



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA  
PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE  
PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ,  
PANAJACHEL, SOLOLÁ**

**Abner Gamaliel Escobar Lara**

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA**  
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

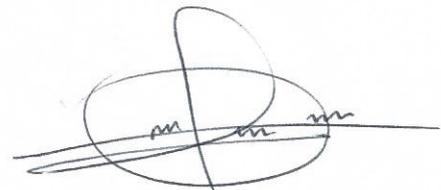
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## 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 EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de agosto de 2015.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop with a horizontal line crossing through it, and several smaller scribbles below.

**Abner Gamaliel Escobar Lara**



Guatemala, 07 de septiembre de 2016  
REF.EPS.DOC.636.09.16

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

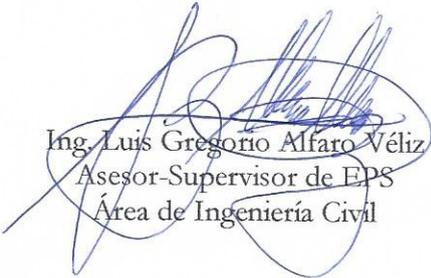
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Abner Gamaliel Escobar Lara** con carné No. **200924631**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

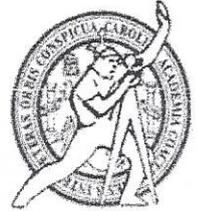
c.c. Archivo  
LGAV/ra



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

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
02 de febrero 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 EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Abner Gamaliel Escobar Lara, con CUI 2048508860101 Registro Académico No. 200924631, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz.

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 ENSEÑANZA A TODOS

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

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

/mrrm.

*Mas de 136 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,  
03 de septiembre de 2018

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

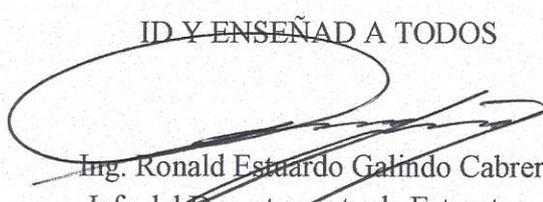
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Abner Gamaliel Escobar Lara, con Registro Estudiantil No. 200924631, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



Guatemala, 17 de septiembre de 2018  
Ref.EPS.D.354.09.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

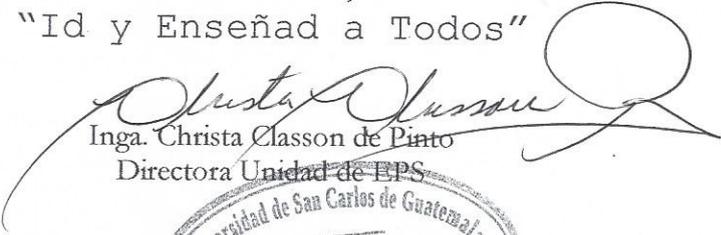
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Abner Gamaliel Escobar Lara, Registro Académico 200924631 y CUI 2048 50886 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/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 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Abner Gamaliel Escobar Lara titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLÁ** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

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

Guatemala, noviembre 2018

/mrrm.

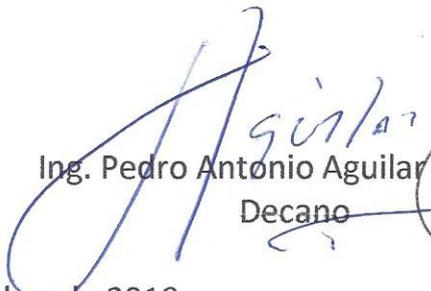


*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



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 EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD, UBICADO EN SALIDA DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, KILÓMETRO 116, CARRETERA A GODÍNEZ Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYÁ, PANAJACHEL, SOLOLA”** presentado por el estudiante universitario: **Abner Gamaliel Escobar Lara** 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 noviembre de 2018.

/echm

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

No hay manera de poder recompensarles todo lo que han hecho por mí, espero que con este logro pueda devolverles un poco de felicidad y satisfacción de la mucha que ustedes se han encargado de brindarme. Gracias por todo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la bendición de alcanzar esta meta, esperando sea un medio para cumplir su propósito en mi vida.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Especialmente a la Facultad de Ingeniería, a todos los que hacen posible su existencia.
<b>Mis padres</b>	Baudilio Benjamín Escobar Castillo y Lilian Lizhet Lara Lam, por la oportunidad de educación que me brindaron, además de la instrucción, lo cual es una parte importante para el logro de esta meta.
<b>Mi familia en general</b>	Por el apoyo que siempre me han brindado a lo largo de mi vida.
<b>Lilian Irene Yoc Aguilar</b>	Por su apoyo incondicional que nunca faltó durante el tiempo de la carrera.
<b>Amigos</b>	Por su amistad que me brindaron, me siguen brindando y su apoyo, son parte de este logro.
<b>Empresa color y forma</b>	Por apoyarme durante el transcurso de mi carrera universitaria y por ser parte importante de mi formación profesional.

**Municipalidad de  
Panajachel, Sololá**

Por darme la oportunidad de realizar mi EPS y por la amistad brindada durante el transcurso del mismo.

**Personal de la DMP de  
Panajachel, Sololá**

Por el apoyo incondicional recibido de su parte y su amistad brindada, que aun conservamos, en especial a Carlos Morales, Miguel Vásquez, Fausto Pablo, Julio Cáceres y Melvin Citalán.

**La familia Morales  
Barahona**

Por abrirme las puertas de su hogar durante la realización del EPS y hacerme sentir como en casa.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Panajachel, departamento de Sololá.....	1
1.1.2. Localización geográfica .....	2
1.1.3. Situación demográfica .....	4
1.2. Infraestructura y servicios.....	4
1.2.1. Vías de acceso .....	4
1.2.2. Salud .....	5
1.2.3. Educación.....	6
1.2.4. Agua y saneamiento .....	7
1.2.5. Servicio públicos.....	8
1.3. Características socioeconómicas .....	9
1.3.1. Actividad económica.....	9
1.3.2. Organización de la comunidad .....	12
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	13
2.1. Diseño del edificio de dos niveles para el centro de atención para personas con discapacidad.....	13

2.1.1.	Descripción del proyecto .....	13
2.1.1.1.	Estudio topográfico.....	13
2.1.1.1.1.	Planimetría .....	14
2.1.1.1.2.	Altimetría .....	14
2.1.1.2.	Estudio de suelos .....	14
2.1.1.2.1.	Ensayo triaxial.....	15
2.1.1.3.	Diseño arquitectónico.....	18
2.1.2.	Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.....	21
2.1.3.	Sistema a utilizar .....	31
2.1.3.1.	Descripción del sistema estructural a utilizar .....	31
2.1.3.2.	Ventajas estructurales de la mampostería reforzada .....	31
2.1.3.3.	Elementos del sistema de mampostería reforzada .....	32
2.1.3.3.1.	Lechada .....	32
2.1.3.3.2.	Mampostería .....	32
2.1.3.3.3.	Mortero.....	34
2.1.3.3.4.	Amarres.....	35
2.1.3.3.5.	Acero de refuerzo.....	35
2.1.4.	Tipo de cargas que afectan la estructura .....	35
2.1.4.1.	Cargas gravitacionales .....	35
2.1.4.1.1.	Carga viva .....	36
2.1.4.1.2.	Carga muerta .....	36
2.1.5.	Diseño de losas.....	36
2.1.5.1.	Cálculo de momentos actuantes .....	45

	2.1.5.1.1.	Balanceo de momentos.....	56
	2.1.5.2.	Armado de losa.....	62
2.1.6.		Método de análisis estructural de edificio .....	68
	2.1.6.1.	Generalidades del diseño de elementos en mampostería .....	68
	2.1.6.2.	Análisis simplista .....	69
	2.1.6.3.	Procedimiento de análisis.....	70
2.1.7.		Integración de cargas .....	70
2.1.8.		Cálculo de cargas laterales según Normas AGIES.....	74
	2.1.8.1.	Esfuerzo por sismo .....	74
	2.1.8.2.	Distribución de fuerzas sísmicas por nivel .....	80
2.1.9.		Cálculo de momentos de volteo.....	82
2.1.10.		Solución por el método simplista .....	82
	2.1.10.1.	Localización de centro de masa de la estructura.....	87
	2.1.10.2.	Localización del centro de rigidez.....	96
	2.1.10.3.	Resultados parciales para el análisis simplista primer nivel .....	106
	2.1.10.4.	Resultados parciales para el análisis simplista segundo nivel.....	109
2.1.11.		Distribución de cargas y momentos en los muros	112
	2.1.11.1.	Resultados de análisis de mampostería.....	113
2.1.12.		Esfuerzos admisibles.....	125
	2.1.12.1.	Cálculo del máximo esfuerzo axial permitido.....	125

2.1.12.2.	Cálculo del esfuerzo flexionante máximo permitido para mampostería .	126
2.1.12.3.	Cálculo de esfuerzo a corte .....	126
2.1.12.4.	Cálculo del esfuerzo a tensión .....	127
2.1.13.	Diseño de muro crítico.....	129
2.1.14.1.	Diseño de vigas en aulas y pasillos....	140
2.1.14.1.1.	Confinamiento .....	149
2.1.15.	Diseño de cimentación .....	150
2.1.15.1.	Determinación de valor soporte.....	151
2.1.15.2.	Diseño de cimiento corrido .....	151
2.1.15.2.1.	Diseño del espesor del cimiento .....	154
2.1.15.2.2.	Áreas de acero requerido .....	156
2.1.16.	Diseño de gradas .....	158
2.1.17.	Instalaciones .....	162
2.1.17.1.	Instalaciones hidráulicas .....	163
2.1.17.2.	Instalaciones sanitarias .....	167
2.1.17.3.	Instalaciones eléctricas .....	172
2.1.17.3.1.	Iluminación .....	172
2.1.17.3.2.	Fuerza .....	175
2.1.18.	Cronograma .....	177
2.1.19.	Presupuesto .....	179
2.2.	Diseño del sistema de alcantarillado pluvial, calle del cementerio, barrio Jucanyá, Panajachel, Sololá .....	182
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	182
2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	182
2.2.2.1.	Planimetría .....	183
2.2.2.2.	Altimetría .....	183

2.2.3.	Diseño hidráulico del sistema .....	183
2.2.3.1.	Descripción del sistema a utilizar.....	183
2.2.3.2.	Características del subsuelo.....	184
2.2.3.3.	Determinación del coeficiente de escorrentía.....	184
2.2.3.4.	Determinación de los lugares de descarga .....	185
2.2.3.5.	Determinación de área tributaria.....	185
2.2.3.6.	Determinación del tiempo de concentración .....	185
2.2.3.7.	Intensidad de lluvia .....	186
2.2.3.8.	Definiciones y conceptos teóricos de un canal .....	187
2.2.3.9.	Diseño de canal .....	188
2.2.3.10.	Diseño de rejillas .....	192
2.2.4.	Evaluación de impacto ambiental .....	193
2.2.4.1.	Definición.....	193
2.2.4.2.	Fines y aspectos cubiertos por estudio de impacto ambiental .....	194
2.2.4.3.	Consideraciones técnicas.....	194
2.2.4.4.	Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto...	195
2.2.4.5.	Etapas de operación.....	195
2.2.4.6.	Etapas de construcción .....	196
2.2.5.	Planos.....	196
2.2.6.	Presupuesto.....	197

CONCLUSIONES..... 199  
RECOMENDACIONES .....201  
BIBLIOGRAFÍA.....203  
APÉNDICE .....205  
ANEXOS.....207

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Localización de municipio de Panajachel.....	3
2.	Planta amueblada de primer nivel.....	19
3.	Planta amueblada de segundo nivel.....	20
4.	Zonificación sísmica de la república de Guatemala.....	23
5.	Tipos de losas.....	38
6.	Numeración de losas de entrepiso.....	39
7.	Numeración de losas de techo.....	42
8.	Coeficientes de momento en losas de una dirección.....	46
9.	Diagrama de momentos en losas en dos sentidos.....	48
10.	Balanceo de momentos por rigidez.....	56
11.	Esquema de armado de losas.....	65
12.	Muros estructurales primer nivel.....	83
13.	Muros estructurales segundo nivel.....	84
14.	Diseño a flexo compresión.....	127
15.	Diseño a corte.....	128
16.	Área tributaria muro 1 de primer nivel.....	129
17.	Relación modular.....	132
18.	Área tributaria de vigas en aulas.....	140
19.	Diagrama de momentos de viga en aulas.....	144
20.	Longitud de desarrollo en ganchos estandar a tracción.....	146
21.	Longitud de desarrollo para refuerzo negativo.....	148
22.	Refuerzo longitudinal y transversal de viga en aulas.....	150
23.	Cimiento corrido del edificio.....	153

24.	Esquema medidas de cimiento corrido para chequeo por corte .....	155
25.	Cimiento corrido con refuerzo final .....	157
26.	Planta y sección de módulo de gradas .....	159
27.	Mapa hidrológico de intensidad de lluvia de la república de Guatemala .....	190

## TABLAS

I.	Actividades económicas que se desarrollan en el municipio .....	10
II.	Valor soportes típicos según tipo de suelo .....	17
III.	Nivel mínimo de protección sísmica.....	24
IV.	Clasificación por tipo de estructura .....	26
V.	Características irregulares en planta .....	29
VI.	Características irregulares en elevación .....	30
VII.	Medidas principales de los bloques huecos de concreto .....	34
VIII.	Dimensión y clasificación de las losas de entepiso .....	40
IX.	Dimensión y clasificación de las losas de techo .....	43
X.	Cálculo de momentos de losa de entepiso .....	49
XI.	Cálculo de momentos de losa de techo .....	54
XII.	Cálculo de balance de momentos en losas de entepiso .....	58
XIII.	Cálculo de balance de momentos en losas de techo.....	60
XIV.	Cuantías mínimas de refuerzo para temperatura en losas .....	66
XV.	Coeficientes de sitio $F_a$ .....	75
XVI.	Coeficientes de sitio $F_v$ .....	76
XVII.	Factor $N_a$ para periodos cortos de vibración .....	77
XVIII.	Factor $N_v$ para periodos largos de vibración .....	77
XIX.	Factor de determinación del nivel de diseño.....	78
XX.	Peso y altura por nivel .....	81
XXI.	Momentos de volteo.....	82

XXII.	Distribución de muros estructurales de primer nivel.....	85
XXIII.	Distribución de muros estructurales de segundo nivel .....	86
XXIV.	Centro de masa de la estructura primer nivel sentido x .....	87
XXV.	Centro de masa de la estructura primer nivel sentido y .....	90
XXVI.	Centro de masa de la estructura segundo nivel sentido x.....	92
XXVII.	Centro de masa de la estructura segundo nivel sentido y.....	94
XXVIII.	Cálculos para determinar centro de rigidez primer nivel sentido x .....	98
XXIX.	Cálculos para determinar centro de rigidez primer nivel sentido y .....	100
XXX.	Cálculos para determinar centro de rigidez segundo nivel sentido x .	102
XXXI.	Cálculos para determinar centro de rigidez segundo nivel sentido y .	104
XXXII.	Resultados parciales para el análisis simplista primer nivel.....	106
XXXIII.	Centro de masa de losas de entepiso.....	107
XXXIV.	Centro de masa combinado (losa + muro) del primer nivel.....	108
XXXV.	Resultados parciales para el análisis simplista segundo nivel .....	109
XXXVI.	Centro de masa de losa de techo .....	110
XXXVII.	Centro de masa combinado (losa + muro) del segundo nivel .....	111
XXXVIII.	Resultados de análisis de muros primer nivel X-X.....	113
XXXIX.	Resultados de análisis de muros primer nivel Y-Y .....	116
XL.	Resultados de análisis de muros segundo nivel X-X .....	118
XLI.	Resultados de análisis de muros segundo nivel Y-Y .....	121
XLII.	Fuerza y momento aplicado en cada muro del primer nivel .....	123
XLIII.	Fuerza y momento aplicado en cada muro del segundo nivel .....	124
XLIV.	Clasificación de columnas a utilizar en edificio .....	133
XLV.	Área de acero distribuido por muro, primer nivel sentido x .....	134
XLVI.	Área de acero distribuido por muro, primer nivel sentido y .....	136
XLVII.	Área de acero distribuido por muro, segundo nivel sentido x.....	137
XLVIII.	Área de acero distribuido por muro, segundo nivel sentido y.....	139
XLIX.	Cargas actuantes sobre muro crítico.....	152
L.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución .....	164

LI.	Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (lt/seg)....	165
LII.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples...	167
LIII.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje .....	168
LIV.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples.....	169
LV.	Sumatoria de unidades mueble de todo el edificio .....	170
LVI.	Determinación de luminarias por ambiente de primer nivel .....	173
LVII.	Determinación de luminarias por ambiente del segundo nivel .....	174
LVIII.	Cantidad de tomacorrientes por ambiente. ....	176
LIX.	Cronograma de ejecución de centro de atención de personas con discapacidad.....	177
LX.	Reglón cimiento corrido CC1 .....	179
LXI.	Presupuesto de centro de atención para personas con discapacidad.....	180
LXII.	Coeficiente de escorrentía típica .....	184
LXIII.	Datos para el cálculo de coeficiente de escorrentía.....	188
LXIV.	Reglón fundición de banquetta .....	197
LXV.	Presupuesto de sistema alcantarillado pluvial calle el cementerio .....	198

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$h_i$	Altura de cada nivel
$h_x$	Altura del nivel $x$ a la base
$\varphi$	Ángulo de fricción interna del suelo
$A_s$	Área de acero
$A_{smin}$	Área de acero mínimo
$A_{sreq}$	Área de acero requerido
$B$	Base de cimentación
$b$	Base de la sección transversal de un elemento
$q_{adm}$	Capacidad de carga admisible
$q_u$	Capacidad de carga última
$P$	Carga asumida para cálculo de rigidez
$CM$	Carga muerta
$CU$	Carga última
$CV$	Carga viva
$X_{cm}$	Centro de masa eje $x$
$Y_{cm}$	Centro de masa eje $y$
$X_{cr}$	Centro de rigidez eje $x$
$Y_{cr}$	Centro de rigidez eje $y$
$C_{vx}$	Coeficiente de distribución vertical de fuerzas sísmicas
$C_s$	Coeficiente sísmico de diseño
$c'$	Cohesión del suelo
$V_{act}$	Corte actuante

Vrest	Corte resistente
$\rho_{min}$	Cuantía mínima de acero
$\rho_{max}$	Cuantía máxima de acero
$cm^2$	Dimensional de área, centímetros cuadrados
dx	Distancia en la dirección X-X
dy	Distancia en la dirección Y-Y
fa	Esfuerzo actuante axial mampostería
Fa	Esfuerzo axial de compresión en mampostería
Fb	Esfuerzo de compresión producido por la flexión
fv	Esfuerzo de corte actuante en mampostería
fb	Esfuerzo de flexión actuante
f'y	Esfuerzo de fluencia del acero
Fs	Esfuerzo de tensión en barras de refuerzo
e'x	Excentricidad en el eje x
e'y	Excentricidad en el eje y
e'xmin	Excentricidad mínima en el eje x
e'ymin	Excentricidad mínima en el eje y
FS	Factor de seguridad
Fv	Fuerza de corte en muros
Ft	Fuerza de corte producido por torsión
F	Fuerza horizontal total actuante en muros
gpm	Galones por minuto
Io	Índice de sismicidad
aL	Lado corto de losa
bL	Lado largo
psi	libras por pulgada cuadrada
L	Longitud de elemento
Em	Módulo de elasticidad de la mampostería
Es	Módulo de elasticidad del acero

Mv	Momento de volteo
M(-)	Momento negativo actuante
Ma-	Momento negativo lado corto de losa
Mb-	Momento negativo lado largo de losa
M(+)	Momento positivo actuante
Ma+	Momento positivo lado corto de losa
Mb+	Momento positivo lado largo de losa
Masmin	Momento que resiste el acero mínimo
Mu	Momento último
Scs	Ordenada espectral ajustada del sismo extremo en el sitio de interés
S1s	Ordenada espectral ajustada del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración de 1 segundo
S1r	Ordenada espectral de periodo 1 segundo
Scd	Ordenada espectral de periodo corto
Scr	Ordenada espectral de periodo corto del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés
t	Peralte
d	Peralte efectivo
y	Peso específico
Ws	Peso total del edificio + 25 % de carga viva
D	Profundidad de cimentación
j	Relación de distancia, esfuerzo en muros
k	Relación de distancia, esfuerzo en muros
m <sub>L</sub>	Relación de distancia, esfuerzos en losas
n	Relación de módulos de elasticidad del acero (Es) y la mampostería (Em)

$f'm$	Resistencia de ruptura a la compresión de la mampostería
$f'c$	Resistencia a la compresión del concreto
Rx	Rigidez en el eje x
Ry	Rigidez en el eje y
s	Separación de refuerzo por corte
T	Tonelada
U.H.	Unidades Hunter

## GLOSARIO

<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>Área de acero</b>	Cantidad de acero determinado por la sección y límite de fluencia.
<b>Carga muerta</b>	Carga vertical aplicada sobre una estructura que incluye el peso de la misma estructura más la de los elementos permanentes.
<b>Carga viva</b>	Aquellas cargas producidas por el uso y ocupación de las edificaciones u otras estructuras, no incluye cargas de construcción y ambientales.
<b>Cimiento corrido</b>	Elemento colado en posición horizontal que tiene función estructural, ya que recibe la carga de los muros y las transmite al suelo portante.
<b>Corte basal</b>	Es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación para simular, respecto de un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructura.

<b>Escorrentía</b>	Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.
<b>Esfuerzo</b>	Intensidad de fuerza por unidad de área.
<b>Excentricidad</b>	Es la distancia del centro de masa al centro de rigideces.
<b>Fluencia</b>	Fenómeno que se presenta en un material cuando sufre grandes deformaciones al ser sometido a un esfuerzo constante antes de producirse la falla, como es el caso del acero de refuerzo.
<b>Mampostería</b>	Sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen.
<b>Momento</b>	Magnitud vectorial obtenida como producto vectorial del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza por el vector fuerza, en ese orden.
<b>Momento de flexión</b>	Momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.
<b>Peso específico</b>	Relación existente entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia.

<b>Rigidez</b>	Capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie.
<b>Solera</b>	Elemento estructural horizontal de un muro, que resiste el esfuerzo a corte.
<b>Topografía</b>	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el informe sobre el Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la municipalidad de Panajachel, departamento de Sololá, en el cual se plantean soluciones técnicas a las necesidades de la población.

Está dividido en dos fases: la primera, fase de investigación, contiene una monografía del municipio, en la que se incluye historia, ubicación, aspectos económicos, entre otros datos del lugar y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar en estudio, la segunda, fase de servicio técnico profesional, describe el diseño de dos proyectos.

El primer proyecto es el diseño de un edificio de 2 niveles que funciona como un centro de estudios y centro de rehabilitación para personas con discapacidad. El área de construcción total del edificio será de 2 106,94 m<sup>2</sup> y contará con áreas destinadas para fisioterapia, terapia ocupacional, psicología, trabajo social, asistencia médica, clínicas, biblioteca y 17 aulas para el funcionamiento de escuela de educación especial y escuela para personas con discapacidad auditiva.

El segundo proyecto es el diseño del sistema de drenaje pluvial ubicado en el barrio Jucanya Sur, el tramo de canal pluvial será de 529,83 metros lineales, se hará el estudio y diseño de este alcantarillado con el objetivo de drenar la precipitación pluvial que durante el invierno va dirigido a este sector, ya que afecta la movilidad de los habitantes de esta área y en algunos casos de precipitación intensa, problema de inundaciones en las casas de los vecinos del lugar.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir con el desarrollo social, económico y cultural, diseñando obras de infraestructura que mejoren la calidad de vida y el nivel educativo de los habitantes del municipio de Panajachel, departamento Sololá.

### **Específicos**

1. Desarrollar el proyecto del edificio de dos niveles, que consiste en el análisis y diseño estructural, elaboración de planos, presupuesto y cronograma del mismo.
2. Desarrollar el proyecto de alcantarillado pluvial que consiste en el análisis y diseño hidráulico, elaboración de planos, presupuesto y cronograma del mismo.
3. Dotar a los habitantes del municipio de Panajachel de un edificio con ambientes cómodos y funcionales, donde puedan desarrollar las diferentes actividades educativas y culturales, necesarias para mejorar las condiciones de vida de las personas y aumentar el desarrollo general del municipio.



## INTRODUCCIÓN

El municipio de Panajachel está ubicado a 145 kilómetros de la ciudad capital y a 7,4 kilómetros de la cabecera departamental, cuenta con un pueblo, una aldea y un caserío, su población es de 16 203 habitantes.

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tiene el propósito de conocer las necesidades básicas de los municipios del país para brindar el apoyo a las comunidades que no cuentan con una infraestructura adecuada, asimismo, por falta de la misma para la resolución de sus necesidades, para aplicar conocimientos generales y específicos de Ingeniería Civil.

Luego de realizar un diagnóstico en coordinación con la Dirección Municipal de Planificación y los diferentes miembros de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE) del municipio de Panajachel, se determinó que eran prioritarios los siguientes proyectos: la edificación de dos niveles para un centro de atención para personas con discapacidad y el diseño de un sistema pluvial para la calle del cementerio, barrio Jucanyá.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Panajachel, departamento de Sololá.**

Es importante comprender las características del municipio, para apreciar las cualidades del mismo. Es por ello que se describen, a través de una monografía, los aspectos importantes del municipio de Panajachel, Sololá.

### **1.1.1. Reseña histórica**

No se tienen datos verídicos de la fundación de Panajachel, sin embargo el memorial de Sololá lo menciona como uno de los pueblos de la orilla del Lago de Atitlán y que en 1579 los españoles probaron una embarcación en la punta de Panajachel. Es probable que Panajachel fuera fundado a mediados del siglo XVI, en la época en que fueron fundados los pueblos de Sololá y Santiago Atitlán (1547).

Se menciona que el templo parroquial fue construido en 1567 y en 1643 un oidor de la real audiencia, Antonio de Lara Mongrovejo, ordenó que en Panajachel se instalara un convento franciscano. En una relación de los conventos franciscanos existentes en Guatemala, escrita en 1689 por Francisco Zuaza se describe el pueblo de San Francisco Panajachel, el cual se encontraba en una ensenada a orillas de la gran laguna de Atitlán, de terreno muy fértil, donde se cultivaban hortalizas y frutas. Sus habitantes se mantenían con el comercio de legumbres y frutas. Así como la elaboración de jarcia y la captura de cangrejos y pececitos. Por esa época contaba con 800 habitantes kaqchiqueles.

El cronista Francisco Antonio de Fuentes y Guzmán, en su recordación florida (1690) menciona que Panajachel era cabecera de curato a cargo de los misioneros franciscanos, situada en la ribera del gran lago de Tecpán Atitlán. De maravilloso y fertilísimo terreno, útil a todos los granos y hortalizas, con muchas frutas. También señala que su iglesia y convento eran elegantes y muy costosos, con buenas torres, alta mayor y retablos laterales de gran valor. Por esa época, Panajachel contaba con cuatro pueblos anexos, los que estaban a cargo del convento franciscano: Concepción Paquixalá, San Andrés Semetabaj, San Antonio Palopó y Santa Catarina la Laguna.

El geógrafo Félix W. McBryde, hizo alrededor de 1950 un estudio que tituló Panajachel: pueblo de tablones, por referencia a los numerosos tablones que del delta del río eran utilizados para la producción de hortalizas y frutas, especialmente cebolla y ajo. Debido a lo cual la pesca casi había desaparecido como actividad importante.

Con la economía agrícola de Panajachel contrastaba la artesanal de la aldea de Patanatic, que en k'iche significa lugar de peñasco, habitado por personas originarias de Totonicapán, hablantes del idioma k'iche, dedicados a trabajar el cuero, haciendo caites y artesanías en madera. Estos pobladores se asentaron en el área por 1890.

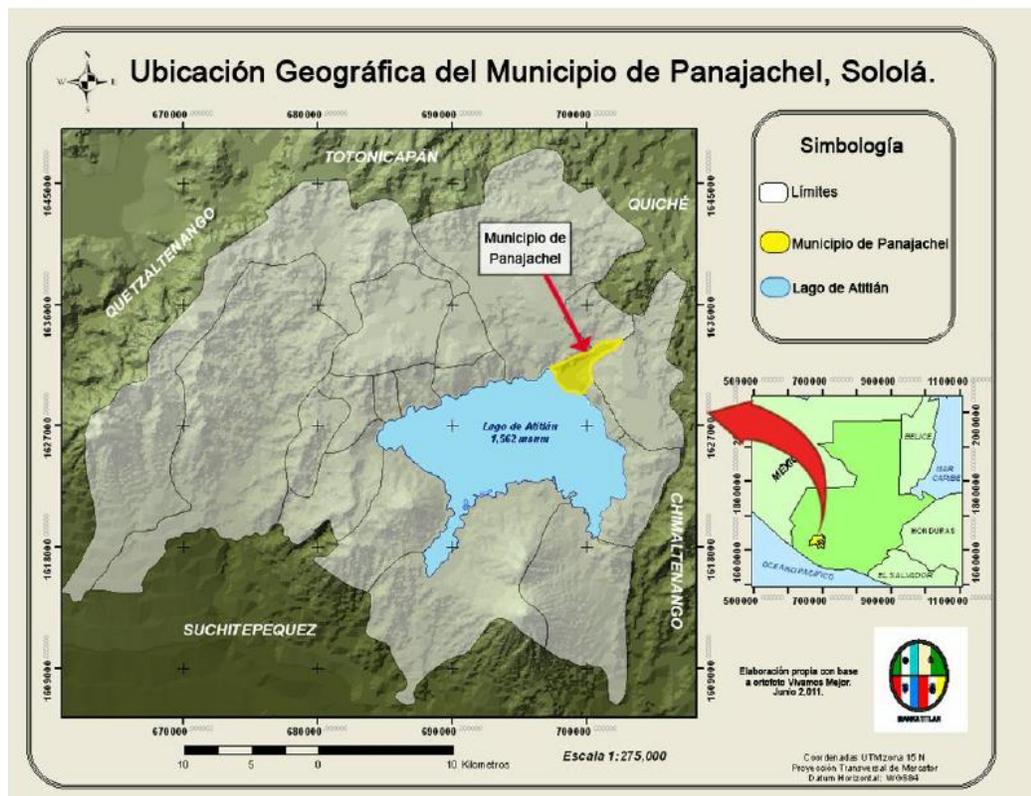
### **1.1.2. Localización geográfica**

Panajachel es uno de los 19 municipios del departamento de Sololá, ubicado en la región VI denominada suroccidente, en el altiplano central de la república de Guatemala. La cabecera del municipio se encuentra en el cuadrante noreste, del departamento, a orillas del lago de Atitlán. Las coordenadas de la cabecera municipal son: latitud 14° 44' 52", longitud 91° 09'

12”, dista de la ciudad capital a 147 kilómetros, vía carretera Interamericana CA-1, ingresando por el kilómetro 131, La Cuchilla, aldea Xajaxac del municipio de Sololá; a 116 kilómetros vía carretera Interamericana CA-1 ingresando por el Km. 69, Patzicía- Patzún, y a 200 Km, por la ruta del Pacífico, CA-11, vía Cocales.

Panajachel colinda al norte con el municipio de Concepción y Sololá al este con el municipio de San Andrés Semetabaj y Santa Catarina Palopó, al sur con el Lago de Atitlán y al oeste con Sololá, todos del departamento de Sololá.

Figura 1. Localización de municipio de Panajachel



Fuente: PDM Panajachel.

### **1.1.3. Situación demográfica**

Con base en datos del centro de salud de Panajachel del 2010 se establece que cuenta con una población total de 16 203 habitantes.

La densidad de población es de 737 habitantes por kilómetro cuadrado, una densidad por encima del promedio departamental proyectado para el 2010 que es de 399,68 hab/km<sup>2</sup> y del promedio nacional que es de 132,97 hab/km<sup>2</sup> para este mismo período.

La población de Panajachel es mayoritariamente urbana ya que el 92 % vive en esta zona y únicamente el 8 % es del área rural, lo anterior debido a la existencia de una sola comunidad rural, la aldea Patanatic.

## **1.2. Infraestructura y servicios**

El desarrollo económico y el bienestar, necesitan de los servicios básicos con una infraestructura adecuada que permita agilizar las actividades diarias y cotidianas.

### **1.2.1. Vías de acceso**

La red vial de Panajachel, específicamente de la cabecera departamental al municipio, desde 1994, se encuentra asfaltada; asimismo, hacia los municipios aledaños; Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó.

Al 2010 las carreteras mantienen su condición de asfalto, aunque con notable deterioro por lo que se encuentran en mantenimiento, dado a los derrumbes que ocasionan las lluvias los que últimamente han ocasionado

taponamiento de las rutas especialmente en los puntos denominados la catarata, en Sololá y el Cerro Lec, en San Andrés Semetabaj, los que no constituyen parte del municipio pero que inciden directamente en su movilización y desarrollo. Dentro del casco urbano las calles, avenidas y callejones en su mayoría están asfaltados, adoquinados o empedrados, igual condición presenta el área rural, ya que las vías más importantes de la aldea Patanatic se encuentran adecuadamente adoquinadas.

Panajachel también tiene la vía lacustre que es un centro de enlace importante con los otros 8 municipios que se encuentran a la orilla del Lago de Atitlán, tales como San Antonio y Santa Catarina Palopó, San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Pedro, San Juan, San Pablo y San Marcos La Laguna, todos municipios del departamento de Sololá.

### **1.2.2. Salud**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en el municipio de Panajachel, tiene 1 centro de salud en la cabecera municipal, es atendido entre personal presupuestado y por contrato de la siguiente manera: 7 médicos, 1 enfermera profesional, 9 auxiliares de enfermería, 1 inspector de saneamiento, 1 odontólogo, 2 oficinistas, 1 técnico de laboratorio, 1 piloto, 1 de intendencia, 1 bodeguero y 1 guardián. Este personal atendió para el 2010 a más de 23,000 consultas en el municipio, de las cuales el 62 % corresponde a consultas a población femenina.

También existen otras alternativas que brindan salud en el municipio, tal es el caso de una clínica móvil ubicada en el barrio Jucanyá; una de apoyo internacional ubicada en la aldea Patanatic, brinda servicios de oftalmología, ginecología, odontología, auditiva, laboratorio, entre otros. En el casco urbano,

se tienen al menos 8 clínicas privadas con diferentes servicios y especialidades, las que geográficamente están accesibles, sin embargo, los costos por los servicios son elevados, lo que hace inaccesible a un buen porcentaje de la población.

Cabe mencionarse que, por su cercanía a la cabecera departamental, se cuenta con el hospital nacional Juan de Dios Rodas, brinda servicios curativos al municipio y a todo el departamento de Sololá. Los servicios de salud que brinda el hospital son: atención médica asistencial, emergencias, servicio de ambulancia, odontología, maternidad, ginecología y pediatría; estas tres últimas son las que atienden mayor cantidad de pacientes.

En el municipio se tiene una estación y personas de bomberos voluntarios al servicio de toda la población, la cual provee apoyo, sobre todo en casos de emergencia.

### **1.2.3. Educación**

Según datos estadísticos el nivel de educación del municipio de Panajachel es en un 86,91 % de personas alfabetos y un 13,09 % de personas analfabetas. Al 2011, según memoria de labores de la supervisión de educación del municipio de Panajachel, existen 120 maestros y maestras en el sector oficial y 79 en el sector privado lo que hacen un total de 199, quienes atienden a 3 348 alumnos y alumnas en los niveles de preprimaria y primaria, lo cual significa que hay en promedio un maestro por cada 17 escolares; sin embargo, es importante destacar que los centros existentes se concentran en su mayoría en la cabecera municipal y gran parte de estos, carecen de infraestructura adecuada. Por lo que buena parte de la población escolar se movilizan a

lugares cercanos, especialmente a la cabecera municipal, para acceder a este servicio.

#### **1.2.4. Agua y saneamiento**

Según la oficina de servicios municipales, el sistema de agua domiciliar del municipio está provisto mediante 10 nacimientos o manantiales los cuales son: Pasanajar 1, Pasanajar 2, Pasot, Concepción, Panimachá, Los Méndez, Las Quebradas, Pamuch 1, Pamuch 2 y Cantares. También se cuenta con 3 sistemas mecánicos de bombeo de agua, ubicados en: Puente Amarillo, anterior Estadio de fútbol, calle los Salpores en el barrio Jucanyá; este último extrae agua directamente del lago.

La municipalidad tiene en proyecto la implementación de otros tres sistemas mecánicos de agua, teniendo perforados a la fecha los pozos siguientes: Las Delicias, Arriba del puente de hierro, calle los Cululén. Se prevé su funcionamiento a partir del presente año.

En el caso del área rural, específicamente la aldea Patanatic, cuenta con un sistema de agua domiciliar por gravedad, sin tratamiento, proveniente de dos manantiales ubicados en Chuitinamit y Finca Santa Victoria. El sistema fue construido hace algunos años, cuyo caudal aún satisface la demanda de los usuarios. La distribución se realiza por medio de tubos de PVC hacia cada vivienda.

Con referencia al acceso de drenajes dentro del municipio, con base en el censo socioeconómico y de servicios públicos aplicado en el 2010 de una cantidad de 3 078 viviendas, se halló que 1 045 o sea el 34 % tienen acceso a la red municipal de drenaje, mientras tanto 34 viviendas (1 %) indica que sus aguas negras se escurren sin la adecuada canalización, otro 17 % indica contar

con Fosa Séptica y 1 % con pozos, aunque del 47 % de las viviendas no se contó con información precisa.

Comparativamente se tiene que del 2003 al 2010 existió una disminución de viviendas que acceden al servicio municipal de drenaje ya se menciona que en dicho año, el acceso era de 1 272, mientras que al final los datos que se tienen del censo es de apenas 1 045 viviendas, situación que podría estar ligado al deterioro por las inundaciones y pérdidas causadas por los efectos de las tormentas afrontadas en los últimos años, ya que durante la tormenta Stan la planta de tratamiento se destruyó, lo que ocasionó que las aguas servidas desfogaran directamente al lago de Atitlán.

En el área rural, en la aldea Patanatic y el caserío San Luis no cuentan con servicios de drenaje.

#### **1.2.5. Servicio públicos**

Panajachel cuenta con un mercado municipal, reinaugurado el mes de junio del 2007, compuesto por una infraestructura formal con 77 locales comerciales de un área promedio de 4,5 metros cuadrados cada uno. Además, se tienen los denominados piso plaza, en donde se han categorizado de la siguiente forma: piso A: cuenta con 92 espacios disponibles, en donde se comercializan alimentos y verduras, piso B, para todo tipo de misceláneos como venta de ropa, zapaterías, discos, entre otros. Este cuenta con 103, piso C, es el área de verduras y frutas, ubicadas al frente del mercado, con 50 espacios, piso D, el que constituye el área de marranería. Acá se dispone de un solo espacio, piso entrada principal con 7 espacios habilitados, en donde se tienen ventas varias. En el casco urbano existe un salón de usos múltiples ubicado en el parque central a un costado de la municipalidad, asimismo cuenta con un

gimnasio municipal que también es utilizado para actividades sociales. En el área rural, específicamente en la aldea Patanatic, existe un salón comunal de uso de la comunidad.

El municipio de Panajachel cuenta con un cementerio público que tiene un muro perimetral con su respectivo portón de seguridad y un vigilante, ubicado en el barrio Jucanyá de la misma cabecera.

### **1.3. Características socioeconómicas**

Estas características se refieren al carácter social y económico en general del municipio en estudio. Las más importantes y que fueron investigadas con mayor profundidad son las mencionadas en los siguientes numerales.

#### **1.3.1. Actividad económica**

En el municipio de Panajachel existe una mejor diversidad de actividades económicas a las que la población se dedica, en comparación con otros municipios vecinos, en vista de la fuerte actividad turística y las oportunidades de desarrollo técnico y profesional, por poseer una ubicación estratégica dentro del departamento de Sololá. En el siguiente cuadro se pueden observar las diferentes actividades a las que se dedica la población.

Tabla I. **Actividades económicas que se desarrollan en el municipio**

No.	Económica	Número de empleados	%
1	Administración pública	118	2,9
2	Profesionales, científicos e intelectuales	130	3,2
3	Técnicos y profesionales de nivel medio	257	6,4
4	Empleados de oficina	168	4,2
5	Trabajadores de los servicios básicos, vendedores comercios	785	19,4
6	Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	140	3,5
7	Operarios y artesanos de artes mecánicas y otros oficios	883	21,9
8	Operadores de instalaciones y máquinas y montadores	155	3,8
9	Trabajadores no clasificados	1 405	34,8

Fuente: PDM Panajachel.

Según la oficina municipal de servicios, a junio del 2011, en Panajachel existen un total de 813 negocios de distinta naturaleza, como tiendas, ferreterías, farmacias, entre otros. En el caso de las abarroterías y tiendas por separado, estas suman 168.

El comercio formal e informal es otra de las actividades productivas importantes en Panajachel, es en cierta medida una actividad que se ve fuertemente favorecida por el sector turístico.

La artesanía ha sido también una importante actividad económica que genera una gran cantidad de empleo y mano de obra; sin embargo, la competencia global, la falta de apoyo técnico financiero y el poco desarrollo de estrategias de comercialización ha incidido fuertemente en el crecimiento de

este sector en la economía local y también es fuertemente favorecida por la presencia del turismo.

En el caso de Panajachel la actividad económica se enfoca al sector turismo, sin embargo, la presencia de una creciente industria hotelera y comercio en el municipio.

Panajachel es un municipio que está posicionado como un destino turístico de primer orden, sector que genera fuentes de empleo no sólo para el municipio sino para centros poblados alrededor del mismo. La industria turística ha generado una serie de condiciones que le permite a Panajachel competir con otros destinos turísticos a todo nivel, pero la demanda turística también ha generado que el establecimiento de comercios y servicios turísticos surjan de forma acelerada, con poco control de calidad, desordenada y como consecuencia, se carece de una imagen urbana que haga del municipio un espacio ordenado y atractivo para propios y extraños.

En el tema turístico se ha identificado que existen diversas empresas dedicadas a este negocio, entre los servicios y empresas que se han identificado se encuentran los alojamientos, como hoteles, hospedajes, bungalos, apartamentos; los centros de alimentación como restaurantes y comedores; los centros de artesanía formal, los centros culturales, como museos y galerías de arte, agencias de viaje y transporte turístico y bares y discotecas.

Según el Instituto Guatemalteco de Turismo -INGUAT-, el municipio de Panajachel existen 19 hoteles, 12 hospedajes, 2 posadas, 3 locales con servicio de bungalos, 2 lugares con apartamentos, 7 pensiones, 50 restaurantes, 5 agencias bancarias y varios cajeros automáticos.

### **1.3.2. Organización de la comunidad**

La forma de participación y organización del municipio es diversa y dinámica, la cual ha sabido adaptarse a las formas que la actualidad requiere, constituyendo instancias con base en la dinámica social y la legislación imperante, tales como cooperativas, asociaciones, comités, el COCODE, entre otras. Pero también ha mantenido expresiones que son propias como el caso de los consejos de ancianos y ancianas, agrupación de principales, Ajq'ijab o guías espirituales, eyoma' o comadronas y de la autoridad indígena, representada por el alcalde indígena, a nivel municipal y quienes en conjunto constituyen un referente de gobierno indígena con identidad, autonomía y libre ejercicio del derecho indígena y del sistema jurídico maya.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del edificio de dos niveles para el centro de atención para personas con discapacidad.**

El diseño del edificio escolar se hará con el sistema tipo cajón de mampostería reforzada confinada, basado en las normas de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un edificio para educación y rehabilitación de las personas que padecen algún tipo de discapacidad, en el que se trabajarán dos áreas integradas, una de ellas será la escuela para personas con discapacidad con dirección de FUNDABIEM y otra área para personas con discapacidad auditiva, que contará con aulas que satisfagan las necesidades de los niños y niñas que a ella asistan y donde puedan desarrollarse plenamente para un mejor aprendizaje, cubriendo las necesidades mínimas de cada alumno y paciente, para brindar una debida rehabilitación individual y grupal en cada área. El proyecto contará con áreas administrativas y áreas educativas.

##### **2.1.1.1. Estudio topográfico**

Un estudio topográfico se realiza con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre.

Se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio.

#### **2.1.1.1.1. Planimetría**

Es la parte de la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana. Lo que hace la planimetría es prescindir del relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal.

#### **2.1.1.1.2. Altimetría**

Es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno.

#### **2.1.1.2. Estudio de suelos**

Dentro de las actividades básicas del diseño de cualquier edificación se encuentra el estudio de suelos, el cual tiene como principal objetivo describir sus características físicas y mecánicas, y a través de estos datos diseñarlas cimentaciones adecuadas para las edificaciones dándole seguridad al diseño y tener la certeza que la edificación que se construirá brindara seguridad a las personas que la utilizaran.

### 2.1.1.2.1. Ensayo triaxial

Se tomó una muestra inalterada del lugar donde se realizará el proyecto, a una profundidad de 1,50 metros, para determinar el valor soporte del suelo se efectuó el ensayo de compresión triaxial en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)/USAC.

El método que se aplicó para el cálculo del valor soporte, fue el del Dr. Karl Terzagui.

#### Datos obtenidos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, (anexo)

Tipo de ensayo	No consolidado y no drenado	
Descripción del suelo	Arena limosa color café grisáceo con presencia de grava	
Dimensión y tipo de la probeta	2,5" x 5,0"	
Ø (ángulo de fricción interna)	33,22°	
c' (cohesión)	2,86T/m <sup>2</sup>	

#### Datos para hallar el valor soporte

Base	0,50	m
Peso específico $\gamma$	1,73	T/ m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción interna	33,22	Grados
cohesión	2,86	T/ m <sup>2</sup>
Profundidad de cimentación (D)	1,50	m
Factor de seguridad (FS)	3	
Factor de seguridad falla por corte (FScorte)	1,5	
Ver hoja de resultados en anexos		

Se utiliza un factor de seguridad con respecto a la falla por corte, el valor de este factor debe de estar comprendido entre 1,4 a 1,6, según Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.

$$c' = \frac{c}{F_{Scorte}} = \frac{2,86 \text{ T/m}^2}{1,5} = 1,91 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$\phi' = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \phi}{F_{Scorte}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{\tan(33,22^\circ)}{1,5} \right) = 23,58^\circ$$

Para determinar los factores de carga ( $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ ) se utiliza el ángulo de fricción interna efectivo del suelo y la tabla 3,1 de libro de Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones.

$$N_c = 21,75$$

$$N_q = 10,23$$

$$N_\gamma = 6,00$$

Ecuación general de la capacidad de carga para cimentaciones corridas

$$q_u = c' * N_c + \gamma * D * N_q + 0,5 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

$q_u$  Capacidad de carga última

$N_c, N_q, N_\gamma$  Factores de carga

$D$  Profundidad de cimentación

$B$  Ancho de cimiento corrido

$\gamma$  Peso específico del suelo

$$q_u = (1,91) (21,75) + (1,73 * 1,50) (10,23) + 0,5(1,73) (0,50) (6,00)$$

$$q_u = 70,68 \text{ T/m}^2$$

Para obtener la capacidad de carga admisible del suelo ( $q_{(adm)}$ ) el valor  $q_u$  debe dividirse entre un factor de seguridad (FS), el cual debe ser como mínimo 3 en todos los casos.

$$q_{(adm)} = \left( \frac{q_u}{FS} \right) = \left( \frac{70,68}{3} \right) = 23,56 T/m^2$$

Al comparar la  $q_{adm}$  en la tabla II, se puede ver que el valor calculado con los datos de laboratorio está dentro del rango permisible del valor soporte para un suelo de tipo arena limosa, como el que se presenta en éste proyecto.

Tabla II. **Valor soportes típicos según tipo de suelo**

Material del suelo	T/m	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelo graviloso	90	compactados, buena granulometría
Suelo arenoso	32-64	densos
Arena fina	22-43	densa
Suelos arcillosos	53	duros
Suelos arcillosos	22	solidez mediana
Suelos limosos	32	densos
Suelos limosos	16	densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193.

### **2.1.1.3. Diseño arquitectónico**

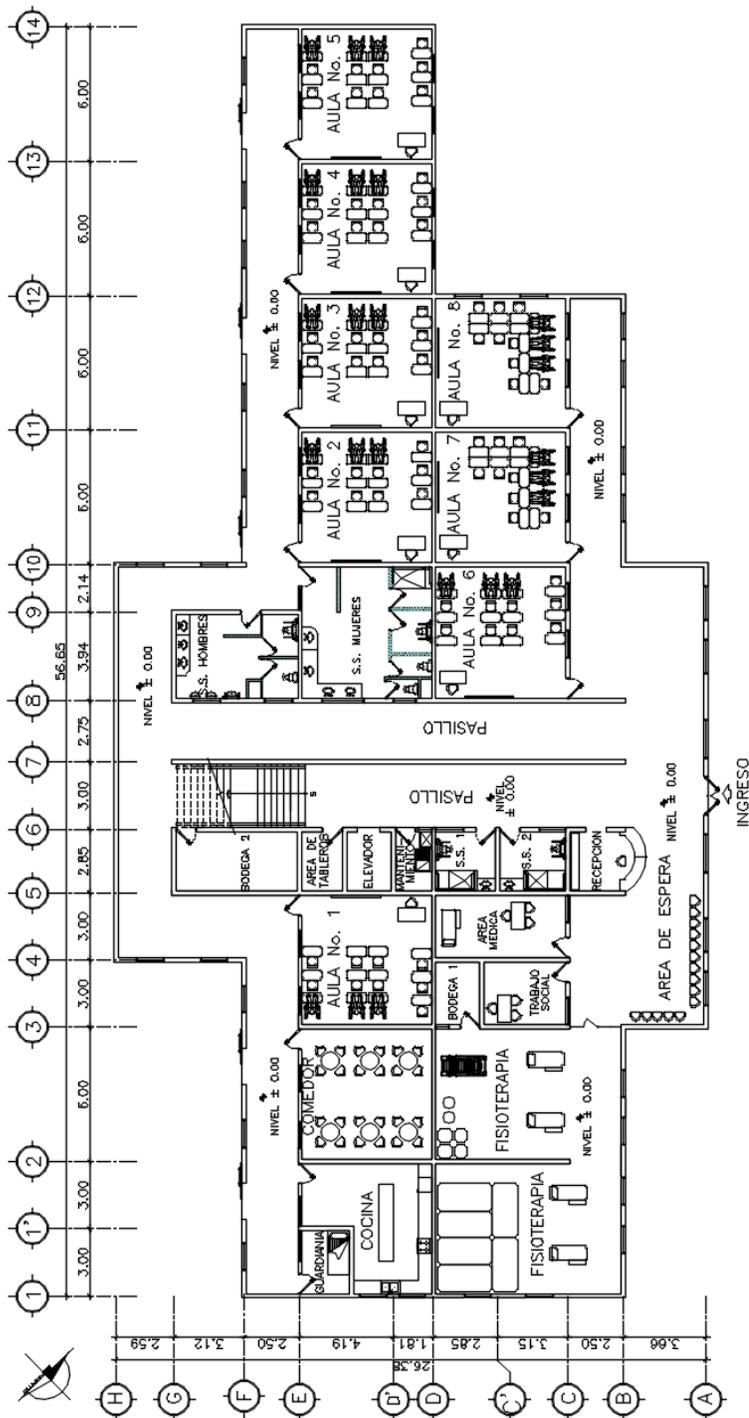
El diseño arquitectónico de cualquier edificación se realiza primordialmente basándose en la naturaleza de la misma, es decir, dependiendo de la función que tenga que cumplir y las necesidades que deba cubrir. En el diseño también influyen otros factores como: el costo, el espacio disponible, el entorno, leyes, reglamentos y códigos de diseño y construcción, entre otros.

