



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

**DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA  
ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1,  
VILLA NUEVA, GUATEMALA**

**Astrid Gabriela Vásquez Brol**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, abril de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA  
ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1,  
VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ASTRID GABRIELA VÁSQUEZ BROL**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

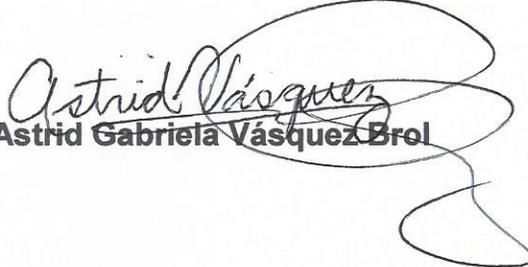
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA  
ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1,  
VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería civil,  
con fecha 12 de febrero de 2016.

  
**Astrid Gabriela Vásquez Brol**



Guatemala, 19 de septiembre de 2018  
REF.EPS.DOC.772.09.2018

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Astrid Gabriela Vásquez Brol**, Registro Académico 201020323 y CUI 2286 23227 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, 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. Oscar Argueta Hernández  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
OAH/ra



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 21 de septiembre de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Astrid Gabriela Vásquez Brol, con CUI 2286232270101 Registro Académico No. 201020323, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRÁULICA  
 USAC

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 13 de marzo de 2019

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

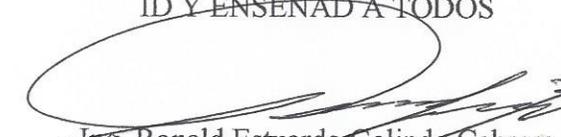
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Astrid Gabriela Vásquez Brol, con Registro Estudiantil No. 201020323, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

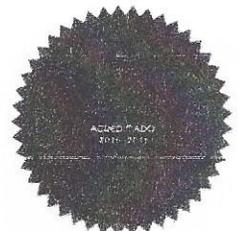
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
 Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
 Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA,  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 ESTRUCTURAS  
 USAC

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



Guatemala, 21 de marzo de 2019  
Ref.EPS.D.105.03.19

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

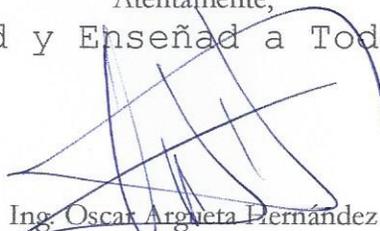
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Astrid Gabriela Vásquez Brol, CUI 2286 23227 0101 y Registro Académico 201020323**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación como Asesor-Supervisor y Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

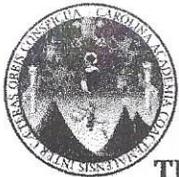
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra





**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación de la estudiante Astrid Gabriela Vásquez Brol titulado **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2019

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

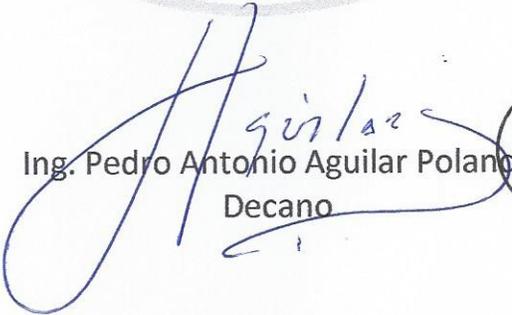


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 198.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 Y DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Astrid Gabriela Vásquez Brol**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, abril de 2019

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la fuerza, voluntad y sabiduría para cumplir este sueño.
<b>Mis padres</b>	Mario Guillermo Vásquez (q. e. p. d.) y Nivia Paucena Brol, por creer siempre en mí, por su esfuerzo y sacrificio, ya que son el apoyo que siempre necesito para salir adelante y esto no hubiera sido posible sin su gran amor. Dios los bendiga siempre.
<b>Mis hermanas</b>	Elena y Sofia, por estar siempre presentes en todas las etapas de mi vida y ser mis mejores amigas.
<b>Mis abuelos</b>	Enma Delfina Rodas, por su gran amor y apoyo siempre.
<b>Mi novio</b>	Habidd Paiz, por su amor y apoyo en todo momento. Por impulsarme cada día a ser una mejor persona.
<b>Mi familia en general</b>	Por el apoyo y cariño recibido a lo largo de mi vida.

**Mis amigos**

De la Facultad de Ingeniería que durante el transcurso de la carrera me dieron su apoyo y amistad sincera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios y formarme como profesional.

**Municipalidad de  
Villa Nueva**

Por haberme brindado la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación y por los nuevos conocimientos adquiridos.

**Ing. Oscar Argueta  
Hernández**

Por su asesoría y sus consejos durante el desarrollo de mi trabajo de graduación.

**Ing. Carlos Quim y  
Arq. Byron Illescas**

Por compartir sus conocimientos a lo largo del desarrollo de mi proyecto de graduación.

**Catedráticos**

Quienes compartieron sus conocimientos en los cursos profesionales.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Villa Nueva .....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Extensión territorial .....	2
1.1.3. Límites y colindancias.....	2
1.1.4. Clima .....	3
1.1.5. Suelo y topografía.....	3
1.1.5.1. Suelo.....	3
1.1.5.2. Topografía .....	4
1.1.6. Población y demografía .....	5
1.1.6.1. Población.....	5
1.1.6.2. Demografía .....	5
1.2. Servicios públicos .....	6
1.2.1. Educación .....	6
1.2.2. Comunicación .....	7
1.2.3. Salud.....	8
1.2.4. Agua potable.....	8
1.2.5. Drenajes.....	9

1.2.6.	Transporte .....	10
1.2.7.	Energía eléctrica.....	10
1.3.	Aspecto económico .....	11
1.3.1.	Agricultura.....	11
1.3.2.	Industria .....	11
1.4.	Costumbres y tradiciones .....	12
1.5.	Análisis y priorización de las necesidades del lugar .....	13
1.6.	Descripción de necesidades.....	14
2.	FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL.....	15
2.1.	Diseño del instituto básico de dos niveles, en la colonia Enriqueta zona 5, municipio de Villa Nueva .....	15
2.1.1.	Antecedentes.....	15
2.1.2.	Infraestructura requerida para el centro educativo .....	16
2.1.3.	Terreno disponible .....	17
2.1.4.	Levantamiento topográfico .....	18
2.1.4.1.	Planimetría .....	18
2.1.4.2.	Altimetría .....	18
2.1.5.	Análisis de suelos .....	19
2.1.5.1.	Ensayo de compresión triaxial .....	19
2.1.5.1.1.	Descripción del ensayo .....	20
2.1.5.1.2.	Procedimiento.....	21
2.1.5.1.3.	Resultados obtenidos del laboratorio .....	21
2.1.5.2.	Determinación del valor soporte del suelo .....	22
2.1.6.	Normas de diseño de edificios educativos .....	25

2.1.6.1.	Conjunto arquitectónico.....	26
2.1.6.2.	Áreas y espacios mínimos .....	26
2.1.6.3.	Tamaño del edificio .....	28
2.1.6.4.	Instalaciones.....	28
2.1.7.	Análisis estructural.....	29
2.1.8.	Predimensionamiento de elementos estructurales .....	30
2.1.8.1.	Predimensionamiento de vigas .....	30
2.1.8.2.	Predimensionamiento de losas .....	31
2.1.8.3.	Predimensionamiento de columnas .....	33
2.1.9.	Integración de cargas .....	36
2.1.9.1.	Cargas verticales.....	36
2.1.9.2.	Cargas horizontales.....	45
2.1.9.3.	Corte basal .....	46
2.1.9.4.	Fuerzas por nivel .....	52
2.1.9.4.1.	Centro de rigidez.....	52
2.1.9.4.2.	Centro de masa .....	56
2.1.9.4.3.	Cálculo de excentricidades .....	56
2.1.9.4.4.	Distribución de fuerzas por marco .....	58
2.1.9.5.	Análisis estructural por el método de Kani.....	61
2.1.9.6.	Comparación de resultados entre el método numérico Kani y el software Etabs.....	73
2.1.9.7.	Envolvente de momentos.....	76
2.1.10.	Diseño estructural.....	78

2.1.10.1.	Diseño de losa prefabricada con vigueta y bovedilla.....	78
2.1.10.2.	Diseño de vigas.....	83
2.1.10.3.	Diseño de columnas.....	97
2.1.10.4.	Diseño de cimentación.....	117
2.1.11.	Diseño de gradas.....	140
2.1.12.	Diseño de instalaciones.....	146
2.1.12.1.	Agua potable.....	146
2.1.12.2.	Drenaje sanitario.....	148
2.1.12.3.	Drenaje pluvial.....	149
2.1.12.4.	Instalaciones eléctricas.....	149
2.1.13.	Presupuesto.....	150
2.1.14.	Elaboración de planos finales.....	152
2.2.	Diseño de un sistema de drenaje pluvial para zona 1, municipio de Villa Nueva, Guatemala.....	152
2.2.1.	Normas de diseño.....	153
2.2.1.1.	Diámetros mínimos.....	153
2.2.1.2.	Velocidades mínimas y máximas.....	153
2.2.1.3.	Período de diseño.....	154
2.2.1.4.	Profundidad de la tubería.....	155
2.2.1.5.	Ancho de zanja.....	155
2.2.1.6.	Cotas Invert.....	156
2.2.1.7.	Disipadores de energía.....	158
2.2.2.	Determinación del caudal pluvial.....	159
2.2.2.1.	Coeficiente de escorrentía.....	159
2.2.2.2.	Intensidad de lluvia.....	160
2.2.2.2.1.	Período de retorno.....	162
2.2.2.2.2.	Tiempo de concentración.....	162

2.2.2.3.	Áreas tributarias .....	163
2.2.2.4.	Pendiente del terreno .....	163
2.2.2.5.	Caudal de diseño.....	163
2.2.2.6.	Velocidad de flujo a sección llena .....	164
2.2.2.7.	Obras complementarias .....	165
2.2.2.7.1.	Colectores.....	165
2.2.2.7.2.	Pozos de visita.....	165
2.2.2.7.3.	Tragantes.....	166
2.2.3.	Diseño de la red de alcantarillado pluvial.....	167
2.2.3.1.	Cálculo de tragantes .....	173
2.2.4.	Desfogue.....	180
2.2.5.	Tabla drenaje pluvial.....	180
2.2.6.	Planos finales.....	180
2.2.7.	Presupuesto alcantarillado pluvial .....	181
CONCLUSIONES .....		183
RECOMENDACIONES.....		185
BIBLIOGRAFÍA.....		187
APÉNDICES .....		189
ANEXOS .....		193



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Villa Nueva.....	2
2.	Población en el 2002 .....	6
3.	Terreno existente .....	17
4.	Muestra de suelo .....	20
5.	Procedimiento del ensayo de suelos.....	21
6.	Planta típica de columnas.....	33
7.	Carga distribuida eje H, carga viva y carga muerta .....	44
8.	Carga distribuida eje 5, carga viva y carga muerta .....	45
9.	Distribución de fuerzas horizontales eje X .....	60
10.	Distribución de fuerzas horizontales eje Y .....	61
11.	Iteración por método Kani, carga muerta, eje 5, sentido en X .....	66
12.	Iteración por método Kani, carga viva, eje 5, sentido X.....	67
13.	Iteración por método Kani, carga sísmica, eje 5, sentido X .....	68
14.	Iteración por método Kani, carga viva, eje H, sentido Y .....	70
15.	Iteración por método Kani, carga muerta, eje H, sentido Y .....	71
16.	Iteración por método Kani, carga sísmica, eje H, sentido Y .....	72
17.	Momentos por carga muerta eje H, software Etabs .....	74
18.	Momentos por carga viva eje H, software Etabs .....	75
19.	Isométrico de armado de losa prefabricada .....	82
20.	Fuerza cortante de diseño en vigas .....	89
21.	Fuerzas cortantes en viga .....	95
22.	Armado final de viga .....	97
23.	Detalle de columna .....	116

24.	Falla por corte simple .....	122
25.	Falla de corte por punzonamiento .....	124
26.	Detalle de armado de zapata concéntrica Z1.....	128
27.	Detalle de zapata excéntrica .....	140
28.	Colchón de agua.....	172
29.	Características geométricas de un tragante tipo buzón.....	174

## TABLAS

I.	Hogares con servicio de agua entubada en porcentaje .....	9
II.	Hogares con drenajes y letrinas en porcentaje .....	10
III.	Hogares con servicio de energía eléctrica en porcentaje.....	10
IV.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo.....	25
V.	Índices y capacidad para ambientes educativos .....	27
VI.	Número de artefactos sanitarios, según usuarios .....	29
VII.	Predimensionamiento de vigas.....	31
VIII.	Cargas muertas predimensionamiento de columnas .....	34
IX.	Cargas vivas predimensionamiento de columnas .....	34
X.	Peso total del edificio .....	49
XI.	Peso real total del edificio .....	49
XII.	Cálculo corte basal .....	50
XIII.	Distribución de fuerzas horizontales.....	52
XIV.	Centro de rigidez eje X, nivel 2.....	54
XV.	Centro de rigidez eje X, nivel 1 .....	54
XVI.	Centro de rigidez eje Y, nivel 2.....	55
XVII.	Centro de rigidez eje Y, nivel 1 .....	55
XVIII.	Resumen centro rigidez .....	55
XIX.	Centro de masa .....	56
XX.	Excentricidades directas.....	57

XXI.	Excentricidades accidentales.....	57
XXII.	Distribución de fuerzas por nivel 2, eje X .....	59
XXIII.	Distribución de fuerzas por nivel 1, eje X .....	59
XXIV.	Distribución de fuerzas por nivel 2, eje Y .....	59
XXV.	Distribución de fuerzas por nivel 1, eje Y .....	60
XXVI.	Momentos finales en marco por Kani, eje 5, sentido X.....	69
XXVII.	Momentos finales en marco por Kani, eje Y.....	73
XXVIII.	Comparación de momentos obtenidos mediante el método numérico de Kani y software ETABS.....	75
XXIX.	Envolvente sentido Y, eje H, nivel 2 .....	76
XXX.	Envolvente sentido Y, eje H, nivel 1 .....	77
XXXI.	Envolvente sentido X, eje 5, nivel 2.....	77
XXXII.	Envolvente sentido X, eje 5, nivel 1 .....	78
XXXIII.	Carga axial sobre columnas del nivel 1 y 2 .....	99
XXXIV.	Unidades mueble por artefactos.....	148
XXXV.	Costo estimado del proyecto .....	151
XXXVI.	Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería .....	154
XXXVII.	Profundidad mínima tubería PVC .....	155
XXXVIII.	Profundidad mínima tubería cemento.....	155
XXXIX.	Ancho de zanja .....	156
XL.	Parámetros A, B y n según Insivumeh .....	161
XLI.	Presupuesto alcantarillado pluvial .....	181



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H</b>	Altura de sección del elemento
<b>A<sub>s</sub></b>	Área de acero
<b>A<sub>smax</sub></b>	Área de acero máximo
<b>A<sub>smin</sub></b>	Área de acero mínimo
<b>B</b>	Base de sección del elemento
<b>P<sub>u</sub></b>	Carga axial última
<b>W</b>	Carga distribuida
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>P</b>	Carga puntual
<b>CV</b>	Carga viva
<b>Q<sub>dis</sub></b>	Caudal de diseño
<b>Q</b>	Caudal a sección llena
<b>cm</b>	Centímetro
<b>C</b>	Coefficiente de escorrentía
<b>C<sub>a</sub></b>	Coefficiente sísmico
<b>C<sub>u</sub></b>	Cohesión del suelo
<b>Cl<sub>E</sub></b>	Cota Invert de entrada
<b>Cl<sub>S</sub></b>	Cota Invert de salida
<b>ρ</b>	Cuantía de acero
<b>ρ<sub>bal</sub></b>	Cuantía de acero balanceada
<b>ρ<sub>min</sub></b>	Cuantía de acero mínimo
<b>D<sub>es</sub></b>	Desplante del suelo
<b>X<sub>cm</sub></b>	Distancia al centro de masa sobre eje X

<b><math>Y_{cm}</math></b>	Distancia al centro de masa sobre eje Y
<b><math>X_{cr}</math></b>	Distancia al centro de rigidez sobre eje X
<b><math>Y_{cr}</math></b>	Distancia al centro de rigidez sobre eje Y
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>t</b>	Espesor de la sección del elemento (losa y zapatas)
<b>e</b>	Excentricidad
<b><math>F_s</math></b>	Factor de seguridad
<b>FM</b>	Fuerzas por marco
<b>L</b>	Luz del elemento
<b><math>E_c</math></b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b><math>M_u</math></b>	Momento último
<b>d</b>	Peralte efectivo del elemento
<b><math>W_c</math></b>	Peso del concreto
<b><math>\gamma_s</math></b>	Peso específico del suelo
<b><math>P_v</math></b>	Pozo de visita
<b><math>f'_c</math></b>	Resistencia nominal a compresión del concreto
<b><math>F_y</math></b>	Resistencia nominal a la fluencia en acero
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena

## GLOSARIO

<b>Acero mínimo</b>	Cantidad de acero determinado por la sección y límite de fluencia del acero, necesario para evitar grietas por cambio de temperatura.
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (por sus siglas en inglés).
<b>Agua pluvial</b>	Agua que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación.
<b>Agua residual</b>	Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
<b>Carga muerta</b>	Son todas las cargas permanentes de la construcción, incluyendo el peso propio.
<b>Carga viva</b>	Son todas aquellas cargas que dependen del uso y la ocupación de la edificación. Peso variable dado por el personal, maquinaria, mobiliario, entre otros.

<b>Caudal</b>	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado en un instante determinado fluye dentro de una tubería.
<b>Columna</b>	Elemento estructural vertical que sirve para transmitir las cargas del propio nivel y de pisos superiores hacia la cimentación.
<b>Cota invert</b>	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
<b>Deflexión</b>	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal al ser cargados.
<b>Envolvente</b>	Es un diagrama que representa los esfuerzos máximos y mínimos sobre un elemento estructural.
<b>Estribo</b>	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte de un elemento estructural.
<b>Estructura</b>	Conjunto de elementos encargados de resistir los efectos de las cargas que actúan sobre él impidiendo que se deforme.
<b>Losa</b>	Elemento estructural plano y macizo de un piso de concreto reforzado soportado por viguetas, vigas o columnas de espesor uniforme.

<b>Momento</b>	Magnitud resultante del producto del valor de una fuerza por su distancia a un punto de referencia.
<b>Momento último</b>	Momento resistente afectado por un factor de magnificación con el objetivo de asegurar que los elementos estructurales sean diseñados para soportar las fuerzas actuantes.
<b>Período de diseño</b>	Período de tiempo en el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
<b>Rigidez</b>	Capacidad que tiene un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin deformarse o desplazarse.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas residuales y pluviales dentro de un drenaje.
<b>Topografía</b>	Ciencia que se encarga de representar gráficamente (mediante un dibujo) un terreno o lugar determinado.
<b>Viga</b>	Es un elemento estructural que sirve para cargar y soportar las cargas actuantes producto de un esfuerzo trabajando básicamente a flexión.
<b>Zapata</b>	Es un elemento estructural cuya finalidad es transmitir la carga total de la estructura al suelo, para que la misma pueda ser disipada.



## RESUMEN

El siguiente informe contiene un análisis de las necesidades primordiales de infraestructura del municipio de Villa Nueva. Análisis previos han determinado que existe un alto porcentaje de jóvenes que no asisten a la escuela de educación básica y cada año el 12 % de los jóvenes abandonan la educación debido a varios factores: pobreza, generación de violencia social y familiar, falta de espacios físicos decentes que ayuden al desarrollo educacional, falta de implementos y herramientas necesarias para el proceso de la enseñanza y el aprendizaje.

Se diseñó un instituto básico de dos niveles en la colonia Enriqueta, el cual cuenta con 1 690 m<sup>2</sup> de construcción, siete aulas por nivel, cada una para 30 a 35 estudiantes, con el rango de área mínima por estudiante. El sistema estructural utilizado es mediante marcos rígidos, compuesto por elementos estructurales como losas, vigas, columnas y zapatas.

Para el segundo proyecto se tiene la necesidad de diseñar un drenaje pluvial de 1,5 km., eficiente y acorde a las necesidades de la población: se logra captar el agua de lluvia y conducirla a un área donde no afecte a los vecinos.

En virtud de lo descrito, cabe mencionar que con el diseño de estos proyectos se pretende que además de cumplir su objetivo principal, pueda ayudar en el desarrollo de las comunidades.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseño y planificación del instituto básico de la colonia Enriqueta y un drenaje pluvial en el municipio de Villa Nueva.

### **Específicos**

1. Contribuir técnicamente con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) del al municipio de Villa Nueva.
2. Determinar la solución más viable y factible para albergar a la población estudiantil en edad escolar de la zona 5 del municipio de Villa Nueva.
3. Aplicar los estándares internacionales y nacionales que rigen el diseño estructural.
4. Establecer un adecuado escurrimiento de las aguas pluviales para evitar la inundación de la zona 1 del municipio de Villa Nueva.
5. Elaborar un informe como referencia que ejemplifique a detalle el proceso de cálculo y diseño de una estructura de concreto reforzado y un drenaje pluvial.



## INTRODUCCIÓN

El aporte técnico que se realizó durante el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), como apoyo a la Dirección Municipal de Planificación (DMP) fue el desarrollo de un edificio de dos niveles para el instituto básico de la colonia Enriqueta zona 5 y un drenaje pluvial en zona 1 del municipio de Villa Nueva, el cual consiste en desarrollar el perfil de ambos proyectos con el objetivo de que la municipalidad tenga un estudio completo para ejecutar y solventar los problemas que aquejan a sus comunidades.

La primera parte contiene la fase de investigación, en donde se detalla la monografía del municipio de Villa Nueva y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura; se describe y priorizando las necesidades de cada uno. Como punto inicial la construcción de aulas escolares, debido al crecimiento estudiantil; para el segundo se tiene la necesidad de implementar un sistema de drenaje pluvial capaz de coleccionar el agua de lluvia de manera eficiente según las características de la población.

La segunda parte, la técnica profesional, se desarrolla el diseño estructural del edificio de dos niveles para el instituto básico de la Colonia Enriqueta de 1 690 m<sup>2</sup> de construcción; el diseño hidráulico contempla 1,50 km, que incluye todas las obras de arte complementarias para el buen funcionamiento, que evita el deterioro de las calles y los problemas de transitabilidad.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Villa Nueva**

Villa Nueva fue fundada el 17 de abril de 1763. Es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala. Está situado a 17 kilómetros al suroccidente de la capital. Su extensión territorial es de 114 kilómetros cuadrados. Se estima que su población oscila entre 800 mil y 1 millón de personas.

En la actualidad, además de la agricultura, que es el original patrimonio de los habitantes, en los últimos años se han instalado dentro de la circunscripción varias industrias, comercios, residenciales, instituciones educativas que antes funcionaban en su mayoría en la capital, o bien nuevas.

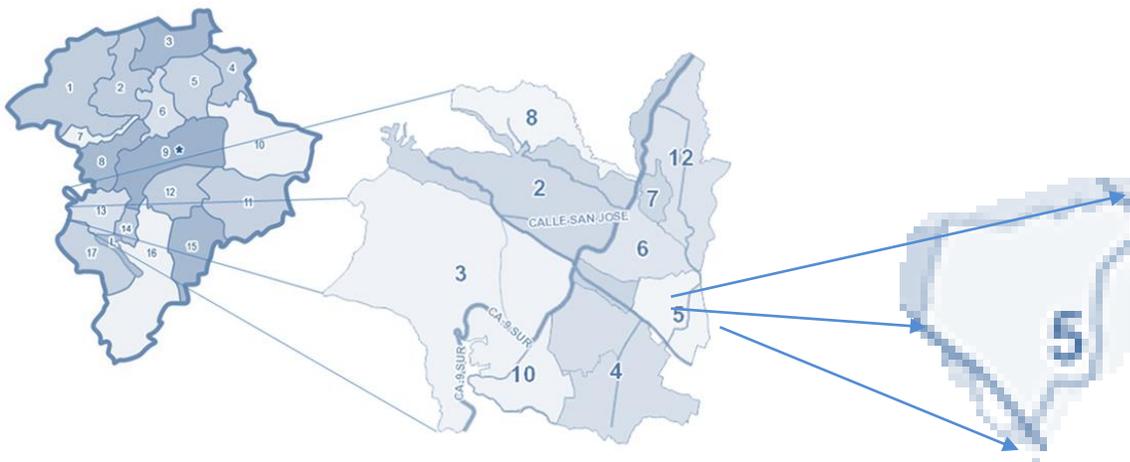
La fiesta titular se celebra en la segunda semana de diciembre, en honor de la Virgen de Concepción, patrona del pueblo. El día principal es el 8, cuando la iglesia conmemora la Purísima Concepción de María.

### **1.1.1. Ubicación y localización**

El municipio de Villa Nueva es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, se encuentra en la parte sur del mismo y colinda con el municipio de Guatemala, la ciudad capital de nuestro país. Tiene una extensión territorial de 114 km<sup>2</sup> de área en total, encontrándose una buena parte del territorio municipal dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.

El monumento de elevación del Instituto Geográfico Nacional en el parque central del municipio se encuentra situado a 1 330,25 mts sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Villa Nueva**



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. *Ubicación geográfica*. <https://www.villanueva.gob.gt/ubicacion-geografica-villanueva-guatemala> Consulta: 11 de octubre de 2016.

### 1.1.2. **Extensión territorial**

El municipio de Villa Nueva tiene una extensión territorial de 553 kms<sup>2</sup> de área total, y se encuentra dentro de la cuenca del Lago de Amatitán.

### 1.1.3. **Límites y colindancias**

El municipio de Villa Nueva se sitúa en la carretera CA-9 sur, en dirección al Pacífico. Colinda al norte con los municipios de Mixco y Guatemala, al este con San Miguel Petapa, al sur con Amatitlán, al oeste con Magdalena Milpas Altas y San Lucas Sacatepéquez.

#### **1.1.4. Clima**

El discernimiento de la transformación espacial de las diferentes variables climáticas de un país es sustancial para el desarrollo del sistema socioeconómico en el sistema natural; es decir, contribuye al desarrollo de la sociedad y al mismo tiempo satisface los requerimientos de conservación y fortalecimiento del sistema natural, que a la vez contribuye al desarrollo mismo de la sociedad.

Según la estación meteorológica central de Insivumeh, ubicada en la zona 13 de la ciudad de Guatemala se establece que el clima en el municipio es considerado templado; alcanza durante todo el año temperatura máximas de 28 grados centígrados y mínimas de 12 grados centígrados; como resultado una temperatura promedio anual de 18,8 grados centígrados. La estación lluviosa oscila entre 940 y 1 600 milímetros con un promedio de 125 días de lluvia al año, con una humedad relativa de 78 % y está sometida a vientos promedios de 5,7 kilómetros por hora.

#### **1.1.5. Suelo y topografía**

A continuación, se hace una breve descripción del suelo y la topografía del municipio de Villa Nueva.

##### **1.1.5.1. Suelo**

Este municipio es reconocido como 'Graben de Guatemala', ya que representa la depresión del Valle de Epónimo. En el mismo se encuentra un relleno de espesor variable, pero considerable de cenizas y pómez recientes.

Esos materiales piroplásticos se deben al desprendimiento de cenizas volcánicas y a las fuertes precipitaciones.

Su granulometría puede variar entre polvo volcánico, de fracciones de milímetro, hasta componentes individuales de 20 cm de diámetro.

En el cauce y banco del río Villalobos, que corre al este de la cabecera, se encuentran gravas y arenas que son explotadas comercialmente.

El suelo superficial es de color café, con una textura y consistencia arcillosa o franco arcillosa y con un espesor de 20 a 30 centímetros. El subsuelo es de color café amarillento, de consistencia friable y textura franco arcillosa, cuenta con un espesor de 40 a 50 centímetros.

#### **1.1.5.2. Topografía**

El monumento de elevación del Instituto Geográfico Nacional en el parque central del municipio, se encuentra situado a 1 330,24 mts. sobre el nivel del mar. Cuenta con una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados.

Villa Nueva cuenta con numerosas montañas y cerros de los cuales pueden mencionarse:

- Montaña Cruz Grande
- Montaña El Chifle
- Montaña El Sillón
- Montaña El Ventarrón
- Montaña La Peña
- Montaña Pueblo Viejo

- Cerro Loma de Trigo
- Cerro Monte Rico
- Cerro San Rafael

En Villa Nueva hay numerosos ríos de pequeño caudal que facilitan la actividad agrícola. Los ríos principales del municipio son: Mashul, Parrameño, Platanitos, Villalobos y San Lucas.

### **1.1.6. Población y demografía**

A continuación, se hace una breve descripción de la población y la demografía del municipio de Villa Nueva.

#### **1.1.6.1. Población**

La población del municipio de Villa Nueva creció de 355 901 habitantes según el censo de 2002 a una población estimada entre 800 000 y 1 millón de habitantes en 2012.

#### **1.1.6.2. Demografía**

Según el censo poblacional del Instituto Nacional de Estadística (INE), realizado en el año 2002, la población total de Villa Nueva, es de 355 901 habitantes. Sin embargo, es bien conocido por propios y ajenos, que Villa Nueva ha sido considerada como un municipio dormitorio, y muchos de sus habitantes no se encuentran vecindados en los registros correspondientes. Algunos se encuentran temporalmente dentro del municipio, sobretodo en horas inhábiles.

Según el censo oficial del INE, la población, en el 2002, se puede segmentar en los datos porcentuales siguientes:

Figura 2. **Población en el 2002**

HOMBRES	171.771	48.26%
MUJERES	184.130	51.74%
URBANA	301,947	84.84%
RURAL	53,954	15.16%
LADINA	328,899	92.41%
INDÍGENA	27,002	07.59%
0 A 14 AÑOS	131,022	36.81%
15 A 29 AÑOS	106,789	30%
30 A 44 AÑOS	67,220	18.88%
45 A 59 AÑOS	33,884	9.52%
60 A 74 AÑOS	12,529	3.52%
75 O MÁS	4,457	1.25%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE. *Censo nacional 2012*.

<https://www.ine.gob.gt/>. Consulta: 11 de octubre de 2016.

## 1.2. **Servicios públicos**

A continuación, describen los servicios públicos con que cuenta el municipio de Villa Nueva.

### 1.2.1. **Educación**

El desarrollo para los habitantes del municipio inicia con una adecuada educación a temprana edad, es por eso que cuentan con diversos programas que facilitan el acceso a la educación en todos los sectores del municipio. Así mismo, gestionan educación superior para todos los jóvenes, con la finalidad de

atraer centros universitarios para brindar oportunidad de continuar la formación académica.

Refieren distintos centros de educación:

- Escuela modelo: se caracterizan por contar con aulas amplias, laboratorios de computación, internet inalámbrico, sistema audiovisual con cañonera y pizarra *touch*, cámaras de vigilancia, cafetería, amplios corredores, jardines en las orillas y una plaza con jardín con gramilla sintética en el centro.
- Instituto tecnológico: se impulsó la construcción de institutos tecnológicos en los diferentes polos de desarrollo de Villa Nueva. El cual contará con laboratorios de especialidad y talleres para la formación de los alumnos.
- Aulas en un día: brindar condiciones dignas donde los niños y jóvenes reciban formación educativa.
- Modalidades flexibles: consta de un programa de modalidades flexibles (básico y bachillerato) por madurez, donde se atiende a unos 2 400 vecinos en plan fin de semana.

### **1.2.2. Comunicación**

Se llega a Villa Nueva por medio de la Carretera Internacional del Pacífico CA-9 del km 0, frente al Palacio Nacional en dirección al sur, hay aproximadamente 17 km a la cabecera de Villa Nueva.

Cuenta con diversos accesos en forma de autopistas. Las distancias hacia los principales puertos son las siguientes:

- A puerto Quetzal (Pacífico) = 97 kilómetros
- A puerto Sto. Tomás de Castilla (Atlántico) = 315 kilómetros
- A aeropuerto La Aurora = 15 kilómetros
- A frontera con El Salvador = 145 kilómetros
- A puerto de Acajutla (El Salvador) = 180 kilómetros
- A frontera con Honduras = 320 kilómetros

### **1.2.3. Salud**

Los centros comunitarios de salud, CECOMSAL, brindan consulta de medicina general para adultos, adultos mayores y niños; también, se realizan procedimientos como: extracción de uñas, lavado de oído y nebulización entre otros.

Actualmente, cuenta con 10 centros de salud pública ubicados en Ciudad Peronia, mercado nuevo, Linda Vista, Ciudad del Sol, El Frutal, Bárcenas, Castañas, San Miguelito, Santa Isabel II y parque central.

También, prestan sus servicios comadronas y promotores de salud.

### **1.2.4. Agua potable**

Aproximadamente en el año 1948 se introduce el agua potable en el municipio de Villa Nueva, el cual tiene una gran deficiencia ya que no existe un buen servicio; los habitantes deben proveerse en forma individual a través de pozos, toneles y de ríos, o bien, pagando un alto costo por metro cúbico de

agua a las personas particulares que la suministran, lo que incide en la precaria economía de los hogares.

El tratamiento que se le brinda al agua que se provee a la población es precario, las industrias que se abastecen de agua contribuyen a la explotación de agua subterránea. A continuación, se presenta una tabla donde se observa el porcentaje de viviendas que cuenta con el servicio.

Tabla I. **Hogares con servicio de agua entubada en porcentaje**

<b>Sin sistema</b>	<b>Con sistema</b>	<b>No especificado</b>
4,10	89,60	6,30

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal, INFOM. *Nuestros servicios*.

<http://www.infom.gob.gt/>. Consulta: 11 de octubre de 2016.

### **1.2.5. Drenajes**

Gran parte de la población carece de un servicio de drenaje sanitario adecuado; posee letrinas o pozos ciegos en algunos casos fosas sépticas con su respectivo pozo de absorción; en algunas colonias cuentan con plantas de tratamiento las cuales procesan y tratan los desechos, lodos y sedimentos, para evacuar el agua con un menor grado de contaminación.

Las aguas negras que se recolectan en el municipio desfogan en el río Villalobos; en la tabla II se muestra el porcentaje de los hogares que cuentan con el servicio antes mencionado.

Tabla II. **Hogares con drenajes y letrinas en porcentaje**

<b>Sin sistema</b>	<b>Con sistema</b>	<b>No especificado</b>
27,27	54,55	18,18

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal, INFOM. *Nuestros servicios*.  
<http://www.infom.gob.gt/>. Consulta: 11 de octubre de 2016.

### **1.2.6. Transporte**

En las calles del municipio de Villa Nueva circula transporte urbano; se cuentan con empresas de servicio extra urbano.

### **1.2.7. Energía eléctrica**

El servicio de energía eléctrica en este municipio lo conforma la cuenca del lago de Amatitán; hay 431 977 hogares que cuentan con el servicio de energía eléctrica, de los cuales 80 100 corresponden a Villa Nueva; en el municipio existe una agencia de la empresa eléctrica, en la cual se pueden realizar todo tipo de gestiones.

Estadísticamente los hogares que cuentan con este servicio, son:

Tabla III. **Hogares con servicio de energía eléctrica en porcentaje**

<b>Sin sistema</b>	<b>Con sistema</b>	<b>No especificado</b>
27,27	54,55	18,18

Fuente: elaboración propia.

### **1.3. Aspecto económico**

A continuación, se describen los aspectos económicos del municipio de Villa Nueva.

#### **1.3.1. Agricultura**

Dentro de las actividades principales de la economía de Villa Nueva se encuentra la agricultura, esta constituye una gran fuente de alimentos para la población. Estos productos son para consumo local y el excedente se comercializa en la ciudad de Guatemala.

Los principales cultivos son: maíz, tomate, frijol, yuca, garbanzo, habas, achiote y chile.

#### **1.3.2. Industria**

Villa Nueva cuenta con un total de 282 industrias de diferentes tipos, entre las que figuran: alimentos, plásticos, textiles, metalúrgicas, químicas, pinturas, papel, madera y otras. Entre las principales industrias están:

- Laboratorios Donovan Werke, Unipharm, Merigal (farmacéuticas)
- Industria Galvanizadora Nacional S.A., (INGASA)
- Galvanizadora Centroamericana, S.A. (GALCASA)
- Tapametal de Guatemala S.A. (metalúrgicas)
- Polyproductos S.A. Hilados del Sur S.A.
- Frazima Concepción S.A., Nylontex S.A. (textiles)
- Pinturas Centroamericanas S.A. (PINCASA)
- Pinturas Superiores S.A. (pinturas)

- Durman Esquivel, Tubo Vinil S.A.
- Tinacos de Centroamérica S.A. (productos de PVC)
- Procreto S.A.
- Blockera la Unión
- Ladritebal
- Distribuidora Mayen
- Cementos Progreso (materiales de construcción)
- MegaPlast
- Olefinas
- Envaica (plásticos)

Además se cuentan, entre otras, 18 maquilas. Todas las industrias generan oportunidad de empleo al municipio, contribuyen al desarrollo de la población.

#### **1.4. Costumbres y tradiciones**

Entre las principales festividades que se celebran en Villa Nueva se encuentran:

- Fiesta Cantonal de la Aldea Villa Lobos.
- Fiesta Cantonal del Barrio El Calvario, actualmente zona central de la población.
- Marzo: mes del Santo Varón San José, que es celebrado en la antigua aldea San José Villa Nueva, hoy zona 2 de la población.
- Mayo: mes del Señor San Isidro Labrador.

- Fiestas de Independencia Nacional, con actividades culturales, deportivas, desfile cívico, carrozas alegóricas y carrera con la antorcha.

Entre las tradiciones y costumbres del municipio de Villa Nueva, se puede mencionar las Albas, las que se celebran en vísperas del 8 de diciembre y consiste en una réplica de la imagen de la Virgen; esta visita los hogares de los habitantes, danzando al compás de un conjunto de marimba, durante toda la noche, y al amanecer a eso de las cinco de la mañana, se visita el templo de la localidad. Así mismo, para los velorios, las misas de difunto y los entierros, en donde se reúne la población para acompañar a sus familiares y vecinos.

### **1.5. Análisis y priorización de las necesidades del lugar**

En la colonia Enriqueta existe un alto porcentaje de jóvenes que no asisten a la escuela de educación básica y cada año el 12 % de los jóvenes abandonan la educación debido a varios factores como: la pobreza, la generación de violencia social y familiar, la falta de espacios físicos decentes que ayuden al desarrollo educacional, la falta de implementos y herramientas necesarias para el proceso de la enseñanza y el aprendizaje. Para el desarrollo de estas actividades es importante analizar el sistema de equipamiento social con que se cuenta del área de influencia donde será implementado, ya que la existencia o carencia y la calidad de los mismos puede coadyuvar o afectar la viabilidad del proyecto.

Debido a la situación económica de la mayoría de villa novanos y a causa de la falta de educación con altos estándares de calidad de enseñanza, como en la calidad de espacios para dicha tarea; provoca un alto esquema de población analfabeta generando más pobreza, desempleo, estrés y prácticas ilícitas como la violencia.

A medida que los municipios se van poblando, aumentan los caudales de aguas de lluvia debido a la impermeabilización de terrenos que solían ser permeables. Tierra, pasto y jardines antes absorbían y filtraban el agua, pero como actualmente casi todo está asfaltado o pavimentado, la cantidad de agua que fluye aumenta de manera considerable. El problema es que cuando llueve el agua no tiene a donde ir, porque en muchos sectores no existen tuberías para aguas pluviales y donde las hay, estas son muy pequeñas y no logran cumplir su objetivo, causando fuertes inundaciones a lo largo de la carretera.

#### **1.6. Descripción de necesidades**

Según lo expuesto por la población, las necesidades más urgentes en la comunidad son:

- Construcción de institutos básicos
- Construcción de aulas escolares
- Ampliación de centros educativos
- Implementación de drenajes pluviales en las calles
- Ampliación de drenajes
- Construcción de centros de salud pública
- Pavimentación de carreteras

De las necesidades presentadas por parte de la comunidad villanovana se dio prioridad a la construcción del instituto básico ya que muchos jóvenes se están quedando con una educación precaria lo cual limita su desarrollo dentro de la sociedad; así mismo, se considera de suma importancia la implementación de drenaje pluvial, ya que no hay un sistema que se de abasto para la demanda actual y futura.

## **2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del instituto básico de dos niveles, en la colonia Enriqueta zona 5, municipio de Villa Nueva**

A continuación, se presentan los antecedentes del proyecto.

#### **2.1.1. Antecedentes**

En el municipio de Villa Nueva cada año incrementa un alto porcentaje de jóvenes que no asisten a la escuela de educación básica, debido a varios factores: la pobreza, la generación de violencia social y familiar, la falta de espacios físicos decentes que ayuden al desarrollo educacional, la falta de implementos y herramientas necesarias para el proceso de la enseñanza y el aprendizaje.

En los últimos años se han generado mayores oportunidades de educación en el municipio de Villa Nueva a través de distintas gestiones por parte de cada establecimiento, de organizaciones comunitarias y el apoyo de la municipalidad de Villa Nueva, debido al creciente número de población estudiantil, poco espacio físico y la cantidad limitada de docentes.

La municipalidad de Villa Nueva ha generado sistemas educacionales que promueven la educación de niños, adolescentes y adultos a través de distintas áreas: deporte, escuelas de fútbol, escuelas de aeróbicos, Centro Municipal de Capacitación y Formación de CEMUCAF, centro abierto a todo público con cursos de: cocina, repostería, corte y confección, bordado con listón,

manualidades, belleza, bisutería y otros. La Coordinadora de la Juventud creada para jóvenes y adolescentes que deseen la enseñanza en ramas artísticas como música, artes, instrumentos musicales y otros.

Así mismo, la municipalidad de Villa Nueva ha apoyado a los establecimientos educativos públicos y privados en distintas tareas: remodelaciones, donación de escritorios, apoyo en actividades cívicas y otras.

Aún con la ayuda brindada por varias instituciones en el tema de educación, existe escasez educacional debido al crecimiento poblacional y estudiantil que genera falta de espacios públicos para el desarrollo de la enseñanza a niños, adolescentes y adultos. Para el año 2011 se tuvo una proyección aproximada de 85 777 niños y niñas del nivel de párvulos y primaria en el sector público y privado.

### **2.1.2. Infraestructura requerida para el centro educativo**

La planificación y construcción de la edificación escolar, tiene como fin proveer la infraestructura adecuada creando un ambiente que fortalezca y facilite el proceso de enseñanza aprendizaje para la educación básica del área urbana del municipio de Villa Nueva.

Es necesario que se cuente con las siguientes áreas:

- Aulas de enseñanza aprendizaje
- Área para salón de maestros
- Ambientes para recreación y juegos
- Laboratorio de computación
- Bodegas para área de servicio y guardianía

- Servicios sanitarios
- Área de *lunch* (cafetería)
- Áreas deportivas

### **2.1.3. Terreno disponible**

La construcción del instituto básico se encuentra ubicado en la colonia Enriqueta, zona 5 del municipio de Villa Nueva.

El terreno es propiedad municipal, con un área de 900 m<sup>2</sup> con forma irregular en planta. La colonia Enriqueta cuenta con los siguientes servicios básicos: agua potable entubada, drenajes y energía eléctrica.

Figura 3. **Terreno existente**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4. Levantamiento topográfico**

Por medio del levantamiento topográfico se examinó la superficie del terreno, tomando en cuenta sus características físicas y geográficas. Para ello se utilizó una estación total ya que con ella se calcula en tiempo real distancias, elevaciones y desniveles de los distintos puntos, reduciendo al mínimo los márgenes de error.

El objetivo de dicho levantamiento era tener información precisa del terreno para determinar el área de interés ya que a través de este trabajo es posible trazar planos a partir de los resultados obtenidos.

##### **2.1.4.1. Planimetría**

La planimetría se define como una rama de la topografía que engloba todos aquellos métodos y procedimientos que tienden a recabar la representación de la superficie terrestre a escala de todos aquellos detalles interesantes del terreno sobre un plano horizontal.

El método que se utilizó para el primer proyecto fue de radiaciones, ya que se ubicó un punto fijo donde se instaló la estación total y se observó a distintos puntos para obtener coordenadas. En el drenaje pluvial se aplicó el método de poligonal abierta, el cual consiste en medir distancias horizontales y azimut.

##### **2.1.4.2. Altimetría**

El objetivo del segundo tipo de levantamiento topográfico es determinar y representar la altura, de cada uno de los puntos, respecto de una estación o punto de referencia.

El método que se utilizó fue la nivelación geométrica, el principal y más exacto, se verifica por medio de la diferencia de distancias de dos puntos a un plano horizontal.

Con la altimetría se consiguió representar el relieve del terreno, es decir, trazar los planos de curvas de nivel y sus perfiles.

### **2.1.5. Análisis de suelos**

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que se realizará y su magnitud, sin embargo, en toda obra de ingeniería es imprescindible la realización de un adecuado estudio de suelos. Este consiste en un informe detallado que da a conocer las características físicas y mecánicas del suelo y su composición estratigráfica para finalmente dar a conocer la resistencia del terreno y determinar el tipo de cimentación a usar.

El terreno donde se desea construir el instituto básico en la colonia Enriqueta, el suelo existente es arena limosa con pómez color café. No se conservan registros de ensayos de suelos en los terrenos aledaños con los que se pueda realizar una comparación de resistencia, tipo de consolidación o capacidad de drenaje para posteriores construcciones.

Se realizó un análisis del tipo de suelo existente y un ensayo que se conoce con el nombre de compresión triaxial.

#### **2.1.5.1. Ensayo de compresión triaxial**

A continuación, se hace la descripción de la compresión triaxial.

#### 2.1.5.1.1. Descripción del ensayo

Su objetivo principal es determinar el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo que permitan establecer el valor soporte del suelo ya que este se usará para el diseño de la cimentación.

Se hizo una visita al terreno donde será construida la escuela, en este se realizó una exploración de pozo a cielo abierto de 2 metros largo por 2 metros de ancho por 2,30 metros de profundidad y se extrajo de una muestra inalterada de 1 pie cúbico para ser ensayada en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La profundidad a la que se extrajo la muestra fue de 2,30 m, tomando como referencia el AGIES, en su norma NSE 2.1. *Estudios geotécnicos y de microzonificación*, capítulo 6, en el que se hace mención que al momento de realizar un estudio geotécnico y de estabilidad de taludes, se debe excavar a más de 1,50 mts de profundidad; para dicho proyecto se supera lo establecido cumpliendo con la normativa.

Figura 4. **Muestra de suelo**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.5.1.2. Procedimiento**

El ensayo se realizó en una cámara de pared transparente (cámara triaxial) llena de agua, en la que se colocó la probeta cilíndrica de suelo, forrada con una membrana de caucho. Esta membrana va sujeta a un pedestal y a un cabezal sobre los que se apoyan los extremos de la probeta. Se colocó la cámara con su tapa apretando los tornillos, se procedió a centrar el brazo de carga con el pistón y se aplicó la carga hasta romper la muestra; anotándose las lecturas de las deformaciones axiales y de la carga aplicada.

Figura 5. **Procedimiento del ensayo de suelos**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.5.1.3. Resultados obtenidos del laboratorio**

Del ensayo realizado para el diseño del instituto básico de la colonia Enriqueta, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado
- Descripción del suelo: arena limosa con pómez color café
- Dimensión y tipo de probeta: 2,5" x 5,0"
- Ángulo de fricción interna ( $\Phi$ ): 39,86°
- Cohesión ( $C_u$ ): 2,63 Ton/m<sup>2</sup>
- Desplante: 2,30m
- Peso específico ( $\gamma_s$ ): 1,48 Ton/m<sup>3</sup>

El detalle de los resultados de este ensayo se puede observar en el anexo 1.

#### **2.1.5.2. Determinación del valor soporte del suelo**

Para determinar el valor soporte del suelo se utilizó el método de Terzaghi por medio de la siguiente ecuación:

$$q_o = 1,3 c' N_c + q N_q + 0,40 \gamma B N_\gamma$$

Donde:

- $q_o$  = valor de esfuerzo límite
- $C_u$  = coeficiente de cohesión del suelo
- $\Phi$  = ángulo de fricción interna
- $N_c$  = factor de capacidad de carga debido a la cohesión
- $N_q$  = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
- $N_\gamma$  = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
- $\gamma_s$  = peso específico del suelo
- $D_f$  = desplante de cimentación

- B = base de la zapata
- $F_s$  = factor de seguridad

Los factores de carga  $N_c$ ,  $N_q$ , y  $N_\gamma$  son adimensionales y están en función del ángulo de fricción del suelo, a dicho valor se aplicó un factor de reducción del 60 % debido a la complejidad del comportamiento del suelo, además de las condiciones encontradas en la toma de la muestra. Para su cálculo se utilizó la tabla 3.1 de factores de carga de Terzaghi, del libro de *Principio de ingeniería de cimentaciones*, donde:

- Ángulo de fricción interna

$$\phi = 24,91^\circ$$

- Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga ( $N_q$ )

$$N_q = 11,40 \text{ ton/m}^2$$

- Factor de capacidad de carga debido a la cohesión ( $N_c$ )

$$N_c = 23,36 \text{ ton/m}^2$$

- Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo ( $N_\gamma$ )

$$N_\gamma = 7,08 \text{ ton/m}^2$$

- Calculando el valor de esfuerzo límite ( $q_o$ )

$$q_o = 1,3 c' N_c + q N_q + 0,40 \gamma B N_\gamma$$

$$q_o = \left(1,3 \times 2,63 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 23,36 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}\right) + \left(1,48 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0,80 \text{ m} \times 11,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}\right)$$

$$+ (0,4 \times 1,48 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 1,00 \times 7,08 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2})$$

$$q_o = 97,56 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Calculando el valor soporte del suelo en estudio ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{q_o}{F_s}$$

$$V_s = \frac{97,56 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{3}$$

$$V_s = 32,52 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Se utilizó un factor de seguridad de 3 para cubrir las deficiencias que pudieran haberse cometido tanto en la obtención de la muestra, traslado y la realización del ensayo, dando seguridad a la construcción.

El valor soporte resultante se compara con la siguiente tabla que muestra el valor soporte permisible según el tipo de suelo:

Tabla IV. **Valor soporte permisible, según tipo de suelo**

<b>Material del suelo</b>	<b>Ton / m<sup>2</sup></b>	<b>Observaciones</b>
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22 – 86	
Suelo graviloso	90	Compactados, buena granulometría
Suelo arenosos	32 – 64	Densos
Arena fina	22 – 43	Densa
Suelo arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ, C. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 125.

De acuerdo a la tabla IV, el valor soporte se puede considerar dentro de los parámetros normales para este tipo de suelo.

### **2.1.6. Normas de diseño de edificios educativos**

El Ministerio de Educación (Mineduc) ha publicado un normativo con los parámetros generales para el diseño arquitectónico de establecimientos educacionales del Estado; este proporciona las dimensiones, áreas, espacios, tamaño del edificio, cubiertas, puertas y portones de acceso, ambientes entre otros.

Se utilizaron los parámetros establecidos en la publicación *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*, edición publicada en el 2016.

### **2.1.6.1. Conjunto arquitectónico**

Los espacios utilizados para el proceso de enseñanza aprendizaje deben de ser acorde a las actividades psicomotoras, sociales, conductuales, creadoras, de comportamiento y sensibilidad estética, entre otras; cada una requiere de un ambiente acorde a las necesidades para un buen desarrollo y lograr un aprendizaje significativo en el aula.

El diseño arquitectónico fue propuesto por la DMP (Dirección Municipal de Planificación. Se incluyó el área administrativa conformada por la dirección con su respectiva sala de espera, salón para docentes y bodega. En el área de apoyo se tiene el salón de usos múltiples; con lo que respecta al área de servicio cuenta con servicios sanitarios, cafetería y guardianía. Así mismo, se diseñó amplios pasillos para el área de circulación.

### **2.1.6.2. Áreas y espacios mínimos**

El *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos* describe los criterios que se deben utilizar para los espacios que se brindarán a los alumnos y maestros. En la siguiente tabla se muestran los índices y la capacidad para ambientes educativos.

Tabla V. **Índices y capacidad para ambientes educativos**

Tipo de área	Área mínima requerida por educando (m <sup>2</sup> )	Capacidad máxima de educandos por ambiente
Aulas multigrado	2.00	40
Aulas del nivel preprimario	2.00	36
Aulas del nivel primario (primero a sexto)	1.50	40
Aulas del nivel medio (básico y diversificado)	1.50	40
Tecnologías de información y comunicación (primaria y básico)	2.40	40
Tecnologías de información y comunicación (diversificado)	3.00	20
Aula de proyecciones (nivel preprimario)	1.50	36
Aula de proyecciones (nivel primario)	1.50	40
Aula de proyecciones (nivel medio)	1.50	40
Laboratorio de Ciencias Naturales (nivel primario y medio)	2.60	40
Laboratorio de Física (ambiente de Ciencias Naturales, diversificado)	3.00	20
Laboratorio de Química (ambiente de Ciencias Naturales, diversificado)	3.00	20
Laboratorio de Biología (ambiente de Ciencias Naturales, diversificado)	3.00	20

Fuente: MINEDUC. *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p.10.

Como se observa en la tabla V, en cada uno de los niveles de educación no debe exceder de un número máximo de 40 alumnos por aula, lo cual se cumple con el diseño presentado. Las aulas tienen una forma cuadrada cuya relación ancho largo no excede 1x1x5.

El área por educando debe ser igual o mayor a 1,50 metros cuadrados para nivel básico. El área del salón de clases más pequeño es de 61,32 m<sup>2</sup>, con un total de 40 alumnos, dando así un área por alumno de 1,55 m<sup>2</sup>, lo cual supera el área mínima establecida en la tabla V por el Mineduc.

### **2.1.6.3. Tamaño del edificio**

La altura de una edificación escolar depende del clima. Para clima frío se debe colocar una altura mínima de 2,80 metros y en climas cálidos de 3,20 m.

Para el presente proyecto, la escuela se encuentra en un clima cálido y se cumple con el parámetro mínimo establecido por el Mineduc ya que la altura de cada nivel del centro escolar es de 3,60m.

### **2.1.6.4. Instalaciones**

Parte de las obras de infraestructura no debe olvidarse de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas. En su diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

Cuando no existan en el lugar las instalaciones sanitarias adecuadas, se debe prestar atención especial a estas instalaciones, para ver de qué forma se eliminan las aguas servidas o se opte por la construcción de una fosa séptica.

En cuanto a las instalaciones hidráulicas, debe diseñarse conforme a la máxima población a atender en el centro educativo. El número de artefactos sanitarios necesarios se puede estimar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla VI. **Número de artefactos sanitarios, según usuarios**

Artefacto sanitario	Núm. base de artefactos para una base de 60 h/m	Incremento de artefactos, cuando se supera el núm. base
Lavamanos	2	1 cada 20 h/m
Inodoro	2	1 cada 20 m
		1 cada 40 h
Mingitorios	2	1 cada 20 h

Fuente: MINEDUC. *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.* p. 12.

### 2.1.7. Análisis estructural

Las obras de infraestructura requieren de un análisis estructural cuyo objetivo es crear una estructura infalible a través del análisis de las cargas, fuerzas y desplazamientos laterales que regulan la funcionalidad de la estructura. Para ello se debe tomar en cuenta una serie factores que brinden certeza del comportamiento de la estructura: función de la estructura, condiciones del lugar, aspectos económicos, estética, facilidades para construir y las restricciones legales.

Para la construcción del edificio de dos niveles del instituto básico de la colonia Enriqueta del municipio de Villa Nueva se ha optado por un sistema estructural de tipo de marcos dúctiles de concreto reforzado, con losas prefabricadas de vigueta y bovedilla, muros de mampostería de block de pómez y muros de tablayeso.

## **2.1.8. Predimensionamiento de elementos estructurales**

Esta fase de diseño consiste en establecer la capacidad que tienen los elementos estructurales de resistir las cargas preliminares que se le apliquen de acuerdo al tipo de estructura que se estima para posteriormente verificar si las dimensiones propuestas inicialmente satisfacen los requisitos de los reglamentos de diseño. Para ello, se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos que se describen a continuación:

### **2.1.8.1. Predimensionamiento de vigas**

Se entiende por viga como un elemento estructural horizontal diseñado para resistir deformaciones por corte, deflexión y torsión, causados por la acción de cargas gravitacionales o laterales. Para predimensionar las vigas, el método utilizado calcula la altura (h) de la viga, la cual depende de la luz que cubre la viga; siendo para una viga principal el 8 % de dicha luz y para vigas secundarias el 6 % de la luz.

La sección 21.5.1.3 del código ACI 318S-11 requiere que el ancho del elemento  $b_w$  o base de la viga, sea mayor o igual, al menor de  $0,3 h$  y  $250 \text{ mm}$ . Para este cálculo se aplicó el criterio de tomar tres vigas críticas y luego se procedió a realizar un promedio para el predimensionamiento.

Donde:

- $L_v$  = longitud de la viga
- $H$  = altura de la viga (8 %  $L_v$ )
- $B$  = base de la viga ( $\frac{H}{2}$ )

Calculando:

Tabla VII. **Predimensionamiento de vigas**

<b>Tipo de viga</b>	<b>Longitud de viga</b>	<b>Altura</b>	<b>Base</b>
V-1	6,89	0,55	0,28
V-2	7,10	0,57	0,28
V-3	8,90	0,71	0,36

Fuente: elaboración propia.

Promediando los resultados obtenidos de las tres vigas críticas se tiene:

$$H_{promedio} = \frac{0,55 + 0,57 + 0,71}{3}$$

$$H_{promedio} = 0,61 \text{ m}$$

$$B_{promedio} = \frac{0,27 + 0,29 + 0,35}{3}$$

$$B_{promedio} = 0,30 \text{ m}$$

Sección de viga propuesta = 30 X 60 cm

### **2.1.8.2. Predimensionamiento de losas**

Su principal función es soportar las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, así como su propio peso y el de los acabados como pisos y tabiques. Además, forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

Para predimensionar una losa se debe establecer si la losa trabaja en uno o dos sentidos, lo cual depende de la relación lado a lado (m) que estas tengan. Para ello se realiza la relación:

Donde:

- $m = \text{relación ancho largo}$
- $a = \text{lado menor de la losa}$
- $b = \text{lado mayor de la losa}$

Si:

- $m < 0,5 = \text{trabaja en un sentido}$
- $m \geq 0,5 = \text{trabaja en dos sentidos}$

Calculando:

$$m = \frac{a}{b}$$
$$m = \frac{7,10}{8,90}$$
$$m = 0,79$$

$m \geq 0,5$  ; *La losa trabaja en dos sentidos*

Espesor de losa:

$$t = \frac{P}{180}$$
$$t = \frac{2 * 7,10 + 2 * 8,90}{180}$$

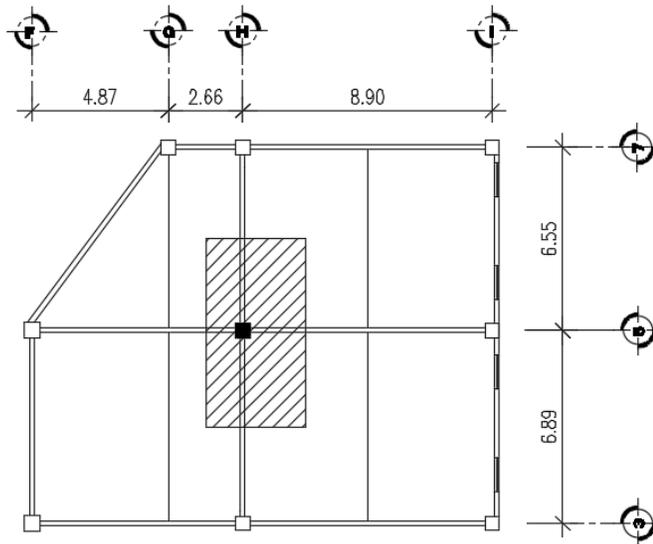
$$t = 0,18 \text{ m}$$

Para este caso por disposiciones de la municipalidad de Villa Nueva se decidió que el sistema de losa a usar es vigueta y bovedilla.

### 2.1.8.3. Predimensionamiento de columnas

El método de cálculo se basa en la carga axial aplicada a la columna más crítica del edificio. Se aplicó la ecuación 10-2 de la sección 10.3.6.2 del código ACI 318S-11, para obtener el área bruta de la sección de la columna y al tener este valor, se puede proponer las medidas del elemento para cumplir con esta área requerida.

Figura 6. **Planta típica de columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El área tributaria calculada es de 24,87 m<sup>2</sup>, se ha de considerar el peso específico del concreto de 2 400 kg/m<sup>3</sup>, carga muerta de muros de 150 kg/m<sup>2</sup>, sobrecarga 100 kg/m<sup>2</sup> además una carga viva de pasillos igual a 500 kg/m<sup>2</sup> y en salones de reunión con asientos móviles 500 kg/m<sup>2</sup>, por lo tanto:

Tabla VIII. **Cargas muertas predimensionamiento de columnas**

<b>Pesos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nivel 2</b>	<b>Nivel 1</b>
PPcols	kg	388,80	1 296,00
Plosa	kg	17 239,18	17 239,18
Pvigas	kg	6 570,72	6 570,72
Psc	kg	3 447,84	3 447,84
Pmuro	kg	4 106,70	13 689,00
Σ Pesos	kg	31 753,23	42 242,73
Σ Pesos	ton	31,75	42,24

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Cargas vivas predimensionamiento de columnas**

<b>Pesos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nivel 2</b>	<b>Nivel 1</b>
CVtecho	kg	5 746,39	0,00
CVaula	kg	13 780,00	13 780,00
CVpasillo	kg	12 797,75	13 780,00
Σ Pesos	kg	32 324,14	27 560,00
Σ Pesos	ton	32,32	27,56

Fuente: elaboración propia.

