b>CHEQUEA</b>

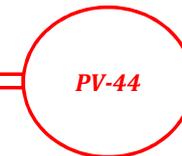
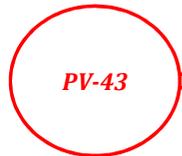
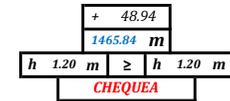
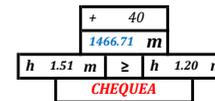
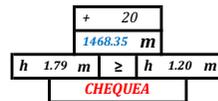
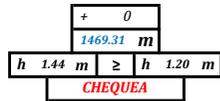
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-43 a PV-44 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    48.94 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	7.09 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	6
Acumulado	66

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	396
n Actual	66
Hab. Futuro	1822.40
Hab. Futuro	1823.00
n Futuro	304

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	4.05 l/s
q Futuro	8.68 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1467.87
-----	---------

**S Óptima 6.766 %**

S de PV inicial a PV final	6.766 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	8.857 %
S de +40 a PV final	10.432 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	2.92 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.05168 m ³ /s
	51.68 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.078359
	0.078072

d/D	0.189	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.594644		
v	1.74 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.167857
	0.167660

d/D	0.277	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.742568		
v	2.17 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.24		
CiS Mínima	1467.87	≥ 1467.87	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1467.87
CiE	1464.64

Ci + 20	1466.56
Ci + 40	1465.20

**12.) Alturas**

Inicio	1.44	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.20	<b>CHEQUEA</b>

+ 20	1.79	<b>CHEQUEA</b>
+ 40	1.51	<b>CHEQUEA</b>

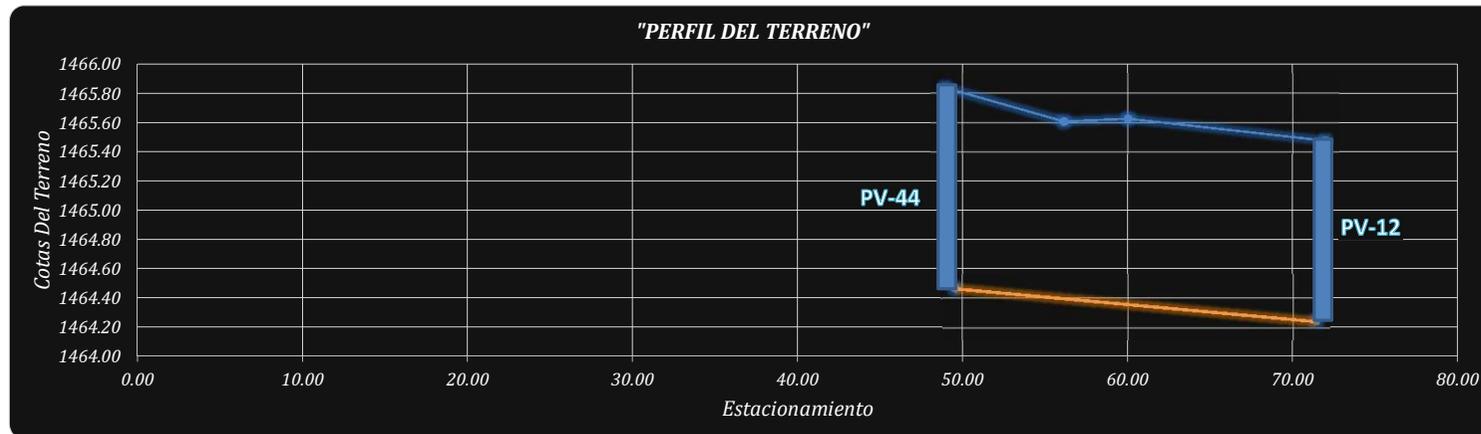
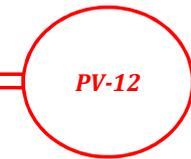
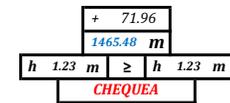
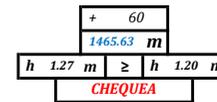
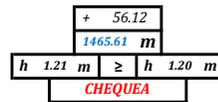
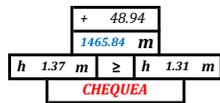
*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-44 a PV-12 (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    23.02 m



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	1.56 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	4
Acumulado	70

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	420
n Actual	70
Hab. Futuro	1932.85
Hab. Futuro	1933.00
n Futuro	323

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	4.17 l/s
q Futuro	8.94 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	5.910
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1464.47
-----	---------

**S Óptima 1.008 %**

S de PV inicial a PV final	1.008 %	<b>OPTIMA</b>
----------------------------	---------	---------------

S de +20 a PV final	1.050 %
S de +40 a PV final	1.585 %

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.13 m/s
A	0.01770 m ²
Q	0.02000 m ³ /s
	20.00 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.208534
	0.207338

d/D	0.309	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.788769		
v	0.89 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.447056
	0.446212

d/D	0.468	≤ 0.74	<b>CHEQUEA</b>
v/V	0.971538		
v	1.10 m/s	De 0.6 a 2.5	<b>CHEQUEA</b>