Entre las limitantes más comunes de los reglamentos y códigos de diseño y construcción se tiene: áreas máximas de construcción, alturas máximas, áreas mínimas de iluminación y ventilación, áreas verdes, entre otras. Todos estos factores son considerados durante el proceso de diseño; pero siempre la tipología arquitectónica se elegirá basándose en el criterio del diseñador o propietario.

El edificio posee salones de clases, áreas administrativas, para fisioterapias, de comedor, cocina, servicios sanitarios, gradas y pasillos.

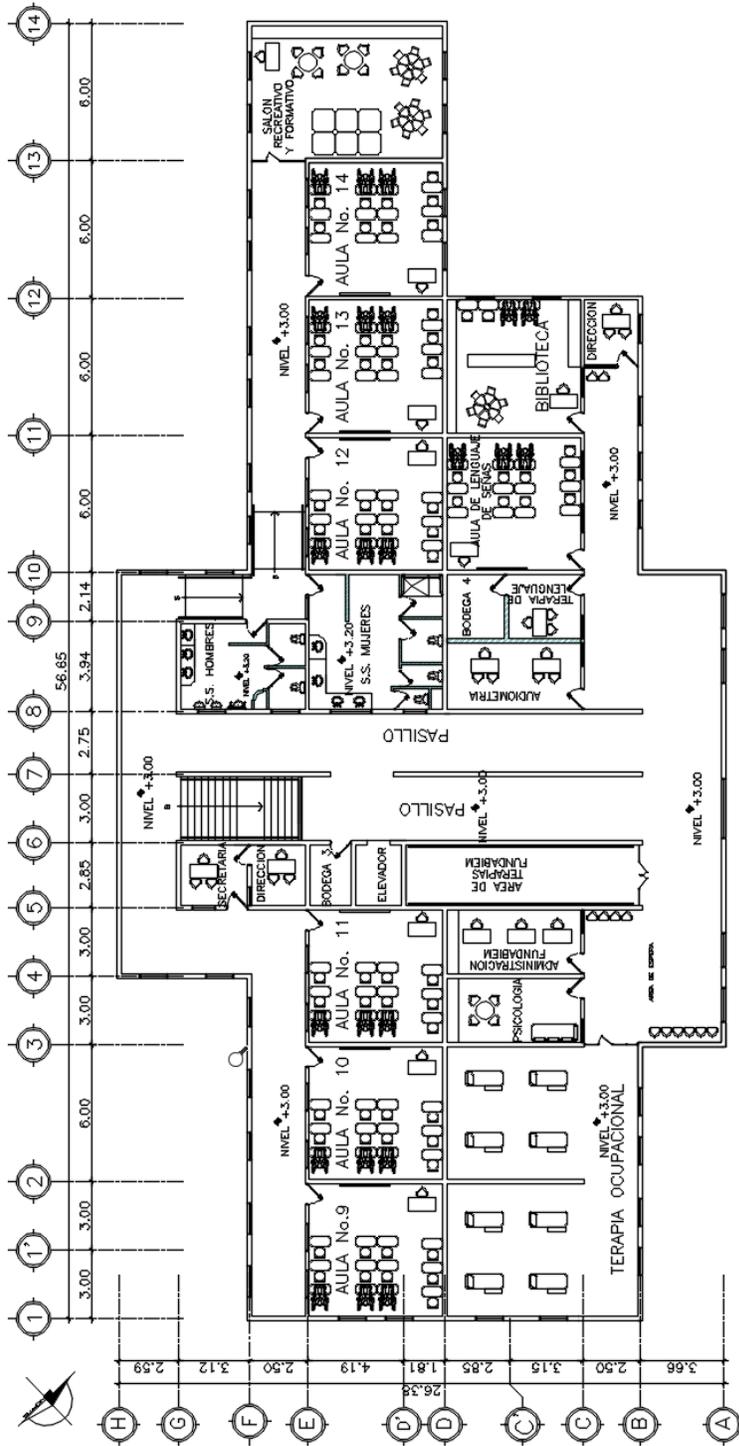
Las dimensiones de los ambientes en forma general es la siguiente: el edificio consta de dos niveles de altura; posee las siguientes dimensiones: cada salón de clase es de 6,00 m x 6,00 m, el pasillo es de 2,50 m de ancho, los ambientes están distribuidos de la siguiente manera:

Figura 2. Planta amueblada de primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando Auto CAD 2016.

Figura 3. Planta amueblada de segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando Auto CAD 2016.

## **2.1.2. Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica**

### Clasificación de las obras según AGIES

Las obras se clasifican en categorías ocupacionales para los requisitos de diseño por sismo, viento e inundaciones. Toda obra nueva o existente se clasifica en una de las categorías ocupacionales, según el impacto socioeconómico que implique la falla o cesación de funciones de la obra. El propietario podrá requerir al diseñador que clasifique su obra en una categoría más alta que la especificada.

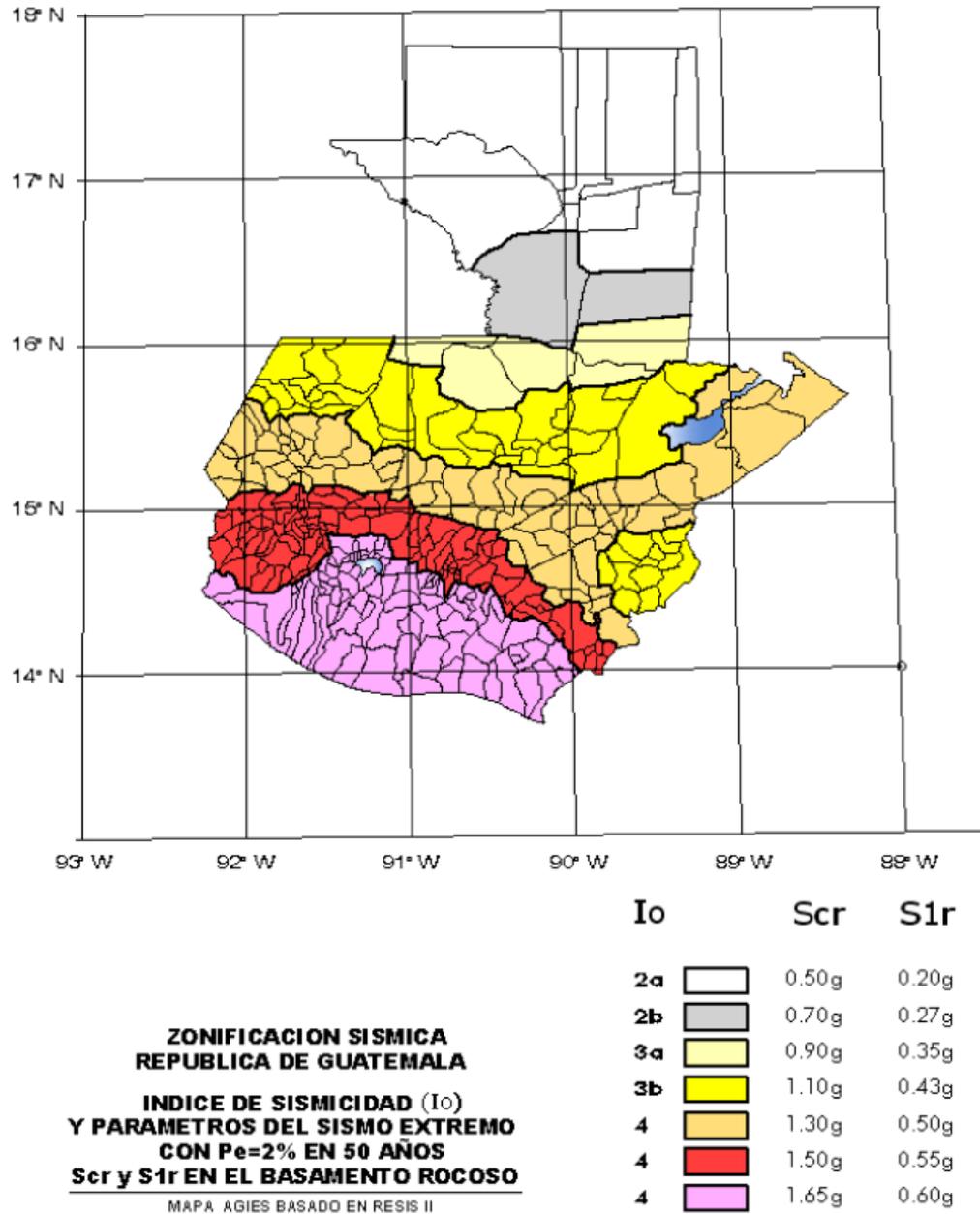
- Obras utilitarias: son las obras que albergan personas de manera incidental, y que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o no son habitables; obras auxiliares de infraestructura.
- Obras ordinarias: son las obras que no están en las categorías de obras utilitarias, obras importantes u obras esenciales.
- Obras importantes: son las que albergan o pueden afectar a más de 300 personas; aquellas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse; las que se prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos o equipo de alto costo.
- Obras esenciales: son las que deben permanecer esencialmente operativas durante y después de un desastre o evento.

- Índice de sismicidad del sitio:

El índice de sismicidad ( $I_0$ ) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación e incide en la selección del espectro sísmico de diseño. Para efecto de esta norma, el territorio de la República de Guatemala se divide en macro zonas de amenaza sísmica caracterizadas por su índice de sismicidad que varía desde  $I_0 = 2$  a  $I_0 = 4$ . Adicionalmente, esta norma requiere la aplicación de un índice de sismicidad  $I_0 = 5$  a nivel de micro zona para tomar en cuenta condiciones sísmicas severas geográficamente localizadas (fallas geológicas activas o laderas empinadas).

Las macro zonas sísmicas se muestran gráficamente en la figura 4 que es el mapa de zonificación sísmica de la república.

Figura 4. Zonificación sísmica de la República de Guatemala



Fuente: Normas AGIES NSE 2-10. p. 14.

- Nivel de protección sísmica

El nivel de protección sísmica, necesario para alcanzar los objetivos de estas normas se establecerá en la tabla II, este nivel de protección sísmica está en función del índice de sismicidad  $I_0$  y la clasificación de obra.

Puede acatarse cualquier requerimiento que corresponda a un nivel de protección más alto que el nivel mínimo especificado en la tabla II.

Tabla III. **Nivel mínimo de protección sísmica**

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
$I_0 = 5$	E	E	D	C
$I_0 = 4$	E	D	D	C
$I_0 = 3$	D	C	C	B
$I_0 = 2$	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años	No aplica

A, B, C, D y E son niveles de protección de la obra

Fuente: Normas AGIES NSE 2-10. p. 11.

- Sistemas estructurales

La estructura de una edificación se clasificará conforme a lo especificado en esta sección. Cada estructura o cada parte significativa de la misma se clasificarán, en cada dirección de análisis independientemente, en una de cinco posibles familias E1 a E5.

Las edificaciones y otras obras consideradas en las Normas NSE 3.1, NSE 3.2, NSE 4, NSE 5 o NSE 6, no necesariamente clasificarán conforme a los sistemas descritos en esta sección. Sus atributos sismorresistentes estarán definidos y detallados en las normas respectivas.

El sistema estructural a utilizar en el proyecto será el sistema de cajón (E2), el cual se desarrollará más adelante, los distintos tipos de sistemas estructurales se detallan en la tabla IV, estos no se desarrollarán en este documento, ya que no se utilizaron en el cálculo.

Tabla IV. **Clasificación por tipo de estructura**

<b>C</b>	<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>
<p>E1</p> <p>E1-A</p> <p>E1-B</p> <p>E1-C</p>	<p>SISTEMA DE MARCOS</p> <p>Marcos tipo A De concreto reforzado De acero estructural</p> <p>Marcos tipo B De concreto reforzado De acero estructural</p> <p>Marcos tipo C De concreto reforzado De acero estructural</p>
<p>E2</p>	<p>SISTEMA DE CAJON</p> <p>Con muros estructurales De concreto reforzado A De concreto reforzado B De concreto reforzado BD De mampostería reforzada A Paneles de concreto prefabricado Con paneles de madera</p>
<p>E3</p>	<p>SISTEMA GENERAL</p> <p>Con muros estructurales De concreto reforzado A De concreto reforzado B De mampostería reforzada A Paneles de concreto prefabricado</p> <p>Marcos de acero arriostrado Tipo A con riostras excéntricas Tipo A con riostras concéntricas Tipo B con riostras concéntricas</p>

Continuación de la tabla IV.

<b>C</b>	<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>
E4	<p>SISTEMA DUAL</p> <p>Marcos de concreto reforzado A            Con muros estructurales            De concreto reforzado A            De mampostería reforzada A</p> <p>Marcos de acero tipo A            con riostras excéntricas            con riostras concéntricas especiales</p>
E5	<p>COLUMNAS VOLADIZAS O            PENDULO            INVERTIDO</p> <p>De concreto reforzado confinado</p> <p>De estructura de acero con detalles            sísmicos</p> <p>De estructura de madera</p>
E6	<p>OTRO TIPO</p> <p>Clasificar como E5 o bien consultar            exclusiones en NSE 3.1 NSE 4            NSE 5 NSE 6</p>

Fuente: Normas AGIES NSE 3-10. p. 12.

- Diafragma de la estructura

El análisis estructural tomará en cuenta la rigidez de los diafragmas para generar un esquema realista de distribución de fuerzas horizontales a las estructuras con rigidez lateral.

- Diafragmas infinitamente rígidos

Esta suposición podrá hacerse solamente si los pisos son losas de concreto de más de 90 mm de espesor o losetas de concreto reforzado de más de 75 mm de espesor fundidas sobre lámina de metal o sobre prefabricados. La proporción del lado largo al lado corto del diafragma debe ser menor que 3.

- Diafragma sin rigidez

Los diafragmas se considerarán sin rigidez (e incapaces de transmitir fuerzas en su plano) si su distorsión en el plano del diafragma es igual o mayor a la deriva promedio de las estructuras sismorresistentes verticales, cuando el diafragma está sujeto a los cortantes que debería transferir. Se permitirá suponer que los enlaminados sin loseta y las cubiertas de madera son flexibles. Si se desea que estas cubiertas actúen como diafragma deberá demostrarse con cálculos.

- Configuraciones estructurales regulares e irregulares

Las estructuras serán irregulares en planta y elevación si tienen una o más de las características enumeradas en la tabla V y VI, en cuyo caso deberán cumplir con las disposiciones especiales de la sección 1.8.3 de la norma NSE 3-10 señaladas en la misma tabla.

Tabla V. **Características irregulares en planta**

Tipo de irregularidad	Descripción	Nivel de Protección al que aplica	Sección de referencia
H1-A	Giro mayor de diafragma: en la dirección de la carga lateral, la deriva en un extremo es mayor que 1,5 veces la deriva en el otro extremo	D,E	1.8.3.4 ● 1.10.5
		C,D,E	1.8.3.5 ● 1.10.5
		B,C,D,E	1.10.5
H1-B	Giro extremo del diafragma: en la dirección de la carga lateral, la deriva en un extremo es mayor que 2,3 veces la deriva en el otro extremo	E	1.8.3.1 ◆
		D,E	1.8.3.4 ● 1.10.5
		C,D	1.8.3.5 ● 1.10.5
		B,C,D	1.10.5
H2	Esquina entrante: al menos una esquina del diafragma esta recortada más de 25 % en la dirección del análisis	D,E	1.8.3.4 ● 1.10.5
H3	Diafragma discontinuo: el diafragma tiene menos del 50 % del área del rectángulo que circunscribe al piso o si cambia la rigidez en más de 50 % al piso siguiente	D,E	1.8.3.4 ● 1.10.5
H4	Desfase lateral: un muro o marco o columna se interrumpe y se reanuda total o parcialmente hacia un lado	D,E	1.8.3.4 ● 1.10.5
		B,C,D,E	1.8.3.3 Ωr
		B,C,D,E	1.10.5
H5	Sistema no-paralelo: cuando hay uno o más marcos o muros que no son paralelos a los ejes principales de la estructura	D,E	1.10.5
		B,C,D,E	1.8.3.6
		B,C,D,E	4.2.4
1) La tabla no aplica a estructuras sin diafragma o con diafragma sin rigidez			
◆ Irregularidad prohibida en el nivel de protección indicado			
● Precaución especial para el nivel de protección indicado			
Ωr Irregularidad requiere aplicar Ωr para resolverla			

Fuente: Normas AGIES NSE 3-10. p. 16.

Tabla VI. **Características irregulares en elevación**

Tipo de irregularidad	Descripción	Nivel de Protección al que aplica	Sección de referencia
V1A	Piso suave rigidez lateral de un piso es menos que 70 % de la rigidez del piso de encima o menos que el 80 % de la rigidez promedio de los 3 pisos encima (nota 1)	D,E	1.10.5
V1B	Piso suave rigidez lateral de un piso es menos que 60 % de la rigidez del piso de encima o menos que el 70 % de la rigidez promedio de los 3 pisos por encima (nota 1)	E	1.10.5
		D	1.8.3.1♦
V2	Masa irregular verticalmente el peso sísmico horizontal de la mitad o más de los marcos se reduce en más de 75	D,E	1.10.3 1.10.5
V3	Geometría vertical escalonada la dimensión horizontal de la mitad o más de los marcos se reduce en más de 75	D,E	1.10.5
V4	Discontinuidad en plano vertical uno de los sistemas sismo-resistente verticales sufre un desfase o reducción en capacidad o rigidez lateral	B,C,D,E	1.8.3.3 Ω
		D,E	1.8.3.4● 1.10.5
V5-A	Piso débil la resistencia del piso es 80 % o menos que la resistencia del piso superior (nota 2)	D	1.10.5
		E	1.8.3.1♦
V5-B	Piso débil la resistencia del piso es 65 % o menos que la resistencia del piso superior (nota 2)	D,E	1.8.3.1♦
		B,C	1.8.3.2Ωr 1.10.5
1) para verificar esta condición se puede hacer un análisis estático equivalente de ensayo comparar las derivas unitarias en los pisos (para este chequeo no importa valor absoluto de las derivas) la rigidez lateral es directamente proporcional a las derivas unitarias elásticas (derivadas ver sección 4.3).			
2) para verificar esta condición en forma preliminar rápida se puede sumar en la dirección de interés las secciones de todos los elementos capaces de recolectar carga lateral y comparar los totales en los pisos verificados en cada caso necesario se podrá detallar más el chequeo tomando en cuenta los refuerzos de cortante			
♦ Irregularidad prohibida para el nivel de protección indicado			
● Precaución especial para el nivel de protección indicado			
Ωr Irregularidad requiere aplicar Ωr para resolverla			

Fuente: Normas AGIES NSE 3-10. p. 17.

### **2.1.3. Sistema a utilizar**

El sistema estructural a utilizar será el que se denomina muros confinados, esto se refiere a los muros de mampostería que tienen el refuerzo vertical y horizontal concentrado en elementos de concreto.

#### **2.1.3.1. Descripción del sistema estructural a utilizar**

Es un sistema formado por losas actuando como diafragmas en el plano horizontal, sostenidas por muros estructurales. Los muros soportarán todas las solicitaciones horizontales y la parte de las solicitaciones verticales que les correspondan por área tributaria.

#### **2.1.3.2. Ventajas estructurales de la mampostería reforzada**

- Bajo costo de construcción, disminución de desperdicios de material de muros y acabados en virtud de la modulación del sistema
- Alta velocidad de construcción, se evita la colocación de obra falsa en virtud de que el refuerzo va colocado en la unidad de mampostería, permite utilizar entrepisos total o parcialmente prefabricados
- Se pueden aprovechar las perforaciones para instalación de ductos y cableado.
- Por las características físicas de las unidades brindan propiedades acústicas y térmicas.

### **2.1.3.3. Elementos del sistema de mampostería reforzada**

Las unidades prefabricadas usadas para el levantado de los muros de mampostería reforzada deberán ser ladrillos de barro cocido o bloques de concreto, los elementos que conforman el sistema de mampostería son:

#### **2.1.3.3.1. Lechada**

También conocido como Grout, es una mezcla de cemento, arena, grava fina y la cantidad de agua necesaria para proporcionar una consistencia fluida que permita su colocación dentro de las celdas de los bloques de concreto donde va ubicado el acero para los muros con refuerzo uniformemente distribuido (muros pineados); para contribuir a la resistencia a compresión del muro que se está construyendo.

#### **2.1.3.3.2. Mampostería**

Las unidades prefabricadas usadas para el levantado de los muros de mampostería reforzada deberán ser ladrillos de barro cocido o bloques de concreto.

- Ladrillos de barro cocido

Este tipo de unidades deberá cumplir con la Norma COGUANOR NGO 41 022 en lo referente a calidad, dimensiones, absorción y clasificación por resistencia. Según la relación área neta / área gruesa medida sobre planos perpendiculares a la superficie de carga, las unidades se clasifican en ladrillo macizo o tayuyo y ladrillo perforado o tubular. La relación área neta / área gruesa para las unidades de ladrillo macizo deberá ser igual o mayor que 0,75 y para las unidades de ladrillo perforado esta relación será menor que 0,75.

- Bloques de concreto

Este tipo de unidades que generalmente posee un alto porcentaje de vacíos deberá cumplir con la Norma COGUANOR NGO 41 054 en lo referente a calidad, dimensiones, absorciones y clasificación por resistencia.

Es un elemento simple, hecho de concreto, en forma de prisma, con uno o más huecos transversales en su interior, de manera que:

- El área neta del elemento sea de un 50 a un 75 % del área bruta del elemento.
- Cuando es usado en un muro, forma cavidades internas con un área total en el plano horizontal, de más del 25 % pero no más del 50 % del área de la sección transversal horizontal del muro.

Tabla VII. **Medidas principales de los bloques huecos de concreto**

USO	Medidas principales nominales o modulares (centímetros)			Medidas principales reales (centímetros)		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Bloque de muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: Norma COGUANOR NTG 410540. p. 6.

### 2.1.3.3.3. Mortero

Los morteros usados para mampostería deberán ser una mezcla plástica de materiales cementantes y arena bien graduada. Dicha mezcla se utilizará para unir las unidades prefabricadas en la conformación de un elemento estructural. La dosificación de la mezcla deberá proveer las condiciones que permitan su trabajabilidad, capacidad para retención de agua, durabilidad y deberá contribuir a la resistencia a compresión del elemento estructural, por medio de la pega entre las unidades prefabricadas para levantado. El tamaño nominal máximo de las partículas en la mezcla será de 2,5 mm.

#### **2.1.3.3.4. Amarres**

Se denominan amarres al conjunto de refuerzos verticales y horizontales concentrado en muros de mampostería, conocidas como columnas y soleras respectivamente, estos amarres aseguran las unidades y resisten los esfuerzos a los que serán sometidos los muros, previniendo pandeo o separación de las unidades.

#### **2.1.3.3.5. Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo que se emplee en el refuerzo vertical (mochetas), soleras o barras colocadas en el interior del muro deberá consistir en barras corrugadas que cumplan con la Norma ASTM A703 o ASTM A615, o su equivalente COGUANOR NGO 36 011. Se admitirá el uso de barras lisas únicamente en algunos estribos y dispositivos de amarre.

#### **2.1.4. Tipo de cargas que afectan la estructura**

En todo tipo de estructura corresponde estudiar los dos tipos que, desde el punto de vista temporal, accionan sobre las estructuras: carga viva y muerta.

##### **2.1.4.1. Cargas gravitacionales**

Son cargas permanentes y se dan por el conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la estructura, muros divisorios, pisos, contrapisos, revestimientos, fachadas, entre otros, además de la carga viva.

#### **2.1.4.1.1. Carga viva**

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. Según AGIES NSE 2-10 se usará para el diseño una carga de 200 kilogramos por metro cuadrado para aulas, 500 kilogramos por metro cuadrado para los pasillos y 250 kilogramos por metro cuadrado para áreas médicas.

#### **2.1.4.1.2. Carga muerta**

Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos, equipo permanente rígidamente anclado.

#### **2.1.5. Diseño de losas**

Las losas serán diseñadas utilizando el método 3, establecido por el código ACI; dicho método, toma en cuenta la forma de trabajo de cada losa, los factores para el cálculo de momentos y el balanceo de los mismos.

Carga viva y carga muerta a utilizar en diseño de losas

Carga viva

Carga viva azoteas sin acceso	100 Kg/m <sup>2</sup>
Carga viva centros educativos (aulas)	200 Kg/m <sup>2</sup>
Carga viva área de servicio clínico	250 Kg/m <sup>2</sup>
Carga viva pasillos y escaleras	500 Kg/m <sup>2</sup>

Los valores de cargas viva se obtuvieron de la norma AGIES NSE 2-10 Tabla 3-10 páginas 6 y 7.

Carga muerta	
Losa	2 400 Kg/m <sup>3</sup>
Pañuelos	1 400 Kg/m <sup>3</sup>
Acabados (parte inferior de losa)	25 Kg/m <sup>2</sup>
Relleno	1 400 Kg/m <sup>3</sup>
Piso	50 Kg/m <sup>2</sup>
Instalaciones (electricidad)	5 Kg/m <sup>2</sup>

- Predimensionamiento de losas

El criterio para predimensionar el espesor de una losa depende de la forma de trabajo que tendrá la misma, es decir si será diseñada para trabajar en un sentido o en dos sentidos; esto se puede determinar utilizando la siguiente relación:

$$m_L = a_L / b_L$$

Donde:

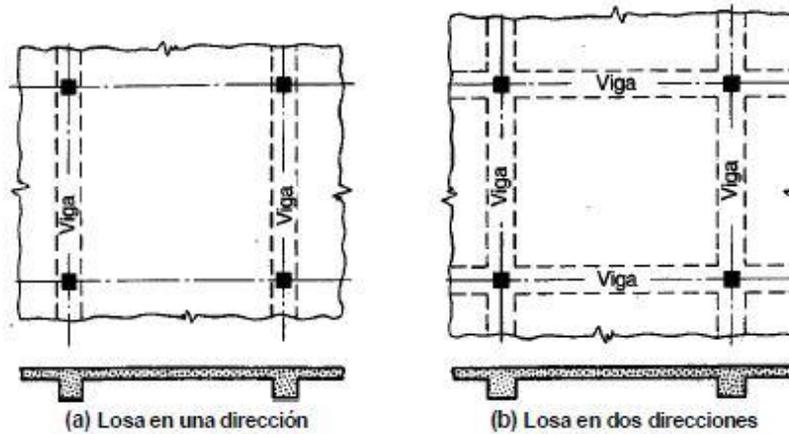
$a_L$  = lado corto de la losa.

$b_L$  = lado largo de la losa.

$m_L = a_L / b_L < 0,5$  trabaja en un sentido

$m_L = a_L / b_L > 0,5$  trabaja en dos sentidos

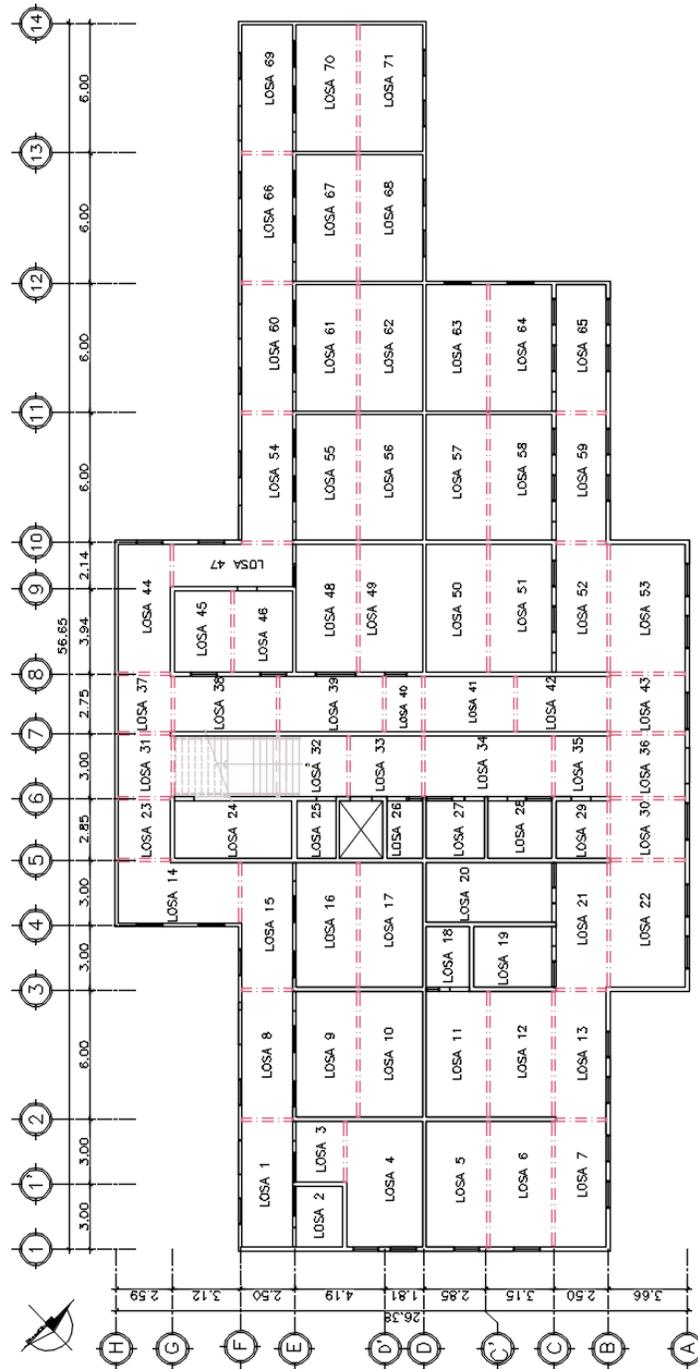
Figura 5. Tipos de losas



Fuente: NILSON, Arthur, *Diseño de estructuras de concreto*. p. 366.

Para losas en dos sentidos se utilizará  $t = ((A+B) * 2) / 180$ , para losas en una dirección se utilizará  $t = L/24$  si tiene un extremo continuo y  $t = L/28$  si tiene dos extremos continuos. Las figuras 6 y 7 y las tablas VIII y IX muestran la clasificación, dimensiones, peralte y la forma de trabajo que tendrán cada una de las losas del entrepiso y techo, respectivamente.

Figura 6. Numeración de losas de entpiso



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla VIII. **Dimensión y clasificación de las losas de entripiso**

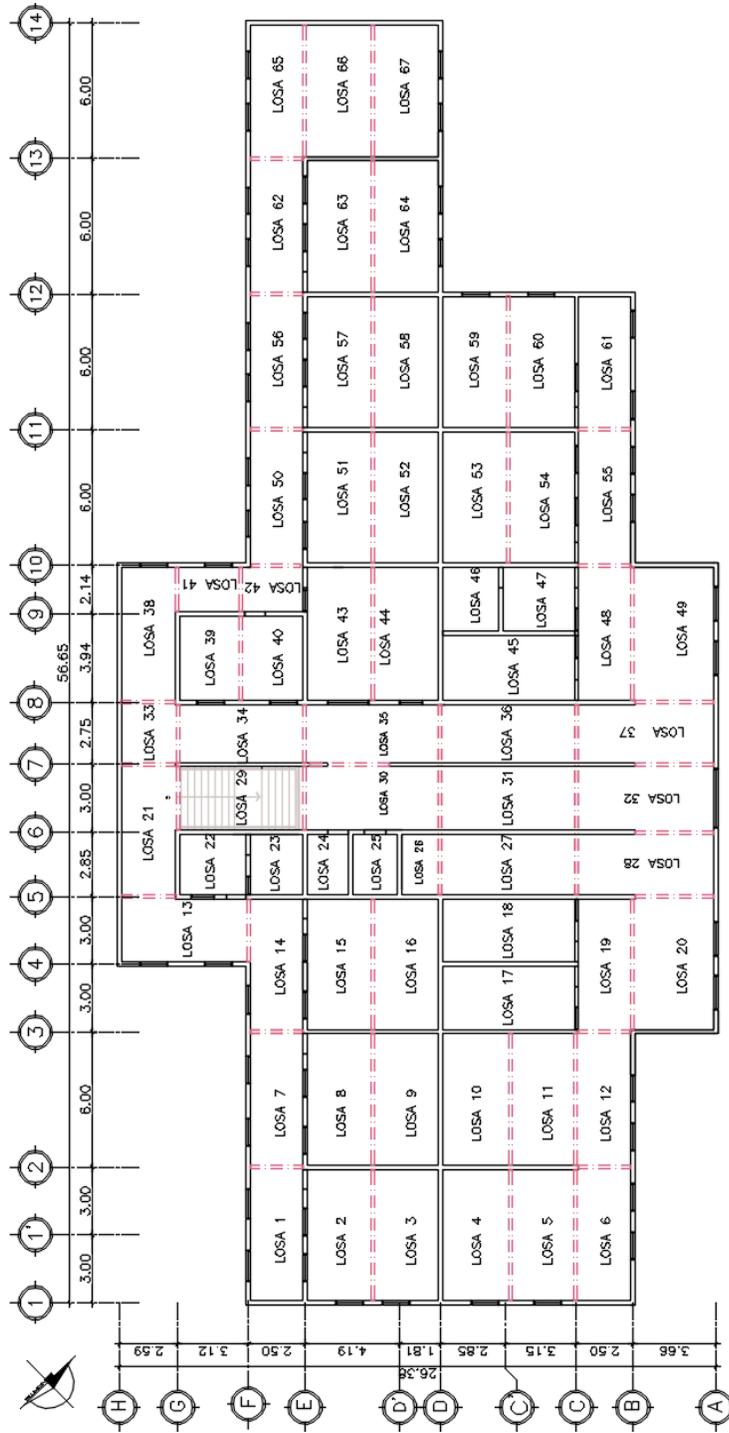
Núm. Losa	Lado Corto A	Lado Largo B	m	Tipo de losa	Condiciones de apoyo	Peralte
1	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
2	2,33	3	0,78	2 direcciones	Caso 9	0,06
3	2,33	3	0,78	2 direcciones	Caso 2	0,06
4	3,67	6	0,61	2 direcciones	Caso 9	0,11
5	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
6	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
7	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
8	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
9	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
10	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
11	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
12	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
13	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
14	3	5,71	0,53	2 direcciones	Caso 4	0,10
15	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
16	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
17	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
18	2,16	3	0,72	2 direcciones	Caso 2	0,06
19	3	3,84	0,78	2 direcciones	Caso 2	0,08
20	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
21	2,5	6	0,42	1 dirección	Dos extremos continuos	0,09
22	3,66	6	0,61	2 direcciones	Caso 4	0,11
23	2,59	2,85	0,91	2 direcciones	Caso 8	0,06
24	2,85	5,62	0,51	2 direcciones	Caso 2	0,09
25	2,01	2,85	0,71	2 direcciones	Caso 2	0,05
26	1,81	2,85	0,64	2 direcciones	Caso 2	0,05
27	2,85	2,85	1,00	2 direcciones	Caso 2	0,06
28	2,85	3,15	0,90	2 direcciones	Caso 2	0,07
29	2,5	2,85	0,88	2 direcciones	Caso 2	0,06
30	2,85	3,66	0,78	2 direcciones	Caso 9	0,07
31	2,59	3	0,86	2 direcciones	Caso 8	0,06
32	3	3,26	0,92	2 direcciones	Caso 9	0,07
33	3	3,46	0,87	2 direcciones	Caso 2	0,11
34	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
35	2,53	3	0,84	2 direcciones	Caso 2	0,06
36	3	3,66	0,82	2 direcciones	Caso 9	0,07
37	2,59	2,75	0,94	2 direcciones	Caso 8	0,06
38	2,75	4,88	0,56	2 direcciones	Caso 2	0,08

Continuación de la tabla VIII.

Núm. Losa	Lado Corto A	Lado Largo B	m	Tipo de losa	Condiciones de apoyo	Peralte
39	2,75	4,9	0,56	2 direcciones	Caso 2	0,09
40	1,8	2,75	0,65	2 direcciones	Caso 2	0,05
41	2,75	4,25	0,65	2 direcciones	Caso 2	0,08
42	2,75	4,28	0,64	2 direcciones	Caso 2	0,08
43	2,75	3,66	0,75	2 direcciones	Caso 9	0,07
44	2,59	6	0,43	1 dirección	Un extremo continuo	0,11
45	2,77	3,94	0,70	2 direcciones	Caso 2	0,07
46	2,85	3,94	0,72	2 direcciones	Caso 2	0,08
47	2,14	5,64	0,38	1 dirección	Un extremo continuo	0,09
48	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
49	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
50	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
51	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
52	2,5	6	0,42	1 dirección	Dos extremos continuos	0,09
53	3,66	6	0,61	2 direcciones	Caso 4	0,11
54	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
55	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
56	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
57	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
58	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
59	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
60	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
61	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
62	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
63	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
64	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
65	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
66	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
67	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
68	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 8	0,10
69	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
70	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
71	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 4	0,10

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Numeración de losas de techo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla IX. **Dimensión y clasificación de las losas de techo**

Núm. Losa	Lado Corto A	Lado Largo B	m	Tipo de losa	Condiciones de apoyo	Peralte
1	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
2	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
3	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
4	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
5	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
6	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
7	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
8	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
9	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
10	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
11	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
12	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
13	3	5,71	0,53	2 direcciones	Caso 4	0,10
14	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
15	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
16	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
17	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
18	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
19	2,5	6	0,42	1 dirección	Dos extremos continuos	0,09
20	3,66	6	0,61	2 direcciones	Caso 4	0,11
21	2,59	5,85	0,44	2 direcciones	Dos extremos continuos	0,09
22	2,85	3,12	0,91	2 direcciones	Caso 2	0,07
23	2,5	2,85	0,88	2 direcciones	Caso 2	0,06
24	2,01	2,85	0,71	2 direcciones	Caso 2	0,05
25	2,19	2,85	0,77	2 direcciones	Caso 2	0,06
26	1,81	2,85	0,64	2 direcciones	Caso 2	0,05
27	2,85	6	0,48	1 dirección	Dos extremos continuos	0,10
28	2,85	6,16	0,46	1 dirección	Dos extremos continuos	0,10
29	3	5,62	0,53	2 direcciones	Caso 2	0,10
30	3	6,01	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
31	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
32	3	6,16	0,49	1 dirección	Dos extremos continuos	0,11
33	2,59	2,75	0,94	2 direcciones	Caso 9	0,06
34	3	5,62	0,53	2 direcciones	Caso 2	0,10
35	3	6,01	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
36	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
37	3	6,16	0,49	1 dirección	Dos extremos continuos	0,11
38	2,59	6	0,43	1 dirección	Un extremo continuo	0,11
39	2,77	3,94	0,70	2 direcciones	Caso 2	0,07

Continuación de la tabla IX.

Núm. Losa	Lado Corto A	Lado Largo B	m	Tipo de losa	Condiciones de apoyo	Peralte
40	2,85	3,94	0,72	2 direcciones	Caso 2	0,08
41	2,14	2,77	0,77	2 direcciones	Caso 8	0,05
42	2,14	2,85	0,75	2 direcciones	Caso 2	0,06
43	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
44	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
45	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
46	2,66	3	0,89	2 direcciones	Caso 2	0,06
47	3	3,34	0,90	2 direcciones	Caso 2	0,07
48	2,5	6	0,42	1 dirección	Dos extremos continuos	0,09
49	3,66	6	0,61	2 direcciones	Caso 4	0,11
50	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
51	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
52	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
53	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
54	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
55	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
56	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
57	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
58	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 2	0,10
59	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
60	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 9	0,10
61	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
62	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
63	3	6	0,50	2 direcciones	Caso2	0,10
64	3	6	0,50	2 direcciones	Caso 8	0,10
65	2,5	6	0,42	1 dirección	Un extremo continuo	0,10
66	3	6	0,5	2 direcciones	Caso 9	0,10
67	3	6	0,5	2 direcciones	Caso 4	0,10

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, los peraltes de las losas se definen de la siguiente manera:

Losas de techo                      t=12 centímetros

Losas de entepiso                    t=12 centímetros

### 2.1.5.1. Cálculo de momentos actuantes

- Losas de entrepiso

Análisis de losa núm. 1 de losa de entrepiso (losa en una dirección)

t (espesor de losa) = 0,12 m

$m_L$  (relación entre lado corto y lado largo de losa) = 0,42

Integración de cargas

Carga muerta

Losa 2 400 Kg/m<sup>3</sup>\*0,12 288 Kg/m<sup>2</sup>

Relleno 1 400 Kg/m<sup>3</sup>\*0,05 70 Kg/m<sup>2</sup>

Piso 50 Kg/m<sup>2</sup>

Acabados (parte inferior de losa) 25 Kg/m<sup>2</sup>

Instalaciones (electricidad) 5 Kg/m<sup>2</sup>

Total 438 Kg/m<sup>2</sup>

CM (carga muerta) = 438 Kg/m<sup>2</sup>

CV (carga viva) = 500 Kg/m<sup>2</sup>

CU (carga ultima) = 1,2CM + 1,6CV

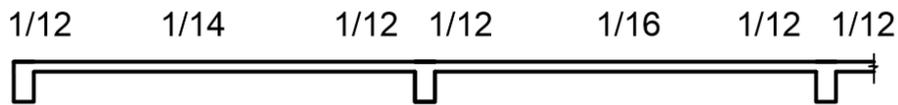
CU = 1,2 (438 Kg/m<sup>2</sup>) + 1,6 (500 Kg/m<sup>2</sup>) = 525,60 Kg/m<sup>2</sup> + 800 Kg/m<sup>2</sup>

CU = 1 325,60 Kg/m<sup>2</sup>

Franja unitaria = (1,00 \* 1 325,60 Kg/m<sup>2</sup>) = 1 325,60 Kg/m

Como alternativa al análisis estructural se permite utilizar los siguientes coeficientes. Según ACI 318-11 sección 8.3.3.

Figura 8. **Coefficientes de momento en losas de una dirección**



Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 349.

#### Momentos

En el apoyo interior	$M (-) = 1/12 * (2,50)^2 * 1\ 325,60 = 690,42 \text{ Kg-m}$
En el centro de la luz	$M (+) = 1/14 * (2,50)^2 * 1\ 325,60 = 591,79 \text{ Kg-m}$
En el apoyo exterior	$M (-) = 1/12 * (2,50)^2 * 1\ 325,60 = 690,42 \text{ Kg-m}$

- Análisis de losa núm. 2 de entrepiso (losa en 2 direcciones)

#### Datos:

t (espesor de losa)	0,12 m
$m_L$ (relación entre el lado corto y lado largo de losa)	0,78
Clasificación de losa según apoyos	Caso 9

#### Integración de cargas

##### Carga muerta

Losa	$2\ 400 \text{ Kg/m}^3 * 0,12$	288 $\text{Kg/m}^2$
Relleno	$1\ 400 \text{ Kg/m}^3 * 0,05$	70 $\text{Kg/m}^2$
Piso		50 $\text{Kg/m}^2$
Acabados (parte inferior de losa)		25 $\text{Kg/m}^2$
Instalaciones (electricidad)		<u>5 <math>\text{Kg/m}^2</math></u>
Total		438 $\text{Kg/m}^2$
CM (carga muerta) =		438 $\text{Kg/m}^2$

$$CV \text{ (carga viva)} = 200 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU \text{ (carga última)} = 1,2CM + 1,6CV$$

$$CU = 1,2 (438 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (200 \text{ Kg/m}^2) = 525,6 \text{ Kg/m}^2 + 320 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU = 845,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Franja unitaria} = (1,00 * 845,60 \text{ Kg/m}^2) = 845,60 \text{ Kg/m}$$

### Momentos

En el sentido corto

$$Ma^- = (0,075) * (845,60 \text{ Kg/m}) * (2,33)^2 = 344,30 \text{ Kg-m}$$

$$Ma^+ = (0,029) * (525,6) * (2,33)^2 + (0,042) * (320) * (2,33)^2 = 155,71 \text{ Kg-m}$$

En el sentido largo

$$Mb^- = (0,017) * (845,60 \text{ Kg/m}) * (3,00)^2 = 129,38 \text{ Kg-m}$$

$$Mb^+ = (0,010) * (525,6) * (3)^2 + (0,017) * (320) * (3)^2 = 96,26 \text{ Kg-m}$$

- Análisis de losa núm. 3 de entepiso (losa en 2 direcciones)

Datos:

t (espesor de losa) =	0,12 m
$m_L$ (relación entre el lado corto y lado largo de losa)	0,78
Clasificación de losa según apoyos	Caso 2

### Integración de cargas

#### Carga muerta

Losa	$2400 \text{ Kg/m}^3 * 0,12$	288 $\text{Kg/m}^2$
Relleno	$1400 \text{ Kg/m}^3 * 0,05$	70 $\text{Kg/m}^2$
Piso		50 $\text{Kg/m}^2$
Acabados (parte inferior de losa)		25 $\text{Kg/m}^2$
Instalaciones (electricidad)		<u>5 <math>\text{Kg/m}^2</math></u>
Total		438 $\text{Kg/m}^2$

$$\text{CM (carga muerta)} = 438 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{CV (carga viva)} = 200 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{CU (carga última)} = 1,2\text{CM} + 1,6\text{CV}$$

$$\text{CU} = 1,2 (438 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (200 \text{ Kg/m}^2) = 525,60 \text{ Kg/m}^2 + 320 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{CU} = 845,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Franja unitaria} = (1,00 * 845,60 \text{ Kg/m}^2) = 845,60 \text{ Kg/m}$$

Momentos

En el sentido corto

$$\text{Ma}^- = (0,065) * (845,60 \text{ Kg/m}) * (2,33)^2 = 298,39 \text{ Kg-m}$$

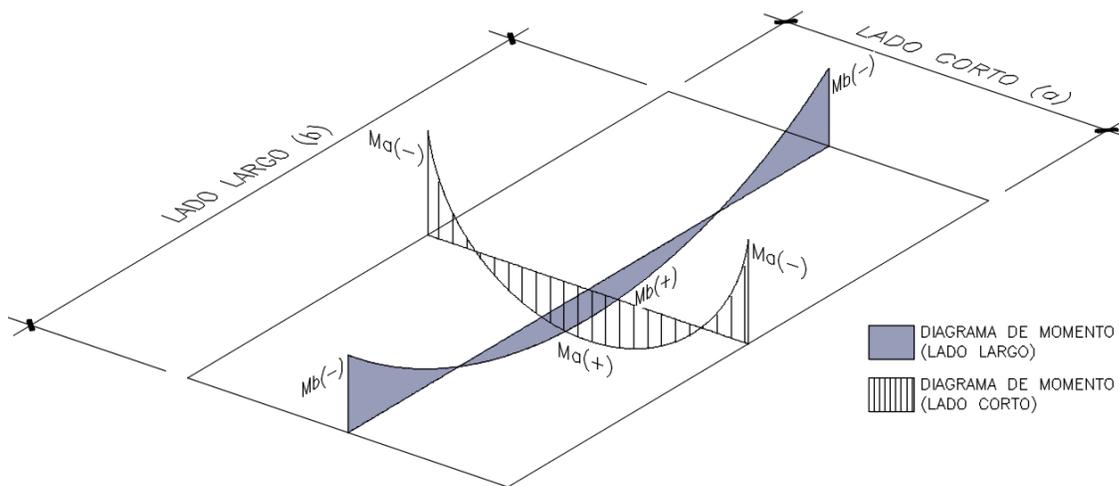
$$\text{Ma}^+ = (0,026) * (525,60) * (2,33)^2 + (0,041) * (320) * (2,33)^2 = 145,42 \text{ Kg-m}$$

En el sentido largo

$$\text{Mb}^- = (0,027) * (845,60 \text{ Kg/m}) * (3,00)^2 = 205,48 \text{ Kg-m}$$

$$\text{Mb}^+ = (0,011) * (525,60) * (3)^2 + (0,017) * (320) * (3)^2 = 100,99 \text{ Kg-m}$$

Figura 9. Diagrama de momentos en losas en dos sentidos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Los coeficientes para losas en dos direcciones se obtuvieron de las tablas 12.3, 12.4 y 12.5 del libro de NILSON, Arthur, Diseño de estructuras de

concreto, p. 378, 379 y 380. Siguiendo los procedimientos anteriores se calcularon los momentos de todas las losas de entrepiso, los cuales se muestran en la tabla X.

Tabla X. **Cálculo de momentos de losa de entrepiso**

Núm. Losa	Cargas Carga última (1.2CM+1.6CV) * 1 metro de franja unitaria (Kg/m)	Momentos (Lado corto)		Momentos (Lado largo)	
		Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)
1	1 325,60	690,42	591,79		
2	845,60	344,30	155,71	129,38	96,26
3	845,60	298,39	145,42	205,48	100,99
4	845,60	968,09	509,15	182,65	156,33
5	925,60	733,08	420,96	99,96	95,44
6	925,60	733,08	420,96	99,96	95,44
7	925,60	482,08	413,21		
8	1 325,60	690,42	591,79		
9	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
10	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
11	925,60	716,41	412,62	199,93	95,44
12	925,60	716,41	412,62	199,93	95,44
13	925,60	482,08	413,21		
14	1 325,60	1 097,60	783,30	345,76	268,27
15	1 325,60	690,42	591,79		
16	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
17	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
18	925,60	319,57	165,01	141,62	76,31
19	925,60	541,48	324,59	368,51	220,91
20	925,60	733,08	412,62	199,93	95,44
21	1 325,60	690,42	517,81		
22	1 325,60	1 580,39	1 091,16	524,94	391,65
23	1 325,60	382,37	275,97	559,89	237,07
24	845,60	590,68	329,51	160,25	73,63
25	845,60	252,81	127,05	116,76	61,07
26	925,60	233,49	124,55	105,25	58,11
27	925,60	338,32	164,57	338,32	164,57

Continuación de la tabla X.

Núm. Losa	Carga última (1.2CM+1.6CV) * 1 metro de franja unitaria (Kg/m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)
28	925,60	413,50	204,39	339,82	160,33
29	925,60	318,18	157,27	278,17	131,25
30	1 325,60	807,54	396,72	301,87	252,59
31	1 325,60	435,72	327,48	548,80	238,82
32	1 325,60	811,27	382,19	352,20	270,83
33	1 325,60	715,82	379,93	491,96	257,48
34	1 325,60	1 026,01	650,22	286,33	153,04
35	1 325,60	509,10	270,21	369,84	193,56
36	1 325,60	894,78	439,58	301,87	252,59
37	1 325,60	337,91	243,93	561,39	246,82
38	1 325,60	842,09	724,89	220,98	214,44
39	1 325,60	842,09	724,89	222,79	216,21
40	1 325,60	330,71	191,87	140,35	84,35
41	1 325,60	771,91	447,85	335,21	201,46
42	1 325,60	771,91	447,85	339,96	204,32
43	1 325,60	781,94	401,52	248,60	188,60
44	1 325,60	741,02	635,16		
45	845,60	480,13	241,30	223,15	116,73
46	845,60	508,26	255,44	223,15	116,73
47	1 325,60	505,89	433,62		
48	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
49	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
50	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
51	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
52	1 325,60	690,42	517,81		
53	1 325,60	1 580,39	978,51	524,94	391,65
54	1 325,60	690,42	591,79		
55	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
56	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
57	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
58	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
59	1 325,60	690,42	591,79		
60	1 325,60	690,42	591,79		
61	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
62	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
63	845,60	669,72	372,72	91,32	83,92
64	845,60	669,72	372,72	91,32	83,92
65	1 325,60	690,42	591,79		

Continuación de la tabla X.

Núm. Losa	Carga última (1.2CM+1.6CV) * 1 metro de franja unitaria (Kg/m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)
66	1 325,60	690,42	591,79		
67	845,60	654,49	365,10	182,65	83,92
68	845,60	677,33	483,78	304,42	133,29
69	1 325,60	690,42	591,79		
70	845,60	669,72	372,72	91,32	83,92
71	845,60	715,38	500,85	182,65	133,29

Fuente: elaboración propia.