Calcular la carga mayorada (PU), según ecuación del ACI 318S-11, sección 9.2.1.:

- PU = carga mayorada
- CM = carga muerta
- CV = carga viva

Entonces:

$$PU = 1,2 CM + 1,6 CV$$

$$PU = (1,2 * 73\,995,97 \text{ kg}) + (1,6 * 59\,884,14 \text{ kg})$$

$$PU = 184\,609,79 \text{ kg}$$

$$PU = 184,60 \text{ ton}$$

La cuantía de acero mínima para el acero longitudinal ( $A_{st}$ ), según el código ACI 318S-11, sección 10.9.1 no debe ser menor que  $0,01 A_g$  ni mayor que  $0,08 A_g$ .

Aplicando la ecuación 10-2 de la sección 10.3.6.2 del código ACI 318S-11 para calcular la sección de la columna.

$$PU = \theta \times (0,80) \times (0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

Sustituyendo valores en ecuación:

$$184\,609,79 = 0,70 * 0,80 [0,85 \times 280 (A_g - 0,01A_g) + 4\,200 \times 0,01 A_g]$$

$$184\,609,79 = 0,70 * 0,80 [0,85 \times 280 (0,99A_g) + 42 A_g]$$

$$184\,609,79 = 0,56 [235,62 A_g + 42 A_g]$$

$$184\,609,79 = 0,56 [277,62 A_g]$$

$$A_g = 1\,187,45 \text{ cm}^2$$

Debido a que el procedimiento anterior no toma en cuenta los efectos de esbeltez y las cargas de sismo que debe soportar una columna, se propone una sección de columna de  $55 \times 55$  centímetros que cubre un área de  $3\,025 \text{ cm}^2$ , que supera el área necesaria y cumple con la sección 21.4.1.1 del ACI 318S-11

que indica que la dimensión menor de la sección transversal de las columnas no debe ser menor a 30 cm.

### **2.1.9. Integración de cargas**

Las cargas que pueden actuar en una estructura, varían dependiendo de la dirección en la que se aplique la fuerza. Estas pueden ser cargas verticales y cargas horizontales.

Consiste en determinar la carga distribuida que estará soportando cada marco, tanto para la carga viva como para la carga muerta.

#### **2.1.9.1. Cargas verticales**

Cuando se habla de cargas verticales, también llamadas cargas por gravedad, se tiene carga viva y carga muerta. La carga viva se refiere a las cargas ocasionales, tales como el peso de personas, entre otras; mientras que la carga muerta es aquella que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura; generalmente, está constituida por el peso propio de los elementos que integra la estructura.

Según el AGIES NR-2, la carga viva para aulas es de  $200 \text{ kg/m}^2$ , pero considerando algunos factores de construcción y basados en la experiencia, por sugerencia del Departamento de Estructuras de la Facultad de Ingeniería, se sustituye la carga viva de aulas por carga viva para salones sin asiento fijo.

Entonces, se consideró para las cargas vivas, el AGIES NR-2, obteniendo lo siguiente:

- Carga viva (CV)
  - Techo (azotea) =  $100 \text{ kg/m}^2$
  - Salones sin asiento fijo =  $500 \text{ kg/m}^2$
  - Pasillos y gradas =  $500 \text{ kg/m}^2$
  
- Carga muerta (CM)
  - Peso del concreto ( $W_c$ ) =  $2400 \text{ kg/m}^3$
  - Sobrecarga (SC) =  $60 \text{ kg/m}^2$
  - Peso de muros ( $P_{\text{muros}}$ ) =  $150 \text{ kg/m}^2$

El análisis que a continuación se presenta, corresponde a los marcos del módulo.

- Área tributaria

Se refiere a la sección de una estructura que contribuye a la carga sobre un elemento estructural. Por lo que se entiende por área tributaria de un elemento de una estructura sujeta a carga uniformemente distribuida, aquella área que, multiplicada por la carga uniforme, define la carga total que se debe considerar actuando sobre el elemento y que produce efectos iguales a los de la distribución real de cargas sobre la estructura.

Existen algunas reglas básicas y sencillas para determinar el área tributaria y están basadas en la localización de las líneas en que la fuerza cortante sería nula si solo hubiera transmisión de momentos en una dirección, lo cual aplica para este caso ya que se utilizará losa prefabricada de vigueta y bovedilla la cual actúa en un sentido.

Se procede a calcular las cargas superficialmente distribuidas y las áreas, entonces se puede determinar las cargas lineales para cada viga.

Datos:

- $A_{trib} = 79,99 \text{ m}^2$
- $PU_{concreto} = 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$
- $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $t_{losa \text{ pref}} = 0,15 \text{ m}$
- $W_{losa} = 300,00 \text{ kg/m}^2$  (según Monolit, especificaciones de losa prefabricada)
- $b_{vigas} = 0,30 \text{ m}$
- $h_{vigas} = 0,60 \text{ m}$
- $SC = 60,00 \text{ kg/m}^2$
- $L = 22,50 \text{ m}$

A continuación, se procederá a calcular la carga viva para el eje 5 (sentido x) y eje H (sentido Y) en sus dos niveles:

- Eje 5 – viga H-I, sentido X
  - Carga viva, primer nivel

$$CV = \frac{\text{carga ocupacional} * \text{área tributaria}}{\text{longitud de viga}}$$

$$CV_{5\ H-I} = \frac{500 \text{ kg/m}^2 * 9,90 \text{ m}^2}{8,90 \text{ m}}$$

$$CV_{5\ H-I} = 556,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$CV_{5\ H-I} = \frac{500\ kg/m^2 \times 9,90m^2}{8,90m}$$

$$CV_{5\ H-I} = 556,18\ \frac{kg}{m}$$

$$Total\ carga\ viva = 1\ 112,36\ \frac{kg}{m}$$

- Carga viva, segundo nivel

$$CV = \frac{carga\ ocupacional * \acute{a}rea\ tributaria}{longitud\ de\ viga}$$

$$CV_{5\ H-I} = \frac{100\ kg/m^2 \times 9,90m^2}{8,90m}$$

$$CV_{5\ H-I} = 111,24\ \frac{kg}{m^2}$$

$$Total\ carga\ viva = 222,48\ \frac{kg}{m}$$

- Eje H – viga 3-5, sentido Y

- Carga viva, primer nivel

$$CV = \frac{carga\ ocupacional * \acute{a}rea\ tributaria}{longitud\ de\ viga}$$

$$CV_{H\ 3-5} = \frac{500\ kg/m^2 \times 10,38\ m^2}{6,89\ m}$$

$$CV_{H\ 3-5} = 753,26\ \frac{kg}{m}$$

$$CV_{H\ 3-5} = \frac{500\ kg/m^2 \times 9,16\ m^2}{6,89\ m}$$

$$CV_{H\ 3-5} = 664,73 \frac{kg}{m}$$

$$Total\ carga\ viva = 1\ 417,99 \frac{kg}{m}$$

- Carga viva, segundo nivel

$$CV_{H\ 3-5} = \frac{100\ kg/m^2 \times 10,38\ m^2}{6,89\ m}$$

$$CV_{H\ 3-5} = 150,65 \frac{kg}{m}$$

$$CV_{H\ 3-5} = \frac{100\ kg/m^2 \times 9,16\ m^2}{6,89\ m}$$

$$CV_{H\ 3-5} = 132,94 \frac{kg}{m}$$

$$Total\ carga\ viva = 283,59 \frac{kg}{m}$$

- Eje 5 – viga H-I, sentido X

- Carga muerta, primer nivel

$$W_{losa} = \frac{300 \frac{kg}{m^2} * (9,90 + 9,90) m^2}{8,90\ m}$$

$$W_{losa} = 667,42 \frac{kg}{m}$$

$$W_{sobrecarga} = \frac{60 \frac{kg}{m^2} * (9,90 + 9,90) m^2}{8,90\ m}$$

$$W_{sobrecarga} = 133,48 \frac{kg}{m}$$

$$W_{vigas} = (0,60 - 0,15 m) * 0,30 m * 8,90 * 2 400 \frac{kg}{m^3}$$

$$W_{vigas} = 2 883,60 \frac{kg}{m}$$

$$W_{muros} = 150,00 \frac{kg}{m^2} * 3,60 m * 8,90 m$$

$$W_{muros} = 4 806,00 \frac{kg}{m}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{W_{losa} + W_{sobrecarga} + W_{vigas} + W_{muros}}{Longitud de viga}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{667,42 + 133,48 + 2 883,60 + 4 806,00}{8,90}$$

$$\Sigma CM_{total} = 953,98 \frac{kg}{m}$$

- Carga muerta, segundo nivel

$$W_{losa} = \frac{300 \frac{kg}{m^2} * (9,90 + 9,90) m^2}{8,90 m}$$

$$W_{losa} = 667,42 \frac{kg}{m}$$

$$W_{sobrecarga} = \frac{60 \frac{kg}{m^2} * (9,90 + 9,90) m^2}{8,90 m}$$

$$W_{sobrecarga} = 133,48 \frac{kg}{m}$$

$$W_{vigas} = (0,60 - 0,15 \text{ m}) * 0,30 \text{ m} * 8,90 * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{vigas} = 2\,883,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{W_{losa} + W_{sobrecarga} + W_{vigas}}{\text{Longitud de viga}}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{667,42 + 133,48 + 2\,883,60}{8,90}$$

$$\Sigma CM_{total} = 413,98 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Eje H – viga 3-5, sentido Y
  - Carga muerta, primer nivel

$$W_{losa} = \frac{300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (9,16 + 10,38) \text{ m}^2}{6,89 \text{ m}}$$

$$W_{losa} = 850,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{sobrecarga} = \frac{60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (9,16 + 10,38) \text{ m}^2}{6,89 \text{ m}}$$

$$W_{sobrecarga} = 170,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{vigas} = (0,60 - 0,15 \text{ m}) * 0,30 \text{ m} * 6,89 * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{vigas} = 2\,232,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{muros} = 150,00 \frac{kg}{m^2} * 3,60 m * 6,89 m$$

$$W_{muros} = 3 720,00 \frac{kg}{m}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{W_{losa} + W_{sobrecarga} + W_{vigas} + W_{muros}}{Longitud de viga}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{850,80 + 170,16 + 2 232,26 + 3 720,00}{6,89}$$

$$\Sigma CM_{total} = 1 012,07 \frac{kg}{m}$$

- Carga muerta, segundo nivel

$$W_{losa} = \frac{300 \frac{kg}{m^2} * (9,16 + 10,38) m^2}{6,89 m}$$

$$W_{losa} = 850,80 \frac{kg}{m}$$

$$W_{sobrecarga} = \frac{60 \frac{kg}{m^2} * (9,16 + 10,38) m^2}{6,89 m}$$

$$W_{sobrecarga} = 170,16 \frac{kg}{m}$$

$$W_{vigas} = (0,60 - 0,15 m) * 0,30 m * 6,89 * 2 400 \frac{kg}{m^3}$$

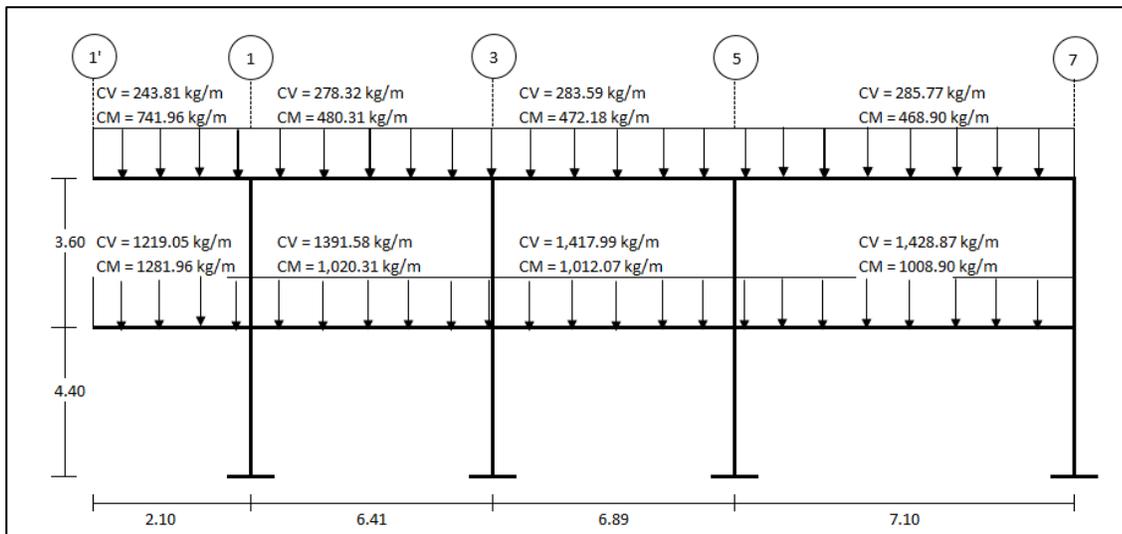
$$W_{vigas} = 2 232,36 \frac{kg}{m}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{W_{losa} + W_{sobrecarga} + W_{vigas}}{Longitud de viga}$$

$$\Sigma CM_{total} = \frac{850,80 + 170,16 + 2\,232,26}{6,89}$$

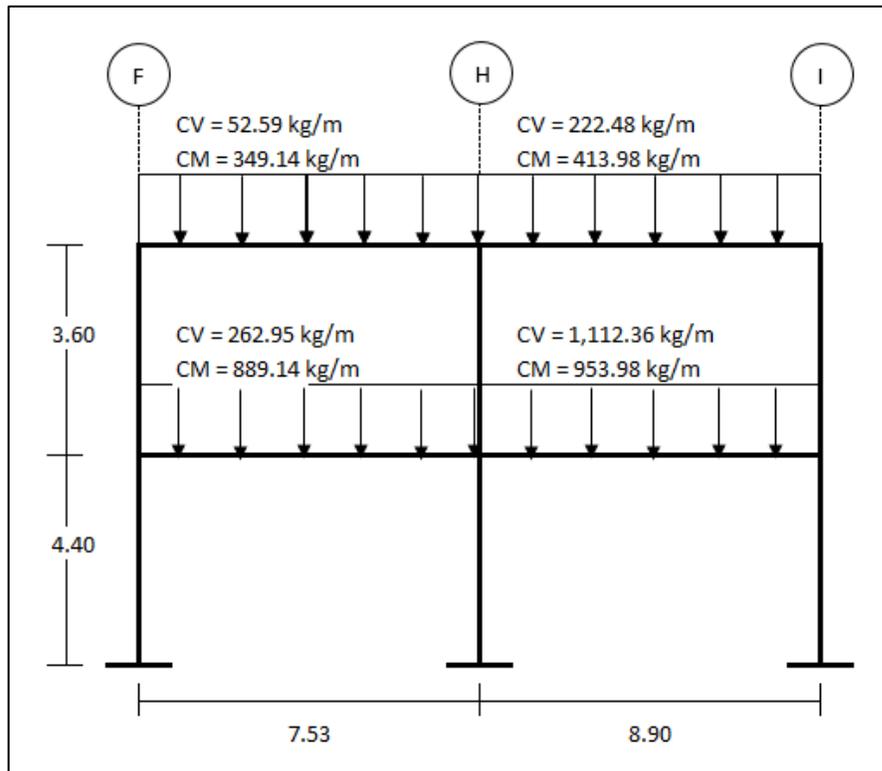
$$\Sigma CM_{total} = 472,18 \frac{kg}{m}$$

Figura 7. **Carga distribuida eje H, carga viva y carga muerta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 8. **Carga distribuida eje 5, carga viva y carga muerta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.9.2. Cargas horizontales

Las edificaciones estructurales pueden ser afectadas por fuerzas horizontales generadas por dos factores: viento o sismo. Estos factores son catalogados como fenómenos naturales cuyas fuerzas no pueden presentarse de forma simultánea; por eso para el análisis estructural únicamente se diseñará el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método del AGIES basado en la norma.

El territorio de Guatemala se caracteriza por poseer un índice alto de sismicidad, por lo que es necesario diseñar un edificio que tenga la resistencia, rigidez y ductilidad.

### **2.1.9.3. Corte basal**

Es la fuerza de reacción que se presenta en los marcos rígidos que conforman una estructura y se ubica en la base, ya que es ahí donde la columna se conecta con la cimentación y se establece el total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis.

Se calcula por medio de la ecuación 2-1 del AGIES NSE3, sección 2.1.1

- $V_B = C_s \times W_s$

Donde:

- $W_s$  = peso de la edificación
- $C_s$  = coeficiente sísmico de diseño

Estableciendo el peso de la edificación  $W_s$ , se calcularon los pesos de los elementos estructurales por cada nivel. Se diseñó para un bloque, el cual corresponde al módulo 2, este mismo procedimiento se realiza para los módulos restantes con sus respectivos valores.

Datos:

- $SC = 60 \text{ kg/m}^2$

- $PU_{\text{concreto}} = 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$
- $CM_{\text{muros}} = 150 \text{ kg/m}^2$
- $CV_{\text{salones c/asientos móviles}} = 500 \text{ kg/m}^2$
- $CV_{\text{pas}} = 500 \text{ kg/m}^2$
- $CV_{\text{techo}} = 100 \text{ kg/m}^2$
- Uso edificio = educativo
- $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $L_x = 16,45 \text{ m}$
- $L_y = 22,50 \text{ m}$

- Peso total del segundo nivel

$$W_{\text{losa}} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 333,99 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 100\,197,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{vigas}} = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (0,30 \text{ m} * 0,60 \text{ m} * 180,45 \text{ m})$$

$$W_{\text{vigas}} = 77\,954,40 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = (0,55\text{m} * 0,55\text{m}) * 1,80 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 12 \text{ u}$$

$$W_{\text{columnas}} = 15\,681,60 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muro}} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,80 \text{ m} * 122,38 \text{ m}$$

$$W_{\text{muro}} = 33\,042,60 \text{ kg}$$

$$W_{sobrecarga} = 60 \frac{kg}{m^2} * 333,99 m^2$$

$$W_{sobrecarga} = 20\ 039,40\ kg$$

$$\Sigma W_{2do. nivel} = (100\ 197,00 + 77\ 954,40 + 15\ 681,60 + 33\ 042,60 + 20\ 039,40)\ kg$$

$$\Sigma W_{2do. nivel} = 246\ 915,00\ kg$$

- Peso total del primer nivel

$$W_{losa} = 300 \frac{kg}{m^2} * 333,99 m^2$$

$$W_{losa} = 100\ 197,00\ kg$$

$$W_{vigas} = 2\ 400 \frac{kg}{m^3} * (0,30\ m * 0,60\ m * 180,45\ m)$$

$$W_{vigas} = 77\ 954,40\ kg$$

$$W_{columnas} = (0,55m * 0,55m) * 5,40\ m * 2\ 400 \frac{kg}{m^3} * 12\ u$$

$$W_{columnas} = 47\ 044,80\ kg$$

$$W_{muro} = 150 \frac{kg}{m^2} * 5,40\ m * 122,38\ m$$

$$W_{muro} = 99\ 127,80\ kg$$

$$W_{sobrecarga} = 60 \frac{kg}{m^2} * 333,99 m^2$$

$$W_{sobrecarga} = 20\ 039,40\ kg$$

$$\Sigma W_{1er. nivel} = (100\ 197,00 + 77\ 954,40 + 47\ 044,80 + 99\ 127,80 + 20\ 039,40)\ kg$$

$$\Sigma W_{1er. nivel} = 344\ 363,40\ kg$$

Tabla X. **Peso total del edificio**

<b>Nivel</b>	<b>Peso del edificio (kg)</b>	<b>Peso del edificio (ton)</b>
Segundo nivel	246 915,40 kg	246,91 ton
Primer nivel	344 363,40 kg	344,36 ton
Peso del edificio total	591 278,40 kg	591,28 ton

Fuente: elaboración propia.

Según normas de diseño guatemaltecas, AGIES, en la NSE3-10, sección 1.10.3 indica que el peso de la edificación  $W_s$ , debe de incluir un 25 % del peso de la carga viva en los niveles que se consideren altos de ocupación y almacenamiento u otras cargas que estén rígidamente ancladas a la estructura a excepción de las cargas vivas en estacionamientos.

Tabla XI. **Peso real total del edificio**

<b>Nivel</b>	<b>Peso edificio (kg)</b>	<b>Peso edificio (Ton)</b>
Segundo nivel	255 264,75	255,26
Primer nivel	389 066,78	389,06
Peso del edificio total	644 331,53	644,33

Fuente: elaboración propia.

Se procede a calcular el corte basal.

Donde:

- $I_o$  = índice de sismicidad
- $S_{cr}$  = ordenada espectral de período corto
- $S_{1r}$  = ordenada espectral con período de 1 segundo
- $K_T$  = factor que depende del sistema estructural
- $H_n$  = altura total del edificio en m

- $X$  = factor que depende del sistema estructural y  $K_T$
- $T_a$  = período fundamental de vibración
- $F_a$  = coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos
- $F_v$  = coeficiente de sitio para períodos de vibración largos
- $S_{cs}$  = ordenada espectral con período de vibración corto
- $S_{1s}$  = ordenada espectral con período de vibración de 1s
- $N_a$  = factor de proximidad de las amenazas
- $N_v$  = factor de proximidad de las amenazas
- $T_s$  = período de transición
- $S_a$  = ordenada espectrales para cualquier período de vibración
- $R$  = factor de reducción
- $K_d$  = coeficiente que depende de la ocurrencia del sismo
- $\Omega_r$  = factor de sobrerresistencia
- $C_s$  = coeficiente sísmico
- $V_b$  = corte basal

Tabla XII. **Cálculo corte basal**

Pasos	Descripción	Cálculos	
Paso 1	Establecer la clase de sitio. Referencia: AGIES, NSE2 tabla 4.4 pag. 18	Clase de sitio	D
Paso 2	Amenazas sísmicas ver NSE2, anexo a listado de amenaza sísmica por municipios, p.55	Io	4,00
		Scr	1,65 g
		S1r	0,60 g
Paso 3	Período de vibración empírico ( $T_a$ ) Sistema estructural (NSE3 Tabla 1-1 ) Referencia: NSE3 2.1.4, pág. 25 Hn = altura	E-1	
		Kt	0,047
		Hn	8,00 m
		x	0,90 seg
		$T_a$	0,31 seg
	$T_a = K_t(H_{nivel})^x$ Si $T_a < 0.5$ Usar Scr = 0,5 g (Scr ver NSE3 pag. 24)*	Scr	1,50 g

Continuación de la tabla XII.

Paso 4	Coeficiente de sitio Referencia: NSE 2, tablas 4-2 p. 15 y NSE 2, tabla 4-3 p. 15	Clase sitio	D
		Io	4,00
		Fa	1,00
		Fv	1,50
Paso 5	Fuente sísmica NSE2, ver tabla 4-5, p. 24	Fuente sísmica	B
Paso 6	Ordenadas espectrales Distancia horizontal a la falla Referencia: NSE2, tabla 4-6, p. 24 Referencia: NSE2, tabla 4-7, p. 25	>	15,00 m
		Na	1,00
		Nv	1,00
		Scs = Scr * Fa * Na NSE2,p.13	Scs
	S1s = S1r * Fv * Nv	S1s	0,90
Paso 7	Espectros al nivel de diseño Nivel de protección, ver NSE 2, p. 11, tabla 4.1, basado en tipo de obra y considerada. Tipo (3SN1-3.1.3)	Tipo	Importante
		Io	4,00
		Nivel protección	D
		Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5 % en 50 años
	Definir tipo de sismo (NSE 2 P. 12) ver NSE 2, p. 16 Scd = Kd * Scs            ver NSE 2, p. 16 S1d = Kd * S1s            ver NSE 2, p. 16	Sismo	Severo
		Kd	0,80
		Scd	1,20 g
	S1d	0,72 g	
Paso 8	Período de transición Ts = S1d / Scd Sa (T) = Scd            si Ta ≤ Ts Sa (T) = S1d/T        si Ta > Ts En base a las condiciones anteriores	Ts	0,60 seg
		Ta ≤ Ts	0,31 ≤ 0,60
		Ta > Ts	0,31 > 0,60
		Sa (T)	1,20 g
Paso 9	Coeficiente sísmico ver NSE3, p. 24  Cs = Sa (T) / R Cs ≥ 0,044* Scd  Cs ≥ 0,75*Kd * S1r / R	R	8,00
		Ωr	3,00
		Cs	0,15
		0,044* Scd	0,05
		Cs ≥ 0,044*Scd	0,15 ≥ 0,05
		S1r/R	0,08
		0,75*Kd * S1r/R	0,05
Cs ≥ 0,5* S1r/R	0,15 ≥ 0,04		
Paso 10	Corte Basal Coeficiente sísmico Peso del edificio VB =Cs*Ws	Cs	0,15
		Ws	644,33 ton
		<b>VB</b>	<b>96,65 ton</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.9.4. Fuerzas por nivel

El corte basal produce una distribución de fuerzas en cada piso, el cual se calcula a partir de la división del corte por nivel, dentro del número de marcos que soportarán dicha fuerza.

Las fuerzas sísmicas se distribuirán a lo alto del edificio de acuerdo con la ecuación:

- $F_x = C_{vx} \times V_B$
- $C_{vx} = \frac{W_x \times h_x}{\sum(W_i \times H_i)}$

Donde:

- $C_{vx}$  = coeficiente de respuesta sísmica
- $F_x$  = fuerza sísmica en el nivel X de la edificación
- $h_x$  = es la altura del nivel X sobre la base

Tabla XIII. **Distribución de fuerzas horizontales**

Nivel	W (ton)	Hx (m)	WxH	Cvx	Fx (ton)	EJE x (ton)	EJE y (ton)
2	255,26	8,00	2 042,12	0,59	61,05	12,21	15,26
1	389,07	3,60	1 400,64	0,41	41,88	8,38	10,47
Total	644,33		3 442,76		102,93		

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.9.4.1. Centro de rigidez

En este punto se centran los elementos verticales de un sistema estructural que resiste a las fuerzas laterales.

Para su cálculo se utilizarán las expresiones:

- $K_{\text{ctecho}} = \frac{1}{\frac{F x H^3}{3 x E_c x I} + \frac{1,2 x F x H}{A x G}}$  para losas de techo
- $K_{\text{centrepiso}} = \frac{1}{\frac{F x H^3}{12 x E_c x I} + \frac{1,2 x F x H}{A x G}}$  para losas de entrepiso
- $C_{R y/x} = \frac{\sum (K_m x l)}{K_m}$

Donde:

- $K_c$  = rigidez
- $F$  = fuerza de nivel
- $H$  = altura de la columna
- $I$  = inercia de sección
- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto
- $A$  = área de la sección
- $G$  = módulo de cortante

Calculando:

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'c}$$

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$E_c = 252\,671,33 \frac{kg}{cm^2}$$

$$G = 0,4 * E_c$$

$$G = 0,4 * 252\,671,33 \frac{kg}{cm^2}$$

$$G = 101\,068,53 \frac{kg}{cm^2}$$

- $H_{\text{columna 2 nivel}} = 360 \text{ cm}$
- $H_{\text{columna 1 nivel}} = 440 \text{ cm}$

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

$$I = \frac{1}{12} x 55 x 55^3$$

$$I = 762\,552,08 \text{ cm}^4$$

$$A = 55 x 55 \text{ cm}$$

$$A = 3\,025,00 \text{ cm}^2$$

Tabla XIV. **Centro de rigidez eje X, nivel 2**

Marco	# Columnas	Kc (cm <sup>-1</sup> )	Km (cm <sup>-1</sup> )	Lacum. (m)	Km x L
F	4	0,199	0,80	0,00	0,00
G	1	0,199	0,20	4,87	0,97
H	4	0,199	0,80	7,53	6,01
I	4	0,199	0,80	16,43	13,11
Total			2,59		20,08
CR 2 nivel en X (m)			7,75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Centro de rigidez eje X, nivel 1**

Marco	# Columnas	Kc (cm <sup>-1</sup> )	Km (cm <sup>-1</sup> )	Lacum. (m)	Km x L
F	4	0,619	2,48	0,00	0,00
G	1	0,619	0,62	4,87	3,02
H	4	0,619	2,48	7,53	18,65
I	4	0,619	2,48	16,43	40,69
Total			8,05		62,35
CR 1 nivel en X (m)			7,75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Centro de rigidez eje Y, nivel 2**

Marco	# Columnas	Kc (cm <sup>-1</sup> )	Km (cm <sup>-1</sup> )	Lacum. (m)	Km x L
1	3	0,199	0,60	2,10	1,26
2	1	0,199	0,20	4,06	0,81
3	3	0,199	0,60	8,82	5,28
5	3	0,199	0,60	15,71	9,40
7	3	0,199	0,60	22,81	13,65
Total			2,59		30,39
CR 2 nivel en Y (m)			11,72		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Centro de rigidez eje Y, nivel 1**

Marco	# Columnas	Kc (cm <sup>-1</sup> )	Km (cm <sup>-1</sup> )	Lacum. (m)	Km x L
1	3	0,619	1,86	2,10	3,90
2	1	0,619	0,62	4,06	2,51
3	3	0,619	1,86	8,82	16,38
5	3	0,619	1,86	15,71	29,18
7	3	0,619	1,86	22,81	42,37
Total			8,05		94,35
CR 1 nivel en Y (m)			11,72		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resumen centro rigidez**

<b>Módulo 2</b>		
Nivel	X (m)	Y (m)
CR 2	7,75	11,72
CR 1	7,75	11,72

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.9.4.2. Centro de masa

También recibe el nombre de centro de gravedad ya que es el punto donde se concentra el peso de la estructura manteniéndola en equilibrio.

En este caso, el centro de gravedad se encuentra muy cercano al centro geométrico, ya que la planta es asimétrica. Ante esta acción el edificio tiende a girar respecto a su centro de rigidez, lo que causa grandes incrementos en las fuerzas laterales que actúan sobre los elementos perimetrales de soporte de manera proporcional a sus distancias al centro de ubicación. Por lo tanto, se obtienen las coordenadas del centro de masa con las siguientes expresiones:

- $CM_x = \frac{x}{2}$
- $CM_y = \frac{y}{2}$

Tabla XIX. Centro de masa

Módulo 2		
Nivel	X	Y
CM 2	9,13	10,82
CM 1	9,10	10,82

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.9.4.3. Cálculo de excentricidades

La distancia vertical u horizontal que existe entre el centro de masa y el centro de rigidez, se conoce como excentricidad (e), la cual multiplicada por el cortante sísmico, que actúa en el nivel, produce el momento torsional.

- Excentricidad directa o real
  - $e_1 = |CM_{x,y} - CR_{x,y}|$
  
- Excentricidad de diseño
  - $e_{x,y1} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}| + 0,05 \times B$
  - $e_{x,y2} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}| - 0,05 \times B$

Aplicando las ecuaciones y parámetros mencionados se obtiene lo siguiente:

Tabla XX. **Excentricidades directas**

<b>Módulo 2</b>		
Nivel 2	$e_{x1(m)}$	1,38
	$e_{y1(m)}$	0,91
Nivel 1	$e_{x1(m)}$	1,35
	$e_{y1(m)}$	0,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Excentricidades accidentales**

	<b>Nivel 2</b>	<b>Nivel 1</b>
$E_{x1(m)}$	2,20	2,17
$E_{x2(m)}$	-0,56	-0,53
$E_{y1(m)}$	2,03	2,03
$E_{y2(m)}$	-0,22	-0,22

Fuente: elaboración propia.

De los valores anteriores se tomarán los que de mayor resultado en el momento torsionante.

#### 2.1.9.4.4. Distribución de fuerzas por marco

Para establecer las fuerzas laterales de sismo distribuidas a lo largo de la edificación, se consideran solo los marcos paralelos a la dirección en que esta actúa. Cabe mencionar que tenemos dos efectos que actúan sobre los marcos: uno de traslación en esa misma dirección y otro de rotación o corte respecto del centro de rigidez, cuando este no coincide con el centro de masa.

En lo que concierne al cálculo, se aplicaron las siguientes fórmulas:

- $V_T = V_s + V_t$
- $V_s = \frac{K_m \times F_x}{\Sigma k_m}$
- $V_t = \frac{e_{xy} \times F_x \times (K_m \times d_i)}{\Sigma K_m \times d_i^2}$

Donde:

- $V_T$  = corte total
- $d_i$  = distancia al centro de la estructura hacia cada eje
- $V_s$  = corte por sismo
- $V_t$  = corte por torsión
- $e_{xy}$  = excentricidad de diseño
- $F_x$  = fuerza del nivel

Para el análisis tomar el  $V_T$  del marco más crítico, para tener seguridad que los marcos soportaran la torsión extrema calculada.

Tabla XXII. Distribución de fuerzas por nivel 2, eje X

Eje	e (m)		F <sub>x</sub> (kg)	K <sub>m</sub>	d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × F <sub>x</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub> <sup>2</sup>	V <sub>s</sub>	V <sub>i</sub>	V <sub>T</sub>	V <sub>T a usar</sub>
F	e <sub>1x</sub>	2,20	61 054,30	0,80	-8,39	48 703,74	-6,69	56,15	18 785,94	-8 083,41	10 702,52	16 727,98
	e <sub>2x</sub>	0,56								-2 057,96	16 727,98	
G	e <sub>1x</sub>	2,20	61 054,30	0,20	-3,52	12 175,94	-0,70	2,47	4 696,48	-847,84	3 848,64	4 480,63
	e <sub>2x</sub>	0,56								-215,85	4 480,63	
H	e <sub>1x</sub>	2,20	61 054,30	0,80	-0,86	48 703,74	-0,69	0,59	18 785,94	-828,57	17 957,36	<b>18 574,99</b>
	e <sub>2x</sub>	0,56								-210,95	18 574,99	
I	e <sub>1x</sub>	2,20	61 054,30	0,80	8,09	48 703,74	6,45	52,21	18 785,94	7 794,38	26 580,32	26 580,32
	e <sub>2x</sub>	0,56								1 984,38	20 770,31	
Total				2,59				111,42				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Distribución de fuerzas por nivel 1, eje X

Eje	e (m)		F <sub>x</sub> (kg)	K <sub>m</sub>	d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × F <sub>x</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub> <sup>2</sup>	V <sub>s</sub>	V <sub>i</sub>	V <sub>T</sub>	V <sub>T a usar</sub>
F	e <sub>1x</sub>	2,17	41 875,70	2,48	-8,39	103 708,38	-20,78	174,33	12 884,83	-5 457,74	7 427,09	11 559,80
	e <sub>2x</sub>	0,53								-1 325,03	11 559,80	
G	e <sub>1x</sub>	2,17	41 875,70	0,62	-3,52	25 927,10	-2,18	7,67	3 221,21	-572,44	2 648,76	3 082,23
	e <sub>2x</sub>	0,53								-138,98	3 082,23	
H	e <sub>1x</sub>	2,17	41 875,70	2,48	-0,86	103 708,38	-2,13	1,83	12 884,83	-559,43	12 325,40	<b>12 749,01</b>
	e <sub>2x</sub>	0,53								-135,82	12 749,01	
I	e <sub>1x</sub>	2,17	41 875,70	2,48	8,09	103 708,38	20,04	162,09	12 884,83	5 262,59	18 147,42	18 147,42
	e <sub>2x</sub>	0,53								1 277,65	14 162,48	
Total				8,05				345,92				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Distribución de fuerzas por nivel 2, eje Y

Eje	e (m)		F <sub>x</sub> (kg)	K <sub>m</sub>	d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × F <sub>x</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub> <sup>2</sup>	V <sub>s</sub>	V <sub>i</sub>	V <sub>T</sub>	V <sub>T a usar</sub>
1	e <sub>1y</sub>	2,03	62 077,59	0,60	-9,64	37 140,03	-5,77	55,60	14 325,60	-5 529,85	8 795,75	14 922,89
	e <sub>2y</sub>	-0,22								597,30	14 922,89	
2	e <sub>1y</sub>	2,03	62 077,59	0,20	-7,72	12 380,01	-1,54	11,89	4 775,20	-1 476,16	3 299,04	4 934,64
	e <sub>2y</sub>	-0,22								159,44	4 934,64	
3	e <sub>1y</sub>	2,03	62 077,59	0,60	-3,23	37 140,03	-1,93	6,24	14 325,60	-1 852,84	12 472,76	14 525,73
	e <sub>2y</sub>	-0,22								200,13	14 525,73	
5	e <sub>1y</sub>	2,03	62 077,59	0,60	4,64	37 140,03	2,78	12,88	14 325,60	2 661,67	16 987,27	<b>16 987,27</b>
	e <sub>2y</sub>	-0,22								-287,50	14 038,10	
7	e <sub>1y</sub>	2,03	62 077,59	0,60	8,66	37 140,03	5,18	44,87	14 325,60	4 967,68	19 293,28	19 293,28
	e <sub>2y</sub>	-0,22								-536,58	13 789,02	
Total				2,59				131,48				

Fuente: elaboración propia.

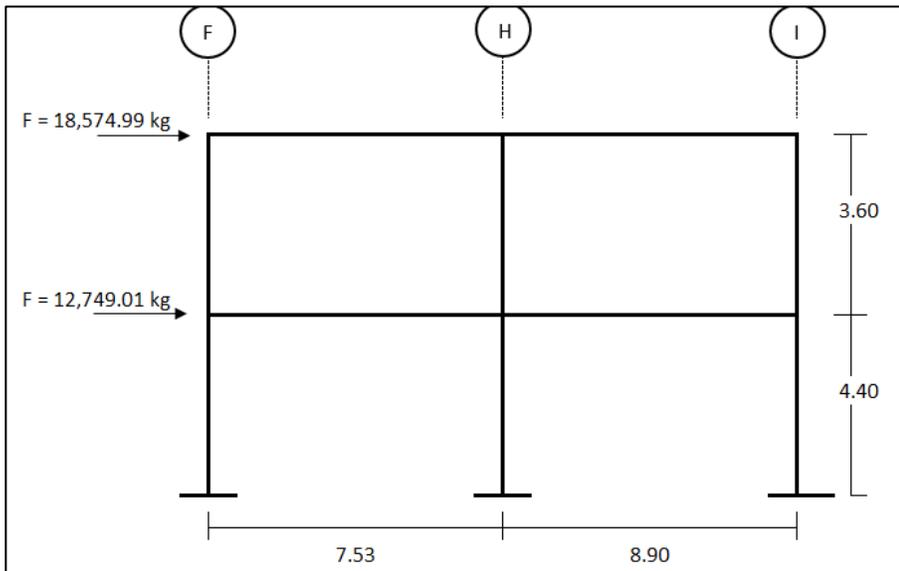
Tabla XXV. **Distribución de fuerzas por nivel 1, eje Y**

Eje	e (m)		F <sub>x</sub> (kg)	K <sub>m</sub>	d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × F <sub>x</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub>	K <sub>m</sub> × d <sub>i</sub> <sup>2</sup>	V <sub>s</sub>	V <sub>i</sub>	V <sub>f</sub>	V <sub>f a usar</sub>
1	e <sub>1y</sub>	2,03	41 742,41	1,86	-9,64	77 533,71	-17,91	172,61	9 632,86	-3 720,14	5 912,73	10 034,69
	e <sub>2y</sub>	-0,22								401,82	10 034,69	
2	e <sub>1y</sub>	2,03	41 742,41	0,62	-7,70	25 844,57	-4,77	36,71	3 210,95	-990,49	2 220,46	3 317,94
	e <sub>2y</sub>	-0,22								106,99	3 317,94	
3	e <sub>1y</sub>	2,03	41 742,41	1,86	-3,23	77 533,71	-6,00	19,38	9 632,86	-1 246,48	8 386,39	9 767,50
	e <sub>2y</sub>	-0,22								134,64	9 767,50	
5	e <sub>1y</sub>	2,03	41 742,41	1,86	4,64	77 533,71	8,62	39,99	9 632,86	1 790,61	11 423,47	11 423,47
	e <sub>2y</sub>	-0,22								-193,41	9 439,45	
7	e <sub>1y</sub>	2,03	41 742,41	1,86	8,66	77 533,71	16,09	139,30	9 632,86	3 341,95	12 974,81	12 974,81
	e <sub>2y</sub>	-0,22								-360,97	9 271,89	
Total				8,05				407,99				

Fuente: elaboración propia.

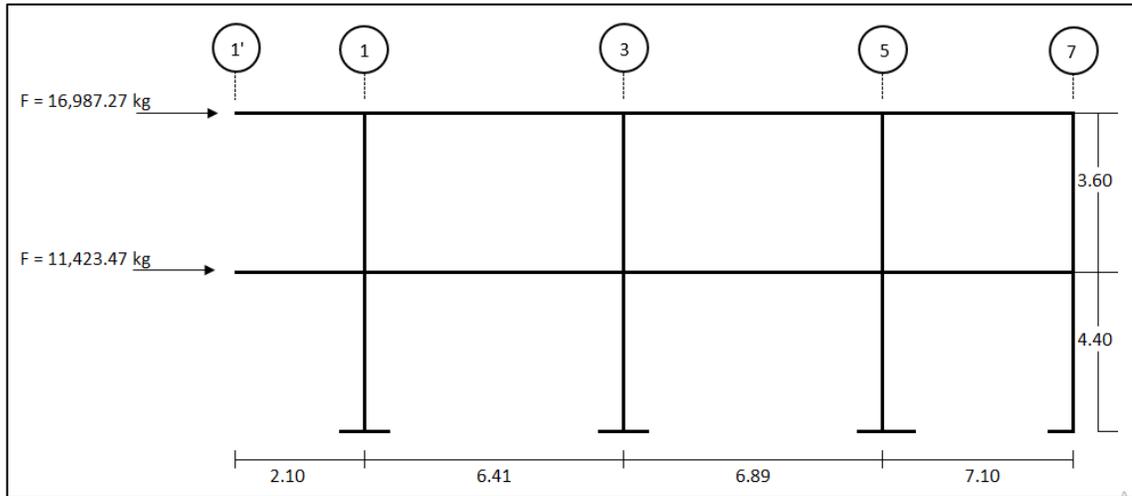
A continuación, se presentan las fuerzas por nivel para los marcos de cada uno de los módulos.

Figura 9. **Distribución de fuerzas horizontales eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 10. **Distribución de fuerzas horizontales eje Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.9.5. **Análisis estructural por el método de Kani**

Después de obtener la magnitud de las cargas que afectarán la estructura, es necesario analizar su comportamiento estructural. Para ello se recurre a un método exacto y correctivo, como lo es Kani.

El método de Kani es un método exacto e iterativo aplicable a marcos rígidos simétricos o asimétricos con cualquier tipo de cargas. La ventaja de este método sobre otros métodos de aproximaciones sucesivas, es que en forma directa, se toma el efecto del desplazamiento de los miembros, evitándose el planeamiento y solución de ecuaciones simultáneas.

Los datos obtenidos para el análisis estructural se obtienen de la integración de cargas verticales y horizontales a través de los modelos matemáticos. Las cargas verticales uniformemente distribuidas representan la

acción de la carga muerta y carga viva, mientras que la carga lateral puntual representa la carga sísmica que afecta a cada marco.

Es importante mencionar que para el análisis de la estructura, se deben analizar las cargas por separado; es decir, que primero se analiza la estructura bajo las cargas muertas, luego bajo las cargas vivas y por último, su comportamiento bajo las fuerzas de sismo.

A continuación se detalla, de la manera más simple, el procedimiento que requiere este método, el cual se aplicó para los tres módulos del diseño del instituto básico de la colonia Enriqueta.

- Procedimiento
  - Momentos fijos ( $M_f$ ): se calculan cuando existen cargas verticales, a través de la siguiente ecuación

$$M_f = \frac{1}{12} \times W \times L^2$$

Donde:

- $M_f$  = momento fijo de empotramiento kg/m
- $W$  = carga distribuida (carga viva o carga muerta)
- $L$  = luz libre del elemento
- Momento de sujeción ( $M_s$ ): se consideran cuando hay cargas verticales, aplicando la siguiente expresión

$$M_s = \Sigma M_f$$

- Fuerza cortante en el piso ( $Q_n$ ): se obtienen de la distribución de fuerzas horizontales aplicadas a los marcos dúctiles unido a los nudos rígidos.
- Momentos de piso ( $M_p$ ): estos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil con nudos rígidos, por medio de la expresión:

$$M_p = \frac{Q_n \times h}{3}$$

Donde:

- $Q_n$  = fuerza cortante de piso
- $H$  = altura de piso
- Rigidez de los elementos ( $K$ ): se determina haciendo uso de la ecuación:

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

Donde:

- $I$  = inercia del elemento
- $L$  = longitud del elemento
- Factor de giro ( $\mu$ ): también se le conoce con el nombre de coeficiente de reparto, se calcula:

$$\mu = -\frac{1}{2} \times \frac{K}{\sum K_{que\ llegan\ al\ nudo}}$$

- Factores de ladeo (V): o factores de corrimiento, se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura, o cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V = \frac{3}{2} \times \frac{K_{COL}}{\sum k_{Col\ nivel}}$$

- Iteraciones ( $M'_{ik}$ ), influencias de giro: estas pueden ser con ladeo y sin ladeo.

- Sin ladeo:  $M'_{ik} = \mu \times (M_s + \sum M'_{in})$
- Con ladeo:  $M'_{ik} = \mu \times (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$

- Iteraciones, influencias de desplazamiento ( $M''_{ik}$ ): se consideran únicamente cuando existe ladeo.

- Por asimetría:  $M''_{ik} = V \times \sum (M'_{in} + \sum M'_{ni})$
- Por fuerzas horizontales:  $M''_{ik} = V \times (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$

- Momentos finales ( $M_{ik}$ ): se ubican en el extremo de cada barra, estos pueden ser con ladeo y sin ladeo.

- Sin ladeo:  $M_{ik} = M_{f\ ik} + 2M'_{f\ ik} + M'_{ki}$
- Con ladeo:  $M_{ik} = \mu \times (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$

- Momentos finales en vigas: para el cálculo de los momentos finales en vigas se aplica la fórmula:

$$M_{ik (+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2}$$

Donde:

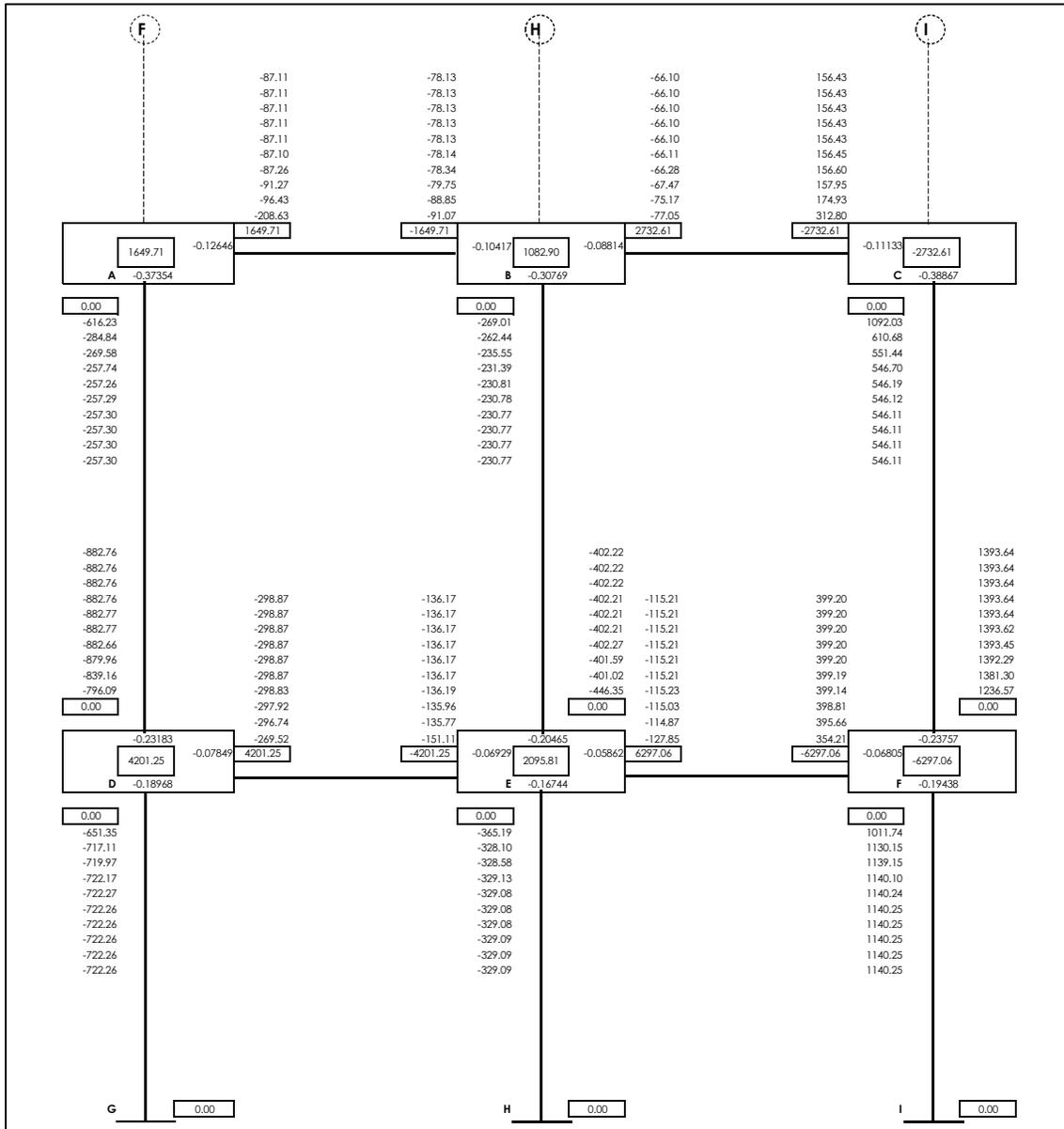
- $M_{i(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo
- $M_{k(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho

Los resultados del análisis número de Kani para los marcos de ejes más críticos del módulo más crítico (módulo 2), de cargas vivas, cargas muertas y sismo se presentan en las siguientes figuras.

Ejes críticos, módulo 2

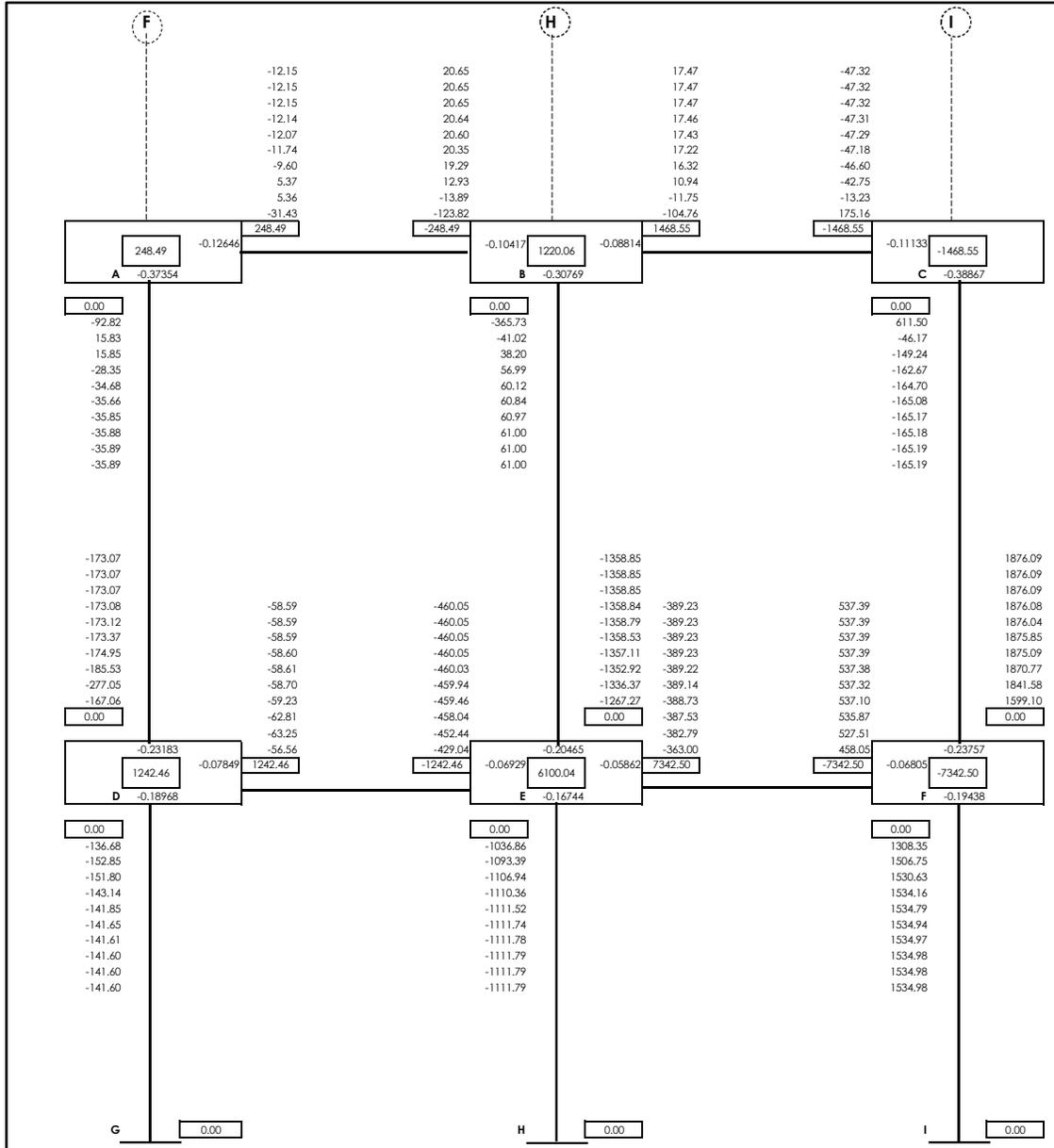
- Eje X = eje 5
- Eje Y = eje H

Figura 11. Iteración por método Kani, carga muerta, eje 5, sentido en X



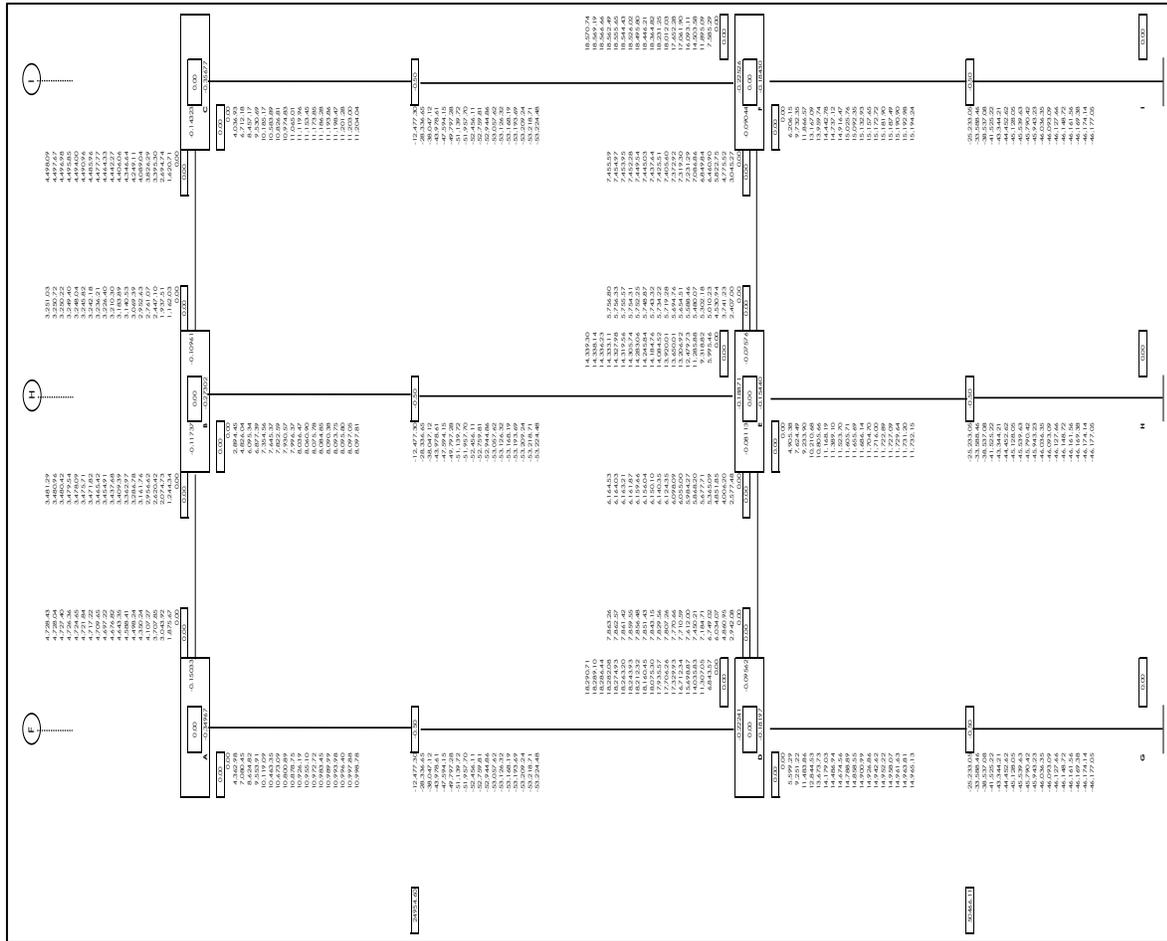
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 12. Iteración por método Kani, carga viva, eje 5, sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 13. Iteración por método Kani, carga sísmica, eje 5, sentido X



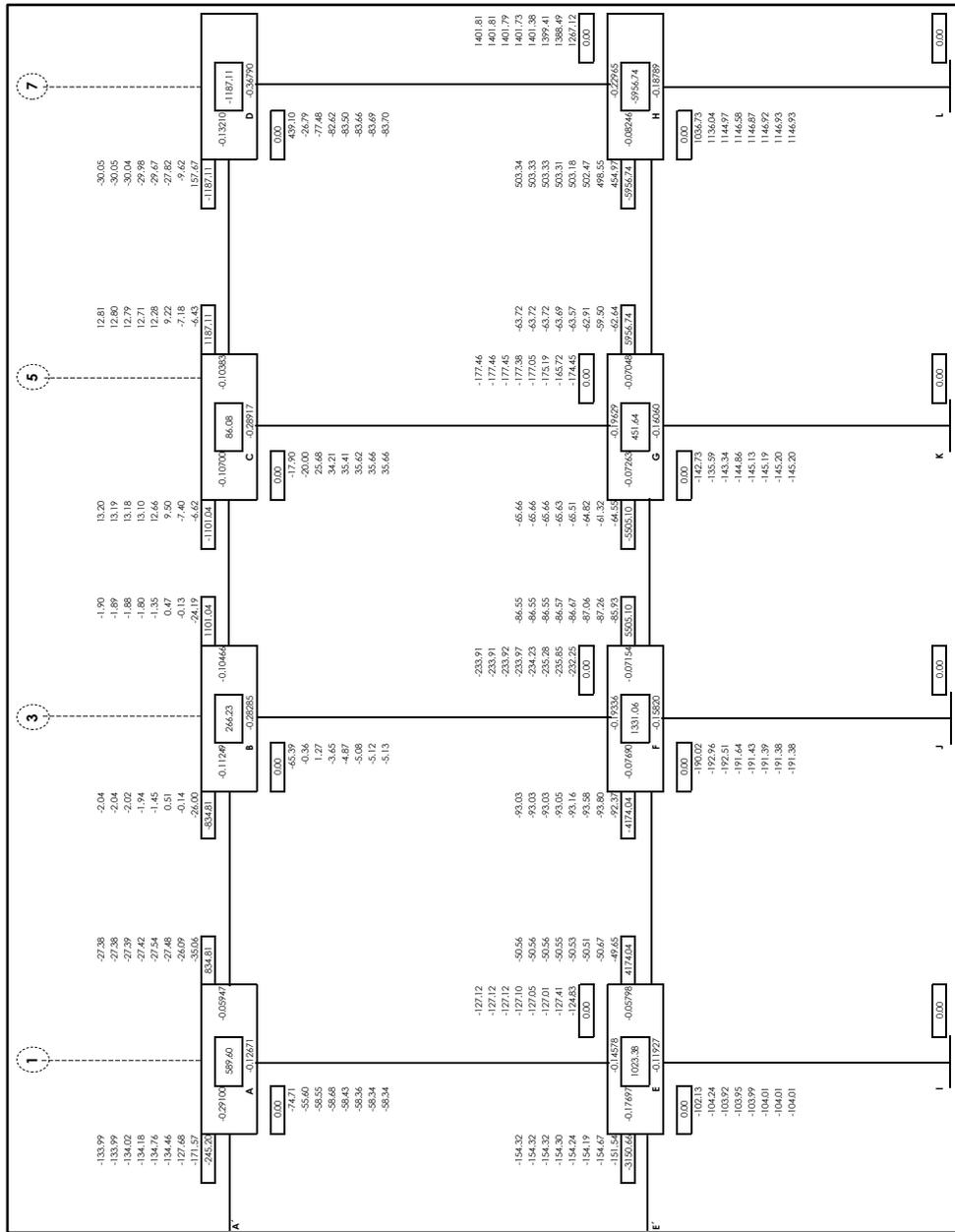
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XXVI. **Momentos finales en marco por Kani, eje 5, sentido X**