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.06		
CiS Mínima	1464.47	≥ 1464.47	<b>CHEQUEA</b>

**11.) Cotas Invert**

CiS	1464.47
CiE	1464.25

Ci + 56	1464.40
Ci + 60	1464.36

**12.) Alturas**

Inicio	1.37	<b>CHEQUEA</b>
Final	1.23	<b>CHEQUEA</b>

+ 56.12	1.21	<b>CHEQUEA</b>
+ 60	1.27	<b>CHEQUEA</b>

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-12 a PV-13 (CONTINUO)**

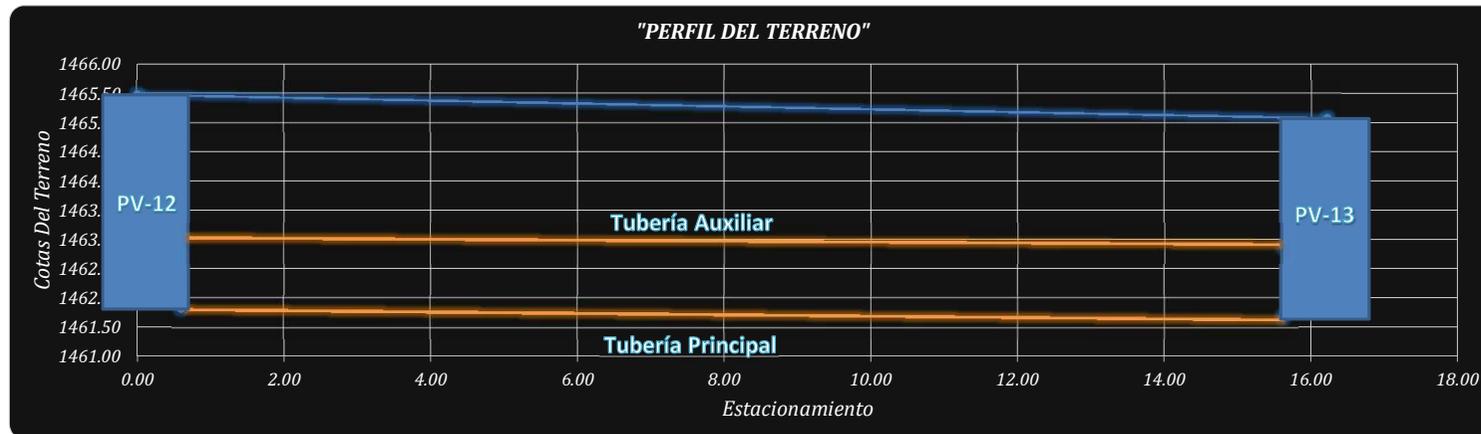
Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    16.21 m

+ 0	
1465.48 m	
h 2.45 m	≥ h 2.33 m
CHEQUEA	

+ 16.21	
1465.08 m	
h 2.20 m	≥ h 2.20 m
CHEQUEA	



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	2.47 %
-----------	--------

**2.) No. De Viviendas**

Local	4
Acumulado	218

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	1308
n Actual	218
Hab. Futuro	6019.45
Hab. Futuro	6020.00
n Futuro	1004

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	9.38 l/s
q Futuro	38.43 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	7.880
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1463.03
-----	---------

S Óptima	1.000 %	OPTIMA
----------	---------	--------

S de PV inicial a PV final	0.995 %
----------------------------	---------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.36 m/s
A	0.03146 m ²
Q	0.04279 m ³ /s
	42.79 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.219128
	0.219105

d/D	0.318	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.801131		
v	1.09 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.898106
	0.897575

d/D	0.740	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	1.131301		
v	1.54 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**10.) Pérdida de Altura**

hv	0.12		
CiS Mínima	1463.03	≥ 1463.03	CHEQUEA

**11.) Cotas Invert**

CiS	1463.03
CiE	1462.88

**12.) Alturas**

Inicio	2.45	CHEQUEA
Final	2.20	CHEQUEA

*"Diseño de Alcantarillado Sanitario, Sector A, Aldea La Laguneta, Chinautla, Guatemala"*

**Tramo de PV-13 a PTAR (CONTINUO)**

Ingresar Datos
Chequear Datos

**"NIVELES DEL TERRENO"**

Longitud Entre Pozos de Visita    30.00 m

+ 0	
1465.08 m	
h 3.37 m	≥ h 3.20 m
CHEQUEA	

+ 30.00	
1461.27 m	
h 0.00 m	≥ h 0.00 m
CHEQUEA	



**"MEMORIA DE CÁLCULO, NORMATIVO INFOM 2001, EDICIÓN 2009"**

Datos:		
Densidad	6	Hab/Día
Tasa de Crecimiento	5.22%	
Dotación	200	l/Hab/Día
Período de Diseño	30	Años
Tubería	PVC	
	Norma	ASTM F 949
Tráfico	Normal	
Altura Mínima	1.2	m
Diámetro de PV	1.2	m
Factor De Rugosidad (n)	0.0100	