- Losas de techo

Análisis de losa núm. 1 de losa de techo (losa en una dirección)

Datos:

t (espesor de losa) = 0,12 m

$m_L$  (relación entre el lado corto y lado largo de losa) = 0,42

Integración de cargas

Carga muerta

Losa 2 400 Kg/m<sup>3</sup>\*0,12 288 Kg/m<sup>2</sup>

Pañuelos 1 400 Kg/m<sup>3</sup>\*0,05 70 Kg/m<sup>2</sup>

Acabados (parte inferior de losa) 25 Kg/m<sup>2</sup>

Instalaciones (electricidad) 5 Kg/m<sup>2</sup>

Total 388 Kg/m<sup>2</sup>

CM (carga muerta) = 388 Kg/m<sup>2</sup>

CV (carga viva) = 100 Kg/m<sup>2</sup>

CU (carga última) = 1,2CM + 1,6CV

$$CU = 1,2 (388 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (100 \text{ Kg/m}^2) = 465,60 \text{ Kg/m}^2 + 160 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU = 625,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Franja unitaria} = (1,00 * 625,60 \text{ Kg/m}^2) = 625,60 \text{ Kg/m}$$

#### Momentos

$$\text{En el apoyo interior} \quad M (-) = 1/12 * (2,50)^2 * 625,60 = 325,83 \text{ Kg-m}$$

$$\text{En el centro de la luz} \quad M (+) = 1/14 * (2,50)^2 * 625,60 = 279,29 \text{ Kg-m}$$

$$\text{En el apoyo exterior} \quad M (-) = 1/12 * (2,50)^2 * 625,60 = 325,83 \text{ Kg-m}$$

#### Análisis de losa núm. 2 de losa de techo (losa en dos direcciones)

##### Datos:

$$t \text{ (espesor de losa)} = 0,12 \text{ m}$$

$$m_L \text{ (relación entre el lado corto y lado largo de losa)} = 0,50$$

$$\text{Clasificación de losa según apoyos} = \text{Caso 9}$$

#### Integración de cargas

##### Carga muerta

Losa	$2\ 400 \text{ Kg/m}^3 * 0,12$	$288 \text{ Kg/m}^2$
Pañuelos	$1\ 400 \text{ Kg/m}^3 * 0,05$	$70 \text{ Kg/m}^2$
Acabados (parte inferior de losa)		$25 \text{ Kg/m}^2$
Instalaciones (electricidad)		<u><math>5 \text{ Kg/m}^2</math></u>
<b>Total</b>		<b><math>388 \text{ Kg/m}^2</math></b>

$$CM \text{ (Carga muerta)} = 388 \text{ Kg/m}^2$$

$$CV \text{ (Carga viva)} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU \text{ (carga última)} = 1,2CM + 1,6CV$$

$$CU = 1,2 (388 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (100 \text{ Kg/m}^2) = 465,6 \text{ Kg/m}^2 + 160 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU = 625,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Franja unitaria} = (1,00 * 625,60 \text{ Kg/m}^2) = 625,60 \text{ Kg/m}$$

Momentos

En el sentido corto

$$M_a^- = (0,088) * (625,60 \text{ Kg/m}) * (3,00)^2 = 495,48 \text{ Kg-m}$$

$$M_a^+ = (0,038) * (465,6 \text{ Kg/m}) * (3)^2 + (0,067) * (160 \text{ Kg/m}) * (3)^2 = 255,72 \text{ Kg-m}$$

En el sentido largo

$$M_b^- = (0,003) * (625,60 \text{ Kg/m}) * (6,00)^2 = 67,56 \text{ Kg-m}$$

$$M_b^+ = (0,002) * (465,6 \text{ Kg/m}) * (6)^2 + (0,004) * (160 \text{ Kg/m}) * (6)^2 = 56,56 \text{ Kg-m}$$

Siguiendo los procedimientos anteriores se calcularon los momentos de todas las losas de techo, los cuales se muestran en la tabla XI.

Tabla XI. **Cálculo de momentos de losa de techo**

Núm. Losa	Cargas Carga última (1.2CM+1.6CV) * 1 metro de franja unitaria (Kg/m)	Momentos (Lado corto)		Momentos (Lado largo)	
		Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)
1	625,60	325,83	279,29		
2	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
3	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
4	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
5	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
6	625,60	325,83	279,29		
7	625,60	325,83	279,29		
8	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
9	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
10	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
11	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
12	625,60	325,83	279,29		
13	625,60	529,26	358,11	122,38	86,81
14	625,60	325,83	279,29		
15	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
16	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
17	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
18	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
19	625,60	325,83	244,38		
20	625,60	745,85	474,16	247,74	169,17
21	625,60	349,72	262,29		
22	625,60	279,48	127,39	225,32	97,72
23	625,60	215,05	98,02	188,01	81,54
24	625,60	187,03	88,11	86,38	42,07
25	625,60	207,03	97,06	111,79	52,23
26	625,60	151,67	71,45	86,38	42,07
27	625,60	423,45	317,59		
28	625,60	423,45	317,59		
29	625,60	472,95	235,94	138,31	74,44
30	625,60	484,21	250,08	135,58	56,75
31	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
32	625,60	469,20	351,90		
33	625,60	272,78	109,30	156,13	90,11
34	625,60	472,95	235,94	138,31	74,44

Continuación de la tabla XI.

Núm. Losa	Cargas Carga última (1.2CM+1.6CV) * 1 metro de franja unitaria (Kg/m)	Momentos (Lado corto)		Momentos (Lado largo)	
		Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)	Momentos negativos (Kg-m)	Momentos positivos (Kg-m)
35	625,60	484,21	250,08	135,58	56,75
36	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
37	625,60	469,20	351,90		
38	625,60	349,72	299,76		
39	625,60	355,21	167,33	165,10	80,40
40	625,60	376,03	177,14	165,10	80,40
41	625,60	174,76	112,67	172,81	66,09
42	625,60	197,68	92,68	111,79	52,23
43	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
44	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
45	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
46	625,60	243,46	110,97	208,32	81,96
47	625,60	309,67	141,15	258,22	111,98
48	625,60	325,83	244,38		
49	625,60	745,85	474,16	247,74	169,17
50	625,60	325,83	279,29		
51	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
52	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
53	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
54	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
55	625,60	325,83	279,29		
56	625,60	325,83	279,29		
57	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
58	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
59	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
60	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
61	625,60	325,83	279,29		
62	625,60	325,83	279,29		
63	625,60	484,21	250,08	135,13	56,56
64	625,60	501,11	344,10	225,22	95,85
65	625,60	325,83	279,29		
66	625,60	495,48	255,72	67,56	56,56
67	625,60	529,26	358,11	135,13	95,85

Fuente: elaboración propia.

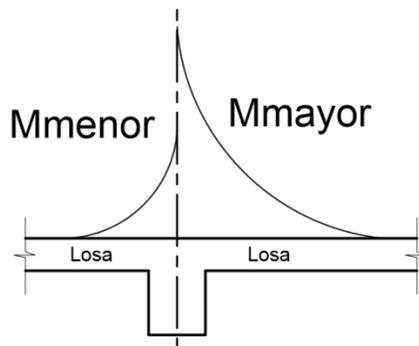
### 2.1.5.1.1. Balanceo de momentos

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

Si  $0,8 * M_{mayor} \leq M_{menor}$ ; entonces  $M_B = (M_{mayor} + M_{menor}) / 2$

Si  $0,8 * M_{mayor} > M_{menor}$ ; entonces  $M_B =$  proporcional a su rigidez

Figura 10. Balanceo de momentos por rigidez



Fuente: elaboración propia, emplenado AutoCAD 2016.

- Balance de momentos de losas de entrepiso

Balance de Losa 1 y Losa 2

$M_1$ (momento losa 1) = 690,42 Kg-m

$M_2$ (momento losa 2) = 344,30 Kg-m

$0,80 * 659,79 = 527,83 \text{ Kg-m} > 320,36 \text{ Kg-m}$ , por lo que el balance se realiza por rigideces.

$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Donde:

$K_1, K_2$  = las rigideces de las losas 1 y 2

$L_1, L_2$  = longitudes de las losas consideradas

$D_1, D_2$  = los factores de distribución de las losas 1 y 2

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

$D_1$	$D_2$
$M_1$	$M_2$
$(M_2 - M_1) * D_1 - M_1$	$(M_2 - M_1) * D_2 + M_2$
MB	MB

Donde:

$$M_1 = 690,42 \text{ Kg-m}$$

$$M_2 = 344,30 \text{ Kg-m}$$

$$K_1 = 1 / 2,50 = 0,4$$

$$K_2 = 1 / 2,33 = 0,43$$

$$D_1 = \frac{0,4}{0,40 + 0,43} = 0,48$$

$$D_2 = \frac{0,43}{0,40 + 0,43} = 0,52$$

0,48	0,52
690,42	344,30
$(690,42 - 344,30) * 0,48 - 690,42$	$(674,79 - 344,30) * 0,52 + 344,30$
-523,45	523,45

Momento balanceado = 509,47 Kg-m

Este procedimiento se realizó con las demás losas, tanto de entresuelo como de techo. Los resultados se muestran en las tablas XII y XIII.

Tabla XII. **Cálculo de balance de momentos en losas de entrepiso**

<b>Balanceo de momentos de entrepiso</b>				
Sentido y			Sentido x	
Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido y)	Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido x)	
1 y 2	523,45			
1 y 3	501,30	2 y 3	-167,43	167,43
2 y 4	586,54	3 y 9	194,07	
3 y 4	558,46	4 y 10	182,65	
4 y 5	850,58	5 y 11	-149,95	149,95
5 y 6	733,08	6 y 12	-149,95	149,95
6 y 7	596,17			
8 y 9	672,46			
9 y 10	654,49	9 y 16	182,65	
10 y 11	685,45	10 y 17	182,65	
11 y 12	716,41	11 y 18	-180,49	180,49
12 y 13	609,90	12 y 19	-256,12	256,12
14 y 15	450,71	14 y 23	-835,64	835,64
15 y 16	672,46	14 y 24	-590,68	590,68
16 y 17	654,49	16 y 25	-161,43	161,43
17 y 18	514,29	17 y 26	-157,73	157,73
18 y 19	344,04	18 y 20	-437,35	437,35
19 y 21	563,48	19 y 20	-637,28	637,28
20 y 21	546,16	20 y 27	-530,64	530,64
21 y 22	1 051,61	20 y 28	-569,19	569,19
17 y 20	693,78	22 y 30	-716,53	716,53
23 y 24	312,29	23 y 31	430,88	
24 y 25	228,42			
26 y 27	274,21	25 y 32	-455,11	455,11
27 y 28	339,07	26 y 33	-402,71	402,71
28 y 29	329,00	27 y 34	-673,35	673,35
29 y 30	310,02	28 y 34	-711,90	711,90
		29 y 35	-322,83	322,83
		30 y 36	851,16	
		31 y 37	555,10	
32 y 33	420,00	32 y 39	826,68	
33 y 34	416,75	33 y 39	778,96	
34 y 35	443,03	33 y 40	-415,58	415,58
35 y 36	424,40	34 y 41	-893,44	893,44
		34 y 42	-893,44	893,44

Continuación de tabla XII.

<b>Balanceo de momentos de entrepiso</b>				
Sentido y		Sentido x		
Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido y)	Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido x)	
37 y 38	297,36	35 y 42	-579,62	579,62
38 y 39	221,89	36 y 43	661,11	
39 y 40	251,79	38 y 45	-587,67	587,67
40 y 41	332,96	38 y 46	-587,67	587,67
41 Y 42	337,59	39 Y 48	-713,45	713,45
42 y 43	297,85	40 y 49	-492,91	492,91
		41 y 50	-586,72	586,72
44 y 45	614,95	42 y 51	-735,01	735,01
44 y 47	612,27	43 y 53	-701,17	701,17
45 y 46	494,19			
46 y 48	579,50			
48 y 49	654,49	48 y 55	182,65	
49 y 50	654,49	49 y 56	182,65	
50 y 51	654,49	50 y 57	182,65	
51 y 52	672,46	51 y 58	182,65	
52 y 53	1 051,61			
54 y 55	672,46			
55 y 56	654,49	55 y 61	182,65	
56 y 57	654,49	56 y 62	182,65	
57 y 58	654,49	57 y 63	-136,99	136,99
58 y 59	672,46	58 y 64	-136,99	136,99
60 y 61	672,46			
61 y 62	654,49	61 y 67	182,65	
62 y 63	662,10	62 y 68	-243,53	243,53
63 y 64	669,72			
64 y 65	680,07			
66 y 67	672,46			
67 y 68	665,91	67 y 70	-136,99	136,99
		68 y 71	-243,53	243,53
69 y 70	680,07			
70 y 71	692,55			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Cálculo de balance de momentos en losas de techo**

<b>Balance de momentos en losas de techo</b>				
<b>Sentido y</b>		<b>Sentido x</b>		
<b>Losas a balancear</b>	<b>Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido y)</b>	<b>Losas a balancear</b>	<b>Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido x)</b>	
1 y 2	402,94			
2 y 3	495,48	2 y 8	-101,35	101,35
3 y 4	495,48	3 y 9	-101,35	101,35
4 y 5	495,48	4 y 10	-101,35	101,35
5 y 6	418,37	5 y 11	-101,35	101,35
7 y 8	397,82			
8 y 9	484,21	8 y 15	135,13	
9 y 10	484,21	9 y 16	135,13	
10 y 11	484,21	10 y 17	-367,85	367,85
11 y 12	397,82	11 y 17	-367,85	367,85
13 y 14	263,88	13 y 22	-401,17	401,17
14 y 15	397,82			
15 y 16	484,21	15 y 24	-102,08	102,08
16 y 17	367,85	16 y 25	-119,31	119,31
17 y 19	269,74	18 Y 27	453,83	
18 y 19	269,74			
19 y 20	496,29	16 Y 26	-102,08	102,08
16 y 18	367,85	20 y 28	-366,87	366,87
21 y 22	290,49			
22 y 23	220,19	22 y 29	-373,74	373,74
23 y 24	201,04	23 y 29	-326,83	326,83
24 y 25	197,03	24 y 30	-280,20	280,20
25 y 26	179,35	25 y 30	-293,23	293,23
21 y 29	283,03	26 y 30	-280,20	280,20
		27 y 33	453,83	
		28 y 32	446,33	
29 y 30	136,95	29 y 34	472,95	
30 y 31	135,36	30 y 35	484,21	
		31 y 36	484,21	
		32 y 37	469,20	
33 y 34	230,36			
34 y 35	136,95	34 y 39	-339,87	339,87
35 y 36	135,36	34 y 40	-339,87	339,87

Continuación de la tabla XIII.

<b>Balance de momentos en losas de techo</b>				
Sentido y		Sentido x		
Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido y)	Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido x)	
36 y 37	476,71	35 y 43	-251,49	251,49
		35 y 44	-367,85	367,85
38 y 39	352,46	36 y 45	484,21	
38 y 41	264,01	37 y 49	-395,38	395,38
39 y 40	365,62	39 y 41	169,93	
41 y 42	143,51	40 y 42	181,39	
40 y 43	428,73			
43 y 44	484,21	43 y 51	135,13	
44 y 45	367,85	44 y 52	135,13	
44 y 46	356,60	45 y 46	-346,27	346,27
46 y 47	250,84	45 y 47	-396,94	396,94
45 y 48	269,74			
47 y 48	295,10			
48 y 49	496,29			
50 y 51	397,82			
51 y 52	484,21	51 y 57	135,13	
52 y 53	484,21	52 y 58	135,13	
53 y 54	484,21	53 y 59	-101,35	101,35
54 y 55	484,21	54 y 60	-101,35	101,35
56 y 57	397,82			
57 y 58	484,21			
58 y 59	489,84			
59 y 60	495,48			
60 y 61	402,94			
62 y 63	397,82			
63 y 64	492,66	63 y 66	-101,35	101,35
		64 y 67	-180,17	180,17
65 y 66	402,94			
66 y 67	512,37			

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.2. Armado de losa

Para el armado de las losas de entrepiso, inicialmente se procede a realizar el cálculo del peralte efectivo que tendrá la losa, se considera un recubrimiento de 1 pulgada, luego se debe hacer el cálculo del área de acero mínimo de acero resistente en la sección de la losa.

Cálculo de peralte efectivo

$$d = h - rec - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 12 - 2,54 - \frac{0,95}{2} = 8,99 \text{ cm}$$

Donde:

$d$  = peralte efectivo

$t$  = peralte de losa

$rec$  = recubrimiento

$\phi$  = diámetro de la varilla a diseñar (se supuso varilla de 3/8")

Calculo de acero mínimo, según ACI 318-11 sección 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y}\right) bd$$

$$As_{min} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4200} 100 * 8 \geq \left(\frac{14,1}{4200}\right) 100 * 8$$

$$As_{min} = 2,55 \geq 2,68$$

$$As_{min} = 2,68 \text{ cm}^2$$

Donde:

$A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$b$  = franja unitaria

$d$  = peralte efectivo

Cálculo de acero máximo

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{6\,120}{f_y + 6\,120} \right) = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{4\,200} \left( \frac{6\,120}{4\,200 + 6\,120} \right) = 0,02142$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,0214 * 100 * 8 = 8,56 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de  $A_{s_{req}}$  para momento máximo de losas

$$M_U(\text{losa de entrepiso}) \quad 1\,051,61 \text{ Kg-m}$$

$$A_{s_{req}} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 * \frac{f'_c}{f'_y}$$

$$A_{s_{req}} = \left[ 100 * 8,99 - \sqrt{(100 * 8,99)^2 - \frac{1\,051,61 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{4\,200}$$
$$= 3,23 \text{ cm}^2$$

Donde:

$A_{s_{max}}$  = área de acero máximo

$\rho_{bal}$  = esfuerzo de fluencia del acero

- $b$  = franja unitaria
- $d$  = peralte efectivo
- $f_y$  = resistencia a la fluencia de acero
- $f_c$  = resistencia a la compresión de concreto

Como

$$A_{s_{min}} \leq A_{s_{req}} \leq A_{s_{max}}$$

Se usará  $A_{s_{req}}$  para cálculo de refuerzo.

Separación  $A_{s_{req}}$  para con varillas núm. 3 ( $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$ )

$$3,16 \text{ cm}^2 \text{-----} 100 \text{ cm}$$

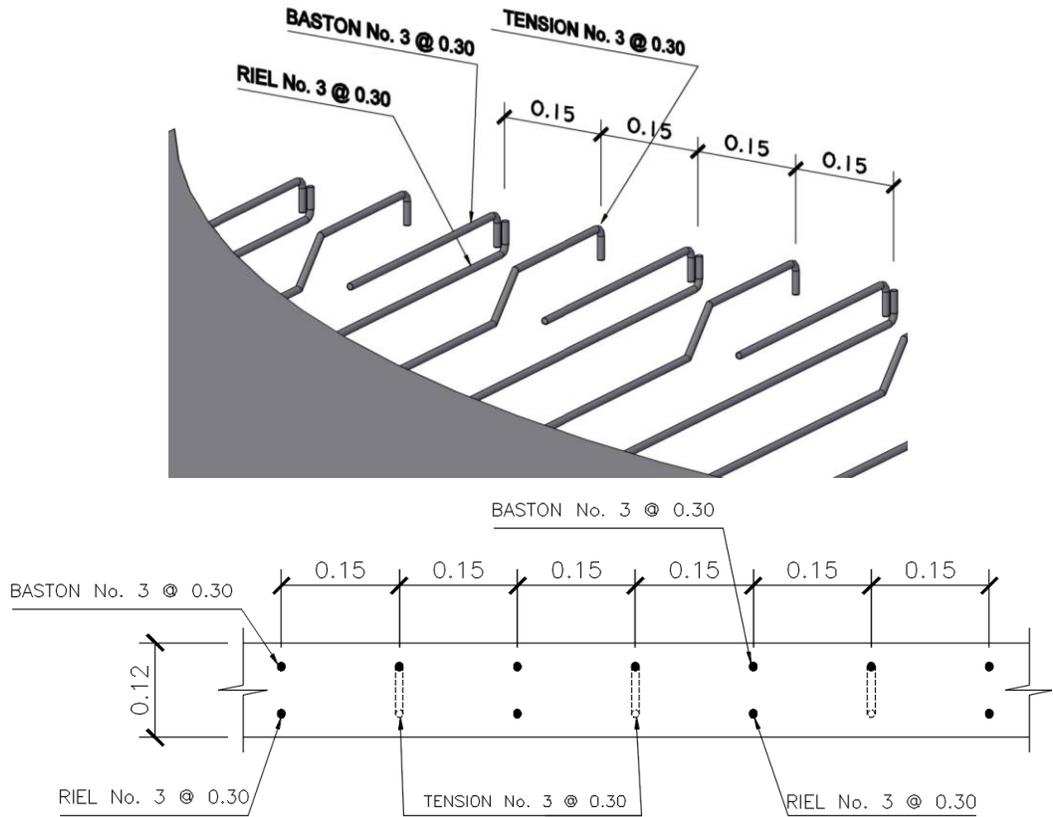
$$0,71 \text{ cm}^2 \text{-----} s$$

$$s = 22,47$$

Armado = núm. 3 @ 15 cm

Por lo tanto, el refuerzo a utilizar en losa será con hierros núm. 3 @ 0,15.

Figura 11. Esquema de armado de losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Refuerzo por temperatura: el acero exigido por el Código ACI 318-11 para control de grietas de retracción de fraguado y temperatura también representa el refuerzo mínimo admisible en la dirección de la luz para losas en una dirección. El acero por temperatura se muestra en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Cuantías mínimas de refuerzo para temperatura en losas**

<b>Cuantías mínimas de refuerzo para temperatura y retracción en losas</b>	
Losas donde se utilicen barras corrugadas grado 40 o 50	0,002
Losas donde se utilicen barras corrugadas grado 60 o mallas electrosoldadas de alambrón (liso o corrugado)	0,0018
Losas donde se utilice refuerzo con resistencia a la fluencia por encima de 60 000 psi medida a una deformación de fluencia de 0,35 %	$(0,0018 \times 60\,000)/(f_y)$

Fuente: NILSON, Arthur, *Diseño de estructuras de concreto*. p. 370.

$$A_{s_{temperatura}} = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 * 9 = 1,8 \text{ cm}^2$$

Donde:

$A_{s_{temperatura}}$  = área de acero para control de grietas de retracción de fraguado y temperatura

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

Separación para  $A_s$  min con varillas núm. 3 ( $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$ )

$$\frac{1,8 \text{ cm}^2}{0,71 \text{ cm}^2} \text{-----} \frac{100 \text{ cm}}{s}$$

$$S = 39,44$$

$$S_{max} = 3t = 3 * 0,12 = 0,36$$

Por lo tanto, el refuerzo por temperatura a utilizar en losas de una dirección será con hierros núm. 3 @ 0,35.

Revisión por corte: el corte debe ser resistido únicamente por el concreto; por tal razón, se debe verificar si el espesor de losa es el adecuado.

El procedimiento es el siguiente:

Corte actuante

$$V_{act} = \left( \frac{C_u * L}{2} \right)$$

Donde:

$V_{act}$  = corte actuante

$C_u$  = carga última

$L$  = longitud libre

Corte resistente

$$V_{res} = \phi * \sqrt{f'c} * b * d$$

Donde:

$V_{res}$  = corte que resiste el concreto

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto

$b$  = franja unitaria

$d$  = peralte efectivo

$\phi$  = factor de reducción de resistencia

Si  $V_{res} > V_{act}$ , el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar  $t$ .

Chequeo en losa 1 de entepiso:

$$V_{act} = \left( \frac{1\ 266,88 * 2,50}{2} \right) = 1\ 583,6\ kg$$

$$V_{res} = 0,75 * \sqrt{210} * 100 * 8,5 = 9\ 238,25\ kg$$

Como  $V_{res} > V_{act}$  el espesor es el adecuado.

Losas del segundo nivel

El procedimiento es similar al anterior, variando los datos de carga viva y carga muerta.

### **2.1.6. Método de análisis estructural de edificio**

Actualmente existen varios métodos que pueden ser utilizados para realizar una estructura de mampostería reforzada, pero en este caso se trabajara con el análisis simplista.

#### **2.1.6.1. Generalidades del diseño de elementos en mampostería**

El diseño de mampostería se basa en el método de esfuerzos de trabajo para que de este modo los elementos de mampostería puedan soportar las cargas reales que actúan, esto se hace con el propósito de que los esfuerzos unitarios en los materiales, no sobrepasen los límites proporcionales de cada uno de los materiales.

El método de esfuerzos de trabajo está basado en que los esfuerzos se encuentren en el rango elástico de los materiales y en los principios que se describen a continuación:

- Una sección plana antes de la flexión, permanece plana después de ella
- Los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones y estos a la vez son proporcionales a la distancia del eje neutro
- El módulo de elasticidad es constante a través del miembro
- La mampostería no actuará bajo esfuerzos de tensión
- La tensión actúa en el refuerzo en el centro de gravedad de las barras.

#### **2.1.6.2. Análisis simplista**

Para la elaboración del análisis simplista se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la distribución de la fuerza lateral cada muro se deben considerar únicamente los muros paralelos a la dirección en que esta actúa, presentándose dos efectos sobre ellos los cuales son: uno de traslación en la misma dirección y otro de rotación respecto al centro de rigidez cuando no coincide con el centro de masa.
- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene al muro, no se debe de considerar en el sentido contrario.
- Los muros generalmente actúan como miembros verticales que están sujetos a fuerzas horizontales en los niveles de piso.

### 2.1.6.3. Procedimiento de análisis

El procedimiento a utilizar para este análisis es el siguiente:

- Análisis de sismo
- Calculo de momentos de volteo
- Calculo de centro de masa y centro de rigidez de la estructura
- Distribución de cargas y momentos en muros
- Diseño de muros

### 2.1.7. Integración de cargas

Mampostería: 19x19x39 centímetros

Altura: 2,89 metros

Espesor de la losa (t): 0,12 centímetros

Carga viva techo	100 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva centro educativo (aulas)	200 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva pasillos	500 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva clínicas	250 kg/m <sup>2</sup>
Área losa 1er nivel	1 053,95 m <sup>2</sup>
Área losa 2do nivel	1 053,95 m <sup>2</sup>

Determinación de cargas gravitacionales

Carga muerta en techo

Losa	$2\,400 \text{ Kg/m}^3 * 0,12$	288 Kg/m <sup>2</sup>
Pañuelos	$1\,400 \text{ Kg/m}^3 * 0,05$	<u>70 Kg/m<sup>2</sup></u>
Total		358 Kg/m <sup>2</sup>

Carga muerta de entepiso, pasillos y área de servicio clínico

Losa	$2\,400\text{ Kg/m}^3 \cdot 0,12$	$288\text{ Kg/m}^2$
Relleno	$1\,400\text{ Kg/m}^3 \cdot 0,05$	$70\text{ Kg/m}^2$
Piso		$50\text{ Kg/m}^2$
Instalaciones (electricidad)		<u><math>5\text{ Kg/m}^2</math></u>
Total		$413\text{ Kg/m}^2$

Las cargas vivas se tomaron de AGIES NSE 2-10 tabla 3-10 páginas 6 y 7.

- Peso primer nivel

Muros primer nivel:

Peso de la mampostería reforzada  $1\,300\text{ kg/m}^3$

Longitud total de muros  $406,45\text{ m}$

Área de muros

Área total – área de ventanas y puertas =

$(406,45 \cdot 4,08) - 85,53\text{m}^2 - 61,85\text{m}^2 = 1\,510,94\text{ m}^2$

$W_{\text{muros}} = 1\,300\text{ kg/m}^3 \cdot (1\,510,94\text{m}^2 \cdot 0,19\text{m}) = 373\,201,19\text{kg}$

Ventanas primer nivel:

Peso de ventanas:  $10\text{ Kg/m}^2$

Área de ventanas:  $85,53\text{ m}^2$

$W_{\text{ventanas}} = 10 \cdot 85,53 = 855,3\text{ Kg}$

Acabados primer nivel:

Peso de acabados:  $25\text{ Kg/m}^2$

Área de acabados:  $2\,046,4\text{ m}^2$

$W_{\text{acabados}} = 25 \cdot 2\,046,4 = 51\,160\text{ Kg}$

Losa primer nivel (entrepiso)

$$(413 \text{ Kg/m}^2 * 1\,048,17 \text{ m}^2) = 432\,894,21 \text{ Kg}$$

Vigas primer nivel

Dimensiones: 0,20 x 0,45

Peso de concreto reforzado 2 400 Kg/m<sup>3</sup>

Peso por metro lineal 216 Kg/m

Metros lineales de viga 233,5 m

$$W_{\text{vigas}} = 216 * 233,5 = 50\,436 \text{ Kg}$$

Peso total primer nivel = 908 546,70 Kg

- Peso segundo nivel

Muros segundo nivel:

Peso de la mampostería = 1 300 kg/m<sup>3</sup>

Longitud total de muros= 289,52 metros

Área de muros

Área total – área de ventanas y puertas =

$$(389,52 * 2,88) - 86,34 \text{ m}^2 - 35,91 \text{ m}^2 = 999,57 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 1\,300 \text{ kg/m}^3 * (999,57 \text{ m}^2 * 0,19 \text{ m}) = 246\,893,20 \text{ kg}$$

Ventanas segundo nivel:

Peso de ventanas: 10 Kg/m<sup>2</sup>

Área de ventanas: 86,34 m<sup>2</sup>

$$W_{\text{ventanas}} = 10 * 86,34 = 863,4 \text{ Kg}$$

Acabados segundo nivel:

Peso de acabados: 25 Kg/m<sup>2</sup>

Área de acabados: 1 999,14 m<sup>2</sup>

$$W_{\text{acabados}} = 25 * 1\,999,14 = 49\,978,50 \text{ Kg}$$

Losa segundo nivel (techo)

$$(358 \text{ Kg/m}^2 * 1\,053,47 \text{ m}^2) = 377\,142,26 \text{ Kg}$$

Vigas segundo nivel

Dimensiones: 0,20 x 0,45

Peso de concreto reforzado 2 400 Kg/m<sup>3</sup>

Peso por metro lineal 216 Kg/m

Metros lineales de viga 196 m

$$W_{\text{vigas}} = 216 * 196 = 42\,336 \text{ Kg}$$

Peso total segundo nivel=719 212,50 Kg

Peso total de estructura = peso del primer nivel + peso del segundo nivel

Peso total de la estructura = 908 546,70 + 719 212,50= 1 627 759,20 Kg

Peso total de la estructura = 1 627,76 T.

Carga viva aulas	= 451,40 * 0,25* (200) =	22 570 Kg
Carga viva clínicas	= 139,86 * 0,25* (250) =	8 741,25 Kg
Carga viva techo	= 1 053,95 * 0,25* (100) =	26 348,75 Kg
Carga viva pasillos	= 462,69 * 0,25 * (500) =	57 836,25 Kg
Total carga viva	=115 046,25 Kg=15,05 T	

$W_s = \text{total peso de la estructura} + 25 \% \text{ de carga viva}$

$W_s = 1\,627,76 \text{ T} + 115,05 \text{ T}$

$W_s = 1\,742,81 \text{ T}$

## **2.1.8. Cálculo de cargas laterales según Normas AGIES**

Se refiere a la estimación de todas las cargas horizontales que afectan la estructura, se considera principalmente la acción de sismo, las cuales se calcularán a continuación.

### **2.1.8.1. Esfuerzo por sismo**

Todo edificio debe ser diseñado y construido para resistir un mínimo total de fuerza sísmica lateral; para éste caso, dicha fuerza será resistida por medio de muros de corte (muros de mampostería reforzada).

Según 2.1.1 de Normas AGIES NSE 3-10 se tiene que el cortante basal estático a cedencia ( $V_B$ ) se calcula de la siguiente manera:

$$V_B = C_S W_S$$

Donde:

$W_S$  = es el peso total del edificio más el 25 % del total de carga muerta.

$C_S$  = es el coeficiente sísmico de diseño

Para el cálculo del coeficiente sísmico se empieza obteniendo el valor de  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$ , para ello se observan las tablas de amenaza sísmica por municipio según anexo A de Norma NSE 2-10.

Para municipio de Panajachel, Sololá:

$$I_0 = 4$$

$$S_{cr} = 1,65 \text{ g}$$

$$S_{1r} = 0,60 \text{ g}$$

Tomando en cuenta el índice de sismicidad ( $I_o = 4$ ) y la clase de obra a construir (Importante), el nivel de protección sísmica que se usará en el diseño será tipo D.

Cálculo de ajuste por clase de sitio

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

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

El valor de  $F_a$  y  $F_v$  son valores de ajuste por clase de sitio y se obtienen de las tablas XV y XVI:

Tabla XV. **Coefficientes de sitio  $F_a$**

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				

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10. p. 15.

Tabla XVI. **Coefficientes de sitio  $F_v$**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5
E	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4
F	Se requiere evaluación específica				

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10. p. 15.

Según el perfil del suelo e índice de sismicidad tenemos que  $F_a = 1,0$  y  $F_v = 1,5$

Entonces:

$$S_{cs} = 1,65 * 1,00 = 1,65$$

$$S_{1s} = 0,60 * 1,50 = 0,90$$

Cálculo de ajustes por intensidades sísmicas especiales

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

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

Los valores de  $N_a$  y  $N_v$  se obtienen de las tablas XVII y XVIII:

Tabla XVII. **Factor  $N_a$  para periodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica		
	$\leq 2$ km	5 km	$\geq 10$ km
A	1,25	1,12	1,00
B	1,12	1,00	1,00
C	1,00	1,00	1,00

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10. p. 24.

Tabla XVIII. **Factor  $N_v$  para periodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica			
	$\leq 2$ km	5 km	10 Km	$\geq 15$ km
A	1,40	1,12	1,10	1,00
B	1,20	1,10	1,00	1,00
C	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10. p. 24.

Se utilizó una fuente tipo A la cual considera fallas geológicas capaces de generar eventos de gran magnitud con alta tasa de sismicidad y una distancia horizontal a la fuente sísmica más cercana mayor de 15 Km.

Entonces:

$$S_{cs} = 1,65 * 1,00 * 1,00 = 1,65$$

$$S_{1s} = 0,60 * 1,50 * 1,00 = 0,90$$

Cálculo del espectro calibrado por nivel de diseño

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

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

El valor de  $K_d$  dependerá de probabilidad de ocurrencia de los sismos.

Tabla XIX. **Factor de determinación del nivel de diseño**

Sismo ordinario	10 % probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d=0,66$
Sismo severo	5 % probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d=0,80$
Sismo extremo	2 % probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d=1,00$
Sismo mínimo	condición de excepción	$K_d=0,55$

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10. p. 16.

Entonces:

$$S_{cd} = 0,80 * 1,65 = 1,32$$

$$S_{1d} = 0,80 * 0,90 = 0,72$$

Cálculo del periodo fundamental de vibración de la estructura según 2.1.4 NSE 3-10 p. 25.

$$T = K_T (h_n)^x$$

$$T = 0,049 (6)^{0,75} = 0,1878 \text{ s}$$

Donde:

$K_T$  y  $x$  = coeficiente que están en función del sistema estructural a utilizar según 2.1.4.1 norma AGIES NSE 3-10

$h_n$  = altura total del edificio en metros

Cálculo del periodo de transición (en s)  $T_s$

$$T_s = S_{1d} / S_{cd}$$

$$T_s = 0,72 / 1,32 = 0,5454 \text{ s}$$

Luego se realiza la comparación entre  $T$  y  $T_s$

$$T = 0,1878 < T_s = 0,5454$$

Por lo cual se tiene que  $S_a(T) = S_{cd}$  según 4.3.4.2 Norma AGIES NSE 2-10

$$S_a(T) = 1,32$$

Cálculo del coeficiente sísmico ( $C_s$ )

Según 2.1.2 de Normas AGIES NSE 3-10

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

Donde:

$S_a$  = es la demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo  $T$

$R$  = es el factor de reducción, depende del sistema estructural y del tipo de material que se realice la construcción, en este caso se utilizó un sistema estructural E2 con muros de mampostería reforzada.

$T$  = es el periodo fundamental de vibración de la estructura.

$$C_s = \frac{1,32}{4} = 0,33$$

Luego se verifica lo siguiente:

Según 2.1.2.1 de NSE 3-10

- $C_s \geq 0,044 S_{cd}$
- $C_s \geq 0,75 K_d S_{1r} / R$
  
- $0,044 * 1,32 = 0,058$                        $0,33 \geq 0,058$                       sí cumple
  
- $0,75 (0,80)(0,60) / (4) = 0,09$                        $0,33 \geq 0,09$                       sí cumple

Por lo tanto, se usará 0,33 como coeficiente sísmico mínimo.

Cálculo del valor de cortante basal

$$V_B = C_S W_S$$

$$V_B = 0,33 * 1\ 742,81\ T = 575,13\ T.$$

### **2.1.8.2. Distribución de fuerzas sísmicas por nivel**

La fuerza sísmica va relacionada con la altura y el peso de cada nivel; los niveles superiores soportan mayor fuerza sísmica debido a que la altura desde la base es mayor que la altura de niveles inferiores. Dicha fuerza debe distribuirse a los diversos miembros verticales del sistema sismorresistente para que sean transmitidas a las cimentaciones.

Estos cálculos se realizaron con base en la sección 2.2 de la Norma AGIES NSE 3-10. La cual indica lo siguiente:

$$F_x = C_{vx} V_B$$

Donde:

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

$F_x$  = es el cortante de cedencia en el nivel x de la edificación

$h_x$  = es la altura del nivel x sobre la base

$k = 1$  para  $T \leq 0,5$  s

$k = 0,75 + 0,5 Ts$  para  $0,5 < T \leq 2,5$  s

$k = 2$  para  $T > 2,5$  s

Se utilizará  $k = 1$  ya que el periodo de la estructura es menor que 0,5 segundos.

Tabla XX. **Peso y altura por nivel**

Nivel	Altura $h_x$ (m)	Peso por nivel $W_i$ (Ton)	$W_i * h_i$ (Ton*m)
2	6	719,21	4 315,26
1	3	908,55	2 725,65
		$\Sigma$	7 040,91

Fuente: elaboración propia.

$$C_{vx1} = \frac{(908,55)(3)}{(7\ 040,91)} = 0,3871$$

$$C_{vx2} = \frac{(719,21)(6)}{(7\ 040,91)} = 0,6129$$

Luego se calcula la fuerza por nivel:

$$F_1 = 0,3871 (575,13) = 222,63 \text{ toneladas.}$$

$$F_2 = 0,6129 (575,13) = 352,49 \text{ toneladas.}$$

### 2.1.9. Cálculo de momentos de volteo

Tabla XXI. Momentos de volteo

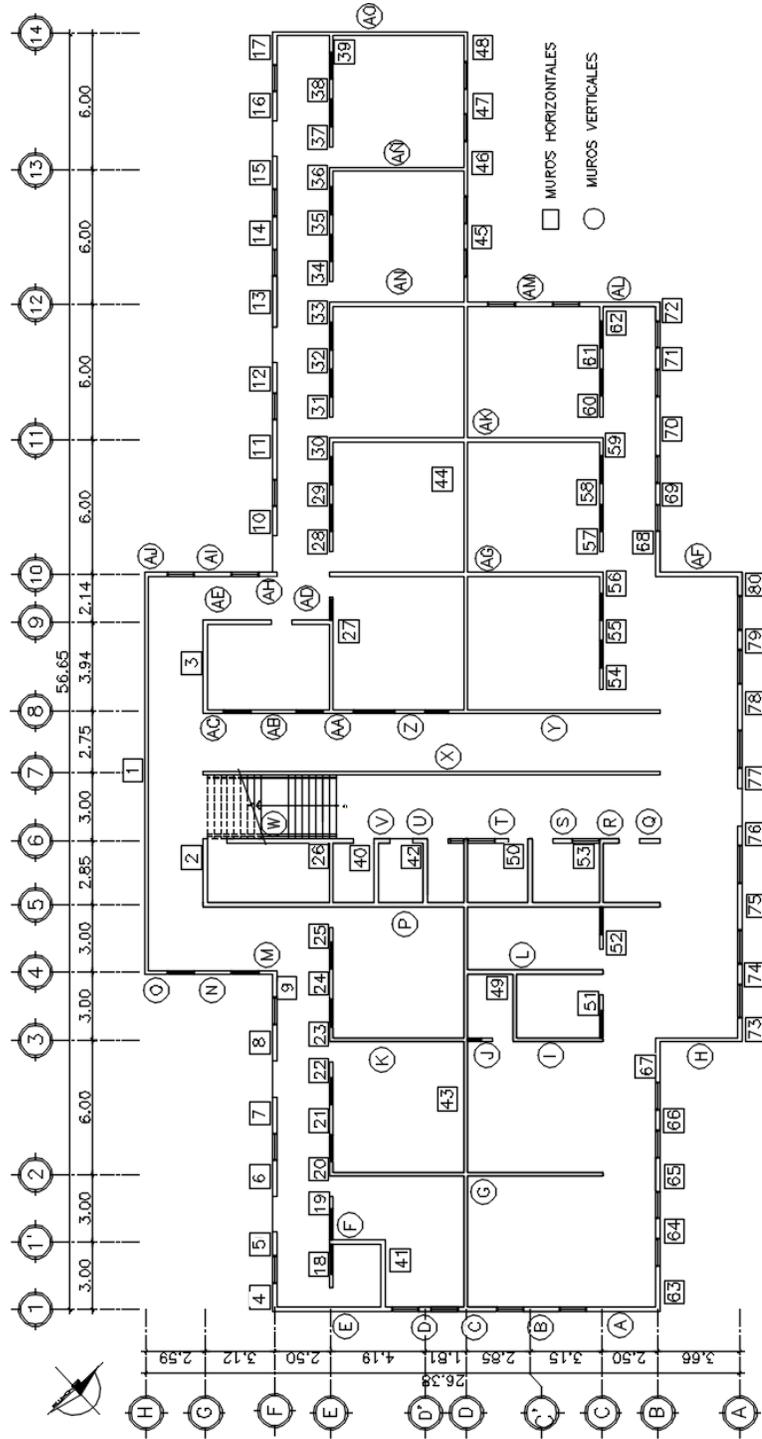
Nivel	Fi (Ton)	Altura Hi (m)	Fi * hi (Ton m)	Hi-hx	Mvi (Ton-m)
2	222,63	6	1 335,78	0	0
1	352,49	3	1 057,47	3,00	667,89
0	0	0	0	3,00	2 393,25
$\Sigma F_i * h_i$			2 393,25		

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Solución por el método simplista

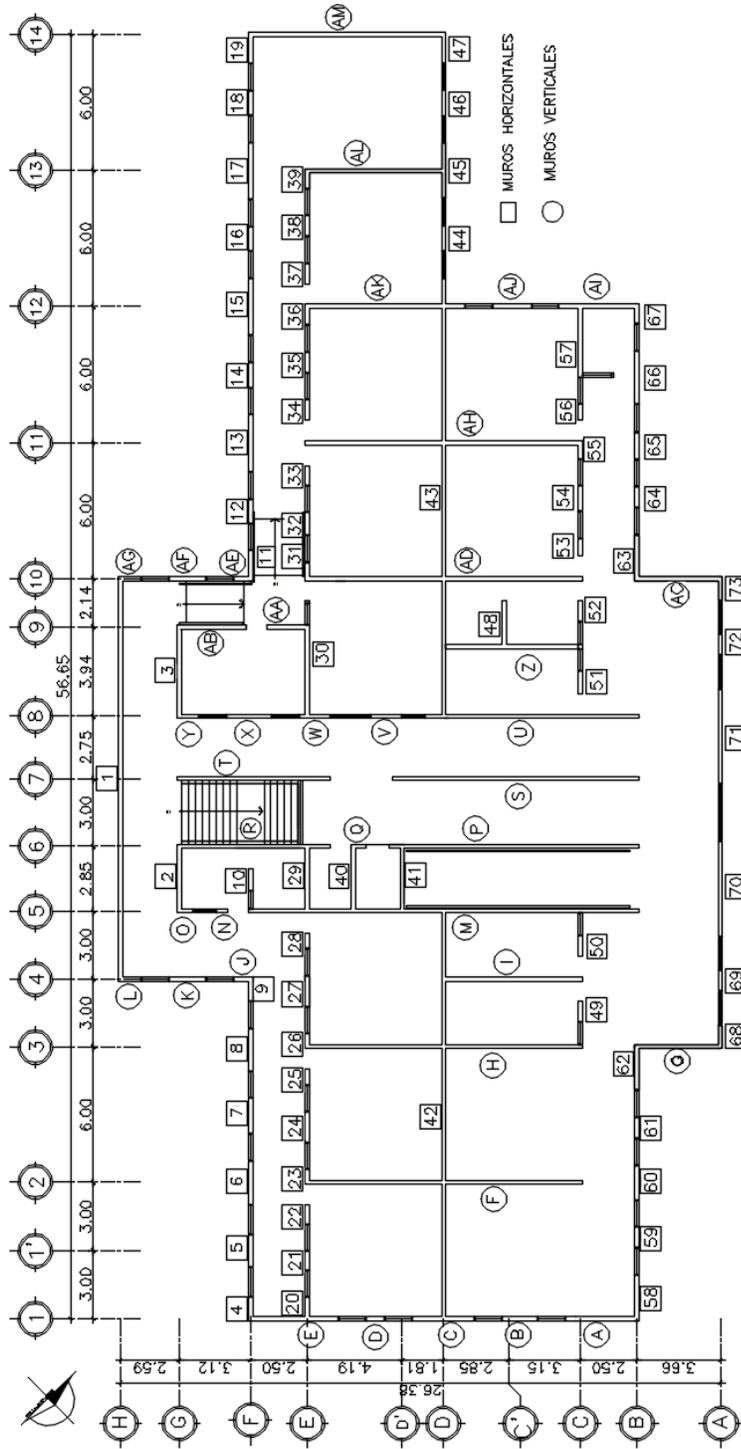
Como primer paso se deben de enumerar los muros de los ejes x y y como se muestra en los siguientes planos.

Figura 12. Muros estructurales primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 13. Muros estructurales segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Como resultado se tiene las tablas XXII y XXIII, en las cuales se muestran las longitudes de los muros que se utilizaran en el diseño del edificio.

**Tabla XXII. Distribución de muros estructurales de primer nivel**

Muros primer nivel (sentido x)		Muros primer nivel (sentido x)		Muros primer nivel (sentido x)		Muros primer nivel (sentido y)		Muros primer nivel (sentido y)	
Muro	Longitud (m)								
1	17,86	28	0,9	55	0,93	A	3,26	AB	2,02
2	3,04	29	0,9	56	0,92	B	1,58	AC	0,95
3	4,13	30	0,9	57	0,93	C	1,73	AD	1,85
4	1,26	31	0,9	58	0,93	D	0,54	AE	3,06
5	1,07	32	0,9	59	0,84	E	5,3	AF	3,85
6	1,6	33	0,9	60	0,93	F	2,53	AG	12,19
7	1,6	34	0,9	61	0,93	G	12,19	AH	0,83
8	1,62	35	0,9	62	0,84	H	3,85	AI	1,66
9	1,22	36	0,9	63	2,02	I	4,03	AJ	1,02
10	1,33	37	0,9	64	0,93	J	0,47	AK	12,19
11	2,65	38	0,9	65	1,49	K	6,19	AL	3,54
12	1,33	39	0,91	66	0,93	L	6,19	AM	1,71
13	2,25	40	3,04	67	2,02	M	0,83	AN	7,04
14	1,47	41	3,19	68	2,02	N	1,66	AÑ	6,19
15	1,45	42	3,04	69	0,93	O	1,02	AO	8,69
16	1,27	43	21,02	70	2,65	P	20,29		
17	1,46	44	19,41	71	0,95	Q	0,88		
18	0,55	45	1,13	72	0,84	R	0,9		
19	0,55	46	2,47	73	1,06	S	0,86		
20	0,67	47	1,13	74	0,90	T	0,56		
21	1,34	48	1,34	75	2,06	U	0,69		
22	0,69	49	3,19	76	0,88	V	0,69		
23	0,67	50	3,04	77	0,88	W	5,63		
24	1,34	51	0,71	78	2,06	X	20,29		
25	0,67	52	0,69	79	0,90	Y	9,39		
26	3,04	53	3,04	80	1,06	Z	1,34		
27	4,13	54	0,93			AA	1,36		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Distribución de muros estructurales de segundo nivel**

Muros segundo nivel (sentido x)		Muros segundo nivel (sentido x)		Muros segundo nivel (sentido x)		Muros segundo nivel (sentido y)		Muros segundo nivel (sentido y)	
1	17,86	33	0,9	65	1,2	A	3,26	AG	1,02
2	3,04	34	0,9	66	2,35	B	1,58	AH	12,19
3	4,13	35	0,9	67	0,84	C	2,74	AI	3,54
4	1,04	36	0,9	68	1,06	D	0,84	AJ	1,71
5	1,43	37	0,9	69	0,9	E	3,98	AK	7,04
6	1,9	38	0,9	70	4,16	F	12,19	AL	6,19
7	1,43	39	0,9	71	4,18	G	3,85	AM	8,69
8	1,74	40	3,04	72	0,90	H	12,19		
9	1,04	41	3,04	73	1,06	I	6,19		
10	0,96	42	18,17			J	0,83		
11	1,34	43	19,41			K	1,66		
12	1,09	44	1,13			L	1,02		
13	2,51	45	2,47			M	17,17		
14	1,09	46	1,13			N	0,52		
15	2,51	47	1,34			O	0,71		
16	1,09	48	2,1			P	10,98		
17	2,51	49	0,91			Q	0,69		
18	1,09	50	0,89			R	6,72		
19	1,37	51	0,99			S	10,83		
20	1,03	52	0,91			T	6,69		
21	0,84	53	0,77			U	9,39		
22	0,83	54	1,07			V	1,34		
23	0,67	55	0,78			W	1,4		
24	1,34	56	0,72			X	2,02		
25	0,69	57	3,19			Y	0,95		
26	0,67	58	2,02			Z	6,19		
27	1,34	59	0,93			AA	1,85		
28	0,67	60	1,49			AB	3,06		
29	3,04	61	0,93			AC	3,85		
30	4,13	62	2,02			AD	12,19		
31	0,82	63	2,02			AE	0,83		
32	0,98	64	0,93			AF	1,66		

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10.1. Localización de centro de masa de la estructura

El centro de masa es el punto donde se concentra todo el peso de la estructura, para lo cual se realizaron los siguientes cálculos.

Tabla XXIV. Centro de masa de la estructura primer nivel sentido x

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
1	17,86	23,81	26,37	425,25	470,97
2	3,04	19,50	23,78	59,28	72,29
3	4,13	28,54	23,78	117,87	98,21
4	1,26	0,53	20,66	0,67	26,03
5	1,07	2,89	20,66	3,09	22,11
6	1,60	5,83	20,66	9,33	33,06
7	1,60	8,63	20,66	13,81	33,06
8	1,62	11,83	20,66	19,16	33,47
9	1,22	14,46	20,66	17,64	25,21
10	1,33	35,00	20,66	46,55	27,48
11	2,65	38,19	20,66	101,20	54,75
12	1,33	41,39	20,66	55,05	27,48
13	2,25	44,77	20,66	100,73	46,49
14	1,47	47,83	20,66	70,31	30,37
15	1,45	50,48	20,66	73,20	29,96
16	1,27	53,45	20,66	67,88	26,24
17	1,46	56,01	20,66	81,77	30,16
18	0,55	1,27	18,16	0,70	9,99
19	0,55	4,72	18,16	2,60	9,99
20	0,67	6,24	18,16	4,18	12,17
21	1,34	8,44	18,16	11,31	24,33
22	0,69	10,66	18,16	7,36	12,53
23	0,67	12,24	18,16	8,20	12,17
24	1,34	14,44	18,16	19,35	24,33
25	0,67	16,65	18,16	11,16	12,17

Continuación de la tabla XXIV.