<b>Tramo</b>	<b>Momento CV (kg-m)</b>	<b>Momento CM (kg-m)</b>	<b>Momento sísmico (kg-m)</b>
M <sub>AB</sub>	244,84	1 397,36	11 610,89
M <sub>BA</sub>	-219,34	-1 893,08	10 496,63
M <sub>BC</sub>	1 456,18	2 756,84	9 875,99
M <sub>CB</sub>	-1 545,71	-2 485,86	10 990,17
M <sub>DE</sub>	665,22	3 467,35	19 786,41
M <sub>ED</sub>	-2 221,15	-4 772,46	18 248,07
M <sub>FE</sub>	-6 656,95	-5 613,88	18 681,31
M <sub>EF</sub>	7 101,43	6 465,84	17 142,92
M <sub>AD</sub>	-244,84	-1 397,36	-11 609,13
M <sub>DA</sub>	-382,02	-2 022,83	-4 949,22
M <sub>BE</sub>	-1 236,85	-863,76	-20 371,19
M <sub>EB</sub>	-2 656,70	-1 035,20	-14 689,81
M <sub>CF</sub>	1 545,71	2 485,86	-10 988,78
M <sub>FC</sub>	3 586,99	3 333,38	-4 250,74
M <sub>DG</sub>	-283,20	-1 444,52	-14 845,11
M <sub>GD</sub>	-141,60	-722,26	-28 373,32
M <sub>EH</sub>	-2 223,58	-658,17	-20 700,55
M <sub>HE</sub>	-1 111,79	-329,09	-31 301,04
M <sub>FI</sub>	3 069,96	2 280,50	-14 430,16
M <sub>IF</sub>	1 534,98	1 140,25	-28 165,84

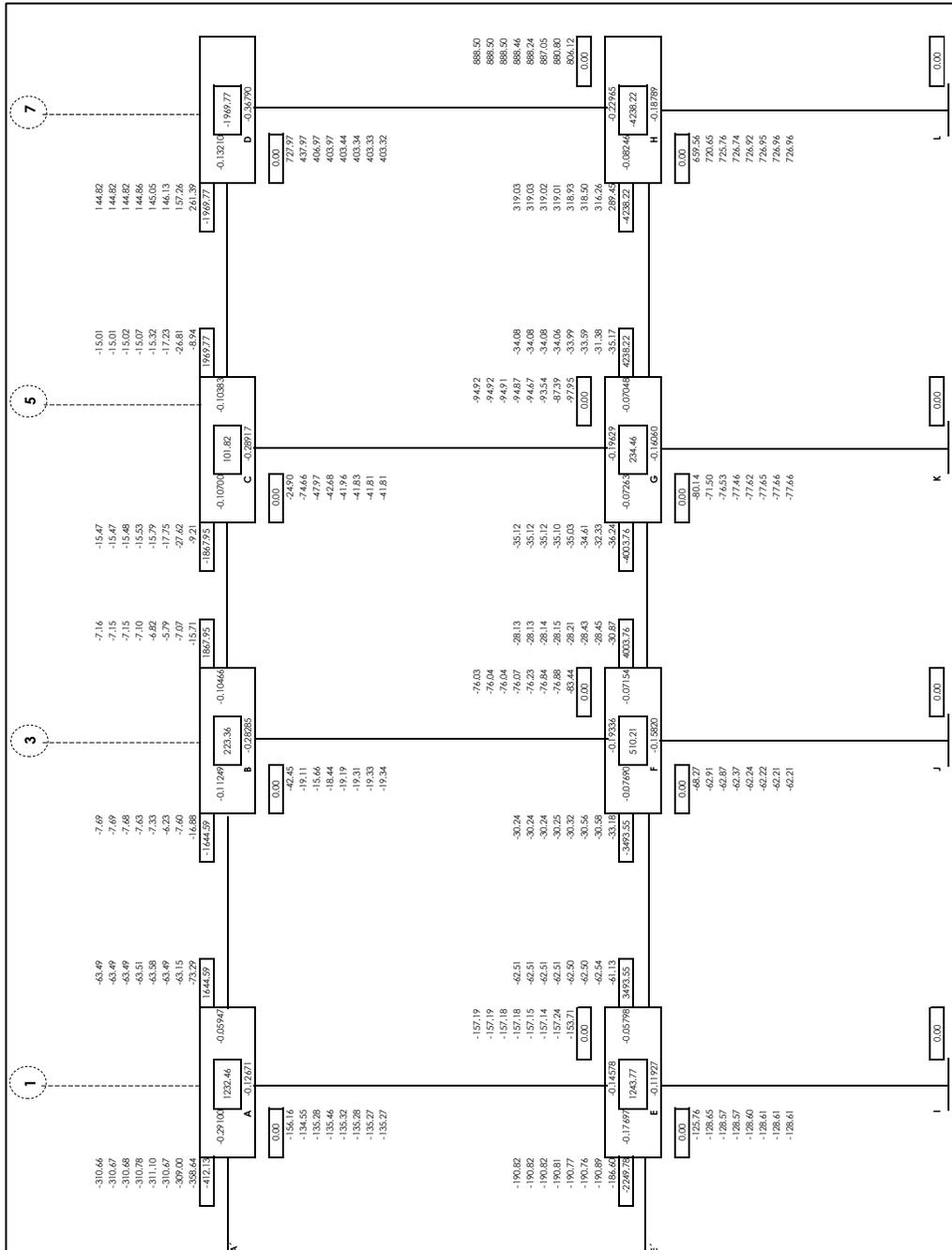
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Iteración por método Kani, carga viva, eje H, sentido Y



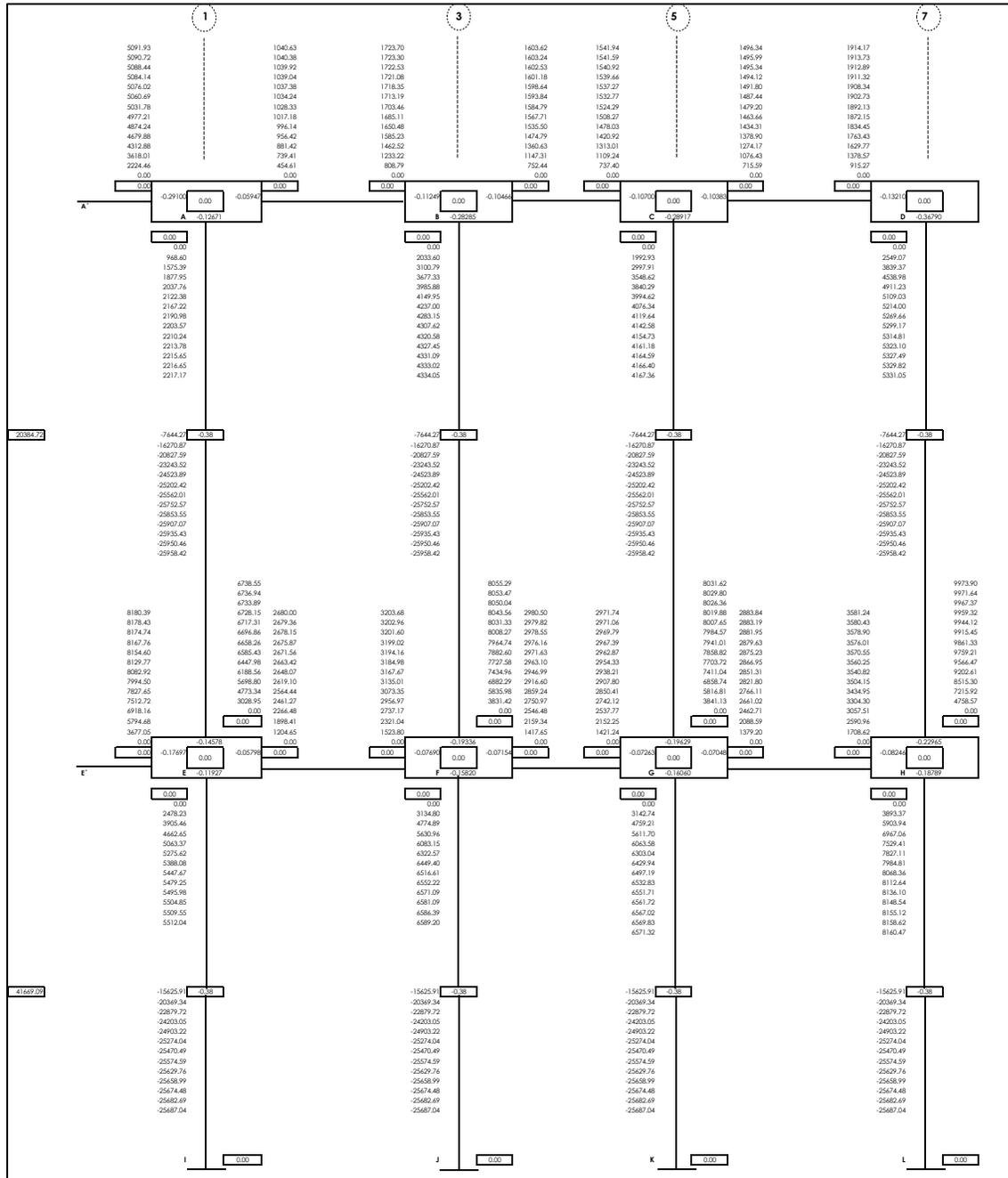
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 15. Iteración por método Kani, carga muerta, eje H, sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 16. Iteración por método Kani, carga sísmica, eje H, sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XXVII. Momentos finales en marco por Kani, eje Y

Tramo	Momento CV (kg-m)	Momento CM (kg-m)	Momento sísmico (kg-m)
M <sub>AB</sub>	778,00	1 509,92	3 804,96
M <sub>BA</sub>	-866,27	-1 723,46	4 488,03
M <sub>BC</sub>	1 110,44	1 838,17	4 749,18
M <sub>CB</sub>	-1 076,54	-1 906,04	4 687,51
M <sub>CD</sub>	1 182,67	2 084,57	4 906,85
M <sub>DC</sub>	-1 234,41	-1 695,15	5 324,68
M <sub>EF</sub>	3 979,90	3 338,28	8 563,69
M <sub>FE</sub>	-4 410,65	-3 616,54	9 087,37
M <sub>FG</sub>	5 266,35	3 912,37	8 932,73
M <sub>GF</sub>	-5 722,97	-4 102,13	8 923,97
M <sub>GH</sub>	6 332,63	4 489,09	9 348,92
M <sub>HG</sub>	-5 013,79	-3 634,25	10 046,32
M <sub>AA'</sub>	-3 459,30	-2 631,42	10 183,86
M <sub>EE'</sub>	-3 459,30	-2 631,42	16 360,78
M <sub>AE</sub>	-243,81	-427,73	-14 785,52
M <sub>EA</sub>	-312,58	-449,64	-10 264,15
M <sub>BF</sub>	-244,16	-114,71	-9 235,04
M <sub>FB</sub>	-472,94	-171,41	-5 513,80
M <sub>CG</sub>	-106,14	-178,53	-9 592,09
M <sub>GC</sub>	-319,26	-231,64	-5 727,83
M <sub>DH</sub>	1 234,41	1 695,15	-5 322,42
M <sub>HD</sub>	2 719,92	2 180,33	-679,56
M <sub>EI</sub>	-208,01	-257,21	-14 662,96
M <sub>IE</sub>	-104,01	-128,61	-20 175,00
M <sub>FJ</sub>	-382,76	-124,42	-12 508,64
M <sub>JF</sub>	-191,38	-62,21	-19 097,84
M <sub>GK</sub>	-290,40	-155,32	-12 544,40
M <sub>KG</sub>	-145,20	-77,66	-19 115,72
M <sub>HL</sub>	2 293,87	1 453,92	-9 366,11
M <sub>LH</sub>	1 146,93	726,96	-17 526,57

Fuente: elaboración propia.

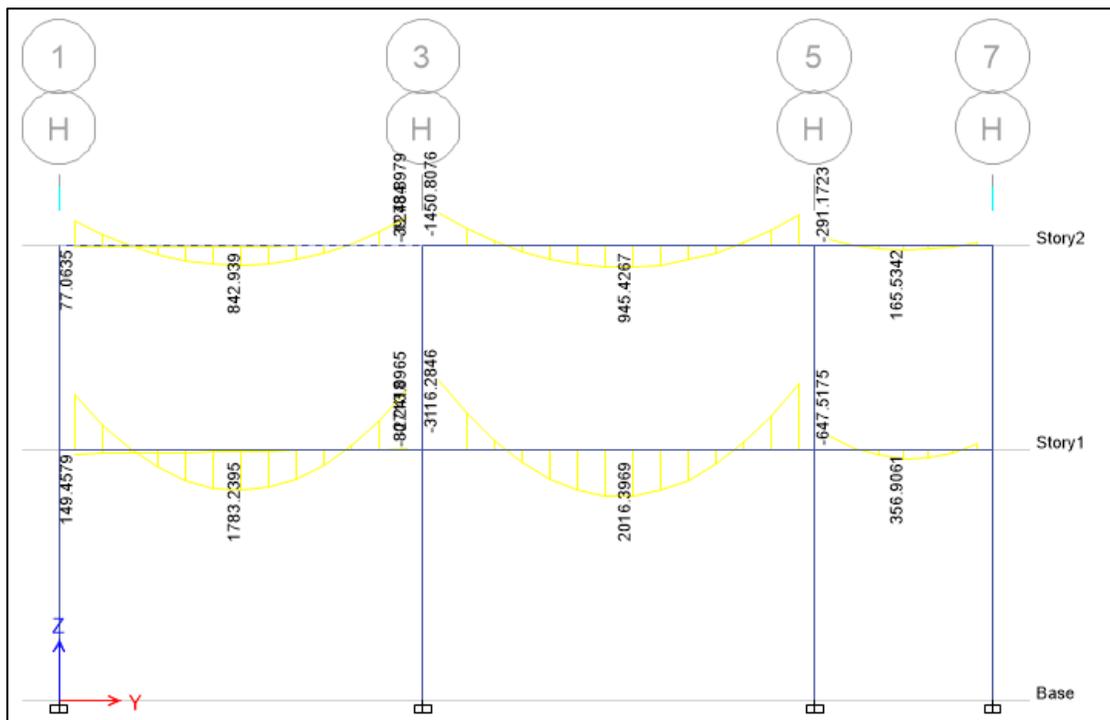
### 2.1.9.6. Comparación de resultados entre el método numérico Kani y el software Etabs

Mediante la comparación de momentos se pudo establecer la diferencia que radica entre los resultados generados mediante el uso del software Etabs y

el método numérico Kani. La diferencia se muestra en las tablas XXIX y XXX, respectivamente.

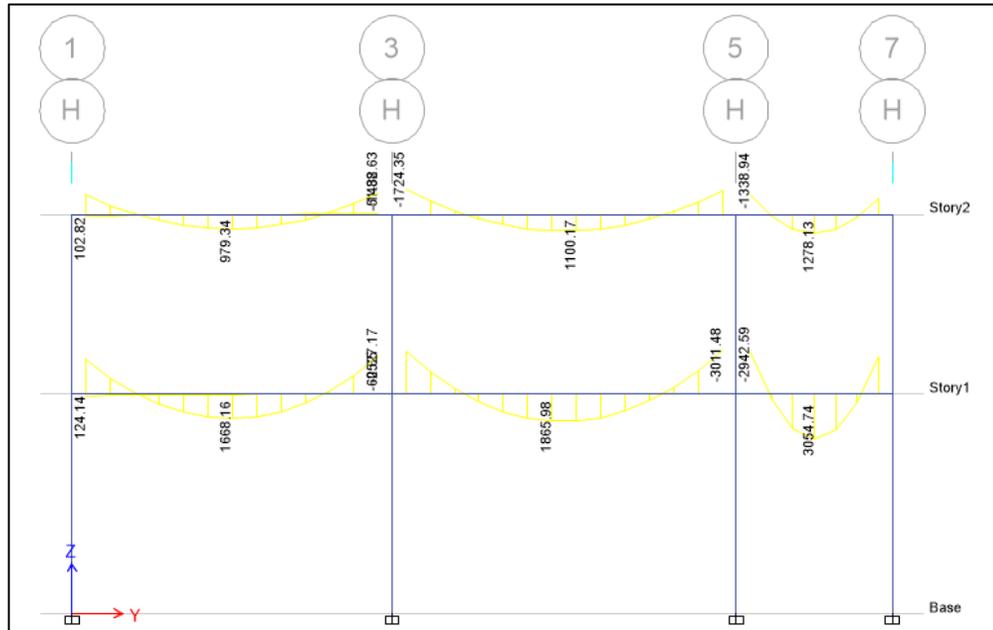
Las figuras 16 muestra los resultados de los momentos de las cargas muertas y cargas vivas obtenidas mediante el empleo del software Etabs en su versión 2013, correspondientes al eje H, sentido y y eje 5, sentido x.

Figura 17. **Momentos por carga muerta eje H, software Etabs**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 18. **Momentos por carga viva eje H, software Etabs**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XXVIII. **Comparación de momentos obtenidos mediante el método numérico de Kani y software ETABS**

Método		Método de Kani		Método de Etabs		% de error
Carga muerta	Viga	M(-) izq.	M(+) der.	M(-) izq.	M(+) der.	
		M <sub>AB</sub>	1 509,92	-1 723,46	1 162,35	-1 278,89
	M <sub>BC</sub>	1 838,17	-1 906,04	1 450,80	-1 384,56	21,07 %
	M <sub>CD</sub>	2 084,57	-1 695,15	2 091,17	-1 058,77	0,32 %
	M <sub>EF</sub>	3 338,28	-3 616,54	2 483,39	-2 713,10	25,61 %
	M <sub>FG</sub>	3 912,37	-4 102,13	3 116,28	-2 976,04	20,35 %
	M <sub>GH</sub>	4 489,09	-3 634,25	6 047,51	-3 018,30	13,72 %
Carga viva	Viga	M(-) izq.	M(+) der.	M(-) izq.	M(+) der.	
	M <sub>AB</sub>	778,00	-866,27	967,98	-1 476,43	24,42 %
	M <sub>BC</sub>	1 110,44	-1 076,54	1 076,35	-1 654,76	3,07 %
	M <sub>CD</sub>	1 182,67	-1 234,41	1 338,94	-1 097,11	13,21 %
	M <sub>EF</sub>	3 979,90	-4 410,65	2 342,38	-2 527,17	41,14 %
	M <sub>FG</sub>	5 266,35	-5 722,97	2 914,23	-3 011,48	44,66 %
	M <sub>GH</sub>	6 332,63	-5 013,79	2 942,60	-2 596,63	38,17 %

Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, los resultados a utilizar en el diseño estructural serán los resultados obtenidos de Kani.

### 2.1.9.7. Envoltente de momentos

La envoltente de momentos sirve para encontrar los valores de diseño de los elementos estructurales, vigas y columnas de un edificio o de cualquier tipo de estructura ya que representan los esfuerzos máximos que pueden acontecer al superponer los efectos de las cargas vivas, muertas y sísmicas.

Las combinaciones que se usan son del AGIES y del código ACI318S-11 para concreto reforzado, tomando los valores máximos para el diseño estructural. Se debe construir una envoltente de momentos para cada elemento que se diseña.

Tabla XXIX. Envoltente sentido Y, eje H, nivel 2

Combinación	U	VAB-N2-M2-EC				VBC-N2-M2-EC			VCD-N2-M2-EC		
		Momento (kg/m)				Momento (kg/m)			Momento (kg/m)		
		M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	M(-) Vol.	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.
	1,4 CM	2 113,88	11 382,51	-2 412,84	-3 683,99	2 573,44	13 276,25	-2 668,46	2 918,39	13 875,73	-2 373,21
	1,3 CM + 1,6 CV	3 207,69	13 420,23	-3 626,53	-8 955,73	4 166,32	15 676,09	-4 200,32	4 602,21	16 427,36	-4 178,75
	1,3 CM + 1,0 CV	2 740,89	12 351,19	-3 106,76	-6 880,15	3 500,06	14 420,54	-3 554,39	3 892,61	15 098,83	-3 438,10
	1,2 CM + 1,0 CV + 1,0 S	6 394,86	11 538,16	1 553,62	-6 617,00	8 065,42	13 472,23	1 323,72	8 591,00	14 107,71	2 056,09
	1,2 CM + 1,0 CV - 1,0 S	-1 215,06	11 538,16	-7 422,45	-6 617,00	-1 432,94	13 472,23	-8 051,29	-1 222,69	14 107,71	-8 593,27
	<b>Envoltente</b>	<b>6 394,86</b>	<b>13 420,23</b>	<b>1 553,62</b>	<b>-3 683,99</b>	<b>8 065,42</b>	<b>15 676,09</b>	<b>1 323,72</b>	<b>8 591,00</b>	<b>16 427,36</b>	<b>2 056,09</b>
	1,4 CM	2 113,88	11 382,51	-2 412,84	-3 683,99	2 573,44	13 276,25	-2 668,46	2 918,39	13 875,73	-2 373,21
	1,2 CM + 1,6 CV	3 056,70	12 607,19	-3 454,18	-8 692,58	3 982,50	14 727,79	-4 009,71	4 393,76	15 436,24	-4 009,24
	1,2 CM + 1,0 CV	2 589,90	11 538,16	-2 934,42	-6 617,00	3 316,24	13 472,23	-3 363,79	3 684,15	14 107,71	-3 268,59
	0,9 CM + 1,0 S	5 163,88	7 317,33	2 936,92	-2 368,28	6 403,53	8 534,73	2 972,07	6 782,95	8 920,11	3 799,05
	0,9 CM - 1,0 S	-2 446,04	7 317,33	-6 039,14	-2 368,28	-3 094,83	8 534,73	-6 402,94	-3 030,74	8 920,11	-6 850,31
	<b>Envoltente</b>	<b>5 163,88</b>	<b>12 607,19</b>	<b>2 936,92</b>	<b>-2 368,28</b>	<b>6 403,53</b>	<b>14 727,79</b>	<b>2 972,07</b>	<b>6 782,95</b>	<b>15 436,24</b>	<b>3 799,05</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Envolvente sentido Y, eje H, nivel 1**

Viga	VEF-N1-M2-EC				VFG-N1-M2-EC			VGH-N1-M2-EC			
L viga (m)	6,41				6,89			7,10			
Combinación	Momento (kg/m)				Momento (kg/m)			Momento (kg/m)			
U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	M(-) Vol.	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	
AGIES	1,4 CM	4 673,59	11 958,60	-5 063,16	-3 683,99	5 477,32	16 678,04	-5 742,98	6 284,72	18 313,68	-5 087,95
	1,3 CM + 1,6 CV	10 707,60	14 132,89	-11 758,55	-8 955,73	13 512,24	15 914,39	-14 489,53	15 968,03	17 005,56	-12 746,59
	1,3 CM + 1,0 CV	8 319,66	11 998,89	-9 112,16	-6 880,15	10 352,43	18 286,25	-11 055,74	12 168,45	17 118,79	-9 738,31
	1,2 CM + 1,0 CV + 1,0 S	16 549,52	15 045,74	336,87	-6 617,00	18 893,92	17 053,35	-1 721,56	21 068,46	15 932,00	671,44
	1,2 CM + 1,0 CV - 1,0 S	-577,86	15 045,74	-17 837,87	-6 617,00	1 028,46	17 053,35	-19 569,50	2 370,61	15 932,00	-19 421,21
<b>Envolvente</b>	<b>16 549,52</b>	<b>15 045,74</b>	<b>336,87</b>	<b>-3 683,99</b>	<b>18 893,92</b>	<b>18 286,25</b>	<b>-1 721,56</b>	<b>21 068,46</b>	<b>18 313,68</b>	<b>671,44</b>	
ACI	1,4 CM	4 673,59	14 221,03	-5 063,16	-3 683,99	5 477,32	17 677,04	-5 742,98	6 284,72	18 313,68	-5 087,95
	1,2 CM + 1,6 CV	10 373,77	13 045,74	-11 396,89	-8 692,58	13 121,00	18 408,46	-14 079,31	15 519,12	16 953,68	-12 383,16
	1,2 CM + 1,0 CV	7 985,83	-40 698,18	-8 750,50	-6 617,00	9 961,19	17 053,35	-10 645,53	11 719,54	15 932,78	-9 374,89
	0,9 CM + 1,0 S	11 568,14	9 784,31	5 832,48	-2 368,28	12 453,86	11 363,81	5 232,06	13 389,10	11 773,08	6 775,50
	0,9 CM - 1,0 S	-5 559,24	9 784,31	-12 342,26	-2 368,28	-5 411,60	11 363,81	-12 615,89	-5 308,75	11 773,08	-13 317,15
<b>Envolvente</b>	<b>11 568,14</b>	<b>14 221,03</b>	<b>5 832,48</b>	<b>-2 368,28</b>	<b>13 121,00</b>	<b>18 408,46</b>	<b>5 232,06</b>	<b>15 519,12</b>	<b>18 313,68</b>	<b>6 775,50</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Envolvente sentido X, eje 5, nivel 2**

Viga	VAB-N2-M2-E4			VBC-N2-M2-E4			
L viga (m)	7,53			8,90			
Combinación	Momento (kg/m)			Momento (kg/m)			
U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	
AGIES	1,4 CM	1 956,31	2 867,94	-2 650,31	3 859,57	4 301,52	-3 480,20
	1,3 CM + 1,6 CV	2 208,32	2 642,68	-2 811,94	5 913,78	3 922,65	-5 704,76
	1,3 CM + 1,0 CV	2 061,42	2 650,33	-2 680,34	5 040,07	3 949,51	-4 777,33
	1,2 CM + 1,0 CV + 1,0 S	12 470,33	2 445,48	6 685,56	13 424,78	3 642,25	5 503,70
	1,2 CM + 1,0 CV - 1,0 S	-8 626,97	2 445,48	-11 667,63	-3 896,00	3 642,25	-14 561,18
<b>Envolvente</b>	<b>12 470,33</b>	<b>2 867,94</b>	<b>6 685,56</b>	<b>13 424,78</b>	<b>4 301,52</b>	<b>5 503,70</b>	
ACI	1,4 CM	1 956,31	2 867,94	-2 650,31	3 859,57	4 301,52	-3 480,20
	1,2 CM + 1,6 CV	2 068,59	2 437,83	-2 622,64	5 638,10	3 615,39	-5 456,17
	1,2 CM + 1,0 CV	1 921,68	2 445,48	-2 491,03	4 764,39	3 642,25	-4 528,74
	0,9 CM + 1,0 S	11 806,28	1 843,67	7 472,82	11 141,54	2 765,26	7 795,17
	0,9 CM - 1,0 S	-9 291,02	1 843,67	-10 880,37	-6 179,23	2 765,26	-12 269,71
<b>Envolvente</b>	<b>11 806,28</b>	<b>2 867,94</b>	<b>7 472,82</b>	<b>11 141,54</b>	<b>4 301,52</b>	<b>7 795,17</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Envolvente sentido X, eje 5, nivel 1**

	Viga	VDE-N1-M2-E4			VEF-N1-M2-E4		
	L viga (m)	7,53			8,90		
	Combinación	Momento (kg/m)			Momento (kg/m)		
	U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.
<b>AGIES</b>	1,4 CM	4 854,29	7 659,60	-6 681,45	-7 859,43	11 380,18	9 052,17
	1,3 CM + 1,6 CV	5 571,91	5 867,74	-9 758,04	-17 949,17	10 211,73	19 767,87
	1,3 CM + 1,0 CV	5 172,78	6 334,52	-8 425,35	-13 955,00	10 345,08	15 507,02
	1,2 CM + 1,0 CV + 1,0 S	26 084,08	5 787,40	10 652,89	6 809,87	9 532,21	32 406,87
	1,2 CM + 1,0 CV - 1,0 S	-16 432,00	5 787,40	-26 549,10	-33 597,09	9 532,21	-2 686,00
	<b>Envolvente</b>	<b>26 084,08</b>	<b>7 659,60</b>	<b>10 652,89</b>	<b>6 809,87</b>	<b>11 380,18</b>	<b>32 406,87</b>
<b>ACI</b>	1,4 CM	4 854,29	11 380,18	-6 681,45	-7 859,43	11 380,18	9 052,17
	1,2 CM + 1,6 CV	5 225,18	9 398,86	-9 280,80	-17 387,78	9 398,86	19 121,29
	1,2 CM + 1,0 CV	4 826,04	9 532,21	-7 948,11	-13 393,61	9 976,68	14 860,43
	0,9 CM + 1,0 S	24 378,65	7 315,83	14 305,78	15 150,99	7 315,83	23 365,69
	0,9 CM - 1,0 S	-18 137,42	7 315,83	-22 896,21	-25 255,97	7 315,83	-11 727,18
	<b>Envolvente</b>	<b>24 378,65</b>	<b>11 380,18</b>	<b>14 305,78</b>	<b>15 150,99</b>	<b>11 380,18</b>	<b>23 365,69</b>

Fuente: elaboración propia.

De los resultados a partir de las diferentes combinaciones, se toman los valores mayores tanto en vigas como columnas.

### 2.1.10. Diseño estructural

Rama de la ingeniería civil cuya finalidad es proveer estabilidad a una estructura por medio del buen uso de los materiales y sus propiedades; brindan con base en los elementos mecánicos del análisis, las dimensiones y armados de los miembros de la estructura.

#### 2.1.10.1. Diseño de losa prefabricada con vigueta y bovedilla

Por criterio de la municipalidad de Villa Nueva, se diseñará una losa prefabricada de vigueta y bovedilla. Este sistema de losa presenta varias ventajas, entre ellas, el ahorro de madera para la formaleta ya que la bovedilla

sirve de formaleta, haciendo la función de un relleno con una capa de concreto fundida de 5 cm de espesor con su respectivo acero de temperatura.

Las viguetas son elementos prefabricados longitudinales resistentes, diseñados para soportar cargas, dándole estabilidad a las mismas. El rigidizante perpendicular a las viguetas para mejorar la capacidad de la losa y disminuir las vibraciones. Se colocan bastones de acero de  $\frac{1}{4}$  de luz para soportar el momento negativo en los extremos.

Aplicando los parámetros establecidos en el Código ACI 318S-11, en la sección de viguetas en losas nervadas, sección 8.13, se tiene:

- Base del patin o  $b_w \geq 10$  cm
- Ancho tributario o  $S \leq 75$  cm
- Peralte o  $h \geq S/12$

Con base en los parámetros mencionados anteriormente, se utilizan los siguientes datos:

- $S = 60$  cm
- $B_w = 12$  cm
- $H = \frac{60}{12} = 5$  cm
- Altura de bovedilla = 15 cm

- Integración de cargas
  - Carga viva
    - Para este caso se aplicó una carga viva de  $500 \text{ kg/m}^2$
    - $CV = 500 \text{ kg/m}^2 \times 0,60 \text{ m}$
    - $CV = 300 \text{ kg/m}$
  - Carga muerta
    - $CM \text{ losa} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,60 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}$
    - $CM \text{ losa} = 72 \text{ kg/m}$
    - $CM \text{ sobrecarga} = 100 \text{ kg/m}^2 \times 0,60 \text{ m}$
    - $CM \text{ sobrecarga} = 60 \text{ kg/m}$
    - 
    - $CM \text{ bovedilla} = 13 \text{ kg/u} \times 5 \text{ u/m}$
    - $CM \text{ bovedilla} = 65 \text{ kg/m}$
    - 
    - $CM \text{ vigueta} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}$
    - $CM \text{ vigueta} = 14,40 \text{ kg/m}$
    - 
    - $CM \text{ total} = 72 \text{ kg/m} + 60 \text{ kg/m} + 65 \text{ kg/m} + 14,40 \text{ kg/m}$
    - $CM \text{ total} = 211,40 \text{ kg/m}$
  - Carga última
    - $C_u = 1,7 CV + 1,4 CM$
    - $C_u = 1,7(300 \text{ kg/m}) + 1,4(211,40 \text{ kg/m})$

- $C_u = 805,96 \text{ kg/m}$

- Cálculo de momentos últimos

Para una viga simplemente apoyada, según el código ACI:

$$M_{u(+)} = \frac{C_u * l^2}{8} = \frac{500 * 4,45^2}{8}$$

$$M_{u(+)} = 1\,237,66 \text{ kg.m}$$

$$M_{u(-)} = \frac{C_u * l^2}{24} = \frac{500 * 4,45^2}{24}$$

$$M_{u(-)} = 412,55 \text{ kg.m}$$

Con los momentos anteriores se calcula el área del acero de refuerzo grado 70, utilizando la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \left( \frac{0,85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{s \text{ Mu (+)}} = \left[ 100 * 15 - \sqrt{(100 * 15)^2 - \frac{1\,237,66 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left( \frac{0,85 * 280}{4\,900} \right)$$

$$A_{s \text{ Mu (+)}} = 1,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ Mu (-)}} = \left[ 100 * 15 - \sqrt{(100 * 15)^2 - \frac{412,55 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left( \frac{0,85 * 280}{4\,900} \right)$$

$$A_{s \text{ Mu (-)}} = 0,62 \text{ cm}^2$$

Cálculo del acero por temperatura, según ACI 318S-11 capítulo 7.12.2.1.C:

$$\rho \geq 0,0018 \times \frac{4\ 200}{f_y}$$

$$\rho = 0,001431$$

$$A_{s\ temp} = \rho \times b \times d$$

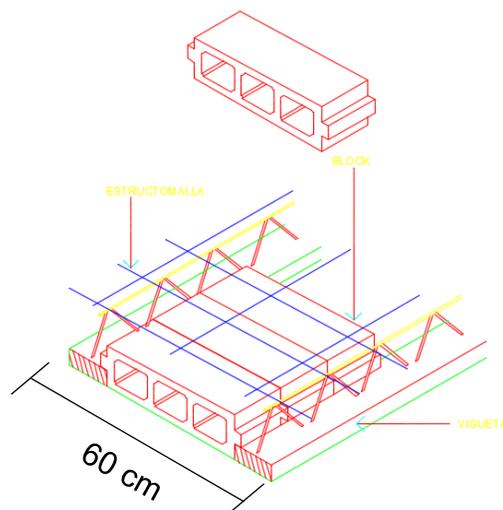
$$A_{s\ temp} = 0,001432 \times 100 \times 5$$

$$A_{s\ temp} = 0,716\ cm^2/m$$

Con base en el cálculo anterior se propone utilizar una electromalla de calibre 9/9 con área de acero de 0,76 cm<sup>2</sup>/m, lo cual cumple y supera el área de acero por temperatura requerido igual a 0,72 cm<sup>2</sup>/m.

Conclusión: Se utilizará una losa prefabricada de vigueta y bovedilla peralte terminado de 20 cm, con bovedilla pómez, rigidizantes comprendidos por 2 varillas # 3 grado 70 + eslabones Ø 4,50 mm a cada 0,075 m. Una loseta de concreto compuesta por una capa de concreto con peralte de 5 cm con electromalla calibre 6x6 - 9/9.

Figura 19. **Isométrico de armado de losa prefabricada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.10.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales de concreto armado que unidas a las columnas deben ser diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes en una sola dirección que brinda flexibilidad a la estructura, por eso la importancia de un diseño adecuado que soporte a la perfección los esfuerzos de tracción y de compresión de modo simultáneo.

Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y estos se toman del análisis estructural. Así mismo, se diseña para la viga más crítica de los tres módulos y este se aplica para todas las vigas de la edificación. Se tomó como referencia el código ACI 318S-11.

Datos de diseño:

- $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$
- $h = 60 \text{ cm}$
- $b = 30 \text{ cm}$
- $d = 4 \text{ cm}$

El código del ACI 318S-11 en la sección 7.7.1 establece que se debe de colocar un recubrimiento mínimo al refuerzo de las vigas con concreto no expuesto a la intemperie de 4 cm.

- Diseño de viga a flexión

Según lo establece el código ACI 318S-11, capítulo 21, el refuerzo mínimo se calcula por medio de la expresión:

$$\rho_{bal} = \frac{0,85\beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{6\ 120}{6\ 120 + f_y} \right)$$

Tomar en cuenta que  $\beta_1$  es un factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro y según lo indica el código ACI 318S-11, sección 10.2.7.3,  $\beta_1$  es igual a 0,85 cuando  $f'_c$  se encuentra entre los valores de 17 y 28 Mpa, para  $f'_c$  superior a 28 MPa,  $\beta_1$  se debe disminuir a razón de 0,05 por cada 7 MPa de aumento, sin embargo, no debe de ser menor de 0,65.

Para un  $f_y$  igual a 4 200 kg/cm<sup>2</sup> ya que según el capítulo 21 en la sección 21.1.4.2 especifica que la resistencia del concreto en pórticos especiales resistentes a momento, el  $f'_c$  no debe ser menor a 21 Mpa; además, la sección 21.1.4.3 especifica que el  $f'_c$  no debe ser mayor que 35 Mpa.

Con base en lo anterior se tiene:

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * \beta * f'_c * 6\ 120}{f_y * (6\ 120 + f_y)}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 280 \frac{kg}{cm^2} * 6\ 120}{4\ 200 * (6\ 120 + 4\ 200)}$$

$$\rho_{bal} = 0,028$$

Por lo tanto:

- $A_{s\ máx} = \rho_{max} \times b \times d$
- $A_{s\ máx} = 0,5 \times 0,02856 \times 30\ cm \times 56\ cm$
- $A_{s\ máx} = 23,9905\ cm^2$

El área de acero mínimo se calcula aplicando la ecuación 10-3 del capítulo 10, sección 10.5.1, donde establece que el  $A_{s \text{ min}}$  no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,80 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \times b \times d$$

Pero no debe menor a:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4 \times b \times d}{f_y}$$

Ante lo requerido por el  $A_{s \text{ min}}$  del ACI, se procede a calcular y comprobar los requisitos, por lo tanto:

- $A_{s \text{ min}} = \frac{0,80 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \times b \times d$
- $A_{s \text{ min}} = \frac{0,80 \times \sqrt{280}}{4200} \times 30 \times 56$
- $A_{s \text{ min}} = 5,35 \text{ cm}^2$
  
- $A_{s \text{ min}} = \frac{14,1 \times b \times d}{f_y}$
- $A_{s \text{ min}} = \frac{14,1 \times 30 \times 56}{4200}$
- $A_{s \text{ min}} = 5,60 \text{ cm}^2$

Entonces, el área de acero mínimo es de  $5,60 \text{ cm}^2$ .

Para el diseño se sabe que la fuerza de compresión es igual a la fuerza en tensión manteniendo los cuerpos en equilibrio.

- $T = C$
- $A_s = 0,85 \times f'_c \times b \times a$
- $A_{s \max} = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$
- $A_{s \max} = \frac{23,99 \times 4 \ 200}{0,85 \times 280 \times 30}$
- $A_{s \max} = 14,11 \text{ cm}$
- $a_{\min} = \frac{5,60 \times 4 \ 200}{0,85 \times 280 \times 30}$
- $a_{\min} = 3,29 \text{ cm}$

Por lo que el momento máximo resistente por el área de acero máxima es calculado por la siguiente expresión:

$$M_u = \Phi \times A_{s \max} \times f_y$$

Para las secciones controladas por tracción se debe aplicar un factor de reducción  $\Phi$  igual a 0,90, según el apéndice C.9.3.2.1 del código ACI 318S-11.

- $M_{\max} = 0,90 \times 23,99 \times 4 \ 200 \times \left(56 - \frac{14,11}{2}\right)$
- $M_{\max} = 2 \ 536 \ 251,59 \text{ kg-cm}$
- 
- $M_{\min} = 0,90 \times 5,60 \times 4 \ 200 \times \left(56 - \frac{3,29}{2}\right)$
- $M_{\min} = 1 \ 150 \ 586,64 \text{ kg-cm}$

Entonces, como el  $M_{\max} > M_{\text{actuante}}$  en la viga, se dice que la viga es simplemente reforzada.

Ya que se tienen los límites de acero y momentos máximos se calcula el área de acero requerido por los momentos actuantes por medio de la siguiente expresión:

$$A_s = \left( b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M_{act} \cdot b}{0,003825 \cdot f_c}} \right) \cdot \left( \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \right)$$

Entonces:

- $A_{s(-)} = \left( 30 \times 46 - \sqrt{(30 \times 46)^2 - \frac{13\,958,21 \times 30}{0,003825 \times 280}} \right) \times \left( \frac{0,85 \times 280}{4\,200} \right)$
- $A_{s(-)} = 8,48 \text{ cm}^2$
- $A_{s(+)} = \left( 30 \times 46 - \sqrt{(30 \times 46)^2 - \frac{16\,215,14 \times 30}{0,003825 \times 280}} \right) \times \left( \frac{0,85 \times 280}{4\,200} \right)$
- $A_{s(+)} = 9,96 \text{ cm}^2$

Verificando que las áreas de acero requeridas estén dentro del rango:

$$A_{s \min} < A_s < A_{s \max}$$

$$5,60 \text{ cm}^2 < 8,48 \text{ cm}^2 < 14,11 \text{ cm}^2$$

$$5,60 \text{ cm}^2 < 9,96 \text{ cm}^2 < 14,11 \text{ cm}^2$$

Como se establece en los resultados, todas las áreas requeridas se encuentran dentro de los parámetros. Seguidamente, se proponen diámetros de varillas de acero para cubrir los momentos; el capítulo 21 del código ACI 318S-11, encontramos las siguientes restricciones para el cálculo del refuerzo corrido y bastones.

- Cama superior: se deben colocar como mínimo 2 varillas corridas longitudinales, con el área mayor de:
  - $A_{s \text{ min}} = 5,60 \text{ cm}^2$
  - $33 \% A_{s(-) \text{ mayor}} = 3,28 \text{ cm}^2$

Armado propuesto 2 varillas corridas núm. 6 =  $5,70 \text{ cm}^2$ .

Armado final: 2 varillas corridas núm. 6 =  $5,70 \text{ cm}^2$ ,  $A_{s \text{ requerido}}$  por el momento negativo es  $8,48 \text{ cm}^2$ , diferencia  $2,78 \text{ cm}^2$ , por lo que se deben colocar 3 bastones núm. 5 =  $6,00 \text{ cm}^2$ , obteniendo un total de  $11,70 \text{ cm}^2$ .

- Cama inferior: se deben colocar como mínimo 2 varillas corridas, con el área mayor de las siguientes opciones:
  - $A_{s \text{ min}} = 5,60 \text{ cm}^2$
  - $50 \% A_{s(-)} = 4,24 \text{ cm}^2$
  - $50 \% A_{s(+)} = 4,98 \text{ cm}^2$

Armado propuesto 2 varillas corridas núm. 6 =  $5,70 \text{ cm}^2$ .

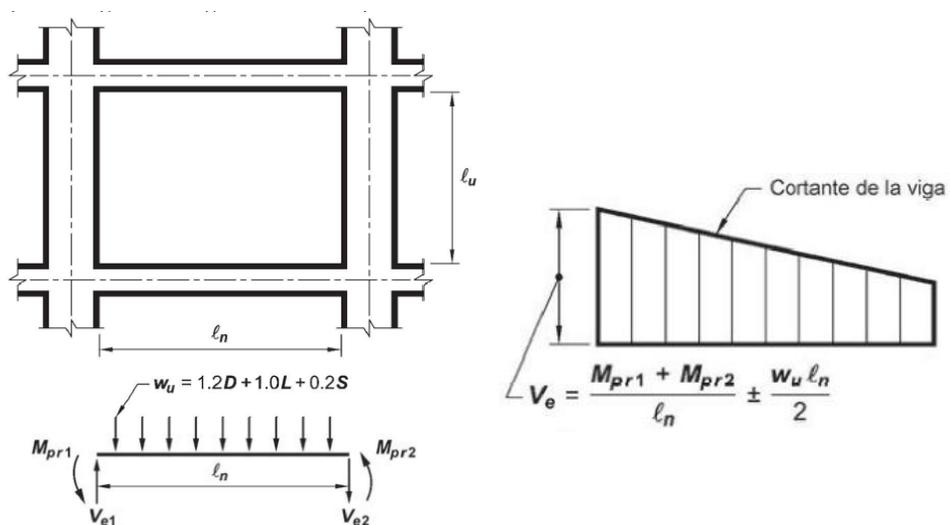
Para vigas en la cual la separación entre camas exceda de 30,50 centímetros es necesario colocar un refuerzo adicional, para prevenir el agrietamiento causado por esfuerzos internos de corte; el código ACI especifica que debe de ser  $1,61 \text{ cm}^2$  por cada pie de alto; se colocaran 2 varillas corridas núm. 5, ubicadas en el eje neutro de la viga.

- Diseño de viga a corte

Ya que se tiene definido el armado por flexión, se calcula el refuerzo para resistir los esfuerzos de corte (estribos), sobre la viga, para ello nos rige el ACI en la sección 21.5.4.1 donde establece que la fuerza cortante de diseño,  $V_c$  se debe determinar a partir de las fuerzas estáticas en la parte del elemento comprendida entre las caras del nudo. Se debe suponer que en las caras de los nudos localizados en los extremos del elemento actúan momentos de signo opuesto que corresponden a la resistencia probable  $M_{pr}$  y que el elemento está además cargado con cargas aferentes gravitacionales mayoradas a lo largo de la luz.

Los momentos en los extremos  $M_{pr}$  basados en el esfuerzo de tracción en el refuerzo de  $1,25f_y$  con un factor de reducción igual a 1.

Figura 20. Fuerza cortante de diseño en vigas



Fuente: ACI 318S-11. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-05) y comentario (ACI 318SR-05)*. p. 353

La sección 21.5.3 establece los parámetros de diseño sísmico para refuerzo transversal, entre ellos se consideraron:

- Deben de disponerse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones de los elementos pertenecientes a pórticos:
  - En una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.
  - En longitudes iguales a dos veces la altura del elemento a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.
- El primer estribo de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menos de:
  - $d/4$
  - Seis veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas
  - 150 mm
- Cuando no se requieran de estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de  $d/2$  en toda la longitud del elemento.

Mencionados los parámetros y criterios a usar para su diseño, se procede a calcular.

Datos:

- $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $f_s = 1,25f_y$
- $d = 56 \text{ cm}$
- $b = 30 \text{ cm}$
- $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $A_{s(-)} = 8,48 \text{ cm}^2$
- $A_{s(+)} = 9,96 \text{ cm}^2$
- $B_1 = 0,85$  cuando  $f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$
- $CM = 2\,622,60 \text{ kg/m}$
- $CV = 12\,312,50 \text{ kg/m}$
- $l_n = 6,55 \text{ m}$

Calculando:

- $A_{(+)} = \frac{A_s \times f_s}{0,85 \times f'_c \times b}$
- $A_{(+)} = \frac{9,96 \times 4\,200 \times 1,25}{0,85 \times 280 \times 30}$
- $A_{(+)} = 7,3235 \text{ cm}$
  
- $A_{(-)} = \frac{8,48 \times 4\,200 \times 1,25}{0,85 \times 280 \times 30}$
- $A_{(-)} = 6,2353 \text{ cm}$
  
- $M_{pr3} = A_s \times f_y \times (d - \frac{A_s}{2})$
- $M_{pr3} = 9,96 \times 1,25 \times 4\,200 \times (56 - \frac{7,3235}{2})$
- $M_{pr3} = 2\,736 / 767,09 \text{ kg-cm}$

- $M_{pr4} = 8,48 \times 1,25 \times 4 \ 200 \times \left(56 - \frac{6,2353}{2}\right)$
- $M_{pr4} = 2 \ 354 / 322,22 \text{ kg-cm}$
- $W_u = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ CV} + 0,2\text{S}$
- $W_u = 1,0 (12 \ 312,50) + 1,2 (2 \ 622,60) + 0,2 (10 \ 773,75)$
- $W_u = 15 \ 814,37 \text{ kg/m}$

- Cortantes en vigas:

- $V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{ln} \pm \frac{W_u \times ln}{2}$
- $V_{e3} = \frac{2 \ 736 \ 767,09 + 2 \ 354 \ 322,22}{6,55} + \frac{15 \ 814,37 \times 6,55}{2}$
- $V_{e3} = 777 \ 265,54 + 51 \ 792,06$
- $V_{e3} = 829 \ 057,61 \text{ kg}$
- $V_{e4} = \frac{2 \ 736 \ 767,09 + 2 \ 354 \ 322,22}{6,55} - \frac{15 \ 814,37 \times 6,55}{2}$
- $V_{e4} = 777 \ 265,54 - 51 \ 792,06$
- $V_{e4} = 725 \ 473,48 \text{ kg}$

- Fuerza cortante requerida para el elemento:

- $V_3 = \frac{(1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}) \times L}{2}$
- $V_3 = \frac{(1,2 \times 2 \ 622,60 + 1,6 \ 12 \ 312,50) \times 7,50}{2}$
- $V_3 = 85 \ 676,70 \text{ kg}$

Evaluando el corte a una distancia  $d = 56 \text{ cm}$  dado a que se puede considerar esta como una zona potencial de formación de rótulas plásticas.

- $V = 85\,676,70 - (1,2 \times 2\,622,60 + 1,6 \times 12\,312,50) \times \left(\frac{0,55}{2} + 0,56\right)$
- $V = 66\,599,35 \text{ kg}$
- Cálculo de la resistencia del concreto a corte:
  - $V_c = 0,53 \times \Phi \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$
  - $V_c = 0,53 \times 1,0 \times \sqrt{280} \times 30 \times 56$
  - $V_c = 14\,899,24 \text{ kg}$

El código ACI 318S-11 en la sección 21.6.5.2 requiere que se debe diseñar el cortante suponiendo la capacidad de corte del hormigón igual a cero, es decir,  $V_c = 0$ , si la fuerza cortante inducida por sismo representa la mitad o más de las resistencias de corte requerida en estas zonas.

Haciendo el chequeo por corte inducido por sismo es  $777\,265,54 \text{ kg}$  y el corte total es  $829\,057,61 \text{ kg}$ , entonces  $777\,265,54 / 829\,057,61 = 0,93$ , el corte inducido por sismo representa el 93 % del corte total en esa zona por lo que no debe tomarse en cuenta el corte que resiste el concreto.

El código ACI 318S-11 en la sección 21.3.4.2 requiere que deben disponerse estribos de confinamiento en una longitud igual a 2 veces la altura del elemento, medida desde la cara de apoyo del elemento, hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento a flexión. El primer el primer estribo no debe de estar a más de 5 cm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe de exceder el menor de:

- $\frac{d}{4}$

- Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal más pequeña
- 24 veces el diámetro del estribo de confinamiento
- 300 mm

Realizando la revisión:

- $\frac{56}{4} = 14 \text{ cm}$
- $8 \times 1,91 = 15,28 \text{ cm}$
- $24 \times 0,95 = 22,80 \text{ cm}$
- $300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$
  
- $L_{\text{confinamiento}} = 2h$
- $L_{\text{confinamiento}} = 2 \times 0,60$
- $L_{\text{confinamiento}} = 1,20 \text{ m}$

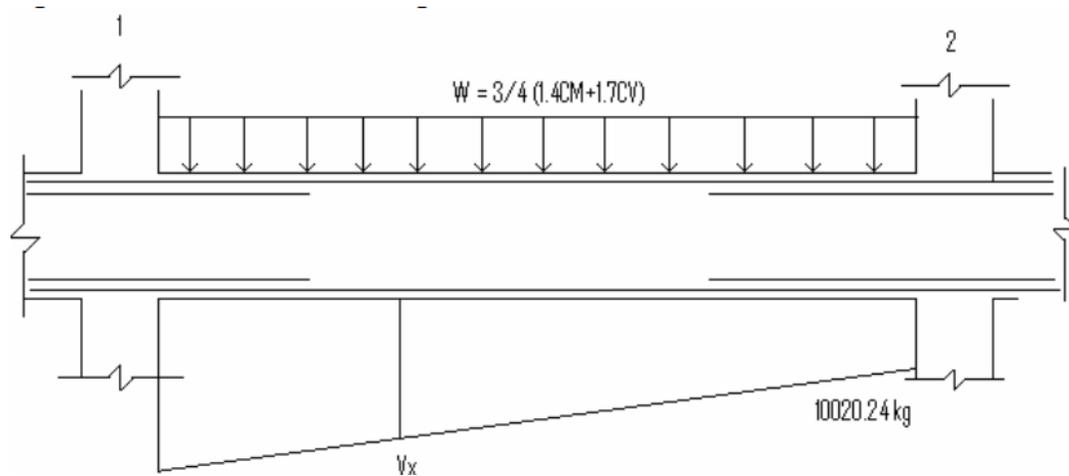
El código ACI 318S-11, en la sección 21.3.4.3 requiere que deben colocarse estribos espaciados a no más de  $d/2$  en toda la longitud del elemento.

Rectificando lo anterior, se tiene:

$$\frac{d}{2} = \frac{56}{2}$$

$$\frac{d}{2} = 28 \text{ cm} = 0,28 \text{ m}$$

Figura 21. Fuerzas cortantes en viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Donde:

- $V_{C1} = 829\ 057,61 \text{ kg}$
- $V_{C2} = 725\ 473,48 \text{ kg}$
- Cálculo de corte  $V_x$  a una distancia 1,20 m
- $V'_x = \frac{(829\ 057,61 - 725\ 473,48) \times 6,30}{(1,20 + 6,30)}$
- $V'_x = 87\ 010,66 \text{ kg}$
- $V''_x = 725\ 473,48 \text{ kg}$
- $V_x = 87\ 010,66 + 725\ 473,48$
- $V_x = 812\ 484,14 \text{ kg}$

### Cálculo de espaciamiento de estribos de confinamiento

$$S = \frac{\phi \times A_s \times f_y \times d}{V_e}$$

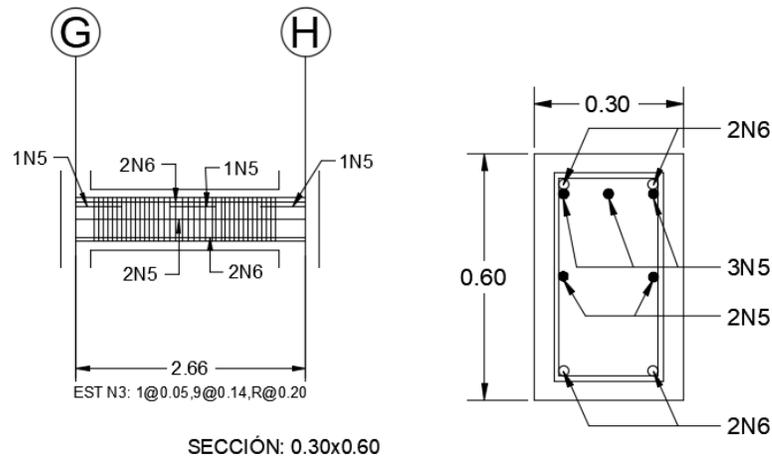
El código ACI 318S-11 apéndice C, sección C.9.3.2 requiere que para elementos controlados por corte se debe aplicarle un factor de reducción  $\Phi = 0,85$ , proponiendo estribos núm. 3 área de acero  $2 \times 0,71 \text{ cm}^2 = 1,42 \text{ cm}^2$ .

Por lo tanto, se tiene:

- $S = \frac{0,85 \times 1,42 \times 4 \times 200 \times 56}{829 \, 057,61}$
- $S = 0,34 \text{ m}$
  
- $S = \frac{0,85 \times 1,42 \times 4 \times 200 \times 56}{812 \, 484,14}$
- $S = 0,34 \text{ m}$

Basados en lo anterior el espaciamiento de los estribos quedarán así: Est. núm. 3, 1@0,05 m, 9@0,14 m y resto @0,20 m.

Figura 22. Armado final de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.10.3. Diseño de columnas

Para este caso, se diseñará la columna crítica que se encuentra en el eje H con intersección en el eje 5 y el diseño resultante fue aplicado a todas las columnas de los tres módulos y del nivel respectivo.

Para su diseño, se deben cumplir los parámetros que establece el código ACI 318S-11, para elementos sismorresistentes. La sección 10.8, establece que es adecuado diseñar una columna de dimensiones suficientes para resistir la carga mayorada que esté dentro de los porcentajes mínimos de refuerzo de elementos sometidos a compresión. Dentro de los requerimientos mínimos para el diseño de sus dimensiones, la sección 21.6.1.1 y 21.6.1.2, plantea lo siguiente:

- La dimensión menor de la sección transversal, no debe ser menor de 30 cm.

- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal de la dimensión perpendicular no debe ser menor a 0,4.

El refuerzo longitudinal sirve para controlar las deformaciones que el momento de fluencia exceda al momento de fisuración, en la sección 21.6.3.1 establece:

- El área de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$  no debe ser menor que 0,01  $A_g$  ni mayor que 0,06  $A_g$ .

El refuerzo transversal tiene relación con el confinamiento del concreto y el suministro de soporte lateral al refuerzo longitudinal. En la sección 21.6.4.1, establece que el refuerzo transversal debe suministrarse en una longitud  $l_o$ , medida desde la cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión. La longitud,  $l_o$ , no deber ser menor de la mayor de:

- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión.
- Un sexto de la luz libre del elemento.
- 45 cm.

Los requisitos de espaciamiento transversal, tomamos en cuenta la sección 21.6.4.3 donde indica que la separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal
- $S_o$  según lo definido en la siguiente ecuación

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right)$$

$$10 \text{ cm} \leq S_o \leq 15 \text{ cm}$$

Los datos necesarios para el diseño de columnas fueron obtenidos del análisis estructural y se diseñó con el mayor de los momentos actuantes. Los datos de diseño para las columnas son los siguientes:

- Sección = 0,55 x 0,55 m
- $M_x = 30\,049,04 \text{ kg-m}$
- $M_y = 19\,899,96 \text{ kg-m}$
- $L_u = 4,40 \text{ m}$

La carga axial se determina por medio de áreas tributarias, incluyendo el peso de las vigas que se localicen dentro de dicha área. Considerando que si la columna soporta otros niveles, la carga axial de los niveles superiores se acumulan para su diseño.

Tabla XXXIII. **Carga axial sobre columnas del nivel 1 y 2**

<b>Carga axial, nivel 2</b>			
CM	$W_{losa} + W_{sc}$	360	kg/m <sup>2</sup>
CV	Cviva techo sin acceso	100	kg/m <sup>2</sup>
CU2	$Cu = 1,4CM + 1,7CV$	674	kg/m <sup>2</sup>
<b>Fcu2</b>	$Fcu2 = Cu / (CM + CV)$	<b>1,47</b>	
<b>Carga axial, nivel 1</b>			
CM	$W_{losa} + W_{sc} + W_{muro}$	510	kg/m <sup>2</sup>
CV	Cviva más crítica	500	kg/m <sup>2</sup>
CU1	$Cu = 1,4CM + 1,7CV$	1 564	kg/m <sup>2</sup>
<b>Fcu1</b>	$Fcu1 = Cu / (CM + CV)$	<b>1,55</b>	

Fuente: elaboración propia.

La carga axial,  $P_u$ , se determina por medio de la siguiente expresión:

$$P_U = (A_{\text{trib}} \times C_u) + (A_v \times L_v \times W_c \times F_{cu})$$

Donde:

- $P_u$  = carga axial última sobre la columna del nivel analizado
- $A_{\text{trib}}$  = área tributaria
- $C_u$  = carga última del nivel analizado
- $L_v$  = luz libre de la viga
- $W_c$  = peso del concreto
- $F_{cu}$  = factor de carga última del nivel analizado
- $A_c$  = área de la columna nivel 2
- $L_c$  = altura de la columna nivel 2
- $A_v$  = área transversal de la viga en el nivel 1

Se procede a calcular la carga axial última sobre la columna del nivel 2 y nivel 1.

Calculando:

Nivel 2

- $P_{U2} = (A_{\text{trib}} \times C_{u2}) + (A_v \times L_v \times W_c \times F_{cu2})$
- $P_{U2} = (57,46 \text{ m}^2 \times 674 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}) + (2 \times 0,30 \times 0,60 \times 8,90 \times 2400 \times 1,47)$
- $P_{U2} = 49\,997,60 \text{ kg}$
- $P_{U2} = 50,00 \text{ ton}$

## Nivel 1

- $P_{U1} = P_{U2} + (A_c \times L_c \times W_c \times F_{cu2}) + (A_v \times L_v \times W_c \times F_{cu1}) + (A_{trib} \times C_{u1})$
- $P_{U1} = 49\,997,60 + (0,55 \times 0,55 \times 3,60 \times 2\,400 \times 1,47) + (2 \times 0,30 \times 0,60 \times 2\,400 \times 1,55) + (57,46 \times 1\,564)$
- $P_{U1} = 145\,038,55 \text{ kg}$
- $P_{U1} = 145,04 \text{ ton}$

Antes de realizar el diseño de la columna, se deben evaluar los efectos de esbeltez para obtener los momentos y cargas de diseño.

La esbeltez,  $E$ , de un elemento estructural es la reducción de resistencia de un elemento sujeto a compresión axial o a flexocompresión. Por la relación de esbeltez las columnas son clasificadas en:

- Columnas cortas: si  $E < 22$ , se diseñan con los datos del diseño estructural.
- Columnas intermedias: si  $22 < E < 100$ , se deben magnificar los momentos actuantes para su diseño.
- Columnas largas: si  $E > 100$ , no se recomienda la construcción porque fallan por pandeo.

La esbeltez de una columna se determina mediante la relación que nos proporciona la expresión de la sección 10.10.1, se tiene:

$$E = \frac{K \times L_u}{R}$$

Donde:

- K = coeficiente de rigidez de la columna.
- $L_u$  = longitud efectiva (sección 10.10.1.1).
- R = radio de giro (0,3 h), donde h es el lado menor, esto aplica para elementos rectangulares (sección 10.10.1.2).