**1.) Pendientes Del Terreno**

S terreno	12.70 %
-----------	---------

**2.) No. De Viviendas**

Local	0
Acumulado	218

**3.) No. De Habitantes**

Hab. Actual	1308
n Actual	218
Hab. Futuro	6019.45
Hab. Futuro	6020.00
n Futuro	1004

**4.) Caudal De Diseño (Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci})**

q Actual	9.38 l/s
q Futuro	34.86 l/s

**5.) Diámetro Propuesto**

Ø	7.880
---	-------

**6.) Pendiente Óptima**

CiS	1461.71
-----	---------

S Óptima	1.543 %	OPTIMA
----------	---------	--------

S de PV inicial a PTAR	1.543 %
------------------------	---------

**7.) Caudal A Sección Llena**

V	1.69 m/s
A	0.03146 m ²
Q	0.05317 m ³ /s
	53.17 l/s

**8.) Relación De Caudales (Actual)**

q Act / Q	0.176340
	0.176041

d/D	0.284	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	0.752984		
v	1.27 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**9.) Relación De Caudales (Futuro)**

q Fut / Q	0.655686
	0.654673

d/D	0.590	≤ 0.74	CHEQUEA
v/V	1.066296		
v	1.80 m/s	De 0.6 a 2.5	CHEQUEA

**10.) Pérdida de Altura**

h _v	0.17		
CiS Mínima	1461.71	≥ 1461.71	CHEQUEA

**11.) Cotas Invert**

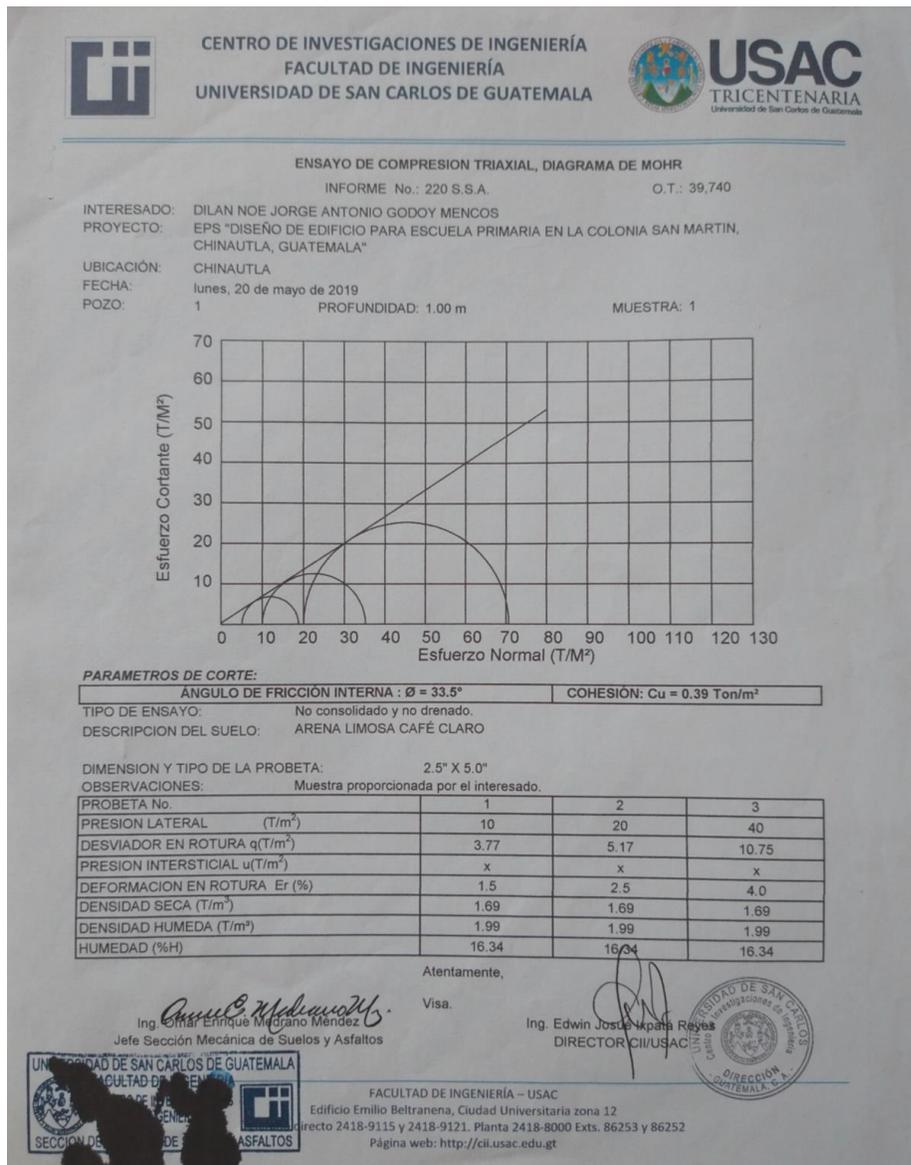
CiS	1461.71
CiE	1461.27

**12.) Alturas**

Inicio	3.37	CHEQUEA
Final	0.00	CHEQUEA

# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Ingeniería, USAC.