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
26	3,04	19,40	18,16	58,98	55,21
27	4,13	28,54	18,16	117,87	75,00
28	0,90	34,09	18,16	30,68	16,34
29	0,90	36,19	18,16	32,57	16,34
30	0,90	38,29	18,16	34,46	16,34
31	0,90	40,09	18,16	36,08	16,34
32	0,90	42,19	18,16	37,97	16,34
33	0,90	44,29	18,16	39,86	16,34
34	0,90	46,09	18,16	41,48	16,34
35	0,90	48,19	18,16	43,37	16,34
36	0,90	50,29	18,16	45,26	16,34
37	0,90	52,09	18,16	46,88	16,34
38	0,90	54,19	18,16	48,77	16,34
39	0,91	56,29	18,16	51,22	16,53
40	3,04	19,40	16,16	58,98	49,13
41	3,19	1,50	15,82	4,79	50,47
42	3,04	19,40	13,87	58,98	42,16
43	21,02	10,41	12,16	218,82	255,60
44	19,41	36,18	12,16	702,25	236,03
45	1,13	47,65	12,16	53,84	13,74
46	2,47	50,65	12,16	125,11	30,04
47	1,13	53,65	12,16	60,62	13,74
48	1,34	56,08	12,16	75,15	16,29
49	3,19	13,50	10,00	43,07	31,90
50	3,04	19,40	9,30	58,98	28,27
51	0,71	13,65	6,16	9,69	4,37
52	0,69	16,34	6,16	11,27	4,25
53	3,04	19,40	6,16	58,98	18,73
54	0,93	28,03	6,16	26,07	5,73
55	0,93	30,16	6,16	28,05	5,73
56	0,92	32,28	6,16	29,70	5,67
57	0,93	34,11	6,16	31,72	5,73
58	0,93	36,24	6,16	33,70	5,73
59	0,84	38,32	6,16	32,19	5,17
60	0,93	40,11	6,16	37,30	5,73

Continuación de la tabla XXIV.

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
61	0,93	43,24	6,16	40,21	5,73
62	0,84	44,32	6,16	37,23	5,17
63	2,02	0,91	3,66	1,84	7,39
64	0,93	3,59	3,66	3,34	3,40
65	1,49	6,00	3,66	8,94	5,45
66	0,93	8,41	3,66	7,82	3,40
67	2,02	11,70	3,66	23,63	7,39
68	2,02	33,55	3,66	67,77	7,39
69	0,93	36,24	3,66	33,70	3,40
70	2,65	39,22	3,66	103,93	9,70
71	0,95	42,22	3,66	40,11	3,48
72	0,84	44,22	3,66	37,14	3,07
73	1,06	12,43	0,00	13,18	0,00
74	0,90	14,91	0,00	13,42	0,00
75	2,06	17,88	0,00	36,83	0,00
76	0,88	21,06	0,00	18,53	0,00
77	0,88	23,58	0,00	20,75	0,00
78	2,06	26,75	0,00	55,11	0,00
79	0,90	29,73	0,00	26,76	0,00
80	1,06	32,21	0,00	34,14	0,00
Σ	170,27			4 376,74	2 430,71

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Centro de masa de la estructura primer nivel sentido y**

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
A	3,26	0,00	5,20	0,00	16,95
B	1,58	0,00	8,81	0,00	13,92
C	1,73	0,00	11,66	0,00	20,17
D	0,54	0,00	13,99	0,00	7,55
E	5,30	0,00	18,11	0,00	95,98
F	2,53	3,00	16,99	7,59	42,98
G	12,19	6,00	12,16	73,14	148,23
H	3,85	12,00	1,83	46,20	7,05
I	4,03	12,00	8,08	48,36	32,56
J	0,47	12,00	11,23	5,64	5,28
K	6,19	12,00	15,16	74,28	93,84
L	6,19	15,00	9,16	92,85	56,70
M	0,83	15,00	20,98	12,45	17,41
N	1,66	15,00	23,42	24,90	38,88
O	1,02	15,00	25,96	15,30	26,48
P	20,29	18,00	13,73	365,22	278,58
Q	0,88	20,83	4,03	18,33	3,55
R	0,90	20,83	5,81	18,75	5,23
S	0,86	20,83	7,89	17,91	6,79
T	0,56	20,83	10,59	11,66	5,93
U	0,69	20,83	14,22	14,37	9,81
V	0,69	20,83	15,91	14,37	10,98
W	5,63	20,83	19,97	117,27	112,43
X	20,29	23,83	13,73	483,51	278,58
Y	9,39	26,57	8,28	249,49	77,75
Z	1,34	26,57	14,65	35,60	19,63
AA	1,36	26,57	22,41	36,14	30,48
AB	2,02	26,57	19,03	53,67	38,44
AC	0,95	26,57	25,85	25,24	24,56
AD	1,85	30,51	23,48	56,44	43,44
AE	3,06	30,51	21,16	93,36	64,75
AF	3,85	32,65	12,16	125,70	46,82
AG	12,19	32,65	1,83	398,00	22,31
AH	0,83	32,65	12,16	27,10	10,09

Continuación de la tabla XXV.

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
AI	1,66	32,65	14,52	54,20	24,10
AJ	1,02	32,65	9,00	33,30	9,18
AK	12,19	38,65	5,39	471,14	65,70
AL	3,54	44,65	15,16	158,06	53,67
AM	1,71	44,65	16,41	76,35	28,06
AN	7,04	44,65	16,41	314,34	115,53
AO	6,19	50,65	16,41	313,52	101,58
AP	8,69	56,65	16,41	492,29	142,60
Σ	181,04			4 476,07	2 254,55

Fuente: elaboración propia.

Centro de masa de primer nivel

$$x = \frac{\sum L * x}{\sum L} = \frac{4\,376,74 + 4\,476,07}{170,27 + 181,04} = 25,20$$

$$y = \frac{\sum L * y}{\sum L} = \frac{2\,430,71 + 2\,254,55}{170,27 + 181,04} = 13,34$$

Tabla XXVI. Centro de masa de la estructura segundo nivel sentido x

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
1	17,86	23,81	26,38	425,25	471,15
2	3,04	19,40	23,79	58,98	72,32
3	4,13	28,54	23,79	117,87	98,25
4	1,04	0,43	20,66	0,45	21,49
5	1,43	3,00	20,66	4,29	29,54
6	1,90	6,00	20,66	11,40	39,25
7	1,43	9,00	20,66	12,87	29,54
8	1,74	11,92	20,66	20,74	35,95
9	1,04	14,55	20,66	15,13	21,49
10	0,96	19,35	20,66	18,58	19,83
11	1,34	33,22	20,66	44,51	27,68
12	1,09	35,64	20,66	38,85	22,52
13	2,51	38,64	20,66	96,99	51,86
14	1,09	41,64	20,66	45,39	22,52
15	2,51	44,64	20,66	112,05	51,86
16	1,09	47,64	20,66	51,93	22,52
17	2,51	50,64	20,66	127,11	51,86
18	1,09	53,64	20,66	58,47	22,52
19	1,37	56,07	20,66	76,82	28,30
20	1,03	0,42	18,16	0,43	18,70
21	0,84	2,56	18,16	2,15	15,25
22	0,83	4,61	18,16	3,83	15,07
23	0,67	6,24	18,16	4,18	12,17
24	1,34	8,45	18,16	11,32	24,33
25	0,69	10,66	18,16	7,36	12,53
26	0,67	12,24	18,16	8,20	12,17
27	1,34	15,45	18,16	20,70	24,33
28	0,67	16,65	18,16	11,16	12,17
29	3,04	19,40	18,16	58,98	55,21
30	4,13	28,54	18,16	117,87	75,00
31	0,82	32,97	18,16	27,04	14,89
32	0,98	35,07	18,16	34,37	17,80
33	0,90	37,21	18,16	33,49	16,34

Continuación de la tabla XXVI.

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
34	0,90	40,10	18,16	36,09	16,34
35	0,90	42,20	18,16	37,98	16,34
36	0,90	44,30	18,16	39,87	16,34
37	0,90	46,10	18,16	41,49	16,34
38	0,90	48,20	18,16	43,38	16,34
39	0,90	50,30	18,16	45,27	16,34
40	3,04	19,40	16,16	58,98	49,13
41	3,04	19,40	13,96	58,98	42,44
42	18,17	8,99	12,16	163,35	220,95
43	19,41	36,18	12,16	702,25	236,03
44	1,13	47,65	12,16	53,84	13,74
45	2,47	50,65	12,16	125,11	30,04
46	1,13	53,65	12,16	60,62	13,74
47	1,34	56,08	12,16	75,15	16,29
48	2,10	30,61	9,50	64,28	19,95
49	0,91	13,55	6,16	12,33	5,61
50	0,89	16,44	6,16	14,63	5,48
51	0,99	28,06	6,16	27,78	6,10
52	0,91	31,20	6,16	28,39	5,61
53	0,77	34,03	6,16	26,20	4,74
54	1,07	36,19	6,16	38,72	6,59
55	0,78	38,36	6,16	29,92	4,80
56	0,72	40,00	6,16	28,80	4,44
57	3,19	43,15	6,16	137,65	19,65
58	2,02	0,92	3,66	1,86	7,39
59	0,93	3,59	3,66	3,34	3,40
60	1,49	6,00	3,66	8,94	5,45
61	0,93	8,41	3,66	7,82	3,40
62	2,02	11,09	3,66	22,40	7,39
63	2,02	33,57	3,66	67,81	7,39
64	0,93	36,24	3,66	33,70	3,40
65	1,20	28,51	3,66	34,21	4,39
66	2,35	41,53	3,66	97,60	8,60
67	0,84	44,33	3,66	37,24	3,07

Continuación de la tabla XXVI.

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
68	1,06	12,44	0,00	13,19	0,00
69	0,90	14,92	0,00	13,43	0,00
70	4,16	18,94	0,00	78,79	0,00
71	4,18	25,71	0,00	107,47	0,00
72	0,90	29,73	0,00	26,76	0,00
73	1,06	32,21	0,00	34,14	0,00
$\Sigma$	161,57			4 218,47	2 323,72

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Centro de masa de la estructura segundo nivel sentido y**

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
A	3,26	0,00	15,67	0,00	51,08
B	1,58	0,00	8,90	0,00	14,06
C	2,74	0,00	5,29	0,00	14,49
D	0,84	0,00	12,16	0,00	10,21
E	3,98	0,00	12,16	0,00	48,40
F	12,19	3,00	1,91	36,57	23,28
G	3,85	12,00	25,80	46,20	99,33
H	12,19	12,00	23,48	146,28	286,22
I	6,19	15,00	21,16	92,85	130,98
J	0,83	15,00	9,09	12,45	7,54
K	1,66	15,00	12,17	24,90	20,20
L	1,02	15,00	10,93	15,30	11,15
M	17,17	18,00	13,68	309,06	234,89
N	0,52	18,00	21,12	9,36	10,98
O	0,71	18,00	23,53	12,78	16,71
P	10,98	20,83	17,89	228,71	196,43
Q	0,69	20,83	14,55	14,37	10,04
R	6,72	20,83	8,24	139,98	55,37
S	10,83	23,83	9,09	258,08	98,44

Continuación de la tabla XXVII.

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y
T	6,69	23,83	22,22	159,42	148,65
U	9,39	26,57	18,97	249,49	178,13
V	1,34	26,57	25,85	35,60	34,64
W	1,40	26,57	23,48	37,20	32,87
X	2,02	26,57	21,21	53,67	42,84
Y	0,95	26,57	12,11	25,24	11,50
Z	6,19	29,65	1,91	183,53	11,82
AA	1,85	30,51	12,16	56,44	22,50
AB	3,06	30,51	14,42	93,36	44,13
AC	3,85	32,65	9,00	125,70	34,65
AD	12,19	32,65	5,39	398,00	65,70
AE	0,83	32,65	15,19	27,10	12,61
AF	1,66	32,65	16,42	54,20	27,26
AG	1,02	32,65	16,42	33,30	16,75
AH	12,19	38,65	16,42	471,14	200,16
AI	3,54	44,65	16,42	158,06	58,13
AJ	1,71	44,65	16,42	76,35	28,08
AK	7,04	44,65	16,42	314,34	115,60
AL	6,19	50,65	16,42	313,52	101,64
AM	8,69	56,65	16,42	492,29	142,69
Σ	189,75			4 704,87	2 670,17

Fuente: elaboración propia.

Centro de masa de segundo nivel

$$x = \frac{\sum L * x}{\sum L} = \frac{4 218,47 + 4 704,87}{161,57 + 189,75}$$

$$y = \frac{\sum L * y}{\sum L} = \frac{2 323,72 + 2 670,17}{161,57 + 189,75}$$

### 2.1.10.2. Localización del centro de rigidez

La rigidez está relacionada con la deformación de la edificación ante la acción de las cargas. La estructura deberá tener suficiente cantidad de elementos para que la deformación lateral no sea excesiva y que pueda causar daños en muros o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones. La rigidez viene dada por la expresión:

$$R = 1 / \Delta$$

Donde:

R = rigidez relativa del elemento estructural  
 $\Delta$  = deformación por flexión más la deformación por corte

La rigidez de los muros deberá determinarse según los siguientes lineamientos

- La rigidez dependerá del grado de fijación de los muros tanto superior como inferior.
- La determinación de la rigidez relativa de los muros podrá efectuarse admitiendo un comportamiento elástico lineal.
- Deberán considerarse las deformaciones originadas por las sollicitaciones de flexión y corte.

Si el muro esta en voladizo se deberá de usar la fórmula que está dada a continuación:

$$\Delta_{voladizo} = \left( \frac{P}{Em * t} \right) * \left[ \left( \frac{h}{d} \right)^3 + 3 \left( \frac{h}{d} \right) \right]$$

Si el muro esta empotrado se debe usar la fórmula que está dada a continuación:

$$\Delta_{empotrado} = \left( \frac{P}{Em * t} \right) \left[ 4 \left( \frac{h}{d} \right)^3 + 3 \left( \frac{h}{d} \right) \right]$$

La rigidez quedará en función del módulo de elasticidad de la mampostería para trabajar con valores pequeñas, tomando en cuenta que no afecta en el análisis.

Tabla XXVIII. **Cálculos para determinar centro de rigidez primer nivel  
sentido x**

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
1	17,86	19,98	23,81	26,37	425,25	470,97	-	526,84
2	3,04	1,60	19,50	23,78	59,28	72,29	-	38,09
3	4,13	2,90	28,54	23,78	117,87	98,21	-	68,96
4	1,26	0,18	0,53	20,66	0,67	26,03	-	3,78
5	1,07	0,12	2,89	20,66	3,09	22,11	-	2,40
6	1,60	0,35	5,83	20,66	9,33	33,06	-	7,19
7	1,60	0,35	8,63	20,66	13,81	33,06	-	7,19
8	1,62	0,36	11,83	20,66	19,16	33,47	-	7,43
9	1,22	0,17	14,46	20,66	17,64	25,21	-	3,46
10	1,33	0,21	35,00	20,66	46,55	27,48	-	4,39
11	2,65	1,19	38,19	20,66	101,20	54,75	-	24,61
12	1,33	0,21	41,39	20,66	55,05	27,48	-	4,39
13	2,25	0,82	44,77	20,66	100,73	46,49	-	16,89
14	1,47	0,28	47,83	20,66	70,31	30,37	-	5,75
15	1,45	0,27	50,48	20,66	73,20	29,96	-	5,54
16	1,27	0,19	53,45	20,66	67,88	26,24	-	3,87
17	1,46	0,27	56,01	20,66	81,77	30,16	-	5,64
18	0,55	0,02	1,27	18,16	0,70	9,99	-	0,31
19	0,55	0,02	4,72	18,16	2,60	9,99	-	0,31
20	0,67	0,03	6,24	18,16	4,18	12,17	-	0,55
21	1,34	0,22	8,44	18,16	11,31	24,33	-	3,93
22	0,69	0,03	10,66	18,16	7,36	12,53	-	0,60
23	0,67	0,03	12,24	18,16	8,20	12,17	-	0,55
24	1,34	0,22	14,44	18,16	19,35	24,33	-	3,93
25	0,67	0,03	16,65	18,16	11,16	12,17	-	0,55
26	3,04	1,60	19,40	18,16	58,98	55,21	-	29,09
27	4,13	2,90	28,54	18,16	117,87	75,00	-	52,66
28	0,90	0,07	34,09	18,16	30,68	16,34	-	1,29
29	0,90	0,07	36,19	18,16	32,57	16,34	-	1,29
30	0,90	0,07	38,29	18,16	34,46	16,34	-	1,29
31	0,90	0,07	40,09	18,16	36,08	16,34	-	1,29
32	0,90	0,07	42,19	18,16	37,97	16,34	-	1,29
33	0,90	0,07	44,29	18,16	39,86	16,34	-	1,29

Continuación de la tabla XXVIII.

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
34	0,90	0,07	46,09	18,16	41,48	16,34	-	1,29
35	0,90	0,07	48,19	18,16	43,37	16,34	-	1,29
36	0,90	0,07	50,29	18,16	45,26	16,34	-	1,29
37	0,90	0,07	52,09	18,16	46,88	16,34	-	1,29
38	0,90	0,07	54,19	18,16	48,77	16,34	-	1,29
39	0,91	0,07	56,29	18,16	51,22	16,53	-	1,33
40	3,04	1,60	19,40	16,16	58,98	49,13	-	25,88
41	3,19	1,77	1,50	15,82	4,79	50,47	-	27,99
42	3,04	1,60	19,40	13,87	58,98	42,16	-	22,22
43	21,02	23,73	10,41	12,16	218,82	255,60	-	288,61
44	19,41	21,82	36,18	12,16	702,25	236,03	-	265,39
45	1,13	0,14	47,65	12,16	53,84	13,74	-	1,65
46	2,47	1,02	50,65	12,16	125,11	30,04	-	12,36
47	1,13	0,14	53,65	12,16	60,62	13,74	-	1,65
48	1,34	0,22	56,08	12,16	75,15	16,29	-	2,63
49	3,19	1,77	13,50	10,00	43,07	31,90	-	17,69
50	3,04	1,60	19,40	9,30	58,98	28,27	-	14,90
51	0,71	0,04	13,65	6,16	9,69	4,37	-	0,22
52	0,69	0,03	16,34	6,16	11,27	4,25	-	0,20
53	3,04	1,60	19,40	6,16	58,98	18,73	-	9,87
54	0,93	0,08	28,03	6,16	26,07	5,73	-	0,48
55	0,93	0,08	30,16	6,16	28,05	5,73	-	0,48
56	0,92	0,08	32,28	6,16	29,70	5,67	-	0,47
57	0,93	0,08	34,11	6,16	31,72	5,73	-	0,48
58	0,93	0,08	36,24	6,16	33,70	5,73	-	0,48
59	0,84	0,06	38,32	6,16	32,19	5,17	-	0,36
60	0,93	0,08	40,11	6,16	37,30	5,73	-	0,48
61	0,93	0,08	43,24	6,16	40,21	5,73	-	0,48
62	0,84	0,06	44,32	6,16	37,23	5,17	-	0,36
63	2,02	0,63	0,91	3,66	1,84	7,39	-	2,31
64	0,93	0,08	3,59	3,66	3,34	3,40	-	0,29
65	1,49	0,29	6,00	3,66	8,94	5,45	-	1,06
66	0,93	0,08	8,41	3,66	7,82	3,40	-	0,29
67	2,02	0,63	11,70	3,66	23,63	7,39	-	2,31
68	2,02	0,63	33,55	3,66	67,77	7,39	-	2,31
69	0,93	0,08	36,24	3,66	33,70	3,40	-	0,29

Continuación de la tabla XXVIII.

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
70	2,65	1,19	39,22	3,66	103,93	9,70	-	4,36
71	0,95	0,08	42,22	3,66	40,11	3,48	-	0,30
72	0,84	0,06	44,22	3,66	37,14	3,07	-	0,21
73	1,06	0,11	12,43	0,00	13,18	0,00	-	0,00
74	0,90	0,07	14,91	0,00	13,42	0,00	-	0,00
75	2,06	0,66	17,88	0,00	36,83	0,00	-	0,00
76	0,88	0,07	21,06	0,00	18,53	0,00	-	0,00
77	0,88	0,07	23,58	0,00	20,75	0,00	-	0,00
78	2,06	0,66	26,75	0,00	55,11	0,00	-	0,00
79	0,90	0,07	29,73	0,00	26,76	0,00	-	0,00
80	1,06	0,11	32,21	0,00	34,14	0,00		0,00
Σ	170,27	98,70			4 376,74	2 430,71		1 553,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Cálculos para determinar centro de rigidez primer nivel sentido y**

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
A	3,26	1,85	0,00	5,20	0,00	16,95	0,00	-
B	1,58	0,34	0,00	8,81	0,00	13,92	0,00	-
C	1,73	0,43	0,00	11,66	0,00	20,17	0,00	-
D	0,54	0,02	0,00	13,99	0,00	7,55	0,00	-
E	5,30	4,40	0,00	18,11	0,00	95,98	0,00	-
F	2,53	1,07	3,00	16,99	7,59	42,98	3,22	-
G	12,19	13,13	6,00	12,16	73,14	148,23	78,79	-
H	3,85	2,55	12,00	1,83	46,20	7,05	30,62	-
I	4,03	2,77	12,00	8,08	48,36	32,56	33,30	-
J	0,47	0,01	12,00	11,23	5,64	5,28	0,13	-
K	6,19	5,56	12,00	15,16	74,28	93,84	66,72	-
L	6,19	5,56	15,00	9,16	92,85	56,70	83,39	-
M	0,83	0,06	15,00	20,98	12,45	17,41	0,84	-

Continuación de la tabla XXIX.

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
N	1,66	0,38	15,00	23,42	24,90	38,88	5,75	-
O	1,02	0,10	15,00	25,96	15,30	26,48	1,52	-
P	20,29	22,87	18,00	13,73	365,22	278,58	411,65	-
Q	0,88	0,07	20,83	4,03	18,33	3,55	1,39	-
R	0,90	0,07	20,83	5,81	18,75	5,23	1,48	-
S	0,86	0,06	20,83	7,89	17,91	6,79	1,30	-
T	0,56	0,02	20,83	10,59	11,66	5,93	0,37	-
U	0,69	0,03	20,83	14,22	14,37	9,81	0,69	-
V	0,69	0,03	20,83	15,91	14,37	10,98	0,69	-
W	5,63	4,83	20,83	19,97	117,27	112,43	100,62	-
X	20,29	22,87	23,83	13,73	483,51	278,58	544,98	-
Y	9,39	9,66	26,57	8,28	249,49	77,75	256,58	-
Z	1,34	0,22	26,57	14,65	35,60	19,63	5,76	-
AA	1,36	0,23	26,57	22,41	36,14	30,48	5,99	-
AB	2,02	0,63	26,57	19,03	53,67	38,44	16,74	-
AC	0,95	0,08	26,57	25,85	25,24	24,56	2,20	-
AD	1,85	0,51	30,51	23,48	56,44	43,44	15,44	-
AE	3,06	1,62	30,51	21,16	93,36	64,75	49,54	-
AF	3,85	2,55	32,65	12,16	125,70	46,82	83,32	-
AG	12,19	13,13	32,65	1,83	398,00	22,31	428,74	-
AH	0,83	0,06	32,65	12,16	27,10	10,09	1,84	-
AI	1,66	0,38	32,65	14,52	54,20	24,10	12,51	-
AJ	1,02	0,10	32,65	9,00	33,30	9,18	3,31	-
AK	12,19	13,13	38,65	5,39	471,14	65,70	507,53	-
AL	3,54	2,18	44,65	15,16	158,06	53,67	97,18	-
AM	1,71	0,41	44,65	16,41	76,35	28,06	18,48	-
AN	7,04	6,66	44,65	16,41	314,34	115,53	297,44	-
AO	6,19	5,56	50,65	16,41	313,52	101,58	281,60	-
AP	8,69	8,77	56,65	16,41	492,29	142,60	496,99	-
Σ	181,04	154,97			4 476,07	2 254,55	3 948,67	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Cálculos para determinar centro de rigidez segundo nivel  
sentido x**

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
1	17,86	19,98	23,81	26,38	425,25	471,15	-	527,04
2	3,04	1,60	19,40	23,79	58,98	72,32	-	38,11
3	4,13	2,90	28,54	23,79	117,87	98,25	-	68,99
4	1,04	0,11	0,43	20,66	0,45	21,49	-	2,22
5	1,43	0,26	3,00	20,66	4,29	29,54	-	5,34
6	1,90	0,54	6,00	20,66	11,40	39,25	-	11,18
7	1,43	0,26	9,00	20,66	12,87	29,54	-	5,34
8	1,74	0,43	11,92	20,66	20,74	35,95	-	8,94
9	1,04	0,11	14,55	20,66	15,13	21,49	-	2,22
10	0,96	0,09	19,35	20,66	18,58	19,83	-	1,77
11	1,34	0,22	33,22	20,66	44,51	27,68	-	4,48
12	1,09	0,12	35,64	20,66	38,85	22,52	-	2,53
13	2,51	1,05	38,64	20,66	96,99	51,86	-	21,78
14	1,09	0,12	41,64	20,66	45,39	22,52	-	2,53
15	2,51	1,05	44,64	20,66	112,05	51,86	-	21,78
16	1,09	0,12	47,64	20,66	51,93	22,52	-	2,53
17	2,51	1,05	50,64	20,66	127,11	51,86	-	21,78
18	1,09	0,12	53,64	20,66	58,47	22,52	-	2,53
19	1,37	0,23	56,07	20,66	76,82	28,30	-	4,75
20	1,03	0,10	0,42	18,16	0,43	18,70	-	1,89
21	0,84	0,06	2,56	18,16	2,15	15,25	-	1,06
22	0,83	0,06	4,61	18,16	3,83	15,07	-	1,02
23	0,67	0,03	6,24	18,16	4,18	12,17	-	0,55
24	1,34	0,22	8,45	18,16	11,32	24,33	-	3,93
25	0,69	0,03	10,66	18,16	7,36	12,53	-	0,60
26	0,67	0,03	12,24	18,16	8,20	12,17	-	0,55
27	1,34	0,22	15,45	18,16	20,70	24,33	-	3,93
28	0,67	0,03	16,65	18,16	11,16	12,17	-	0,55
29	3,04	1,60	19,40	18,16	58,98	55,21	-	29,09
30	4,13	2,90	28,54	18,16	117,87	75,00	-	52,66
31	0,82	0,05	32,97	18,16	27,04	14,89	-	0,99
32	0,98	0,09	35,07	18,16	34,37	17,80	-	1,65

Continuación de la tabla XXX.

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
33	0,90	0,07	37,21	18,16	33,49	16,34	-	1,29
34	0,90	0,07	40,10	18,16	36,09	16,34	-	1,29
35	0,90	0,07	42,20	18,16	37,98	16,34	-	1,29
36	0,90	0,07	44,30	18,16	39,87	16,34	-	1,29
37	0,90	0,07	46,10	18,16	41,49	16,34	-	1,29
38	0,90	0,07	48,20	18,16	43,38	16,34	-	1,29
39	0,90	0,07	50,30	18,16	45,27	16,34	-	1,29
40	3,04	1,60	19,40	16,16	58,98	49,13	-	25,88
41	3,04	1,60	19,40	13,96	58,98	42,44	-	22,36
42	18,17	20,35	8,99	12,16	163,35	220,95	-	247,44
43	19,41	21,82	36,18	12,16	702,25	236,03	-	265,39
44	1,13	0,14	47,65	12,16	53,84	13,74	-	1,65
45	2,47	1,02	50,65	12,16	125,11	30,04	-	12,36
46	1,13	0,14	53,65	12,16	60,62	13,74	-	1,65
47	1,34	0,22	56,08	12,16	75,15	16,29	-	2,63
48	2,10	0,69	30,61	9,50	64,28	19,95	-	6,58
49	0,91	0,07	13,55	6,16	12,33	5,61	-	0,45
50	0,89	0,07	16,44	6,16	14,63	5,48	-	0,42
51	0,99	0,09	28,06	6,16	27,78	6,10	-	0,57
52	0,91	0,07	31,20	6,16	28,39	5,61	-	0,45
53	0,77	0,05	34,03	6,16	26,20	4,74	-	0,28
54	1,07	0,12	36,19	6,16	38,72	6,59	-	0,72
55	0,78	0,05	38,36	6,16	29,92	4,80	-	0,29
56	0,72	0,04	40,00	6,16	28,80	4,44	-	0,23
57	3,19	1,77	43,15	6,16	137,65	19,65	-	10,90
58	2,02	0,63	0,92	3,66	1,86	7,39	-	2,31
59	0,93	0,08	3,59	3,66	3,34	3,40	-	0,29
60	1,49	0,29	6,00	3,66	8,94	5,45	-	1,06
61	0,93	0,08	8,41	3,66	7,82	3,40	-	0,29
62	2,02	0,63	11,09	3,66	22,40	7,39	-	2,31
63	2,02	0,63	33,57	3,66	67,81	7,39	-	2,31
64	0,93	0,08	36,24	3,66	33,70	3,40	-	0,29
65	1,20	0,16	28,51	3,66	34,21	4,39	-	0,59
66	2,35	0,91	41,53	3,66	97,60	8,60	-	3,32
67	0,84	0,06	44,33	3,66	37,24	3,07	-	0,21

Continuación de la tabla XXX.

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
68	1,06	0,11	12,44	0,00	13,19	0,00	-	0,00
69	0,90	0,07	14,92	0,00	13,43	0,00	-	0,00
70	4,16	2,94	18,94	0,00	78,79	0,00	-	0,00
71	4,18	2,96	25,71	0,00	107,47	0,00	-	0,00
72	0,90	0,07	29,73	0,00	26,76	0,00	-	0,00
73	1,06	0,11	32,21	0,00	34,14	0,00	-	0,00
Σ	161,57	95,99			4 218,47	2 323,72		1 476,52

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXXI. **Cálculos para determinar centro de rigidez segundo nivel sentido y**

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
A	3,26	1,85	0,00	15,67	0,00	51,08	0,00	-
B	1,58	0,34	0,00	8,90	0,00	14,06	0,00	-
C	2,74	1,28	0,00	5,29	0,00	14,49	0,00	-
D	0,84	0,06	0,00	12,16	0,00	10,21	0,00	-
E	3,98	2,71	0,00	12,16	0,00	48,40	0,00	-
F	12,19	13,13	3,00	1,91	36,57	23,28	39,39	-
G	3,85	2,55	12,00	25,80	46,20	99,33	30,62	-
H	12,19	13,13	12,00	23,48	146,28	286,22	157,58	-
I	6,19	5,56	15,00	21,16	92,85	130,98	83,39	-
J	0,83	0,06	15,00	9,09	12,45	7,54	0,84	-
K	1,66	0,38	15,00	12,17	24,90	20,20	5,75	-
L	1,02	0,10	15,00	10,93	15,30	11,15	1,52	-
M	17,17	19,15	18,00	13,68	309,06	234,89	344,77	-
N	0,52	0,01	18,00	21,12	9,36	10,98	0,26	-
O	0,71	0,04	18,00	23,53	12,78	16,71	0,64	-
P	10,98	11,64	20,83	17,89	228,71	196,43	242,47	-
Q	0,69	0,03	20,83	14,55	14,37	10,04	0,69	-
R	6,72	6,25	20,83	8,24	139,98	55,37	130,14	-
S	10,83	11,45	23,83	9,09	258,08	98,44	272,96	-

Continuación de la tabla XXXI.

Muro	Longitud (m)	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R*X	R*Y
T	6,69	6,21	23,83	22,22	159,42	148,65	147,96	-
U	9,39	9,66	26,57	18,97	249,49	178,13	256,58	-
V	1,34	0,22	26,57	25,85	35,60	34,64	5,76	-
W	1,40	0,24	26,57	23,48	37,20	32,87	6,48	-
X	2,02	0,63	26,57	21,21	53,67	42,84	16,74	-
Y	0,95	0,08	26,57	12,11	25,24	11,50	2,20	-
Z	6,19	5,56	29,65	1,91	183,53	11,82	164,84	-
AA	1,85	0,51	30,51	12,16	56,44	22,50	15,44	-
AB	3,06	1,62	30,51	14,42	93,36	44,13	49,54	-
AC	3,85	2,55	32,65	9,00	125,70	34,65	83,32	-
AD	12,19	13,13	32,65	5,39	398,00	65,70	428,74	-
AE	0,83	0,06	32,65	15,19	27,10	12,61	1,84	-
AF	1,66	0,38	32,65	16,42	54,20	27,26	12,51	-
AG	1,02	0,10	32,65	16,42	33,30	16,75	3,31	-
AH	12,19	13,13	38,65	16,42	471,14	200,16	507,53	-
AI	3,54	2,18	44,65	16,42	158,06	58,13	97,18	-
AJ	1,71	0,41	44,65	16,42	76,35	28,08	18,48	-
AK	7,04	6,66	44,65	16,42	314,34	115,60	297,44	-
AL	6,19	5,56	50,65	16,42	313,52	101,64	281,60	-
AM	8,69	8,77	56,65	16,42	492,29	142,69	496,99	-
Σ	189,75	167,40			4 704,87	2 670,17	4 205,55	

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10.3. Resultados parciales para el análisis simplista primer nivel

A continuación se presentan los cálculos para el centro de masa de muros, centro de rigidez de muros, centro de masa de losas y centro de masa combinados del primer nivel.

Tabla XXXII. **Resultados parciales para el análisis simplista primer nivel**

Resultados del primer nivel			
Lx	170,27 m	L*X	8 852,81
Ly	181,04 m	L*Y	4 685,26
L	351,31 m	R*X	3 948,67
Rx	98,70	R*Y	1 553,46
Ry	154,97		

Centro de masa de los muros			
X cm =	$\frac{L*X}{L}$	<input type="text" value="25,20 m"/>	
Y cm =	$\frac{L*Y}{L}$	<input type="text" value="13,34 m"/>	

Centro de rigidez de los muros			
X cr =	$\frac{R*X}{Ry}$	<input type="text" value="25,48 m"/>	
Y cr =	$\frac{R*Y}{Rx}$	<input type="text" value="15,74 m"/>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Centro de masa de losas de entrepiso**

Calculo de centro de masa de losas de entrepiso					
Losa	Área	X	Y	A*X	A*Y
1	311,98	9,09	12,27	2 835,90	3 827,99
2	34,47	18	23,51	620,46	810,39
3	33,28	26,93	24,96	896,23	830,67
4	48,63	28,33	20,85	1 377,69	1 013,94
5	7,12	19,59	19,4	139,48	138,13
6	5,83	19,5	17,26	113,69	100,63
7	37,6	19,5	7,08	733,20	266,21
8	220,55	26,83	9,18	5 917,36	2 024,65
9	176,28	38,84	11,01	6 846,72	1 940,84
10	74,31	50,84	15,06	3 777,92	1 119,11
11	60,01	44,84	19,6	2 690,85	1 176,20
Σ A	1 010,06			25 949,48	13 248,75

Fuente: elaboración propia.

$$X_{cm} = \frac{25\,949,48}{1\,010,06} = 25,69$$

$$Y_{cm} = \frac{13\,248,75}{1\,010,06} = 13,12$$

Tabla XXXIV. **Centro de masa combinado (losa + muro) del primer nivel**

<b>Centro de masa combinado (losa + muro) primer nivel</b>			
<b>W losa entrepiso</b>	=	CM entrepiso * área de entrepiso	432 894,21 Kg
<b>W muros primer nivel</b>	=	CM muros * perímetro de muros	373 201,19 Kg
<b>Entrepiso</b>			
Xcm	=	$\frac{(432\ 894,21) \cdot (25,69) + (373\ 201,19) \cdot (25,20)}{(432\ 894,21) + (373\ 201,19)}$	24,46 m
Ycm	=	$\frac{(432\ 894,21) \cdot (13,12) + (373\ 201,19) \cdot (13,34)}{(432\ 894,21) + (373\ 201,19)}$	13,22 m
<b>Cálculo de excentricidad con respecto al centro de rigidez</b>			
e' x	=	Xcr-Xcm = 25,48 - 24,46	1,02 m
e' y	=	Ycr-Ycm = 15,74 - 13,15	2,59 m
<b>Excentricidad mínima</b>	=	5 % de la dimensión perpendicular a la fuerza aplicada	
Sentido X	=	5 % * (26,30)	e'y = 1,32 m
Sentido Y	=	5 % * (56,65)	e'x = 2,83 m

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.10.4. Resultados parciales para el análisis simplista segundo nivel

A continuación se presentan los cálculos para el centro de masa de muros, centro de rigidez de muros, centro de masa de losas y centro de masa combinados del primer nivel.

Tabla XXXV. **Resultados parciales para el análisis simplista segundo nivel**

Resultados del segundo nivel			
Lx	161,57 m	L*X	8 923,35
Ly	189,75 m	L*Y	4 993,88
L	351,32 m		
Rx	95,99	R*X	4 205,55
Ry	167,40	R*Y	1 476,52

Centro de masa de los muros	
X cm =	$\frac{L*X}{L}$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">25,20 m</div>
Y cm =	$\frac{L*Y}{L}$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">13,34 m</div>

Centro de rigidez de los muros	
X cr =	$\frac{R*X}{Ry}$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">25,12 m</div>
Y cr =	$\frac{R*Y}{Rx}$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">15,38 m</div>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Centro de masa de losa de techo**

Calculo de centro de masa de losas de techo					
Losa	Área	X	Y	A*X	A*Y
1	206,28	6	12,26	1 237,68	2 528,99
2	434,57	22,42	10,43	9 743,06	4 532,57
3	102,02	23,91	23,71	2 439,30	2 418,89
4	102	38,84	7,91	3 961,68	806,82
5	208,6	44,84	16,31	9 353,62	3 402,27
Σ A	1 053,47			26 735,34	13 689,54

Fuente: elaboración propia.

$$X_{cm} = \frac{26\,735,34}{1\,053,47} = 25,38$$

$$Y_{cm} = \frac{13\,689,54}{1\,053,47} = 12,99$$

Tabla XXXVII. **Centro de masa combinado (losa + muro) del segundo nivel**

<b>Centro de masa combinado (losa + muro) segundo nivel</b>			
<b>W losa techo</b>	=	CM entepiso * área de entepiso	377 142 Kg
<b>W muros segundo nivel</b>	=	CM muros * longitud de muros	246 893 Kg
<b>Techo</b>			
Xcm	=	$\frac{(377\ 142) \cdot (25,38) + (246\ 893) \cdot (25,20)}{(373\ 142) + (246\ 893)}$	25,47 m
Ycm	=	$\frac{(377\ 142) \cdot (13,07) + (246\ 893) \cdot (13,34)}{(373\ 142) + (246\ 893)}$	13,26 m
e' x	=	Xcr-Xcm = 25,12 -25,47	0,35 m
e' y	=	Ycr-Ycm = 15,38-13,26	2,12 m
<b>Excentricidad mínima</b>	=	5 % de la dimensión perpendicular a la fuerza aplicada	
Sentido X	=	5 % * (26,30)	e' y = 1,32 m e' x = 2,83 m
Sentido Y	=	5 % * (56,65)	

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.11. Distribución de cargas y momentos en los muros

Las fuerzas de corte se distribuirán de acuerdo a las rigideces relativas de los muros:

$$Fv = \frac{Ri}{\Sigma R} * 2V$$

V = corte total soportada por la estructura

Ri = rigidez relativa del elemento i

$\Sigma R$  = sumatoria de las rigideces relativas de los muros paralelos a la dirección de carga

Las fuerzas de corte debidas al momento torsionante sobre el edificio se obtendrán por medio de la siguiente fórmula:

$$Ft = \frac{R * di}{\Sigma R * d^2} * Mt$$

Donde:  $Mt = e * V$

e = excentricidad perpendicular a la acción de la fuerza P, no es más que la distancia entre el centro de rigidez y el centro de masa de toda la estructura.

di = distancia entre el centro de rigidez de toda la estructura y el centro de rigidez de cada muro.

Los momentos de volteo se distribuirán de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$M_{\text{volteo}} = \frac{R}{\Sigma R} * Mv$$

### 2.1.11.1. Resultados de análisis de mampostería

Se presentan los resultados del análisis de muros del primer y segundo nivel, en el sentido X-X y en el sentido Y-Y.

Tabla XXXVIII. Resultados de análisis de muros primer nivel X-X

PRIMER NIVEL		SENTIDO X - X	
Corte 2V	2,00	222,63	445,26 T
ey = e'y + e min y			5,42 m
Momento de torsión			1 206,65 T-m
Momento de volteo			2 369,25 T-m
Ycr			15,74 m
dy = Y - Ycr			

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd^2)(Mt)	F Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
1	19,98	26,37	10,63	212,38	2 257,75	90,13	55,12	145,25	479,59	159,84	639,42
2	1,60	23,78	8,04	12,88	103,55	7,23	3,34	10,57	38,45	9,69	48,14
3	2,90	23,78	8,04	23,32	187,48	13,08	6,05	19,13	69,61	17,55	87,16
4	0,18	20,66	4,92	0,90	4,43	0,83	0,23	1,06	4,39	0,68	5,07
5	0,12	20,66	4,92	0,57	2,81	0,52	0,15	0,67	2,79	0,43	3,22
6	0,35	20,66	4,92	1,71	8,43	1,57	0,44	2,01	8,36	1,29	9,64
7	0,35	20,66	4,92	1,71	8,43	1,57	0,44	2,01	8,36	1,29	9,64
8	0,36	20,66	4,92	1,77	8,71	1,62	0,46	2,08	8,63	1,33	9,96
9	0,17	20,66	4,92	0,82	4,06	0,76	0,21	0,97	4,02	0,62	4,64
10	0,21	20,66	4,92	1,04	5,14	0,96	0,27	1,23	5,10	0,79	5,88
11	1,19	20,66	4,92	5,86	28,84	5,37	1,52	6,89	28,59	4,41	33,01
12	0,21	20,66	4,92	1,04	5,14	0,96	0,27	1,23	5,10	0,79	5,88
13	0,82	20,66	4,92	4,02	19,80	3,69	1,04	4,73	19,63	3,03	22,66
14	0,28	20,66	4,92	1,37	6,73	1,25	0,36	1,61	6,68	1,03	7,71
15	0,27	20,66	4,92	1,32	6,49	1,21	0,34	1,55	6,44	0,99	7,43
16	0,19	20,66	4,92	0,92	4,53	0,84	0,24	1,08	4,49	0,69	5,18
17	0,27	20,66	4,92	1,34	6,61	1,23	0,35	1,58	6,56	1,01	7,57

Continuación de la tabla XXXVIII.

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd^2)(Mt)	F Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
18	0,02	18,16	2,42	0,04	0,10	0,08	0,01	0,09	0,41	0,03	0,44
19	0,02	18,16	2,42	0,04	0,10	0,08	0,01	0,09	0,41	0,03	0,44
20	0,03	18,16	2,42	0,07	0,18	0,14	0,02	0,16	0,73	0,06	0,78
21	0,22	18,16	2,42	0,52	1,27	0,98	0,14	1,11	5,20	0,39	5,60
22	0,03	18,16	2,42	0,08	0,19	0,15	0,02	0,17	0,79	0,06	0,85
23	0,03	18,16	2,42	0,07	0,18	0,14	0,02	0,16	0,73	0,06	0,78
24	0,22	18,16	2,42	0,52	1,27	0,98	0,14	1,11	5,20	0,39	5,60
25	0,03	18,16	2,42	0,07	0,18	0,14	0,02	0,16	0,73	0,06	0,78
26	1,60	18,16	2,42	3,88	9,38	7,23	1,01	8,23	38,45	2,92	41,37
27	2,90	18,16	2,42	7,02	16,99	13,08	1,82	14,90	69,61	5,28	74,89
28	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
29	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
30	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
31	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
32	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
33	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
34	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
35	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
36	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
37	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
38	0,07	18,16	2,42	0,17	0,42	0,32	0,04	0,37	1,71	0,13	1,84
39	0,07	18,16	2,42	0,18	0,43	0,33	0,05	0,38	1,76	0,13	1,89
40	1,60	16,16	0,42	0,67	0,28	7,23	0,17	7,40	38,45	0,51	38,96
41	1,77	15,82	0,08	0,14	0,01	7,98	0,04	8,02	42,47	0,11	42,58
42	1,60	13,87	-1,87	-2,99	5,60	7,23	-0,78	7,23	38,45	-2,25	38,45
43	23,73	12,16	-3,58	-84,96	304,10	107,07	-22,05	107,07	569,75	-63,94	569,75
44	21,82	12,16	-3,58	-78,12	279,63	98,46	-20,27	98,46	523,90	-58,79	523,90
45	0,14	12,16	-3,58	-0,48	1,73	0,61	-0,13	0,61	3,25	-0,36	3,25
46	1,02	12,16	-3,58	-3,64	13,02	4,59	-0,94	4,59	24,40	-2,74	24,40
47	0,14	12,16	-3,58	-0,48	1,73	0,61	-0,13	0,61	3,25	-0,36	3,25
48	0,22	12,16	-3,58	-0,78	2,78	0,98	-0,20	0,98	5,20	-0,58	5,20
49	1,77	10,00	-5,74	-10,15	58,28	7,98	-2,64	7,98	42,47	-7,64	42,47

Continuación de la tabla XXXVIII.

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )(Mt)	F Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
50	1,60	9,30	-6,44	-10,31	66,42	7,23	-2,68	7,23	38,45	-7,76	38,45
51	0,04	6,16	-9,58	-0,34	3,29	0,16	-0,09	0,16	0,86	-0,26	0,86
52	0,03	6,16	-9,58	-0,32	3,02	0,15	-0,08	0,15	0,79	-0,24	0,79
53	1,60	6,16	-9,58	-15,34	146,99	7,23	-3,98	7,23	38,45	-11,55	38,45
54	0,08	6,16	-9,58	-0,75	7,16	0,35	-0,19	0,35	1,87	-0,56	1,87
55	0,08	6,16	-9,58	-0,75	7,16	0,35	-0,19	0,35	1,87	-0,56	1,87
56	0,08	6,16	-9,58	-0,73	6,95	0,34	-0,19	0,34	1,82	-0,55	1,82
57	0,08	6,16	-9,58	-0,75	7,16	0,35	-0,19	0,35	1,87	-0,56	1,87
58	0,08	6,16	-9,58	-0,75	7,16	0,35	-0,19	0,35	1,87	-0,56	1,87
59	0,06	6,16	-9,58	-0,56	5,35	0,26	-0,14	0,26	1,40	-0,42	1,40
60	0,08	6,16	-9,58	-0,75	7,16	0,35	-0,19	0,35	1,87	-0,56	1,87
61	0,08	6,16	-9,58	-0,75	7,16	0,35	-0,19	0,35	1,87	-0,56	1,87
62	0,06	6,16	-9,58	-0,56	5,35	0,26	-0,14	0,26	1,40	-0,42	1,40
63	0,63	3,66	-12,08	-7,61	91,94	2,84	-1,98	2,84	15,13	-5,73	15,13
64	0,08	3,66	-12,08	-0,94	11,39	0,35	-0,24	0,35	1,87	-0,71	1,87
65	0,29	3,66	-12,08	-3,48	42,07	1,30	-0,90	1,30	6,92	-2,62	6,92
66	0,08	3,66	-12,08	-0,94	11,39	0,35	-0,24	0,35	1,87	-0,71	1,87
67	0,63	3,66	-12,08	-7,61	91,94	2,84	-1,98	2,84	15,13	-5,73	15,13
68	0,63	3,66	-12,08	-7,61	91,94	2,84	-1,98	2,84	15,13	-5,73	15,13
69	0,08	3,66	-12,08	-0,94	11,39	0,35	-0,24	0,35	1,87	-0,71	1,87
70	1,19	3,66	-12,08	-14,39	173,81	5,37	-3,73	5,37	28,59	-10,83	28,59
71	0,08	3,66	-12,08	-1,00	12,10	0,37	-0,26	0,37	1,99	-0,75	1,99
72	0,06	3,66	-12,08	-0,70	8,51	0,26	-0,18	0,26	1,40	-0,53	1,40
73	0,11	0,00	-15,74	-1,78	28,03	0,51	-0,46	0,51	2,72	-1,34	2,72
74	0,07	0,00	-15,74	-1,12	17,61	0,32	-0,29	0,32	1,71	-0,84	1,71
75	0,66	0,00	-15,74	-10,41	163,79	2,98	-2,70	2,98	15,87	-7,83	15,87
76	0,07	0,00	-15,74	-1,05	16,51	0,30	-0,27	0,30	1,60	-0,79	1,60
77	0,07	0,00	-15,74	-1,05	16,51	0,30	-0,27	0,30	1,60	-0,79	1,60
78	0,66	0,00	-15,74	-10,41	163,79	2,98	-2,70	2,98	15,87	-7,83	15,87
79	0,07	0,00	-15,74	-1,12	17,61	0,32	-0,29	0,32	1,71	-0,84	1,71

Continuación de la tabla XXXVIII.

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )(Mt)	F Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
80	0,11	0,00	-15,74	-1,78	28,03	0,51	-0,46	0,51	2,72	-1,34	2,72
Σ	98,70				4 649,70						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Resultados de análisis de muros primer nivel Y-Y**

PRIMER NIVEL		SENTIDO Y - Y	
Corte 2V	2,00	222,63	445,26 T
ey = e'y + e min y			2,34 m
Momento de torsión			520,95 T-m
Momento de volteo			2 369,25 T-m
Xcr			25,48 m
dy = X - Xcr			

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )*(Mt)	F = Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
A	1,8	0,0	-25,5	-47,1	1 200,45	5,31	-0,75	5,31	28,27	-2,17	28,27
B	0,3	0,0	-25,5	-8,6	218,64	0,97	-0,14	0,97	5,15	-0,40	5,15
C	0,4	0,0	-25,5	-10,9	276,87	1,23	-0,17	1,23	6,52	-0,50	6,52
D	0,0	0,0	-25,5	-0,4	10,42	0,05	-0,01	0,05	0,25	-0,02	0,25
E	4,4	0,0	-25,5	-112,1	2 857,52	12,65	-1,78	12,65	67,29	-5,16	67,29
F	1,1	3,0	-22,5	-24,1	542,49	3,08	-0,38	3,08	16,41	-1,11	16,41
G	13,1	6,0	-19,5	-255,8	4 983,01	37,73	-4,06	37,73	200,76	-11,78	200,76
H	2,6	12,0	-13,5	-34,4	463,72	7,33	-0,55	7,33	39,02	-1,58	39,02
I	2,8	12,0	-13,5	-37,4	504,22	7,97	-0,59	7,97	42,42	-1,72	42,42
J	0,0	12,0	-13,5	-0,1	1,94	0,03	0,00	0,03	0,16	-0,01	0,16
K	5,6	12,0	-13,5	-74,9	1 010,25	15,97	-1,19	15,97	85,00	-3,45	85,00
L	5,6	15,0	-10,5	-58,3	610,62	15,97	-0,92	15,97	85,00	-2,68	85,00

Continuación de la tabla XXXIX.