Para obtener el factor de longitud efectiva, k, se recurre a los ábacos de alineamiento de Jackson y Moreland, o en a las ecuaciones de Furlong las cuales trabajan mediante los siguientes rangos:

- $K = \frac{20 - \Psi_m}{20} \times \sqrt{1 + \Psi_m}$  para  $\Psi_m < 2$
- $K = 0,9 \times \sqrt{1 + \Psi_m}$  para  $\Psi_m \geq 2$

Donde:

- $\Psi_m = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$

El cálculo de coeficientes para determinar el grado de empotramiento a la rotación en las columnas ( $\Psi$ ) en ambos extremos se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\Psi = \frac{\frac{\sum I_{col}}{L_{col}}}{\frac{\sum I_v}{L_v}}$$

Donde:

- $I$  = inercia de los elementos que llegan al nodo considerado
- $L$  = longitud de los elementos que llegan al nodo

En la sección 10.10.4.1, se permite el uso de las siguientes propiedades para los miembros de la estructura, momentos de inercia para viga  $0,35I$  y para columnas  $0,70I$  estas propiedades pueden usarse para marcos arriostrados (sin desplazamiento) y marcos no riostrados (con desplazamiento) basados en esto se tiene:

$$\Psi = \frac{0,70 \times \frac{\sum I_{col}}{L_{col}}}{0,35 \times \frac{\sum I_v}{L_v}}$$

Calculando las inercias:

- $I_{col} = \frac{1}{12} \times 55 \times 55^3$
- $I_{col} = 762\,552,08 \text{ cm}^4$
  
- $I_{viga} = \frac{1}{12} \times 30 \times 60^3$
- $I_{viga} = 540\,000 \text{ cm}^4$

Calculando la esbeltez de la columna:

Extremo superior:

- $$\Psi_a = \frac{0,70 \times \left( \frac{762\,552,08}{360} + \frac{762\,552,08}{440} \right)}{0,35 \times \left( \frac{540\,000}{753} + \frac{540\,000}{890} \right)}$$

- $\Psi_a = 5,818191$

Extremo inferior:

- $\Psi_b = 0$ , si es empotramiento perfecto, pero si se asemeja se supone 1.

Determinando:

- $\Psi_m = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$
- $\Psi_m = \frac{5,818181 + 0}{2}$
- $\Psi_m = 2,9090$

Entonces:

- $K = 0,9 \times \sqrt{1 + \Psi_m}$  para  $\Psi_m \geq 2$
- $K = 0,9 \times \sqrt{1 + 2,9090}$
- $K = 1,535$

Chequeando la relación de esbeltez:

- $E = \frac{K \times L_u}{R}$
- $E = \frac{1,535 \times 440}{0,30 \times 55}$
- $E = 40,93$

Con base en lo anterior, se clasifica la columna:

- $E = 40,93 > 22 \rightarrow$  magnificar momento

Entonces la columna se clasifica como columna intermedia ( $22 < E < 100$ ), por lo tanto, se magnificarán los momentos actuantes.

El magnificador de momento,  $\delta$ , es un factor de amplificación de momentos para tener en cuenta los efectos de la curvatura entre los extremos del elemento a compresión; es decir, es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar pandeo; la sección 10.10.6 guía el procedimiento y las expresiones para magnificar los momentos, entre ellas:

$$\sigma = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(K \times L_u)^2}$$

$$EI = \frac{0,4 \times E_c \times I}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{CM_u}{CU_{total}}$$

$$M_c = \delta M_2$$

Donde:

- $C_m$  = factor de corrección, relaciona el diagrama existente con un diagrama de momentos equivalente, el valor va de, 0,4 a 1.
- $P_c$  = carga crítica de pandeo de Euler.
- $P_u$  = carga axial mayorada.

- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $\beta_d$  = factor de flujo plástico.

Calculando:

- $$\beta_d = \frac{1,2 \times (300 \frac{kg}{m^2} + 60 \frac{kg}{m^2})}{1,2 \times (300 \frac{kg}{m^2} + 60 \frac{kg}{m^2}) + 1,6 \times (500 \frac{kg}{m^2})}$$

- $\beta_d = 0,3541$

- $E_c = 15\ 100 \times \sqrt{280}$

- $E_c = 252\ 671,33 \text{ kg/cm}^2$

- $$EI = \frac{0,4 \times (252\ 671,33 \times 762\ 552,08)}{1+0,3541}$$

- $EI = 5,69 \times 10^{10} \text{ kg-cm}^2$

- $EI = 569\ 000 \text{ ton} - \text{m}^2$

- $$P_{c \text{ eje 5 sentido x}} = \frac{\pi^2 \times (569\ 000)}{(1,535 \times 3,30)^2}$$

- $P_{c \text{ eje 5 sentido x}} = 217\ 441,63 \text{ ton}$

- $$P_{c \text{ eje H sentido y}} = \frac{\pi^2 \times (569\ 000)}{(1\ 535 \times 4,40)^2}$$

- $P_{c \text{ eje H sentido y}} = 123\ 109,03 \text{ ton}$

- $$\delta_{\text{ eje 5}} = \frac{1}{1 - \frac{145,04 \text{ ton}}{0,75 \times 217\ 441,63 \text{ ton}}}$$

- $\delta_{\text{ eje 5}} = 1,00089$

- $$\delta_{\text{ eje H}} = \frac{1}{1 - \frac{145,04 \text{ ton}}{0,75 \times 123\ 109,08 \text{ ton}}}$$

- $\delta_{\text{eje H}} = 1,00157$

Magnificando los momentos:

- $M_{dx_{\text{eje 5}}} = \delta_{\text{eje 5}} M_x$
- $M_{dx_{\text{eje 5}}} = 1,00089 \times 30\,049,04 \text{ kg-m}$
- $M_{dx_{\text{eje 5}}} = 30\,075,79 \text{ kg-m}$
- $M_{dy_{\text{eje H}}} = \delta_{\text{eje H}} M_y$
- $M_{dy_{\text{eje H}}} = 1,00157 \times 19\,899,96 \text{ kg-m}$
- $M_{dy_{\text{eje H}}} = 19\,931,27 \text{ kg-m}$

Comprobando lo establecido por la sección 21.6.1 para el diseño de elementos sometidos a flexión y carga axial resistentes a momentos, se establece que estos deben estar diseñados para:

- Resistan fuerzas inducidas por sismo.
- Con fuerza axial mayorada de compresión  $P_u$  bajo cualquier combinación de carga que exceda  $\frac{A_g \times f'_c}{10}$ .

Estos elementos deben satisfacer lo establecido en la sección 21.6.1.1 y 26.6.1.2, lo cual indica:

- La dimensión transversal, medida en una línea recta que pase a través del centroide geométrico, no debe ser menor que 30 centímetros.
- La relación entre la dimensión menor y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,4.

Rectificando, los parámetros anteriores, se tiene:

- $P_{U1} = 145\ 038,55\text{ kg}$
- $\frac{A_g \times f'_c}{10} = \frac{55 \times 55 \times 280}{10}$
- $\frac{A_g \times f'_c}{10} = 84\ 700\text{ kg}$

Según los resultados obtenidos, se decreta que sí se cumple con lo establecido por el código ACI 318S-11, ya que  $P_{U1} > \frac{A_g \times f'_c}{10} \rightarrow 145\ 038,55\text{ kg} > 84\ 700\text{ kg}$  y la dimensión menor de la sección es de 55 cm y la relación entre la menor dimensión y la perpendicular  $\rightarrow \frac{55}{55} = 1$ , es mayor que 0,4.

El acero longitudinal se calcula con base en la sección 21.6.3.1, donde se tiene:

$$\begin{aligned} A_{s\text{ min}} &= 0,01 A_g \rightarrow 0,01 \times (55 \times 55) = 30,25\text{ cm}^2 \\ A_{s\text{ max}} &= 0,06 A_g \rightarrow 0,06 \times (55 \times 55) = 181,50\text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se propone para el acero longitudinal 12 varillas no. 8, equivalente a 60,84 cm<sup>2</sup>.

Para verificar si el refuerzo propuesto es el adecuado, utilizaremos el método de cargas inversas o de cargas recíprocas mediante el uso de diagramas de interacción para diseño de columnas. Dado que la sección de la columna es cuadrada y el refuerzo longitudinal es simétrico, el diagrama de interacción es el mismo para los sentidos X y Y. Para el chequeo se emplea la expresión:

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

Donde:

- $P'_u$  = capacidad real de la columna
- $P'_{ux}$  = resistencia de la columna a una excentricidad X
- $P'_{uy}$  = resistencia de la columna a una excentricidad Y

Los valores a utilizar en los diagramas se determinan con las expresiones:

- Valor de la gráfica: se determina por medio de la expresión:

$$\gamma = \frac{h_n}{h}$$

Donde:

- $h_n$  = altura del núcleo de la columna
- $h$  = altura de la sección transversal de la columna
- $r$  = recubrimiento

Calculando:

- $\gamma = \frac{b-2r}{h}$
- $\gamma = \frac{55-(2 \times 4)}{55}$
- $\gamma = 0,85$

- Valor de la curva: dependiendo del diagrama de interacción empleado, el valor de la curva estará dado por:

$$\rho_{tu} = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times A_g}$$

Donde:

- $\rho_{tu}$  = valor de la curva
- $\rho_g$  = valor de la curva
- $A_s$  = área de acero longitudinal
- $f_y$  = resistencia del acero
- $f'_c$  = resistencia del concreto
- $A_g$  = área gruesa de la columna

Calculando las excentricidades:

- $e_x = \frac{M_{dx}}{P_{u1}}$
- $e_x = \frac{30\,075,79 \text{ kg-m}}{145\,038,55 \text{ kg}}$
- $e_x = 0,20736 \text{ m}$
- $e_y = \frac{M_{dy}}{P_{u1}}$
- $e_y = \frac{19\,931,27 \text{ kg-m}}{145\,038,55 \text{ kg}}$
- $e_y = 0,13742 \text{ m}$

Estimando el valor de las diagonales:

- $\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,20736}{0,55} \rightarrow 0,38$

- $\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,13742}{0,55} \rightarrow 0,25$

Con los valores obtenidos, se busca los valores en el diagrama de interacción (ver anexo) de los coeficientes  $K_x$  y  $K_y$ , cuyos valores son:

- $K'_x = 0,23$
- $K'_y = 0,77$

Obtenidos los coeficientes, se calculan las cargas de resistencia de la columna con ambas excentricidades, por medio de las expresiones:

- $P'_x = K'_x \times f_c \times A_g$
- $P'_x = 0,23 \times 280 \times 3\ 025$
- $P'_x = 194\ 810\ \text{kg}$
- $P'_x = 194,81\ \text{ton}$
  
- $P'_y = K'_y \times f_c \times A_g$
- $P'_y = 0,77 \times 280 \times 3\ 025$
- $P'_y = 652\ 190\ \text{kg}$
- $P'_y = 652,19\ \text{ton}$

Por último, se debe calcular la carga última que resiste la columna sin excentricidad, esto es carga axial pura, de la siguiente forma:

- $P'_o = \Phi (0,85 \times f'_c (A_g - A_s) + A_s \times f_y)$
- $P'_o = 0,70 \times (0,85 \times 280 (3\ 025 - 60,84) + (60,84 \times 4\ 200))$
- $P'_o = 709\ 730,92\ \text{kg}$
- $P'_o = 709,73\ \text{ton}$

Aplicando la fórmula de Bressler:

- $$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$
- $$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{194\ 810} + \frac{1}{652\ 190} - \frac{1}{709\ 730,92}}$$
- $P'_u = 190\ 203,83\ \text{kg}$

El valor de  $P'_u$  debe ser mayor o igual que el valor  $P$  nominal ( $P_n$ ), para que la propuesta de acero sea la correcta, si esto no fuera así se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

Donde:

- $P_n = \frac{P_u}{\phi}$
- $P_n = \frac{145\ 038,55\ \text{kg}}{0,80}$
- $P_n = 181\ 298,19\ \text{kg}$

Entonces:

$$P'_u > P_n$$

$$190\ 203,83\ \text{kg} > 181\ 298,19\ \text{kg} \rightarrow \text{sí cumple}$$

El área de acero que se propuso sí soporta los esfuerzos a los que está sometido el elemento. Se utilizará para el acero longitudinal 12 varillas núm. 8, equivalente a 60,84 cm<sup>2</sup> lo que corresponde a una cuantía 2,01 %.

El acero transversal debe suministrarse sobre una longitud medida desde la cara del nudo y ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del marco, dicha longitud no debe ser menor que lo establecido en la sección 21.6.4.1, se tiene:

- Altura del elemento → 0,55 m
- $\frac{1}{6}$  de la luz libre →  $\frac{1}{6} \times 4,40 = 0,73$
- 0,45

A criterio se establece que la longitud de confinamiento debe ser al menos 0,75 m en ambos extremos de la columna.

En la sección 21.6.4.4, inciso b, indica que para el refuerzo transversal se requiere del área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares,  $A_{sh}$ , no sea menor que la requerida por las siguientes expresiones:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{S x b_c x f'_c}{f_{yt}} x \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 x \left( \frac{S x b_c x f'_c}{f_y} \right)$$

Donde:

- $A_{sh}$  = área total del refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocados dentro del espaciamiento y perpendicular a la dimensión  $b$  ( $\text{cm}^2$ ).
- $S$  = espaciamiento medido centro a centro de los estribos.
- $b_c$  = dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área  $A_{sh}$ .
- $A_g$  = área bruta de la sección.
- $A_{ch}$  = área de la sección transversal de un elemento, medidas desde los bordes exteriores del refuerzo transversal.

Calculando:

- $$A_{sh} = 0,30 \times \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \right]$$
- $$A_{sh} = 0,30 \times \frac{S \times 47 \times 280}{4\ 200} \times \left[ \left( \frac{3\ 025}{2\ 209} - 1 \right) \right]$$
- $$A_{sh} = 0,35 S$$
- $$A_{sh} = 0,09 \times \left( \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_y} \right)$$
- $$A_{sh} = 0,09 \times \left( \frac{S \times 47 \times 280}{4\ 200} \right)$$
- $$A_{sh} = 0,28 S$$

Proponiendo el refuerzo transversal: 1 núm. 4, equivalente a 1,27 cm<sup>2</sup>.

Entonces:

- $A_{sh} = 2 \times 1,27$
- $A_{sh} = 2,54 \text{ cm}^2$
  
- $A_{sh} = 0,35 S$
- $2,54 = 0,35 S$
- $S = 7,26 \text{ cm}$
  
- $A_{sh} = 0,28 S$
- $2,54 = 0,28 S$
- $S = 9,07 \text{ cm}$

Por modulación, la separación de estribos cerrados de confinamiento medidos de centro a centro es 5,00 centímetros.

El refuerzo en zona sin confinamiento el código nos refiere a la sección 21.6.4.3, indica que la que la separación de refuerzo transversal no debe exceder la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal
- $S_o$  según lo definido en la siguiente ecuación

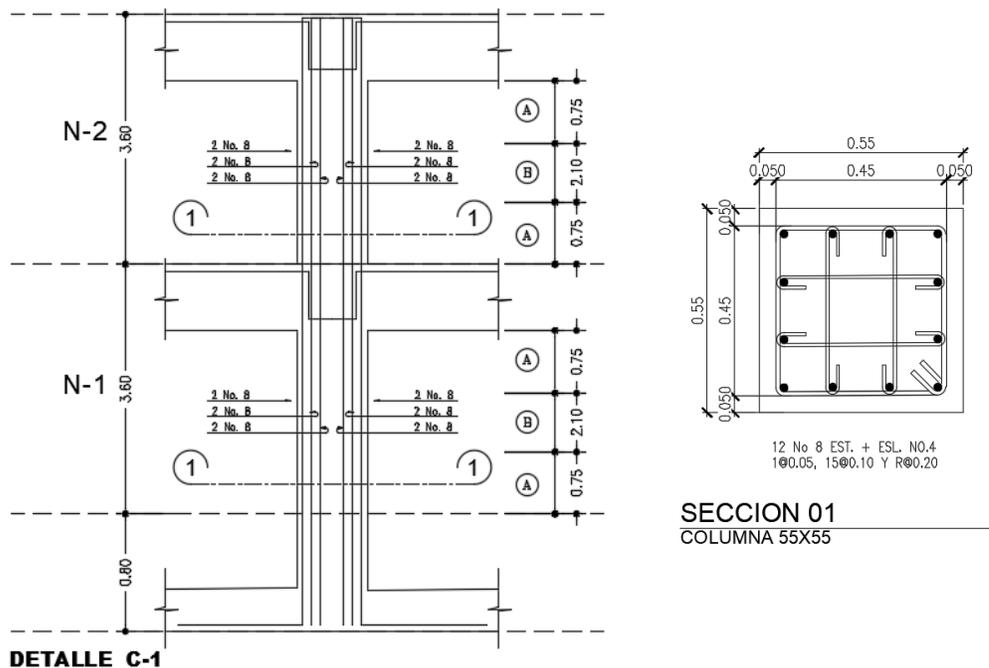
$$S_o = 10 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$$
$$10 \text{ cm} \leq S_o \leq 15 \text{ cm}$$

Rectificando:

- $\frac{1}{4} \times 55 = 13,75 \text{ cm}$
- $6 \times 5,07 = 30,42 \text{ cm}$
- $10 + \left(\frac{350-470}{3}\right) = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ cm}$

En el resto de la columna, el refuerzo transversal, en zonas donde no se requiere estribos cerrados de confinamiento se proporcionó estribos cerrados espaciados a cada 15,00 centímetros medidos de centro a centro.

Figura 23. **Detalle de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

#### 2.1.10.4. Diseño de cimentación

Los cimientos de una estructura son los encargados de transmitir las cargas al suelo, por eso la importancia de haber realizado un buen estudio de mecánica de suelos determinando la capacidad de soporte y así realizar un diseño adecuado para no tener problemas de hundimiento desfavorables. Para el diseño de la cimentación se debe considerar la naturaleza de las cargas, la influencia en la estructura y las condiciones del suelo.

En este proyecto se utilizarán zapatas concéntricas y zapatas excéntricas, para cargar las columnas.

- Zapatas concéntricas

Los datos a utilizar para el diseño de la zapata son:

- $M_{ux} = 6\,877,01 \text{ kg}$
- $M_{uy} = 12\,230,53 \text{ kg}$
- $V_s = 32,00 \text{ ton/m}^2$
- $W_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$
- $P_u = 72\,050,00 \text{ kg}$
- $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $F_{cu} = 1,55$
- $W_s = 1,48 \text{ ton/m}^2$
- $D_f = 0,80 \text{ m}$  (La profundidad mínima de cimentación será de 0,80 m. según lo especifica en AGIES NSE 2.1, tabla 5.10.1)
- $t_{zapata} = 0,40 \text{ m}$

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

- $P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}}$
- $P'_t = \frac{72050,00}{1,55}$
- $P'_t = 46\,483,87 \text{ kg-m}$
- $P'_t = 4,48 \text{ ton-m}$

- $M_{tx} = \frac{M_{ux}}{F_{cu}}$
- $M_{tx} = \frac{6\,877,01}{1,55}$
- $M_{tx} = 4\,436,78 \text{ kg-m}$
- $M_{tx} = 4,44 \text{ ton-m}$

- $M_{ty} = \frac{M_{uy}}{F_{cu}}$
- $M_{ty} = \frac{12\,230,53}{1,55}$
- $M_{ty} = 7\,890,66 \text{ kg-m}$
- $M_{ty} = 7,89 \text{ ton-m}$

Predimensionamiento del área de la zapata:

- $A_z = \frac{1,5 \times P'_t}{V_s}$
- $A_z = \frac{1,5 \times 46,48}{32}$
- $A_z = 2,18 \text{ m}^2$

Se considera una zapata cuadrada de 1,80 metros por 1,80 metros, cubriendo un área de zapata de 3,24 m<sup>2</sup>.

Luego de haber dimensionado la zapata, se procede a calcular la carga máxima admisible ( $q_{m\acute{a}x}$ ), la cual debe ser menor que el valor soporte del suelo y mayor que cero ( $q_{m\acute{i}n}$ ), si se supone que las presiones están linealmente distribuidas.

Calculando:

- $P = P'_t + P_{propio} + P_{columna} + P_{suelo}$
- $P_{propio} = 3,24 \times 0,40 \times 2,40$
- $P_{propio} = 3,11 \text{ ton}$
- $P_{columna} = 0,55 \times 0,55 \times 2,40 \times 4,40$
- $P_{columna} = 3,19 \text{ ton}$
- $P_{suelo} = 3,24 \times 0,80 \times 1,48$
- $P_{suelo} = 3,83 \text{ ton}$
- $P = 46,48 + 3,11 + 3,19 + 3,38$
- $P = 56,16 \text{ ton}$

La zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas sobre ella por medio de la superficie en contacto con este ejerciendo presión en las cuatro esquinas. El valor de  $q_{m\acute{a}x}$  y  $q_{m\acute{i}n}$  se define mediante la siguiente expresión:

- $q_{max/min} = \frac{P_{total}}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$
- $S = \frac{b \times h^2}{6}$

Donde:

- $q_{\max}$  = carga máxima admisible
- $q_{\min}$  = carga mínima admisible
- $S$  = módulo inercial de la sección en el sentido indicado
- $P_{\text{total}}$  = presión total sobre el suelo
- $P'_t$  = carga axial de trabajo sobre la zapata
- $M_t$  = momento de trabajo en el sentido indicado
- $W_s$  = peso del suelo
- $W_z$  = peso de la zapata

Calculando:

- $S = \frac{b \times h^2}{6}$
- $S = \frac{1,80 \times 1,80^2}{6}$
- $S = 0,972 \text{ m}^3$
  
- $q_{\max} = \frac{56,16}{3,24} + \frac{7,89}{0,972} + \frac{4,44}{0,972}$
- $q_{\max} = 30,13 \text{ ton/m}^2$
  
- $q_{\min} = \frac{56,16}{3,24} - \frac{7,89}{0,972} - \frac{4,44}{0,972}$
- $q_{\min} = 4,71 \text{ ton/m}^2$
  
- $q_{\max} = 30,13 \text{ ton/m}^2 < 32,00 \text{ ton/m}^2 \rightarrow \text{Si cumple}$
- $q_{\min} = 4,71 \text{ ton/m}^2 > 0 \rightarrow \text{Si cumple}$

Lo anterior indica que están bien las dimensiones asumidas para el cálculo del área de la zapata.

- Presión de diseño

Existe presión en la parte de abajo de la zapata en un punto, es distinta a la localizada en cualquier otro, por motivos de diseño se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual puede ser un valor que se encuentre entre  $q_{med}$  y  $q_{max}$ . Un criterio muy conservador que se recomienda usar es  $q_{max}$  por tanto se obtuvo una presión de diseño última:

$$q_u = q_{max} \times F_{Cu}$$

Calculando:

- $q_u \text{ diseño} = 30,13 \times 1,55$
- $q_u \text{ diseño} = 46,70 \text{ ton/m}^2$

Peralte efectivo de la zapata, asumiendo varilla núm. 6,  $\Phi = 1,91 \text{ cm}$  y recubrimiento mínimo de 7,50 cm.

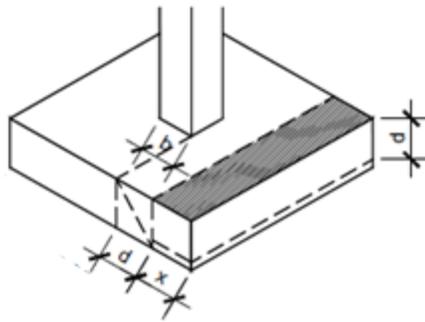
- $d = t_{asumido} - \text{rec} - \frac{\theta_{var}}{2}$
- $d = 40 - 7,50 - \frac{1,91}{2}$
- $d = 31,55 \text{ cm}$

- Chequeo por cortante simple

La falla por esfuerzo cortante en una zapata, ocurre a una distancia 'd' (peralte efectivo) en forma diagonal a 45 grados medidos a partir del rostro de la columna, por lo que se debe chequear que el esfuerzo cortante actuante en ese

punto, sea menor que el esfuerzo cortante resistente, esto se debe chequear en ambos sentidos.

Figura 24. **Falla por corte simple**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El área donde actúa el cortante simple en la zapata, por medio de la expresión:

$$A = b_z x \left( \frac{b_z - b_{col}}{2} - d \right)$$

Donde:

- A = área afectada por el cortante actuante
- $b_z$  = base de la zapata
- $b_{col}$  = base de la columna
- d = peralte efectivo

Calculando:

- $A = \left( \frac{b}{2} - \frac{t}{2} - d \right) \times b$
- $A = \left( \frac{1,80}{2} - \frac{0,40}{2} - 0,3155 \right) \times 1,80$
- $A = 0,69 \text{ m}^2$
  
- $V_{\text{act}} = A \times q_{\text{dis}} \text{ U}$
- $V_{\text{act}} = (0,69 \text{ m}^2) \times (46,70 \text{ ton/m}^2)$
- $V_{\text{act}} = 32,22 \text{ ton}$
  
- $V_{\text{res}} = \Phi \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$
- $V_{\text{res}} = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 180 \times 31,55$
- $V_{\text{res}} = 42,81 \text{ ton}$

Entonces:

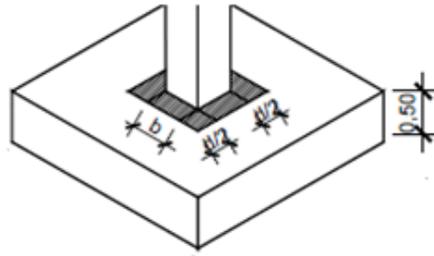
- $V_{\text{res}} > V_{\text{act}}$
- $42,81 \text{ ton} > 32,22 \text{ ton} \quad \rightarrow \quad \text{sí cumple}$

Como  $V_{\text{res}} > V_c$  sí cumple, el peralte resiste el cortante simple

- Chequeo por corte punzonante

Este corte es producido por el efecto que provoca la columna al intentar traspasar la zapata. El perímetro de la sección crítica de corte punzonante, siempre se presenta a una distancia  $d/2$  a partir del rostro de la columna

Figura 25. **Falla de corte por punzonamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Se calcula el área donde actúa el corte punzonante en la zapata:

- $A = b \times b - (0,55 \text{ m} + d)^2$
- $A = 1,80 \times 1,80 - (0,55 + 0,3155)^2$
- $A = 2,49 \text{ m}^2$
  
- $A_p = A_z - (b_c + d)^2$
- $A_p = 2,49 - (0,55 + 0,3155)^2$
- $A_p = 1,74 \text{ m}^2$

Calculando el corte actuante,  $V_{act}$ :

- $V_{act} = A_p \times q_{dis}$
- $V_{act} = 1,74 \text{ m}^2 \times (46,70 \text{ ton/m}^2)$
- $V_{act} = 81,25 \text{ ton}$

Cálculo del corte resistente,  $V_R$

$$V_R = 0,53 \times \Phi \times \left[1 + \frac{2}{\beta}\right] \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Donde:

- $B = 1 \rightarrow$  para columnas cuadradas
- $b_o =$  perímetro del área de punzonamiento

Calculando:

- $b_o = 4 \times (55 + 31,55)$
- $b_o = 346,20 \text{ cm}$
- $V_R = 0,53 \times 0,75 \times \left[1 + \frac{2}{1}\right] \times \sqrt{280} \times 346,20 \times 31,55$
- $V_R = 217,95 \text{ ton}$

Entonces:

- $V_R > V_{act}$
- $217,95 \text{ ton} > 81,25 \text{ ton} \rightarrow$  sí cumple

Como  $V_R > V_{act}$  sí cumple, el peralte resiste el cortante punzonante.

- Diseño del refuerzo transversal

Para resistir este momento flector, se debe reforzar con acero, se diseña con una franja unitaria de 1 metro. Cuando la zapata transmite los esfuerzos al

suelo, este produce una reacción, un empuje hacia arriba provocando momentos flectores. Para soportar los esfuerzos inducidos sobre la zapata es necesario reforzarla.

Calculando el momento flector último, por medio de la siguiente expresión:

$$M_u = \frac{q_u \times L_u^2}{2}$$

Entonces:

- $M_u = \frac{46,70 \times \left[ \frac{1,80}{2} - \frac{0,55}{2} \right]^2}{2}$
- $M_u = 9,12 \text{ ton-m}$

Ya establecido el momento flector último, se puede proceder a determinar el área de acero requerida por el momento con la fórmula general para calcular el área de acero.

$$A_s = \left( b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'_c}} \right) \times \left( \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right)$$

Entonces:

$$A_s = \left( 180 \times 31,55 - \sqrt{(180 \times 31,55)^2 - \frac{9012,10 \times 100}{0,003825 \times 280}} \right) \times \left( \frac{0,85 \times 280}{4200} \right)$$

$$A_s = 4,22 \text{ cm}^2$$

Calculando el área de acero mínima:

- $A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{f_y} \times b \times d$
- $A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} \times 180 \times 31,55$
- $A_{s \text{ min}} = 19,06 \text{ cm}^2$

El área de acero calculado, es menor que el área de acero mínimo, por lo que se coloca el acero mínimo (19,06 cm<sup>2</sup>).

Con el  $A_{s \text{ min}}$  se determina el espaciamiento (S) que se requiere, usando varillas núm. 6 (A = 2,85 cm<sup>2</sup>).

Cálculo del espaciamiento requerido:

$$\begin{array}{rcl}
 19,06 \text{ cm}^2 & \text{-----} & 180 \text{ cm} \\
 2,85 \text{ cm}^2 & \text{-----} & S
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} 19,06 \text{ cm}^2 \\ 2,85 \text{ cm}^2 \end{array}} \right\} S = 26,91 \text{ cm}$$

Armado inferior de la zapata: varillas núm. 6 a cada 0,25 metros.

Calculando el acero por temperatura, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \rho \times b \times t \\
 A_{st} &= 0,0020 \times 180 \times 40 \\
 A_{st} &= 14,40 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

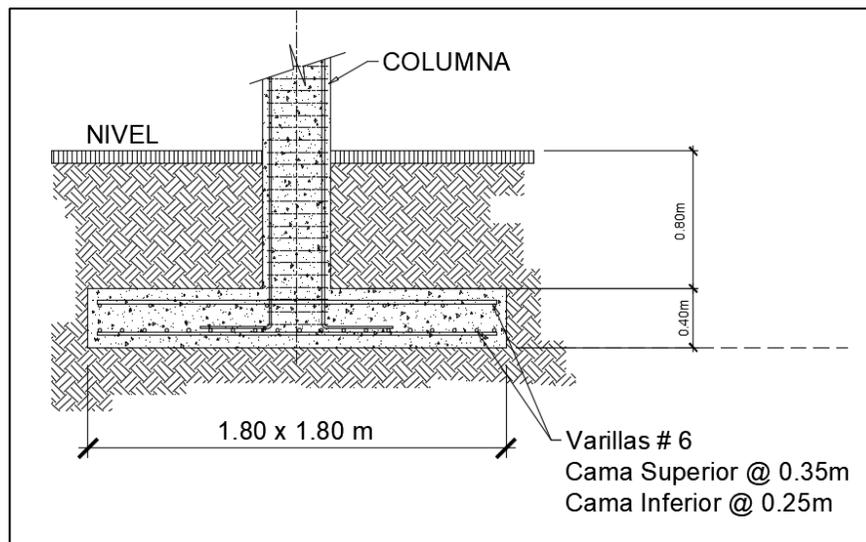
Con el  $A_{st}$  se determina el espaciamiento (S) que se requiere, usando varillas núm. 6 (A = 2,85 cm<sup>2</sup>).

Cálculo del espaciamiento requerido:

$$\left. \begin{array}{l} 14,40 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad 180 \text{ cm} \\ 2,85 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad S \end{array} \right\} S = 35,63 \text{ cm}$$

Armado superior de la zapata: varillas núm. 6 a cada 0,35 metros.

Figura 26. **Detalle de armado de zapata concéntrica Z1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- **Zapata excéntrica**

Este tipo de zapata se utiliza generalmente por la colindancia entre terrenos, o bien para juntas de construcción para lo cual a este proyecto aplica y se diseñará zapata aislada excéntrica de esquina. La diferencia entre este tipo de zapata y la excéntrica aislada de borde es el área de punzonamiento. Los datos a utilizar para el diseño de la zapata son:

- $M_{ux} = 6\,877,01 \text{ kg}$
- $M_{uy} = 12\,230,53 \text{ kg}$
- $V_s = 32,00 \text{ ton/m}^2$
- $W_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$
- $P_u = 72\,050,00 \text{ kg}$
- $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $F_{cu} = 1,55$
- $W_s = 1,48 \text{ ton/m}^2$
- $D_f = 0,80 \text{ m}$  (La profundidad mínima de cimentación será de 0,80 m. según lo especifica en AGIES NSE 2.1 tabla 5.10.1)
- $t_{zapata} = 0,40 \text{ m}$

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

- $P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}}$
- $P'_t = \frac{72050,00}{1,55}$
- $P'_t = 36\,483,87 \text{ kg-m}$
- $P'_t = 36,48 \text{ ton-m}$
  
- $M_{tx} = \frac{M_{ux}}{F_{cu}}$
- $M_{tx} = \frac{6877,01}{1,55}$
- $M_{tx} = 4\,436,78 \text{ kg-m}$
- $M_{tx} = 4,44 \text{ ton-m}$
  
- $M_{ty} = \frac{M_{uy}}{F_{cu}}$

- $M_{ty} = \frac{12\ 230,53}{1,55}$
- $M_{ty} = 7\ 890,66\ \text{kg-m}$
- $M_{ty} = 7,89\ \text{ton-m}$

Predimensionamiento del área de la zapata:

- $A_z = \frac{1,5 \times P_{lt}}{V_s}$
- $A_z = \frac{1,5 \times 46,48}{32}$
- $A_z = 2,18\ \text{m}^2$

Se considera una zapata cuadrada de 1,80 m x 1,80 m, cubriendo un área de zapata de 3,24 m<sup>2</sup>.

Parámetros de masa:

- $P_{propio} = 3,24 \times 0,40 \times 2,40$
- $P_{propio} = 3,11\ \text{ton}$
  
- $P_{columna} = 0,55 \times 0,55 \times 2,40 \times 4,40$
- $P_{columna} = 3,19\ \text{ton}$
  
- $P_{suelo} = 3,24 \times 0,80 \times 1,48$
- $P_{suelo} = 3,83\ \text{ton}$

Con los valores de los parámetros de masa calculados anteriormente, se procede a calcular la carga última de trabajo  $P_{UT}$ .

- $P_{UT} = 36,48 + 3,11 + 3,19 + 3,83$

- $P_{UT} = 46,61 \text{ ton}$
- Momento último de trabajo
  - $L_x = \frac{L_{zapata}}{2} - \frac{L_{columna}}{2}$
  - $L_x = \frac{1,80}{2} - \frac{0,55}{2}$
  - $L_x = 0,625 \text{ m}$
  - $M_{UT} = -M_{TX} + (P'_T \times L_x) + (PESO_{columna} \times L_x)$
  - $M_{UT} = -4,44 + (36,48 \times 0,62) + (3,19 \times 0,62)$
  - $M_{UT} = 20,16 \text{ ton} - \text{m}$
- Excentricidades
  - $e = \frac{M_{UT}}{P_{UT}}$
  - $e = \frac{20,16 \text{ ton-m}}{46,61 \text{ ton}}$
  - $e = 0,43 \text{ m}$
  - $a = \frac{L_{zapata}}{2} - e$
  - $a = \frac{1,80}{2} - 0,43$
  - $a = 0,47 \text{ m}$

Para comprobar que las dimensiones propuestas para la zapata son las correctas, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Primera condicionante
  - $3a < L_{zapata}$
  - $3 * 0,47 < 1,80$
  - $1,41 < 1,80 \rightarrow$  sí cumple
  
- Segunda condicionante
  - $e < \frac{B_{zapata}}{6}$
  - $0.43 < \frac{1,80}{6}$
  - $0,43 m < 0,30 m \rightarrow$  no cumple

Puesto que la segunda condición no cumple, significa que la presión mínima será negativa, al ocurrir esto se generara una tensión sobre el suelo y el mismo no puede soportarlas, por tanto, es inadmisibile. El libro de Braja M. Das *Principios de ingeniería de cimentaciones*, la siguiente ecuación modificada para calcular la presión máxima:

$$Q_{max} = \frac{4 \times P_{UT}}{3 \times L_{zapata} \times (B_{zapata} - 2e)}$$

$$Q_{max} = \frac{4 \times 46,61}{3 \times 1,80 \times (1,80 - 2 \times 0,43)}$$

$$Q_{max} = 36,73 \text{ ton}$$

- Presión de diseño
  - $q_{dis} = q_{max} \times F_{cu}$
  - $q_{dis} = 36,73 \times 1,55$
  - $q_{dis} = 56,93 \text{ ton}$

- Presión suelo y cimiento

- $q_{(c+s)} = F_{cu} \times (h_{suelo} \times \gamma_{suelo} + \text{Espesor}_{zapata} \times \gamma_{concreto})$
- $q_{(c+s)} = 1,55 \times (0,80 \times 1,48 + 0,40 \times 2,4)$
- $q_{(c+s)} = 3,32 \text{ ton/m}^2$

- Carga de sección

- $W_{\frac{x}{x}} = \frac{q_{diseño}}{3a}$
- $W_{\frac{x}{x}} = \frac{56,93}{3 \times 0,47}$
- $W_{\frac{x}{x}} = 40,36 \text{ ton/m}$

- Chequeo por cortante simple

El peralte efectivo para las zapatas excéntricas será el mismo que el utilizado en las zapatas concéntricas, esto se debe a que el recubrimiento y el número de varillas para refuerzo a utilizar será el mismo.

- $d_{efectivo} = 40 - \frac{1,91}{2} - 7,5$
- $d_{efectivo} = 31,55 \text{ cm}$

- Sección crítica

- $X = 3a - (b_{col} + d_{efectivo})$
- $X = 3 \times 0,47 - (0,55 + 0,3155)$
- $X = 0,54 \text{ m}$

- Corte actuante

- Distancia de corte (X')

- $$X' = \frac{q_{(C+S)}}{\frac{W_{x/x}}{2}}$$

- $$X' = \frac{3,32}{\frac{40,36}{2}}$$

- $$X' = 0,16 \text{ m}$$

- Corte máximo en X'

- $$W_{\max X'} = \left| q_{(C+S)} * (L_{zapata} - 3a) + q_{(C+S)} * X' - \frac{W_x}{2} * X'^2 \right|$$

- $$W_{\max X'} = \left| 3,32 * (1,80 - 1,41) + 3,32 * 0,16 - \frac{3,32}{2} * 0,16^2 \right|$$

- $$W_{\max X'} = 1,78 \text{ ton}$$

- Corte máximo en X

- $$W_{\max X} = \left| q_{(C+S)} * (L_{zapata} - 3a) + q_{(C+S)} * X - \frac{W_x}{2} * X^2 \right|$$

- $$W_{\max X} = \left| 3,32 * (1,80 - 1,41) + 3,32 * 0,54 - \frac{3,32}{2} * 0,54^2 \right|$$

- $$W_{\max X} = 2,60 \text{ ton}$$

- Corte resistente

- $$V_R = 0,80 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_{zapata} * d_{efectivo}$$

- $$V_R = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 180 * 31,55$$

- $$V_R = 42 810,04 \text{ kg}$$

- $V_R = 42,81 \text{ ton}$

El corte actuante es menor que el corte resistente de la zapata, esto indica que el espesor propuesto es el adecuado.

- Chequeo por punzonamiento

- Sección crítica

- $X = 3a - \left(b_{col} + \frac{d_{efectivo}}{2}\right)$
- $X = 3 \times 0,47 - \left(0,55 + \frac{0,3155}{2}\right)$
- $X = 0,50 \text{ m}$

- Carga de sección crítica

- $W_x = W_{\frac{x}{x}} \times X$
- $W_x = 40,36 \times 0,50$
- $W_x = 20,18 \text{ ton}$

- Corte actuante

$$V_{act} = P_U + q_{(c+s)} \times \left[ \left( b_{col} + d_{efectivo} \right) \times \left( b_{col} + \frac{d_{efectivo}}{2} \right) \right] - \left( q_{dis} + W_x \right) \times \left[ \left( b_{col} + d_{efectivo} \right) \times \left( b_{col} + \frac{d_{efectivo}}{2} \right) \right]$$

$$V_{act} = 46,61 + 4,90 \times \left[ \left( 0,55 + 0,3155 \right) \times \left( 0,55 + \frac{0,3155}{2} \right) \right] - \left( 46,70 + 20,18 \right) \times \left[ \left( 0,55 + 0,3155 \right) \times \left( 0,55 + \frac{0,3155}{2} \right) \right]$$

$$V_{act} = 8,64 \text{ ton}$$

- Cálculo del corte resistente
  - $V_r = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{f'c} \times b_{zapata} \times d_{efectivo}$
  - $V_r = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{280} \times 180 \times 31,55$
  - $V_r = 85,62 \text{ ton}$

El corte actuante es menor que el corte resistente de la zapata, esto indica que el espesor propuesto es el correcto.

- Diseño del refuerzo

- Distancia a rostro de columna

- $X = 3a - b_{col}$
- $X = 1,41 - 0,55$
- $X = 0,86 \text{ m}$

- Distancia critica X'

- $V_{(0)} = q_{(c+s)} \times (L_{zapata} - 3a) + q_{(c+s)}X - \frac{w_x}{2}X^2$
- $V_{(0)} = 3,32 \times (1,80 - 1,41) + 3,32X - \frac{40,36}{2}X^2$
- $V_{(0)} = 1,29 + 3,32X - \frac{40,36}{2}X^2$
- $V_{(0)} = 1,29 + 3,32X - 20,18X^2$

Se utiliza la ecuación cuadrática para resolver

$$X_i = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

De la anterior ecuación se obtuvieron los siguientes valores:

$$\begin{aligned} X_1 &= -0,18 \text{ m} \\ X_2 &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Se utilizará el valor mayor,  $x = 0,35 \text{ m}$ .

- Valor de la carga en el punto crítico X

- $W_1 = W_{\frac{x}{x}} * X$
- $W_1 = 40,36 \times 0,86 \text{ m}$
- $W_1 = 34,71 \text{ ton}$

- Valor de carga en el punto crítico X'

- $W_1 = W_{\frac{x}{x}} * X'$
- $W_1 = 40,36 \times 0,35$
- $W_1 = 14,13 \text{ ton}$

- Cálculo de momentos actuantes

- Momento actuante Mx

$$M_{vi} = q_{(c+s)} * \left( X + (L_{zapata} - 3a) \right)^2 - \left( W_i * \frac{X_i^2}{6} \right)$$

$$M_{vi} = 3,32 * (0,86 + (1,80 - 1,41))^2 - \left(34,71 * \frac{0,86^2}{6}\right)$$

$$M_{vi} = 0,90 \text{ ton/m}$$

- Momento actuante  $Mx'$

- $M_{vi} = 3,32 * (0,35 + (1,80 - 1,41))^2 - \left(14,13 * \frac{0,35^2}{6}\right)$

- $M_{vi} = 1,52 \text{ ton/m}$

- Calculo de  $AS_{min}$

- $AS_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d \geq \rho_{min} * b * d$

- $AS_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{280}}{4200} * 180 * 31,55$

- $AS_{min} = 18,10 \text{ cm}^2$

- $AS_{min} = \frac{14,1}{4200} * 180 * 31,55$

- $AS_{min} = 19,05 \text{ cm}^2$

Se utiliza el valor máximo obtenido, teniendo como área de acero mínimo:  
19,05 cm<sup>2</sup>.

- Cálculo de acero para momento actuante

$$AS_{MU} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{MU * b}{0,03825 * f'c}} \right] * \left( \frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

$$AS_{MU} = \left[ 180 * 31,55 - \sqrt{(180 * 31,55)^2 - \frac{1520 * 180}{0,03825 * 280}} \right] * \left( \frac{0,85 * 280}{4200} \right) =$$

$$AS_{MU} = 1,27 \text{ cm}^2$$

Como el  $AS_{\min}$  es mayor que  $AS_{MU}$ , se utiliza el valor de  $19,05 \text{ cm}^2$  para el cálculo de refuerzo de la zapata.

- Espaciamiento de acero

- Cama inferior

$$AS_{\text{varilla}} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ (varilla número 6)}$$

$$AS_{\text{calculado}} = 19,05 \text{ cm}^2$$

$$L = 180 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{inferior}} = \frac{AS_{\text{varilla}} * L}{AS_{\text{calculado}}}$$

$$S_{\text{inferior}} = \frac{2,85 * 180}{19,05}$$

$$S_{\text{inferior}} = 26,93 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{31,55}{2}$$

$$S_{\text{max}} = 15,77 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento de 15 cm ya que el permitido para la cama inferior es mayor al máximo.

Para el refuerzo de la cama superior se utilizará el área de acero por temperatura.

Cama superior:

$$AS_{\text{temperatura}} = 0,002 * b * t$$

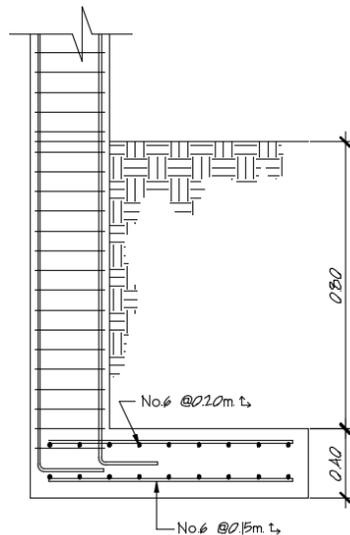
$$AS_{temperatura} = 0,002 * 180 * 40$$

$$AS_{temperatura} = 14,40 \text{ cm}$$

Por criterio, se utilizará un espaciamiento de 20 cm para la cama superior de la zapata.

Se proponen unas zapatas de 1,80 m por 1,80 m. En la cama inferior se utilizarán varillas de acero número 6, 15 cm en ambos sentidos. En la cama superior se utilizarán varillas de acero número 6, 20 cm en ambos sentidos.

Figura 27. **Detalle de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.11. **Diseño de gradas**

Para el diseño del módulo de gradas, CONRED nos rige en el manual de uso para la norma de reducción de desastres número 2 -NRD2-.

Se consideró que todas las gradas tengan huellas y contrahuellas de igual longitud, los descansos pueden ser cuadrados o rectangulares siempre y cuando cumplan con la longitud y ancho mínimo. Los descansos de las gradas deberán tener una longitud, medida en la dirección del recorrido, no menor de su ancho o 110 centímetros.

Para su ubicación se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles, no obstaculice el paso, además debe tener iluminación y ventilación aceptable. Así mismo es obligatorio que la superficie sea antideslizante.

La forma y disposición, que se le da al módulo de gradas depende principalmente de las dimensiones que rige la norma.

- Para su diseño se tiene

C = contrahuella

H = huella

$c \leq 18 \text{ cm}$

$H > c = 30 \text{ cm}$

- Datos

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

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

$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$

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

- Chequeos

$$2c + H \leq 66 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

$$c \times H = 480 \text{ a } 540 \text{ cm}^2$$

- Procedimiento para el diseño del módulo de gradas:

- Número de escalones mínimo

$$\frac{h}{c} = \frac{3,60}{0,18}$$

$$\frac{h}{c} = 20 \text{ escalones}$$

- Número de contrahuellas mínimo

$$c = 10 + 1$$

$$c = 11$$

- Relaciones de comodidad

$$C = 18 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2 \times 18 + 30 = 66 \leq 66 \text{ cm}$$

$$c + H = 18 + 30 = 48 \text{ cm}$$

$$c \times H = 18 \times 30 = 540 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se obtienen 11 contrahuellas de 18 cm y 10 huellas de 30 cm.

- Espesor de losa

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180}$$
$$t = \frac{(5,25+4,76) \times 2}{180}$$
$$t = 0,11 \text{ m}$$

- Integración de cargas

- Carga muerta

$$PP_{\text{módulo gradas}} = \gamma_{\text{concreto}} \times \left(t + \frac{c}{2}\right)$$

$$PP_{\text{módulo gradas}} = 2400 \times \left(0,11 + \frac{0,18}{2}\right)$$

$$PP_{\text{módulo gradas}} = 480,00 \text{ kg/m}^3$$

$$A_{\text{cabados}} = 100,00 \text{ kg/m}^3$$

$$CM_{\text{total}} = 480,00 \text{ kg/m}^3 + 100,00 \text{ kg/m}^3$$

$$CM_{\text{total}} = 580,00 \text{ kg/m}^3$$

- Carga viva

$$CV = 500 \text{ kg/m}^3$$

- Carga última de diseño

$$CU = 1,2 CM + 1,6 CV$$

$$CU = 1,2 (480,00) + 1,6 (500,00)$$

$$CU = 1\,376,00 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{CU \times L^2}{9}$$

$$M_{(+)} = \frac{1\,376 \times 3,60^2}{9}$$

$$M_{(+)} = 1\,981,44 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{CU \times L^2}{14}$$

$$M_{(-)} = \frac{1\,376 \times 3,60^2}{14}$$

$$M_{(-)} = 1\,273,78 \text{ kg-m}$$

- Límites para el acero

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{f_y} \times b \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{4,200} \times 100 \times 10$$

$$A_{s \text{ min}} = 3,36 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \max} = 0,50 \times \rho_{\text{bal}} \times b \times d$$

$$A_{s \max} = 0,50 \times 0,03695 \times 100 \times 10$$

$$A_{s \max} = 18,475 \text{ cm}^2$$

Calculando el área de acero:

$$A_{s (+)} = \left[ b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M \times b}{0,003825 \times f'_c}} \right] \times \left( \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_{s (+)} = \left[ 100 \times 10 - \sqrt{(100 \times 10)^2 - \frac{1 \ 981,44 \times 100}{0,003825 \times 280}} \right] \times \left( \frac{0,85 \times 280}{4 \ 200} \right)$$

$$A_{s (+)} = 5,51 \text{ cm}^2$$

$$A_{s (-)} = \left[ 100 \times 10 - \sqrt{(100 \times 10)^2 - \frac{1 \ 273,78 \times 100}{0,003825 \times 280}} \right] \times \left( \frac{0,85 \times 280}{4 \ 200} \right)$$

$$A_{s (-)} = 3,48 \text{ cm}^2$$

Entonces:

$$A_{s \min} \leq A_{s \text{req}} \leq A_{s \max} \rightarrow \text{usar } A_{s \text{req}}$$

$$3,36 \text{ cm}^2 \leq 5,51 \text{ cm}^2 \leq 18,475 \text{ cm}^2$$

$$3,36 \text{ cm}^2 \leq 3,48 \text{ cm}^2 \leq 18,475 \text{ cm}^2$$

○ Cálculo de acero por temperatura

$$A_{\text{temp}} = 0,002 \times b \times t$$

$$A_{\text{temp}} = 0,002 \times 100 \times 11$$

$$A_{\text{temp}} = 2,20 \text{ cm}^2$$

- Límites de espaciamiento

$$S_{\min} = 250 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 3t = 3 \times 110 \rightarrow 330 \text{ mm}$$

El armado de las gradas es parecido al de las losas lo único diferente que el hierro corrido debe ir doblado dándole la forma de los escalones.

### **2.1.12. Diseño de instalaciones**

Toda edificación debe contar con las instalaciones necesarias para brindar el servicio para la cual ha sido diseñada, por lo que estas deben estar contempladas y especificadas para minimizar los errores a la hora del funcionamiento de la edificación.

Para este proyecto se subdividen en agua potable, drenajes y electricidad (que se subdivide en fuerza eléctrica e iluminación).

#### **2.1.12.1. Agua potable**

El sistema de agua potable está diseñado como circuito cerrado para mantener la presión en cada área del edificio, el circuito cuenta con 17 lavamanos, 18 inodoros, 8 mingitorios, 1 lavatrastos, 1 pila y 2 grifos de servicio.

El objetivo principal del diseño es proveer el caudal de agua y los diámetros de tubería necesarios para que funcione el sistema en el momento requerido de acuerdo a los siguientes requisitos mínimos:

- El servicio de agua potable será continuo durante las 24 horas del día.
- La dotación mínima aceptable es de 200 litros/persona/día.
- Son aceptables redes de distribución diseñados por circuitos cerrados.
- En puntos estratégicos de fácil acceso, deben instalarse válvulas de control, que permitan aislar tramos de tubería para operaciones de mantenimiento; sin que para esto sea necesario cortar el servicio de agua a todo el edificio.
- El tipo de tubería a utilizar será de cloruro polivinilo (PVC) de 3/4 de pulgada de diámetro para ramales principales y PVC de 1/2 pulgada de diámetro para las conexiones a los artefactos sanitarios.
- Cuando la presión y el servicio de agua no sean suficientes, se instalarán sistemas que proporcionen un abastecimiento adecuado; siendo estos tanques o cisternas con equipos hidroneumáticos.

Para alimentar todos los accesorios, se diseñó un solo circuito, basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto.

Los diámetros correspondientes para cada accesorio y la distribución de la red de agua potable se detallan en los planos.

### 2.1.12.2. Drenaje sanitario

Para el diseño de las instalaciones sanitarias se procede asignando un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario. El edificio está dotado 17 lavamanos, 18 inodoros, 8 mingitorios, 1 lavatrastos, 1 pila y 2 grifos de servicio. Para evacuar dicho volumen se deben colocar tubería con una pendiente mínima del 1 por ciento.

Tabla XXXIV. **Unidades mueble por artefactos**

Tipo de mueble o aparato	Número de unidades mueble (UM)	Diámetro (plg)
Lavamanos	1	1 1/4"
Inodoro con tanque	4	3"
Ducha	2	1 1/4"
Tina	3	1 1/4"
Lavadero de cocina	3	1 1/4"
Lavadero de ropa	3	1 1/4"
Drenaje de piso	3	3"

Diámetro nominal	Máximo de unidades mueble
1"	1
1 1/2"	3
2"	6
3"	20
4"	160

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.  
p. 105.

Con base en las tablas anteriores y de acuerdo a las unidades mueble de la cantidad de artefactos en cada tramo de drenaje sanitario, se determinaron los diámetros a utilizar en la edificación.

### **2.1.12.3. Drenaje pluvial**

Para determinar el caudal de diseño es necesario conocer la intensidad de lluvia en la zona y el área de techo cubierta por cada tubo por donde bajarán las aguas de lluvia.

### **2.1.12.4. Instalaciones eléctricas**

Con base en el manual de normas para acometidas de servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), en la sección V: apartamentos, edificios, centros comerciales y construcciones similares.

- Normas y códigos para instalación comercial
  - Acometida: conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir la electricidad, desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La instalación de la acometida consta de los siguientes elementos básicos:
    - Poste de distribución
    - Poste de acometida
    - Cables de acometida
    - Contador o medidor
    - Caja socket para contador
    - Medios de protección
    - Tableros de distribución

- Circuitos: para determinar el tipo de calibre de los cables y flipones por circuito se realizó el cálculo por la fórmula de potencia. Conociendo la potencia, se determinó el consumo de energía por aparato, para conocer la corriente que circula por cada circuito.

### **2.1.13. Presupuesto**

El presupuesto fue realizado con base en precios unitarios, integrando el costo directo conformado por: materiales de construcción, mano de obra calificada y no calificada, dentro de los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos.

Los salarios tanto de mano de obra calificada como no calificada, se tomaron los que la municipalidad asigna para estos casos.

## Tabla XXXV. Costo estimado del proyecto



**MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA**  
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA  
Guatemala, C.A.

### CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO

IDENTIFICACIÓN PROYECTO: Construcción del Instituto Básico, Colonia Enriqueta, zona 5, Villa Nueva

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: Colonia Enriqueta, Villa Nueva

NOMBRE DE SOLICITANTE: Municipalidad de Villa Nueva

No. Proyecto: S/D

ÁREA DE CONSTRUCCIÓN: ÁREA: 913.45 m<sup>2</sup>

24/08/2018

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
<b>1.00 PRELIMINARES</b>					
1.01	Limpieza y chapeo	m <sup>2</sup>	913.45	Q 2.25	Q 2,055.26
1.02	Trazo y estaqueado	ml	237.57	Q 1.51	Q 358.73
1.03	Replanteo topográfico	m <sup>2</sup>	913.45	Q 2.51	Q 2,292.76
1.04	Nivelación manual	m <sup>2</sup>	913.45	Q 16.25	Q 14,843.56
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 19,550.32</b>
<b>2.00 ESTRUCTURA PRINCIPAL</b>					
2.01	Construcción de zapata tipo Z-1, dimensiones de 1.80 x 1.80 m, armado de Hierro corrugado No. 6 con concreto 4,000 PSI	unidad	26.00	Q 3,621.95	Q 94,170.70
2.02	Construcción de zapata tipo Z-2, dimensiones de 1.80 x 1.80 m, armado de Hierro corrugado No. 6 con concreto 4,000 PSI	unidad	13.00	Q 7,647.52	Q 99,417.76
2.03	Construcción de cimiento corrido CC-1, dimensiones de 0.20 x 0.40m, con refuerzo de 3 fierros de 3/8"	ml	261.30	Q 166.50	Q 43,506.45
2.04	Solera hidrofuga 0.40mx0.20m armado 4No.3 + Estribos No. 2 @0.20m, Concreto 4000PSI	ml	261.30	Q 196.00	Q 51,214.80
2.05	Solera intermedia 0.40mx0.20m armado 4No.3 + Estribos No. 2 @0.20m, Concreto 4000PSI	ml	522.60	Q 249.56	Q 130,420.06
2.06	Suministro e instalación de losa prefabricada, con vigueta y bovedilla, peralte terminado de 20 cm.	global	1.00	Q 117,828.64	Q 117,828.64
2.07	Construcción de Viga de 0.30 x 0.60 con varillas No.6+No.5, y estribos de hierro de 3/8" @30cm y 14cm confinado, con concreto 4000 PSI	ml	669.00	Q 1,098.32	Q 734,776.08
2.08	Columna C-1 de 0.55 x 0.55 m, con armado de Hierro corrido 12No.8, estribos de hierro de 4/8" @15cm y 5cm confinado, con concreto 4000 PSI	ml	309.60	Q 728.27	Q 225,472.39
2.09	Columna C-2 de 0.15 x 0.15 m, con armado de Hierro corrido 4No.3, estribos con varilla No. 2 y estribos No. 2 @20cm y 5cm confinado, con concreto 4,000 PSI	ml	849.60	Q 413.25	Q 351,097.20
2.10	Construcción del módulo de gradas, huella 0.30m, contrahuella 0.18m, concreto 4000PSI	m <sup>2</sup>	27.72	Q 658.28	Q 18,247.52
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 1,866,151.60</b>
<b>3.00 MUROS</b>					
3.01	Levantado de muro de block de 0.14x0.19x0.39m	m <sup>2</sup>	1,881.36	Q 202.69	Q 381,332.86
3.02	Levantado de muro perimetral prefabricado	ml	161.78	Q 260.00	Q 42,062.80
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 42,062.80</b>
<b>4.00 ELECTRICIDAD</b>					
4.01	Suministro e instalación eléctrica del sistema de iluminación	global	1.00	Q 137,419.20	Q 137,419.20
4.02	Suministro e instalación eléctrica de fuerza	global	1.00	Q 88,924.32	Q 88,924.32
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 226,343.52</b>
<b>5.00 INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>					
5.01	Suministro e instalación de red de agua potable	global	1.00	Q 84,406.10	Q 84,406.10
5.02	Suministro e instalación de red de drenaje sanitario	global	1.00	Q 108,934.17	Q 108,934.17
5.03	Suministro e instalación de red de drenaje pluvial	global	1.00	Q 59,714.88	Q 59,714.88
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 253,055.15</b>
<b>6.00 ARTEFACTOS SANITARIOS</b>					
6.01	Suministro e instalación de Inodoros de porcelana (incluye accesorios completos)	Unidad	17.00	Q 946.89	Q 16,097.13
6.02	Suministro e instalación de lavamanos (incluye accesorios completos)	Unidad	18.00	Q 663.39	Q 11,941.02
6.03	Suministro e instalación de urinales (incluye accesorios completos)	Unidad	8.00	Q 2,082.65	Q 16,661.20
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 44,699.35</b>
<b>7.00 ACABADOS</b>					
7.01	Base cementicio gris + base de textura plástica + textura tipo grano fino color natural en muros en muros interiores	m <sup>2</sup>	4,495.10	Q 126.80	Q 569,979.19
7.02	Base cementicia + acabado cementicio tipo escurial para exteriores	m <sup>2</sup>	1,192.10	Q 126.80	Q 151,158.79
7.03	Suministro y aplicación de una mano de sealldor y dos manos de pintura Sherwin Williams Excello color blanco en muros interiores	m <sup>2</sup>	4,495.10	Q 23.50	Q 105,634.94
7.04	Suministro y aplicación de una mano de sealldor y dos manos de pintura Sherwin Williams Excello color intermedio mate en muros exteriores	m <sup>2</sup>	3,371.33	Q 26.00	Q 87,654.53
7.05	Suministro y aplicación de una mano de sealldor y dos manos de pintura Sherwin Williams Excello blanco en muros exteriores	m <sup>2</sup>	1,123.78	Q 24.00	Q 26,970.62
7.02	Suministro e instalación de tabique a dos caras, tablayeso normal y altura normal	m <sup>2</sup>	153.94	Q 90.00	Q 13,854.24
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 955,252.31</b>
<b>8.00 PISOS</b>					
8.01	Suministro e instalación de piso granito de 0.33mx0.33m	m <sup>2</sup>	1,436.30	Q 111.95	Q 160,790.08
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 160,790.08</b>
<b>18.00 PUERTAS Y VENTANAS</b>					
18.01	Suministro e instalación de puertas metálicas con lamina lisa 1/16, estructuras de tubo de 1x1x16, chapa marca yale + pintura automotriz color a elegir + visagras de cartucho	Unidad	25.00	Q 1,850.00	Q 46,250.00
18.02	Suministro e instalación de ventanas de perfil de aluminio + vidrio de 5mm	Global	1.00	Q 117,000.00	Q 117,000.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 163,250.00</b>
<b>19.00 RETOQUES FINALES</b>					
19.01	Limpieza general	m <sup>2</sup>	913.45	Q 13.00	Q 11,874.85
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 11,874.85</b>
<b>COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO</b>					<b>Q 3,743,029.98</b>

Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. Dirección de Infraestructura, Guatemala. C.A.