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )* (Mt)	F = Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
M	0,1	15,0	-10,5	-0,6	6,19	0,16	-0,01	0,16	0,86	-0,03	0,86
N	0,4	15,0	-10,5	-4,0	42,09	1,10	-0,06	1,10	5,86	-0,18	5,86
O	0,1	15,0	-10,5	-1,1	11,15	0,29	-0,02	0,29	1,55	-0,05	1,55
P	22,9	18,0	-7,5	-171,1	1 279,55	65,71	-2,72	65,71	349,64	-7,88	349,64
Q	0,1	20,8	-4,7	-0,3	1,44	0,19	0,00	0,19	1,02	-0,01	1,02
R	0,1	20,8	-4,7	-0,3	1,54	0,20	-0,01	0,20	1,09	-0,02	1,09
S	0,1	20,8	-4,7	-0,3	1,35	0,18	0,00	0,17	0,95	-0,01	0,95
T	0,0	20,8	-4,7	-0,1	0,39	0,05	0,00	0,05	0,27	0,00	0,27
U	0,0	20,8	-4,7	-0,2	0,71	0,09	0,00	0,09	0,50	-0,01	0,50
V	0,0	20,8	-4,7	-0,2	0,71	0,09	0,00	0,09	0,50	-0,01	0,50
W	4,8	20,8	-4,7	-22,5	104,45	13,88	-0,36	13,52	73,85	-1,03	73,85
X	22,9	23,8	-1,7	-37,7	62,26	65,71	-0,60	65,11	349,64	-1,74	349,64
Y	9,7	26,6	1,1	10,5	11,47	27,75	0,17	27,91	147,64	0,48	148,12
Z	0,2	26,6	1,1	0,2	0,26	0,62	0,00	0,63	3,31	0,01	3,32
AA	0,2	26,6	1,1	0,2	0,27	0,65	0,00	0,65	3,45	0,01	3,46
AB	0,6	26,6	1,1	0,7	0,75	1,81	0,01	1,82	9,63	0,03	9,67
AC	0,1	26,6	1,1	0,1	0,10	0,24	0,00	0,24	1,27	0,00	1,27
AD	0,5	30,5	5,0	2,5	12,80	1,45	0,04	1,49	7,74	0,12	7,85
AE	1,6	30,5	5,0	8,2	41,08	4,67	0,13	4,80	24,83	0,38	25,20
AF	2,6	32,7	7,2	18,3	131,19	7,33	0,29	7,62	39,02	0,84	39,86
AG	13,1	32,7	7,2	94,2	675,08	37,73	1,49	39,22	200,76	4,33	205,10
AH	0,1	32,7	7,2	0,4	2,90	0,16	0,01	0,17	0,86	0,02	0,88
AI	0,4	32,7	7,2	2,7	19,70	1,10	0,04	1,14	5,86	0,13	5,99
AJ	0,1	32,7	7,2	0,7	5,22	0,29	0,01	0,30	1,55	0,03	1,59
AK	13,1	38,7	13,2	172,9	2 277,64	37,73	2,75	40,48	200,76	7,96	208,72
AL	2,2	44,7	19,2	41,7	799,83	6,25	0,66	6,92	33,28	1,92	35,20
AM	0,4	44,7	19,2	7,9	152,09	1,19	0,13	1,32	6,33	0,37	6,69
AN	6,7	44,7	19,2	127,7	2 448,09	19,14	2,03	21,17	101,85	5,88	107,73
AO	5,6	50,7	25,2	139,9	3 522,21	15,97	2,22	18,20	85,00	6,44	91,44
AP	8,8	56,7	31,2	273,5	8 523,64	25,21	4,34	29,55	134,13	12,59	146,72
Σ	154,97				32 816,31						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Resultados de análisis de muros segundo nivel X-X**

	SEGUNDO NIVEL	SENTIDO X - X
Corte 2V	2,00	352,49
	704,98 T	ey 2,12
ey = e'y + e min y	4,95 m	e min y 2,83
Momento de torsión	1 744,83 T-m	
Momento de volteo	667,89 T-m	
Ycr	15,38 m	
dy = Y - Ycr		

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )*(Mt)	F = Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
1	20,0	26,4	11,0	219,76	2 417,41	146,72	68,56	215,28	139,00	198,82	337,83
2	1,6	23,8	8,4	13,47	113,29	11,76	4,20	15,97	11,14	12,19	23,33
3	2,9	23,8	8,4	24,39	205,10	21,30	7,61	28,91	20,18	22,06	42,24
4	0,1	20,7	5,3	0,57	2,99	0,79	0,18	0,96	0,75	0,51	1,26
5	0,3	20,7	5,3	1,36	7,20	1,90	0,43	2,32	1,80	1,23	3,03
6	0,5	20,7	5,3	2,86	15,09	3,97	0,89	4,87	3,77	2,59	6,35
7	0,3	20,7	5,3	1,36	7,20	1,90	0,43	2,32	1,80	1,23	3,03
8	0,4	20,7	5,3	2,29	12,07	3,18	0,71	3,89	3,01	2,07	5,08
9	0,1	20,7	5,3	0,57	2,99	0,79	0,18	0,96	0,75	0,51	1,26
10	0,1	20,7	5,3	0,45	2,38	0,63	0,14	0,77	0,59	0,41	1,00
11	0,2	20,7	5,3	1,14	6,04	1,59	0,36	1,95	1,51	1,03	2,54
12	0,1	20,7	5,3	0,65	3,41	0,90	0,20	1,10	0,85	0,58	1,44
13	1,1	20,7	5,3	5,57	29,39	7,74	1,74	9,48	7,34	5,04	12,37
14	0,1	20,7	5,3	0,65	3,41	0,90	0,20	1,10	0,85	0,58	1,44
15	1,1	20,7	5,3	5,57	29,39	7,74	1,74	9,48	7,34	5,04	12,37
16	0,1	20,7	5,3	0,65	3,41	0,90	0,20	1,10	0,85	0,58	1,44
17	1,1	20,7	5,3	5,57	29,39	7,74	1,74	9,48	7,34	5,04	12,37
18	0,1	20,7	5,3	0,65	3,41	0,90	0,20	1,10	0,85	0,58	1,44
19	0,2	20,7	5,3	1,21	6,41	1,69	0,38	2,07	1,60	1,10	2,70

Continuación de la tabla XL.

Muro núm.-	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )*(Mt)	F = Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
20	0,1	18,2	2,8	0,29	0,81	0,77	0,09	0,86	0,73	0,26	0,99
21	0,1	18,2	2,8	0,16	0,45	0,43	0,05	0,48	0,41	0,15	0,55
22	0,1	18,2	2,8	0,16	0,44	0,41	0,05	0,46	0,39	0,14	0,53
23	0,0	18,2	2,8	0,08	0,23	0,22	0,03	0,25	0,21	0,08	0,29
24	0,2	18,2	2,8	0,60	1,67	1,59	0,19	1,78	1,51	0,54	2,05
25	0,0	18,2	2,8	0,09	0,25	0,24	0,03	0,27	0,23	0,08	0,31
26	0,0	18,2	2,8	0,08	0,23	0,22	0,03	0,25	0,21	0,08	0,29
27	0,2	18,2	2,8	0,60	1,67	1,59	0,19	1,78	1,51	0,54	2,05
28	0,0	18,2	2,8	0,08	0,23	0,22	0,03	0,25	0,21	0,08	0,29
29	1,6	18,2	2,8	4,45	12,38	11,76	1,39	13,15	11,14	4,03	15,17
30	2,9	18,2	2,8	8,06	22,41	21,30	2,51	23,81	20,18	7,29	27,47
31	0,1	18,2	2,8	0,15	0,42	0,40	0,05	0,45	0,38	0,14	0,52
32	0,1	18,2	2,8	0,25	0,70	0,67	0,08	0,74	0,63	0,23	0,86
33	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
34	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
35	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
36	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
37	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
38	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
39	0,1	18,2	2,8	0,20	0,55	0,52	0,06	0,58	0,49	0,18	0,67
40	1,6	16,2	0,8	1,25	0,97	11,76	0,39	12,15	11,14	1,13	12,27
41	1,6	14,0	-1,4	-2,27	3,23	11,76	-0,71	11,76	11,14	-2,06	11,14
42	20,3	12,2	-3,2	-65,52	210,98	149,44	-20,44	149,44	141,58	-59,28	141,58
43	21,8	12,2	-3,2	-70,28	226,29	160,28	-21,92	160,28	151,85	-63,58	151,85
44	0,1	12,2	-3,2	-0,44	1,40	0,99	-0,14	0,99	0,94	-0,39	0,94
45	1,0	12,2	-3,2	-3,27	10,54	7,46	-1,02	7,46	7,07	-2,96	7,07
46	0,1	12,2	-3,2	-0,44	1,40	0,99	-0,14	0,99	0,94	-0,39	0,94
47	0,2	12,2	-3,2	-0,70	2,25	1,59	-0,22	1,59	1,51	-0,63	1,51
48	0,7	9,5	-5,9	-4,07	23,96	5,09	-1,27	5,09	4,82	-3,69	4,82
49	0,1	6,2	-9,2	-0,68	6,24	0,54	-0,21	0,54	0,51	-0,61	0,51
50	0,1	6,2	-9,2	-0,63	5,85	0,51	-0,20	0,51	0,48	-0,57	0,48
51	0,1	6,2	-9,2	-0,86	7,93	0,69	-0,27	0,69	0,65	-0,78	0,65
52	0,1	6,2	-9,2	-0,68	6,24	0,54	-0,21	0,54	0,51	-0,61	0,51

Continuación de la tabla XL.

Muro núm.	Rigidez	Distancia Y al eje x	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )*(Mt)	F = Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
53	0,0	6,2	-9,2	-0,42	3,85	0,33	-0,13	0,33	0,32	-0,38	0,32
54	0,1	6,2	-9,2	-1,07	9,88	0,85	-0,33	0,85	0,81	-0,97	0,81
55	0,0	6,2	-9,2	-0,43	4,00	0,35	-0,14	0,35	0,33	-0,39	0,33
56	0,0	6,2	-9,2	-0,34	3,17	0,27	-0,11	0,27	0,26	-0,31	0,26
57	1,8	6,2	-9,2	-16,31	150,40	12,99	-5,09	12,99	12,31	-14,76	12,31
58	0,6	3,7	-11,7	-7,39	86,55	4,63	-2,30	4,63	4,38	-6,68	4,38
59	0,1	3,7	-11,7	-0,92	10,72	0,57	-0,29	0,57	0,54	-0,83	0,54
60	0,3	3,7	-11,7	-3,38	39,60	2,12	-1,05	2,12	2,01	-3,06	2,01
61	0,1	3,7	-11,7	-0,92	10,72	0,57	-0,29	0,57	0,54	-0,83	0,54
62	0,6	3,7	-11,7	-7,39	86,55	4,63	-2,30	4,63	4,38	-6,68	4,38
63	0,6	3,7	-11,7	-7,39	86,55	4,63	-2,30	4,63	4,38	-6,68	4,38
64	0,1	3,7	-11,7	-0,92	10,72	0,57	-0,29	0,57	0,54	-0,83	0,54
65	0,2	3,7	-11,7	-1,88	21,98	1,18	-0,59	1,18	1,11	-1,70	1,11
66	0,9	3,7	-11,7	-10,62	124,43	6,65	-3,31	6,65	6,30	-9,60	6,30
67	0,1	3,7	-11,7	-0,68	8,01	0,43	-0,21	0,43	0,41	-0,62	0,41
68	0,1	0,0	-15,4	-1,74	26,77	0,83	-0,54	0,83	0,79	-1,57	0,79
69	0,1	0,0	-15,4	-1,09	16,82	0,52	-0,34	0,52	0,49	-0,99	0,49
70	2,9	0,0	-15,4	-45,18	694,86	21,57	-14,09	21,57	20,44	-40,87	20,44
71	3,0	0,0	-15,4	-45,57	700,81	21,76	-14,22	21,76	20,61	-41,22	20,61
72	0,1	0,0	-15,4	-1,09	16,82	0,52	-0,34	0,52	0,49	-0,99	0,49
73	0,1	0,0	-15,4	-1,74	26,77	0,83	-0,54	0,83	0,79	-1,57	0,79
Σ	95,99				5 593,03						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Resultados de análisis de muros segundo nivel Y-Y

SEGUNDO NIVEL

SENTIDO Y - Y

Corte 2V	2,00	352,49	704,98 T	ex	0,35
ey = e'y + e min y			1,67 m	e	
Momento de torsión			588,66 T-m	min x	1,32
Momento de volteo			667,89 T-m		
Xcr			25,12 m		
dy = X - Xcr					

Muro núm.	Rigidez	Distancia X al eje Y	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd <sup>2</sup> )*(Mt)	F Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
A	1,8	0,0	-25,1	-46,45	1 166,76	7,79	-0,79	7,79	7,38	-2,30	7,38
B	0,3	0,0	-25,1	-8,46	212,51	1,42	-0,14	1,42	1,34	-0,42	1,34
C	1,3	0,0	-25,1	-32,21	809,17	5,40	-0,55	5,40	5,12	-1,60	5,12
D	0,1	0,0	-25,1	-1,46	36,79	0,25	-0,03	0,25	0,23	-0,07	0,23
E	2,7	0,0	-25,1	-68,14	1 711,71	11,42	-1,17	11,42	10,82	-3,38	10,82
F	13,1	3,0	-22,1	-290,47	6 425,16	55,30	-4,97	55,30	52,39	-14,41	52,39
G	2,6	12,0	-13,1	-33,48	439,28	10,75	-0,57	10,75	10,18	-1,66	10,18
H	13,1	12,0	-13,1	-172,29	2 260,38	55,30	-2,95	55,30	52,39	-8,55	52,39
I	5,6	15,0	-10,1	-56,26	569,39	23,41	-0,96	23,41	22,18	-2,79	22,18
J	0,1	15,0	-10,1	-0,57	5,77	0,24	-0,01	0,24	0,22	-0,03	0,22
K	0,4	15,0	-10,1	-3,88	39,25	1,61	-0,07	1,61	1,53	-0,19	1,53
L	0,1	15,0	-10,1	-1,03	10,40	0,43	-0,02	0,43	0,40	-0,05	0,40
M	19,2	18,0	-7,1	-136,38	971,01	80,66	-2,33	80,66	76,42	-6,76	76,42
N	0,0	18,0	-7,1	-0,10	0,73	0,06	0,00	0,06	0,06	-0,01	0,06
O	0,0	18,0	-7,1	-0,26	1,82	0,15	0,00	0,15	0,14	-0,01	0,14
P	11,6	20,8	-4,3	-49,94	214,23	49,02	-0,85	49,02	46,44	-2,48	46,44
Q	0,0	20,8	-4,3	-0,14	0,61	0,14	0,00	0,14	0,13	-0,01	0,13
R	6,2	20,8	-4,3	-26,80	114,98	26,31	-0,46	26,31	24,93	-1,33	24,93
S	11,5	23,8	-1,3	-14,78	19,06	48,24	-0,25	48,24	45,70	-0,73	45,70
T	6,2	23,8	-1,3	-8,01	10,33	26,15	-0,14	26,15	24,77	-0,40	24,77

Continuación de la tabla XLI.

Muro núm.	Rígidez	Distancia X al eje Y	dy	R*dy	R*dy <sup>2</sup>	Fv (Ton) (R/ΣR)*(2V)	Ft (Ton) (Rd/ΣRd^2)*(Mf)	F Fv + Ft	Mvi (Ton-m) (R/ΣR)*(Mv)	Mti (Ton-m) Ft * Hmuro	Mdis Mvi + Mti
U	9,7	26,6	1,5	14,00	20,30	40,67	0,24	40,91	38,53	0,69	39,22
V	0,2	26,6	1,5	0,31	0,46	0,91	0,01	0,92	0,86	0,02	0,88
W	0,2	26,6	1,5	0,35	0,51	1,03	0,01	1,03	0,97	0,02	0,99
X	0,6	26,6	1,5	0,91	1,32	2,65	0,02	2,67	2,51	0,05	2,56
Y	0,1	26,6	1,5	0,12	0,17	0,35	0,00	0,35	0,33	0,01	0,34
Z	5,6	29,7	4,5	25,19	114,09	23,41	0,43	23,84	22,18	1,25	23,43
AA	0,5	30,5	5,4	2,73	14,70	2,13	0,05	2,18	2,02	0,14	2,15
AB	1,6	30,5	5,4	8,75	47,18	6,84	0,15	6,99	6,48	0,43	6,91
AC	2,6	32,7	7,5	19,22	144,70	10,75	0,33	11,08	10,18	0,95	11,13
AD	13,1	32,7	7,5	98,88	744,57	55,30	1,69	56,99	52,39	4,90	57,30
AE	0,1	32,7	7,5	0,42	3,19	0,24	0,01	0,24	0,22	0,02	0,25
AF	0,4	32,7	7,5	2,89	21,73	1,61	0,05	1,66	1,53	0,14	1,67
AG	0,1	32,7	7,5	0,76	5,76	0,43	0,01	0,44	0,40	0,04	0,44
AH	13,1	38,7	13,5	177,67	2 403,86	55,30	3,04	58,34	52,39	8,81	61,20
AI	2,2	44,7	19,5	42,51	830,15	9,17	0,73	9,89	8,68	2,11	10,79
AJ	0,4	44,7	19,5	8,08	157,86	1,74	0,14	1,88	1,65	0,40	2,05
AK	6,7	44,7	19,5	130,10	2 540,90	28,05	2,23	30,28	26,58	6,45	33,03
AL	5,6	50,7	25,5	141,94	3 623,68	23,41	2,43	25,84	22,18	7,04	29,22
AM	8,8	56,7	31,5	276,61	8 721,67	36,95	4,73	41,68	35,00	13,72	48,72
Σ	167,40				34 416,15						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Fuerza y momento aplicado en cada muro del primer nivel

Muro	Fx	Mdis	Muro	Fx	Mdis	Muro	Fx	Mdis	Muro	Fx	Mdis
1	145,25	639,42	33	0,37	1,84	65	1,30	6,92	N	1,10	5,86
2	10,57	48,14	34	0,37	1,84	66	0,35	1,87	O	0,29	1,55
3	19,13	87,16	35	0,37	1,84	67	2,84	15,13	P	65,71	349,64
4	1,06	5,07	36	0,37	1,84	68	2,84	15,13	Q	0,19	1,02
5	0,67	3,22	37	0,37	1,84	69	0,35	1,87	R	0,20	1,09
6	2,01	9,64	38	0,37	1,84	70	5,37	28,59	S	0,17	0,95
7	2,01	9,64	39	0,38	1,89	71	0,37	1,99	T	0,05	0,27
8	2,08	9,96	40	7,40	38,96	72	0,26	1,40	U	0,09	0,50
9	0,97	4,64	41	8,02	42,58	73	0,51	2,72	V	0,09	0,50
10	1,23	5,88	42	7,23	38,45	74	0,32	1,71	W	13,52	73,85
11	6,89	33,01	43	107,07	569,75	75	2,98	15,87	X	65,11	349,64
12	1,23	5,88	44	98,46	523,90	76	0,30	1,60	Y	27,91	148,12
13	4,73	22,66	45	0,61	3,25	77	0,30	1,60	Z	0,63	3,32
14	1,61	7,71	46	4,59	24,40	78	2,98	15,87	AA	0,65	3,46
15	1,55	7,43	47	0,61	3,25	79	0,32	1,71	AB	1,82	9,67
16	1,08	5,18	48	0,98	5,20	80	0,51	2,72	AC	0,24	1,27
17	1,58	7,57	49	7,98	42,47				AD	1,49	7,85
18	0,09	0,44	50	7,23	38,45				AE	4,80	25,20
19	0,09	0,44	51	0,16	0,86				AF	7,62	39,86
20	0,16	0,78	52	0,15	0,79				AG	39,22	205,10
21	1,11	5,60	53	7,23	38,45				AH	0,17	0,88
22	0,17	0,85	54	0,35	1,87				AI	1,14	5,99
23	0,16	0,78	55	0,35	1,87				AJ	0,30	1,59
24	1,11	5,60	56	0,34	1,82				AK	40,48	208,72
25	0,16	0,78	57	0,35	1,87				AL	6,92	35,20
26	8,23	41,37	58	0,35	1,87				AM	1,32	6,69
27	14,90	74,89	59	0,26	1,40				AN	21,17	107,73
28	0,37	1,84	60	0,35	1,87				AO	18,20	91,44
29	0,37	1,84	61	0,35	1,87				AP	29,55	146,72
30	0,37	1,84	62	0,26	1,40						
31	0,37	1,84	63	2,84	15,13						
32	0,37	1,84	64	0,35	1,87						
Muro	Fx	Mdis				Muro	Fx	Mdis			
A	5,31	28,27				B	0,97	5,15			
B	0,97	5,15				C	1,23	6,52			
C	1,23	6,52				D	0,05	0,25			
D	0,05	0,25				E	12,65	67,29			
E	12,65	67,29				F	3,08	16,41			
F	3,08	16,41				G	37,73	200,76			
G	37,73	200,76				H	7,33	39,02			
H	7,33	39,02				I	7,97	42,42			
I	7,97	42,42				J	0,03	0,16			
J	0,03	0,16				K	15,97	85,00			
K	15,97	85,00				L	15,97	85,00			
L	15,97	85,00				M	0,16	0,86			
M	0,16	0,86									

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Fuerza y momento en cada muro del segundo nivel

Muro	Fx	Mdis	Muro	Fx	Mdis	Muro	Fx	Mdis	Muro	Fx	Mdis
1	215,28	337,83	30	23,81	27,47	59	0,57	0,54	L	0,43	0,40
2	15,97	23,33	31	0,45	0,52	60	2,12	2,01	M	80,66	76,42
3	28,91	42,24	32	0,74	0,86	61	0,57	0,54	N	0,06	0,06
4	0,96	1,26	33	0,58	0,67	62	4,63	4,38	O	0,15	0,14
5	2,32	3,03	34	0,58	0,67	63	4,63	4,38	P	49,02	46,44
6	4,87	6,35	35	0,58	0,67	64	0,57	0,54	Q	0,14	0,13
7	2,32	3,03	36	0,58	0,67	65	1,18	1,11	R	26,31	24,93
8	3,89	5,08	37	0,58	0,67	66	6,65	6,30	S	48,24	45,70
9	0,96	1,26	38	0,58	0,67	67	0,43	0,41	T	26,15	24,77
10	0,77	1,00	39	0,58	0,67	68	0,83	0,79	U	40,91	39,22
11	1,95	2,54	40	12,15	12,27	69	0,52	0,49	V	0,92	0,88
12	1,10	1,44	41	11,76	11,14	70	21,57	20,44	W	1,03	0,99
13	9,48	12,37	42	149,44	141,58	71	21,76	20,61	X	2,67	2,56
14	1,10	1,44	43	160,28	151,85	72	0,52	0,49	Y	0,35	0,34
15	9,48	12,37	44	0,99	0,94	73	0,83	0,79	Z	23,84	23,43
16	1,10	1,44	45	7,46	7,07				AA	2,18	2,15
17	9,48	12,37	46	0,99	0,94				AB	6,99	6,91
18	1,10	1,44	47	1,59	1,51	Muro	Fx	Mdis	AC	11,08	11,13
19	2,07	2,70	48	5,09	4,82	A	7,79	7,38	AD	56,99	57,30
20	0,86	0,99	49	0,54	0,51	B	1,42	1,34	AE	0,24	0,25
21	0,48	0,55	50	0,51	0,48	C	5,40	5,12	AF	1,66	1,67
22	0,46	0,53	51	0,69	0,65	D	0,25	0,23	AG	0,44	0,44
23	0,25	0,29	52	0,54	0,51	E	11,42	10,82	AH	58,34	61,20
24	1,78	2,05	53	0,33	0,32	F	55,30	52,39	AI	9,89	10,79
25	0,27	0,31	54	0,85	0,81	G	10,75	10,18	AJ	1,88	2,05
26	0,25	0,29	55	0,35	0,33	H	55,30	52,39	AK	30,28	33,03
27	1,78	2,05	56	0,27	0,26	I	23,41	22,18	AL	25,84	29,22
28	0,25	0,29	57	12,99	12,31	J	0,24	0,22	AM	41,68	48,72
29	13,15	15,17	58	4,63	4,38	K	1,61	1,53			

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.12. Esfuerzos admisibles

Se realizará el cálculo de los esfuerzos admisibles, con el propósito de compararlos con los esfuerzos actuantes y así proceder con el diseño del edificio.

#### 2.1.12.1. Cálculo del máximo esfuerzo axial permitido

Según AGIES NSE 7.4 el esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior, en kilogramo por centímetro cuadrado, no deberá exceder al valor calculado con:

$$F_a = 0,20 * f'm \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right]$$

Donde:

$F_a$  = esfuerzo axial de compresión en el muro de mampostería

$f'm$  = resistencia a la compresión de la mampostería, definida en el capítulo 2 de la norma AGIES NSE 7.4

$t$  = espesor del muro

$h$  = altura libre del muro

Como  $h$ ,  $t$  y  $f'm$  son constantes en todos los muros se tiene:

Datos:

$f'm$ : 35 Kg/cm<sup>2</sup>

t: 19 cm

h: 2,88 m

Nota: Se supondrá una supervisión deficiente por lo cual todos los esfuerzos admisibles serán reducidos a la mitad, según 2107.1.2 UBC 1997

$$F_a = 0,5 * 0,20 * 35 \left[ 1 - \left( \frac{290}{40(19)} \right)^3 \right] = 3,31 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.1.12.2. Cálculo del esfuerzo flexionante máximo permitido para mampostería

Según AGIES NSE 7.4 sección 3.4.1.3 el esfuerzo de compresión producido por la flexión, en kg/cm<sup>2</sup>, no deberá exceder al valor obtenido con:

$$F_b = 0,5 * 0,33 f'_m$$

$$F_b = 0,5 * 0,33 * 35$$

$$F_b = 5,78 \text{ Kg/cm}^2$$

### 2.1.12.3. Cálculo de esfuerzo a corte

Según AGIES NSE 7.4 sección 3.4.1.4 el esfuerzo de corte en muros producido por fuerzas laterales, en kilogramos por centímetro cuadrado, no deberá de exceder al valor calculado de acuerdo con:

$$F_v = 0,5 * 0,3 * \sqrt{f'_m}$$

$$F_v = 0,5 * 0,3 * \sqrt{35 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$F_v = 0,88 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 2.1.12.4. Cálculo del esfuerzo a tensión

Según AGIES NSE 7.4 sección 3.4.1.6 el esfuerzo de tensión en las barras de acero de refuerzo, en kg/cm<sup>2</sup>, no deberá exceder al valor indicado en:

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

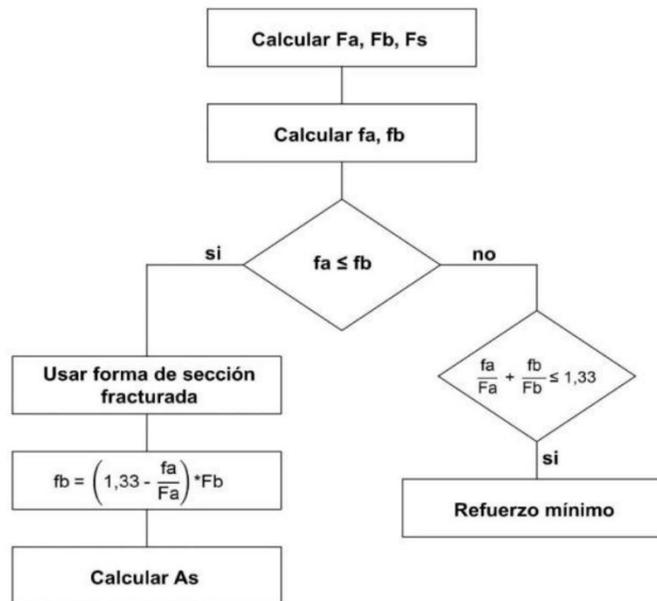
$$F_s = 0,4 f_y$$

$$F_s = 0,4 * (2\,810 \text{ kg/cm}^2)$$

$$F_s = 1\,124 \text{ kg/cm}^2$$

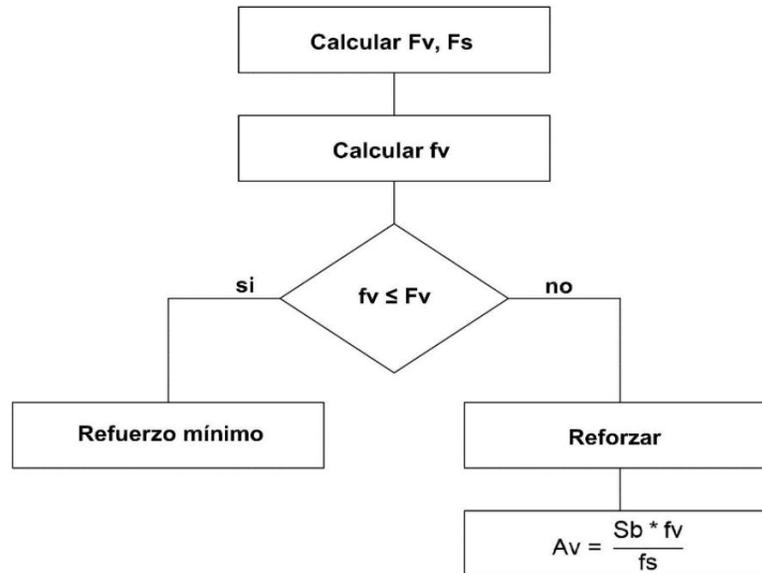
Para determinar los esfuerzos actuantes en cada muro, es necesario tomar en cuenta unas consideraciones que se presentan a continuación:

Figura 14. Diseño a flexo compresión



Fuente: ARGUETA HERNÁNDEZ, Oscar. *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios*. p. 24.

Figura 15. **Diseño a corte**



Fuente: ARGUETA HERNÁNDEZ, Oscar. *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios*. p. 24.

Donde

Fa = esfuerzo axial permitido

Fb = esfuerzo flexionante permitido

Fv = esfuerzo de corte permitido

Fs = esfuerzo de tensión permitido

fa = esfuerzo axial actuante

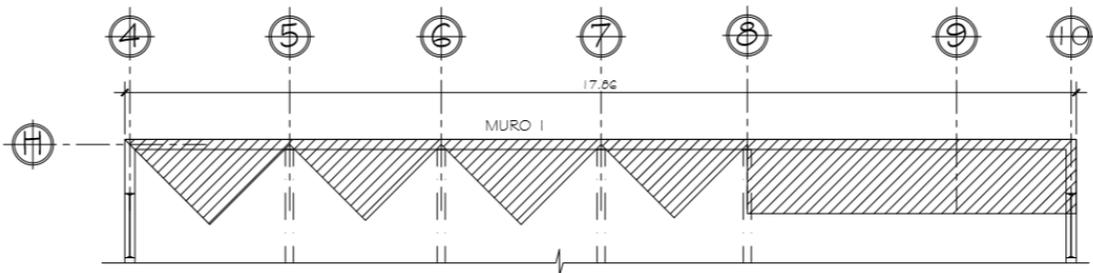
fb = esfuerzo flexionante actuante

fv = esfuerzo de corte actuante

### 2.1.13. Diseño de muro crítico

El muro crítico que sufren más esfuerzo, en este caso es el muro 1 del primer nivel, se procede a realizar el cálculo de los esfuerzos actuantes, con los datos que el análisis simplista dio como resultado.

Figura 16. Área tributaria muro 1 de primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Muro 1 de primer nivel

$$F = 145,25 \text{ T} \quad M = 639,42 \text{ T-m}$$

$$\text{Área tributaria de muro} = 18,09 \text{ m}^2$$

Carga muerta:

$$CM = \frac{CM \text{ primer nivel}}{L} + \frac{CM \text{ segundo nivel}}{L} + \text{peso propio}$$

$$CM = \frac{438 * 18,09}{17,86} + \frac{388 * 18,09}{17,86} + 1300 * 0,19 * 2,88 = 1548 \text{ Kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{CV \text{ losa primer nivel}}{L} + \frac{CV \text{ losa segundo nivel}}{L}$$

$$CV = \frac{500 * 18,09}{17,86} + \frac{100 * 18,09}{17,86} = 607,73 \text{ Kg/m}$$

Carga última:

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

$$CU = 1,2 (1 548) + 1,6 (607,73) = 2 829,97 \text{ Kg/m}$$

- Cálculo del esfuerzo actuante axial ( $f_a$ )

$$f_a = \frac{Wu}{b*d} = \frac{2 829,97 * 17,86}{19 * 1 786} = 1,49 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_a = 3.31 > f_a = 1.49$$

- Cálculo de corte unitario ( $f_v$ )

$$f_v = \frac{F}{t * L} = \frac{145 250}{19 * 1 786} = 4.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_v > F_v$$

Debido a que el corte actuante es mayor que el corte resistente se realiza el cálculo de refuerzo por corte.

Refuerzo por corte:

$$A_{sv \text{ req}} = \frac{s_b * f_v}{f_s} = \frac{100 (19) * 4,28}{1 124} = 7,23 \text{ cm}^2$$

As min en soleras = 0,0015\*b\*h

As min = 0,0015\*19\*300= 8,55 cm<sup>2</sup>

Como As min > Asv req se usará As min

Se colocarán las siguientes soleras:

1 solera de entrepiso con 4 núm. 3 + estribos núm. 3 @ 0.15	2,84 cm <sup>2</sup>
2 soleras intermedias con 4 núm. 3 + estribos núm. 3 @ 0.15	5,86 cm <sup>2</sup>
1 solera de humedad con 4 núm. 3 + estribos núm. 3 @ 0.15	<u>2,84 cm<sup>2</sup></u>
Total	11,36 cm <sup>2</sup>

- Cálculo del esfuerzo flexionante (fb)

$$fb = \frac{Mc}{I} = \frac{6My}{b*d^2} = \frac{6*639,42*1.000*100}{19*1.786^2} = 6,33 \text{ Kg/cm}^2$$

Como fb > fa, es necesario calcular el Asreq.

Valores calculados con anterioridad

$$Fa = 3,31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Fb = 5,78 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Fv = 0,88 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Fs = 1.124 \text{ Kg/cm}^2$$

$$fb = \left(1,33 - \frac{fa}{Fa}\right) * Fb$$

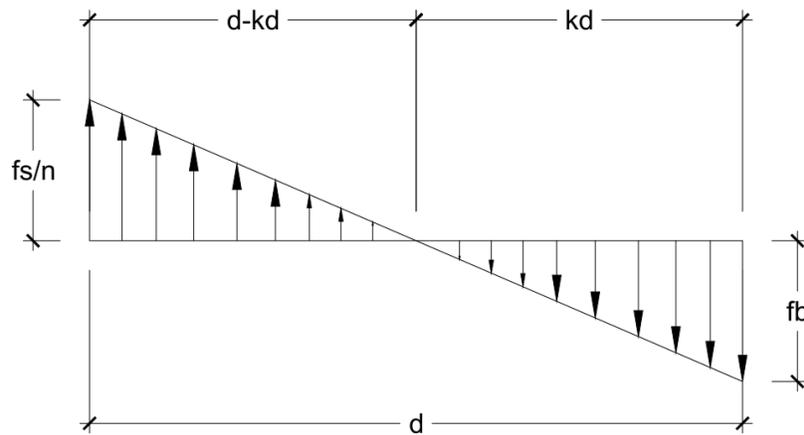
$$fb = \left(1,33 - \frac{1,45}{3,31}\right) * 5,78 = 5,16 \text{ kg/cm}^2$$

- Relación modular

$$n = Es / Em = (2,1E6) / (750 * 35) = 80$$

$$fs/n = 1.124/80 = 14,05$$

Figura 17. Relación modular



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$\frac{f_s/n}{d - d * k} = \frac{fb}{d * k}$$

$$k = \frac{fb}{\frac{f_s}{n} + fb}$$

$$\frac{14,05}{17,86 - 17,86 * k} = \frac{5,16}{17,86 * k}$$

$$k = 0,27$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0,27}{3} = 0,91$$

Área de acero requerido:

$$A_s = \frac{M}{f_s * j * d}$$

$$A_s = \frac{639,42 * 1\ 000 * 100}{1\ 124 * 0,91 * 1\ 786} = 35,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,0007 * b * h$$

$$A_s \text{ min} = 0,0007 * 19 * 1\ 786 = 23,75 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s \text{ req} > A_s \text{ min}$ , se usará  $A_s \text{ req}$

Para cumplir con  $A_s \text{ min}$  se colocarán las siguientes columnas:

8 columnas con 4 núm. 4 = 40,64 cm<sup>2</sup>

Total = 40,64 cm<sup>2</sup>

Con esta cantidad de columnas, también se cumple con la separación máxima de refuerzos verticales según tabla 4-4 de AGIES NSE 7.4 pagina 21. A continuación definiremos el tipo de columnas a utilizar en todos los muros del edificio:

Tabla XLIV. **Clasificación de columnas a utilizar en edificio**

Clasificación de columnas	Refuerzo
Tipo A	4 núm. 4 + estribos núm. 3 @ 0,15, en L/6 se colocarán estribos @ 0,05
Tipo B	4 núm. 3 + estribos núm. 2 @ 0,15
Tipo C	2 núm. 3 + eslabones núm. 2 @ 0,15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Área de acero distribuido por muro, primer nivel sentido x

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
1	23,75	34,98	8A	40,64
2	4,04	15,54	4A	20,32
3	5,49	20,44	5A	25,4
4	1,68	3,85	1A+1C	6,5
5	1,42	2,88	1B+1C	4,26
6	2,13	5,76	1A+2C	7,92
7	2,13	5,76	1A+1C	7,92
8	2,15	5,89	1A+2C	7,92
9	1,62	3,66	1A+1C	6,5
10	1,77	4,22	2B	5,68
11	3,52	11,90	3A	15,24
12	1,77	4,23	2B	5,68
13	2,99	9,66	1A+2B	10,76
14	1,96	5,04	2B	5,68
15	1,93	4,91	1A+2C	7,92
16	1,69	3,91	2B	5,68
17	1,94	4,96	1A+1C	6,5
18	0,73	0,77	2C	2,84
19	0,73	0,77	2C	2,84
20	0,89	1,13	1A+1C	6,5
21	1,78	4,03	2B	5,68
22	0,92	1,19	2C	2,84
23	0,89	1,13	1A+1C	6,5
24	1,78	4,03	2B	5,68
25	0,89	1,13	2C	2,84
26	4,04	13,41	3A	15,24
27	5,49	17,54	4A	20,32
28	1,20	1,97	2C	2,84
29	1,20	1,97	2C	2,84
30	1,20	1,97	1A+1C	6,5
31	1,20	1,97	2C	2,84

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
32	1,20	1,97	2C	2,84
33	1,20	1,97	1A+1C	6,50
34	1,20	1,97	2C	2,84
35	1,20	1,97	2C	2,84
36	1,20	1,97	1A+1C	6,50
37	1,20	1,97	2C	2,84
38	1,20	1,97	2C	2,84
39	1,21	2,01	1A+1C	6,50
40	4,04	12,63	3A	15,24
41	4,24	12,97	3A	15,24
42	4,04	12,47	3A	15,24
43	27,96	26,37	6A+6C	39,00
44	25,82	26,28	4A+7C	30,26
45	1,50	2,79	2C	2,84
46	3,29	9,60	1A+2B	10,76
47	1,50	2,79	2C	2,84
48	1,78	3,77	1A+1C	6,50
49	4,24	13,10	3A	15,24
50	4,04	12,45	3A	15,24
51	0,94	1,17	2C	2,84
52	0,92	1,11	2C	2,84
53	4,04	12,44	3A	15,24
54	1,24	1,94	2C	2,84
55	1,24	1,94	2C	2,84
56	1,22	1,91	1A+1C	6,50
57	1,24	1,94	2C	2,84
58	1,24	1,94	2C	2,84
59	1,12	1,61	1A+1C	6,50
60	1,24	1,94	2C	2,84
61	1,24	1,94	2C	2,84
62	1,12	1,61	1A+1C	6,50

Continuación de la tabla XLV.

Muros	As mín	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
63	2,69	7,32	1A+1B	7,92
64	1,24	1,97	2C	2,84
65	1,98	4,54	1A+2C	7,92
66	1,24	1,97	2C	2,84
67	2,69	7,32	1A+1B	7,92
68	2,69	7,32	1A+1B	7,92
69	1,24	1,97	2C	2,84
70	3,52	10,54	2A+1B	13,00
71	1,26	2,05	2C	2,84
72	1,12	1,63	1A+1C	6,50
73	1,41	2,51	1A+1C	6,50
74	1,20	1,86	2C	2,84
75	2,74	7,54	1A+2B	10,76
76	1,17	1,80	1A+1C	6,50
77	1,17	1,80	1A+1C	6,50
78	2,74	7,62	1A+2C	7,92
79	1,20	1,86	2C	2,84
80	1,41	2,53	1A+1C	6,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Área de acero distribuido por muro, primer nivel sentido y**

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
A	4,34	8,67	2A+1C	11,58
B	2,10	3,22	1A+2C	7,92
C	2,30	3,75	1A+2C	7,92
D	0,72	0,45	2C	2,84
E	7,05	12,65	3A+1C	16,66
F	3,36	6,45	2A	10,16
G	16,21	16,18	5A+4C	31,08
H	5,12	9,99	2A+1C	11,58
I	5,36	10,34	2A+1C	11,58
J	0,63	0,34	2C	2,84
K	8,23	13,40	3A+2C	18,08
L	8,23	13,31	3A+1C	16,66
M	1,10	1,02	1A+1C	6,50
N	2,21	3,46	1B+1C	4,26
O	1,36	1,49	1A+1C	6,50
P	26,99	16,82	10A	50,80
Q	1,17	1,14	1A+1C	6,50
R	1,20	1,19	1A+1C	6,50
S	1,14	1,08	2C	2,84
T	0,74	0,47	2C	2,84
U	0,92	0,72	1A+1C	6,50
V	0,92	0,71	1A+1C	6,50
W	7,49	12,89	3A+2C	18,08
X	26,99	16,76	10A+1C	52,22
Y	12,49	15,44	4A+3C	24,58
Z	1,78	2,46	1A+1C	6,50
AA	1,81	2,45	1A+2C	7,92
AB	2,69	4,68	1A+2C	7,92
AC	1,26	1,31	1A+1C	6,50
AD	2,46	4,14	1A+1C	6,50
AE	4,07	8,05	2A+1C	11,58
AF	5,12	10,20	2A+1C	11,58
AG	16,21	16,69	5A+4C	31,08
AH	1,10	1,04	1A+1C	6,50
AI	2,21	3,53	1A+2C	7,92
AJ	1,36	1,55	1A+1C	6,50
AK	16,21	16,99	5A+4C	31,08
AL	4,71	9,94	2A+1C	11,58
AM	2,27	3,85	1A+2C	7,92
AN	9,36	15,02	3A+3C	19,50
AO	8,23	14,52	3A+2C	18,08
AP	11,56	16,78	4A+2C	23,16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Área de acero distribuido por muro, segundo nivel  
sentido x**

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
1	23,75	18,96	7A	35,56
2	4,04	7,68	3A	20,32
3	5,49	10,18	4A	25,40
4	1,38	1,21	1A+1C	6,50
5	1,90	2,12	2B	5,68
6	2,53	3,34	1A+2B	10,76
7	1,90	2,12	2B	5,68
8	2,31	2,92	1A+2C	7,92
9	1,38	1,21	1A+1C	6,50
10	1,28	1,04	2C	2,84
11	1,78	1,90	1A+1C	6,50
12	1,45	1,32	2B	5,68
13	3,34	4,93	2A+1B	13,00
14	1,45	1,32	2B	5,68
15	3,34	4,93	2A+1B	13,00
16	1,45	1,32	2B	5,68
17	3,34	4,93	1A+2B	10,76
18	1,45	1,32	2B	5,68
19	1,82	1,97	1A+1C	6,50
20	1,37	0,95	1A+1C	6,50
21	1,12	0,65	2C	2,84
22	1,10	0,64	2C	2,84
23	0,89	0,42	1A+1C	6,50
24	1,78	1,52	2B	5,68
25	0,92	0,45	2C	2,84
26	0,89	0,42	1A+1C	6,50
27	1,78	1,52	2B	5,68
28	0,89	0,42	2C	2,84
29	4,04	4,99	3A	15,24

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
30	5,49	6,61	4A	20,32
31	1,09	0,62	1A+1C	6,50
32	1,30	0,87	2C	2,84
33	1,20	0,74	2C	2,84
34	1,20	0,74	2C	2,84
35	1,20	0,74	2C	2,84
36	1,20	0,74	1A+1C	6,50
37	1,20	0,74	2C	2,84
38	1,20	0,74	2C	2,84
39	1,20	0,74	1A+1C	6,50
40	4,04	4,04	3A	15,24
41	4,04	3,67	3A	15,24
42	24,17	7,75	5A+6C	33,92
43	25,82	7,79	5A+5C	32,50
44	1,50	0,83	2C	2,84
45	3,29	2,87	1A+2B	10,76
46	1,50	0,83	2C	2,84
47	1,78	1,13	1A+1C	6,50
48	2,79	2,29	1A+1B	7,92
49	1,21	0,56	2C	2,84
50	1,18	0,54	2C	2,84
51	1,32	0,65	2C	2,84
52	1,21	0,56	2C	2,84
53	1,02	0,41	2C	2,84
54	1,42	0,75	2C	2,84
55	1,04	0,42	1A+1C	6,50
56	0,96	0,36	2C	2,84
57	4,24	3,83	2A+1B	13,00
58	2,69	2,17	1A+1B	6,50

Continuación de la tabla XLVII.

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
59	1,24	0,58	2C	2,84
60	1,98	1,35	1A+2C	7,92
61	1,24	0,58	2C	2,84
62	2,69	2,17	1A+1B	7,92
63	2,69	2,17	1A+1B	7,92
64	1,24	0,58	2C	2,84
65	1,60	0,93	1A+2C	7,92
66	3,13	2,68	1A+2B	10,76
67	1,12	0,48	1A+1C	6,50
68	1,41	0,74	1A+1C	6,50
69	1,20	0,55	2C	2,84
70	5,53	4,88	3A+1C	18,68
71	5,56	4,95	3A+1C	18,08
72	1,20	0,55	2C	2,84
73	1,41	0,74	1A+1C	6,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Área de acero distribuido por muro, segundo nivel  
sentido y**

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
A	4,34	2,28	2A+1B	11,58
B	2,10	0,82	1A+2B	7,92
C	3,64	1,84	1A+2B	7,92
D	1,12	0,26	1A+2B	7,92
E	5,29	2,70	2A+1B	11,58
F	16,21	4,29	5A+4B	31,08
G	5,12	2,65	2A +1B	11,58
H	16,21	4,29	5A+4B	31,08
I	8,23	3,56	2A+2B	13,00
J	1,10	0,27	1A+1B	6,50
K	2,21	0,92	1B+1C	4,26
L	1,36	0,40	1A+1B	6,50
M	22,84	4,45	8A+2B	43,48
N	0,69	0,11	2B	2,84
O	0,94	0,20	1A+1B	6,50
P	14,60	4,24	5A+2B	25,40
Q	0,92	0,19	1A+1B	6,50
R	8,94	3,71	3A+3B	19,50
S	14,40	4,21	4A+3B	24,58
T	8,90	3,70	2A+3B	14,42
U	12,49	4,17	4A+3B	24,58
V	1,78	0,65	1A+1B	6,50
W	1,86	0,71	1A+2B	7,92
X	2,69	1,27	1A+2B	7,92
Y	1,26	0,35	1A+1B	6,50
Z	8,23	3,77	3A+2B	18,08
AA	2,46	1,16	1A+1B	6,50
AB	4,07	2,25	2A+1B	11,58
AC	5,12	2,90	2A+1B	11,58

Muros	As min	As requerido	Columnas a utilizar	As a utilizar
AD	16,21	4,70	5A+4B	31,08
AE	1,10	0,30	1A+1B	6,50
AF	2,21	1,01	1A+2B	7,92
AG	1,36	0,44	1A+1B	6,50
AH	16,21	5,02	5A+4B	31,08
AI	4,71	3,07	2A+1B	11,58
AJ	2,27	1,20	1A+2B	7,92
AK	9,36	4,69	3A+3B	19,50
AL	8,23	4,72	3A+2B	18,08
AM	11,56	5,60	4A+2B	23,16

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.14. Diseño de vigas

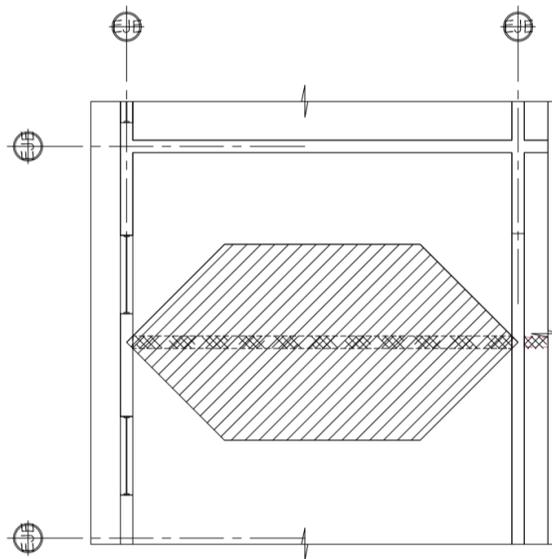
Las vigas son elementos estructurales rígidos, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.

### 2.1.14.1. Diseño de vigas en aulas y pasillos

En este caso, existen vigas al medio de las aulas y en los pasillos para distribuir de una mejor manera las cargas y evitar que las losas sean de un peralte mayor a 12 centímetros, como lo vimos en el diseño de losas.

A continuación, se presenta el cálculo de la viga que se ubica en la mitad de las aulas, para el cálculo de las demás vigas se realizará el mismo procedimiento.

Figura 18. **Área tributaria de vigas en aulas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

## Datos

Luz libre	=	6	m
Área tributaria	=	13,52	m <sup>2</sup>
b	=	0,20	m
h	=	0,45	m
d	=	0,41	m
f'c	=	210	Kg/cm <sup>2</sup>
f'y	=	2 810	Kg/cm <sup>2</sup>

- Cálculo de carga distribuida

$$Wu = \frac{Cu * \text{Área tributaria}}{L} + \text{Peso propio de la viga}$$

$$Wu = \frac{895,60 * 13,50}{6} + 216 \frac{Kg}{m} = 2 231,10 \text{ Kg/m}$$

- Cálculo de momentos

Según ACI 318-11 en la sección 8.3.3 como alternativa al análisis estructural se permite utilizar en el diseño de vigas los siguientes momentos, según el tipo de comportamiento vigas.

$$M_- = \frac{W * L^2}{11} = \frac{2 288,09 * 6^2}{11} = 7 301,78 \text{ kg} - m$$

$$M_+ = \frac{W * L^2}{16} = \frac{2 288,09 * 6^2}{16} = 5 019,98 \text{ kg} - m$$

- Cálculo de área de acero longitudinal requerido para momento último.

$$As_{req} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \frac{f'c}{f'y}$$

Donde:

Asreq	área de acero requerido
b	ancho de viga
d	peralte efectivo de viga
Mu	momento último
f'c	resistencia a la compresión del concreto
f'y	esfuerzo de fluencia del acero

Área de acero requerido para M-

$$As_{req} = \left[ 20 * 45 - \sqrt{(20 * 45)^2 - \frac{7\,301,78 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810} = 7,60cm^2$$

Área de acero requerido para M+

$$As_{req} = \left[ 20 * 45 - \sqrt{(20 * 45)^2 - \frac{5\,019,98 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810} = 5,09cm^2$$

- Cálculo de área de acero mínimo

El código ACI 318-11 en la sección 10.5, establece que el refuerzo mínimo en elementos en flexión, no debe ser menor a lo siguiente:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'c}}{f'y} * b * d$$

Pero no menor a:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f'y} * b * d$$

Chequeo:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2810} * 20 * 41 = 3,38 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2810} * 20 * 41 = 4,10 \text{ cm}^2$$

Como  $4,10 \text{ cm}^2 > 3,38 \text{ cm}^2$

Se usará  $4,10 \text{ cm}^2$

- Cálculo de acero máximo

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{6120}{f_y + 6120} \right) = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} \left( \frac{6120}{2810 + 6120} \right) = 0,037$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,037 * 20 * 41 = 15,17 \text{ cm}^2$$

Como  $A_{s_{min}} < A_{s_{req}} < A_{s_{max}}$  Se usará  $A_{s_{req}}$

Por lo tanto, el refuerzo longitudinal a utilizar en viga será el siguiente:

Refuerzo cama superior

3 núm. 5 corridos + 2 bastones    8,48 cm<sup>2</sup>    cumple con Asreq (M-)

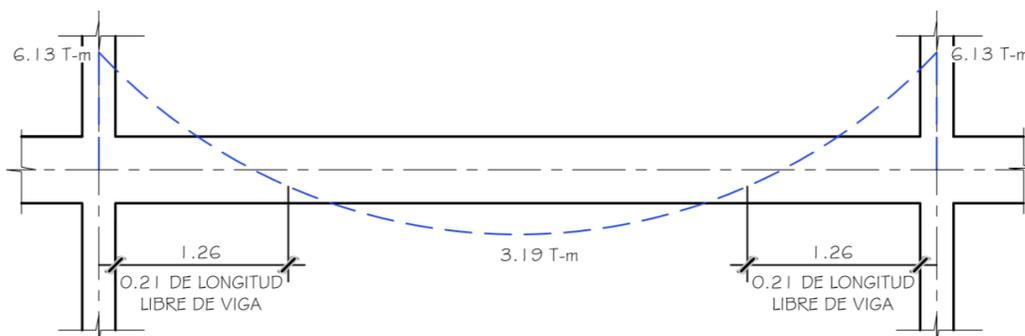
Refuerzo cama inferior

3 núm. 5 corridos    5,94 cm<sup>2</sup>    cumple con Asreq (M+)

Ver figura 20. Refuerzo longitudinal y transversal de viga en aulas.

Para determinar la longitud de bastones se realizó un diagrama momentos, tomando en cuenta las cargas a las cuales sera sometida la viga asi como el tipo de empotramiento de la misma, dandonos el siguiente resultado:

Figura 19.    **Diagrama de momentos de viga en aulas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En el diagrama se muestra la longitud en la cual actúan los momentos positivos y negativos, pero además de esta longitud es necesario añadir una longitud de las barras horizontales que resisten estos momentos, la cual es conocida como longitud de desarrollo. Para el cálculo de esta longitud se toma como referencia el capítulo 12 del ACI 318-11.

## Longitud de desarrollo de ganchos estandar en tracción

Según ACI 318-11 seccion 12.5.2 esta longitud de desarrollo se calcula mediante la siguiente ecuacion:

$$ldh = \left( \frac{0,02 \psi_e f' y}{\lambda \sqrt{f' c}} \right) db$$

Donde:

- $ldh$  = longitud de desarrollo de refuerzo horizontal
- $\psi_e, \lambda$  = para casos donde el concreto no sea con agregados livianos tomar igual a 1,0
- $f' y$  = resistencia a la tensión del acero
- $f' c$  = resistencia a la compresión del concreto
- $db$  = diametro de varrilla

Este resultado se puede multiplicar por factores de reducción, si se cumple con algunas de la condiciones de la seccion 12.5.3, en nuestro caso cumplimos con 12.5.3(b), por lo tanto el resultado lo multiplicaremos por 0,8.

$$ldh = \left( \frac{0,02 (1)(4\ 000)}{\lambda \sqrt{3\ 000}} \right) (0,5)(0,8) = 7,3''$$

En los comentarios de referencia de 12.5.3 se encuentra la forma de calcular la longitud de desarrollo de la parte del gancho que se dobla, siendo esta la siguiente:

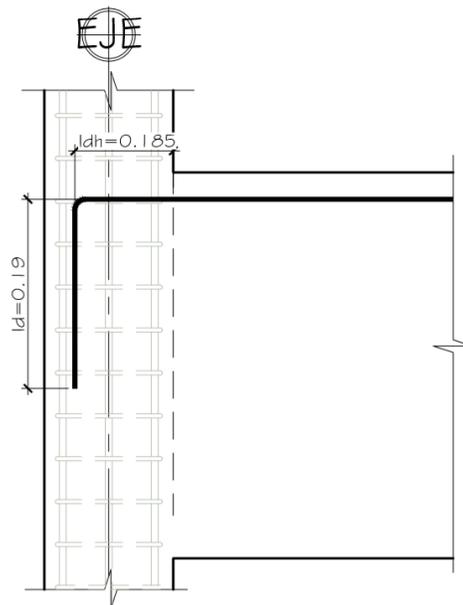
$$ld = 12db$$

Por lo tanto:

$$d = 12(1/2") = 7,5" = 0,19 \text{ m}$$

En lugares donde la viga no continúe, se deben de aplicar los anteriores longitudes de desarrollo, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. **Longitud de desarrollo en ganchos estandar a tracción**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Longitud de desarrollo del refuerzo negativo

Para este tipo de refuerzo se deben de calcular dos longitudes de desarrollo, una para cuando se dé el caso de que la viga que se está calculando tenga una viga adyacente y la otra es la longitud de desarrollo necesaria luego de cubrir el momento hasta el punto de inflexión según el diagrama de momentos.

El refuerzo para momento negativo debe tener una longitud embebida en el concreto según la siguiente ecuación:

$$ldh = \left( \frac{3f'y}{40\lambda\sqrt{f'c}} \right) \left( \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left( \frac{cb}{db} \right)} \right) db$$

Donde:

$ldh$  = longitud de desarrollo de refuerzo horizontal

$\psi_e, \psi_s, \psi_t$  = factores de modificación para la longitud de desarrollo con base en el revestimiento, tamaño del refuerzo y localización del refuerzo respectivamente

$f'y$  = resistencia a la tensión del acero

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto

$db$  = diámetro de varrilla

$\lambda$  = factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano

$cb$  = la menor distancia de: (a) la distancia medida del centro de una barra o alambre a la superficie mas cercana del concreto, o (b) la mitad de la separación centro a centro de las barras o alambre que se desarrollan

Entonces:

$$ldh = \left( \frac{3(40\ 000)}{40(1)\sqrt{(3\ 000)}} \right) \left( \frac{(1,3)(1)(1)}{\left( \frac{1,69}{\frac{1}{2}} \right)} \right) \frac{1}{2} = 10,53" = 0,27\ m$$

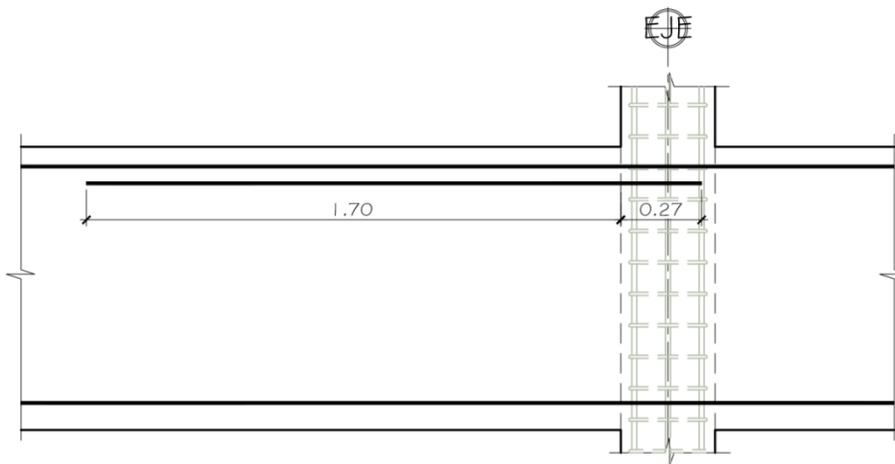
Según ACI 318-11 sección 12.12.3 para el cálculo de la longitud de desarrollo después del punto de inflexión debe de tener una longitud no menor que  $d$ ,  $12 db$  o  $l_n/16$ .

Por lo tanto:

d:		0,41 m
12db:	$12(1/2") = 6" =$	0,1524 m
$l_n/6$ :	$6 / 16 =$	0,375 m
Longitud total de baston:	$1,26 + 0,41 =$	1,67

Por simplificación al momento de construcción se utilizará bastones de 1,70 m de longitud a partir de el rostro externo de columna.

Figura 21. **Longitud de desarrollo para refuerzo negativo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.14.1.1. Confinamiento

- Diseño por corte

$$V_{actuante} = \frac{Wu * L}{2} = \frac{2\,231,10 * 6}{2} = 6\,693,3 \text{ Kg}$$

$$V_{rest. concreto} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_{rest. concreto} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 41 = 5\,353,26 \text{ Kg}$$

$$V_{rest. acero} = \frac{f'y * As * d}{s} = \frac{2\,810 * 2 * 0,71 * 41}{20} = 8\,179,91 \text{ kg}$$

$$V_{rest.total} = V_{rest. concreto} + V_{rest. acero} = 5\,353,26 \text{ kg} + 8\,179,91 = 13\,533,17 \text{ kg}$$

$V_{rest.total} > V_{actuante}$  utilizar estribos por confinamiento

Según el ACI en el capítulo 21, en el inciso 21.5.3.1, debe de disponerse estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a 2 veces la altura del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz en ambos extremos del elemento en flexión.

Acercas de la separación de estos estribos nos dice el inciso 21.5.3.2, el primer estribo cerrado de confinamiento debe de estar situado a no más de 5 cm de la cara del elemento de apoyo. Además, el espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de:

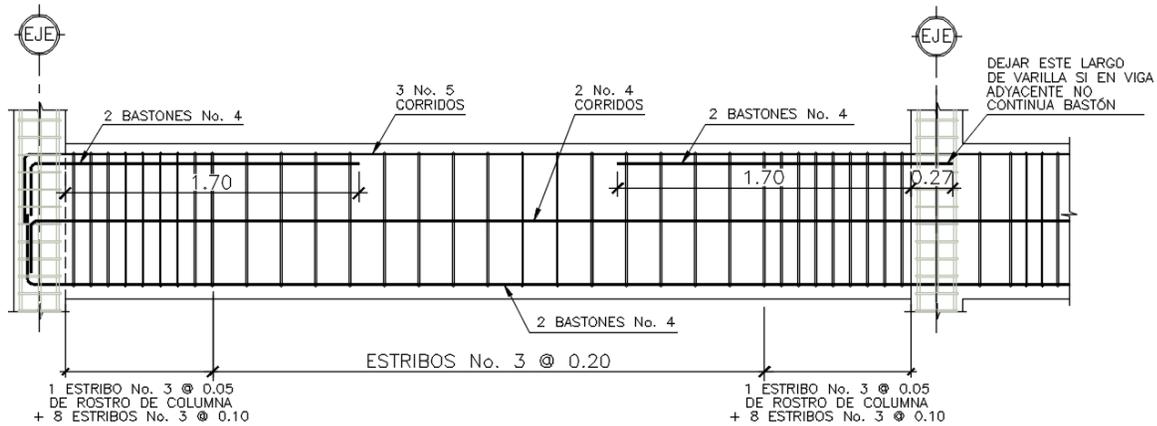
- $d/4$
- Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas.
- 24 veces el diámetro del estribo cerrado de confinamiento
- 300 mm

Cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos espaciados a no más de  $d/2$  en toda la longitud del elemento.

Por lo que la viga que se está analizando quedará de la siguiente manera:

En la longitud $2h$ (90 cm):	1 estribo núm. 3 a 5 cm del rostro de la columna + 8 estribos núm. 3 @ 0,10
Resto:	estribos núm. 3 @ 0,20

Figura 22. Refuerzo longitudinal y transversal de viga en aulas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La distribución de vigas y detalles se encuentran en planos estructurales.

### 2.1.15. Diseño de cimentación

El edificio estará soportado por un cimiento corrido, este recibirá las cargas inducidas por los muros de mampostería, se debe verificar y comparar según la carga admisible del suelo.

### 2.1.15.1. Determinación de valor soporte

Para la determinación del valor soporte en el suelo, se hizo una toma de muestra de suelo inalterada, este valor es el que servirá para el diseño de la cimentación, ya que se podrá comparar los esfuerzos admisibles y los actuantes. Como se observó en 2.1.1.2 el valor soporte a utilizar será de 47,05 Ton/m<sup>2</sup>.

### 2.1.15.2. Diseño de cimiento corrido

Este servirá para soportar el peso total de la estructura, se debe de hacer un cimiento corrido, debido a los muros de corte diseñados. El cimiento corrido tendrá las siguientes características:

Datos:             $\gamma_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ T/m}^3$   
                       $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
                       $f'_y = 2\ 810 \text{ kg/cm}^2$   
                       $t = 0,20 \text{ m}$   
                       $F_{CU} = 1,50$   
                       $\gamma_{\text{suelo}} = 1,73 \text{ T/m}^3$   
                       $q_{\text{adm}} = 23,56 \text{ T/m}^2$

Después de tener todos los datos para diseñar un cimiento corrido, es necesario determinar la carga que soportará el cimiento corrido, por cada unidad lineal ( $W_u$ ).

$$W_u = \frac{W_{\text{total}}}{L_{\text{total}}}$$

Donde:

$W_u$  = peso que soporta cimiento  
 $W_{total}$  = carga crítica sobre el cimiento  
 $L_{total}$  = longitud total de muro crítico

Tabla XLIX. **Cargas actuantes sobre muro crítico**

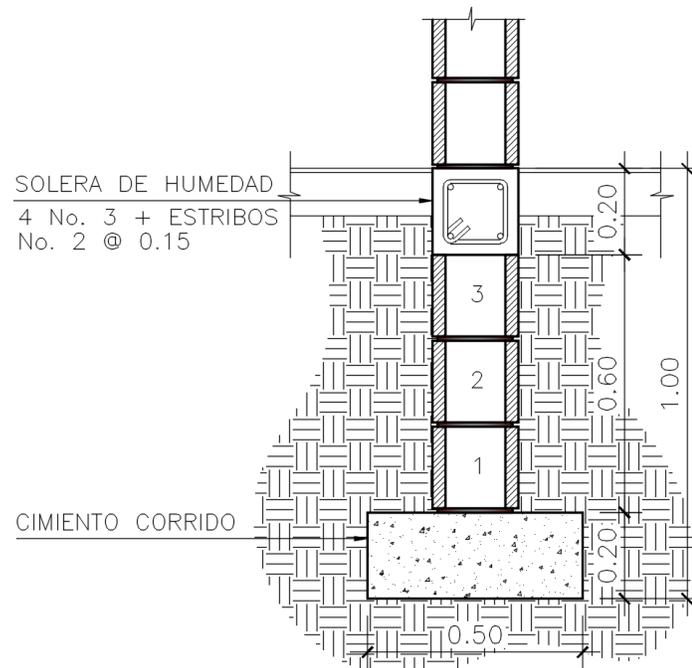
<b>PESO ACTUANTE SOBRE MURO 1</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>Peso (Kg)</b>
<b>Techo</b>			
Carga muerta	364 kg/m <sup>2</sup>	18,09 m <sup>2</sup>	6 584,76
Carga viva	100 kg/m <sup>2</sup>	18,09 m <sup>2</sup>	1809
<b>Entrepiso</b>			
Carga muerta	414 kg/m <sup>2</sup>	18,09 m <sup>2</sup>	7489,26
Carga viva	500 kg/m <sup>2</sup>	18,09 m <sup>2</sup>	9045
<b>Muro</b>			
Peso propio	247 kg/m <sup>2</sup>	51,44 m <sup>2</sup>	12 704,89
		<b>Wtotal</b>	<b>37 632,91</b>

Fuente: elaboración propia.

$$W_u = \frac{37\,632,91}{17,86} = 2\,107,11 \text{ Kg/m}$$

$$W_u = 2,11 \text{ T/m}$$

Figura 23. Cimiento corrido del edificio



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Carga de trabajo (muro 1):

$$W_t = \frac{W_u}{F_{cu}} = \frac{2\,107,11}{1,50} = 1\,404,74 \frac{Kg}{m} = 1,40 T/m$$

Donde:

- $W_t$  = carga de trabajo
- $W_u$  = carga última
- $F_{cu}$  = Factor de carga última

- Presión actuante ( $q_{act}$ )

Peso total:  $W_t + W_{suelo} + W_{cimiento}$

Peso total:  $2,11 + 1,73 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1 + 2,4 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \cdot 1$

Peso total: 3,04 T

$$q_{act} = \frac{\text{Peso total}}{\text{Area}} = \frac{3,04}{0,5 \cdot 1} = 6,08 \text{ T/m}^2$$

$$\text{como } q_{act} = 6,08 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} < q_{adm} = 23,56 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

Como la carga actuante es menor que la carga admisible, por lo tanto, si chequean las medidas de cimiento propuesto.

#### **2.1.15.2.1. Diseño del espesor del cimiento**

Para el cálculo del espesor del cimiento corrido, se procede a calcular la presión de diseño última ( $q_{dis\ u}$ ):

Es la presión actuante incrementada por un factor de seguridad llamado factor de carga última, el cual se encuentra en el rango de 1 a 1,5.

$$q_{dis\ u} = F_{cu} \cdot q_{dis} = 1,50 \cdot 6,08 = 9,12 \text{ T/m}^2$$

$$d = t - \text{rec} - \Phi/2 = 20 - 7,50 - 0,95/2 = 12,02 \text{ cm}$$

Se toma una longitud de 1 metro de cimiento para el análisis.



### 2.1.15.2.2. Áreas de acero requerido

- Chequeo por flexión

$$L = \frac{0,50 - 0,20}{2} = 0,15 \text{ m}$$

Se calcula el momento que soporta cimiento, se calcula como si fuera un voladizo.

$$M = \frac{WL^2}{2} = \frac{10,75 * 0,15^2}{2} = 0,12 \text{ T - m} = 120,94 \text{ kg - m}$$

Calculo de acero mínimo, según ACI 318-11 sección 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y}\right) bd$$

$$As_{min} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4200} 100 * 12,02 \geq \left(\frac{14,1}{4200}\right) 100 * 12,02$$

$$As_{min} = 3,83 \geq 4,04$$

$$As_{min} = 4,04 \text{ cm}^2$$

Luego calculamos el área de acero requerido,

$$As_{req} = \left[ b * d - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 * \frac{f'_c}{f'_y}$$

$$As_{req} = \left[ 100 * 12 - \sqrt{(100 * 12)^2 - \frac{120,94 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4200} = 0,27 \text{ cm}^2$$

Como  $As_{min} > As_{req}$  se utilizará  $As_{min}$ .

Se usará varillas núm. 3 = 0,71 cm<sup>2</sup>  
 6,02 cm<sup>2</sup>----- 100 cm  
 0,71 cm<sup>2</sup>----- s  
 s = 11,79, por lo tanto, se usarán eslabones núm. 3 @ 0,10

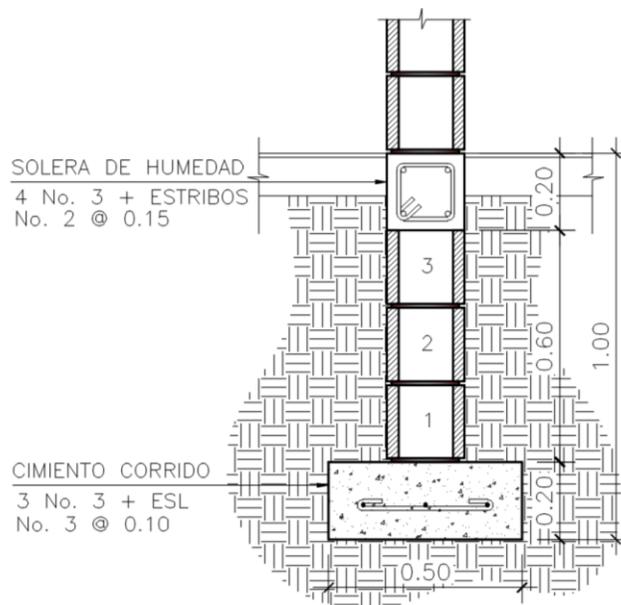
- Cálculo de área de acero por temperatura

Área de acero por temperatura = 0,002 \* b \* t

As temperatura = 0,002 \* 50 \* 12 = 1,2 cm<sup>2</sup>

Se usarán 3 varillas núm. 3 (2,13 cm<sup>2</sup>) con lo cual cumplimos con el área de acero por temperatura.

Figura 25. Cimiento corrido con refuerzo final



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

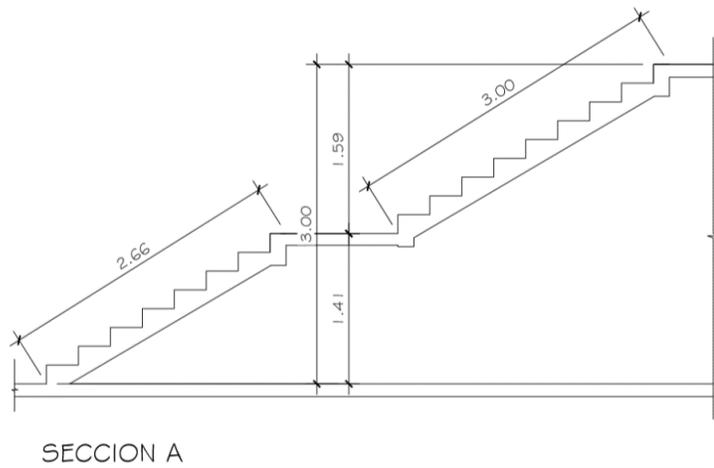
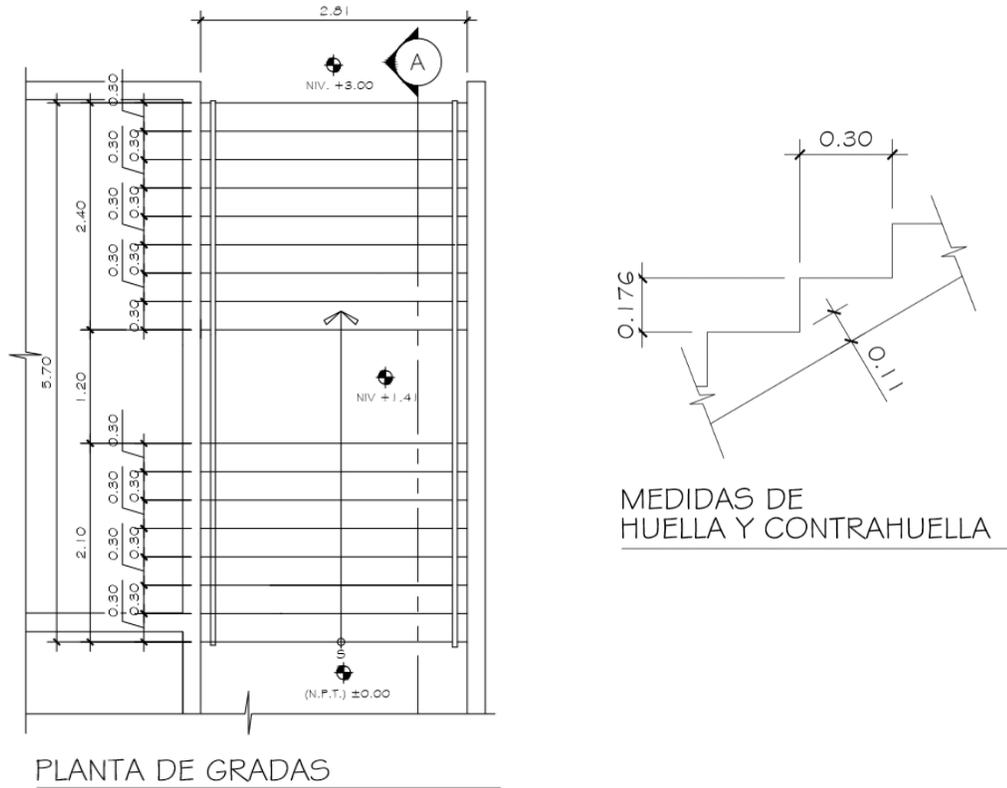
### 2.1.16. Diseño de gradas

En toda edificación es importante tomar en cuenta las formas de acceso de un nivel a otro, en especial si se toma en cuenta que, en lugares de riesgo sísmico considerable, las medidas de seguridad para estas vías de acceso son de tomar en cuenta.

Datos:

Altura a salvar:	3,00 m
Huella:	0,30 m
Contrahuella:	0,18 cm
Espesor de cuello:	0,11 cm
Carga viva:	500 kg/m <sup>2</sup>
f'y:	4 200 kg/cm <sup>2</sup>
f'c:	280 kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del concreto:	2 400 kg/m <sup>3</sup>

Figura 26. **Planta y sección de módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Integración de cargas

#### Carga muerta

CM total = peso específico de concreto \* volumen de gradas

$$CM \text{ total} = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 * 3,29 \text{ m}^3 = 7\,890,48 \text{ kg}$$

Carga muerta distribuida = peso total / longitud de tramo de gradas

$$Carga \text{ muerta distribuida} = 7\,890,48 / 6,86 = 1\,150,22 \text{ kg/m}$$

#### Carga viva

Carga viva distribuida = carga viva \* ancho de gradas

$$Carga \text{ viva distribuida} = 500 \text{ kg/m}^2 * 1,42\text{m} = 710 \text{ kg/m}$$

$$Carga \text{ última} = 1,2 (1\,150,22) + 1,6 (710) = 2\,516,26 \text{ kg/m}$$

#### Cálculo de momentos

$$M_{-} = \frac{WL^2}{12} = \frac{2\,516,26 * 3,00^2}{12} = 1\,887,20 \text{ kg} - m$$

$$M_{+} = \frac{WL^2}{14} = \frac{2\,516,26 * 3,00^2}{14} = 1\,617,60 \text{ kg} - m$$

#### Cálculo de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y}\right) bd$$

Donde:

$A_{smin}$	=	área de acero mínimo
$f'y$	=	esfuerzo de fluencia del acero
$b$	=	base
$d$	=	peralte efectivo
$f'c$	=	esfuerzo a la compresión del concreto

$$A_{smin} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4\ 200} 100 * 8,5 \geq \left(\frac{14,1}{4\ 200}\right) 100 * 8,5$$
$$A_{smin} = 2,71 \geq 2,85$$
$$A_{smin} = 2,85\ cm^2$$

Cálculo de área de acero requerido para momento positivo y negativo

$$A_{sreq} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \frac{f'c}{f'y}$$

Donde:

$A_{sreq}$	=	área de acero requerido
$b$	=	ancho de viga
$d$	=	peralte efectivo de viga
$Mu$	=	momento último
$f'c$	=	resistencia a la compresión del concreto
$f'y$	=	esfuerzo de fluencia del acero

$$A_{sreq(-)} = \left[ 100 * 8,5 - \sqrt{(100 * 8,5)^2 - \frac{1\ 887,20 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\ 810} = 9,64\ cm^2$$

$$Asreq(+) = \left[ 100 * 8,5 - \sqrt{(100 * 8,5)^2 - \frac{1\ 617,60 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\ 810} = 8,14\ cm^2$$

Usando varilla núm. 4

$$\begin{array}{r} 9,64\ cm^2 \text{ ----- } 100 \\ 1,27\ cm^2 \text{ ----- } S \end{array}$$

S = 13,17 cm, se usará núm. 4 @ 0,10

Smax = 2t = 2(11 cm) = 22 cm

Se usará núm. 4 @ 0,10

Calculo de acero por temperatura

$$As\ temperatura = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 * 8,5 = 1,7\ cm^2$$

$$\begin{array}{r} 1,7\ cm^2 \text{ ----- } 100 \\ 0,71\ cm^2 \text{ ----- } S \end{array}$$

$$S = 32,27\ cm$$

Se colocarán varillas núm. 3 @ 0,30

Ver detalle de módulo de gradas, en planos estructurales.

### 2.1.17. Instalaciones

A continuación se presenta el diseño de las instalaciones hidráulicas, instalaciones sanitarias y eléctricas, se detalla el tipo de materiales que se deben de utilizar, según normas establecidas para que se garantice la utilidad.

### **2.1.17.1. Instalaciones hidráulicas**

Las instalaciones hidráulicas tienen la función de abastecer de agua los diferentes tipos de edificaciones y dentro de estos, proceder a la distribución de ella hasta el último elemento o aparato que la necesite.

- Método de Hunter

Este método consiste en asignar a cada aparato sanitario o grupo de aparatos sanitarios, un número de unidades de gasto o peso determinado experimentalmente. La unidad de gasto es la que corresponde a la descarga de un lavatorio común con trampa sanitaria de 1 ¼" de diámetro, equivalente a un pie cúbico por minuto (7,48 g.p.m. o 0,47 l.p.s.).

Este método considera aparatos sanitarios de uso intermitente y tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es su número, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye.

Tabla L. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de Ropa		8	4,5	4,5
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	-
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	-
Lavadero de Ropa	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero de Ropa	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	-
Bebedero	Múltiple	1	1	-
Lavatorio	Corriente	2	1,5	1,5
Lavatorio	Múltiple	2	1,5	1,5
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	-

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 48.

Tabla LI. **Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (lt/seg)**

núm. de	Gasto		núm. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0,12	-	40	0,91	1,74
4	0,16	-	42	0,95	1,78
5	0,23	0,91	44	1	1,82
6	0,25	0,94	46	1,03	1,84
7	0,28	0,97	48	1,09	1,92
8	0,229	1	50	1,13	1,97
9	0,32	1,03	55	1,19	2,04
10	0,34	1,06	60	1,25	2,11
12	0,38	1,12	65	1,31	2,17
14	0,42	1,17	70	1,36	2,23
16	0,46	1,22	75	1,41	2,29
18	0,5	1,27	80	1,45	2,35
20	0,54	1,33	85	1,5	2,4
22	0,58	1,37	90	1,56	2,45
24	0,61	1,42	95	1,63	2,5
26	0,67	1,45	100	1,67	2,55
28	0,71	1,51	110	1,75	2,6
30	0,75	1,55	120	1,83	2,72
32	0,79	1,59	130	1,91	2,8
34	0,82	1,63	140	1,98	2,85
36	0,85	1,67	150	2,06	2,95
38	0,88	1,70	160	2,14	3,04

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 50.

Estimación de la demanda:

Se tienen los siguientes artefactos sanitarios:

16 lavamanos	* 2 unidades Hunter = 32 U.H.
12 inodoros	* 5 unidades Hunter = 60 U.H.
6 mingitorios	* 3 unidades Hunter = 18 U.H.
3 duchas	* 4 unidades Hunter = 12 U.H.
1 lavaderos	* 8 unidades Hunter = 8 U.H.

Total      130 unidades Hunter

Según la tabla LII, se obtiene que la demanda máxima probable es de:

1,91 l/s

Aplicando factor de corrección DMP = 1,91 l/s \* 0,60 = 1,15 l/s

Según Dirección Municipal de Planificación pruebas realizadas en el área dieron como resultado que la velocidad en este sector de la red municipal es de 3 metros por segundo.

Diámetro de la tubería:

$$Q = A * V$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00115 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m/s}} = 0,000383 \text{ m}^2 = \frac{(39,37)^2}{1 \text{ m}^2} = 0,59 \text{ pulg}^2$$

Se usará tubería de 1" tiene un área de 0,78 pulg<sup>2</sup>

### 2.1.17.2. Instalaciones sanitarias

Para el cálculo o dimensionamiento de las instalaciones de drenajes, es necesario definir un concepto que se conoce como unidad de descarga. Esta unidad se define en forma convencional como la correspondiente a la descarga del agua residual de un lavabo común en uso doméstico y que corresponde a un caudal de 20 litros por minuto. Esta unidad de descarga constituye la referencia para estimar las descargas de todos los demás muebles, accesorios o aparatos sanitarios, lo cual se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla LII. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo de sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra.	2da.	3ra.	1ra.	2da.	3ra.
Lavabo	1	2	2	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 1/4"	2	2
Bidet	2	2	2	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 1/4"	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 1/4"	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	----	----	1 1/4"	1 1/4"	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 1/2"	----	----
Lavaplatos comercial	----	----	----	----	----	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 71.

- Dimensionamiento de las derivaciones en colector

Las derivaciones o ramales se calculan a partir del conocimiento del número de descarga a las que dará servicio dicha tubería, esto se logra con la suma de las unidades de descarga de todos los muebles sanitarios que va a desalojar la derivación.

Tabla LIII. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 1/2	1	1	1	1
38	1 1/2	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 1/2	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1 150	1 680
250	10	1 392	1 740	2 500	3 600
300	12	2 400	3 000	4 200	6 500
350	14	4 800	6 000	8 500	135 000

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 71.

- Cálculo de derivaciones simples

Utilizando la tabla L, se le asigna un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario, dependiendo la clase de instalación, en este caso es una instalación de segunda clase, quedando de la siguiente manera:

Tabla LIV. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples**

Tipo de mueble o aparato	Número de unidades mueble	Diámetro (plg.)
lavamanos	2	1 1/4"
inodoros	5	3"
mingitorios	2	1 1/4"
duchas	3	2"
lavaderos	3	1 1/4"

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se determina utilizar un diámetro de tuberías a de 3" para todas las derivaciones simples.

- Cálculo para derivaciones en colector

Para el cálculo de las derivaciones en colector se realizó la suma las unidades mueble de todos los artefactos lo cual dio un resultado de 116 como lo muestra la tabla LIII, por lo que, según la tabla LII, se usará tubería de 5" de diámetro para la tubería que va hacia colector.

Tabla LV. **Sumatoria de unidades mueble de todo el edificio**

Tipo de artefacto	Cantidad de artefactos	Unidades mueble	Total de unidades mueble
Lavamanos	16	2	32
Inodoros	12	5	60
Mingitorios	6	2	12
Duchas	3	3	9
Lavaderos	1	3	3
Total			116

Fuente: elaboración propia.

#### Cálculo de sistema de drenaje pluvial

Para el cálculo del sistema de drenaje pluvial es necesario determinar la cantidad de precipitación pluvial que afectará el área del edificio, por lo cual se utilizará el método racional.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

A = área tributaria (Ha)

El coeficiente de escorrentía será de 1 porque el área a analizar es una cubierta con losa de concreto. El área que total de la losa se dividirá entre las bajadas de agua pluvial que se consideren, en este caso serán 6.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se utilizaron los datos del INSIVUMEH, de la estación meteorológica, ubicada en Santiago Atitlan (ver anexos), con un periodo de retorno de 30 años y una duración de 20 minutos, tenemos:

$$I = \frac{A}{(B + t)^n} = \frac{1\ 160}{(5 + t)^{0,705}}$$

Donde:

- I = intensidad de lluvia (mm/hr)
- A, B, n = parámetros de ajuste
- t = tiempo de concentración (min)

$$I = \frac{1\ 015}{(4 + 20)^{0,674}} = 119,18 \text{ mm/hr}$$

- Cálculo del caudal

$$Q = \frac{1 * 119,18 * 0,0175}{360} = 0,0058 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para la obtención del diámetro de la tubería en centímetros se utilizará la fórmula de Manning.

$$D = \left( \frac{691\ 000 * Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

D= diámetro interior del tubo, en cms.

Q= caudal requerido en m<sup>3</sup> / seg.

n = coeficiente de rugosidad

s= pendiente

$$D = \left( \frac{691\,000 * 0,0058 * 0,009}{(0,01)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 9,10 \text{ cm}$$

Por lo tanto se deben de colocar 6 bajadas de agua con tubo de PVC de 4" de diámetro.

### **2.1.17.3. Instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas son esenciales en las edificaciones, para el apoyo visual en las aulas, se dividen en iluminación y fuerza.

#### **2.1.17.3.1. Iluminación**

Para el diseño de instalaciones eléctricas de iluminación, se tomaron en consideración los siguientes datos:

Nivel lumínico de aulas: 400 lúmenes

Nivel lumínico de pasillos: 200 lúmenes

Nivel lumínico de área de clínicas: 300 lúmenes

$$\text{Lumenes} = \frac{\text{Área} * \text{LUX}}{\text{Cu} * \text{Cm}}$$

Donde

LUX = nivel lumínico requerido  
 Cu = coeficiente de utilización  
 Cm = coeficiente de mantenimiento

$$\text{Núm. de luminarias} = \frac{\text{lúmenes}}{\text{lúmenes por luminaria}}$$

Tabla LVI. **Determinación de luminarias por ambiente de primer nivel**

Ambiente	Lúmenes requeridos según uso de ambiente	Área	Cu	Cm	Lúmenes	Watts	Luminarias
Guardianía	200	6,27	0,80	0,60	2 612,50	80,00	1,00
Cocina	300	27,28	0,80	0,60	17 050,00	80,00	4,00
Comedor	300	34,25	0,80	0,60	21 406,25	80,00	5,00
Aula 1	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 2	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 3	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 4	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 5	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 6	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 7	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
Aula 8	400	34,25	0,80	0,60	28 541,67	80,00	6,00
S.S. hombres	300	20,81	0,80	0,60	13 006,25	80,00	3,00
S.S. hujeres	300	34,25	0,80	0,60	21 406,25	80,00	5,00
S.S. 1	300	7,27	0,80	0,60	4 543,75	80,00	1,00
S.S. 2	300	8,06	0,80	0,60	5 037,50	80,00	1,00
Fisioterapia 1	300	48,52	0,80	0,60	30 325,00	80,00	6,00

Continuación de la tabla LVI.

Ambiente	Lúmenes requeridos según uso de ambiente	Área	Cu	Cm	Lúmenes	Watts	Luminarias
Fisioterapia 2	300	48,52	0,80	0,60	30 325,00	80,00	6,00
Bodega 1	200	5,76	0,80	0,60	2 400,00	80,00	1,00
Trabajo Social	300	10,56	0,80	0,60	6 600,00	80,00	2,00
Área Medica	300	16,56	0,80	0,60	10 350,00	80,00	3,00
Recepción	300	6,75	0,80	0,60	4 218,75	80,00	1,00
Mantenimiento	300	6,75	0,80	0,60	4 218,75	80,00	1,00
Bodega 2	200	14,31	0,80	0,60	5 962,50	80,00	2,00
Área de tableros circuitos	300		0,80	0,60	3 000,00	80,00	1,00
Pasillo 1	200	41,09	0,80	0,60	17 120,83	80,00	4,00
Pasillo 2	200	16,05	0,80	0,60	6 687,50	80,00	2,00
Pasillo 3	200	35,20	0,80	0,60	14 666,67	80,00	3,00
Pasillo 4	200	10,96	0,80	0,60	4 566,67	80,00	1,00
Pasillo 5	200	55,49	0,80	0,60	23 120,83	80,00	5,00
Pasillo 6	200	41,31	0,80	0,60	17 212,50	80,00	4,00
Pasillo 7	200	74,93	0,80	0,60	31 220,83	80,00	7,00
Pasillo 8	200	13,37	0,80	0,60	5 570,83	80,00	2,00
Pasillo 9	200	51,41	0,80	0,60	21 420,83	80,00	5,00
Pasillo 10	200	56,54	0,80	0,60	23 558,33	80,00	5,00
Total							129,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Determinación de luminarias del segundo nivel**

Ambiente	Lúmenes según uso de ambiente	Área	Cu	Cm	Lúmenes	Watts	Luminarias
Aula 9	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00
Aula 10	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00
Aula 11	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00
Aula 12	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00
Aula 13	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00
Aula 14	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00
Salón creativo y formativo	400,00	34,28	0,80	0,60	28 566,67	80,00	6,00

Continuación de tabla LVII.

Ambiente	Lúmenes según uso de ambiente	Área	Cu	Cm	Lúmenes	Watts	Luminarias
S.S. hombres	300,00	20,81	0,80	0,60	13 006,25	80,00	3,00
S.S. mujeres	300,00	34,25	0,80	0,60	21 406,25	80,00	5,00
Terapia ocupacional	300,00	48,52	0,80	0,60	30 325,00	80,00	6,00
Terapia ocupacional	300,00	48,52	0,80	0,60	30 325,00	80,00	6,00
Psicología	300,00	16,75	0,80	0,60	10 468,75	80,00	3,00
Administración FUNDABIEM	300,00	16,75	0,80	0,60	10 468,75	80,00	3,00
Audiometría	300,00	17,20	0,80	0,60	10 750,00	80,00	3,00
Terapia de lenguaje	300,00	7,20	0,80	0,60	4 500,00	80,00	1,00
Bodega 4	200,00	9,13	0,80	0,60	3 804,17	80,00	1,00
Lenguaje de señas	400,00	34,29	0,80	0,60	28 575,00	80,00	6,00
Biblioteca	500,00	34,29	0,80	0,60	35 718,75	80,00	7,00
Secretaria Educación especial	300,00	7,79	0,80	0,60	4 868,75	80,00	1,00
Dirección educación especial	300,00	6,12	0,80	0,60	3 825,00	80,00	1,00
Bodega 3	200,00	4,80	0,80	0,60	2 000,00	80,00	1,00
Área de terapias FUNDABIEM	300,00	27,40	0,80	0,60	17 125,00	80,00	4,00
Dirección escuela de sordos	300,00	6,48	0,80	0,60	4 050,00	80,00	1,00
Pasillo 11	200,00	41,03	0,80	0,60	17 095,83	80,00	4,00
Pasillo 12	200,00	16,05	0,80	0,60	6 687,50	80,00	2,00
Pasillo 13	200,00	35,02	0,80	0,60	14 591,67	80,00	3,00
Pasillo 14	200,00	10,96	0,80	0,60	4 566,67	80,00	1,00
Pasillo 15	200,00	41,50	0,80	0,60	17 291,67	80,00	4,00
Pasillo 16	200,00	34,40	0,80	0,60	14 333,33	80,00	3,00
Pasillo 17	200,00	74,93	0,80	0,60	31 220,83	80,00	7,00
Pasillo 18	200,00	13,37	0,80	0,60	5 570,83	80,00	2,00
Pasillo 19	200,00	51,41	0,80	0,60	21 420,83	80,00	5,00
Pasillo 20	200,00	56,55	0,80	0,60	23 562,50	80,00	5,00
Total							130,00

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.17.3.2. Fuerza

Para los circuitos de fuerza se conectan doce tomacorrientes como máximo, asumiendo: una carga de 2 laptop con un consumo de 8 amperios, 1

cañonera consumiendo 3 amperios y equipo de audio consumiendo 3 amperios, tenemos una carga total de 14 amperios, por lo tanto, para cada circuito se utilizará un flipón de 30 amperios, incluyendo en cada circuito los tomacorrientes de dos aulas, se muestra un resumen de la cantidad de tomacorrientes.

Tabla LVIII. **Cantidad de tomacorrientes por ambiente**

PRIMER NIVEL		SEGUNDO NIVEL	
Ambiente	Cantidad de Tomacorrientes	Ambiente	Cantidad de Tomacorrientes
Guardianía	1	Aula 9	6
Cocina	4	Aula 10	6
Comedor	4	Aula 11	6
Aula 1	6	Aula 12	6
Aula 2	6	Aula 13	6
Aula 3	6	Aula 14	6
Aula 4	6	Terapia ocupacional 1	6
Aula 5	6	Terapia ocupacional 2	6
Aula 6	6	Psicología	4
Aula 7	6	Administración FUNDABIEM	6
Aula 8	6	Audiometría	4
Fisioterapia 1	6	Terapia de lenguaje	3
Fisioterapia 2	6	Lenguaje de señas	6
Bodega 1	1	Biblioteca	6
Trabajo Social	3	Dirección Educación Especial	2
Área medica	4	Salón recreativo y formativo	6
Recepción	3	Bodega 3	1
Bodega 2	2	Bodega 4	1
		Secretaria Educación Especial	2
		Dirección escuela sordos	2
		Área terapias FUNDABIEM	6

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.18. Cronograma

Tabla LIX. Cronograma de ejecución de centro de atención de personas con discapacidad

Cronograma		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
Núm.	Región	S1	S2	S3	S4												
<b>1</b>	<b>Trabajos preliminares</b>																
1.1	Limpia y chapeo	X															
1.2	Bodega y guardiana	X															
<b>2</b>	<b>Cimentación</b>																
2.1	Trazo		X														
2.2	Excavación estructural		X	X													
2.3	Cimiento Corrido				X	X											
<b>3</b>	<b>Levantado de muros primer nivel</b>																
3.1	Muros de 0,19x0,19x0,39 de cimentación a solera de entrepiso						X	X	X	X							
<b>4</b>	<b>Gradas</b>																
4.1	Armado de módulo de gradas									X							
4.2	Fundición de módulo de gradas												X				
4.3	Acabado en gradas																
<b>5</b>	<b>Losa de entrepiso</b>																
5.1	Armado de losa de entrepiso									X	X						
5.2	Fundición de losa de entrepiso												X				
5.3	Curado de losa de entrepiso													X			
<b>6</b>	<b>Levantado de muros segundo nivel</b>																
6.1	Muros de 0,19x0,19x0,39 de solera de entrepiso a solera de final														X	X	X
<b>7</b>	<b>Losa de techo</b>																
7.1	Armado de losa de techo																

Continuación de tabla LIX.

Cronograma		Mes 5				Mes 6				Mes 7			
Núm.	Región	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
7.3	Curado de losa de techo					X							
<b>8</b>	<b>Instalaciones eléctricas</b>												
8.1	Entubado de instalación eléctrica primer nivel												
8.2	Cableado de instalaciones eléctricas primer nivel												
8.3	Entubado de instalación eléctrica segundo nivel						X						
8.4	Cableado de instalaciones eléctricas segundo nivel							X					
8.5	Instalación de luminarias, interruptores, tomacorrientes												
<b>9</b>	<b>Instalaciones hidráulicas</b>												
9.1	Instalaciones hidráulicas primer nivel												
9.2	Instalaciones hidráulicas segundo nivel												
<b>10</b>	<b>Instalaciones sanitarias</b>												
10.1	Instalaciones sanitarias primer nivel												
10.2	Instalaciones sanitarias segundo nivel												
<b>11</b>	<b>Acabados primer nivel</b>												
11.1	Acabado en cielo primer nivel	X											
11.2	Acabado en paredes primer nivel		X										
11.3	Instalación de piso primer nivel			X									
<b>12</b>	<b>Acabados segundo nivel</b>												
12.1	Acabado en cielo segundo nivel							X					
12.2	Acabado en paredes segundo nivel								X				
12.3	Instalación de piso segundo nivel									X			
<b>13</b>	<b>Instalación de artefactos sanitarios</b>											X	
<b>14</b>	<b>Instalación de puertas</b>											X	
<b>15</b>	<b>Instalación de ventanas</b>												X

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.19. Presupuesto

A continuación se presenta, el reglón denominado cimiento corrido CC1, el cual servirá de ejemplo para determinar la manera en la cual fueron calculados los demás reglones que aparecen en la tabla LXI.

Tabla LX. **Reglón cimiento corrido CC1**

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cimiento corrido CC1	ml	467,72	Q 322,47	<b>Q150 825,82</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOUNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	0,90	Q 75,00	Q 67,50
Arena	m3	0,06	Q 120,00	Q 7,20
Piedrín	m3	0,07	Q 380,00	Q 26,60
Alambre de Amarre	Libra	0,25	Q 5,00	Q 1,25
Hierro núm. 3	Varillas	1,33	Q 23,50	Q 31,26
Total de materiales con IVA				<b>Q 133,81</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Armado	ml	1	Q 28,00	Q 28,00
Fundición	ml	1,00	Q 8,28	Q 8,28
SUBTOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 36,28</b>
FACTOR DE AYUDANTE	%	46 %		Q 16,69
PRESTACIONES	%	66,33 %		Q 24,06
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 77,03</b>
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>				
HERAMIENTA Y EQUIPO	%	15 %		Q 11,55
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra ):</b>				<b>Q 222,39</b>
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):			45,00 %	Q 100,08
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 322,47</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 322,47</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Presupuesto de centro de atención para personas con discapacidad**

<b>PRESUPUESTO EDIFICIO DE CENTRO DE ATENCION PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD</b>					
Núm.	Nombre	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1,1	Limpia y chapeo	Global	1	Q 2 124,36	Q 2 124,36
1,2	Bodega y guardianía	Global	1	Q 4 595,37	Q 4 595,37
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				
2,1	Trazo	Global	1	Q 5 399,46	Q 5 399,46
2,2	Excavación estructural	m3	233,86	Q 123,92	Q 28 980,19
2,3	Cimiento corrido CC1	ml	467,72	Q 322,47	Q 150 825,82
<b>3</b>	<b>MUROS</b>				
3,1	Levantado de muros de 0,19x0,19x0,39	m2	2110,45	Q 278,13	Q 586 976,50
3,2	Levantado de muros de 0,10x0,19x0,39	m2	108,94	Q 150,95	Q 16 444,56
3,3	Refuerzo vertical muros de 0.10	m2	108,94	Q 108,42	Q 11 811,43
3,4	Solera intermedia MT	ml	31,22	Q 204,71	Q 6 391,18
3,5	Solera de humedad MT	ml	20,81	Q 198,04	Q 4 121,21
3,6	Solera de humedad	ml	467,72	Q 226,13	Q 105 767,16
3,7	Solera intermedia	ml	1639,66	Q 242,58	Q 397 742,98
3,8	Solera dintel	ml	75,04	Q 146,62	Q 11 002,69
3,9	Solera de entrepiso	ml	467,72	Q 243,69	Q 113 980,09
4	Solera final	ml	416,85	Q 250,79	Q 104 542,12
4,1	Columna C1	ml	749	Q 288,74	Q 216 266,33
4,2	Columna C2	ml	1338	Q 166,05	Q 222 173,79
<b>4</b>	<b>LOSAS</b>				
4,1	Viga V-A	ml	12	Q 303,88	Q 3 646,61
4,2	Viga V-1A	ml	72	Q 710,98	Q 51 190,65
4,3	Viga V-2A	ml	12	Q 565,34	Q 6 784,12
4,4	Viga V-B	ml	35,18	Q 473,40	Q 16 654,31
4,5	Viga V-C	ml	97,33	Q 447,16	Q 43 521,86
4,6	Viga V-D	ml	41,58	Q 418,71	Q 17 410,16
4,7	Viga V-E	ml	102	Q 565,02	Q 57 632,47
4,8	Gradas	Glo.	1	Q 12 568,00	Q 12 568,00
4,9	Losa de entrepiso	m2	1040,09	Q 702,54	Q 730 708,86

Continuación de la tabla LXI.

No.	Nombre	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
4,10	Losa de techo	m2	1053,27	Q 716,71	Q 754 885,23
<b>5 ACABADOS</b>					
5,1	Acabado en cielo (Alisado)	m2	2093,36	Q 50,12	Q 104 923,26
5,2	Acabado en pared (Repello + cernido)	m2	4932,57	Q 147,15	Q 725 826,59
5,3	Acabado en pared de baños (Azulejo)	m2	288,72	Q 211,77	Q 61 140,81
5,4	Piso cerámico	m2	1828,72	Q 229,47	Q 419 632,87
5,5	Piso área de baños	m2	102,26	Q 229,47	Q 23 465,41
<b>6 PUERTAS Y VENTANAS</b>					
6,1	Puerta P1	Unidad	1	Q 2 697,65	Q 2 697,65
6,2	Puerta P2	Unidad	5	Q 2 210,39	Q 11 051,93
6,3	Puerta P3	Unidad	35	Q 1 795,62	Q 62 846,72
6,4	Puerta PB-1	Unidad	12	Q 1 579,81	Q 18 957,70
6,5	Puerta PB-2	Unidad	4	Q 1 471,90	Q 5 887,61
6,6	Puerta PV-1	Unidad	1	Q 1 755,15	Q 1 755,15
6,7	Puerta PV-2	Unidad	3	Q 1 505,62	Q 4 516,86
6,8	Ventana V-1	Unidad	3	Q 482,40	Q 1 447,20
6,9	Ventana V-2	Unidad	8	Q 270,00	Q 2 160,00
6,10	Ventana V-3	Unidad	3	Q 235,80	Q 707,40
6,11	Ventana V-4	Unidad	97	Q 216,00	Q 20 952,00
6,12	Ventana V-5	Unidad	7	Q 180,00	Q 1 260,00
6,13	Ventana V-6	Unidad	2	Q 100,80	Q 201,60
6,14	Ventana V-7	Unidad	2	Q 225,00	Q 450,00
6,15	Ventana V-8	Unidad	6	Q 151,20	Q 907,20
6,16	Ventana V-9	Unidad	2	Q 126,00	Q 252,00
6,17	Ventana V-10	Unidad	1	Q 120,60	Q 120,60
<b>7 INSTALACIONES</b>					
7,1	Instalaciones eléctricas	Global	1	Q 54 096,87	Q 54 096,87
7,2	Instalaciones hidráulicas	Global	1	Q 27 278,37	Q 27 278,37
7,3	Instalaciones de drenajes	Global	1	Q 61 442,68	Q 61 442,68
<b>TOTAL</b>					<b>Q 5 298 126,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial, calle del cementerio, barrio Jucanyá, Panajachel, Sololá**

El proyecto consiste en la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial, con el fin de resolver los problemas de inundaciones y tráfico que se da en este sector, debido a que a este sector llegan varias escorrentías de diferentes lados y cuando existen precipitaciones pluviales intensas, toda el agua del sector se dirige a este lugar generándole problemas a los vecinos de este sector.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

Una descripción general del proyecto se presenta en los siguientes incisos:

- El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado pluvial de la calle del cementerio, barrio Jucanyá.
- La longitud del sistema es de 335 ml
- El desfogue se hará hacia el Lago de Atitlán.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

A continuación se describen los métodos utilizados para obtener la información topográfica del área en que se diseñara el sistema de alcantarillado pluvial.