<https://www.villanueva.gov.gt/>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

#### **2.1.14. Elaboración de planos finales**

Debido a la magnitud y área de terreno disponible, para el instituto básico de la colonia Enriqueta, en el municipio de Villa Nueva, se elaboraron 24 planos divididos en tres fases: arquitectura, estructuras e instalaciones.

Los planos están distribuidos como se muestra a continuación:

- Plano de ubicación
- Plano de localización
- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Planta de elevaciones y secciones
- Planta de cimentación
- Planta de columnas
- Plano de losas con viguetas y bovedillas
- Plano de vigas
- Planos de instalaciones hidrosanitarias
- Planos de instalaciones eléctricas

#### **2.2. Diseño de un sistema de drenaje pluvial para zona 1, municipio de Villa Nueva, Guatemala**

El sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo principal es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las casas, edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, entre otros. evitando con ello su acumulación o concentración

y drenando la zona a la que sirven. De este modo se mitiga, con cierto nivel de seguridad, la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos.

### **2.2.1. Normas de diseño**

Para el diseño del drenaje pluvial se tomaron criterios de instituciones, como el Instituto de Fomento Municipal (Infom), Empagua y los parámetros brindados por la municipalidad de Villa Nueva.

#### **2.2.1.1. Diámetros mínimos**

En el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial los diámetros mínimos son: para PVC 8" y en concreto 10". Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo que toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

#### **2.2.1.2. Velocidades mínimas y máximas**

Las velocidades en el flujo están en función de la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y la clase de tubería utilizada.

Es recomendable, en tubería de concreto, que la velocidad del flujo en líneas de alcantarillado pluvial, no sea mayor de 3,00 m/s, para proporcionar una acción de autolimpieza, es decir, capacidad de arrastre de partículas. No existiendo una velocidad de flujo mínima, dado que no habrá caudal en época de verano. En el caso de alcantarillado pluvial, bajo estas condiciones deberán instalarse rejillas o construirse estructuras que eviten el ingreso de material rocoso de gran tamaño.

Tabla XXXVI. **Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería**

Tipo de alcantarillado	Tubería PVC		Tubería de cemento	
	Velocidad mínima	Velocidad máxima	Velocidad mínima	Velocidad máxima
Pluvial	0,75 m/s	5,00 m/s	0,60 m/s	3,00 m/s

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.3. Período de diseño**

Es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este periodo, es necesario rehabilitarlo. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un periodo de diseño por parte del ingeniero diseñador, a partir de la fecha de su construcción.

Para seleccionar el periodo de diseño de una red de alcantarillado, o cualquier obra de ingeniería, se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras, el desgaste y el daño, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

Instituciones como el Infom, Empagua y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef), recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 15 a 40 años.

Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 25 años.

#### 2.2.1.4. Profundidad de la tubería

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño a los conductos, ocasionados por las cargas vivas y de impacto. La tubería debe tener una profundidad mínima de 1,20 metros + el diámetro exterior, con respecto a la superficie del terreno. En todo diseño de un sistema de drenaje, se deben respetar las profundidades mínimas ya establecidas. La profundidad mínima se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera:

Tabla XXXVII. Profundidad mínima tubería PVC

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	60 cms	60 cms	90 cms	90 cms	90 cms	90 cms	90 cms	100 cms	100 cms	120 cms
Tránsito pesado	90 cms	90 cms	90 cms	110 cms	110 cms	120 cms	120 cms	120 cms	140 cms	140 cms

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Profundidad mínima tubería cemento

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	117 cms	122 cms	128 cms	134 cms	140 cms	149 cms	165 cms	170 cms	175 cms	180 cms
Tránsito pesado	137 cms	142 cms	148 cms	154 cms	160 cms	169 cms	185 cms	200 cms	205 cms	215 cms

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.1.5. Ancho de zanja

Este debe ser tal, que permita a un trabajador colocar, nivelar y pegar un tubo sin dificultades de espacio. Se establece que el ancho de zanja está en

función del diámetro de tubería. Se utiliza para determinar cuánto será la excavación para su instalación.

Tabla XXXIX. **Ancho de zanja**

Ø Tubería	Ancho
6"	0,60
8"	0,60
10"	0,65
12"	0,70
14"	0,75
15"	0,75
16"	0,80
18"	0,85
20"	0,90
22"	1,00

Ø Tubería	Ancho
24"	1,00
26"	1,20
28"	1,20
30"	1,30
36"	1,35
40"	1,40
42"	1,45
50"	1,60
60"	1,95

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.1.6. **Cotas Invert**

Es la cota que determina la localización de la parte inferior de la tubería. Se calcula basado en pendiente y la distancia del tramo respectivo.

Se debe tomar en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recibimiento mínimo necesario de la tubería. Por lo tanto, las cotas invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

- Tipos de casos
  - Diámetros de tuberías de entrada y el de tubería de salida son iguales

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las que ingresan en él, la cota Invert de salida mínima estará a 3 cm debajo de la cota más baja que entre.

- Diámetros de tuberías de entrada y el de tubería de salida no son iguales

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en este, la cota Invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

- Diámetro de tubería de entrada y el de tubería de salida son iguales

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota Invert de salida estará, como mínimo, a 3 cm debajo de la cota Invert de entrada.

- Diámetro de tubería de entrada y el de tubería de salida no son iguales

Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota Invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota Invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota Invert de entrada y salida.

### 2.2.1.7. Disipadores de energía

Los disipadores de energía son elementos que se emplean para disipar el exceso de energía cinética del flujo de agua. Esta energía o altura de velocidad es adquirida por el agua donde la velocidad es alta, tal como en una caída o en una rápida, y el disipador de energía está incorporado dentro del diseño de esta estructura.

Dependiendo de la diferencia entre la cota Invert de entrada con cota Invert de salida, se define si es necesario colocar un artefacto de disipación y de qué tipo, entre ellos cabe mencionar:

- Pozo de visita sin artefacto disipador

Se aplica cuando la diferencia de alturas entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en el siguiente rango y se concluye que no se coloca ningún disipador.

$$0,03 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,25 \text{ m}$$

- Colchón de agua

Se aplica cuando la diferencia de alturas entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un colchón de agua.

$$0,26 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,75 \text{ m}$$

- Codo disipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un codo disipador a 45° en función del diámetro de la tubería y la pendiente de la tubería. Este tipo de disipador regularmente solo se coloca para drenaje sanitario.

$$0,76 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 2,00 \text{ m}$$

- Bandejas disipadoras

Si la altura entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se debe colocar bandejas cuadradas las cuales están separadas en función del caudal de entrada.

$$2,00 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 6,00 \text{ m}$$

## **2.2.2. Determinación del caudal pluvial**

Para el diseño de un sistema de recolección y evacuación de aguas de lluvia, se debe tomar en cuenta:

### **2.2.2.1. Coeficiente de escorrentía**

Se define como el porcentaje de agua total llovida, que se desplaza por la superficie terrestre por acción de la gravedad, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial. Esto

se debe a la evaporación, infiltración, retención del suelo, entre otros. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie. Este coeficiente está en función del material sobre el cual circula el agua y varía desde 0,01 a 0,95. El coeficiente de escorrentía promedio se calcula por medio de la siguiente relación:

$$C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a}$$

Donde:

- c = coeficiente de escorrentía en cada área parcial
- a = área parcial
- C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

### **2.2.2.2. Intensidad de lluvia**

La intensidad de lluvia es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo producida por esta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora.

La intensidad de lluvia se determina a través de registros pluviográficos elaborados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), con base en estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de las cabeceras departamentales.

Este tipo de información es por lo común insuficiente en localidades muy pequeñas, pero se puede hacer uso de información de localidades vecinas o de características similares. Se ha adoptado como norma general para los

sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la república, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada cinco o diez años en promedio.

La intensidad de lluvia se calcula por medio de la siguiente relación:

$$I = \frac{A}{(t + B)^n}$$

Donde:

- I = intensidad de lluvia
- t = tiempo de concentración

Donde A, B y n son parámetros de ajuste, estos parámetros se obtienen mediante una regresión no lineal. Los cuales se pueden determinar en función del período de retorno en la siguiente tabla:

Tabla XL. **Parámetros A, B y n según Insivumeh**

Estaciones Meteorológicas								
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
INSIVUMEH								
A	1,970	7,997	1,345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0.958	1.161	0.791	0.637	0.656	0.65	0.66	0.649
R2	0.989	0.991	0.982	0.981	0.973	0.973	0.981	0.981

Fuente: Insivumeh. *Informe de intensidades de lluvia*. p. 12.

Se tomó como parámetro A = 820, B = 2 y n = 0,65 debido a que se seleccionó un periodo de retorno de 25 años.

#### **2.2.2.2.1. Período de retorno**

El período de retorno, generalmente expresado en años, puede ser entendido como el número de años en que se espera que mediamente se repita un cierto caudal, o un caudal mayor. Para este proyecto se utilizó un periodo de retorno de 25 años.

#### **2.2.2.2.2. Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración se define como el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla.

Para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de 10 minutos. El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_2 = T_1 + \frac{L}{60V}$$

Donde:

- $T_2$  = tiempo de concentración en el tramo de estudio en minutos
- $T_1$  = tiempo de concentración del tramo anterior en minutos
- $V$  = velocidad a sección llena del tramo anterior en m/s

### **2.2.2.3. Áreas tributarias**

Es la que contribuye a la escorrentía del agua de la estructura de drenaje. El área por drenar se determinará sumando al área de las calles, el área de los lotes que son tributarios al ramal en estudio.

### **2.2.2.4. Pendiente del terreno**

Siendo el criterio general que los sistemas de alcantarillado trabajen por gravedad, existe una pendiente mínima al sistema, que permite que el agua conducida se desplace libremente, la que es del 0,050 % y la máxima la que alcance la velocidad máxima admisible para la tubería por utilizar. Para calcular la pendiente del terreno se utiliza la siguiente expresión:

$$S \% = \frac{Cota\ del\ terreno_{final} - Cota\ del\ terreno_{inicial}}{Longitud\ del\ tramo} \times 100$$

### **2.2.2.5. Caudal de diseño**

Para calcular el caudal de diseño se utilizan dos métodos, el empírico y el racional. Por la naturaleza del proyecto se utilizará el racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía, durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Este método está representado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

Donde:

- Q = caudal en metros cúbicos por segundo
- C = coeficiente de escorrentía
- A = área en hectáreas
- I = intensidad de lluvia

#### **2.2.2.6. Velocidad de flujo a sección llena**

La velocidad del flujo a sección llena se calculó con la relación de Manning, por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde:

- V = velocidad del flujo a sección llena (m/s)
- D = diámetro de la sección circular (pulg)
- S = pendiente del gradiente hidráulico (m/m)
- n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para tubería de concreto con diámetros menores de 24" n = 0,015, para diámetros mayores de 24" n = 0,013 y para PVC n = 0,009, para este caso n se considera igual a 0,1.

### **2.2.2.7. Obras complementarias**

Se entenderán como obras complementarias de drenaje a lo siguiente.

#### **2.2.2.7.1. Colectores**

Son las tuberías por las que se conduce el agua residual. Deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas descritas anteriormente, pero la principal es que trabajen como canales abiertos.

#### **2.2.2.7.2. Pozos de visita**

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero, dentro del periodo de diseño.

Los pozos de visita son estructuras caras, por lo que deben estudiarse las diversas alternativas que existen para su construcción, como lo son de ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, de tubería de 36 pulgadas, entre otros.

Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- Al inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Cuando se presente un cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 metros
- En las curvas no más de 30 metros
- Alivio o cambio de pendientes

El tamaño y la profundidad de los pozos de visita varían según distintos factores, entre ellos:

- Pendiente del terreno
- Caudal de diseño
- Ubicación del pozo
- Tubos que entran al pozo

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo, de 0,03 m. Cuando la diferencia de cota invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita sea mayor que 0,70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

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

#### **2.2.2.7.3. Tragantes**

Son cajas de concreto reforzado o de ladrillo de arcilla reforzado de forma cúbica, que cuenta con una garganta o entrada, para permitir el ingreso de agua de lluvia que corre sobre el pavimento, para introducirlo dentro de la tubería de la red del sistema. Estos tragantes deben tener una cortina, que funciona como sifón; un dispositivo de arena para su fácil recolección antes de entubarla; rejilla, para evitar taponamientos en el sistema; tapaderas, para seguridad de los peatones y acceso para limpieza e inspección.

La conexión del tragante a la tubería central debe tener un ángulo de 45° en la dirección del flujo y un diámetro de 8 pulgadas. Para el diseño de tragantes, se consideran las siguientes especificaciones:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra a 3,00 m antes de la esquina.
- En puntos intermedios de las cuadras cuando el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0,10 m.
- Se proyectarán tragantes de tal manera que la longitud total de caño entre tragantes no sea mayor de 120 m. En las esquinas se construirán dos tragantes, para evitar inundaciones.
- La profundidad mínima del fondo del tragante respecto de la rasante será de 0,90 m.

### 2.2.3. Diseño de la red de alcantarillado pluvial

Se diseña para un tramo del sistema de alcantarillado pluvial.

- Cálculo del tramo → PV-24 a PV-25
- Cota inicial (CI) → 82,77 m
- Cota final (CF) → 81,84 m
- Distancia horizontal (DH) → 40,91 m

- Cálculo de la pendiente del terreno:

- $$S = \frac{(CI - CF)}{D.H} \times 100$$

- $S = \frac{(82,77-81,84)}{40,91} \times 100$

- $S = 2,26 \%$

- Cálculo de área tributaria

Para determinar el área tributaria se usó la topografía del terreno y se trazaron los lotes en AutoCAD Civil 3D marcando las áreas a utilizar en el diseño.

- Área tributaria = 0,43 Ha

- Área tributaria acumulada = 9,5285 Ha

- Tiempo de concentración

- Tiempo de concentración del tramo anterior = 14,28 min

- Longitud del tramo = 40,19 m

- Velocidad del tramo anterior = 4,551 m/s

- $T_2 = T_1 + \frac{L}{60V}$

- $T_2 = 14,28 + \frac{40,19}{60 \times 4,551}$

- $T_2 = 14,43 \text{ min}$

- Intensidad de lluvia

- Tiempo de concentración = 14,43 min

- $A = 820$

- $B = 2$

- $n = 0,656$

- $I = \frac{A}{(t+B)^n}$
- $I = \frac{820}{(14,43+2)^{0,637}}$
- $I = 130,7357 \text{ mm/hr}$

- Coeficiente de escorrentía

- $C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a}$
- $C = 0,90$

- Caudal de diseño

- Coeficiente de escorrentía = 0,90
- Área tributaria acumulada = 104,3486 m<sup>2</sup>
- Intensidad de lluvia = 130,735 mm/hr

- $Q = \frac{C I A}{360}$
- $Q = \frac{0,90 \times 104,34 \times 130,735}{360} \times 1\ 000$
- $Q = 3\ 114,2989 \text{ l/s}$

- Diseño hidráulico

- Diámetro de tubería = 42"
- Pendiente aproximada = 1 %

- Velocidad a sección llena

- $$V = \frac{0,03429 \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$
- $$V = \frac{0,03429 \times 42^{\frac{2}{3}} \times 0,01^{\frac{1}{2}}}{0,01}$$
- $$V = 4,1433 \text{ m/s}$$

- Capacidad a sección llena

- $$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$
- $$A = \frac{\pi \times (42'' \times 0,0254)^2}{4}$$
- $$A = 0,8938 \text{ m}^2$$
- $$Q = V \times A$$
- $$Q = 4,1433 \text{ m/s} \times 0,8938 \text{ m}^2$$
- $$Q = 3,7032 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Relaciones hidráulicas

- $$\frac{q}{Q} = \frac{3\,114,2989 \text{ l/s}}{3\,703,3790 \text{ l/s}}$$
- $$\frac{q}{Q} = 0,84093443$$

Como  $q < Q$ , de las tablas de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores.

$$\frac{v}{V} = 1,12045$$

$$\frac{d}{D} = 0,702$$

- Velocidad de diseño
  - $v = 1,12045 \times 4,1433 \text{ m/s}$
  - $v = 4,6424 \text{ m/s}$

La velocidad de diseño se encuentra dentro de los valores establecidos como se indica en la tabla de cálculos de drenaje.

$$0,75 \frac{m}{s} \leq 34,64 \frac{m}{s} \leq 5 \text{ m/s}$$

- Tirante:
  - $\frac{d}{D} = 0,702$

Como la altura de tirante para un período de retorno de 25 años se encuentra dentro de los valores establecidos, el tirante cumple:

$$0,10 \leq 0,702 \leq 0,80$$

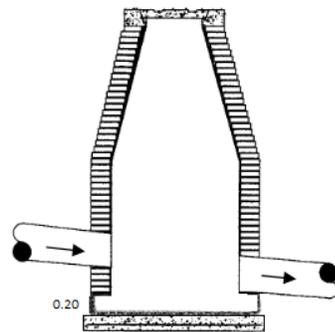
- Cálculo de cotas Invert
  - Cotas Invert de salida del PV-24
    - $\text{CIS} = 77,78 \text{ m}$
  - Cota Invert de entrada al PV-25
    - $\text{CIE} = 77,39 \text{ m}$

La diferencia entre altura entre la cota Invert de entrada a la tubería del PV-24 a la cota Invert de salida a la tubería de PV-25 es de 0,39, por lo tanto si se utiliza artefacto disipador, ya que:

$$0,3 \text{ m} \leq 0,39 \leq 0,75 \text{ m}$$

Se colocará un colchón.

Figura 28. **Colchón de agua**



Fuente: PAREDES, Carolina. *Reglamento técnico de diseño para sistemas de alcantarillado, Cámaras de inspección*. p. 50.

- Profundidad del pozo de visita

PV-24

Cota Invert de salida = 77,78 m

Cota de terreno inicial = 82,77 m

Altura de pozo =  $(82,77 - 77,78) = 4,99$  m

PV-25

Cota Invert de salida = 77,39 m

Cota de terreno inicial = 81,84 m

Altura de pozo = (81,84 – 77,39) = 4,45 m

- Excavación

$$E_{\text{excavación}} = \left( \frac{\text{prof de pozo inicial} + \text{prof de pozo final}}{2} \right) \times \text{Ancho de zanja} \times Dh$$

$$E_{\text{excavación}} = \left( \frac{4,99 + 4,45}{2} \right) \times 1,20 \times 40,91$$

$$E_{\text{excavación}} = 231,85 \text{ m}^3$$

- Relleno

$$R_{\text{relleno}} = Exc - \left( \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0,0254 \right) \times Dh$$

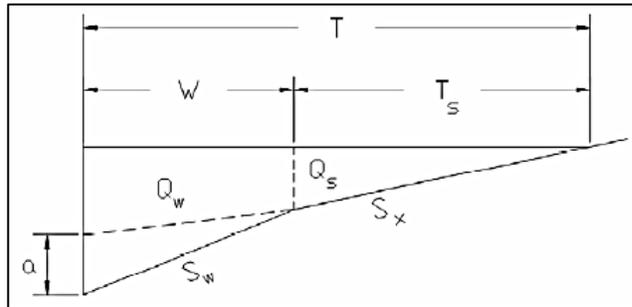
$$R_{\text{relleno}} = 231,85 \text{ m}^3 - \left( \frac{\pi}{4} \times (42 \times 0,0254)^2 \right) \times 40,91 \text{ m}$$

$$R_{\text{relleno}} = 195,28 \text{ m}^3$$

### 2.2.3.1. Cálculo de tragantes

Para realizar su cálculo es importante determinar las características geométricas de un tragante.

Figura 29. **Características geométricas de un tragante tipo buzón**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Geometría del tragante
  - Tragante a diseñar = tragante TR-1
  - Ancho de calle = 6,00 m
  - Caudal = 47,20 l/s → 0,0472 m<sup>3</sup>/s
  - Pendiente transversal de la calle = 2,00 %
  - Pendiente longitudinal = 2,95 % para este caso, ya que varía dependiendo de la ubicación del tragante
  
- Espejo de agua

Es el ancho de la superficie libre de agua y está en función de las características geométricas de la superficie. Se establece por medio de la siguiente expresión:

$$T = [(Q)/K_u S_x^{1,67} S_L^{0,5}]^{0,375}$$

Donde:

- Q = caudal en metros cúbicos por segundo
- $K_u$  = constante cuyo valor es 0,376
- $S_x$  = pendiente transversal
- n = coeficiente de rugosidad
- $S_L$  = pendiente longitudinal

Calculando:

- Q = 0,0472 m<sup>3</sup>/s
- $K_U$  = 0,376 cte
- $S_x$  = 0,02
- n = 0,016
- $S_L$  = 0,0295

$$T = \left[ \frac{(0,005 \frac{m^3}{s} \times 0,016)}{0,0376 \times 0,02^{1,67} \times 0,0285^{0,5}} \right]^{0,375}$$
$$T = 0,82$$

El espejo de agua cumple con los parametros, ya que este debe ser menor o igual a 3 m.

- Tirante de agua parcial

Se refiere a la altura parcial de un flujo en un determinado evento tal como se muestra en la figura y está en función del espejo de agua y la pendiente transversal. Se calcula con la siguiente expresión:

$$d = T S_x$$

Donde:

- $S_x$  = pendiente transversal
- T = espejo de agua

Calculando:

- $d = 0,82 \times 0,025$
- $d = 0,021 \text{ m}$

- Tirante de agua máximo

Hace mención a la altura máxima a la que el flujo puede llegar en un determinado evento y está en función de la sección de la superficie y la pendiente transversal. Para calcular el tirante de agua máximo, aplicamos la siguiente expresión:

$$d = \frac{\text{Ancho de calle}}{2} S_x$$

Se tomó un ancho de calle de 6,00 metros.

- $d = \frac{6 \text{ m}}{2} \times 0,025$
- $d = 0,075$

- Radio de flujo

Se define como la relación del flujo frontal al flujo total dentro del canal y la pendiente transversal. Este factor es adimensional y se utiliza para la pendiente equivalente ( $S_e$ ).

Para el cálculo del radio de flujo se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_o = 1 / \left\{ 1 + \frac{S_w / S_x}{\left[ 1 + \frac{S_w / S_x}{\frac{T}{W} - 1} \right]^{2.67}} \right\}^{-1}$$

Donde:

- W = ancho de inclinación de ingreso al tragante entre 0,40 y 0,60 m.
- T = espejo de agua.

Calculando:

- E<sub>0</sub> = 0,70
- Pendiente de inclinación

Se entiende como la pendiente que da la dirección al flujo hacia el tragante y está en función del ancho de inclinación (W) y altura del canal de depresión (a). Se determina por medio de:

$$S_w = \frac{a}{W} + S_x$$

Donde:

- W = ancho de inclinación
- a = altura del canal de depresión

Calculando:

○  $S_w = \frac{0,025 \text{ m}}{0,30 \text{ m}}$

○  $S_w = 0,083$

- Pendiente equivalente

Es la relación entre la pendiente transversal y la pendiente de inclinación con el radio de flujo. Se calcula a través de la expresión:

$$S_e = S_x + S_w E_o$$

Calculando:

○  $S_e = 0,025 + (0,70 \times 0,083)$

○  $S_e = 0,084$

- Longitud efectiva

Se refiere a la longitud que debe de tener el tragante para captar el 100 % del flujo superficial y está en función del caudal, la pendiente longitudinal, la pendiente equivalente ( $S_e$ ) y un factor  $K_T$ .

La longitud efectiva se calcula por medio de:

$$L_T = K_T Q^{0,42} S_L^{0,3} [1/(S_e)]^{0,6}$$

Donde:

- $L_T$  = longitud efectiva para captar el 100 % del flujo
- $K_T$  = constante cuyo valor es 0,817
- $Q$  = caudal ( $m^3/s$ ) por número de tragantes
- $S_e$  = pendiente equivalente
- $S_L$  = pendiente longitudinal

Calculando:

- $L_T = 0,817 * \left(0,005 \frac{m^3}{s}\right)^{0,42} * 0,02856^{0,3} * \left[\frac{1}{(0,016)}\right]^{0,6}$
- $L_T = 1,50$

- Eficiencia

Determina la cantidad de flujo que es captado por el tragante y está en función de la longitud efectiva y la longitud propuesta.

La eficiencia se estima por medio de la ecuación:

$$E\% = 1 - \left[1 - \left(\frac{L}{L_T}\right)\right]^{1,8} \times 100$$

Donde:

- $L$  = longitud propuesta según el diseñador en metros
- $L_T$  = longitud efectiva en metros

Calculando:

- $E \% = 1 - \left[ 1 - \left( \frac{1,32 m}{1,61m} \right) \right]^{1.8} \times 100$
- $E = 96 \%$

La eficiencia del tragante si se utilizará la longitud propuesta y se colocaran un tragante del PV-1 a PV-2, el tragante estaría dentro de los parámetros, ya que la eficiencia debe de ser mayor o igual a 80 %.

#### **2.2.4. Desfogue**

El caudal pluvial cuenta con un punto de desfogue, lo cual ayudará a descargar el agua recolectada, antes de acumular grandes caudales.

El sistema de alcantarillado será transportado hacia el barranco de la zona 5 del municipio de Villa Nueva a través de un quinel existente diseñado por la Municipalidad de Villa Nueva, el cual tiene conexión con el río platanitos.

#### **2.2.5. Tabla drenaje pluvial**

El diseño del drenaje pluvial y el diseño de los tragantes tipo R se pueden encontrar en el apéndice de este trabajo de graduación.

#### **2.2.6. Planos finales**

El drenaje pluvial consta de 12 planos los cuales se pueden encontrar en el apéndice.

- Planta general

## 2.2.7. Presupuesto alcantarillado pluvial

A continuación, se presenta el presupuesto necesario para el alcantarillado pluvial.

Tabla XLI. Presupuesto alcantarillado pluvial



### UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Guatemala, C.A.

#### PRESUPUESTO DE CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO

IDENTIFICACIÓN PROYECTO:	DRENAJE PLUVIAL				
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN:	ZONA 1, VILLA NUEVA				
NOMBRE DE SOLICITANTE:	MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			CODIGO:	ND
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN:	3,007.74	ANCHO (m)	6.00	LARGO (ml)	1,541.86
				FECHA PROYECTO:	Sept-17

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON
<b>1.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
<u>1.01</u>	Topografía, planimetría y altimetría. (Incluye cuadrilla de topografía y equipo)	ml	1,541.86	Q 3.75	Q 5,785.82
<u>1.02</u>	Demolición de concreto existente (incluye corte + demolición + retro y acarreo)	m2	3,007.74	Q 33.99	Q 102,232.99
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q 108,018.81</b>
<b>2.00</b>	<b>TUBERIA DE CONDUCCION</b>				
<u>2.01</u>	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø15" Novafort norma F949	ml	84.84	Q 443.93	Q 37,663.37
<u>2.02</u>	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø24" Novafort norma F949	ml	299.51	Q 777.14	Q 232,761.85
<u>2.03</u>	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø30" Novafort norma F949	ml	264.28	Q 1,225.82	Q 323,958.69
<u>2.04</u>	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø36" Novafort norma F949	ml	204.19	Q 1,592.83	Q 325,239.47
<u>2.05</u>	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø42" Novafort norma F949	ml	411.91	Q 1,974.56	Q 813,341.13
<u>2.06</u>	Suministro e instalación de Tubería Novablock PVC Ø48" según norma astm F23-07	ml	277.13	Q 2,050.17	Q 568,162.73
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q 2,301,127.24</b>
<b>3.00</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>				
<u>3.01</u>	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.50 m- 1.75m, Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	Unidad	9.00	Q 8,261.10	Q 74,349.92
<u>3.02</u>	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 2.00 m Profundidad (2.51-4.00) m, sin refuerzo.	Unidad	14.00	Q 14,273.73	Q 199,832.18
<u>3.03</u>	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 2.00m Profundidad (4.01 - 6.00) m, con refuerzo.	Unidad	12.00	Q 28,515.88	Q 342,190.60
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q 616,372.70</b>
<b>4.00</b>	<b>TRABAJOS FINALES</b>				
<u>4.01</u>	Restitución del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)	Ton-m	135.99	Q 1,616.63	Q 219,848.83
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q 219,848.83</b>
<b>5.00</b>	<b>TRAGANTES TIPO R</b>				
<u>5.01</u>	Construcción de Tragante Tipo R (episo=0.30 m + No.4 @ 0.15 m ambos sentidos, epared=0.20 m + No.4 @ 0.25 m y @ 0.30 m, elosa=0.20 m + No.4 @ 0.20 + No.5 @ 0.15 m, fc 210 kg/cm <sup>2</sup> y fy Grado 40	Unidad	64.00	Q 7,328.46	Q 469,021.44
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q 469,021.44</b>
				<b>COSTO TOTAL ESTIMADO</b>	<b>Q 3,714,389.02</b>

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. La ejecución de los proyectos en la Dirección Municipal de Planificación (DMP), a través del ejercicio profesional supervisado (EPS) es muy importante para el estudiante de ingeniería, ya que permite poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica realizando proyectos reales que beneficien a la sociedad.
2. Con la construcción del instituto básico en la colonia Enriqueta, se fortalece la estabilidad social, intelectual e integridad física de la población, teniendo como objetivo crear la infraestructura al centro educativo y sustancialmente mitigar la vulnerabilidad de la población hacia los peligros sociales; crea mayores oportunidades hacia el bienestar de la población.
3. El diseño del instituto básico en la colonia Enriqueta ha sido diseñado con respecto a las normas de construcción del ACI 318S-11 para estructuras especiales resistentes a momentos, basado principalmente en el capítulo 21. Según estos requisitos, el edificio está diseñado para responder a las injerencias que en algún momento llegasen a provocar la inestabilidad de la estructura como sismos, vientos, entre otros.
4. Existirá un mayor control de inundaciones, las cuales se consideran como las causantes de daños a infraestructuras en la zona 1 del municipio de Villa Nueva; esto se logrará por medio del sistema de alcantarillado pluvial diseñado, el cual captará la mayor parte del caudal de tormenta y desfogará de manera segura, para la población. Con la

ejecución del diseño de drenaje pluvial se beneficiará a más de 4 000 personas, con un tiempo de vida útil de 25 años.

5. La inversión para la construcción del instituto básico de la colonia Enriqueta es de Q 3 743 029,98 con un área de terreno total de 915 m<sup>2</sup> y con lo que respecta al drenaje pluvial, el precio es de Q 3 714 389,02.

## RECOMENDACIONES

1. Brindarle prioridad a los proyectos que ofrecen el mejoramiento de las condiciones de vida de la población y el desarrollo del municipio, tanto en el ámbito sanitario como socioeconómico.
2. Cumplir con las normas y especificaciones para la ejecución y supervisión de proyectos, tomando en cuenta la calidad de los materiales de construcción con el fin de garantizar la vida útil de los proyectos.
3. Brindar un mantenimiento periódico adecuado, para lograr con ello que los sistemas de alcantarillado funjan a un nivel más óptimo.
4. Dar mantenimiento al sistema de drenaje pluvial, al inicio y al final de cada invierno, para garantizar el buen funcionamiento del sistema durante período de vida.
5. Actualizar los precios de materiales, mano de obra y maquinaria con el fin de mantener al día los costos del proyecto, basados en las constantes variaciones económicas.



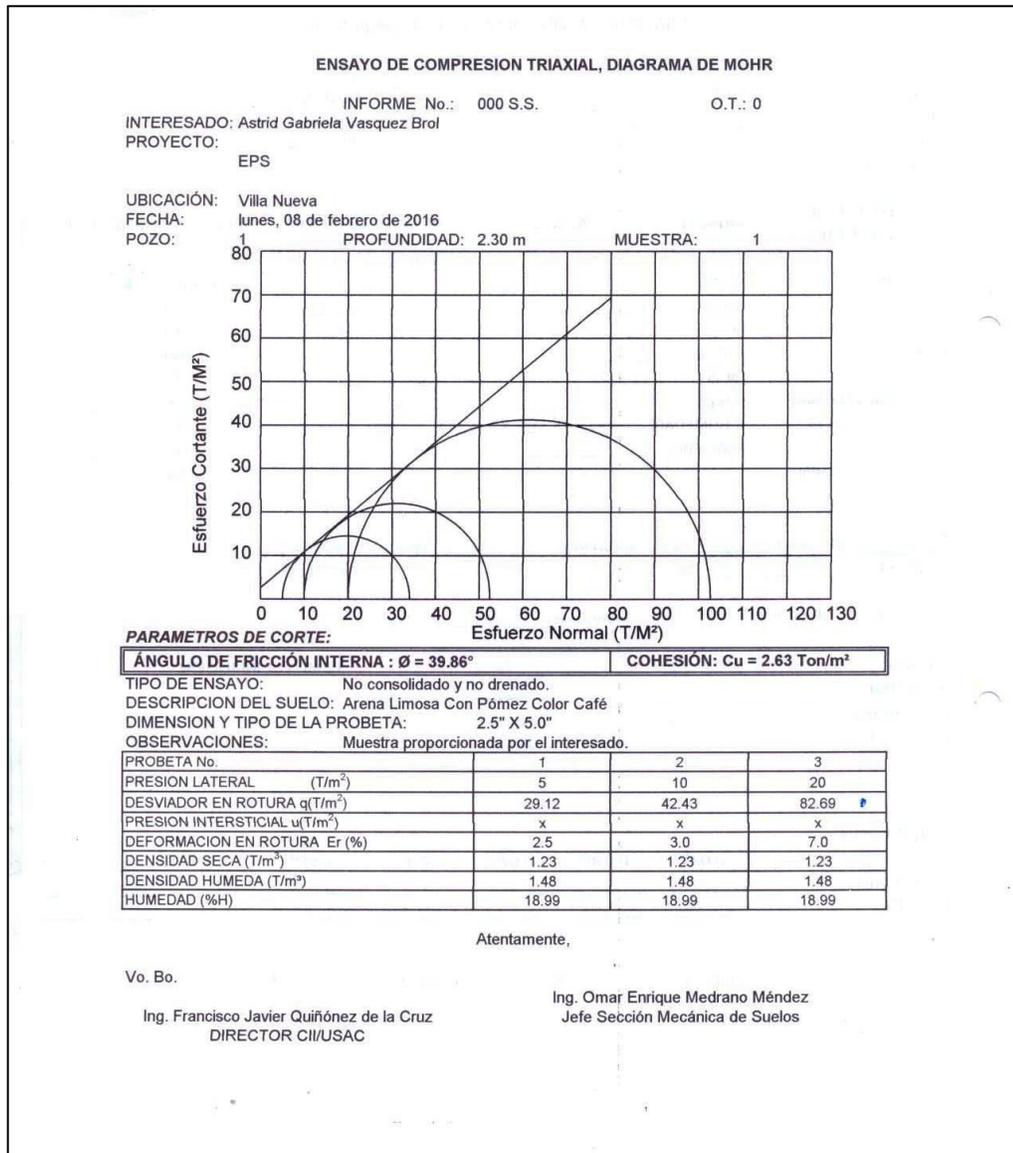
## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
2. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 155 p.
3. H. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
4. Instituto Americano del Concreto. *Requisitos del reglamento para concreto estructural*. Estados Unidos de América: ACI 318S-11, 2011. 541p.
5. GÁLVEZ ÁLVAREZ, Hugo Alejandro. *Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 77 p.
6. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria y aplicada a saneamiento y salud pública*. México: Limusa, 1999. 870 p.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Resultado del estudio de suelos



Fuente: elaboración propia.

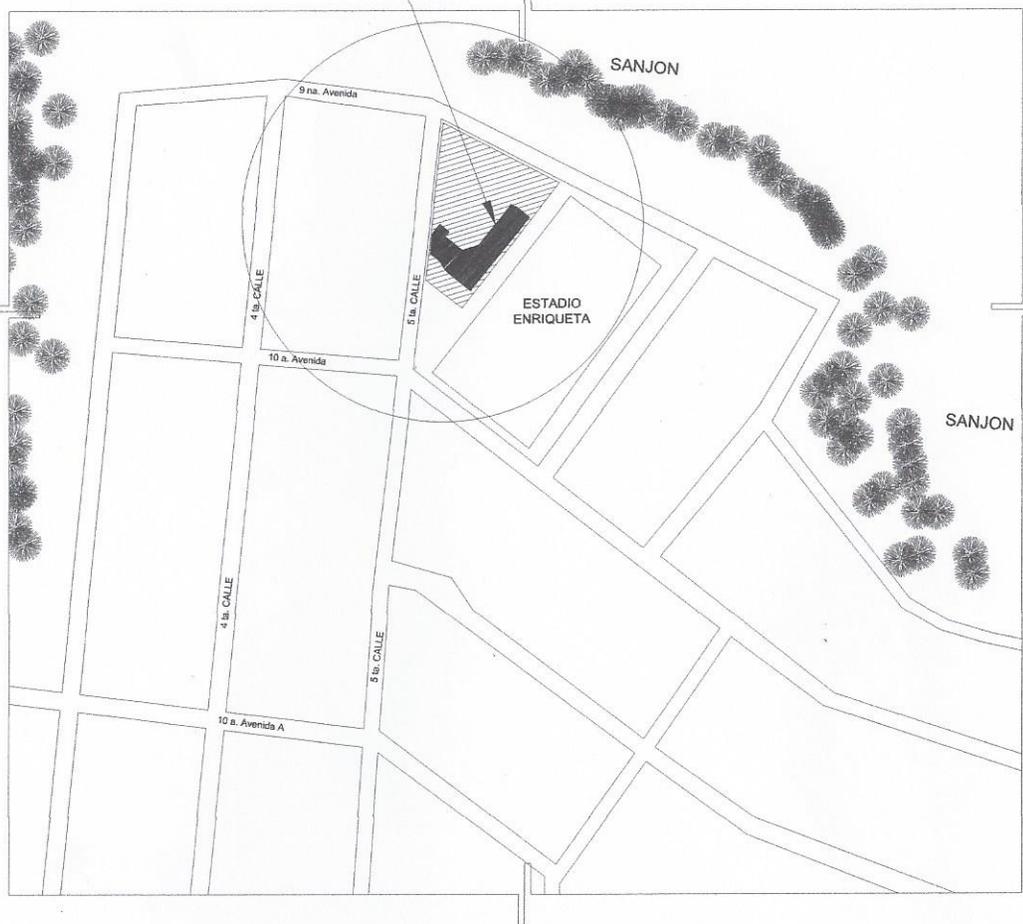


Apéndice 2. **Planos y tablas del instituto básico de dos niveles de la colonia Enriqueta, Villa Nueva y planos de drenaje pluvial**

Fuente: elaboración propia.



# UBICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO



## PLANO DE LOCALIZACION

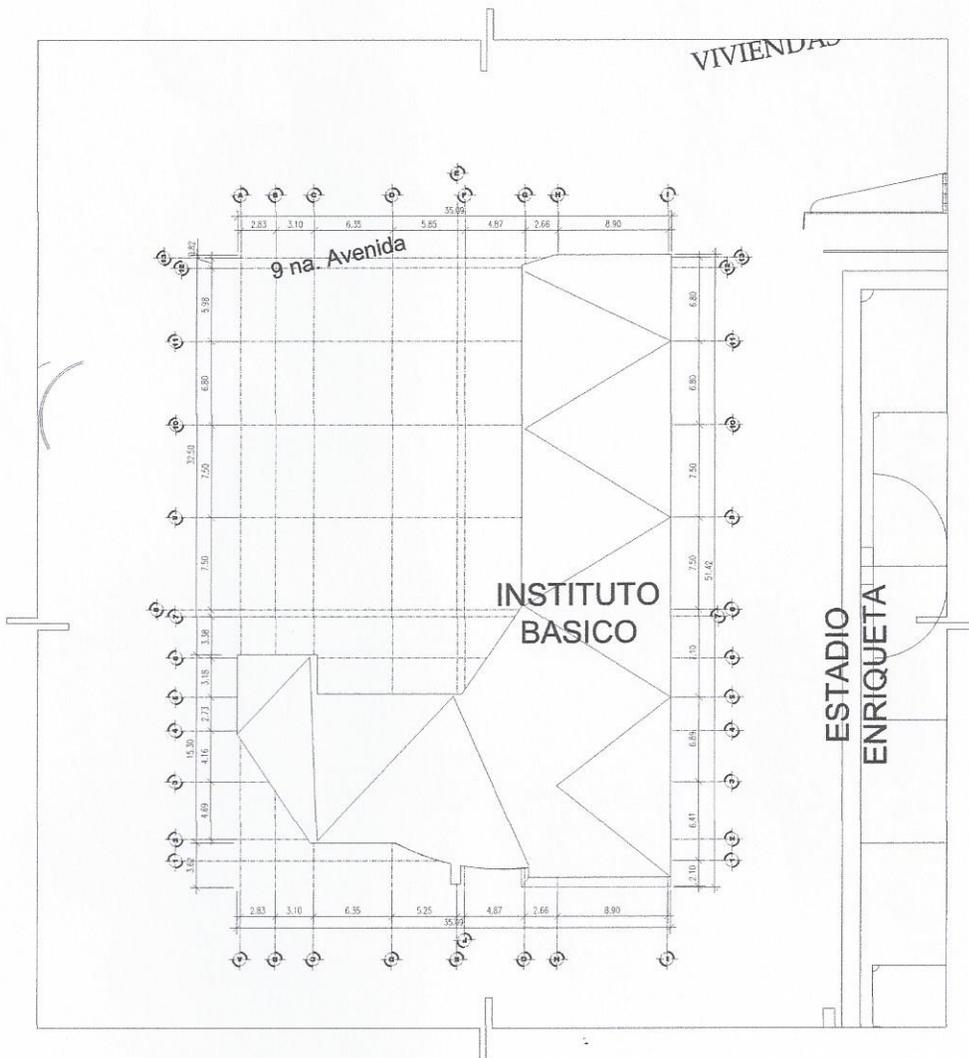


GTM 14.523947, GEO 14° 31'26.2" N  
 - 90.574487 - 90° 34'28.1" W



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 1 DE: 26	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018	
CONTENIDO: PLANO DE UBICACIÓN		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323	

ING. OSCAR ARGUETA



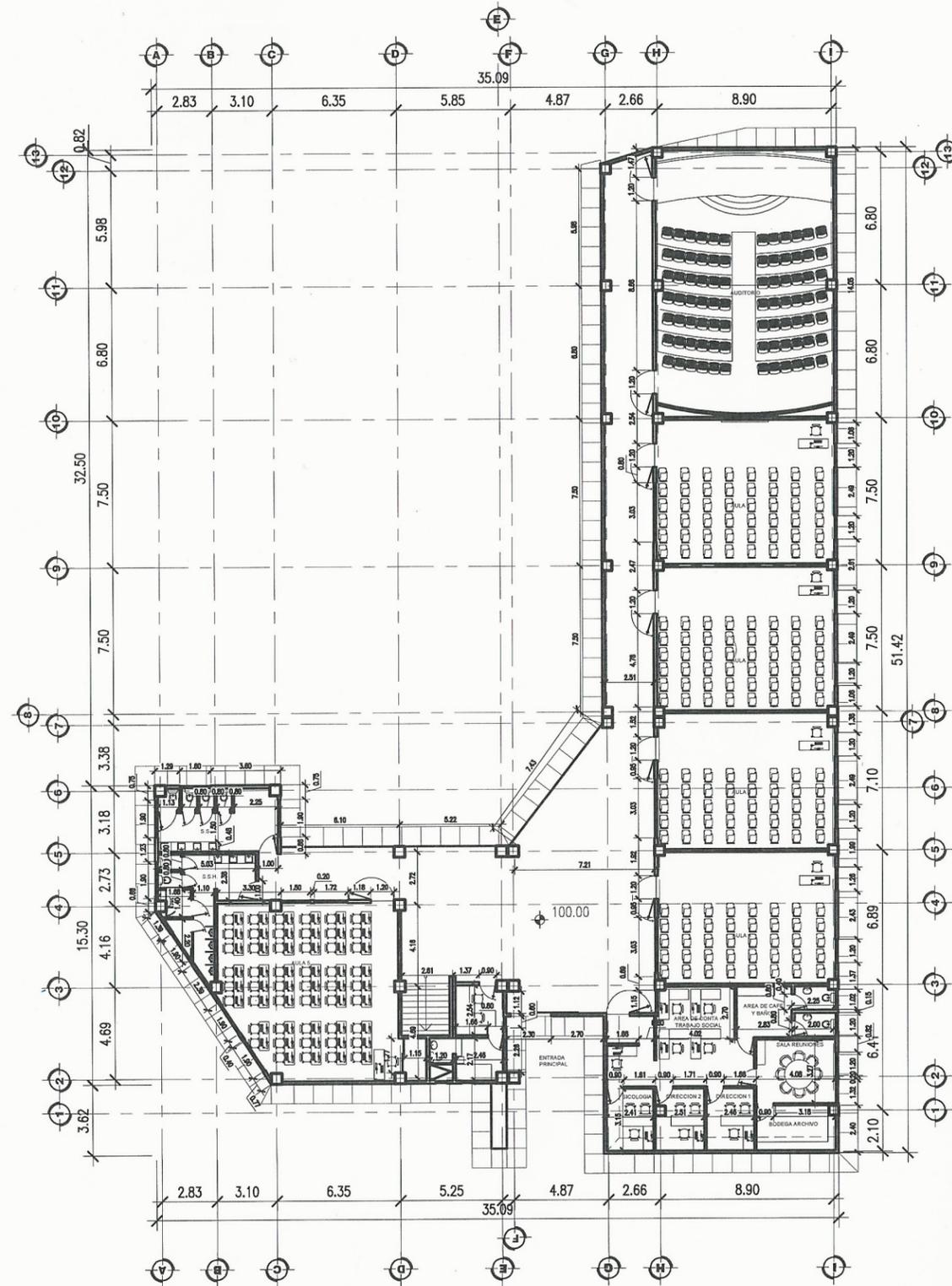
PLANO DE UBICACION



GTM 14.523947, GEO 14° 31'26.2" N  
 - 90.574487 90° 34'28.1" W



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 2	DE: 26	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018		
CONTENIDO: PLANO DE LOCALIZACIÓN		ESCALA: INDICADA		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		
		ING. OSCAR ARGUETA		



**PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL**

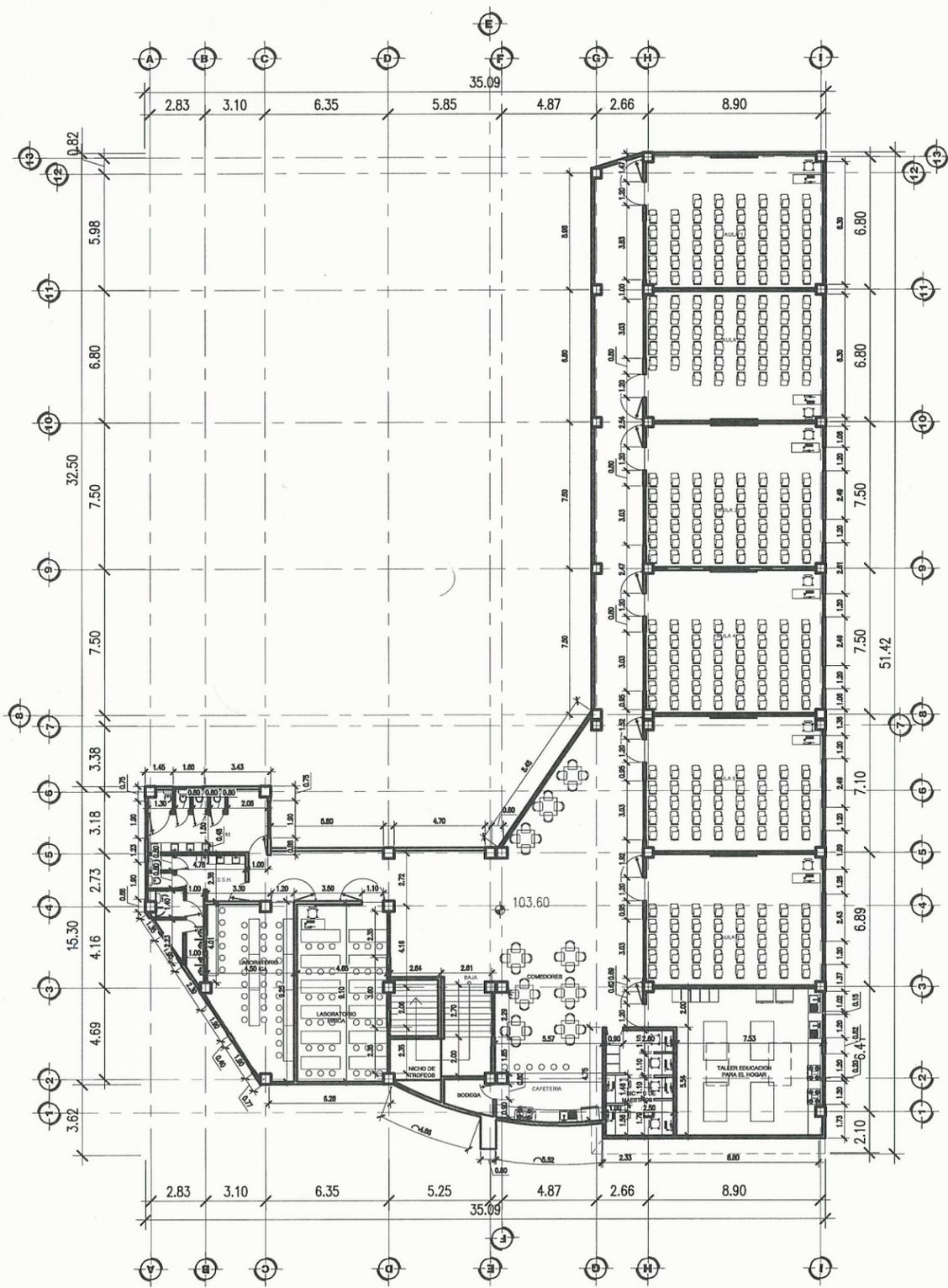


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL	ESCALA: 1:3000
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL	CARNET: 2010-20323



HOJA: 3	DE: 26
---------	--------

ING. OSCAR ARGUETA



**PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
 ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

DISEÑO DE INGENIERIA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 4 DE 26

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

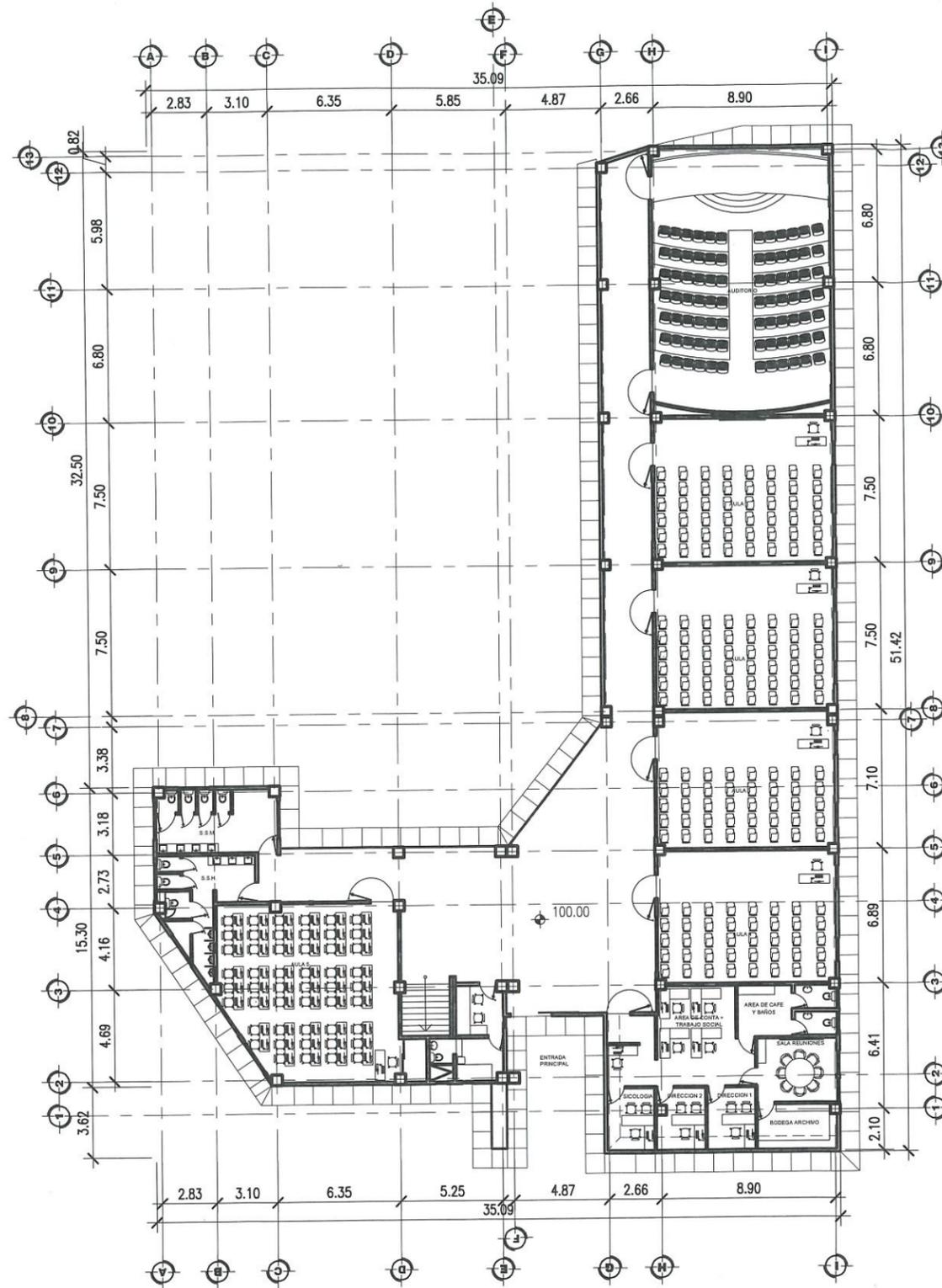
ESCALA: 1:3000

CARNET: 2010-20323



ING. OSCAR ARGUETA

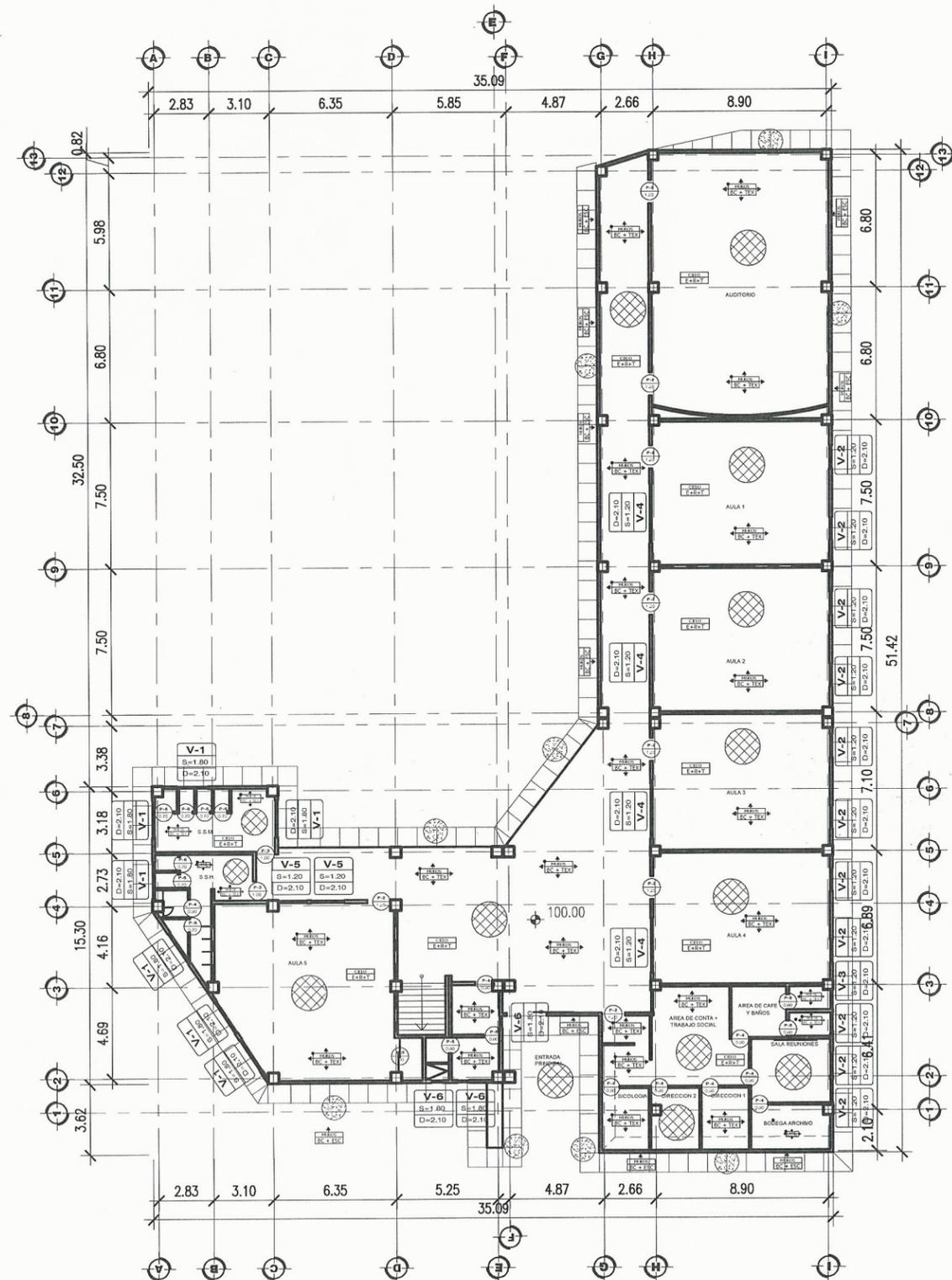




**PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 6	DE: 26	
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018		
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL		ESCALA: 1:3000		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		
				ING. OSCAR ARGUETA



# PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

## SIMBOLOGÍA DE ACABADOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	PISO DE GRANITO, FORMATO DE 30X30 CM
	PISO DE CONCRETO
	MUROS BASE CEMENTICIA + TEXTURA PLASTICA GRANO FINO PARA INTERIORES
	MUROS ACABADO CEMENTICIO TIPO ESCORIAL PARA EXTERIORES
	CIELO ENSABETADO + REPELLO + TEXTURA GRANO FINO CON GUARDA
	TABIQUE TABLA YESO DOBLE CARA, h= 3.00 mts.
	V-6 INDICA TIPO DE VENTANA (VER ESPECIFICACIÓN EN PLANILLA)
	P-3 INDICA TIPO DE PUERTA (VER ESPECIFICACIÓN EN PLANILLA)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 7 DE: 26

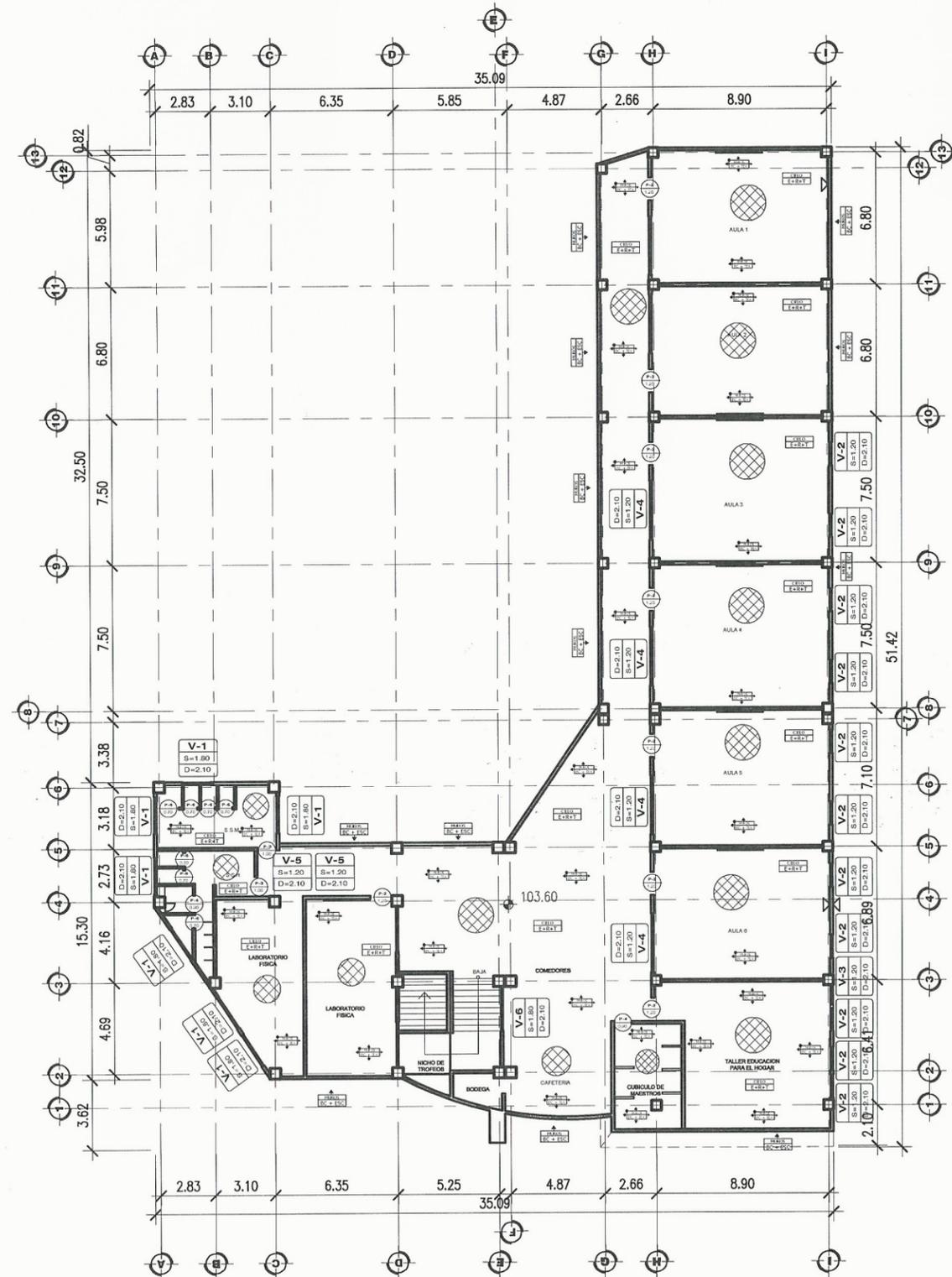
FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323



ING. OSCAR ARGUETA



**PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL**

SIMBOLOGÍA DE ACABADOS	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	PISO DE GRANITO, FORMATO DE 30X30 CM
	PISO DE CONCRETO
	MUROS BC + TEX
	MUROS BC + ESC
	CIELO E+R+T
	TT
	V-6 S=1.80 D=2.10
	P-3 1.80



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 8 DE: 26

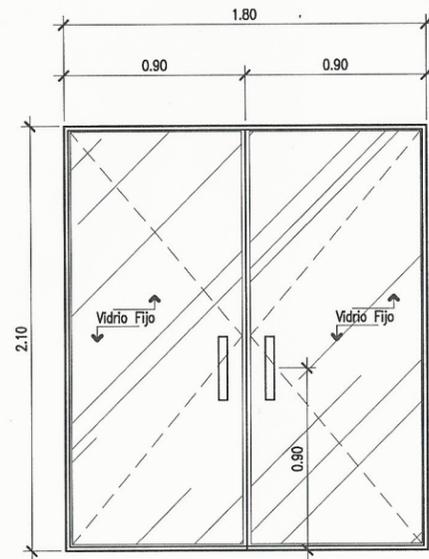
FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323

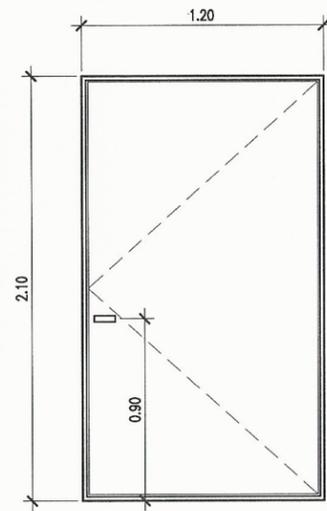


ING. OSCAR ARGUETA



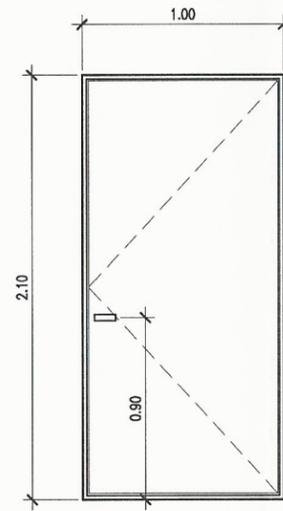
PUERTA CON MARCO DE ALUMINIO NATURAL + VIDRIO DE 5MM. JALADOR CONCHA + BRAZO HIDRAULICO + CHAPA

**PUERTA TIPO P-1**  
1 UNIDADES ESCALA 1/25



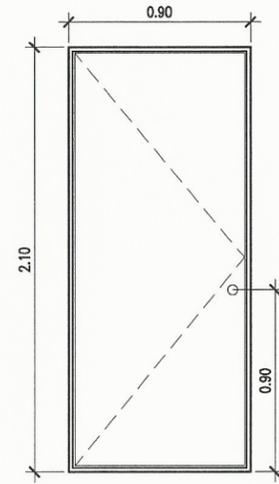
PUERTA CON MARCO DE 1"x1"x1/8" + HOJA DE ESTRUCTURA DE TUBO SENCILLO DE 1"x1"x1/8" CON FORRO DE LAMINA UNA CARA COLOR NEGRA + HALADOR ANGULAR DE 1"x1"x1/8"x5" + CHAPA YALE Y BISAGRAS DE CARTUCHO DE 3".