### **2.2.2.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico sirvió para localizar la red dentro de las calles, ubicar todos los puntos de importancia. Para el levantamiento se utilizó el método de las deflexiones.

### **2.2.2.2. Altimetría**

El método utilizado fue una nivelación compuesta. El equipo utilizado fue un nivel de precisión y una estadía de 3 metros. Los resultados tanto de la planimetría como de la altimetría se presentan en los planos topográficos en el anexo.

## **2.2.3. Diseño hidráulico del sistema**

Se describen en los siguientes incisos los aspectos a tomar en cuenta para realización del diseño hidráulico del proyecto.

### **2.2.3.1. Descripción del sistema a utilizar**

Para el diseño del alcantarillado pluvial se tomaron en cuenta varios aspectos, como la intensidad de lluvia, el área tributaria que llegaría al punto crítico del sistema y se aprovecharon las pendientes del terreno del sector, para el desfogue de la precipitación pluvial se utilizará un canal rectangular revestido de concreto, las medidas y pendiente del mismo, se indica en planos (ver anexo).

### 2.2.3.2. Características del subsuelo

El subsuelo de la cabecera municipal es de un material franco arcilloso o franco arcillo arenoso café, la estructura es cúbica, poco desarrollada y el suelo es friable bajo condiciones variables de humedad, no es roca y puede excavar a mano o por medios mecanizados. Esto hace que no sea difícil la excavación del mismo para la construcción de los pozos y la colocación de la tubería, influenciando también en el renglón de excavación por el pago de la mano de obra.

### 2.2.3.3. Determinación del coeficiente de escorrentía

Debido a que cuando llueve, un porcentaje del agua se evapora, infiltra o es absorbido por áreas jardinadas, el coeficiente de escorrentía que se toma en consideración para los cálculos hidráulicos es un porcentaje del agua total llovida. El valor de este coeficiente depende del tipo de superficie que se esté analizando. Mientras más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía. La tabla LXII muestra algunos valores de escorrentía dependiendo de la superficie que sea analizada.

Tabla LXII. Coeficiente de escorrentía típica

Tipo de superficie	Coeficiente
Zonas comerciales	0,9
Desarrollos residenciales con casas contiguas y predominio de zonas duras	0,75
Desarrollos residenciales multifamiliares con bloques contiguos y zonas duras entre ellos	0,75
Desarrollo residencial unifamiliar con casas y predominio de jardines	0,55
Desarrollo residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Áreas residenciales con predominio de zonas verdes y cementerios tipo jardines	0,3
Laderas desprovistas de vegetación	0,6
Laderas provistas de vegetación	0,3

Fuente: López Cualla, Ricardo Alfredo. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*.

Tabla 16.5. p. 439.

#### **2.2.3.4. Determinación de los lugares de descarga**

Como lugares de descarga, el más cercano al área es el lago de Atitlán, se siguió la pendiente del terreno y se ubicó al final de la calle del cementerio.

#### **2.2.3.5. Determinación de área tributaria**

Para determinar este valor, se utilizó un mapa del Instituto Geográfico Nacional del sector para verificar qué área de la montaña tributa al sector analizado, además de que se utilizaron las cotas del terreno para determinar la dirección que toma el agua al momento de la precipitación pluvial.

#### **2.2.3.6. Determinación del tiempo de concentración**

El tiempo de concentración es 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.

El tiempo de concentración de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T2=T1+L$$

Donde:

T1 = tiempo de concentración de tramo anterior

L = longitud de tramo en metros

### 2.2.3.7. Intensidad de lluvia

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La intensidad de lluvia es medida en mm / hora.

Este valor se obtiene a través de un estudio hidrológico de la zona, analizando la información pluviográfica a nivel local o regional, del cual se obtiene las curvas de intensidad y frecuencia (curvas IDF), en este caso se obtendrá del INSIVUMEH.

Para este proyecto se utilizaron los datos proporcionados por la estación pluviométrica ubicada en Santiago Atitlán, que es la más cercana a la cabecera de Panajachel.

Se diseñará para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada veinte años.

La intensidad de lluvia la calculamos por medio de la siguiente formula:

$$i = \frac{A}{(B + t)^n} = \frac{1160}{(5 + t)^{0,705}}$$

Donde:

i = intensidad de lluvia  
t = tiempo de concentración

### 2.2.3.8. Definiciones y conceptos teóricos de un canal

- Canal

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera, los canales pueden ser cerrados o abiertos.

Canal cerrado: son conductos que conducen un caudal a sección parcialmente lleno, entre estos se encuentran, las alcantarillas, alcantarillados, túneles, drenajes, entre otros.

Canal abierto: es un conducto en el que circula agua con una superficie libre, una de las fronteras está expuesta a la atmosfera, para este tipo de canales existen varias formas geométricas, entre ellas, trapezoidal, rectangular, triangular, parabólica, entre otros. En el diseño se usará una sección rectangular.

Elementos de la sección transversal del canal.

$y$  = es la profundidad máxima en el canal

$b$  = ancho de solera, es el ancho de la base de un canal.

$B$  = espejo de agua, es el ancho de la superficie libre del agua.

$A$  = área hidráulica, área de sección transversal del flujo, tomada normal a la dirección de flujo.

$P_m$  = perímetro mojado, es la longitud de la línea del contacto entre el fluido y el canal

$R_h$  = radio hidráulico, relación entre el área hidráulica y el ancho superficial

$$Rh = \frac{A}{Pm}$$

### 2.2.3.9. Diseño de canal

Diseño del caudal mediante el método racional.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

A = área tributaria (Ha)

Cálculo de coeficiente de escorrentía.

Tabla LXIII. Datos para el cálculo de coeficiente de escorrentía

Calculo de coeficiente de escorrentía				
Uso de suelo	Área (m <sup>2</sup> )	Área (Hectáreas)	Coeficiente según uso de suelo	Área * coeficiente
Techos	4 545	0,45	0,75	0,34
Calle	1 685,70	0,17	0,9	0,15
Bosque	455 998,28	45,59	0,3	13,68
	Σ	46,21	Σ	14,17

Fuente: elaboración propia.

$$C = \frac{\sum \text{Área} * \text{coeficiente}}{\sum \text{Área}}$$

$$C = \frac{14,17}{46,21} = 0,306$$

- Intensidad de lluvia

Utilizando los datos del INSIVUMEH de la estación meteorológica, ubicada en Santiago Atitlán (ver anexos), con un periodo de retorno de 30 años y una duración de 20 minutos, tenemos:

$$I = \frac{A}{(B + t)^n} = \frac{1\ 160}{(5 + t)^{0,705}}$$

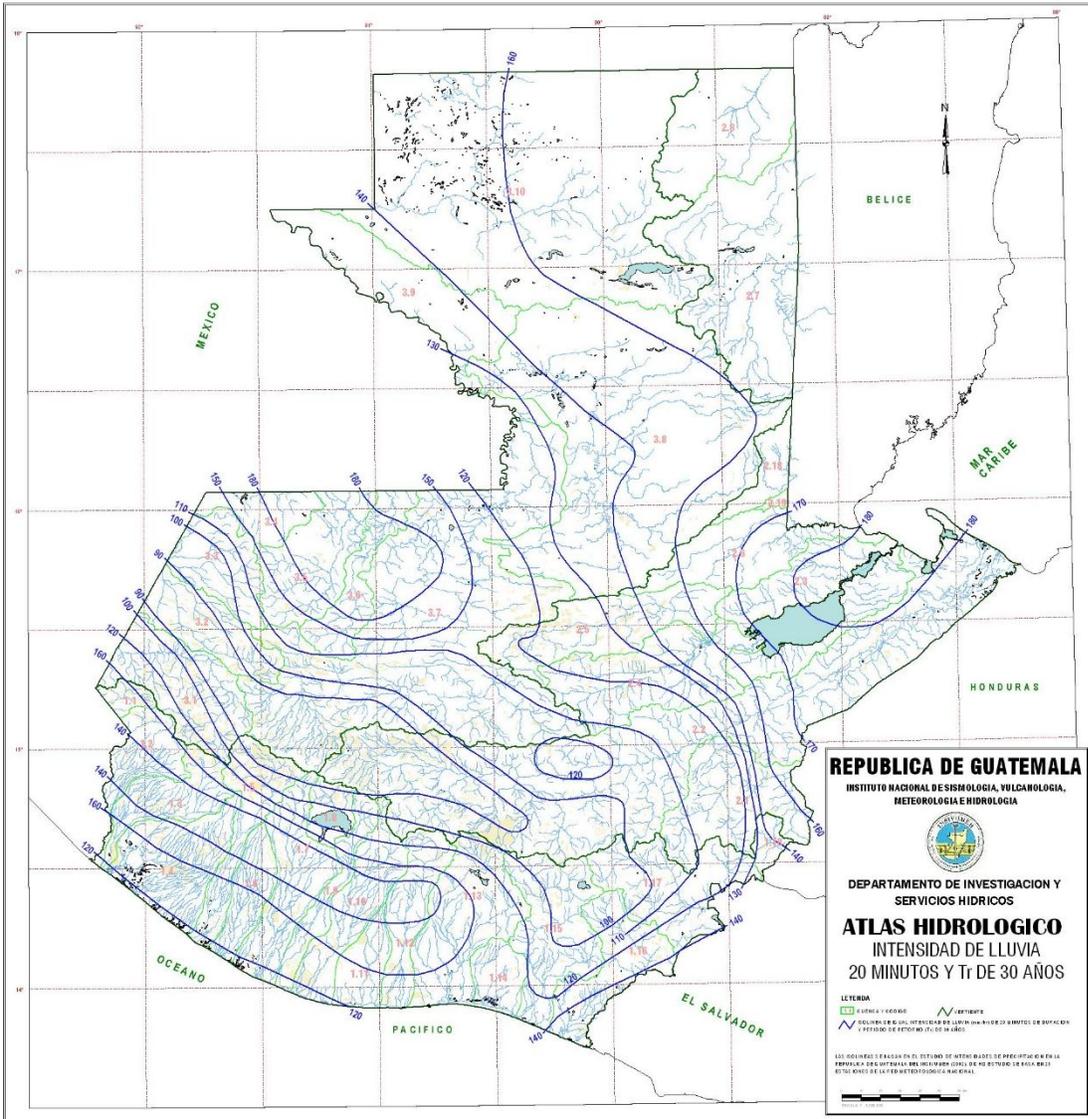
Donde:

I	=	intensidad de lluvia (mm/hr)
A, B, n	=	parámetros de ajuste
t	=	tiempo de concentración (min)

$$I = \frac{1\ 015}{(4 + 20)^{0,674}} = 119,18 \text{ mm/hr}$$

A continuación se presenta el mapa hidrológico de intensidad de lluvia de la república de Guatemala, de una duración de 20 minutos y periodo de retorno de 30 años.

Figura 27. Mapa hidrológico de intensidad de lluvia de la república de Guatemala



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

- Cálculo del caudal

$$Q = \frac{0,306 * 119,18 * 46,21}{360} = 6,18 \text{ m}^3/s$$

Luego del cálculo del caudal se procederá a diseñar un canal que pueda transportar el caudal que llegará a ese punto. Se propone un canal 0,95 x 1,45, revestido de concreto y con una pendiente  $s=0,014$ , utilizando la ecuación de Manning, tenemos:

$$Q_{canal} = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * s^{\frac{1}{2}} * A$$

Datos:

b (ancho de canal)	0,95 m
y (altura de canal)	1,45 m
n (coeficiente de rugosidad)	0,013
s (pendiente de canal)	0,014
Rh (radio hidráulico)	relación entre área de canal y perímetro mojado

$$Rh = \frac{b * y}{(b + 2y)} = \frac{0,95 * 1,45}{(0,95 + 2 * 1,45)} = 0,358$$

$$Q_{canal} = \frac{1}{0,013} * (0,358)^{\frac{2}{3}} * (0,014)^{\frac{1}{2}} * (0,94 * 1,45) = 6,32 \text{ m}^3/s$$

$$Q_{canal} > Q \quad \text{Si chequea}$$

### 2.2.3.10. Diseño de rejillas

Debido a que algunas de las rejillas atravesarán una calle, estas deben ser diseñadas para soportar las cargas de los vehículos que transitarán por el lugar, para este caso se utilizó el camión tipo H 20-44 el cual tiene un peso de 3,63 T en el eje delantero y de 14,52 T en cada uno de los ejes posteriores, se consideró este tipo de vehículos tomando en cuenta que la calle no es una carretera principal, por lo cual no pasarán vehículos más pesados que el utilizado para el diseño.

Datos:

L (longitud libre) = 0,95 m

Carga máxima (P) = 14,52 T

Momento actuante:

$$M_{act} = \frac{PL}{4} = \frac{14,52 * 0,95}{4} = 3,44 T - m$$

Se propone un perfil C de 6" x 2 1/2" x 5/16".

Según tablas del Manual del AISC se tiene que la inercia para este perfil es igual a 18,70 in<sup>4</sup>, con este dato y utilizando un f'y= 36 Ksi se tiene:

$$M_{res} = \frac{0,6 * f'y * I}{c}$$

Donde:

Mres	=	momento resistente
f'y	=	esfuerzo de fluencia del acero
I	=	inercia
c	=	altura de perfil c dividido entre 2

$$M_{res} = \frac{0,6 * 36 * 18,70}{3} = 26,93 K - pie = 3,73 T - m$$

*Mres > Mact por lo tanto si chequea*

Se utilizará para el armado de la rejilla el perfil propuesto.

## **2.2.4. Evaluación de impacto ambiental**

A continuación se presentan los aspectos a tomar en cuenta en la evaluación de impacto ambiental y las medidas para mitigar el mismo.

### **2.2.4.1. Definición**

Un estudio de impacto ambiental es un documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

#### **2.2.4.2. Fines y aspectos cubiertos por estudio de impacto ambiental**

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

#### **2.2.4.3. Consideraciones técnicas**

Desde un punto de vista global, las componentes unitarias de cualquier sistema de construcción de un canal pluvial que potencialmente pudieran provocar en mayor medida la generación de algún tipo de impacto sobre el medio ambiente, corresponden a una de las siguientes:

- Disposición del suelo extraído
- Desfogue de las aguas pluviales

El dimensionamiento de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que generen dichas componentes unitarias en el medio ambiente. Adicionalmente, se deberán contemplar todas aquellas consideraciones de tipo técnico que permitan prevenir riesgos y sus consecuentes impactos negativos en el entorno.

#### **2.2.4.4. Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto**

Las actividades relevantes a considerar para la determinación de los impactos ambientales, deben ser establecidas tanto para la etapa de habilitación y construcción como de operación del sistema de alcantarillado pluvial. En forma global, se deberán considerar al menos las siguientes variables:

#### **2.2.4.5. Etapa de operación**

En la etapa de operación, el impacto ambiental producido es únicamente el caudal que será dirigido hacia el Lago de Atitlán, la cantidad de agua que llega al mismo, no representa un gran aumento de caudal del lago, de una u otra forma esta precipitación pluvial siempre ha llegado al Lago de Atitlán, solamente se construye el sistema de desfogue, para evitar inundaciones en el sector analizado.

#### **2.2.4.6. Etapa de construcción**

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de tratamiento como por ejemplo generación de polvo, aumento de la congestión vehicular, ruidos, entre otros, es en algún sentido inevitable. Mayormente, se tendrán la generación de polvo al momento de la excavación y congestión vehicular cuando se construyan las fases que atraviesan las calles principales. Algo que debe considerarse en el momento de la construcción, es el lugar donde se depositará el suelo removido, ya que esto también genera impacto ambiental en el municipio.

#### **2.2.5. Planos**

Se presenta a continuación el listado de planos que se realizaron del proyecto.

- Plano P-01 Planta de ubicación y localización
- Plano P-02 Planta de topografía existente 1
- Plano P-03 Planta de topografía existente 2
- Plano P-04 Perfiles de drenaje existente
- Plano P-05 Planta de drenaje pluvial + detalle de canal
- Plano P-06 Sección longitudinal de canal pluvial

## 2.2.6. Presupuesto

A continuación se presenta el renglón denominado fundición de banqueteta, el cual servirá de ejemplo para determinar la manera en la cual fueron calculados los demás renglones que aparecen en la tabla LXV.

Tabla LXIV. Renglón fundición de banqueteta

Descripción renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Fundición de banqueteta	m2	267	Q 270,55	<b>Q 72 236,77</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>				
Descripción insumo	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cemento	sacos	0,90	Q 75,00	Q 67,50
Arena	m3	0,06	Q 120,00	Q 7,20
Piedrín	m3	0,07	Q 175,00	Q 12,25
Alambre de amarre	Libra	0,50	Q 5,00	Q 2,50
Hierro núm. 3	Varillas	2,00	Q 23,50	Q 47,00
Formaleta	pie-tabla	1,00	Q 5,50	Q 5,50
<b>Total de materiales con IVA</b>				<b>Q 141,95</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Descripción actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	total
Armado	ml	1	Q 10,00	Q 10,00
Fundición	ml	1.00	Q 8,28	Q 8,28
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA</b>				<b>Q 18,28</b>
FACTOR DE AYUDANTE	%	46 %		Q 8,41
PRESTACIONES	%	66,33 %		Q 12,13
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 38,81</b>
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>				
HERAMIENTA Y EQUIPO	%	15 %		Q 5,82
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra):</b>				<b>186,59</b>
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):			45,00 %	Q 83,96
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 270,55</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 270,55</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Presupuesto de sistema alcantarillado pluvial calle el cementerio**

<b>PRESUPUESTO SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL CALLE DEL CEMENTERIO</b>					
No.	Nombre	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
<b>1</b>	<b>Demolición</b>				
1.1	Demolición de banqueteta existente	m2	132,65	Q 60,19	Q 7 984,24
<b>2</b>	<b>Excavación</b>				
2.1	Excavación	m3	1 114,44	Q 123,92	Q 138 102,63
<b>3</b>	<b>Fundición de canal y banqueteta</b>				
3.1	Fundición de canal	m2	2 912,86	Q 307,83	Q 896 659,09
3.2	Fundición de baqueta	m2	267	Q 270,55	Q 72 236,77
<b>4</b>	<b>Rejillas</b>				
4.2	Rejilla metálica	Uní.	57	Q 1 051,50	Q 59 935,45
				<b>TOTAL</b>	<b>Q 1 174 918,17</b>

Fuente: elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado, es un medio para complementar los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias y de esta forma vincular la teoría y la práctica.
2. Los diseños realizados contribuirán con el desarrollo del municipio de Panajachel, presentando soluciones en algunas de las necesidades y ayudando al mejoramiento en la atención a las personas con discapacidad de este municipio y de los municipios aledaños.
3. El centro de atención para personas con discapacidad fue diseñado con base en las características que se requieren para un área sísmica garantizando la resistencia de la estructura a movimientos de este tipo.
4. Al realizar la fase de investigación se debe poner especial atención en los problemas y necesidades básicas que tienen cada comunidad. Se debe consultar a los COCODE para tener referencias reales sobre cuáles son las necesidades prioritarias y qué solución es la más conveniente para cada caso.



## RECOMENDACIONES

1. Mantener un control de la calidad de los materiales de construcción que se utilizará durante la construcción de cada proyecto. Se recomienda tener un control de laboratorio en campo, realizando muestreos periódicamente, garantizando así la calidad de cada uno de los materiales a utilizar.
2. Durante la ejecución del proyecto se debe de proveer una supervisión técnica permanente de los proyectos, que debe estar a cargo de un profesional de la ingeniería civil; de manera que se respete y cumpla lo establecido en los planos constructivos.
3. Antes de la ejecución de cada proyecto y previo a la adjudicación de los proyectos, se deberán actualizar los presupuestos; ya que estos son únicamente información de referencia; los mismos son variables y están sujetos a cambios económicos en los materiales de construcción y mano de obra.
4. Realizar un mantenimiento periódico (una vez cada 3 meses) de los proyectos, para así asegurarse de su buen funcionamiento y así lograr que el tiempo de vida sea mayor o igual al tiempo de diseño.



## 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.
2. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1999. 722 p.
3. ALVAREZ, Ricardo. *Programas para el análisis de estructuras de mampostería reforzada por los métodos simplista y realista*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 185 p.
4. VEN TE CHOW. *Hidráulica de canales abiertos*. Santa fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1994. 162 p.
5. DAS, Braja. *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*, 7a ed. México: McGraw-Hill, 2012. 138 p.
6. ARGUETA, Oscar. *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1980. 126 p.



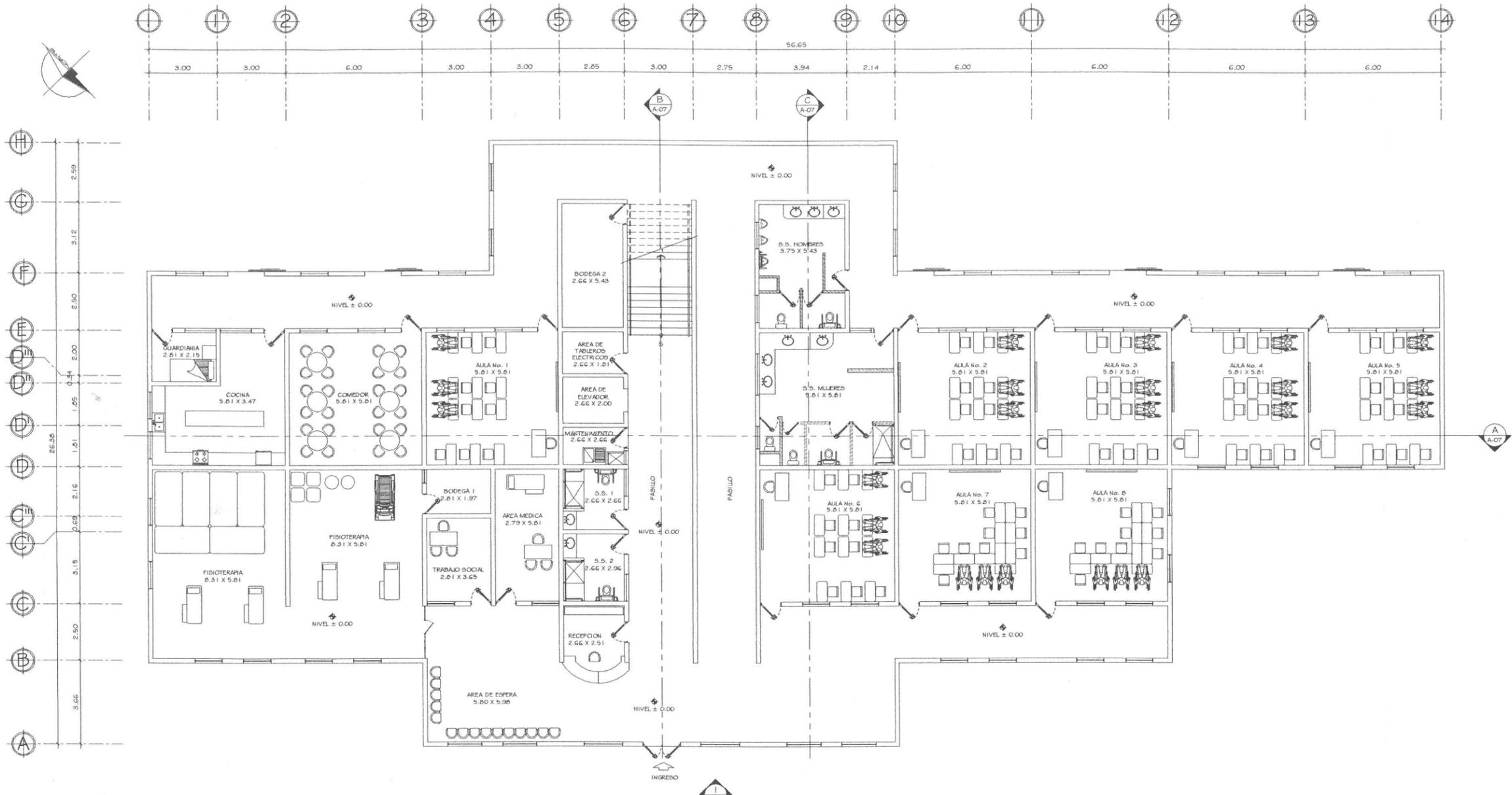
# APÉNDICE

## Apéndice 1. Planos Constructivos

1. (A-01) Planta amueblada primer nivel
2. (A-02) Planta amueblada segundo nivel
3. (A-03) Planta acotada primer nivel
4. (A-04) Planta acotada segundo nivel
5. (A-05) Planta de acabados primer nivel
6. (A-06) Planta de acabados segundo nivel
7. (A-07) Elevaciones y secciones
8. (E-01) Planta de cimentación
9. (E-02) Planta ubicación de columnas segundo nivel
10. (E-03) Planta losas de entrepiso + detalle de viga
11. (E-04) Planta losas de techo + detalle de vigas
12. (E-05) Secciones estructurales de muros
13. (E-06) Detalle de gradas
14. (I-01) Planta instalación eléctrica (iluminación) primer nivel
15. (I-02) Planta instalación eléctrica (iluminación) segundo nivel
16. (I-03) Planta instalación eléctrica (fuerza) primer nivel
17. (I-04) Planta instalación eléctrica (fuerza) segundo nivel
18. (I-05) Planta instalación de agua potable primer nivel
19. (I-06) Planta instalación de agua potable segundo nivel
20. (I-07) Planta instalación de drenaje sanitario primer nivel
21. (I-08) Planta instalación de drenaje sanitario segundo nivel
22. (A-01) Planta de ubicación y localización
23. (A-02) Planta de topografía existente 1

24. (A-03) Planta de topografía existente 2
25. (A-04) Perfiles de topografía existente
26. (A-05) Planta de drenaje pluvial + detalle de canal
27. (A-06) Sección longitudinal de canal pluvial

Fuente: Elaboración propia



PLANTA AMUEBLADA DE PRIMER NIVEL

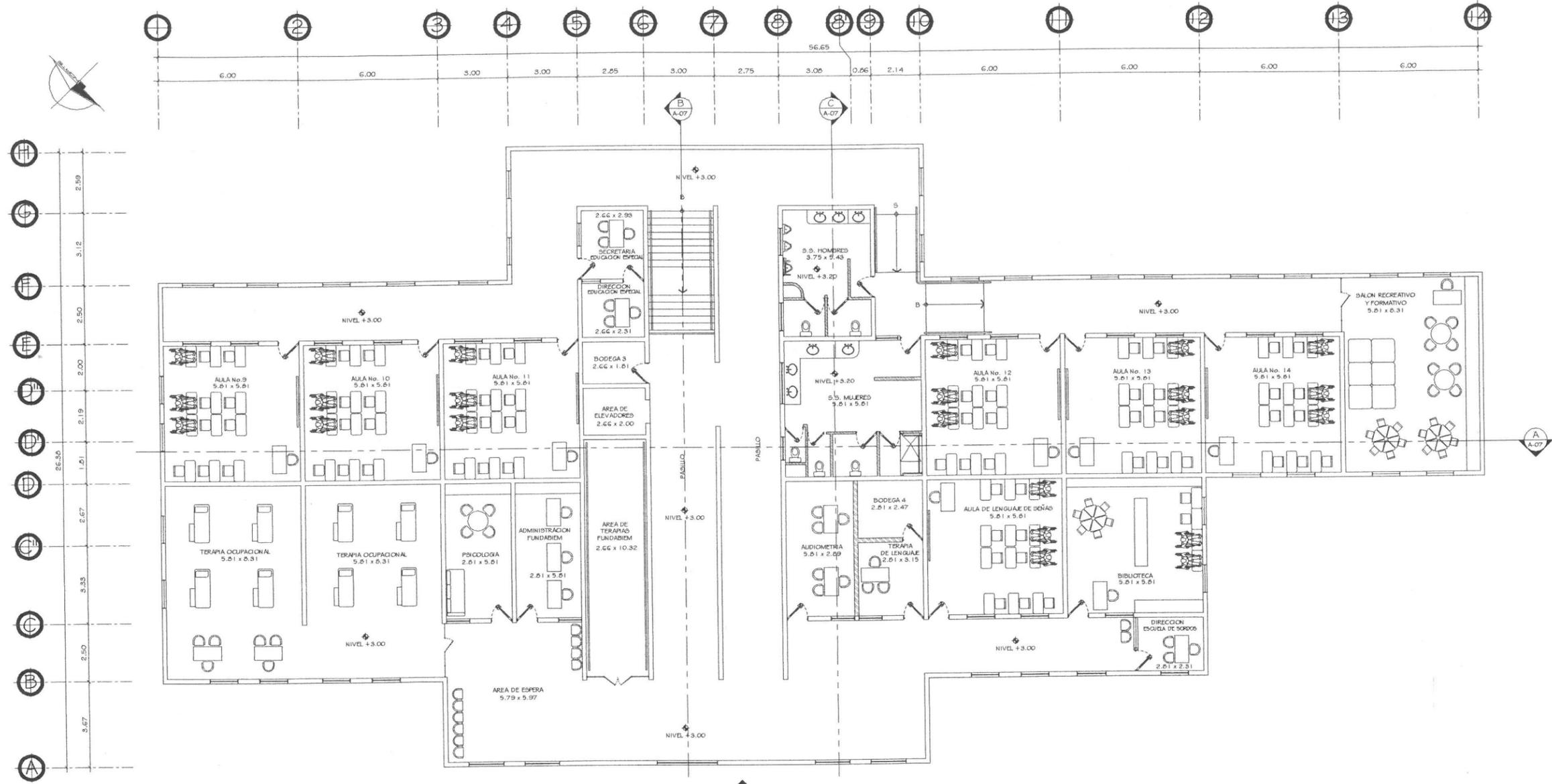
ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
		GRUPO	No. PLANO
		A	01
HOJA			



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

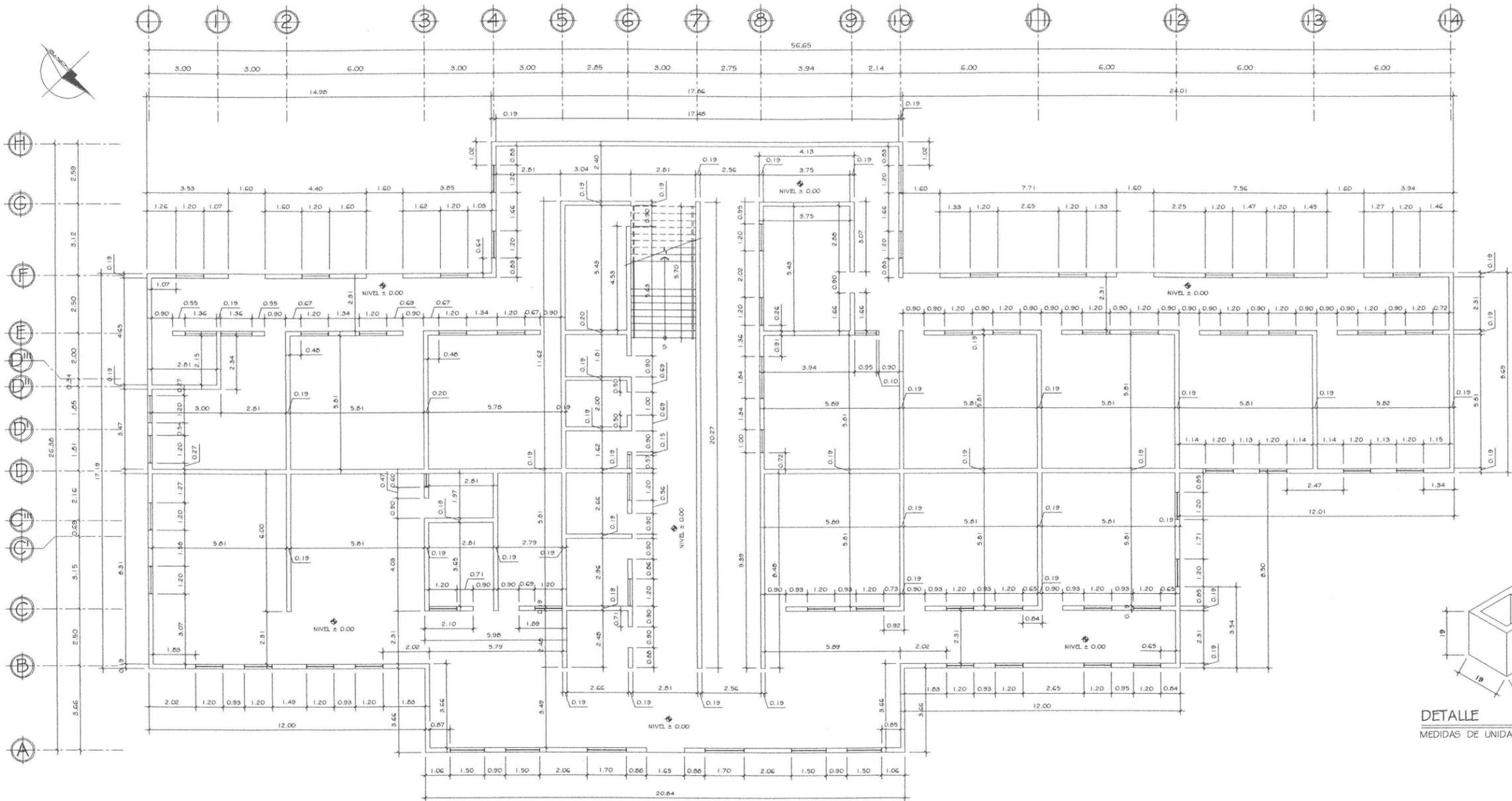
ESCALA 1:100 1 A-02

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

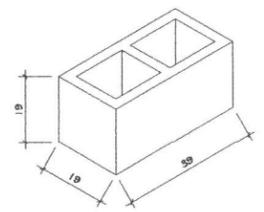
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE			
PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL			
UBICACION:	DISEÑO:	ESCALA:	
PANAJACHEL, SOLOLA	ABNDR. GAMALIEL ESCOBAR LARA	INDICADA	
CALCULO:	DIBUJO:	FECHA:	GRUPO
ABNDR. GAMALIEL ESCOBAR LARA	ABNDR. GAMALIEL ESCOBAR LARA	NOVIEMBRE 2016	No. PLANO
		A	02
			HOJA



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1 A-03



NOTA IMPORTANTE:  
LAS MEDIDAS ESTAN DADAS  
EN CENTIMETROS  
Pm = 50 Kg/m<sup>2</sup>

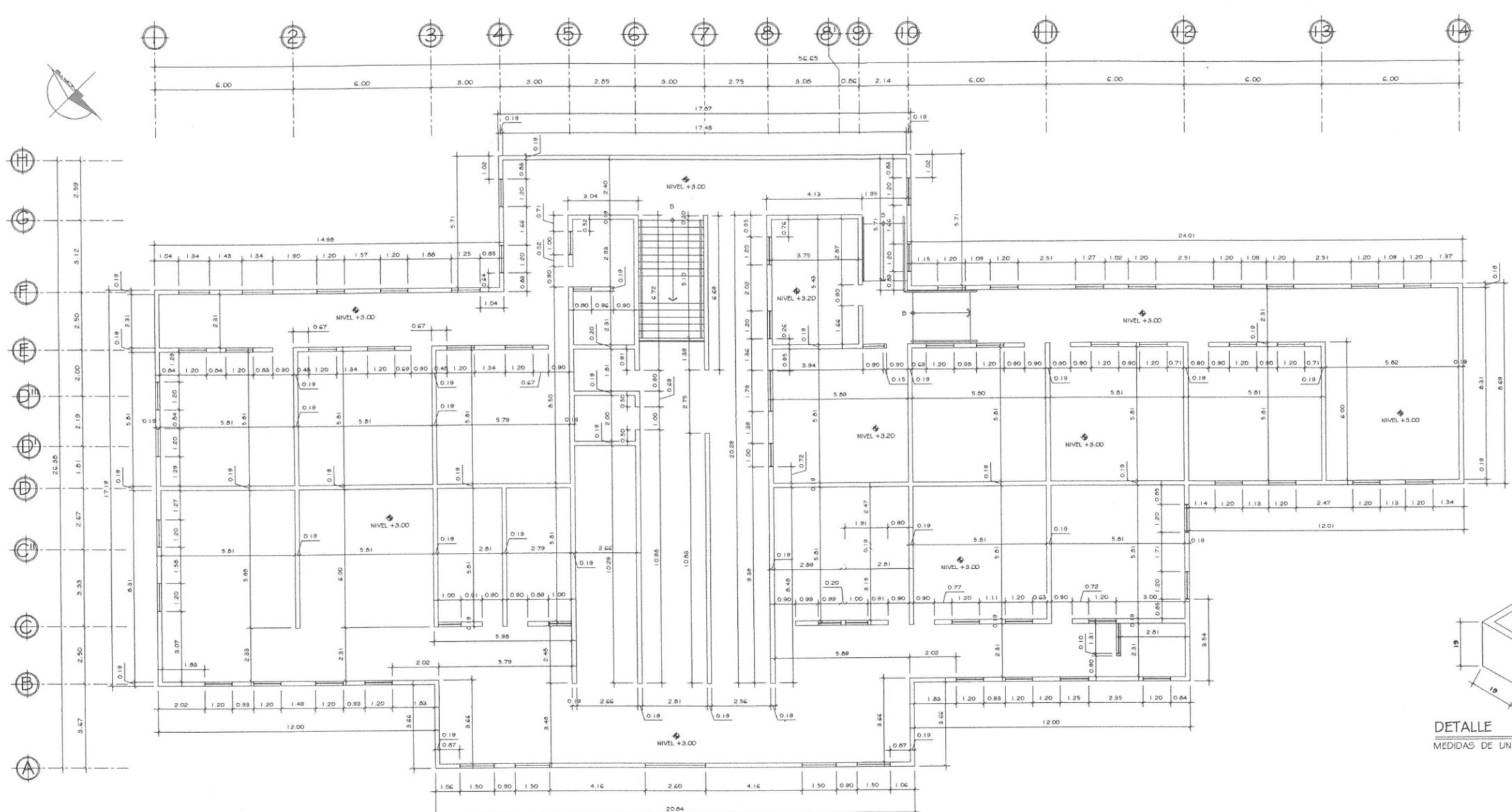
DETALLE ESCALA 1:10 2 A-03  
MEDIDAS DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA



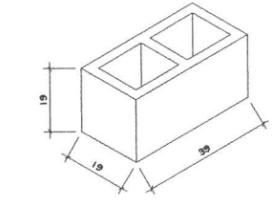
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLA.

CONTIENE: PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISENYO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DELLUJO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
		GRUPO: A	No. PLANO: 03
		HOJA	



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL



NOTA IMPORTANTE:  
LAS MEDIDAS ESTAN DADAS  
EN CENTIMETROS  
Fm = 50 Kg/m<sup>2</sup>

DETALLE  
MEDIDAS DE UNIDADES DE MAPOSTERIA

ESCALA 1:100



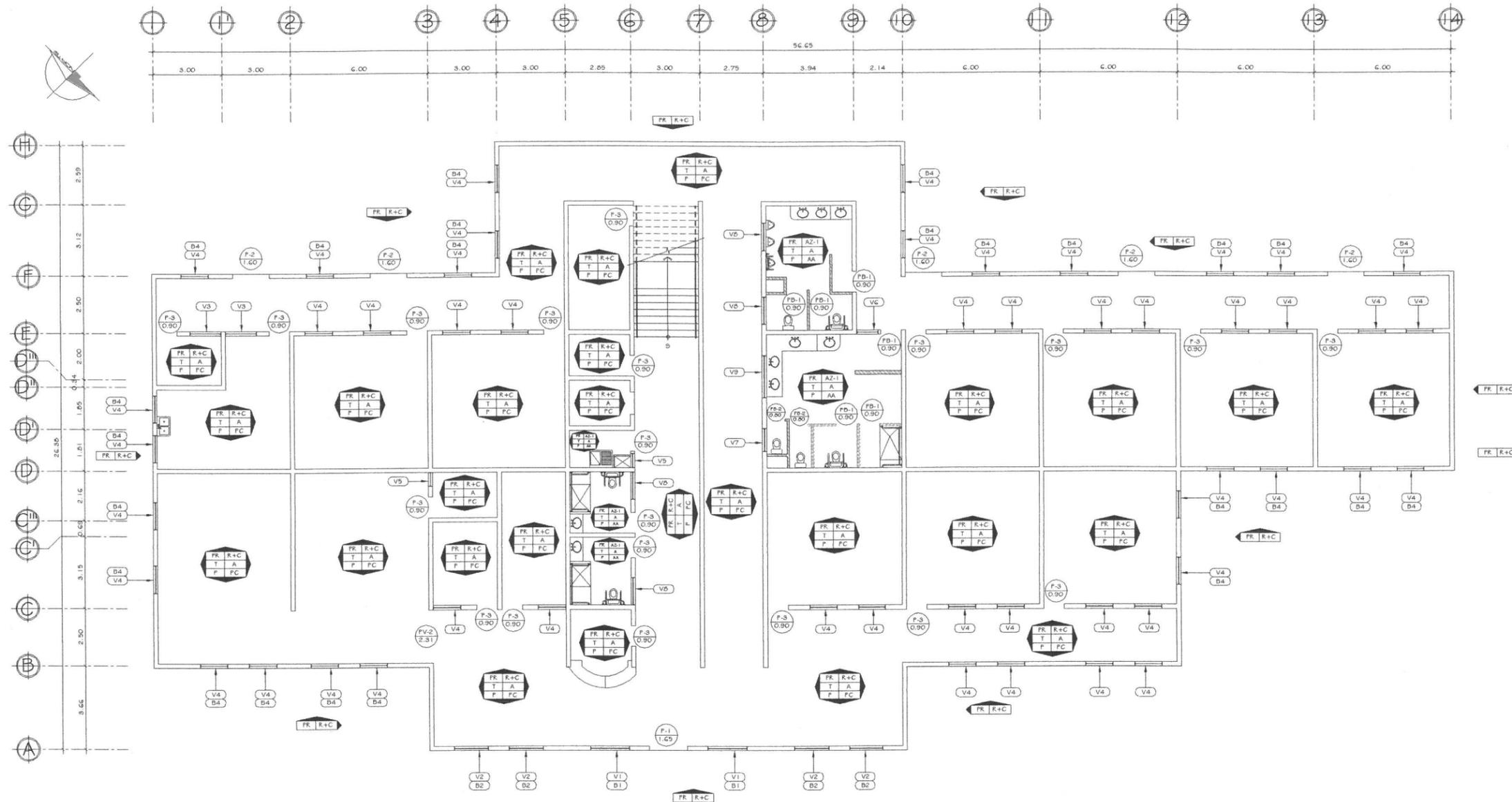
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE: PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CÁLCULO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
GRUPO: A		No. PLANO: 04
HOJA:		A-04

Ve Do. ALCALDE MUNICIPAL

Ing. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ  
(ASESOR EPS)



PLANTA DE ACABADOS DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100

SIMBOLOGIA	
	ACABADO EN PARED
	ACABADO EN CIELO
	ACABADO EN PISO
R+C	REFEPO + CERENDO
A	AISLADO
AZ	PISO DE AZULEJO (AMALFI BISS)
AA	AZULEJO ANTIDESLIZANTE (NAFOU BONE)
FC	PISO CERAMICO (ONIX BEIGE 43cm x 43cm)
AZ-1	AZULEJO HASTA UNA ALTURA DE 1.20 METROS (NAFOU BONE) RESTO REFEPO + CERENDO

PLANILLA DE VENTANAS PRIMER NIVEL					
(VI) → INDICA CLASIFICACION DE VENTANAS					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	LARGO	SILAR	DINTEL	ESPECIFICACIONES
V1	2	1.70	1.00	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V2	4	1.50	1.00	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V3	2	1.34	1.00	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V4	50	1.20	1.00	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V5	2	0.60	1.00	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V6	1	0.95	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO)
V7	1	1.00	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO)
V8	4	1.20	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO)
V9	1	1.84	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO)

PLANILLA DE PUERTAS PRIMER NIVEL				
(P1) → INDICA CLASIFICACION DE PUERTA				
ANCHO DE PUERTA				
NOMENCLATURA	CANTIDAD	ANCHO	DINTEL	ESPECIFICACIONES
P1	1	1.65	2.10	FUERTA METALICA
P2	5	1.60	2.10	FUERTA METALICA
P3	19	0.90	2.10	FUERTA METALICA (CON ABERTURA PARA VENTANA)
PB-1	6	0.90	2.10	FUERTA METALICA
PB-2	2	0.80	2.10	FUERTA METALICA
PV-2	1	2.31	2.10	FUERTA DE VIDRIO

PLANILLA DE BALCONES PRIMER NIVEL					
(B1) → INDICA CLASIFICACION DE BALCONES					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	LARGO	SILAR	DINTEL	ESPECIFICACIONES
B1	2	1.70	1.00	2.20	MARCO ANGULAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 3/8" + PINTURA
B2	4	1.50	1.00	2.20	MARCO ANGULAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 3/8" + PINTURA
B4	30	1.20	1.00	2.20	MARCO ANGULAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 3/8" + PINTURA

SIMBOLOGIA TIPO DE MUROS	
	MUROS DE BLOCK DE 0.19 X 0.19 X 0.39
	MUROS DE TAPALTESO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

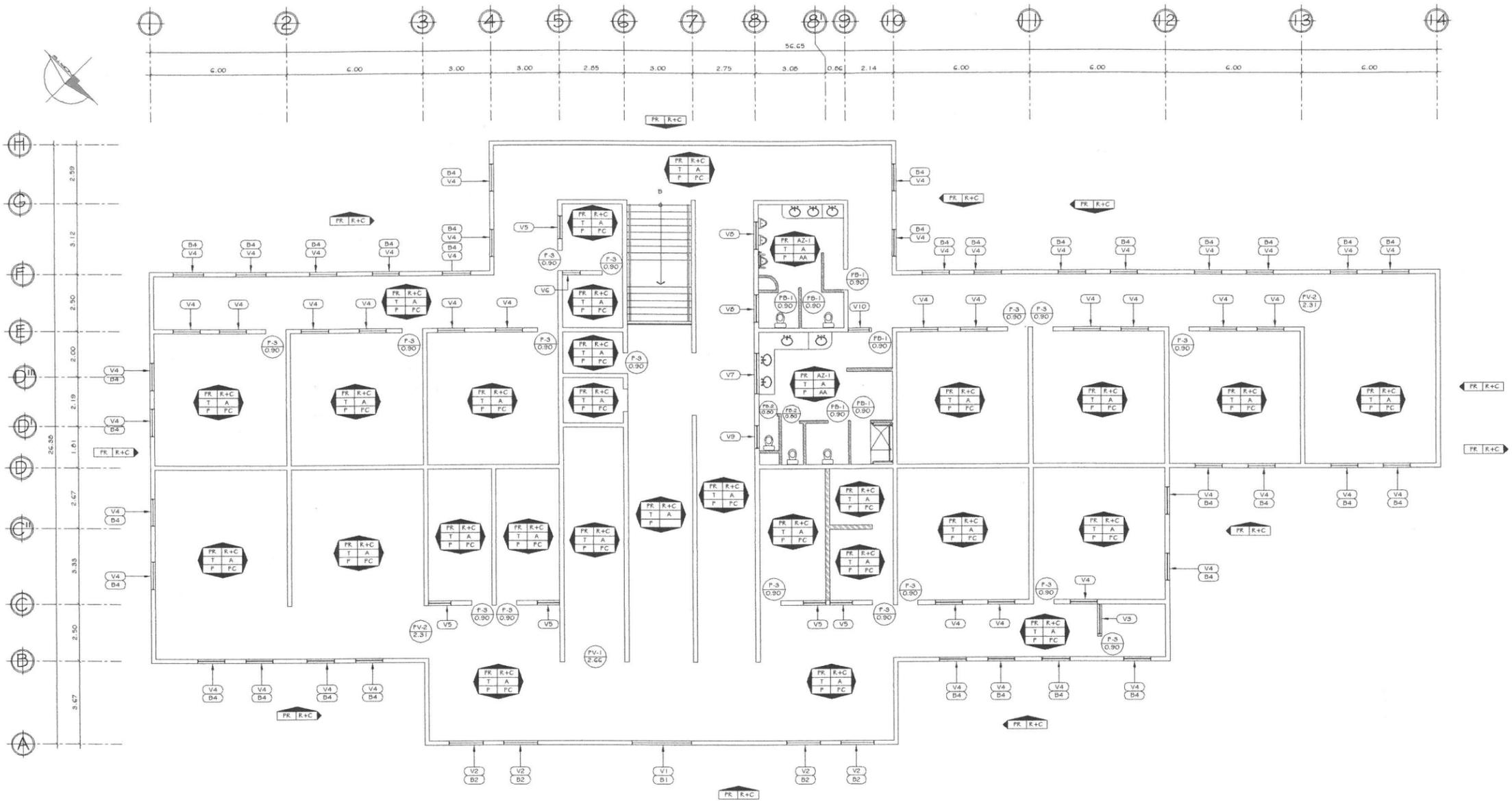
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE: PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO: A
		No. PLANO: 05
		HOJA: A-05

Vo Bo: ALCALDE MUNICIPAL

Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



PLANTA DE ACABADOS DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1 A-06

SIMBOLOGIA	
	ACABADO EN PARED
	ACABADO EN CIELO
	ACABADO EN PISO
R+C	REPELLO + CERNO
A	AUSADO
AZ	FISO DE AZULEJO (AMAFU BONE)
AA	AZULEJO ANTIDESLIZANTE (NAFOU BONE)
FC	FISO CERAMICO (ONIX DEIGE 43cm x 43cm)
AZ-1	AZULEJO HASTA UNA ALTURA DE 1.00METROS (NAFOU BONE) RESTO REPELLO + CERNO

PLANILLA DE VENTANAS SEGUNDO NIVEL					
VI → INDICA CLASIFICACION DE VENTANAS					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	LARGO	SILLAR	DINTEL	ESPECIFICACIONES
V1	1	2.65	1.20	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR.
V2	4	1.50	1.20	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR.
V3	1	1.31	1.20	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR.
V4	47	1.20	1.20	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR.
V5	5	1.00	1.20	2.20	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR.
V6	1	0.80	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR.
V7	1	1.79	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO).
V8	2	1.20	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO).
V9	1	1.00	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO).
V10	1	0.95	1.80	2.50	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO).

PLANILLA DE PUERTAS SEGUNDO NIVEL					
F-1 → INDICA CLASIFICACION DE PUERTA					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	ANCHO	DINTEL	ESPECIFICACIONES	
F3	16	0.90	2.10	FUERTA METALICA (CON ABERTURA PARA VENTANA)	
PB-1	6	0.90	2.10	FUERTA METALICA	
PB-2	2	0.80	2.10	FUERTA METALICA	
PV-1	1	2.66	2.10	FUERTA DE VIDRIO	
PV-2	2	2.31	2.10	FUERTA DE VIDRIO	

PLANILLA DE BALCONES PRIMER NIVEL					
B1 → INDICA CLASIFICACION DE BALCONES					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	LARGO	SILLAR	DINTEL	ESPECIFICACIONES
B1	1	1.70	1.00	2.20	MARCO ANGULAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 3/8" + PINTURA.
B2	4	1.50	1.00	2.20	MARCO ANGULAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 3/8" + PINTURA.
B4	35	1.20	1.00	2.20	MARCO ANGULAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 3/8" + PINTURA.