**PUERTA TIPO P-2**  
16 UNIDADES ESCALA 1/25



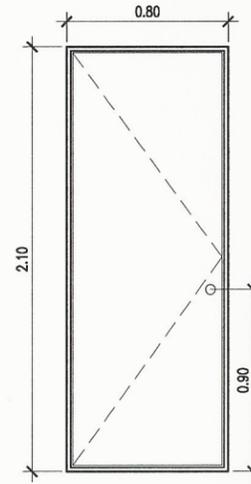
PUERTA CON MARCO DE 1"x1"x1/8" + HOJA DE ESTRUCTURA DE TUBO SENCILLO DE 1"x1"x1/8" CON FORRO DE LAMINA UNA CARA COLOR NEGRA + HALADOR ANGULAR DE 1"x1"x1/8"x5" + CHAPA YALE Y BISAGRAS DE CARTUCHO DE 3".

**PUERTA TIPO P-3**  
4 UNIDADES ESCALA 1/25



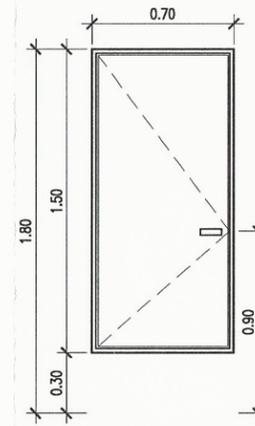
PUERTA CON MARCO DE MADERA DE PINO TRATADO, HOJA MDF CON FÓRMICA + CHAPA CON LLAVE KWIKSET + BISAGRAS DE 3"x3"

**PUERTA TIPO P-4**  
10 UNIDADES ESCALA 1/25



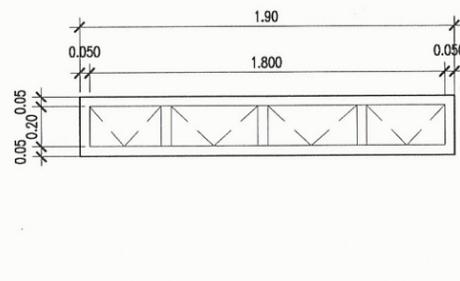
PUERTA CON MARCO DE MADERA DE PINO TRATADO, HOJA MDF CON FÓRMICA + CHAPA CON LLAVE KWIKSET + BISAGRAS DE 3"x3"

**PUERTA TIPO P-5**  
4 UNIDADES ESCALA 1/25



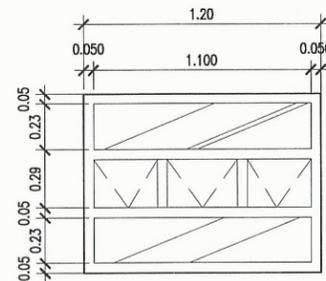
PUERTA CON MARCO DE 1/2"x 1/2" X 1/8" + HOJA DE ESTRUCTURA DE TUBO DE 1/2"x1/2"x1/8" FORRO DE LAMINA SENCILLA COLOR NEGRA + HALADOR ANGULAR DE 1"x1"x1/8"x5" + PASADOR

**PUERTA TIPO P-6**  
14 UNIDADES ESCALA 1/25



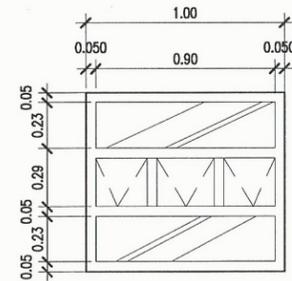
VENTANA DE ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO SENCILLO 5mm.

**VENTANA TIPO V-1**  
14 UNIDADES ESCALA 1/25



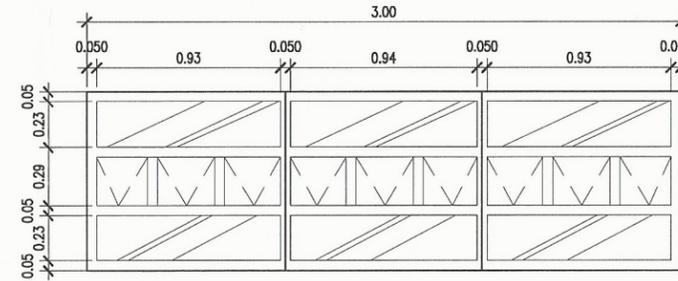
VENTANA DE ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO SENCILLO 5mm.

**VENTANA TIPO V-2**  
22 UNIDADES ESCALA 1/25



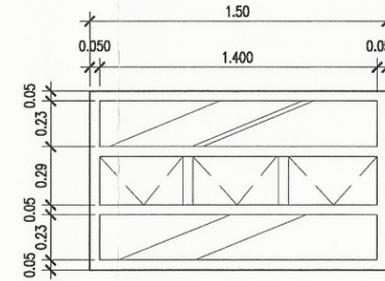
VENTANA DE ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO SENCILLO 5mm.

**VENTANA TIPO V-3**  
2 UNIDADES ESCALA 1/25



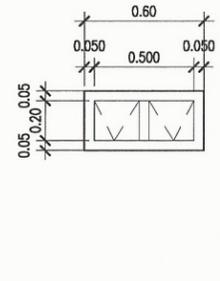
VENTANA DE ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO SENCILLO 5mm.

**VENTANA TIPO V-4**  
8 UNIDAD ESCALA 1/25



VENTANA DE ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO SENCILLO 5mm.

**VENTANA TIPO V-5**  
4 UNIDADES ESCALA 1/25



VENTANA DE ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO SENCILLO 5mm.

**VENTANA TIPO V-6**  
4 UNIDADES ESCALA 1/25

## DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 9 DE: 26

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: 1:333

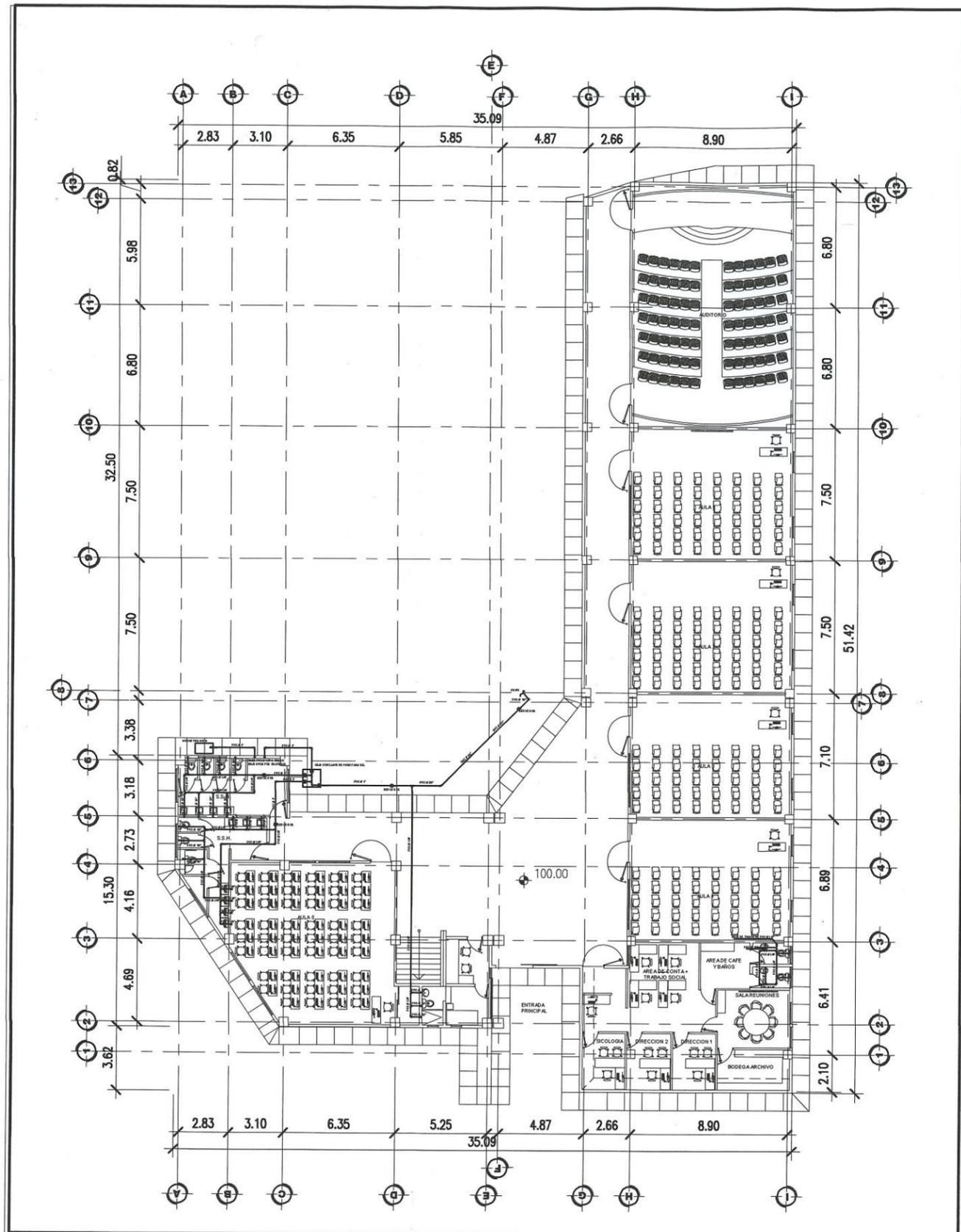
CARNET: 2010-20323

ING. OSCAR ARGUETA

ASesor(a) ARGUETA Oscar

Supervisor de Prácticas de Ingeniería y EPS

ING. OSCAR ARGUETA



**INSTALACIONES DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL**

**SIMBOLOGIA DE AGUA POTABLE**

	CODO HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	TEE HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	CODO VERTICAL PVC DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	LLAVE DE GLOBO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO, CON CAJA DE CONCRETO
	TUBERIA PVC NORMA SDR 41, 100 PSI
<b>PVC</b> ∅	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE
	TUBERIA PVC INSTALACION AEREA NORMA SDR 41, 100 PSI
	REDUCIDOR PVC DE ACUERDO A DIAMETRO INDICADO.
	TINACO DE AGUA POTABLE
	INDICA ACOMETIDA PRINCIPAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: INSTALACIONES DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL

DISEÑO DE INGENIERIA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 10 DE 26

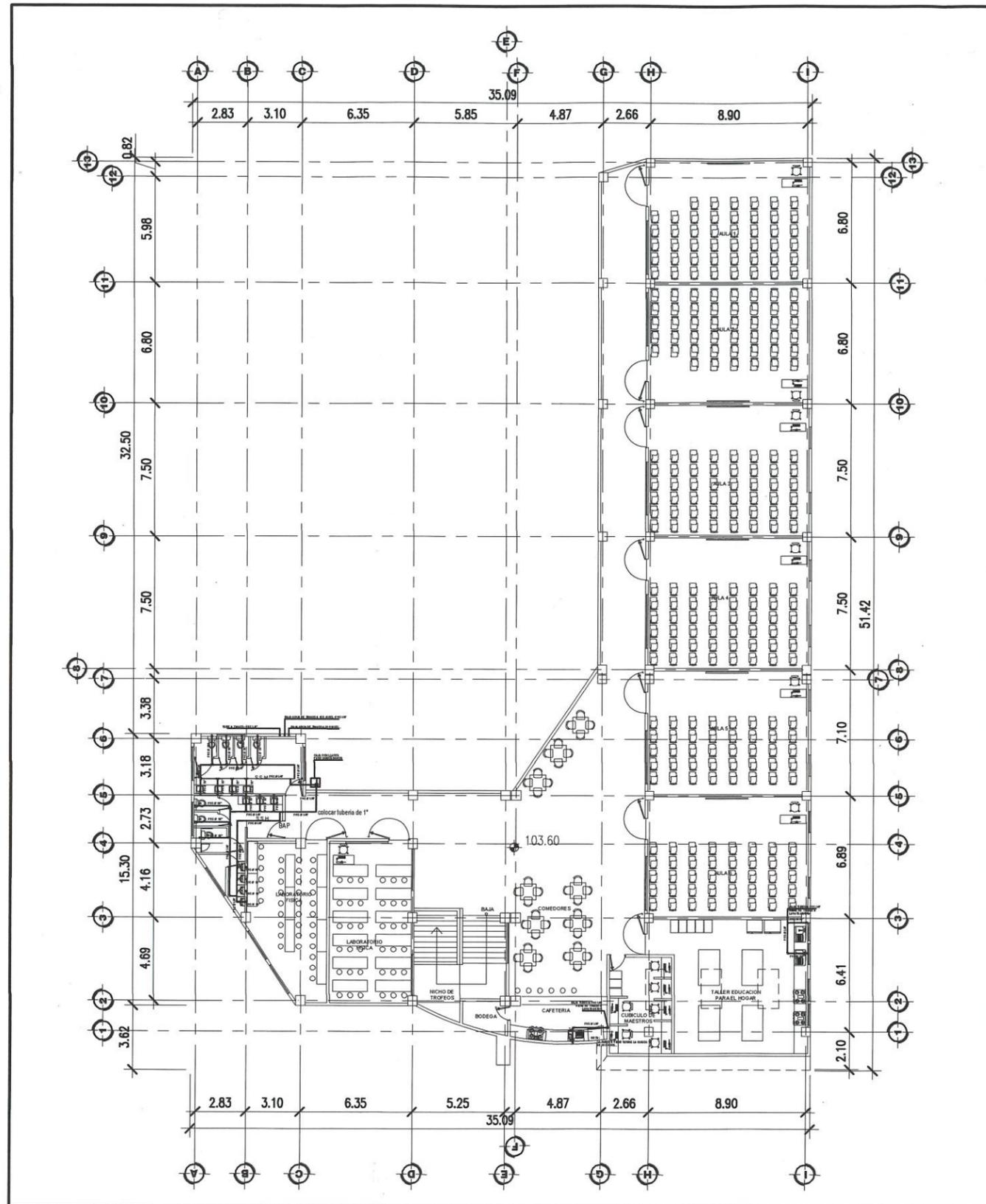
FECHA: AGOSTO 2018

ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 ASESOR SUPLENTE  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Asesor EPS:  
 Oscar Arguera Hernández

ING. OSCAR ARGUETA



**INSTALACIONES DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL**

**SIMBOLOGIA DE AGUA POTABLE**

	CODO HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	TEE HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	CODO VERTICAL PVC DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	LLAVE DE GLOBO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO, CON CAJA DE CONCRETO
	TUBERIA PVC NORMA SDR 41, 100 PSI
	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE
	TUBERIA PVC INSTALACIÓN AEREA NORMA SDR 41, 100 PSI
	REDUCIDOR PVC DE ACUERDO A DIAMETRO INDICADO.
	TINACO DE AGUA POTABLE
	ACOMETIDA AGUA INDICA ACOMETIDA PRINCIPAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: INSTALACIONES DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 11 DE: 26

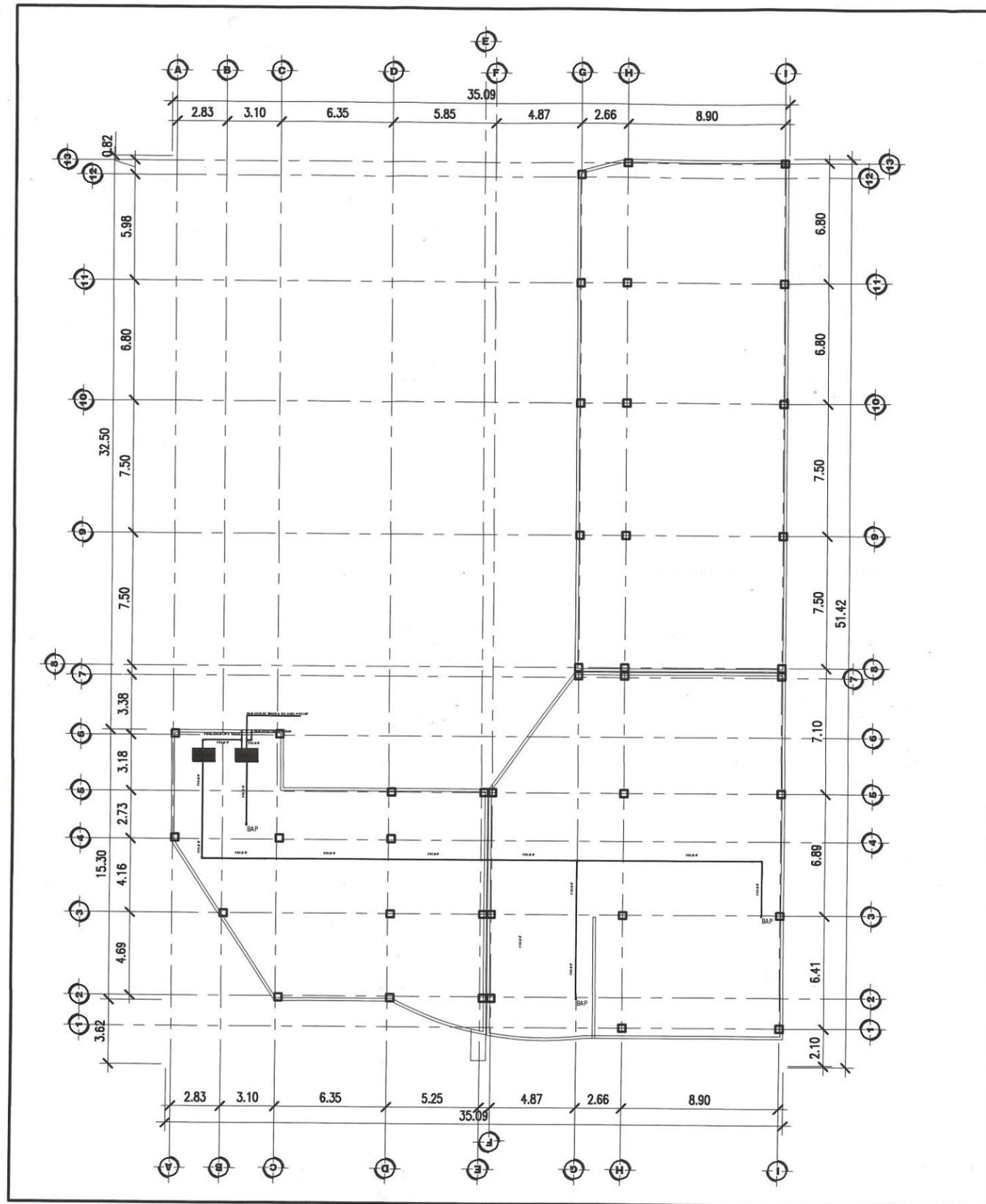
FECHA: AGOSTO 2018

ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323



ING. OSCAR ARGUETA



## INSTALACIÓN AGUA POTABLE NIVEL DE TECHO

### SIMBOLOGIA DE AGUA POTABLE

	CODO HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	TEE HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	CODO VERTICAL PVC DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	LLAVE DE GLOBO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO, CON CAJA DE CONCRETO
	TUBERIA PVC NORMA SDR 41, 100 PSI
PVC Ø	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE
	TUBERIA PVC INSTALACIÓN AEREA NORMA SDR 41, 100 PSI
	REDUCIDOR PVC DE ACUERDO A DIAMETRO INDICADO.
	TINACO DE AGUA POTABLE
	INDICA ACOMETIDA PRINCIPAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE NIVEL DE TECHO

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 12 DE 26

FECHA: AGOSTO 2018

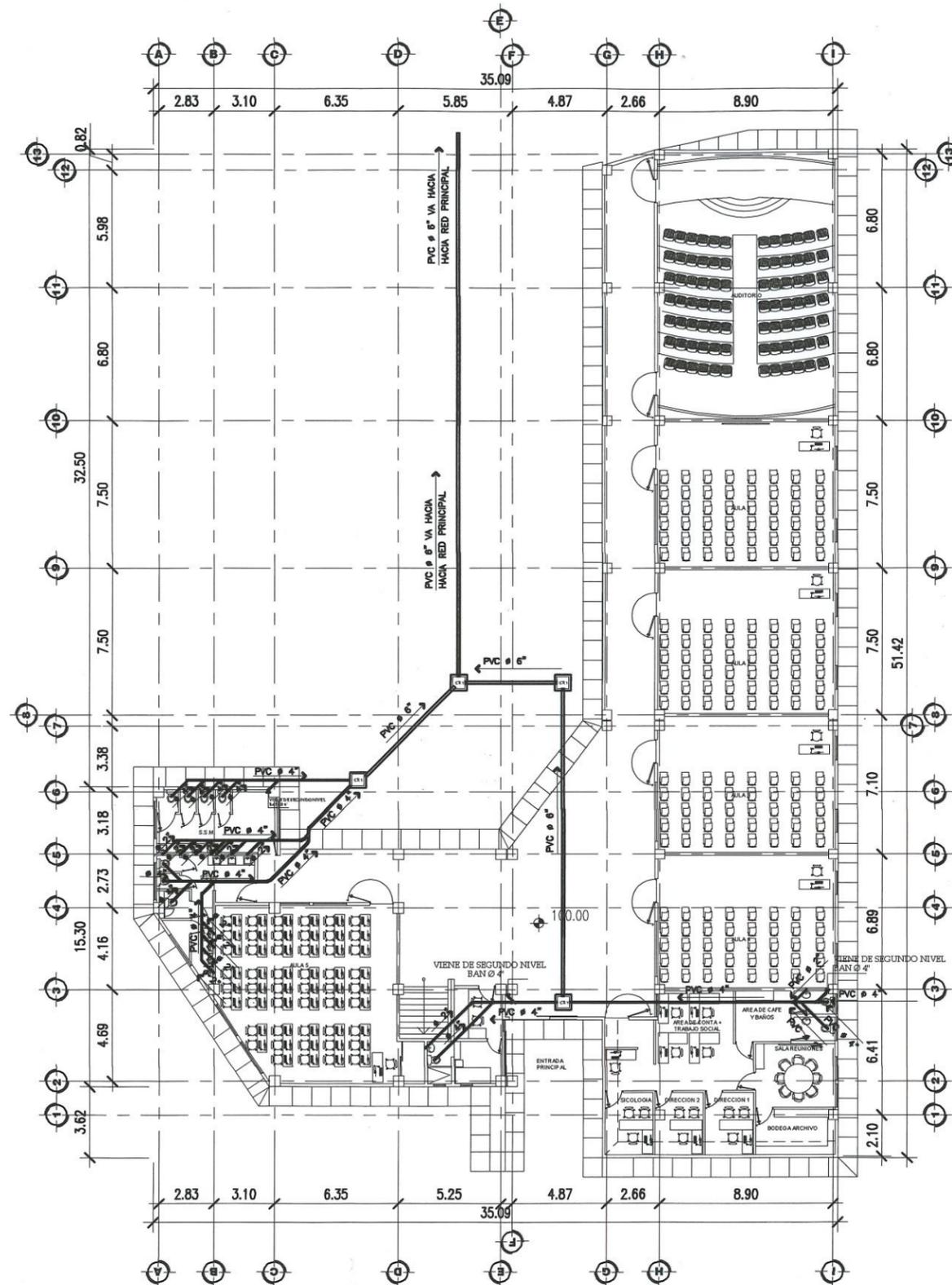
ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323



ASESOR EPS:

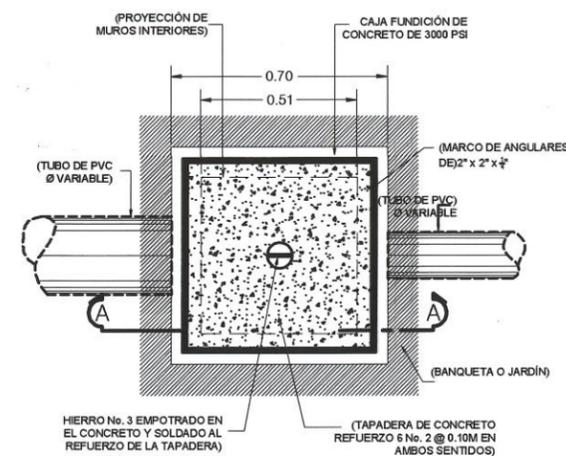
ING. OSCAR ARGUETA



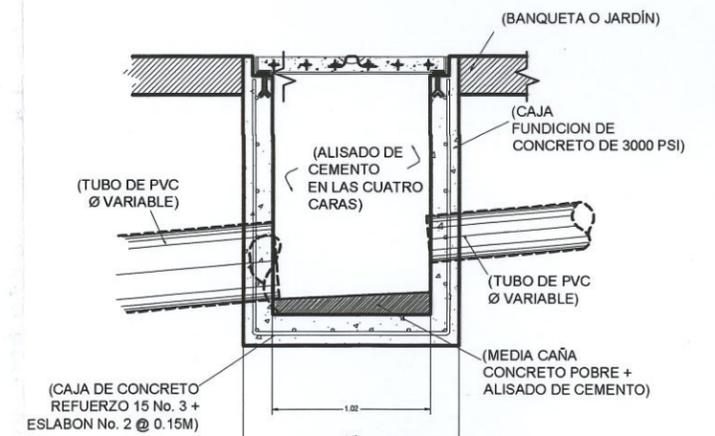
SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
BAN Ø	BAJADA DE AGUAS NEGRAS DE ACUERDO A DIÁMETRO INDICADO
CR 1	CAJA DE REGISTRO DRENAJE SANITARIO
	YEE SANITARIA PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	CODO SANITARIO A 45° PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	CODO SANITARIO VERTICAL A 90° PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	CODO SANITARIO HORIZONTAL A 90° PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	TUBERÍA PVC NORMA ASTM D3034, DIÁMETRO INDICADO
	INDICA DIRECCIÓN DE FLUJO
	REDUCIDOR SANITARIO PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	SIFÓN TERMINAL PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO

**OBSERVACIONES:**

- INSTALACIÓN DRENAJES TUBERÍA SUSPENDIDA MEDIANTE ABRAZADERA+BARRAS ENROSCADAS GALVANIZADAS
- TODA LA TUBERÍA DEL PRIMER NIVEL SE CONSIDERA ENTERRADA.
- LA TUBERÍA DEL SEGUNDO NIVEL SE CONSIDERA SUSPENDIDA EN LOSA



**PLANTA CAJA TIPO CR1**  
ESCALA 1:20

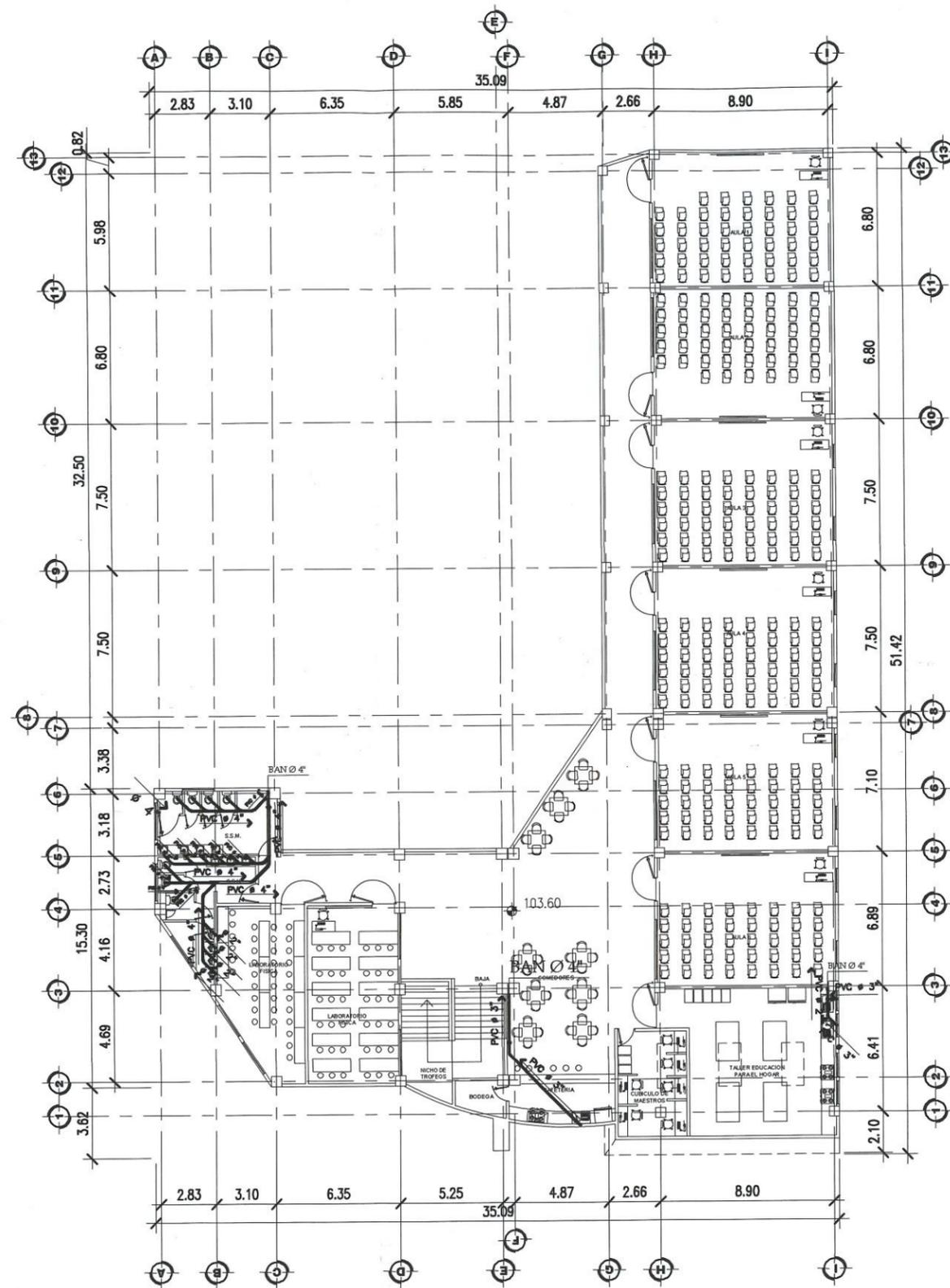


**SECCIÓN CAJA TIPO CR1**  
ESCALA 1:20

**DRENAJE SANITARIO PRIMER NIVEL**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 13	DE: 26	ASESOR EPS: Ing. Oscar Argueta
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: AGOSTO 2018		
CONTENIDO: DRENAJE SANITARIO PRIMER NIVEL		ESCALA: 1:333		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		
				ING. OSCAR ARGUETA



# DRENAJE SANITARIO SEGUNDO NIVEL

SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
BAN Ø	BAJADA DE AGUAS NEGRAS DE ACUERDO A DIÁMETRO INDICADO
CR1	CAJA DE REGISTRO DRENAJE SANITARIO
	YEE SANITARIA PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	CODO SANITARIO A 45° PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	CODO SANITARIO VERTICAL A 90° PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	CODO SANITARIO HORIZONTAL A 90° PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	TUBERIA PVC NORMA ASTM D3034, DIÁMETRO INDICADO
	INDICA DIRECCIÓN DE FLUJO
	REDUCIDOR SANITARIO PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO
	SIFÓN TERMINAL PVC DE ACUERDO A DIÁMETRO DE TUBERÍA INDICADO

## OBSERVACIONES:

- INSTALACIÓN DRENAJES TUBERÍA SUSPENDIDA MEDIANTE ABRAZADERA+BARRAS ENROSCADAS GALVANIZADAS
- TODA LA TUBERÍA DEL PRIMER NIVEL SE CONSIDERA ENTERRADA.
- LA TUBERÍA DEL SEGUNDO NIVEL SE CONSIDERA SUSPENDIDA EN LOSA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: DRENAJE SANITARIO SEGUNDO NIVEL

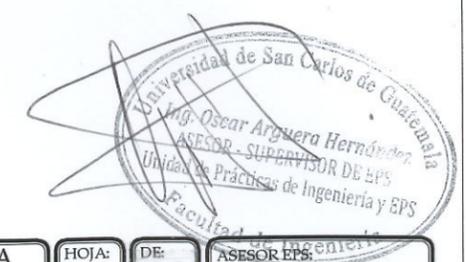
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 14 DE: 26

FECHA: AGOSTO 2018

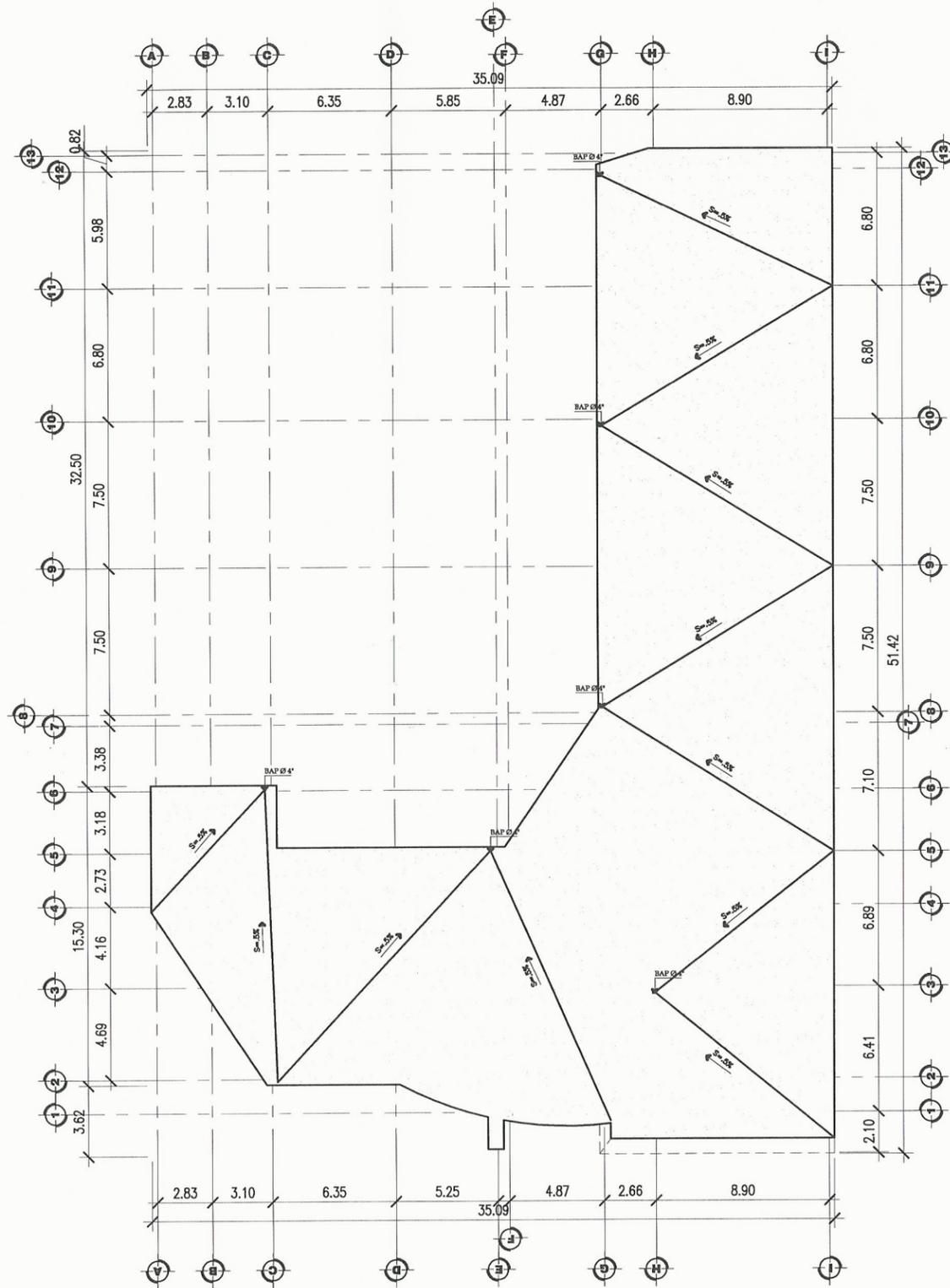
ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323



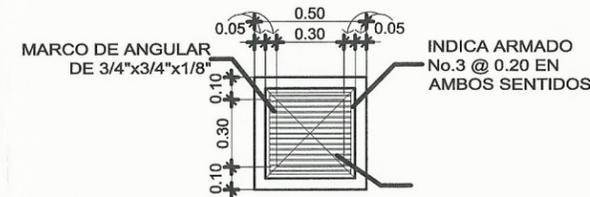
ING. OSCAR ARGUETA





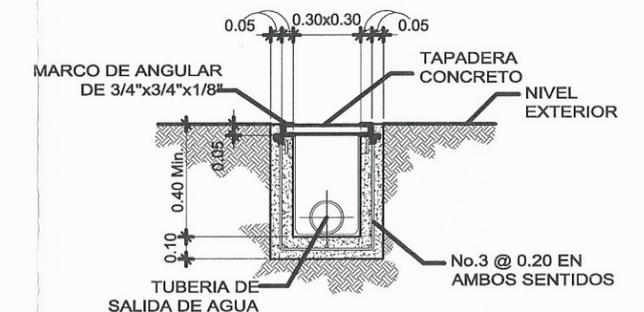
**DRENAJE PLUVIAL SEGUNDO NIVEL**

SIMBOLOGIA	
	TUBERIA PVC D-2241 CLASE 125 Ø INDICADO TUBERIA SUSPENDIDA
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION VERTICAL
	CODO P.V.C. A 45° EN POSICION HORIZONTAL
	REDUCTOR P.V.C.
	YEE SIMPLE P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	CAJA DE REJISTRO TIPO INDICADO (CR-T1)
	INDICA SENTIDO DE FLUJO
$S=$	INDICA PENDIENTE DE TUBERIA
$\emptyset$	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA
	INDICA BAJADA DE AGUA PLUVIAL



**PLANTA CAJA TIPO CR1**

ESCALA 1:20



**SECCIÓN CAJA TIPO CR1**

ESCALA 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: DRENAJE PLUVIAL SEGUNDO NIVEL

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 16 DE 26

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: 1:333

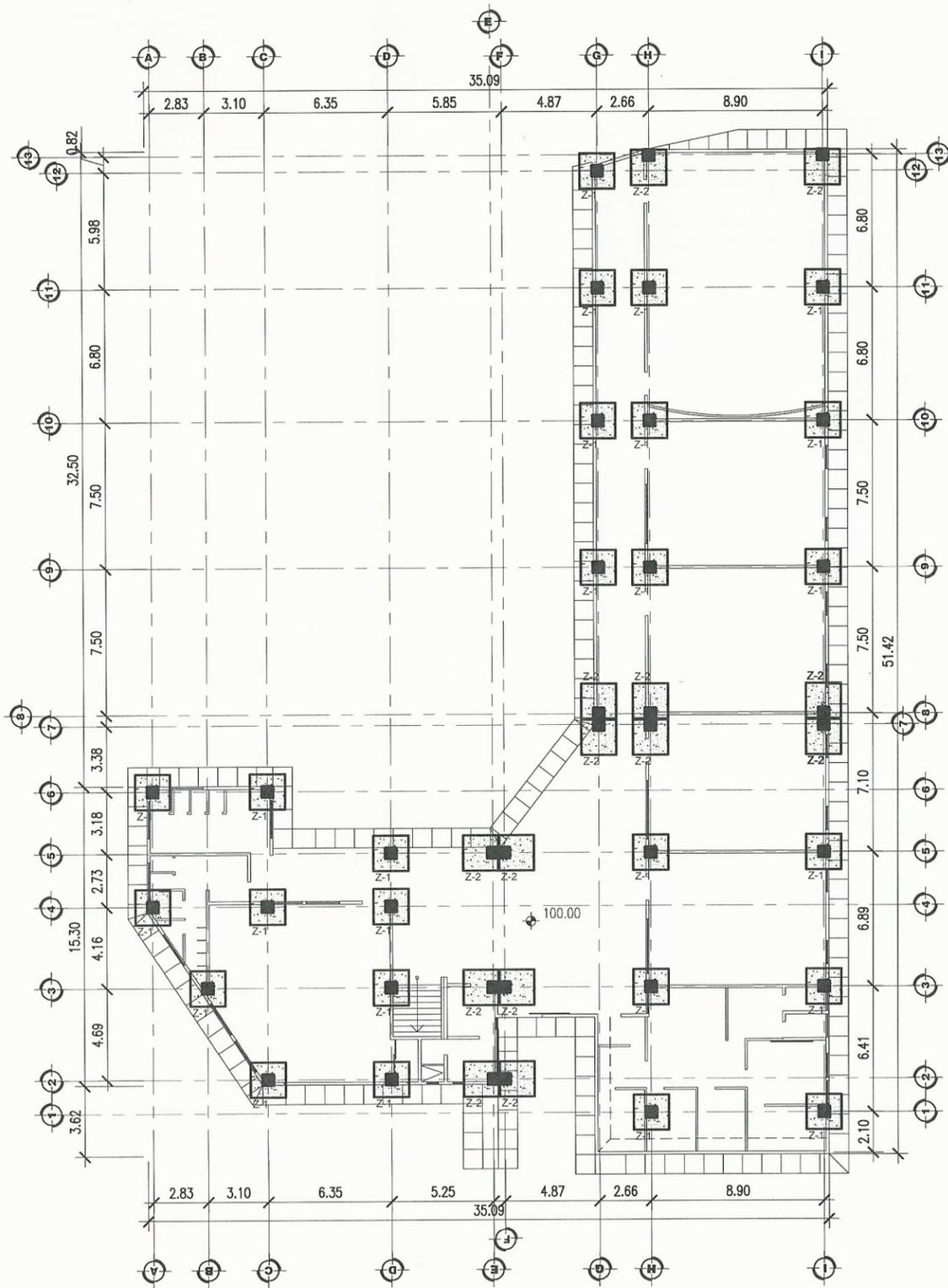
CARNET: 2010-20323

ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA

INGENIERO DE EPS

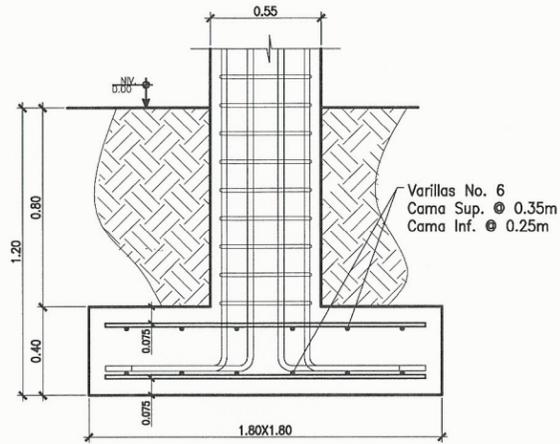
INGENIERIA

ING. OSCAR ARGUETA

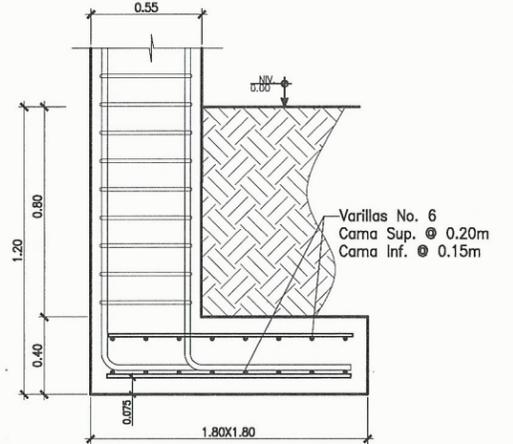


**PLANO DE CIMENTACIÓN + DETALLES**

NOTAS GENERALES:  
 -RECURRIMIENTO MÍNIMO ESTRUCTURAS FUNDIDAS DIRECTAMENTE CONTRA EL SUELO (ZAPATAS) 0.075m  
 -CONCRETO EN CIMENTACIONES  $F'c = 281 \text{ KG/CM}^2$   
 -ACERO EN CIMENTACIONES  $F'y = 4210 \text{ KG/CM}^2$



**DETALLE ZAPATA Z-1**

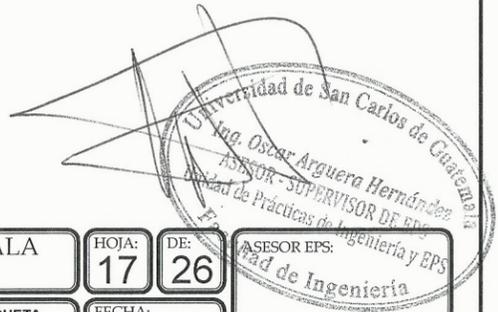


**DETALLE ZAPATA Z-2**

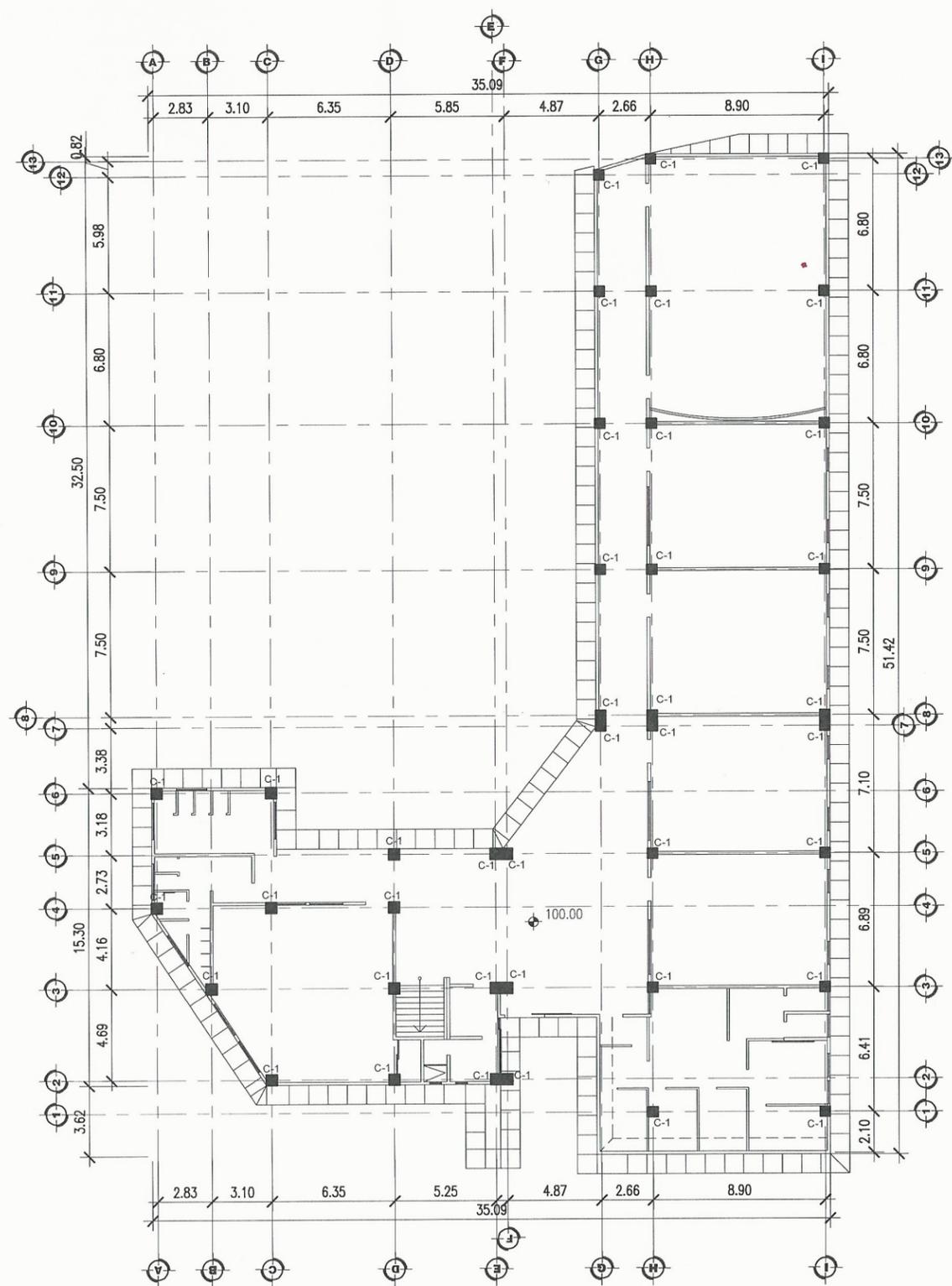


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA  
 CONTENIDO: PLANO DE CIMENTACIÓN + DETALLES  
 DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 17 DE: 26  
 FECHA: SEPTIEMBRE 2018  
 ESCALA: 1:333  
 CARNET: 2010-20323

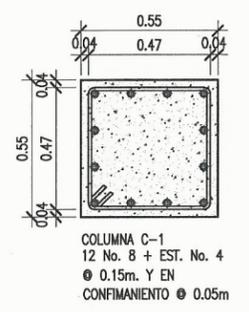


ASESOR EPS:  
 ING. OSCAR ARGUETA

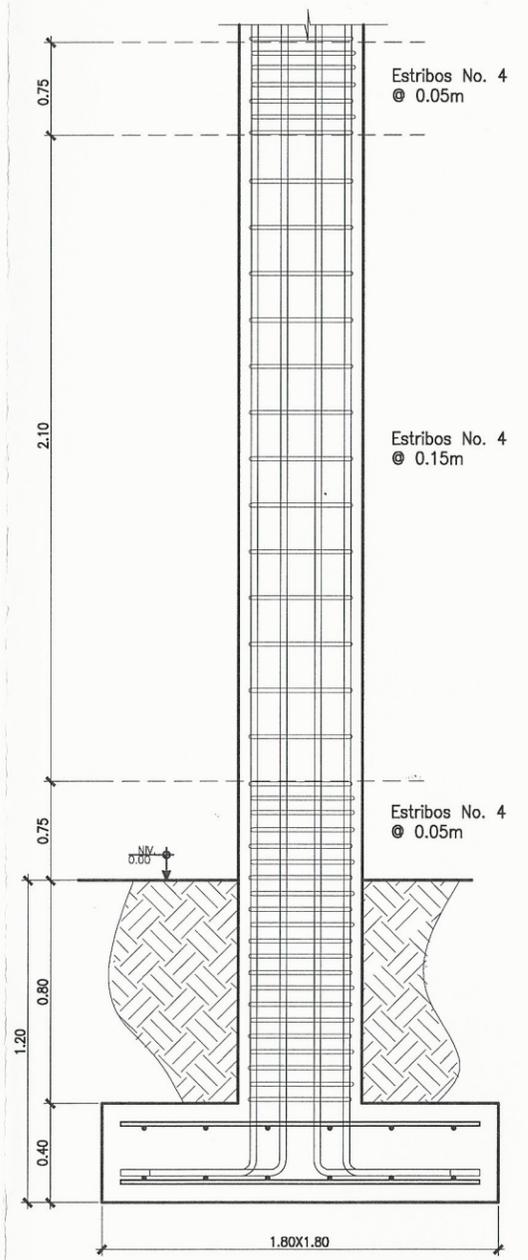


**PLANO DE COLUMNAS PRIMER NIVEL**

NOTAS GENERALES:  
 -RECURRIMIENTO MÍNIMO COLUMNAS Y VIGAS 0.04m  
 -CONCRETO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F'c = 281 \text{ KG/CM}^2$   
 -ACERO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F'y = 4210 \text{ KG/CM}^2$



**DETALLE DE COLUMNA C-1**



**SECCIÓN DE COLUMNA C-1**

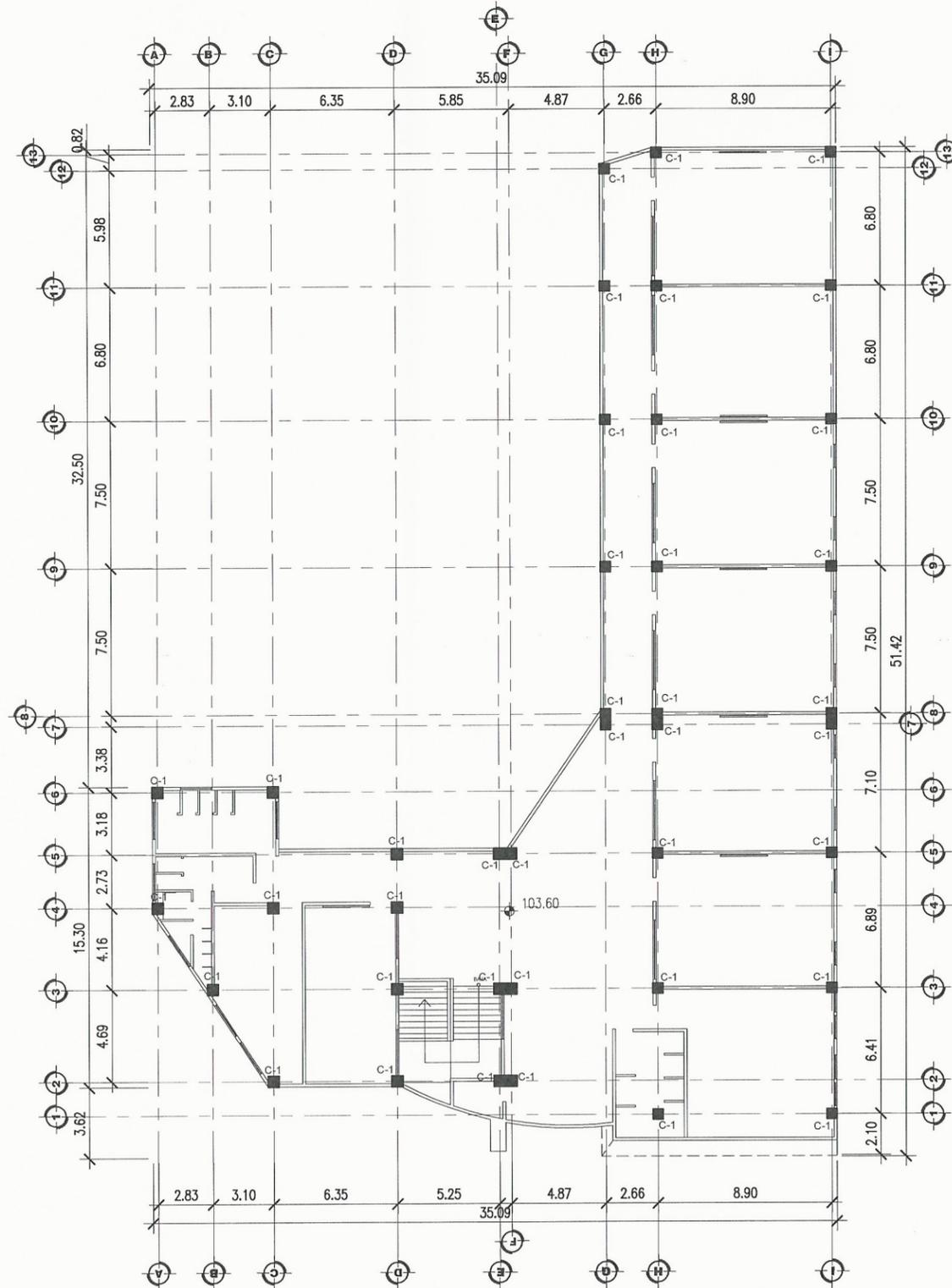


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018
CONTENIDO: PLANO DE COLUMNAS PRIMER NIVEL + DETALLES	ESCALA: 1:333
DISEÑO DE INGENIERIA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL	CARNET: 2010-20323

HOJA: 18 DE 26

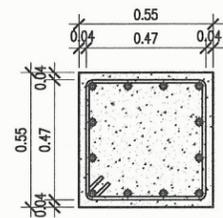


ING. OSCAR ARGUETA



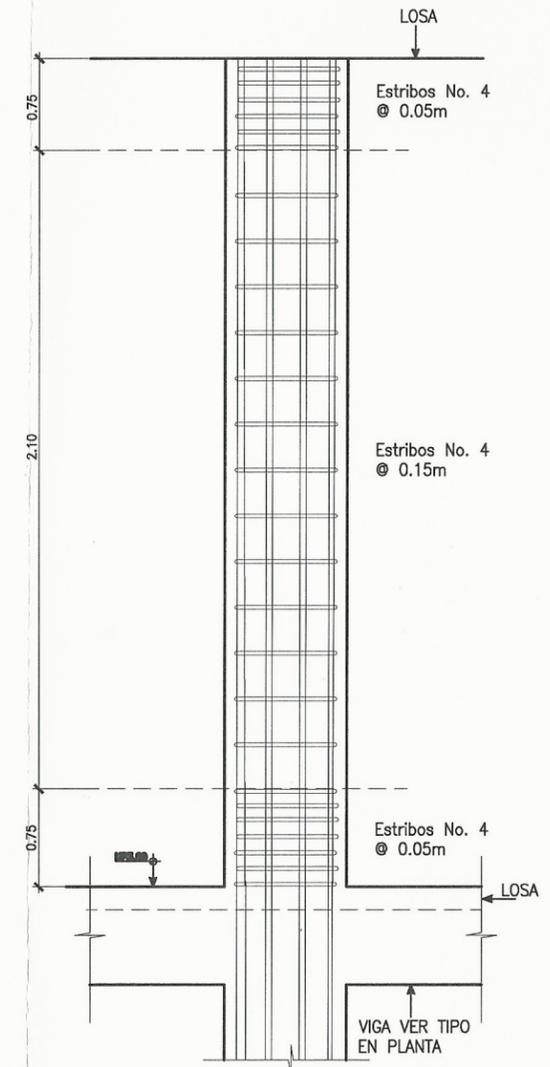
**PLANO DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL**

NOTAS GENERALES:  
 -RECURRIMIENTO MÍNIMO COLUMNAS Y VIGAS 0.04m  
 -CONCRETO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F'c = 281 \text{ KG/CM}^2$   
 -ACERO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F'y = 4210 \text{ KG/CM}^2$



COLUMNA C-1  
 12 No. 8 + EST. No. 4  
 0.15m. Y EN  
 CONFIRMAMIENTO 0.05m

**DETALLE DE COLUMNA C-1**



**SECCIÓN DE COLUMNA C-1**

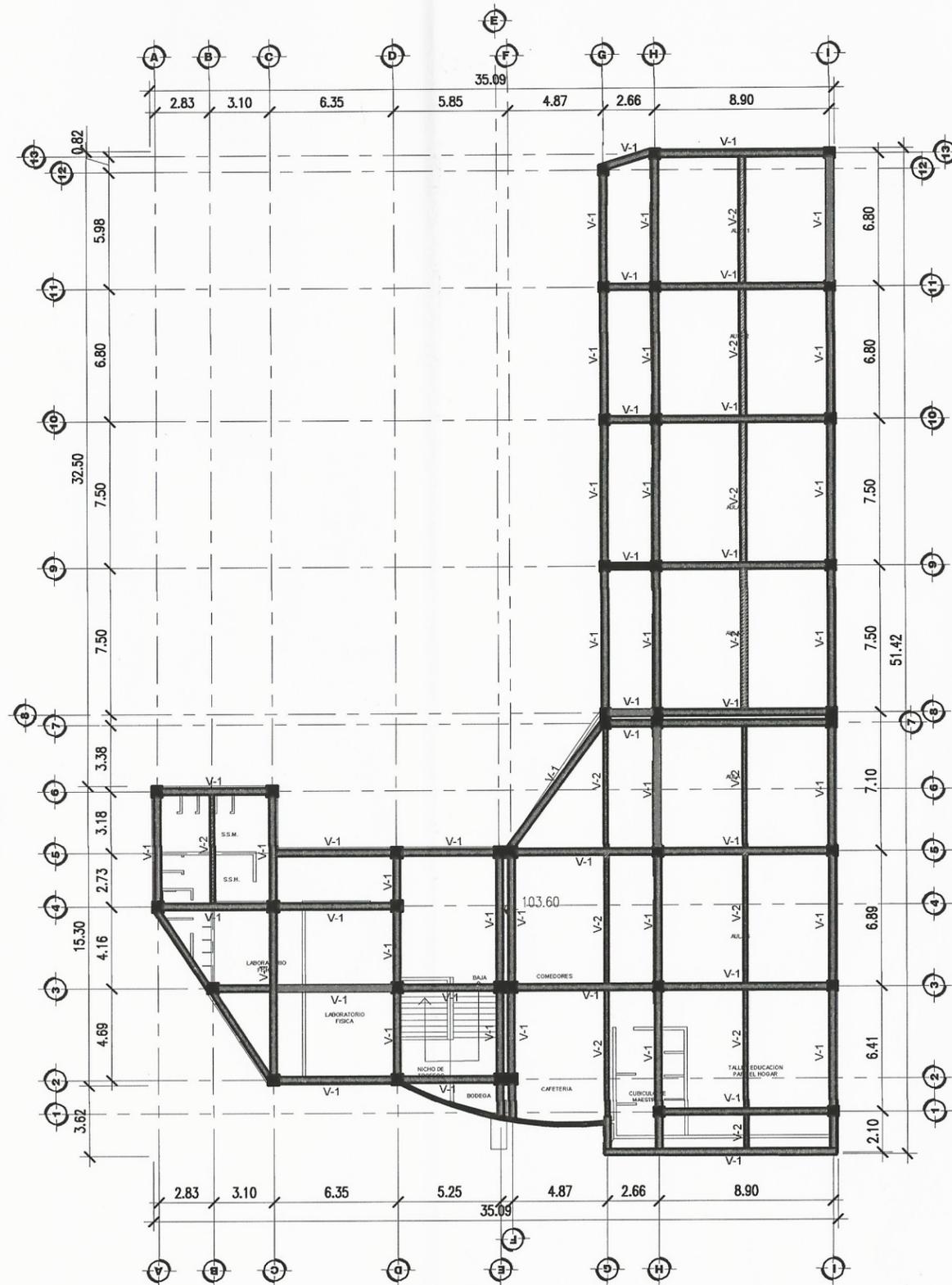


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA  
 CONTENIDO: PLANO DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL + DETALLES  
 DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

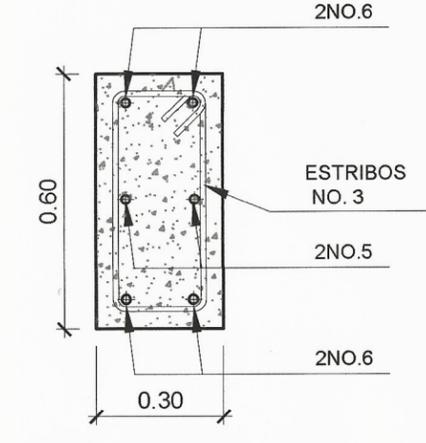
HOJA: 19 DE: 26  
 FECHA: SEPTIEMBRE 2018  
 ESCALA: 1:333  
 CARNET: 2010-20323

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EIS  
 Facultad de Ingeniería

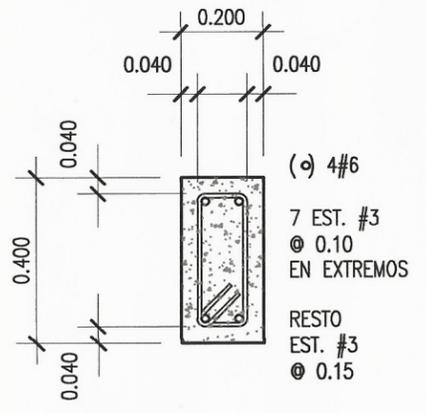
ING. OSCAR ARGUETA



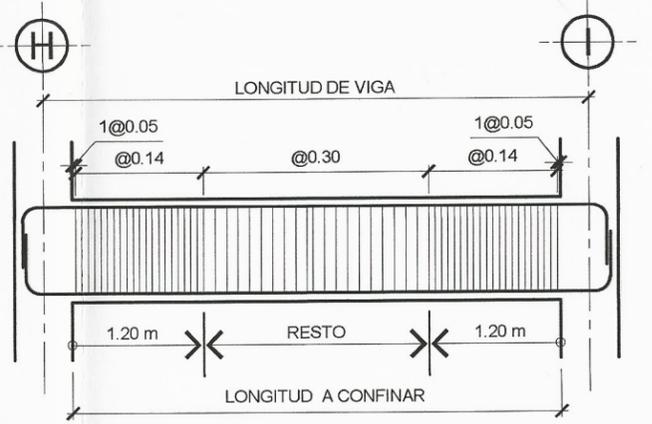
NOTAS GENERALES:  
 -RECURRIMIENTO MÍNIMO COLUMNAS Y VIGAS 0.04m  
 -CONCRETO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F'c = 281 \text{ KG/CM}^2$   
 -ACERO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F'y = 4210 \text{ KG/CM}^2$



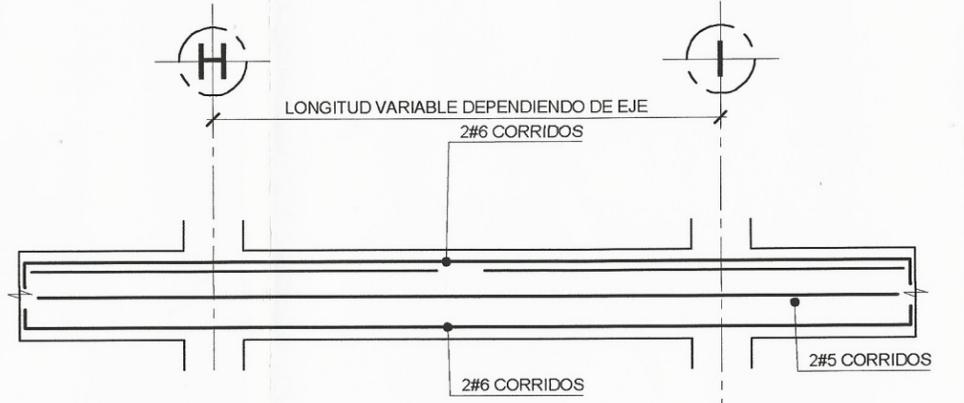
PLANTA VIGA V1



PLANTA VIGA V2



DETALLE DISTRIBUCIÓN DE ESTRIBOS

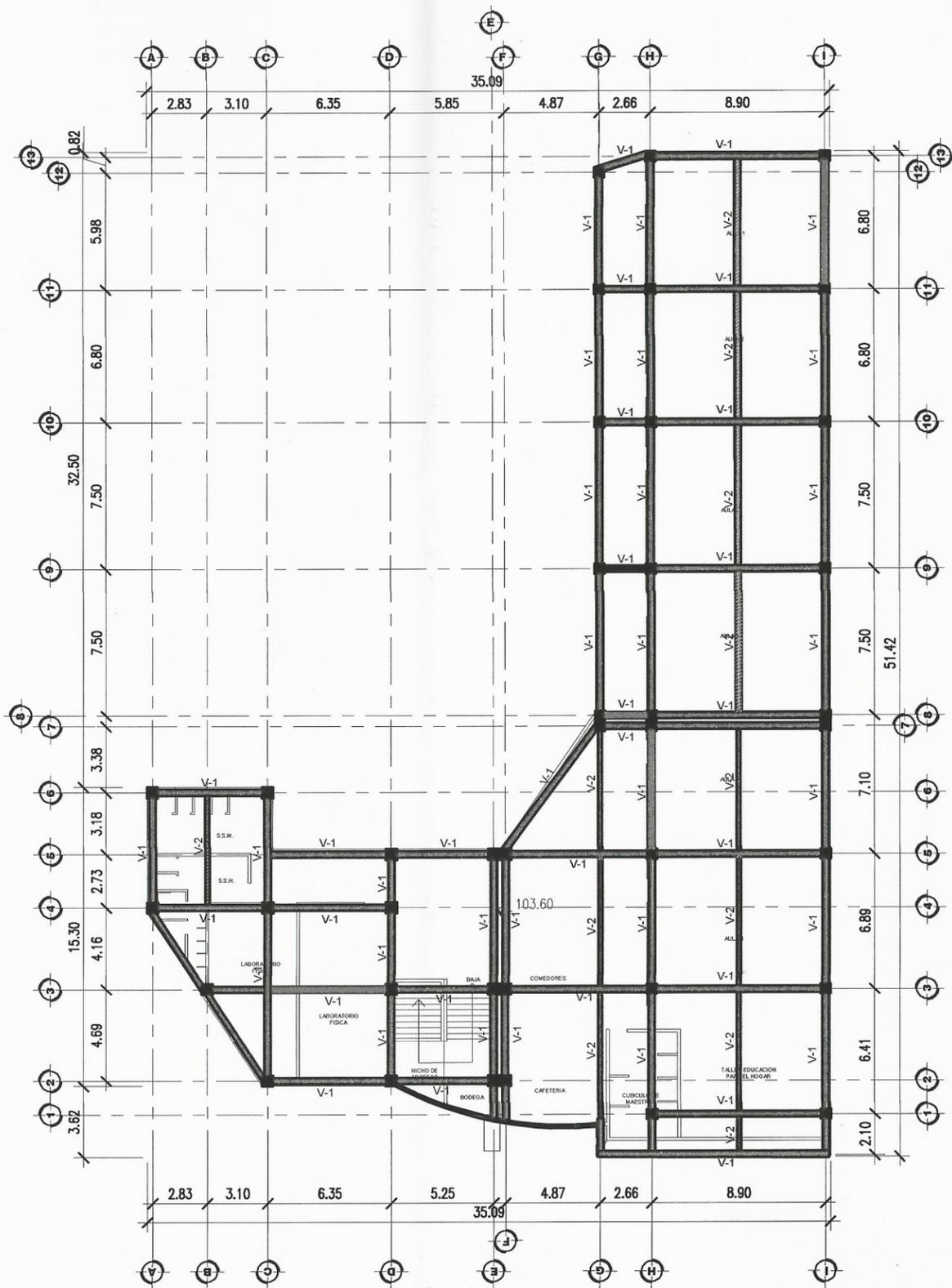


SECCIÓN DE VIGA V-1

**PLANO DE VIGAS PRIMER NIVEL**

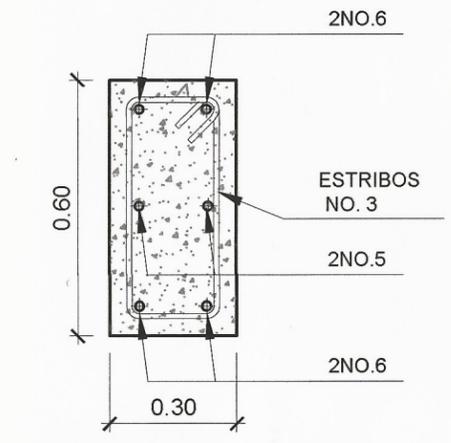


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 20	DE: 26	ASESOR EPS: Ing. Oscar Argueta de Ingeniería
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018		
CONTENIDO: PLANO DE VIGAS PRIMER NIVEL + DETALLES		ESCALA: 1:333		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		
				ING. OSCAR ARGUETA

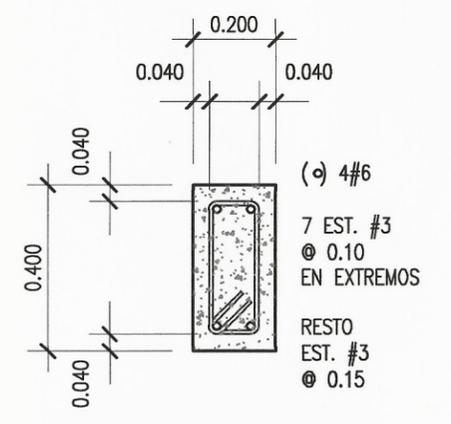


**PLANO DE VIGAS SEGUNDO NIVEL**

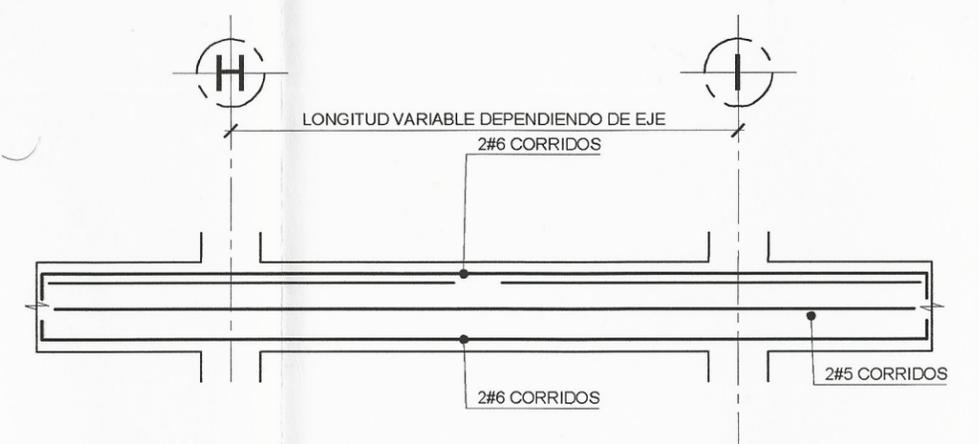
NOTAS GENERALES:  
 -RECURRIMIENTO MÍNIMO COLUMNAS Y VIGAS 0.04m  
 -CONCRETO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F_c = 281 \text{ KG/CM}^2$   
 -ACERO EN COLUMNAS Y VIGAS  $F_y = 4210 \text{ KG/CM}^2$



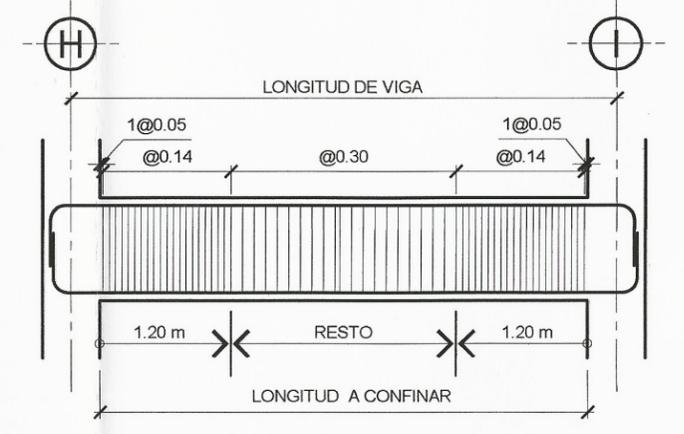
PLANTA VIGA V1



PLANTA VIGA V2



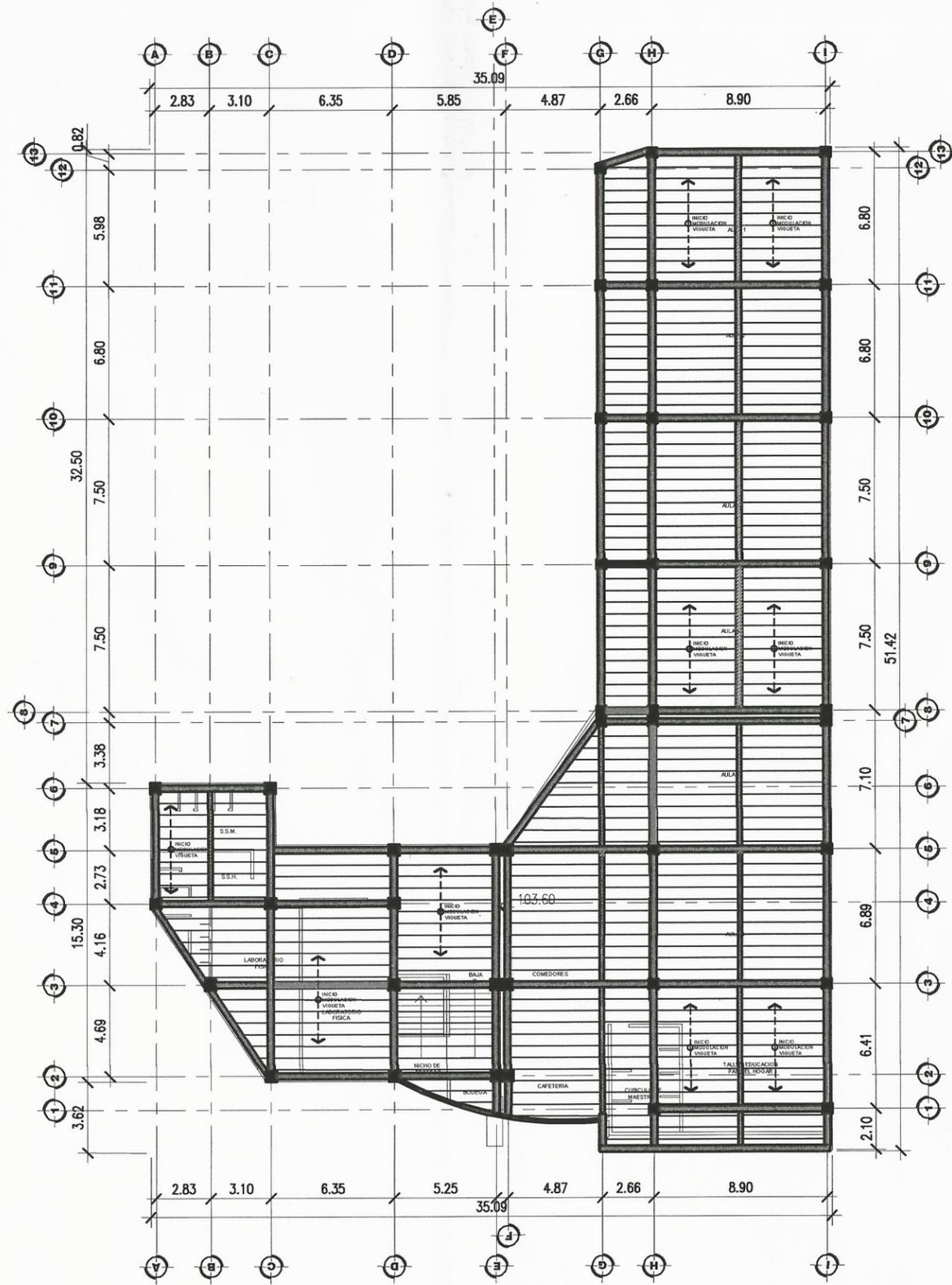
SECCIÓN DE VIGA V-1



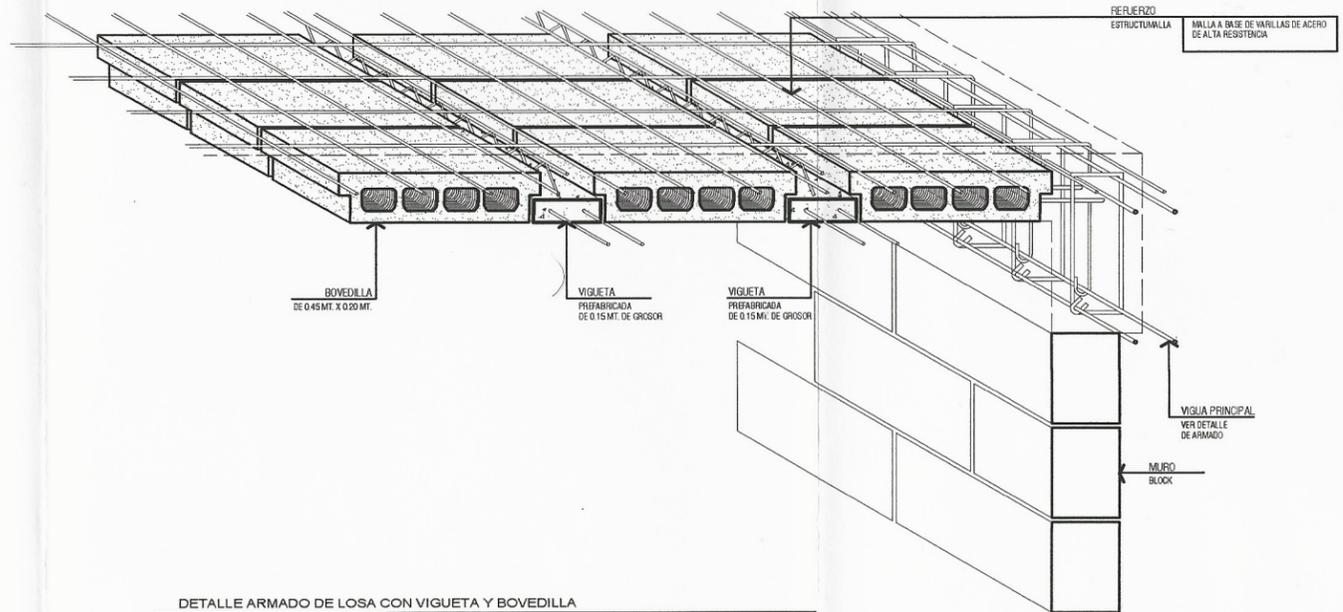
DETALLE DISTRIBUCIÓN DE ESTRIBOS



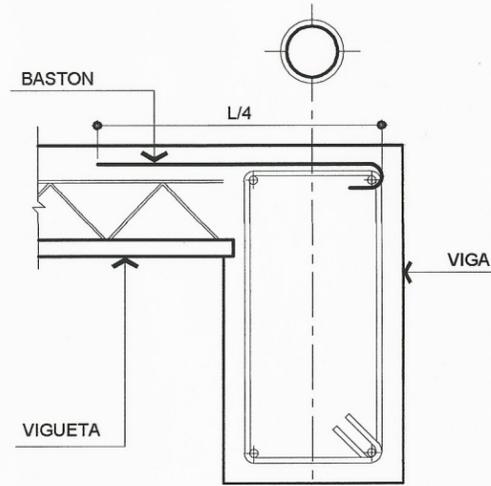
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 21	DE: 26	
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ESCALA: 1:333	
CONTENIDO: PLANO DE VIGAS SEGUNDO NIVEL + DETALLES		CARNET: 2010-20323	ING. OSCAR ARGUETA	
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL				



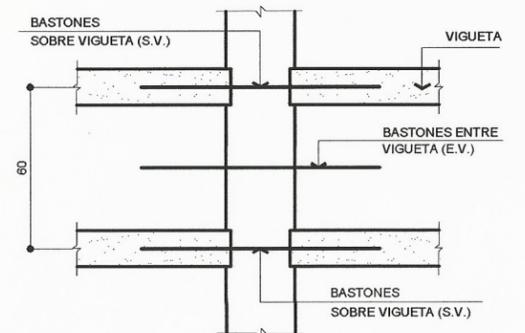
# PLANO DE LOSAS PRIMER Y SEGUNDO NIVEL



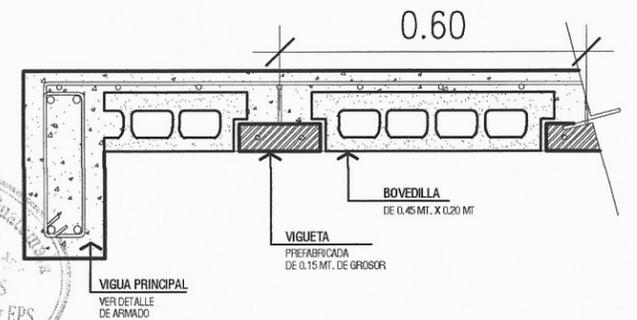
DETALLE ARMADO DE LOSA CON VIGUETA Y BOVEDILLA



BASTONES



MODULACIÓN DE BASTONES



DETALLE MODULACIÓN DE LOSA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA  
ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANO DE LOSAS PRIMER Y SEGUNDO NIVEL + DETALLES

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

HOJA: 22 DE 26

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: 1:333

CARNET: 2010-20323

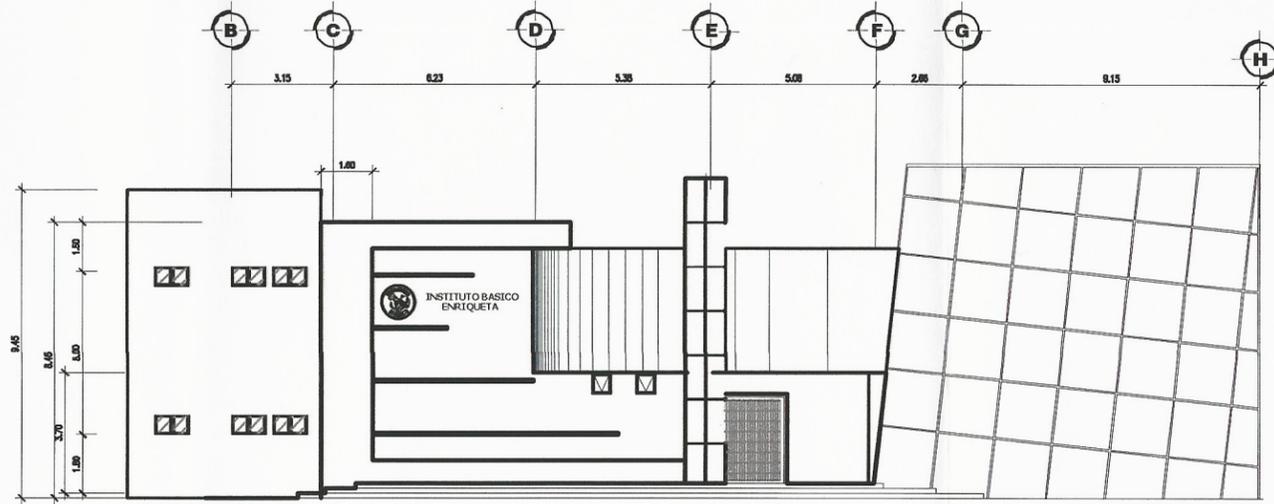
ASESOR EPS:

ING. OSCAR ARGUETA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

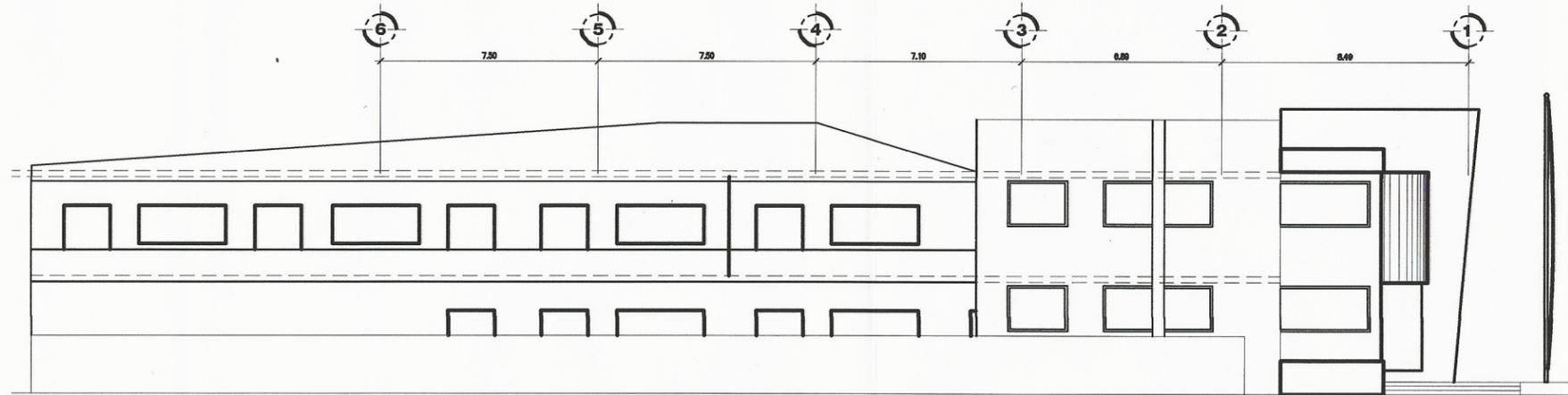


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		PROYECTO: 23/26	FECHA: 2019
DISEÑO DEL INSTITUTO BASICO DE DOS RIVALES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5 VILLA VERDE, GUATEMALA		CONTENIDO: PLANO DE ELEVACIONES Y SECCIONES	ESCALA: INDICADA
DISEÑO DE INGENIERIA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARRERA: 2010-2023	ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA



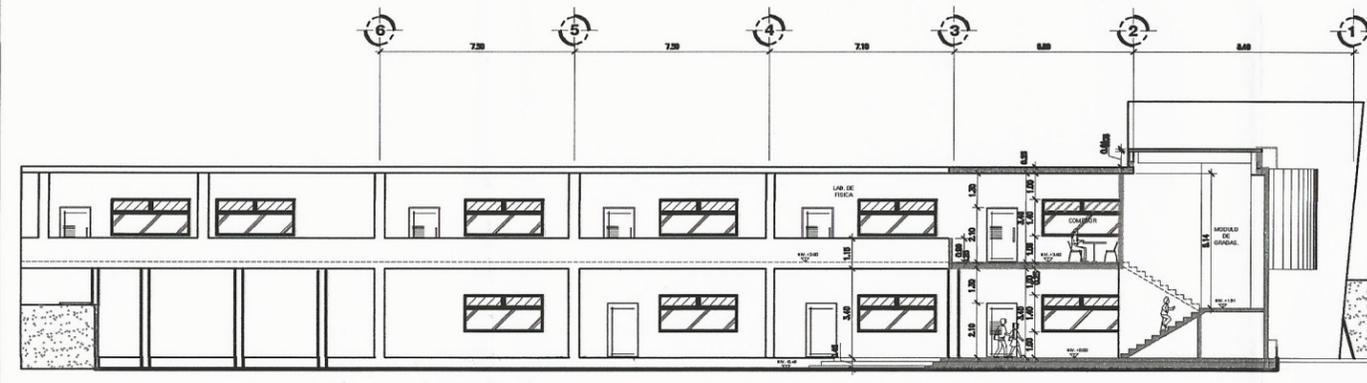
ELEVACION FRONTAL

ESCALA: 1/100



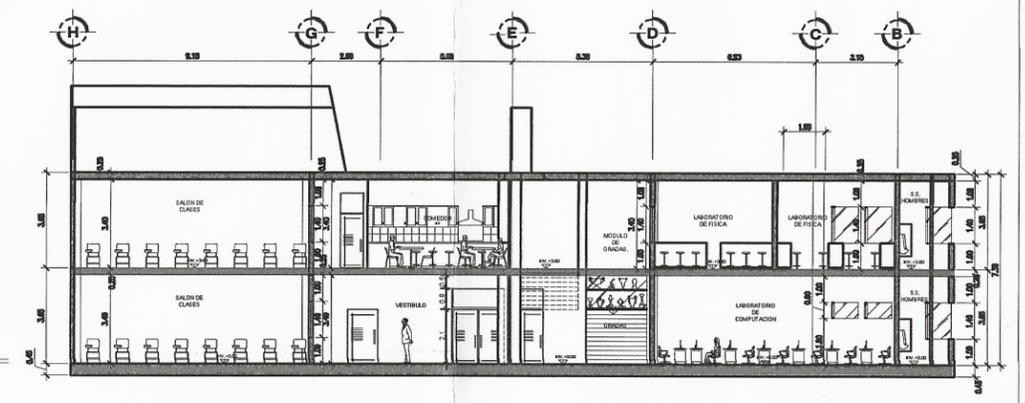
ELEVACION LATERAL

ESCALA: 1/100



SECCION LONGITUDINAL

ESCALA: 1/100



SECCION TRANSVERSAL

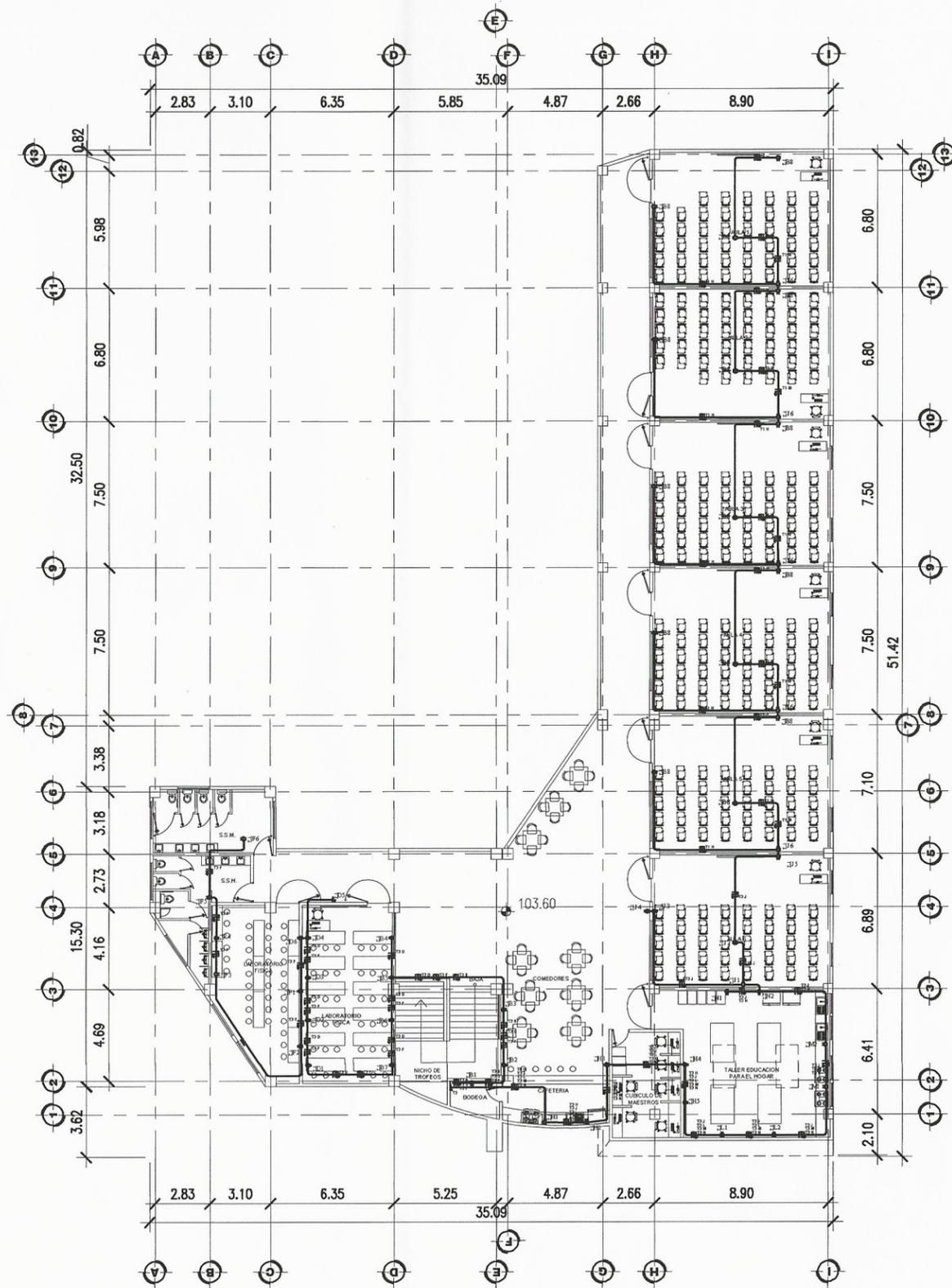
ESCALA: 1/125

PLANO DE SECCIONES Y ELEVACIONES

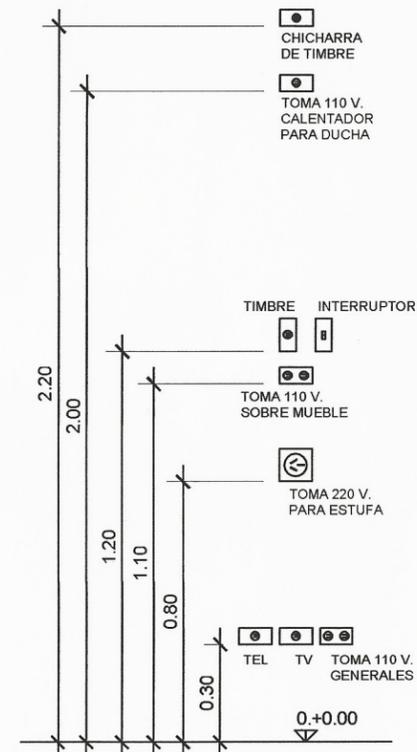
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

C.A. PROYECTOS





**PLANO DE FUERZA SEGUNDO NIVEL**



**DIAGRAMA DE ALTURAS DE PLACAS A INSTALAR PARA SALIDAS**

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA DOBLE TOBO ( TIPO LISTON)
	PLAFONERA
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN BLANCO
	LÍNEA DE PUENTE CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AMARILLO
	LÍNEA VIVA CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN NEGRO
	LÍNEA DE RETORNO CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AZUL
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO
	INTERRUPTOR 3w H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.



*[Handwritten signature]*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: <b>25</b>	DE: <b>26</b>	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ESCALA: 1:333	ING. OSCAR ARGUETA
CONTENIDO: PLANO DE FUERZA SEGUNDO NIVEL		DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL	CARNET: 2010-20323	

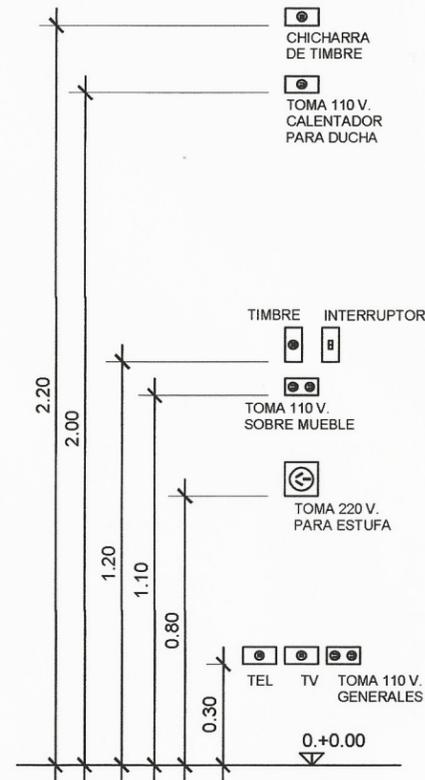
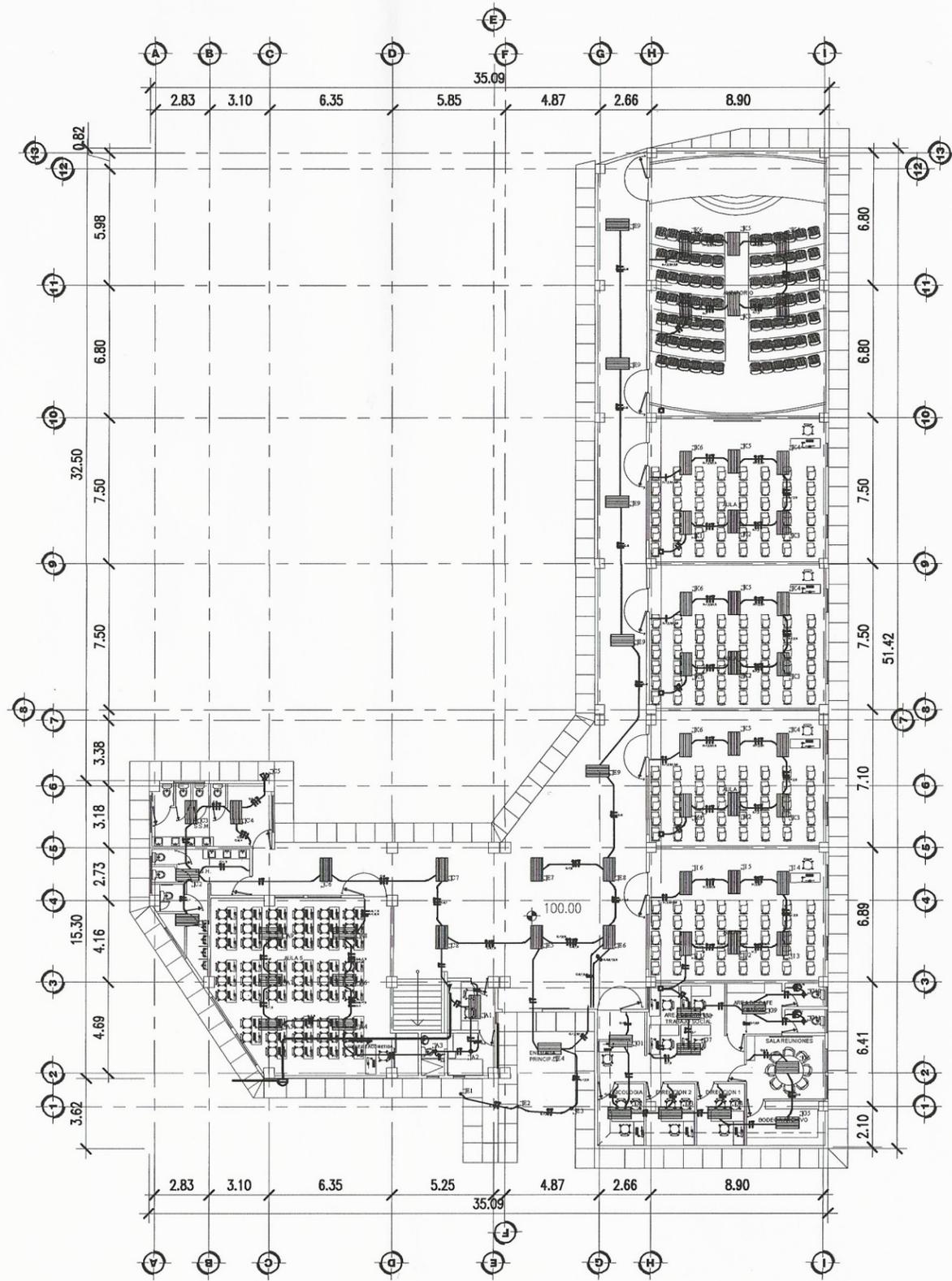


DIAGRAMA DE ALTURAS DE PLACAS A INSTALAR PARA SALIDAS

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA DOBLE TOBO ( TIPO LISTON)
	PLAFONERA
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN BLANCO
	LÍNEA DE PUENTE CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AMARILLO
	LÍNEA VIVA CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN NEGRO
	LÍNEA DE RETORNO CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AZUL
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO
	INTERRUPTOR 3w H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.

**PLANO ILUMINACIÓN PRIMER Y SEGUNDO NIVEL**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: <b>26</b>	DE: <b>26</b>	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES COLONIA ENRIQUETA ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE 2018		
CONTENIDO: PLANO ILUMINACIÓN PRIMER Y SEGUNDO NIVEL		ESCALA: 1:333		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

# CALCULOS TRAGANTES

VALORES DE INTENSIDAD	
Periodo de Retorno	20
A	720
B	2
n	0.637
K <sub>v</sub>	0.376
K <sub>r</sub>	0.817

Factor de obstruccion	
No. Tragantes	Factor
1	0.12
2	0.08
3	0.05
>4	0.04

DE	A	Tipo de tragante	Lado	Superficie	Coef. n	SL (m/m) Pendiente del terreno	Sx (m/m)	Ancho de la calle (m)	DH (m)	Area (m2)	Area (Ha)	Coefficiente C	Pendiente Aproximada	Impermeabilidad	W (m)	E0	Cg	S'w	se	Lt	L	Le	E	Qi	Qb
1	2	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.028564684	0.025	6	42.36	127.08	0.012708	0.8	0.03	80	0.3	0.73	0.12	0.083	0.086	1.47	1.50	1.32	98%	0.004	0.000
1	2	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.028564684	0.025	6	42.36	127.08	0.012708	0.8	0.03	80	0.3	0.73	0.12	0.083	0.086	1.47	1.50	1.32	98%	0.004	0.000
2	3	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.022363465	0.025	6	42.48	127.44	0.012744	0.8	0.03	80	0.3	0.71	0.12	0.083	0.084	1.39	1.50	1.32	99%	0.004	0.000
2	3	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.022363465	0.025	6	42.48	127.44	0.012744	0.8	0.03	80	0.3	0.71	0.12	0.083	0.084	1.39	1.50	1.32	99%	0.004	0.000
3	4	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.017319588	0.025	6	48.32	144.96	0.014496	0.8	0.02	80	0.3	0.68	0.12	0.083	0.081	1.35	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
3	4	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.017319588	0.025	6	48.32	144.96	0.014496	0.8	0.02	80	0.3	0.68	0.12	0.083	0.081	1.35	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
4	5	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.01365894	0.025	6	48.32	144.96	0.014496	0.8	0.02	80	0.3	0.66	0.12	0.083	0.080	1.27	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
4	5	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.01365894	0.025	6	48.32	144.96	0.014496	0.8	0.02	80	0.3	0.66	0.12	0.083	0.080	1.27	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
5	6	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.016713748	0.025	6	42.48	127.44	0.012744	0.8	0.02	80	0.3	0.69	0.12	0.083	0.083	1.25	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
5	6	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.016713748	0.025	6	42.48	127.44	0.012744	0.8	0.02	80	0.3	0.69	0.12	0.083	0.083	1.25	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
6	7	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.014410705	0.025	6	38.86	116.58	0.011658	0.8	0.02	80	0.3	0.70	0.12	0.083	0.083	1.15	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
6	7	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.014410705	0.025	6	38.86	116.58	0.011658	0.8	0.02	80	0.3	0.70	0.12	0.083	0.083	1.15	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
7	8	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.017995656	0.025	6	64.46	193.38	0.019338	0.8	0.02	80	0.3	0.63	0.12	0.083	0.078	1.59	1.50	1.32	96%	0.006	0.000
7	8	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.017995656	0.025	6	64.46	193.38	0.019338	0.8	0.02	80	0.3	0.63	0.12	0.083	0.078	1.59	1.50	1.32	96%	0.006	0.000
8	9	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.013886448	0.025	6	56.89	170.67	0.017067	0.8	0.02	80	0.3	0.62	0.12	0.083	0.077	1.43	1.50	1.32	99%	0.005	0.000
8	9	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.013886448	0.025	6	56.89	170.67	0.017067	0.8	0.02	80	0.3	0.62	0.12	0.083	0.077	1.43	1.50	1.32	99%	0.005	0.000
8	9	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.007721202	0.025	6	47.92	143.76	0.014376	0.8	<0.01	80	0.3	0.62	0.12	0.083	0.077	1.06	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
9	10	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.007721202	0.025	6	47.92	143.76	0.014376	0.8	<0.01	80	0.3	0.62	0.12	0.083	0.077	1.06	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
10	11	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.015578635	0.025	6	53.92	161.76	0.016176	0.8	0.02	80	0.3	0.65	0.12	0.083	0.079	1.39	1.50	1.32	99%	0.005	0.000
10	11	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.015578635	0.025	6	53.92	161.76	0.016176	0.8	0.02	80	0.3	0.65	0.12	0.083	0.079	1.39	1.50	1.32	99%	0.005	0.000
11	12	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.014052839	0.025	6	53.37	160.11	0.016011	0.8	0.02	80	0.3	0.64	0.12	0.083	0.078	1.36	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
11	12	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.014052839	0.025	6	53.37	160.11	0.016011	0.8	0.02	80	0.3	0.64	0.12	0.083	0.078	1.36	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
12	13	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.019159335	0.025	6	51.15	153.45	0.015345	0.8	0.02	80	0.3	0.67	0.12	0.083	0.081	1.43	1.50	1.32	99%	0.005	0.000
12	13	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.019159335	0.025	6	51.15	153.45	0.015345	0.8	0.02	80	0.3	0.67	0.12	0.083	0.081	1.43	1.50	1.32	99%	0.005	0.000
13	14	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.034357735	0.025	6	57.92	173.76	0.017376	0.8	0.04	80	0.3	0.68	0.12	0.083	0.082	1.87	1.50	1.32	89%	0.005	0.001
13	14	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.034357735	0.025	6	57.92	173.76	0.017376	0.8	0.04	80	0.3	0.68	0.12	0.083	0.082	1.87	1.50	1.32	89%	0.005	0.001
14	15	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.038542608	0.025	6	66.42	199.26	0.019926	0.8	0.04	80	0.3	0.66	0.12	0.083	0.080	2.16	1.50	1.32	82%	0.006	0.001
14	15	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.038542608	0.025	6	66.42	199.26	0.019926	0.8	0.04	80	0.3	0.66	0.12	0.083	0.080	2.16	1.50	1.32	82%	0.006	0.001
15	16	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.038203558	0.025	6	34.29	102.87	0.010287	0.8	0.04	80	0.3	0.73	#N/A	0.083	0.086	0.00	1.50	#N/A	0%	0.000	0.005
15	16	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.038203558	0.025	6	34.29	102.87	0.010287	0.8	0.04	80	0.3	0.73	#N/A	0.083	0.086	0.00	1.50	#N/A	0%	0.000	0.005
16	17	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.02011041	0.025	6	25.36	76.08	0.007608	0.8	0.03	80	0.3	0.60	0.12	0.083	0.075	1.82	1.50	1.32	90%	0.007	0.001
16	17	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.02011041	0.025	6	25.36	76.08	0.007608	0.8	0.03	80	0.3	0.60	0.12	0.083	0.075	1.82	1.50	1.32	90%	0.007	0.001
17	18	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.018932874	0.025	6	40.67	122.01	0.012201	0.8	0.02	80	0.3	0.68	0.12	0.083	0.082	1.38	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
17	18	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.018932874	0.025	6	40.67	122.01	0.012201	0.8	0.02	80	0.3	0.68	0.12	0.083	0.082	1.38	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
18	19	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.002136182	0.025	6	37.45	112.35	0.011235	0.8	<0.01	80	0.3	0.56	0.12	0.083	0.072	0.67	1.50	1.32	100%	0.003	0.000
18	19	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.002136182	0.025	6	37.45	112.35	0.011235	0.8	<0.01	80	0.3	0.56	0.12	0.083	0.072	0.67	1.50	1.32	100%	0.003	0.000
19	20	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.008946544	0.025	6	44.71	134.13	0.013413	0.8	<0.01	80	0.3	0.65	0.12	0.083	0.079	1.05	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
19	20	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.008946544	0.025	6	44.71	134.13	0.013413	0.8	<0.01	80	0.3	0.65	0.12	0.083	0.079	1.05	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
20	21	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.0113	0.025	6	52.98	158.94	0.015894	0.8	0.02	80	0.3	0.62	0.12	0.083	0.077	1.28	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
20	21	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.0113	0.025	6	52.98	158.94	0.015894	0.8	0.02	80	0.3	0.62	0.12	0.083	0.077	1.28	1.50	1.32	100%	0.005	0.000
21	22	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.0204	0.025	6	58.78	176.34	0.017634	0.8	0.03	80	0.3	0.65	0.12	0.083	0.079	1.60	1.50	1.32	96%	0.006	0.000
21	22	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.0204	0.025	6	58.78	176.34	0.017634	0.8	0.03	80	0.3	0.65	0.12	0.083	0.079	1.60	1.50	1.32	96%	0.006	0.000
22	23	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.03173113	0.025	6	53.26	159.78	0.015978	0.8	0.04	80	0.3	0.69	0.12	0.083	0.082	1.79	1.50	1.32	91%	0.005	0.001
22	23	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.03173113	0.025	6	53.26	159.78	0.015978	0.8	0.04	80	0.3	0.69	0.12	0.083	0.082	1.79	1.50	1.32	91%	0.005	0.001
23	24	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.0048	0.025	6	29.14	87.42	0.008742	0.8	<0.01	80	0.3	0.64	0.12	0.083	0.078	0.79	1.50	1.32	100%	0.003	0.000
23	24	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.0048	0.025	6	29.14	87.42	0.008742	0.8	<0.01	80	0.3	0.64	0.12	0.083	0.078	0.79	1.50	1.32	100%	0.003	0.000
24	25	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.022732828	0.025	6	40.91	122.73	0.012273	0.8	0.03	80	0.3	0.72	0.12	0.083	0.085	1.36	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
24	25	Ventana	Izquierda	Concreto	0.016	0.022732828	0.025	6	40.91	122.73	0.012273	0.8	0.03	80	0.3	0.72	0.12	0.083	0.085	1.36	1.50	1.32	100%	0.004	0.000
25	26	Ventana	Derecha	Concreto	0.016	0.01980198	0.025	6	6.06	18.18	0.001818	0													

**CALCULOS DRENAJE PLUVIAL**

Datos.	
Area	URBANA
Tr	25
Drenaje Mayor	
A	820
B	2
n	0.656
i	160.65

Coefficiente "n" 0.0100

De PV	A PV	TERRENO				FUTURO																	Cota Invert				Chequeo Cotas			Profundidad de Pozo		Ancho Zanja	Excavacion (m³)							
		Cotas de Terreno		Dist	Pendiente	SUPERFICIE																	Inicial	Final	Inicio	Salida	Caída	Tipo de Disipacion	Inicial	Final										
		Inicio	Final			SUPERFICIE	Pendient Decimales	Area (m2)	Area (ha)	Area cu	Tiempo Concentracion	Intensidad	Q dis (l/s)	Ø	S (%) tubería	Area tub	V (m/s) sección llena	Q dis sección llena	Coe "C" Ponderado Futuro	Σ (Area °C) Futuro	Σ	Intendencia Futura 25a									q (l/s)			q/Q	v/V	d/D	v	Ø pozo Inicial	Final	Dist Horizontal entre pozos
1	2	99.96	98.75	42.36	2.86	CONCRETO	0.0286	2511.59	0.251159	0.251159	10.00	90.2069	47.20056592	15	3	0.1140	3.6125	411.8484	0.9	0.2260431	0.2260431	160.6464	100.869463	0.24491892	0.826365	0.897	2.9852	1.50	1.50	40.86	98.38	97.15	1.58	1.60	0.03	Ninguna	1.58	1.60	0.60	40.38
2	3	98.75	97.8	42.48	2.24	CONCRETO	0.0224	3547.76	0.354776	0.605935	10.29	147.1536	185.7614539	15	3	0.1140	3.6125	411.8484	0.9	0.5453415	0.7713846	158.1073	239.506898	0.58154142	1.03713	0.547	3.7466	1.50	1.50	40.98	97.12	95.89	1.63	1.91	0.23	Ninguna	1.63	1.91	0.60	45.02
3	4	97.8	96.96	48.50	1.73	CONCRETO	0.0173	3837.30	0.38373	0.989665	10.52	147.1536	303.4015353	24	2	0.2919	4.0350	1177.6377	0.9	0.8906985	1.6620831	156.1976	386.458341	0.52816404	0.895447	0.394	3.6131	1.50	1.50	47.00	95.67	94.73	2.13	2.23	0.03	Ninguna	2.13	2.23	1.20	127.16
4	5	96.96	96.3	48.32	1.37	CONCRETO	0.0137	3770.74	0.377074	1.366739	10.76	147.1536	419.0010872	24	1	0.2919	2.8531	832.7156	0.9	1.2300651	2.8921482	154.2791	527.148295	0.63304722	1.057961	0.577	3.0185	1.50	1.50	46.82	94.70	94.23	2.26	2.07	0.03	Ninguna	2.26	2.07	1.20	125.76
5	6	96.3	95.59	42.48	1.67	CONCRETO	0.0167	3356.77	0.335677	1.702416	11.01	147.1536	521.9095634	24	2	0.2919	4.0350	1177.6377	0.9	1.5321744	4.4243226	152.3442	648.382864	0.55057924	1.023561	0.529	4.1300	1.50	1.50	40.98	94.20	93.38	2.10	2.21	0.03	Ninguna	2.10	2.21	1.20	110.00
6	7	95.59	95.03	38.86	1.44	CONCRETO	0.0144	3079.05	0.307905	2.0103205	11.18	147.1536	616.3038262	24	2	0.2919	4.0350	1177.6377	0.9	1.80928845	6.23361105	151.0859	759.327897	0.64478906	1.062501	0.584	4.2871	1.50	1.50	37.36	93.35	92.60	2.24	2.43	0.03	Ninguna	2.24	2.43	1.20	108.94
7	8	95.03	93.87	64.46	1.80	CONCRETO	0.0180	5204.94	0.520494	2.5308145	11.44	147.1536	775.8716382	24	2	0.2919	4.0350	1177.6377	0.9	2.2773305	8.5113441	149.1369	943.594277	0.80126026	1.111171	0.677	4.4835	1.50	1.50	62.96	92.57	91.31	2.46	2.56	0.03	Ninguna	2.46	2.56	1.20	194.11
8	9	93.87	93.08	56.89	1.39	CONCRETO	0.0139	4774.59	0.477459	3.082735	11.66	147.1536	922.2462131	24	2	0.2919	4.0350	1177.6377	0.9	2.70744615	11.2187903	147.5559	1109.72155	0.94232849	1.137199	0.772	4.5885	1.50	1.75	55.27	91.28	90.18	2.59	2.90	0.15	Ninguna	2.59	2.90	1.20	187.51
9	10	93.08	92.71	47.92	0.77	CONCRETO	0.0077	3738.15	0.373815	3.835435	11.84	147.1536	1036.846654	30	2	0.4560	4.6821	2135.1992	0.9	3.04387965	14.2626699	146.3020	1237.01572	0.57934441	1.036397	0.548	4.8526	1.75	1.75	46.17	90.02	89.10	3.06	3.61	0.03	Ninguna	3.06	3.61	1.20	191.68
10	11	92.71	91.87	53.92	1.56	CONCRETO	0.0156	4514.55	0.451455	3.835435	12.03	147.1536	1175.249184	30	2	0.4560	4.6821	2135.1992	0.9	3.45018915	17.7128591	144.9759	1389.42818	0.65072532	1.06441	0.587	4.9837	1.75	1.75	52.17	89.07	88.03	3.64	3.84	0.35	Colchon de Agua	3.64	3.84	1.20	242.11
11	12	91.87	91.12	53.37	1.41	CONCRETO	0.0141	4501.85	0.450185	4.2837285	12.22	147.1536	1313.26237	30	1.5	0.4560	4.0549	1849.1368	0.9	3.85535565	21.5682147	143.7316	1539.26736	0.83242484	1.11838	0.696	4.5349	1.75	1.75	51.62	87.68	86.90	4.19	4.22	0.35	Colchon de Agua	4.19	4.22	1.20	269.35
12	13	91.12	90.14	51.15	1.92	CONCRETO	0.0192	4541.35	0.454135	4.7378635	12.41	147.1536	1452.486508	30	1.5	0.4560	4.0549	1849.1368	0.9	4.26407715	25.8322919	142.4609	1687.40068	0.91253429	1.133473	0.75	4.5961	1.75	1.75	49.40	86.55	85.81	4.57	4.33	0.50	Colchon de Agua	4.57	4.33	1.20	273.04
13	14	90.14	88.15	57.92	3.44	CONCRETO	0.0344	3535.29	0.353529	5.0913925	12.63	147.1536	1560.867871	30	1.5	0.4560	4.0549	1849.1368	0.9	4.58225325	30.4145451	141.0833	1795.7766	0.97114321	1.139413	0.794	4.6202	1.75	2.00	56.05	85.31	84.47	4.83	3.68	0.50	Colchon de Agua	4.83	3.68	1.20	295.68
14	15	88.15	85.59	66.42	3.85	CONCRETO	0.0385	5319.40	0.5319402	5.6233327	12.87	147.1536	1723.944744	36	1.5	0.6567	4.5789	3006.9002	0.9	5.06099943	35.4755445	139.5635	1962.02946	0.652509	1.065041	0.588	4.8767	2.00	2.00	64.42	83.97	83.00	4.18	2.59	0.50	Colchon de Agua	4.18	2.59	1.20	269.61
15	16	85.59	84.28	34.29	3.82	CONCRETO	0.0382	3293.65	0.3293649	5.9256976	12.99	147.1536	1824.91812	36	1.5	0.6567	4.5789	3006.9002	0.9	5.35742784	40.8329724	138.8249	2065.95597	0.68707167	1.077144	0.638	4.9322	2.00	2.00	32.29	82.50	82.02	3.09	2.26	0.50	Colchon de Agua	3.09	2.26	1.20	109.99
16	17	84.28	83.77	25.36	2.01	CONCRETO	0.0201	2278.17	0.2278165	6.1805141	13.08	147.1536	1894.759809	36	1.5	0.6567	4.5789	3006.9002	0.9	5.56246269	46.3954351	138.2923	2136.79555	0.71063001	1.085023	0.622	4.9682	2.00	2.00	23.36	81.52	81.17	2.76	2.60	0.03	Ninguna	2.76	2.60	1.20	81.57
17	18	83.77	83	40.67	1.89	CONCRETO	0.0189	3852.22	0.3852215	6.5657356	13.22	147.1536	2012.85714	36	1	0.6567	3.7387	2455.1238	0.9	5.90916204	52.3045971	137.4559	2256.24701	0.91899522	1.134448	0.758	4.2413	2.00	2.00	38.67	81.14	80.75	2.63	2.25	0.03	Ninguna	2.63	2.25	1.20	119.03
18	19	83	82.92	37.45	0.21	CONCRETO	0.0021	3432.17	0.343217	6.9089526	13.37	147.1536	2118.077153	36	1	0.6567	3.7387	2455.1238	0.9	6.21805734	58.5226544	136.5763	2358.99732	0.9608466	1.138789	0.786	4.2576	2.00	2.00	38.67	81.14	80.75	2.63	2.25	0.03	Ninguna	2.63	2.25	1.20	119.03
19	20	82.92	82.52	44.71	0.89	CONCRETO	0.0089	4177.15	0.417715	7.3266676	13.55	147.1536	2246.136014	42	1	0.8938	4.1433	3703.3790	0.9	6.59400084	65.1166553	135.5531	2482.88207	0.67043693	1.071821	0.788	4.2576	2.00	2.00	38.67	81.14	80.75	2.63	2.25	0.03	Ninguna	2.63	2.25	1.20	119.03
20	21	82.52	83.12	52.98	-1.13	CONCRETO	-0.0113	4833.95	0.4833946	7.8100622	13.75	147.1536	2394.330266	42	1	0.8938	4.1433	3703.3790	0.9	7.02905598	72.1457113	134.4022	2624.22464	0.70860777	1.084476	0.822	4.4409	2.00	2.00	35.51	80.72	80.37	2.28	2.55	0.15	Ninguna	2.28	2.55	1.20	108.52
21	22	83.12	84.32	58.78	-2.04	CONCRETO	-0.0204	5415.68	0.541568	8.8027311	14.17	147.1536	2560.358732	42	1	0.8938	4.1433	3703.3790	0.9	7.51646718	79.6621784	133.1716	2780.49949	0.75000068	1.097383	0.846	4.5468	2.00	2.00	50.98	79.76	79.25	2.76	3.87	0.03	Ninguna	2.76	3.87	1.20	210.81
22	23	84.32	82.63	53.26	3.17	CONCRETO	0.0317	4511.01	0.4511009	8.8027311	14.17	147.1536	2698.652706	42	1	0.8938	4.1433	3703.3790	0.9	7.92245799	87.5846364	132.0965	2907.02477	0.7849655	1.106995	0.657	4.5866	2.00	2.00	51.32	78.62	78.11	5.70	4.52	0.03	Ninguna	5.70	4.52	1.20	326.60
23	24	82.63	82.77	29.14	-0.48	CONCRETO	-0.0048	2954.03	0.2954034	9.5285355	14.43	147.1536	2789.214508	42	1	0.8938	4.1433	3703.3790	0.9	8.38832105	95.7729575	131.5238	2991.55352	0.80779026	1.112768	0.685	4.6106	2.00	2.00	27.14	78.08	77.81	4.55	4.96	0.03	Ninguna	4.55	4.96	1.20	166.36
24	25	82.77	81.84	40.91	2.27	CONCRETO	0.0227	4304.01	0.430401	9.5285355	14.43	147.1536	2921.162514	42	1	0.8938	4.1433	3703.3790	0.9	8.75768195	104.3486839	130.7957	3114.29894	0.84093443	1.120456	0.702	4.6424	2.00	2.00	38.91	77.78	77.39	4.99	4.45	0.60	Colchon de Agua	4			



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

HOJA: 1 DE: 2

ASESOR EPS:

PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUMAL PINCASA VILLA NUEVA

FECHA: Sep. 2018

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

ESCALA: INDICADA

DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL

CARNET: 2010-20323

ING. OSCAR ARGUETA

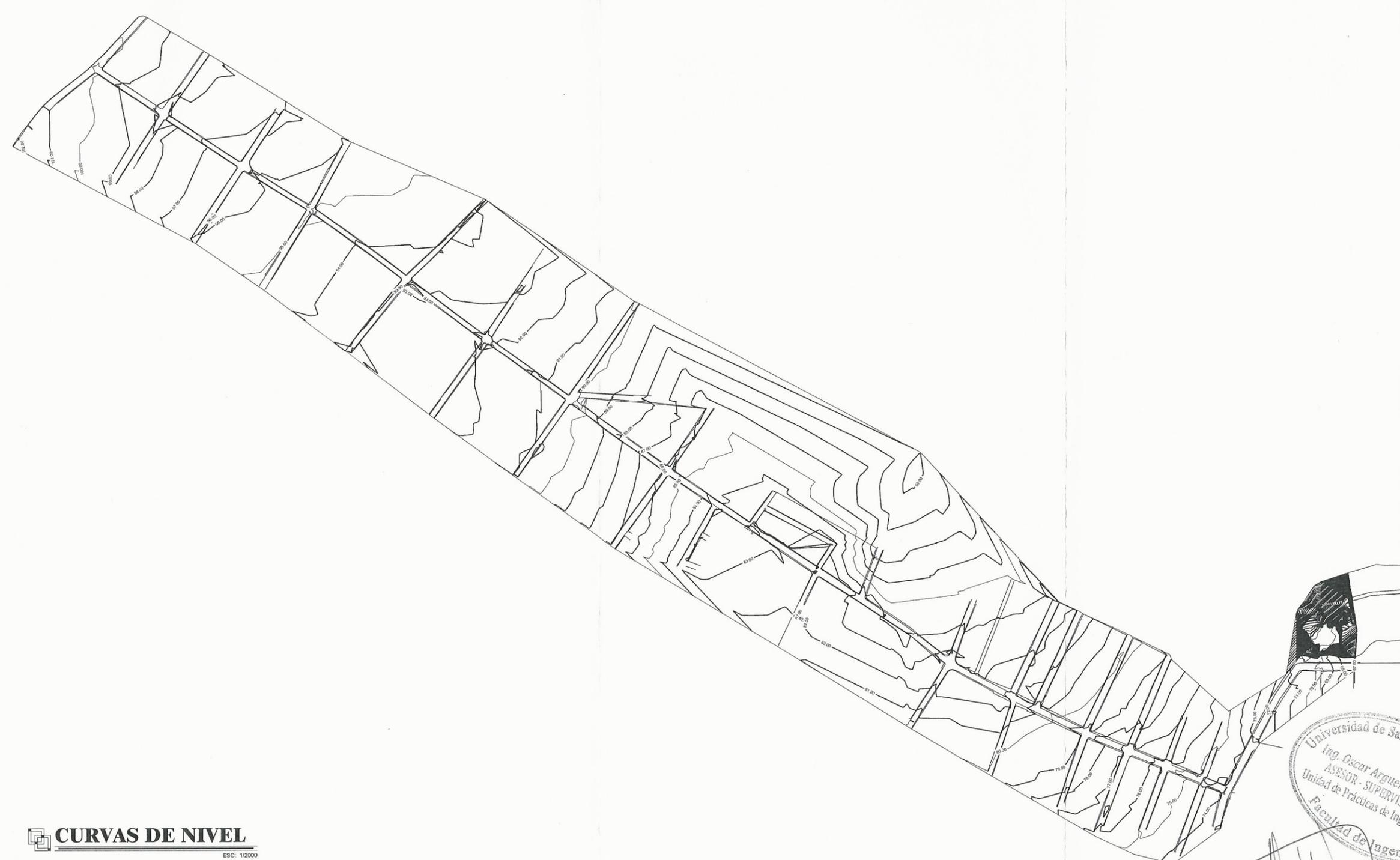


Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

LIBRACION



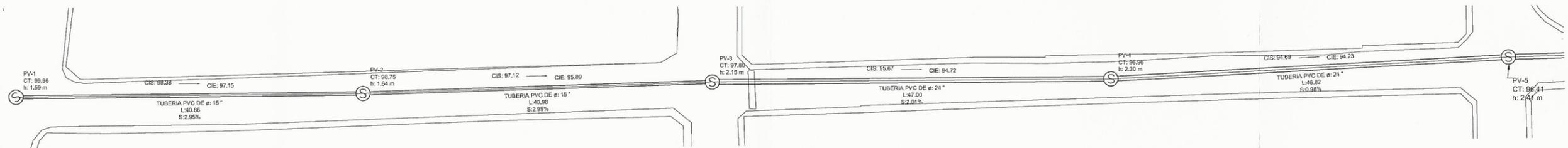
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	HOJA: 2 DE 7	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA	FECHA: SEPT. 2018	
CONTENIDO: CURVAS DE NIVEL	ESCALA: INDICADA	
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL	CARNET: 2010-20323	ING. OSCAR ARGUETA



 **CURVAS DE NIVEL**  
ESC: 1/2000

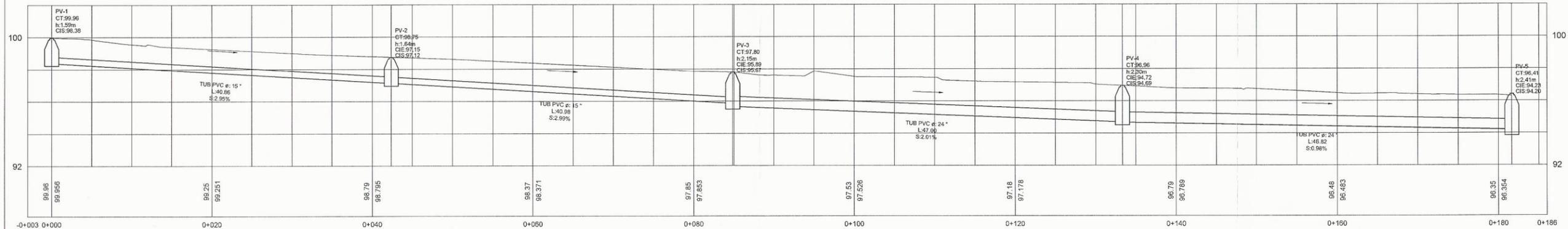
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS  
Facultad de Ingeniería

LUBRICACION



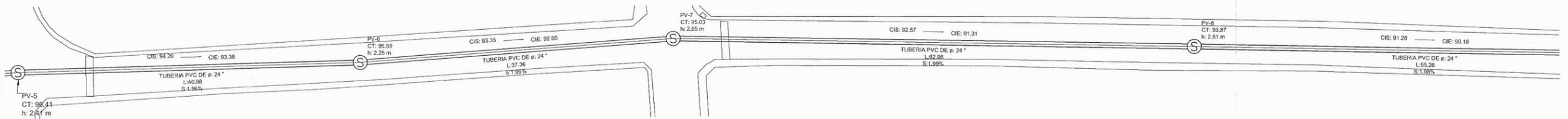
**PLANTA PV-1 A PV-5**

ESC: 1/250



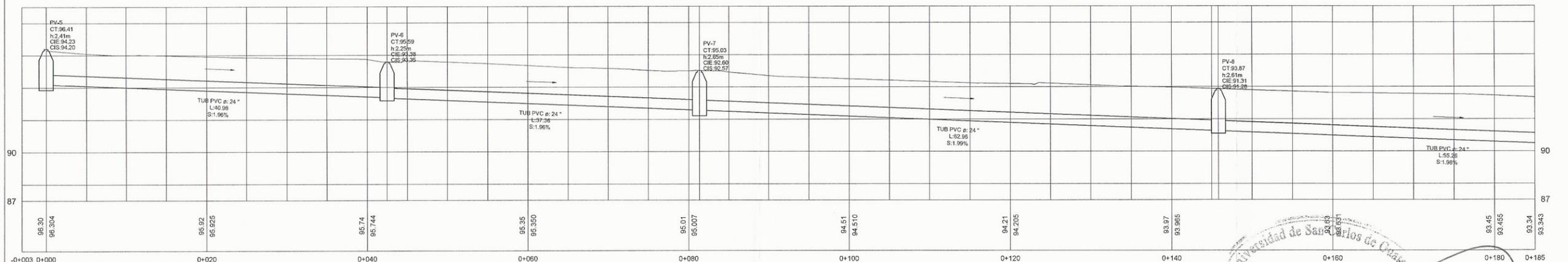
**PERFIL PV-1 A PV-5**

ESC: 1/250



**PLANTA PV-5 A PV-8**

ESC: 1/250

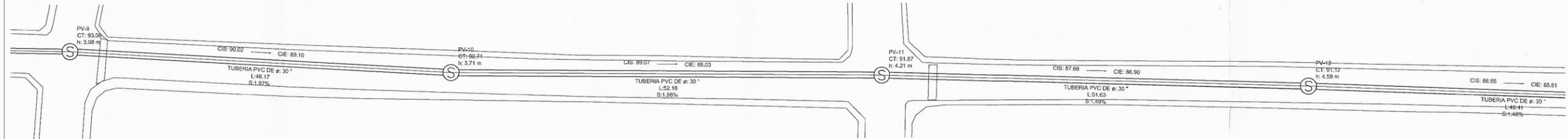


**PERFIL PV-5 A PV-8**

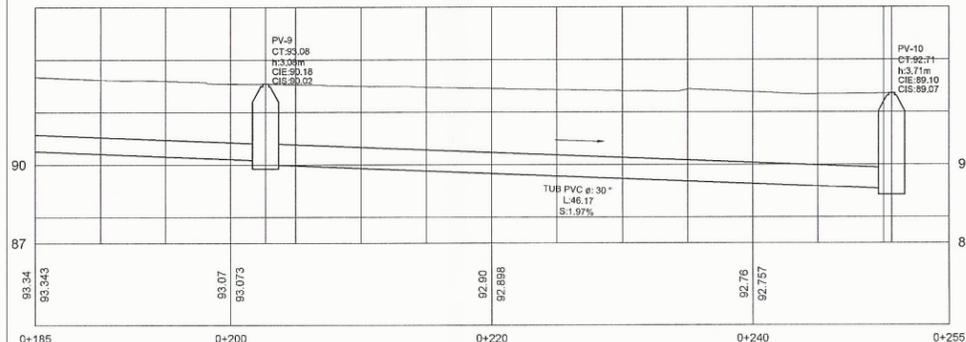
ESC: 1/250

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

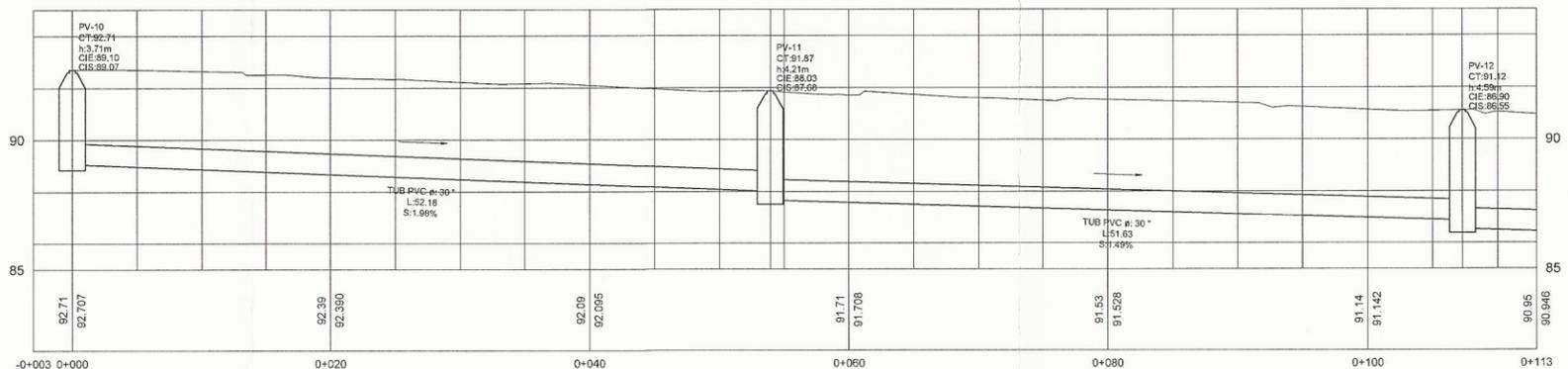
UBICACION



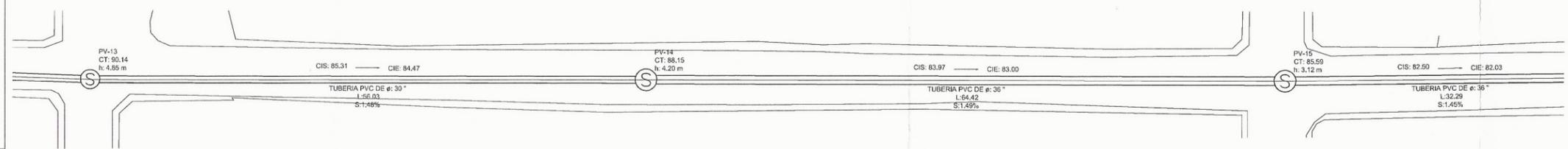
**PLANTA PV-9 A PV-12**  
ESC: 1/250



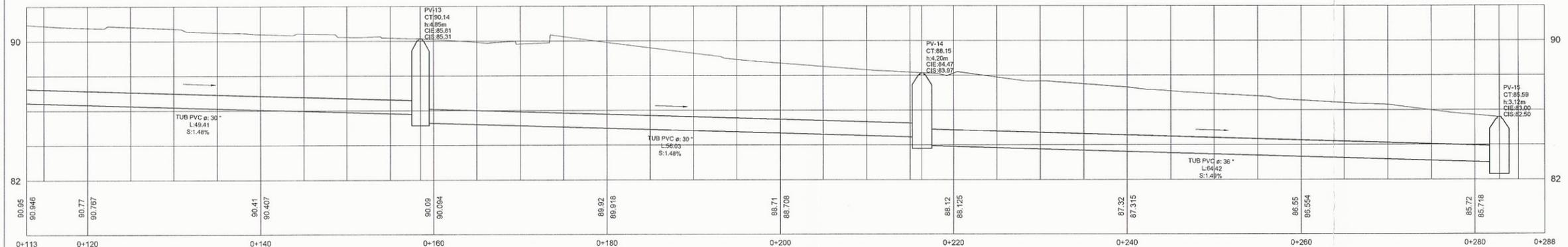
**PERFIL PV-9 A PV-10**  
ESC: 1/250



**PERFIL PV-10 A PV-12**  
ESC: 1/250



**PLANTA PV-12 A PV-15**  
ESC: 1/250

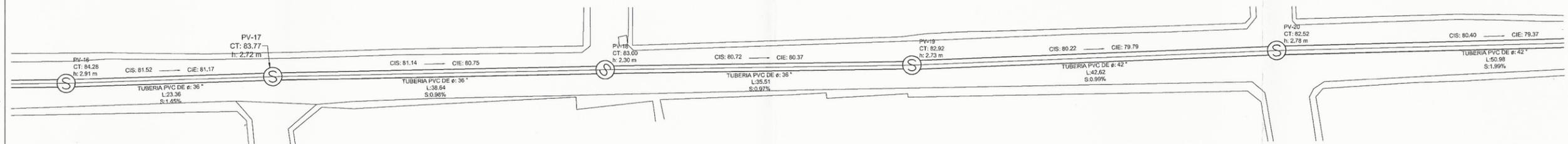


**PERFIL PV-12 A PV-15**  
ESC: 1/250

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

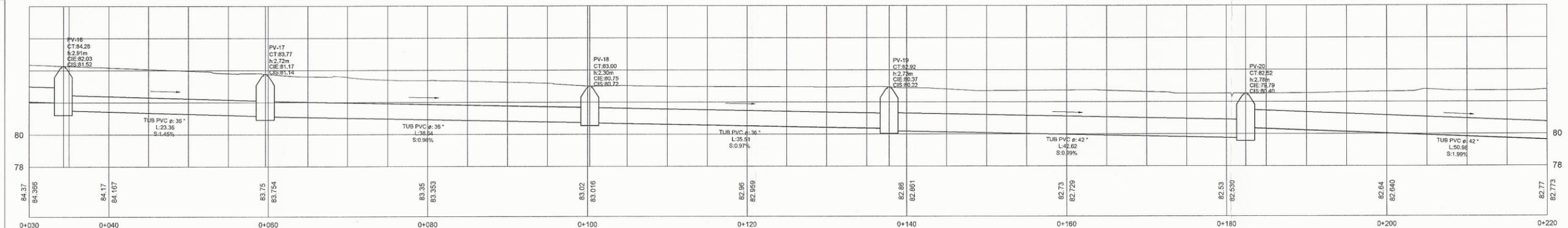
*(Handwritten signature)*

UBICACION



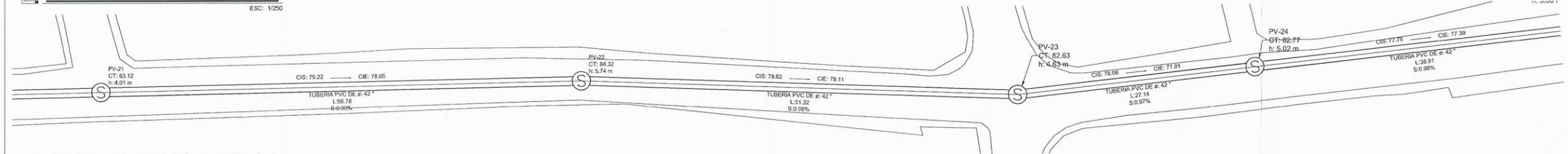
**PLANTA PV-15 A PV-20**

ESC: 1/250



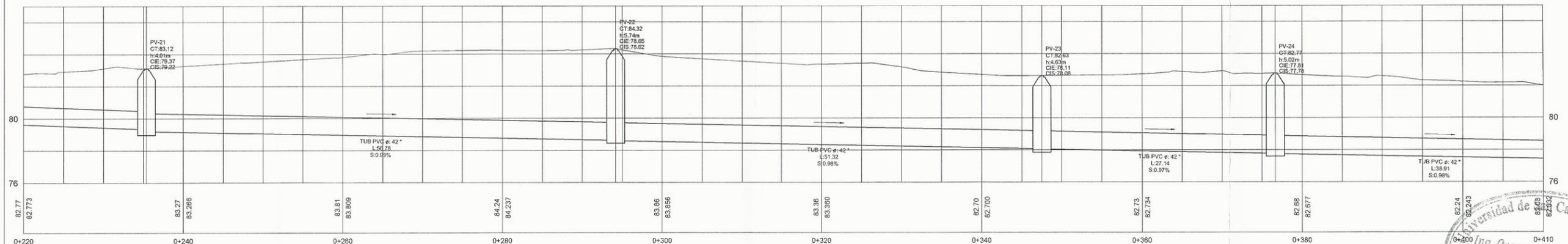
**PERFIL PV-15 A PV-20**

ESC: 1/250



**PLANTA PV-20 A PV-24**

ESC: 1/250

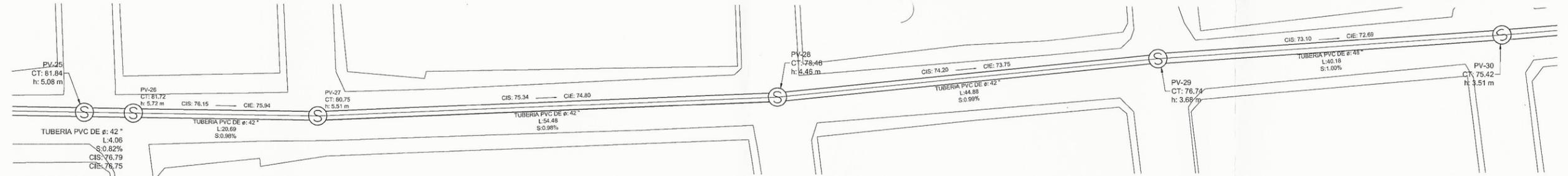


**PERFIL PV-20 A PV-24**

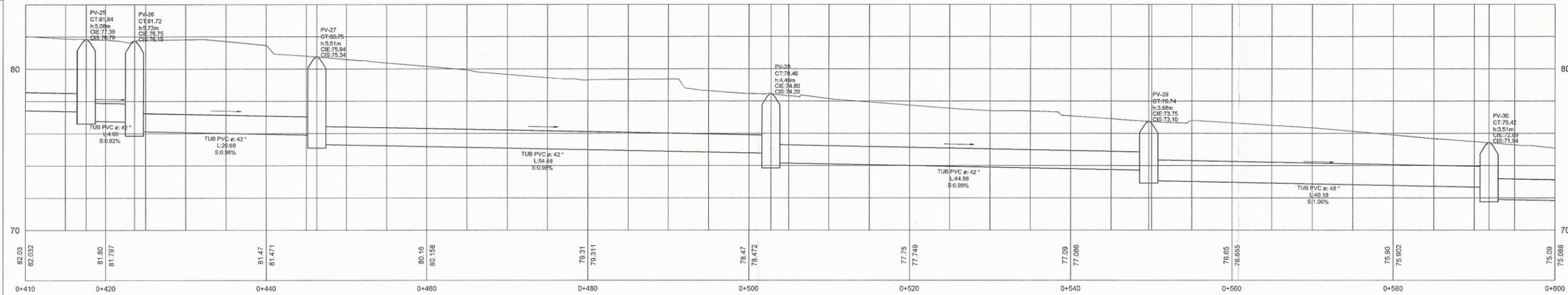
ESC: 1/250

UBICACION

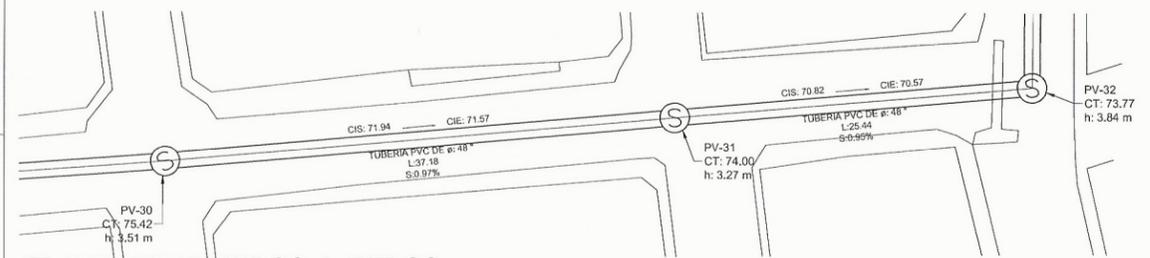




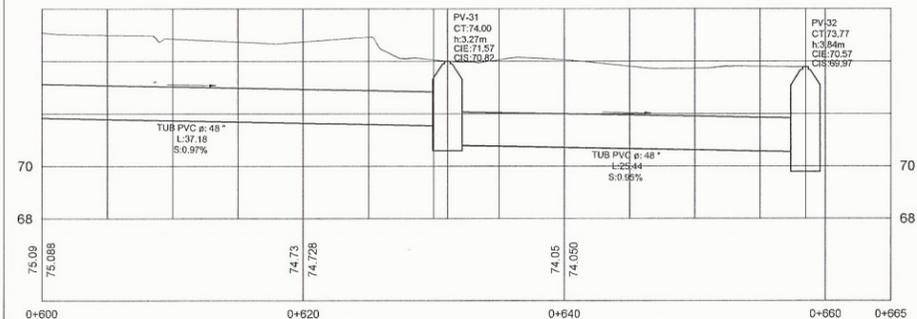
**PLANTA PV-24 A PV-30**  
ESC: 1/250



**PERFIL PV-24 A PV-30**  
ESC: 1/250



**PLANTA PV-29 A PV-32**  
ESC: 1/250



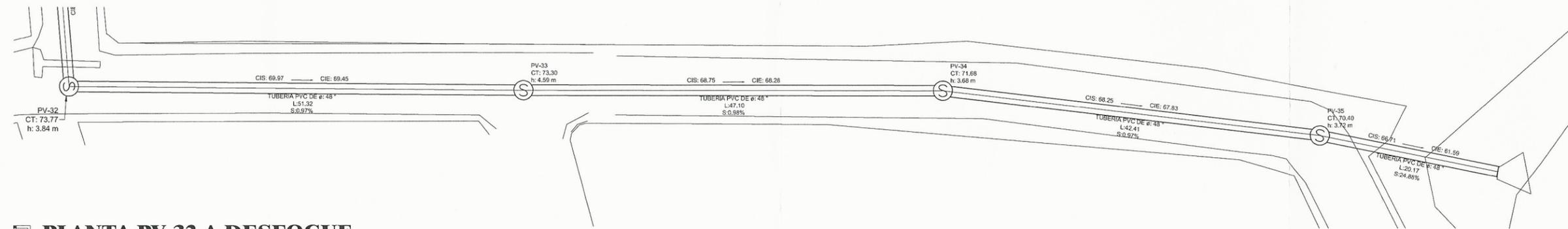
**PERFIL PV-29 A PV-32**  
ESC: 1/250

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

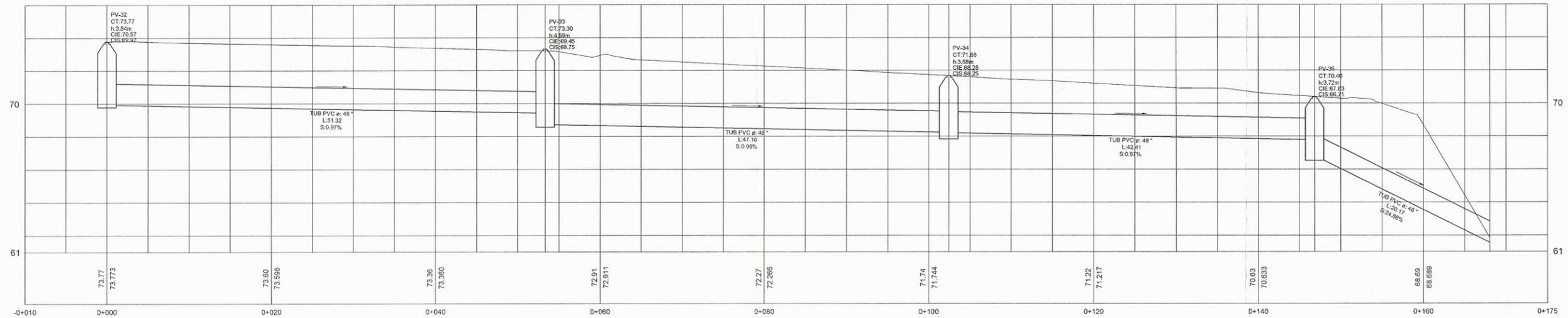
UBICACION



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 7	DE 7	ASESOR: EPS:
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEPT. 2018		
CONTENIDO: PLANTA PERFIL		ESCALA: INDICADA		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		ING. OSCAR ARGUETA



**PLANTA PV-32 A DESFOGUE**  
ESC: 1/250



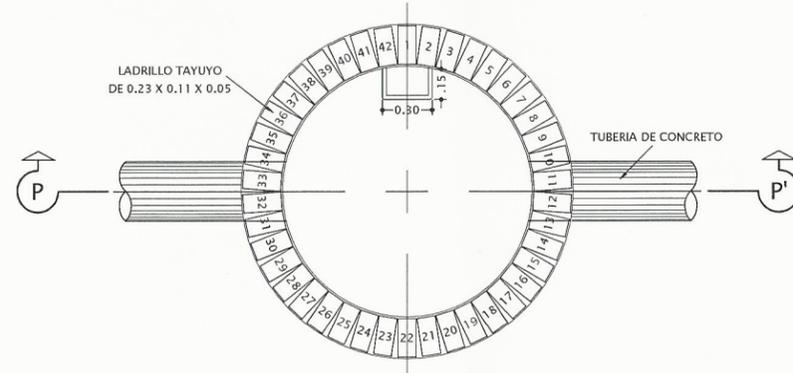
**PERFIL PV-32 A DESFOGUE**  
ESC: 1/250



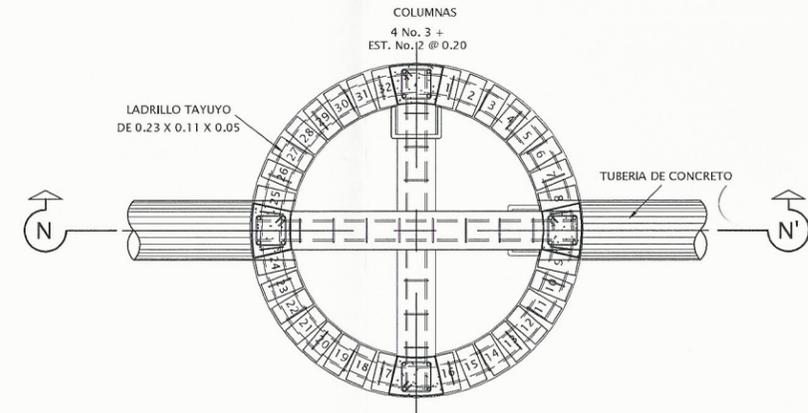
*[Handwritten signature]*



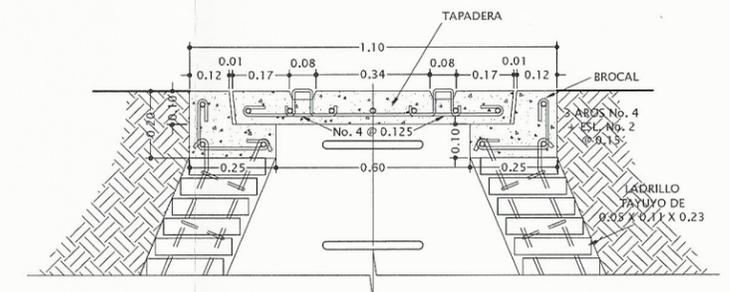
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 1	DE: 3	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEP. 2018		
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DIAMETRO 1.50M		ESCALA: INDICADA		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323		ING. OSCAR ARGUETA



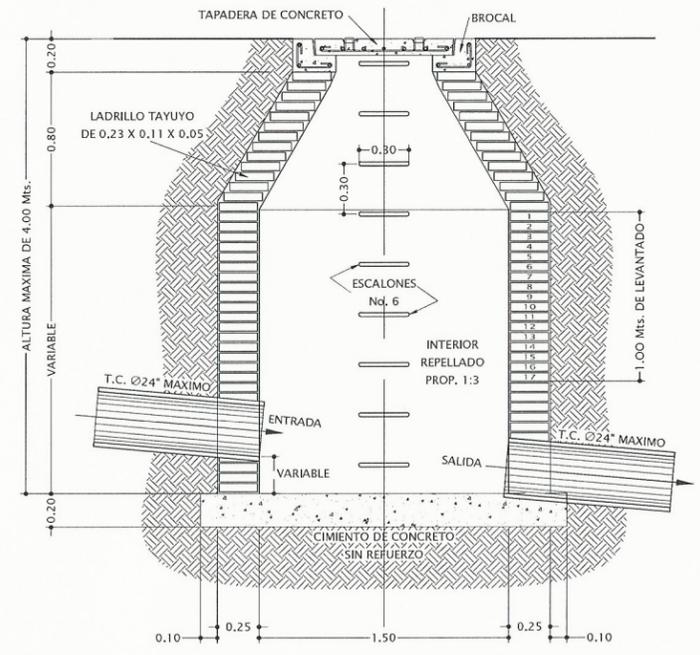
**PLANTA**  
ESC. 1/20



**PLANTA**  
ESC. 1/20



**BROCAL Y TAPADERA TÍPICO PARA POZOS DE VISITA**  
ESC. 1/10

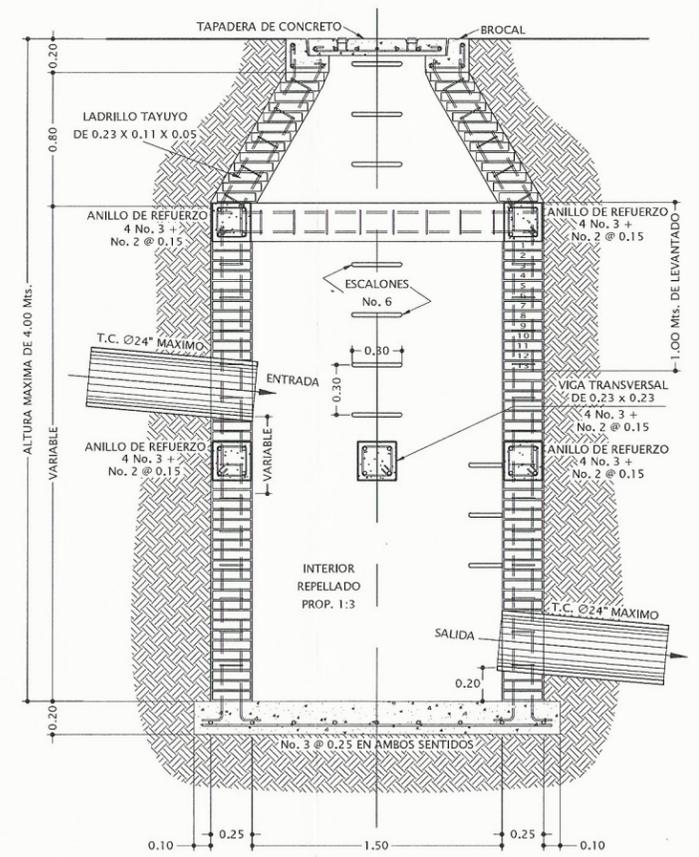


**SECCIÓN P-P'**  
ESC. 1/20

NOTA: EL MISMO DETALLE APLICA PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 4 Mts.

**POZO DE VISITA DIAMETRO DE 1.50**

ESC. 1/20



**SECCIÓN N-N'**  
ESC. 1/20

NOTA: EL MISMO DETALLE APLICA PARA ALTURAS ENTRE 4 Y 6 Mts.

**POZO DE VISITA DIAMETRO DE 1.50**

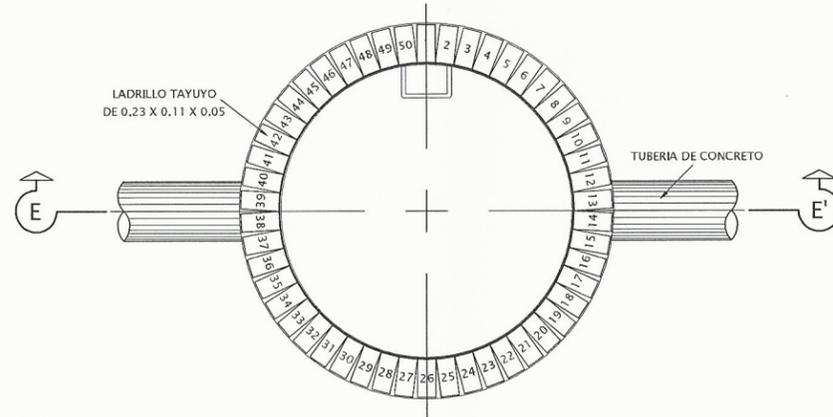
ESC. 1/20



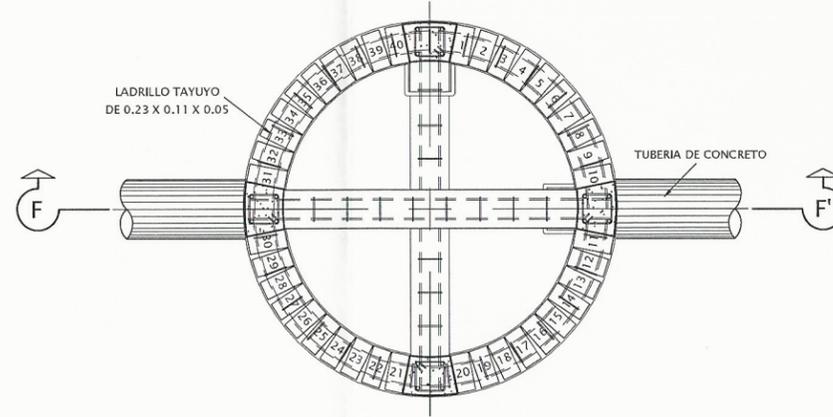
*[Handwritten signature]*



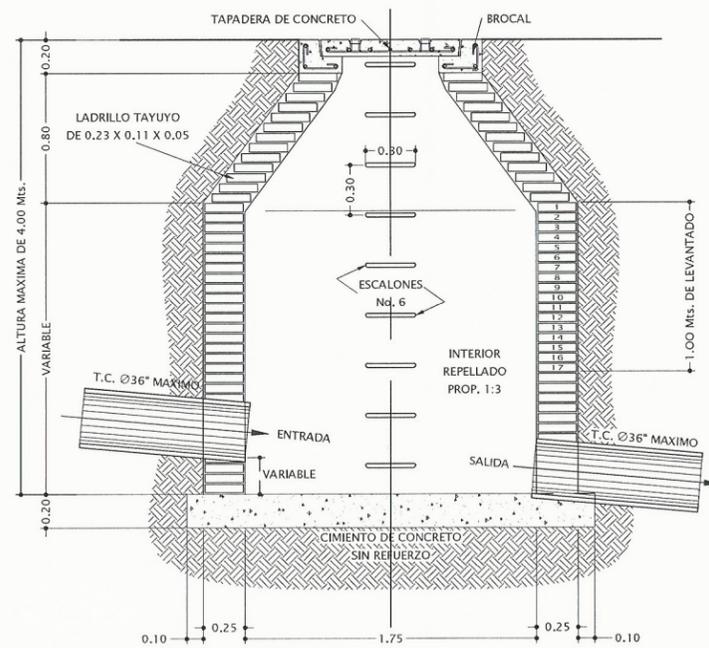
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: <b>2</b>	DE: <b>3</b>	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: <b>SEP, 2018</b>		
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DIAMETRO 1.75M		ESCALA: <b>INDICADA</b>		
DISEÑO DE INGENIERIA: <b>ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL</b>		CARNET: <b>2010-20323</b>		ING. OSCAR ARGUETA



**PLANTA**  
ESC. 1/20



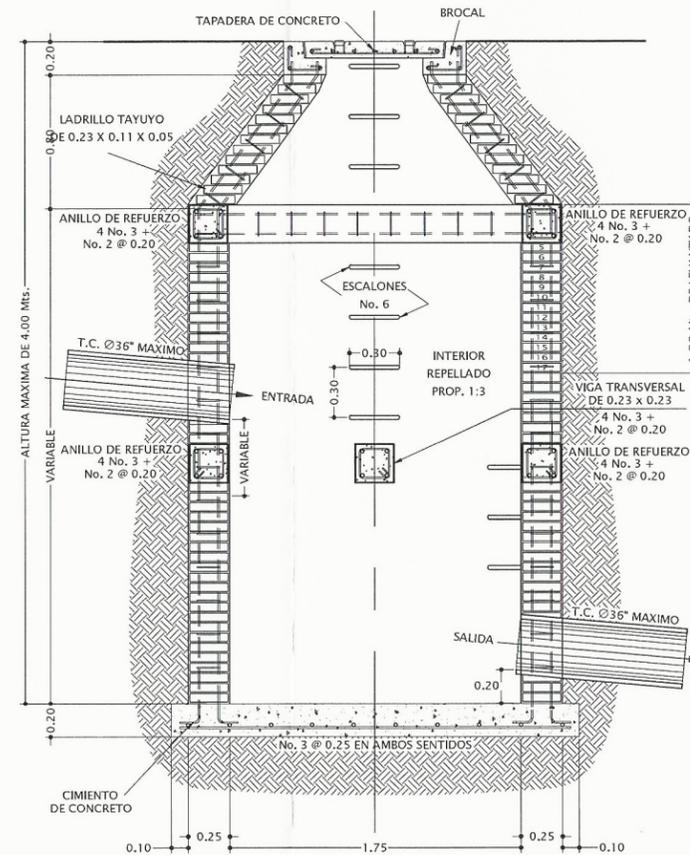
**PLANTA**  
ESC. 1/20



**SECCIÓN E-E'**  
ESC. 1/20

NOTA: EL MISMO DETALLE APLICA PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 4 Mts.

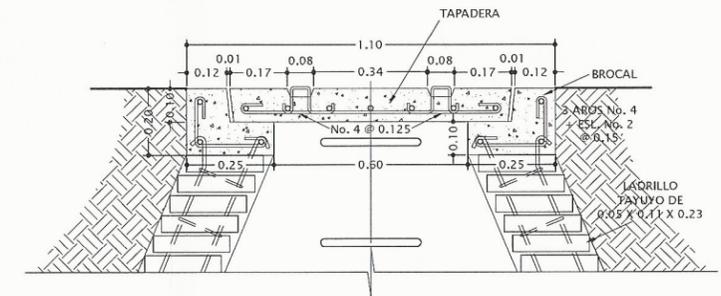
**POZO DE VISITA DIAMETRO DE 1.75**



**SECCIÓN F-F'**  
ESC. 1/20

NOTA: EL MISMO DETALLE APLICA PARA ALTURAS ENTRE 4 Y 6 Mts.

**POZO DE VISITA DIAMETRO DE 1.75**



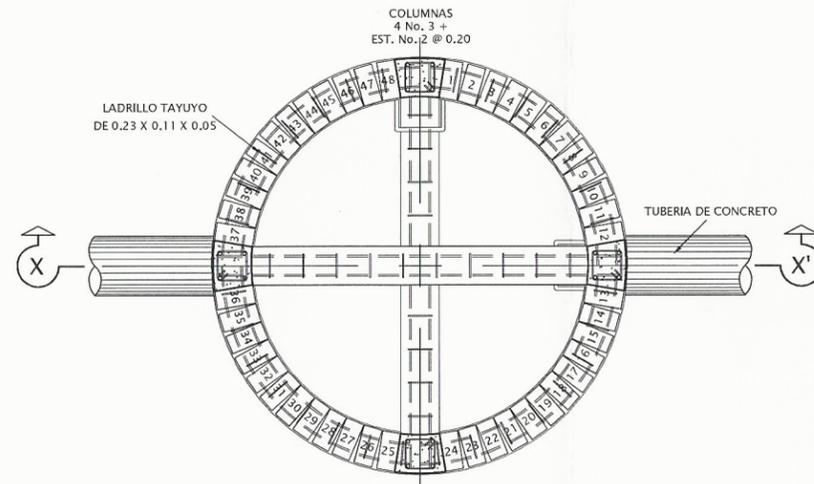
**BROCAL Y TAPADERA TIPICO PARA POZOS DE VISITA**  
ESC. 1/10



*[Handwritten signature]*

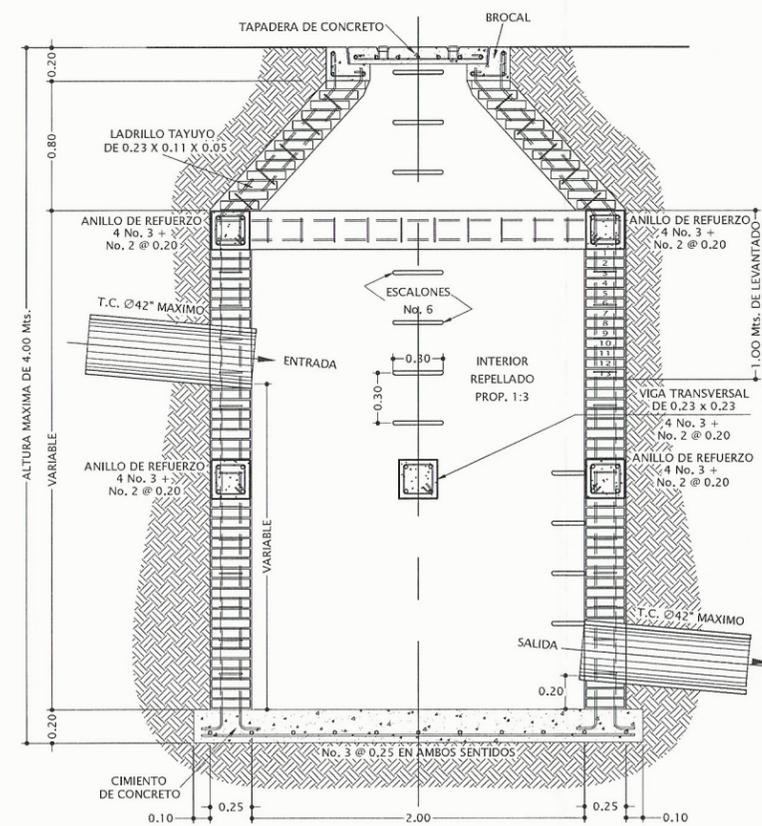


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	HOJA: 3 DE: 3	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA	FECHA: SEP. 2018	
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DIAMETRO 2.00M	ESCALA: INDICADA	
DISEÑO DE INGENIERIA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL	CARNET: 2010-20323	ING. OSCAR ARGUETA



**PLANTA**  
ESC. 1/20

NOTA: EL MISMO DETALLE APLICA PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 6 Mts.

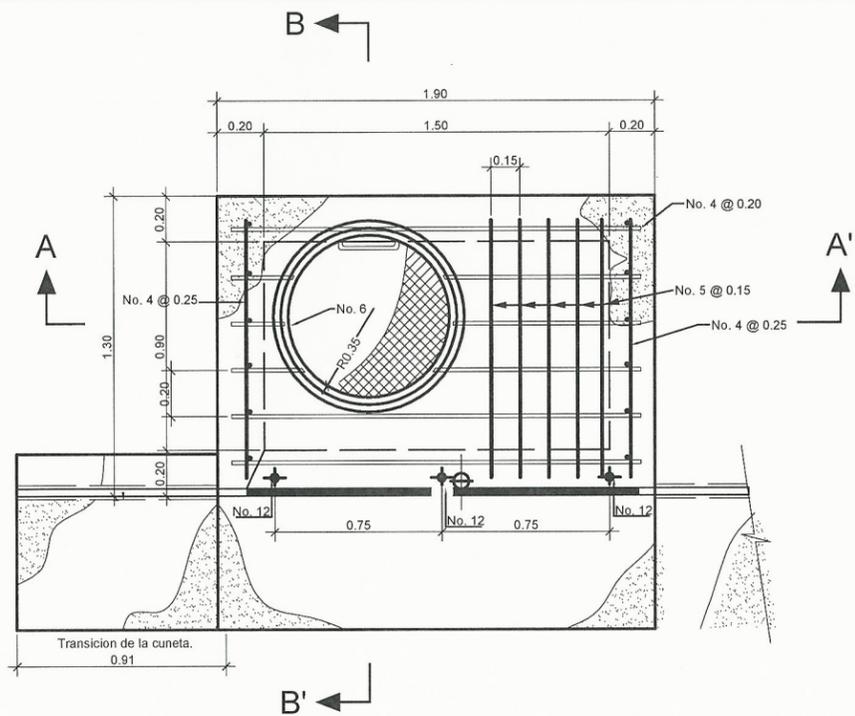


**SECCIÓN X-X'**  
ESC. 1/20

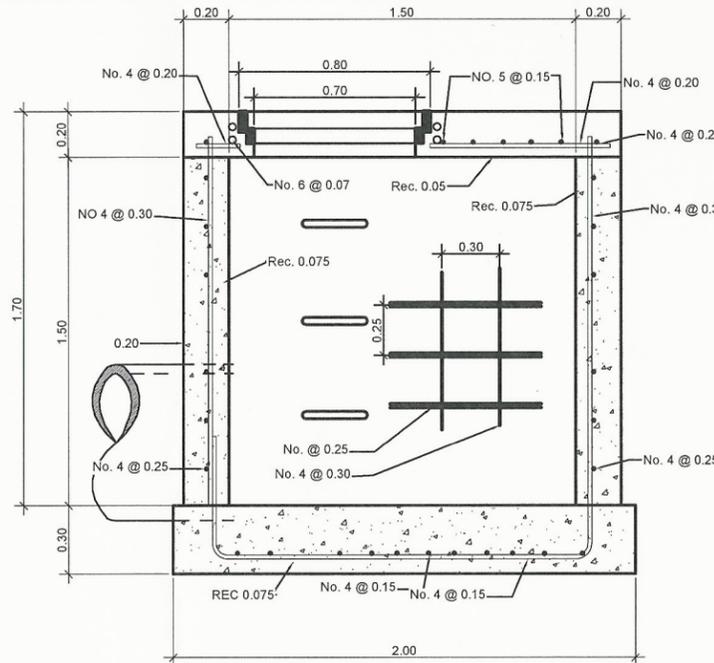
**POZO DE VISITA DIAMETRO DE 2.00**

ESC. 1/20

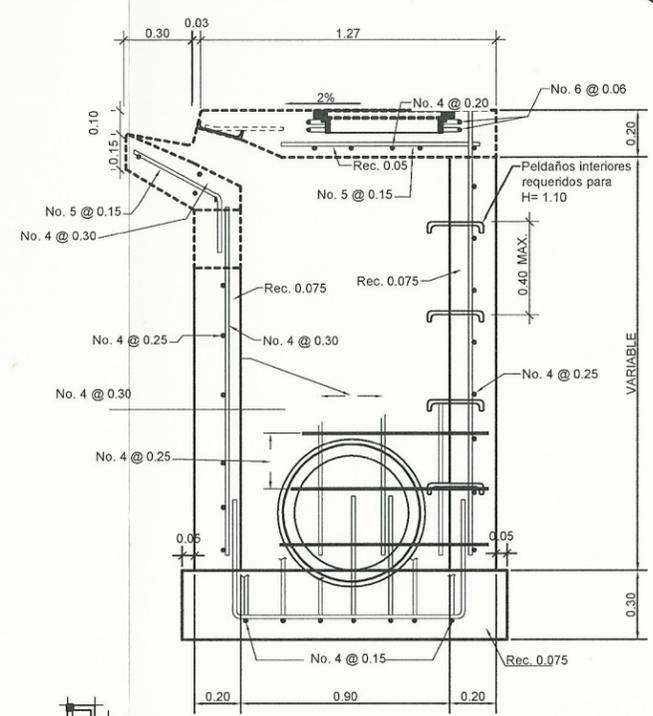
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argueta Herrero  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



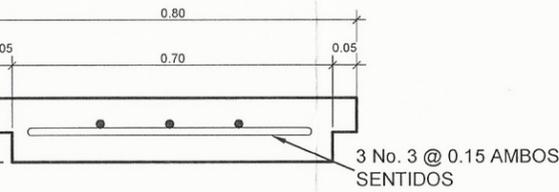
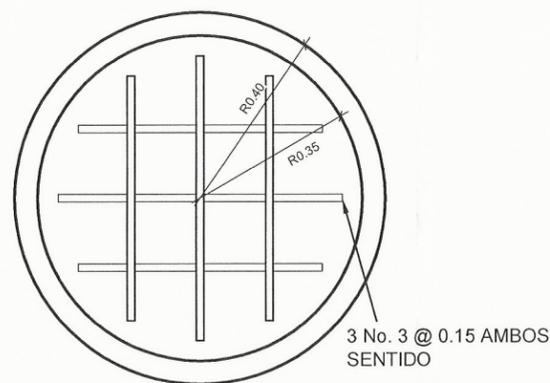
**PLANTA TRAGANTE TIPO R**  
ESCALA: 1/20



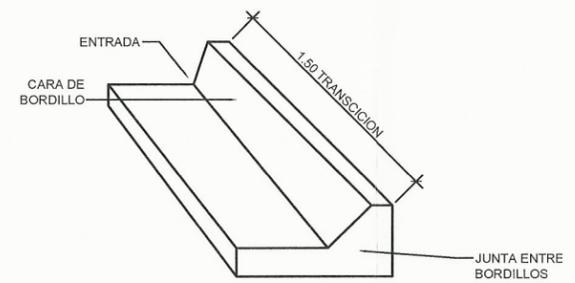
**SECCION A-A TRAGANTE TIPO R**  
ESCALA: 1/20



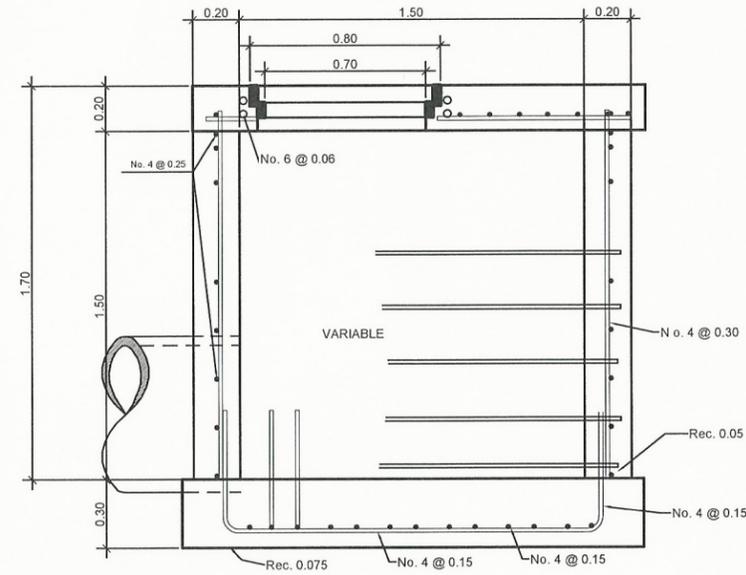
**SECCION B-B**  
ESCALA: 1/20



**DETALLE DE TAPADERA**  
ESCALA: 1/10



**DETALLE DE TRANSICION**  
ESCALA: 1/20



**SECCION A-A**  
ESCALA: 1/20

**ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES**

- La resistencia mínima del concreto a los 28 días, será de 3000 psi (210 kg/cm<sup>2</sup>). Norma COGUANOR NTG 41048, 41052 y 41017 h1, para su elaboración, mezclado y ensayo, de utilizar concreto premezclado en las fundiciones, referirse a la norma NTG 41068.
  - El límite de influencia mínima para las barras de acero, será de Grado 40 (28000 kg/cm<sup>2</sup>), deberá cumplir con lo establecido en la norma COGUANOR NTG 36011
  - Para el mortero y sabieta utilizar una proporción volumétrica 1:3 (cemento y arena), referirse a la Norma COGUANOR NTG 41031, 41051 h2 y 41050.
  - El ladrillo deberá soportar un esfuerzo mínimo de 50 kg/cm<sup>2</sup> a la compresión. La absorción de agua de los ladrillos debe ser como máximo 5 gramos por minuto por centímetro cuadrado. Norma: COGUANOR NGO 41 022 y NTG 41051 h2.
- NOTA:
- Las normas indicadas en el presente plano, son de mayor relevancia y deberán ser complementados con todos los requisitos indicadas en las especificaciones técnicas.
  - Se pondrá a sustituir la referencia de la Norma COGUANOR por su equivalente en la norma internacional de American Society of Testing Materials, ASTM para el control y supervisión de los diferentes materiales, cuando prevalezca la igualdad y/o superioridad de los requisitos establecidos.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		HOJA: 1	DE: 1	ASESOR EPS:
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN ZONA 1, VILLA NUEVA, GUATEMALA		FECHA: SEP. 2018		
CONTENIDO: DETALLE DE TRAGANTES		ESCALA: INDICADA		
DISEÑO DE INGENIERÍA: ASTRID GABRIELA VASQUEZ BROL		CARNET: 2010-20323	ING. OSCAR ARGUETA	



## ANEXOS

### Anexo 1. Coeficientes de sitio $f_a$ y $f_v$

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: AGIES. <http://www.agies.org/>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

### Anexo 2. Factores $n_A$ , $n_V$

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

Nota 1: tomar la distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 16 km.  
 Nota 2: utilizar el factor  $N_1$  que mayor haya salido al cotizar todas las fuentes relevantes.

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

Nota 1: tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.  
 Nota 2: utilizar el factor  $N_1$  que mayor haya salido al cotizar todas las fuentes relevantes.

Fuente: AGIES. <http://www.agies.org/>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

## Anexo 3. Fe de erratas AGIES



---

### FE DE ERRATAS

#### Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala.

Edición "beta" del 11 de junio de 2013

#### Errores de texto encontrados hasta el 11 de junio de 2013

##### NSE1-10

- Sección 3.1.5 Dice como título "Obras importantes". Debe decir "Obras importantes y especiales"
- Sección 3.1.5.2 dice "Instalaciones de salud públicos y privados". Debe decir "Instalaciones de salud públicas y privadas".
- Sección 5.2.3 inciso e) dice "Cargas vivas y de acabados utilizadas en el cálculo estructural". Debe decir "Cargas vivas y cargas muertas superpuestas utilizadas en el cálculo estructural".

##### NSE2-10

- Sección 4.3.3.4 dice  $T_s = \frac{S_{1c}}{S_{cs}}$ . Debe decir  $T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}}$ .
- Sección 3.4, tabla 3-1 carga viva para balcones de vivienda en la columna Wv dice "500", debe decir "300".
- Sección 8.2.2 dice "Excepto que para diseñar muro y columnas, la ecuación CR5 puede limitarse a". Debe decir "Excepto que para diseñar muros, columnas y cimientos, la ecuación CR5 puede limitarse a".
- Sección 9.2.4 inciso 3) dice "No se podrán aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de péndulo invertido (sistema E5, norma NSE3)". Debe decir "No se podrán aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de columnas voladizas o péndulo invertido (sistema E5, norma NSE3)".
- Anexo A, No. 42 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 118 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 134 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 166 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".

Fuente: AGIES. <http://www.agies.org/>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

Anexo 4. Relaciones hidráulicas

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

Continuación del anexo 4.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

Fuente: INFOM. <http://www.infom.gob.gt/>. Consulta: 11 de octubre de 2018.