SIMBOLOGIA TIPO DE MUROS	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	MUROS DE BLOQ DE 0.19 X 0.19 X 0.39
	MUROS DE TABLAYSO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

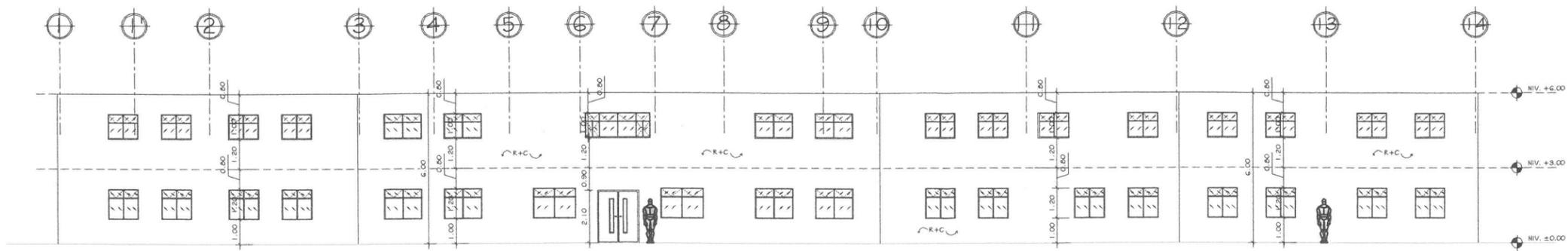
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE: PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CÁLCULO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO: A
		No. PLANO: 06
		HOJA: A-06

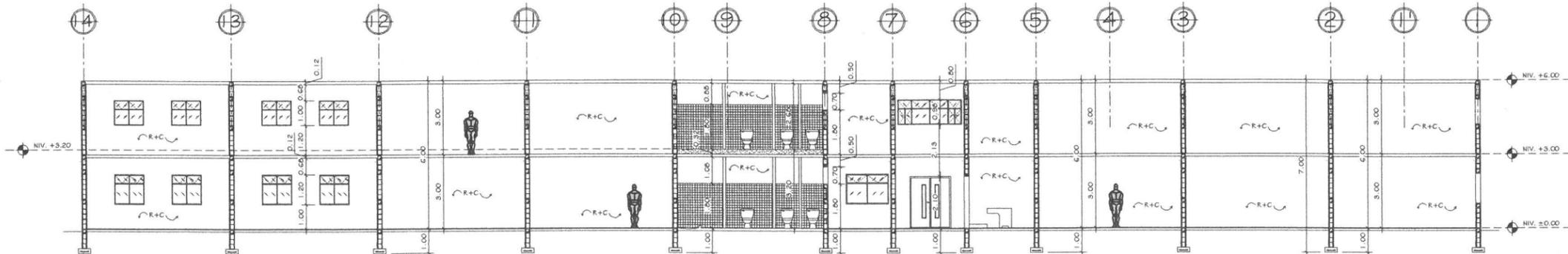
Vo. Do. ALCALDE MUNICIPAL

Vo. Do. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ (ASESOR EPS)



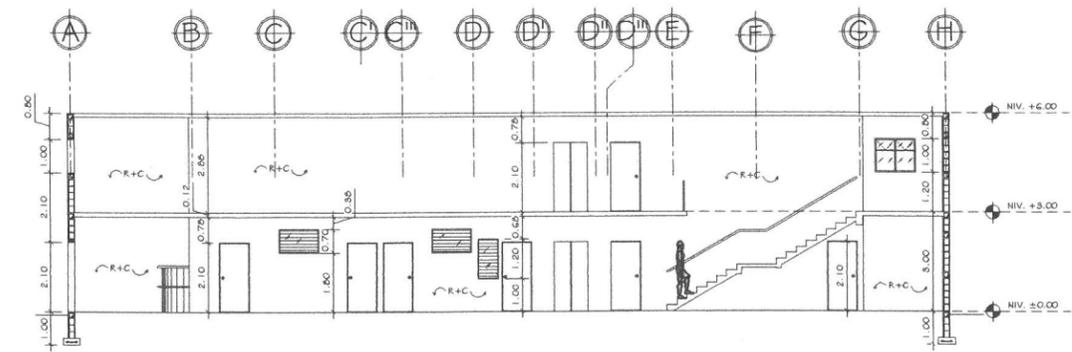
ELEVACION 1

ESCALA 1:100 1 A-07



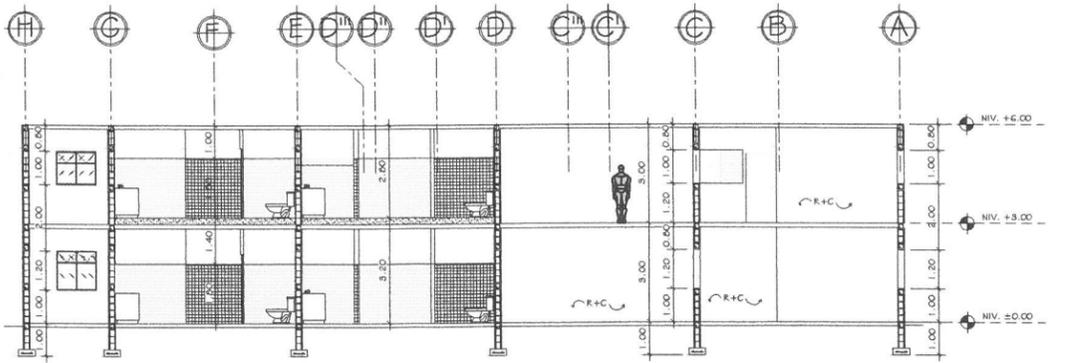
SECCION A

ESCALA 1:100 A A-07



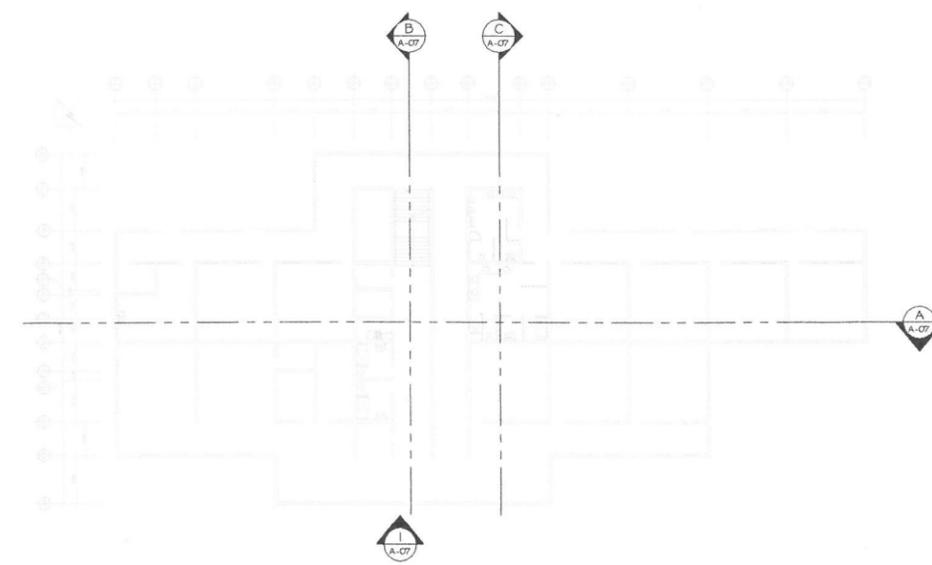
SECCION B

ESCALA 1:100 B A-07



SECCION C

ESCALA 1:100 C A-07



ESQUEMA UBICACION DE SECCIONES

ESCALA 1:250 2 A-07



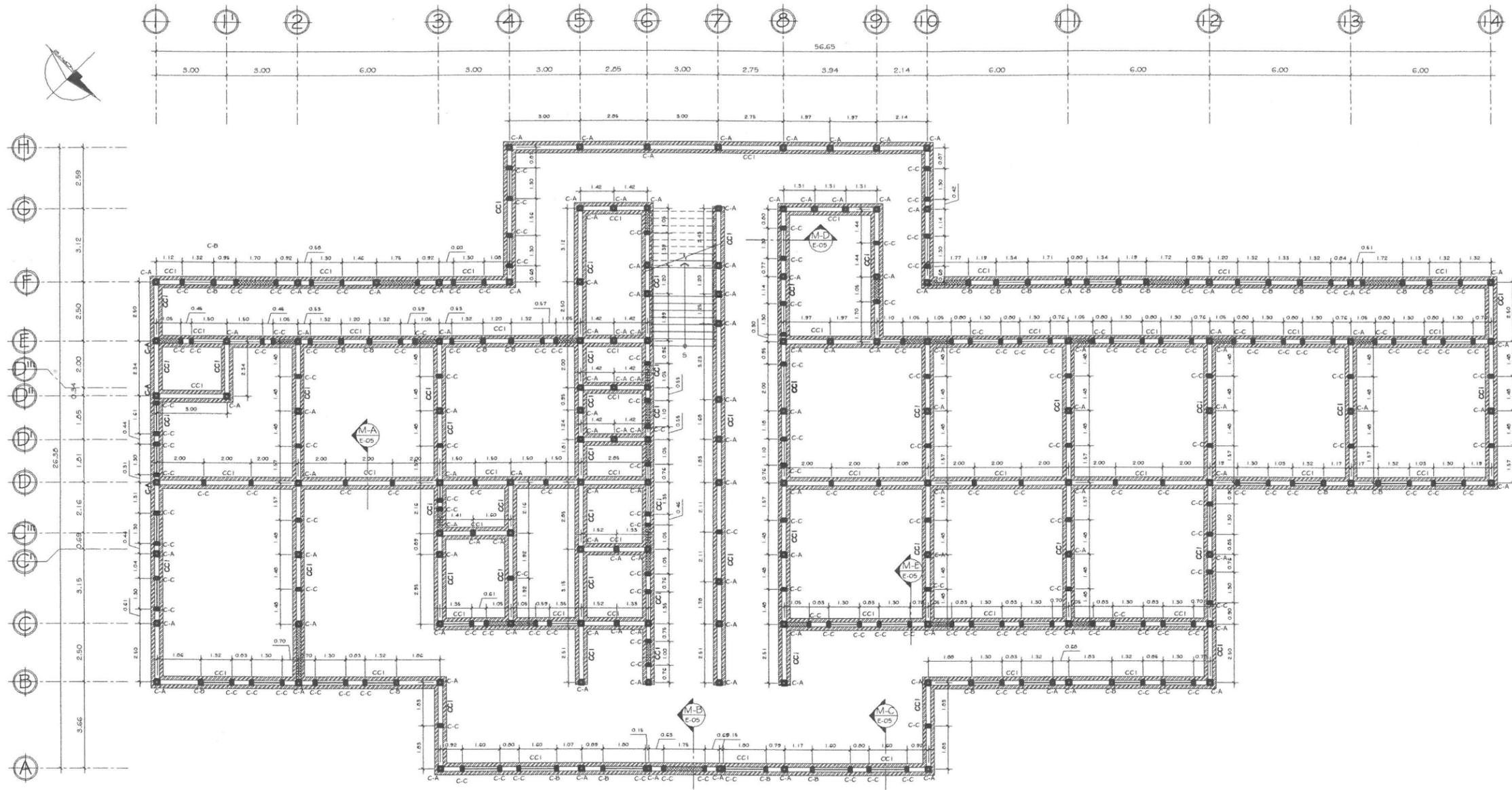
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: ELEVACIONES Y SECCIONES		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISENO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO No. PLANO
		A 07
		HOJA
		A-07

Vo Bo. ALCALDE MUNIOPAL

Vo Bo. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ (ASESOR EPS)



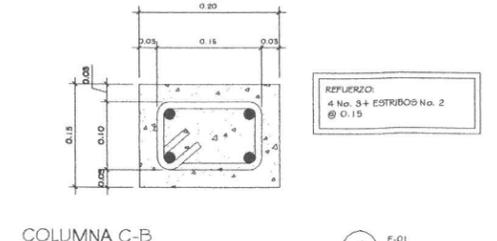
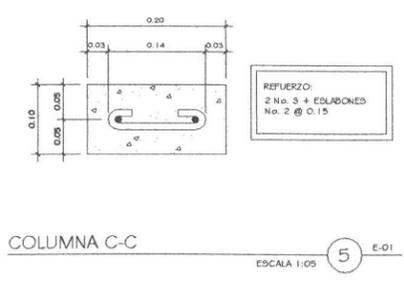
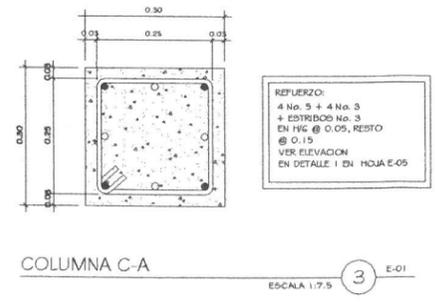
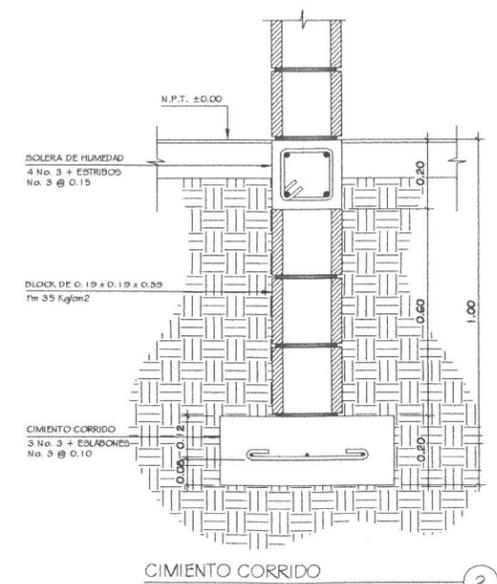
PLANILLAS DE COLUMNAS		
NOMENCLATURA	DIMENSIONES	REFUERZO
C-A	0.20 X 0.20	4 No. 4 + ESTRIBOS A 1/6 @ 0.10 RESTO @ 0.15
C-B	0.15 X 0.20	4 No. 3 + ESTRIBOS 0.15
C-C	0.10 X 0.20	2 No. 3 + ESTRIBOS 0.15

SIMBOLOGIA	
	SOLERA DE HUMEDAD 4 No. 3 + ESTRIBOS No. 2 @ 0.15
	CIMIENTO CORRIDO 3 No. 3 + ESTRIBOS No. 3 @ 0.10

ESPECIFICACIONES DISEÑO SISMICO	
METODO DE DISEÑO	METODO DE LA CARGA SISMICA ESTADICA EQUIVALENTE SEGUN AGES NSE 3-10
CLASIFICACION DE OBRA	OBRA IMPORTANTE
INDICE DE SISMICIDAD	I=4
NIVEL DE PROTECCION SISMICA	S=1.65 D

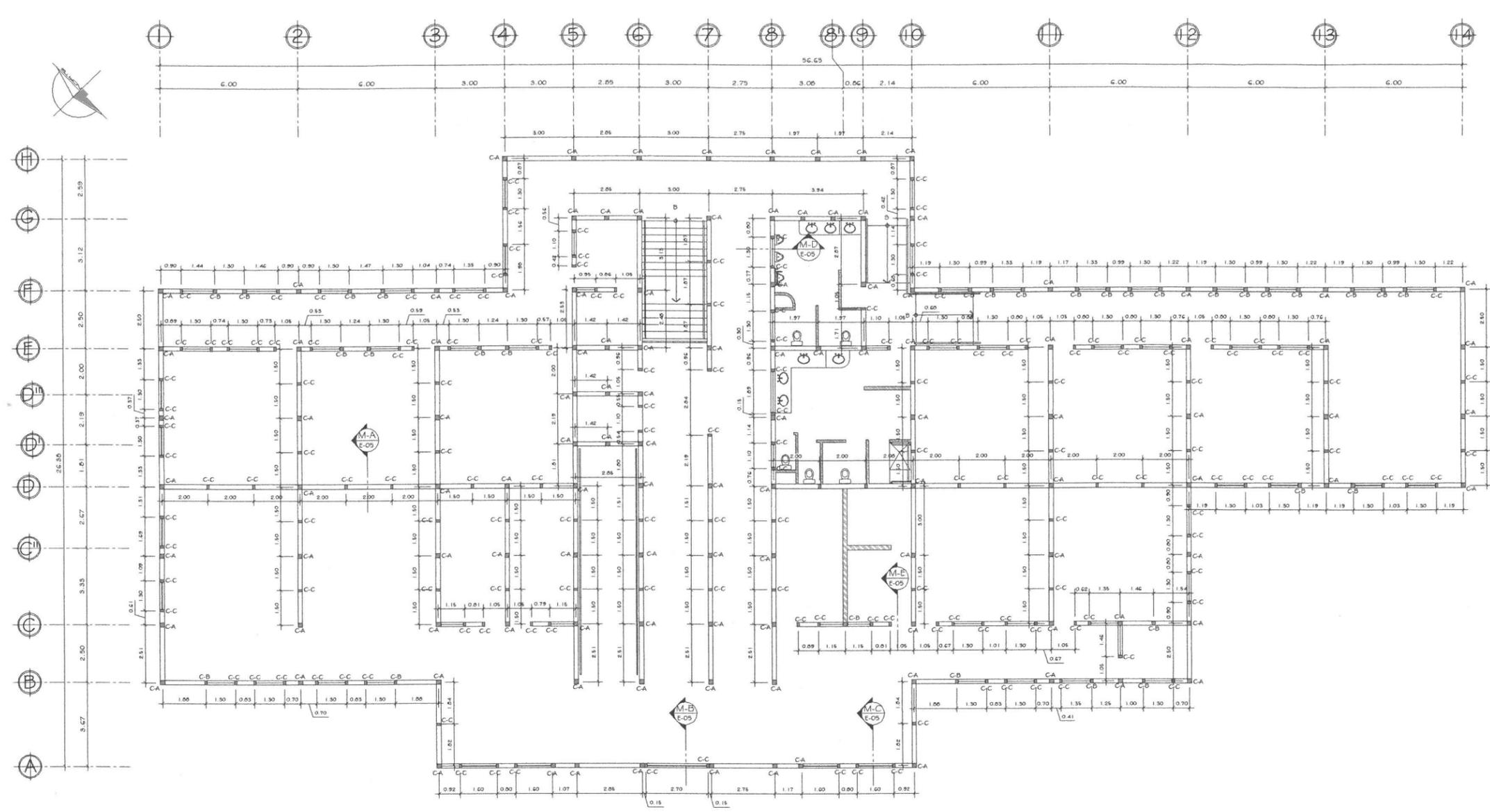
PLANTA DE CIMENTACION

ESCALA 1:100 1 E-01



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

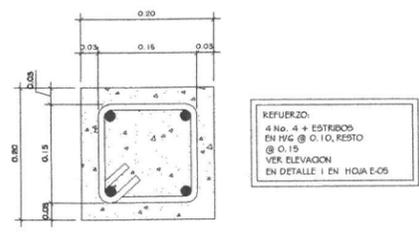
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.		
CONTIENE: PLANTA DE CIMENTACION		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO: No. PLANO
		E 01
HOJA		



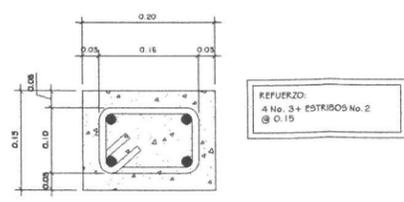
PLANILLAS DE COLUMNAS		
NOMENCLATURA	DIMENSIONES	REFUERZO
C-A	0.20 x 0.20	4 No. 4 + ESTRIBOS A HG @ 0.10 RESTO @ 0.15
C-B	0.15 x 0.20	4 No. 3 + ESTRIBOS 0.15
C-C	0.10 x 0.20	2 No. 3 + ESTRIBOS 0.15

PLANTA DE UBICACION DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

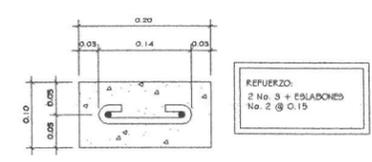
ESCALA 1:100 1 E-02



COLUMNA C-A ESCALA 1:05 2 E-02



COLUMNA C-B ESCALA 1:05 3 E-02



COLUMNA C-B ESCALA 1:05 4 E-02



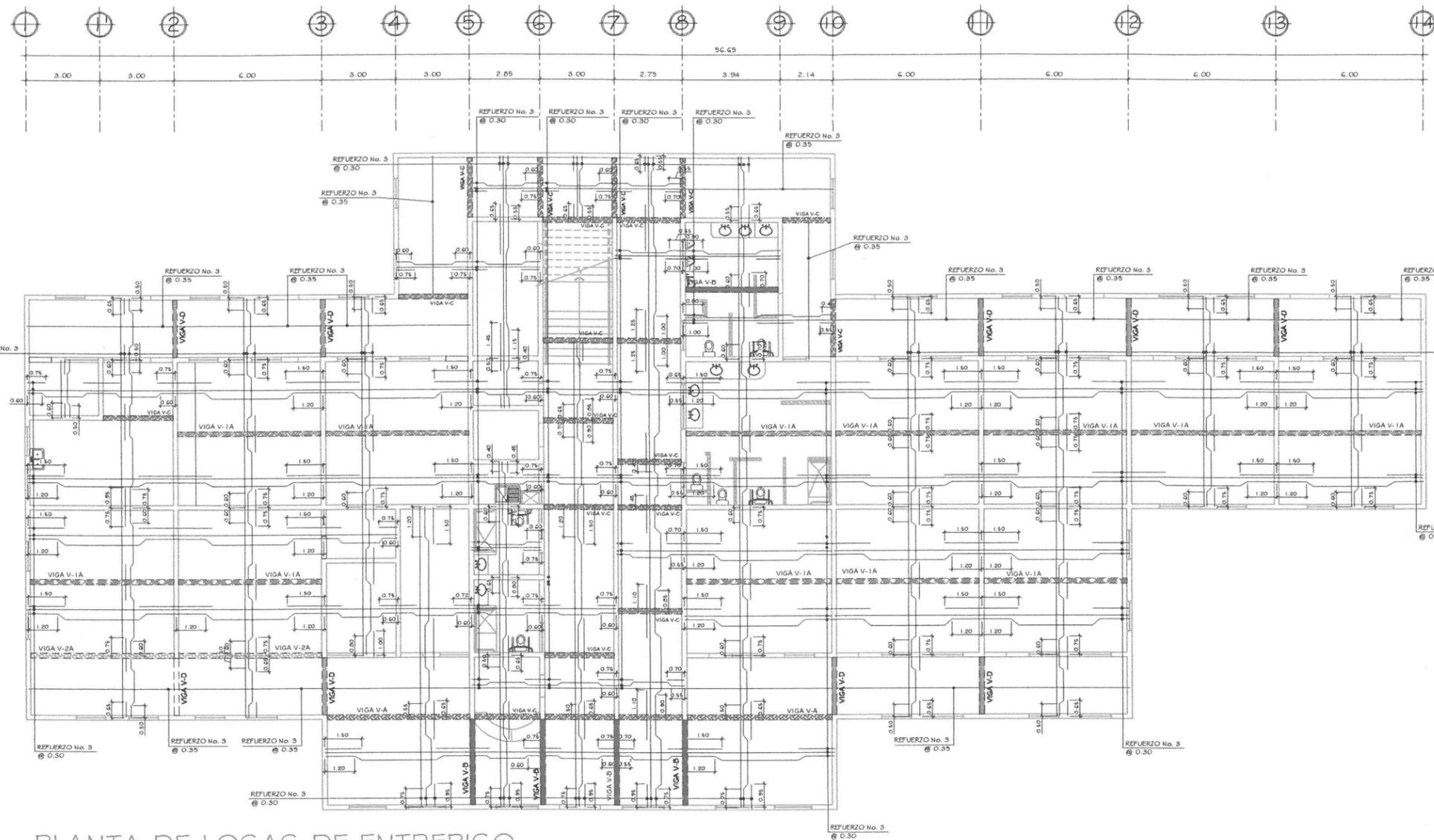
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE		
PLANTA UBICACION DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
GRUPO No. PLANO		E 02
HOJA		E-02

Va Bn. ALCALDE MUNICIPAL

Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz (Asesor EPS)



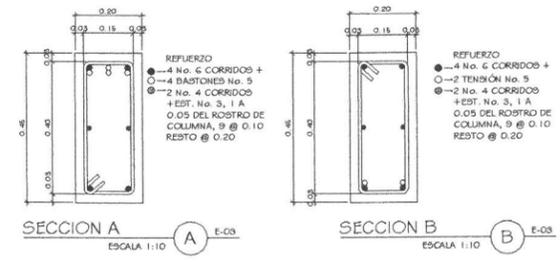
PLANTA DE LOSAS DE ENTREPISO

ESCALA 1:100

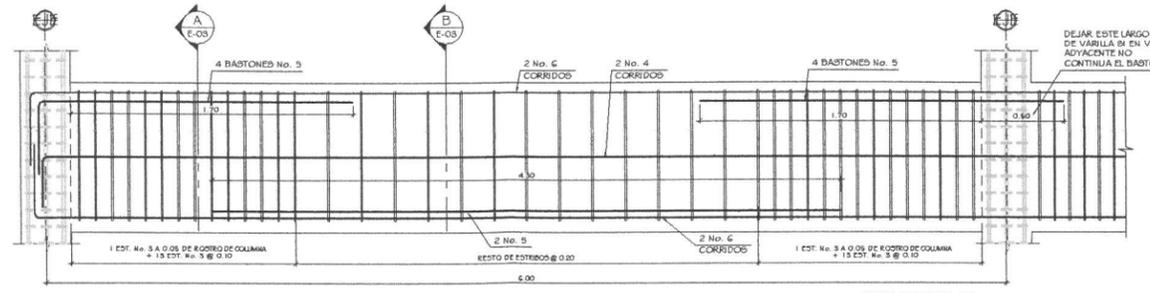
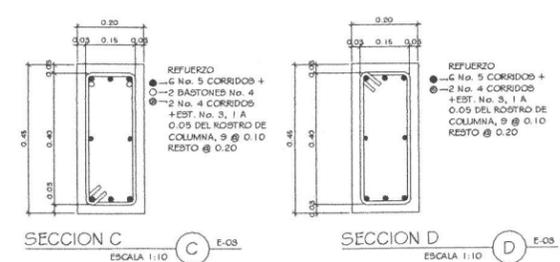
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RIEL, REFUERZO No. 3 CORRIDO @ 0.30 EN LOSAS DONDE SOLO SE COLOCAN RIEL ESTE REFUERZO DE COLOCARA @ 0.35
	BASTON, REFUERZO No. 3 @ 0.30 LARGO DE BASTON L/4
	TENSION, REFUERZO No. 3 @ 0.30 DOBLEZ DE TENSION A L/5
	VIGA V-A VER. DETALLE 2 / HOJA E-03
	VIGA V-1A VER. DETALLE 3 / HOJA E-03
	VIGA V-2A VER. DETALLE 2 / HOJA E-04
	VIGA V-B VER. DETALLE 4 / HOJA E-04
	VIGA V-C VER. DETALLE 5 / HOJA E-04
	VIGA V-D VER. DETALLE 6 / HOJA E-04

LONGITUD DE DESARROLLO			
	COLUMNA		
	VIGA		
SIMBOLOGIA	VARILLAS No. 6	VARILLAS No. 5	VARILLAS No. 4
ldh	0.25	0.20	0.15
ld	0.20	0.20	0.15

DETALLE DE VIGA V-A

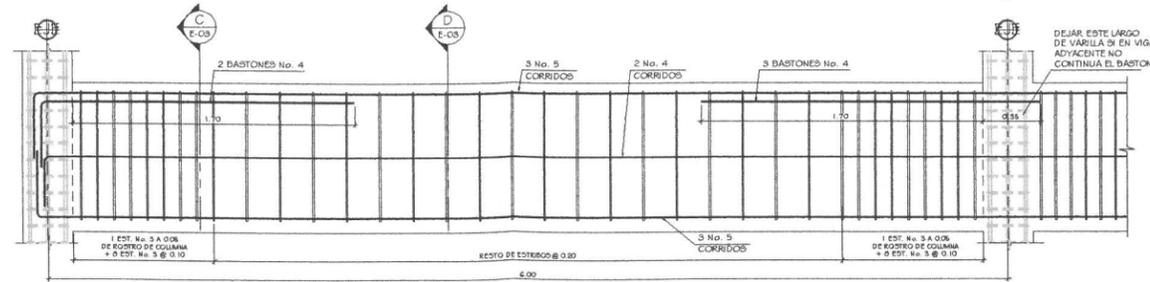


DETALLE DE VIGA V-1A



ELEVACION DE VIGA V-A

ESCALA HORIZONTAL 1:20 ESCALA VERTICAL 1:10



ELEVACION DE VIGA V-1A

ESCALA HORIZONTAL 1:20 ESCALA VERTICAL 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

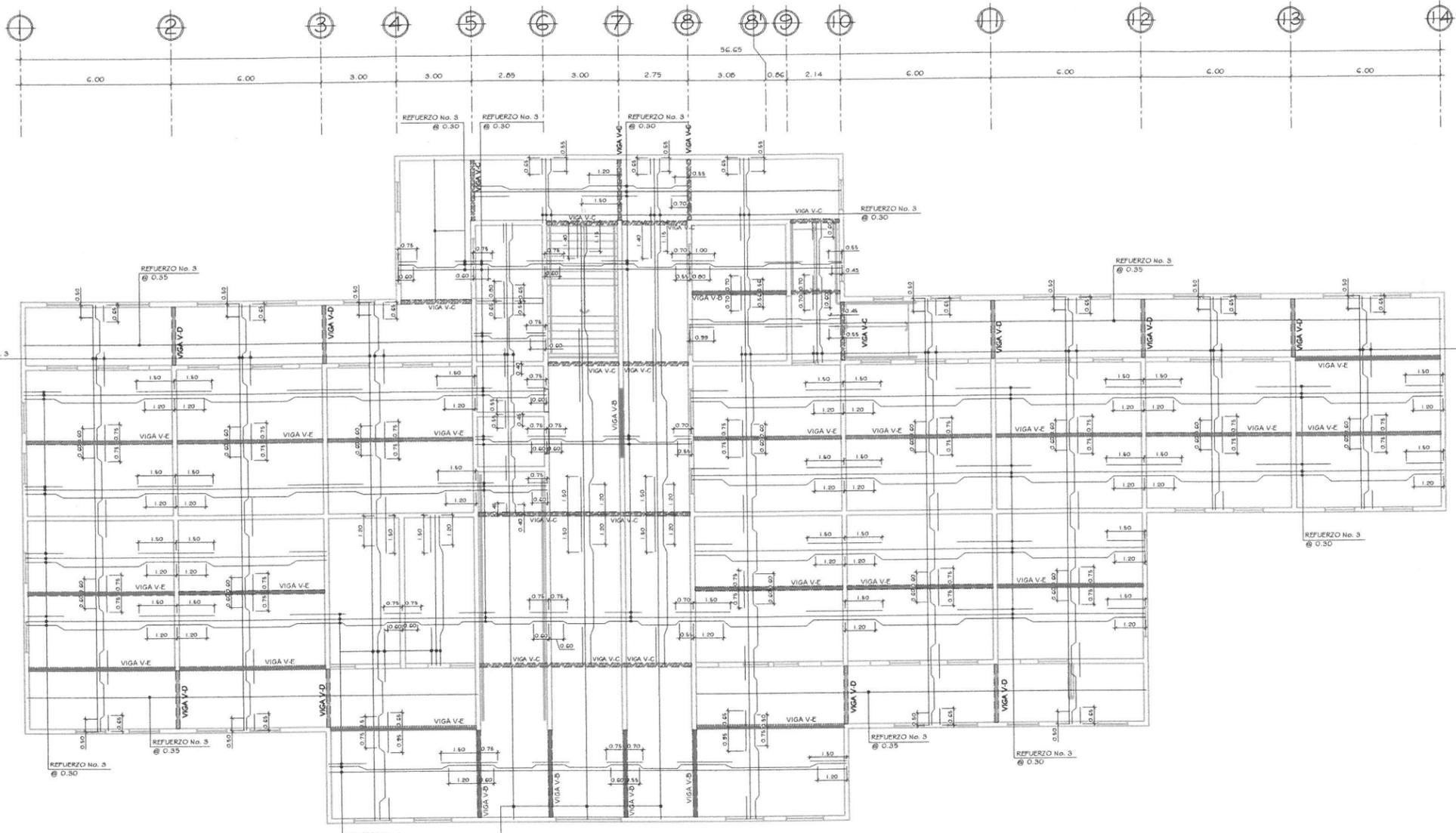
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: PLANTA LOSAS DE ENTREPISO + DETALLES DE VIGAS

UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO: No. PLANO
		E 03
		HOJA
		E-03

Vo. Bn. ALCALDE MUNICIPAL

Vo. Bn. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ (ASESOR EPS)

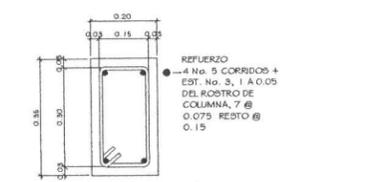


LONGITUD DE DESARROLLO

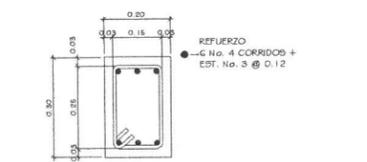
SIMBOLOGIA	VARILLAS No. 6	VARILLAS No. 5	VARILLAS No. 4
ldh	0.25	0.20	0.15
ld	0.20	0.20	0.15

SIMBOLOGIA

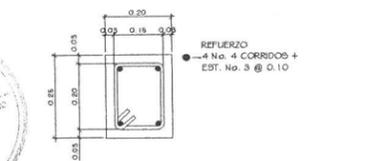
SIMBOLO	DESCRIPCION
	REFUERZO No. 3 CORRIDO @ 0.30 EN LOSAS DONDE SOLO SE COLOCAN REJES. REFUERZO DE COLOCACION @ 0.30
	BASTON, REFUERZO No. 3 @ 0.30 LARGO DE BASTON L/4
	TENSION, REFUERZO No. 3 @ 0.30 DOBLEZ DE TENSION A L/5
	VIGA V-D VER DETALLE 4/ HOJA E-04
	VIGA V-C VER DETALLE 5/ HOJA E-04
	VIGA V-D VER DETALLE 6/ HOJA E-04
	VIGA V-E VER DETALLE 3/ HOJA E-04



VIGA V-B ESCALA 1:10 4 E-04



VIGA V-C ESCALA 1:10 5 E-04

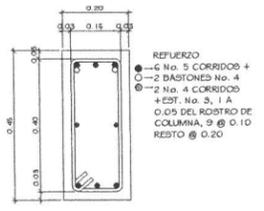


VIGA V-D ESCALA 1:10 6 E-04

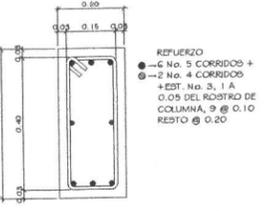
PLANTA DE LOSAS DE TECHO

ESCALA 1:100 1 E-04

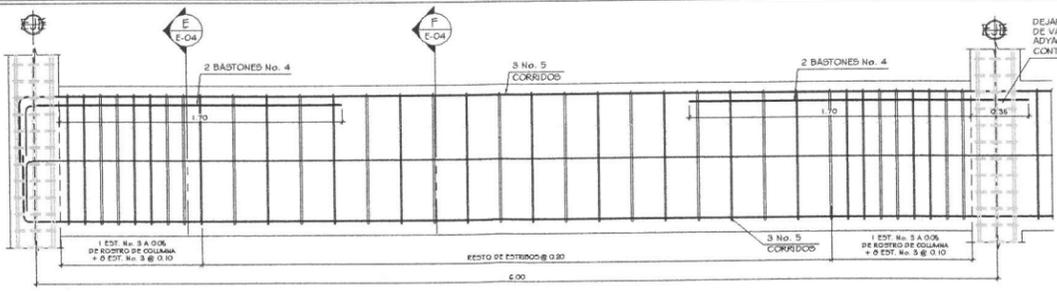
DETALLE DE VIGA V-2A



SECCION E ESCALA 1:10 E-04



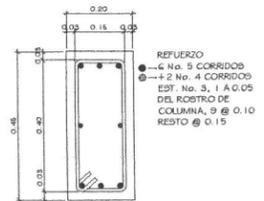
SECCION F ESCALA 1:10 F E-04



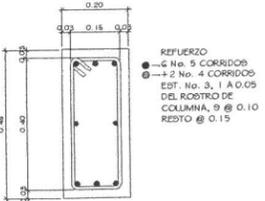
ELEVACION DE VIGA V-2A

ESCALA HORIZONTAL 1:20 ESCALA VERTICAL 1:10 2 E-04

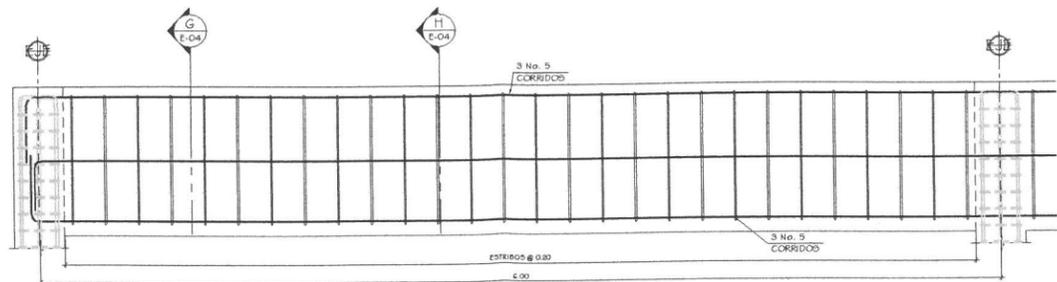
DETALLE DE VIGA V-E



SECCION G ESCALA 1:10 G E-04



SECCION H ESCALA 1:10 H E-04



ELEVACION DE VIGA V-E

ESCALA HORIZONTAL 1:20 ESCALA VERTICAL 1:10 3 E-04



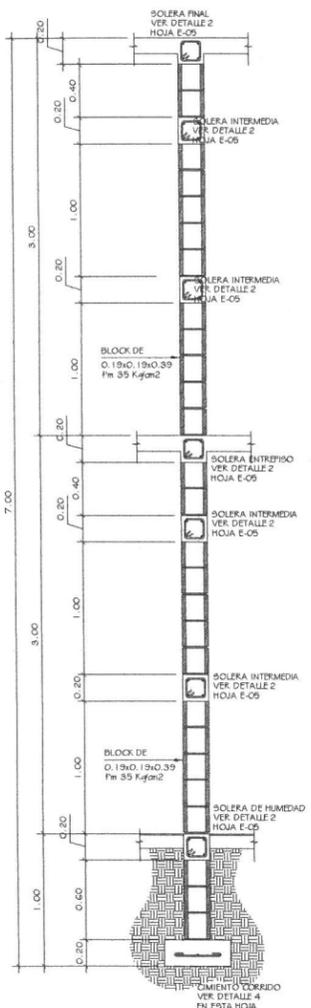
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

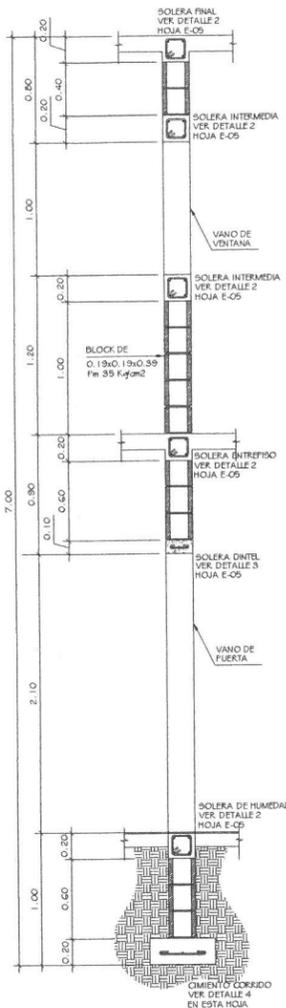
CONTIENE: PLANTA LOSAS DE TECHO + DETALLE DE VIGAS

UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ABNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULOS: ABNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO: E
		No. PLANO: 04
		HOJA: E-04

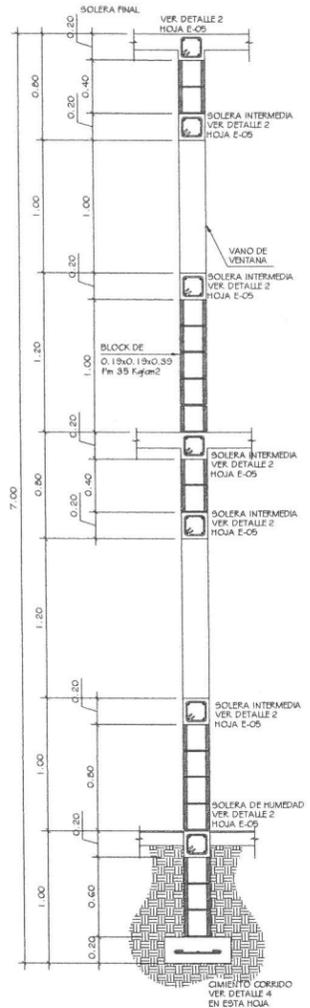
Vo. Bto. ALCALDE MUNICIPAL



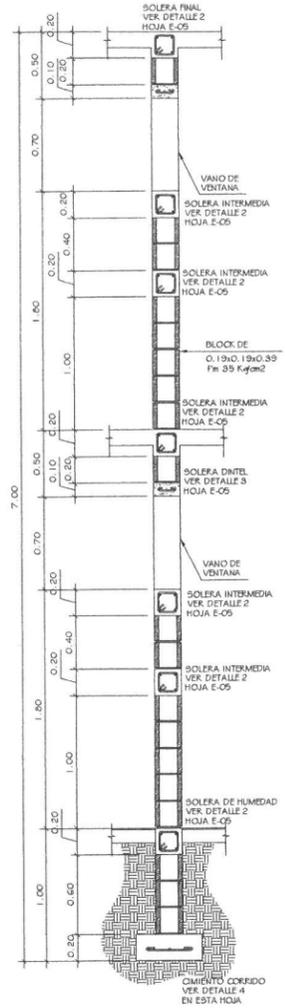
SECCION M-A ESCALA 1:25 M-A E-05



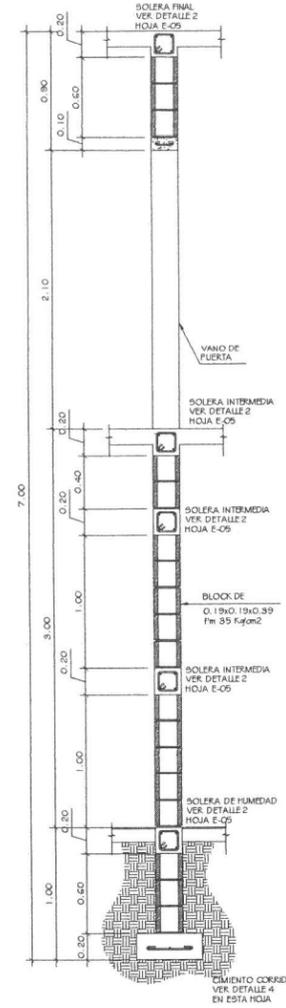
SECCION M-B ESCALA 1:25 M-B E-05



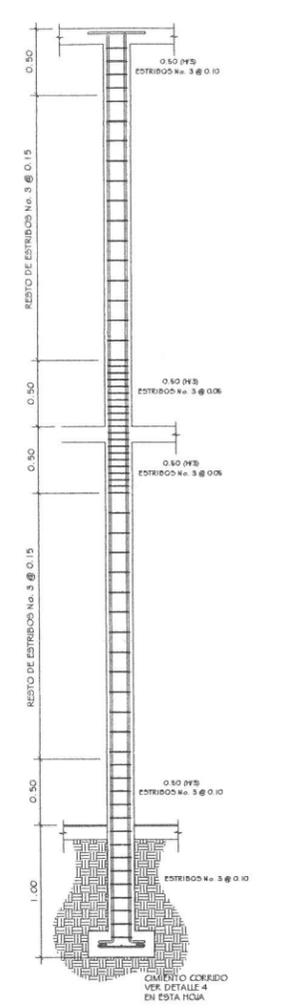
SECCION M-C ESCALA 1:25 M-C E-05



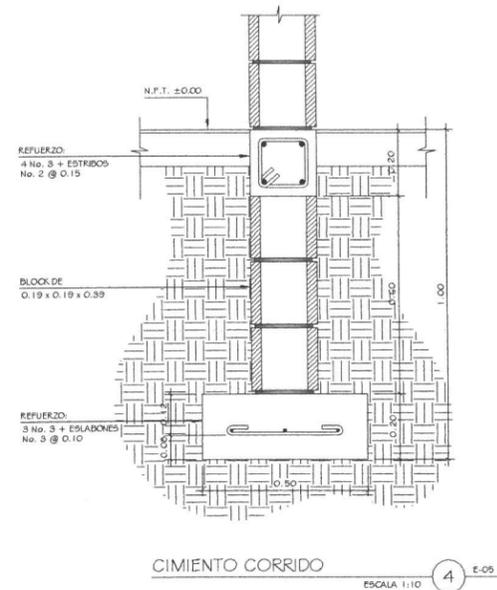
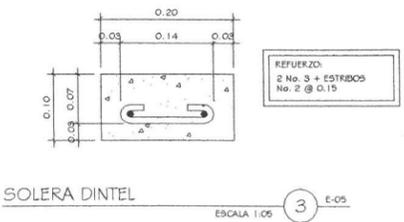
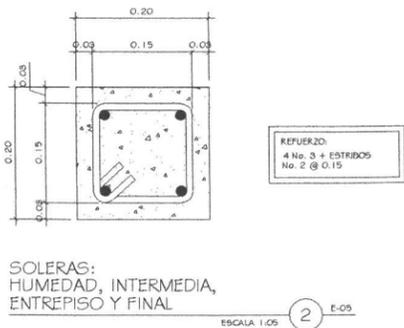
SECCION M-D ESCALA 1:25 M-D E-05



SECCION M-E ESCALA 1:25 M-E E-05



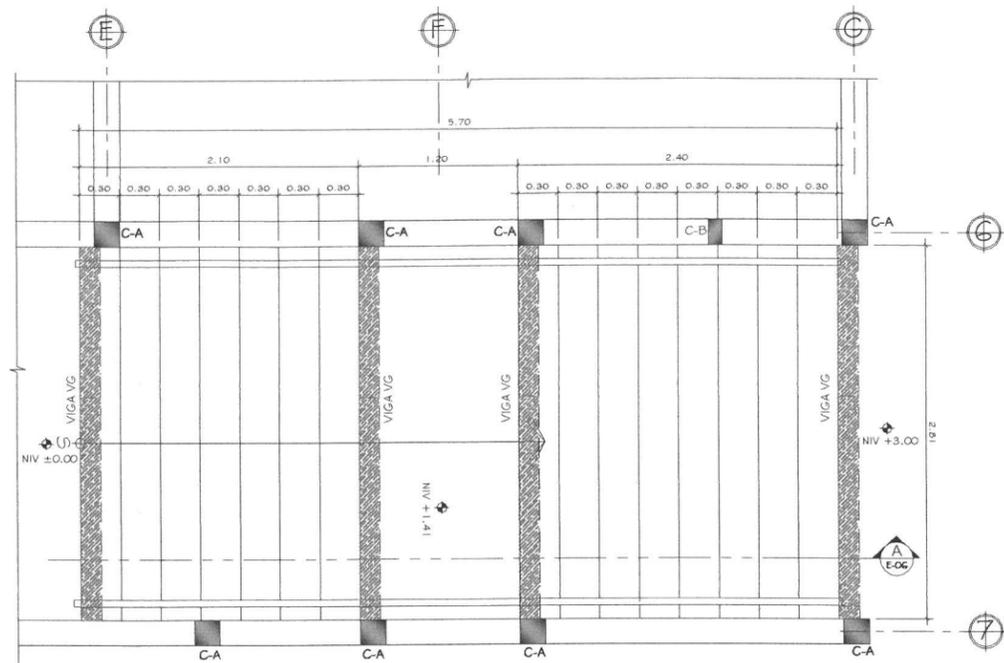
DETALLE COLUMNA C-A ESCALA 1:25 I E-05



  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y FPS  
 Facultad de Ingeniería

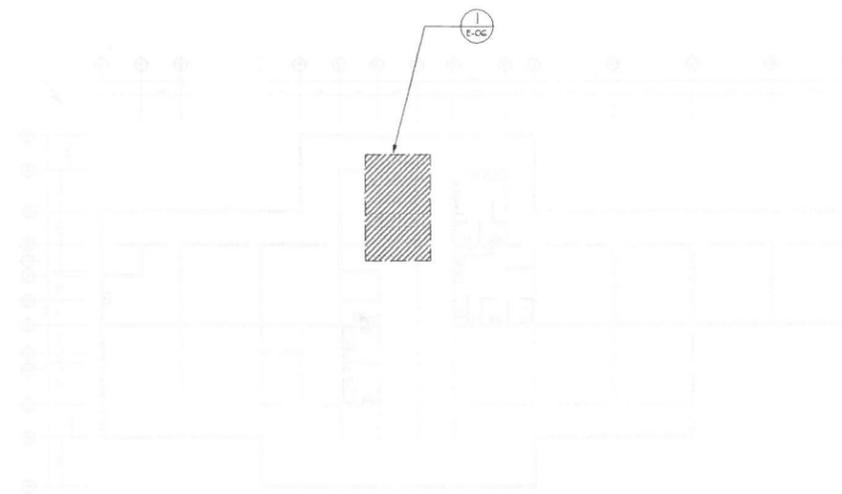
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.			
CONTENIDO: SECCIONES ESTRUCTURALES DE MUROS			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
No. PLANO: E-05		HOJA: E-05	
Vo. Do. ALCALDE MUNICIPAL		Vo. Do. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ (ASESOR EPS)	



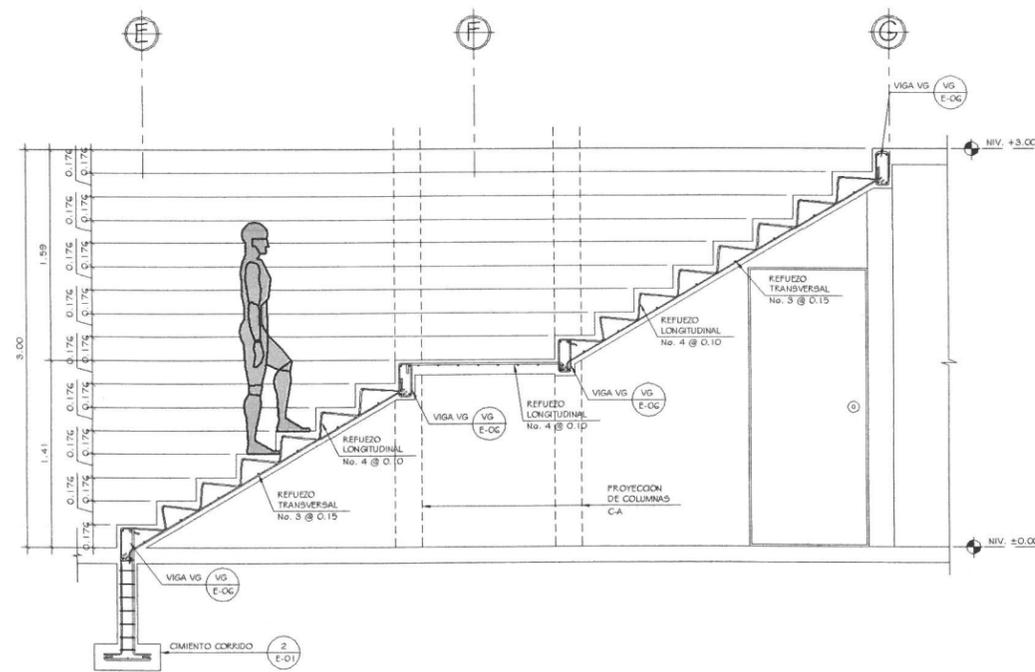
PLANTA DE GRADAS

ESCALA 1:25 (1) E-06



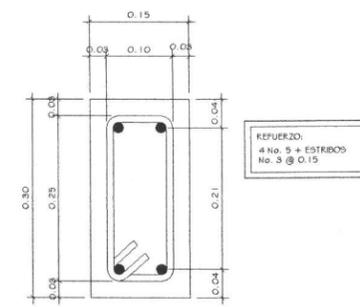
ESQUEMA UBICACION DE GRADAS

ESCALA 1:250 (2) E-06



SECCION A

ESCALA 1:25 (A) E-06



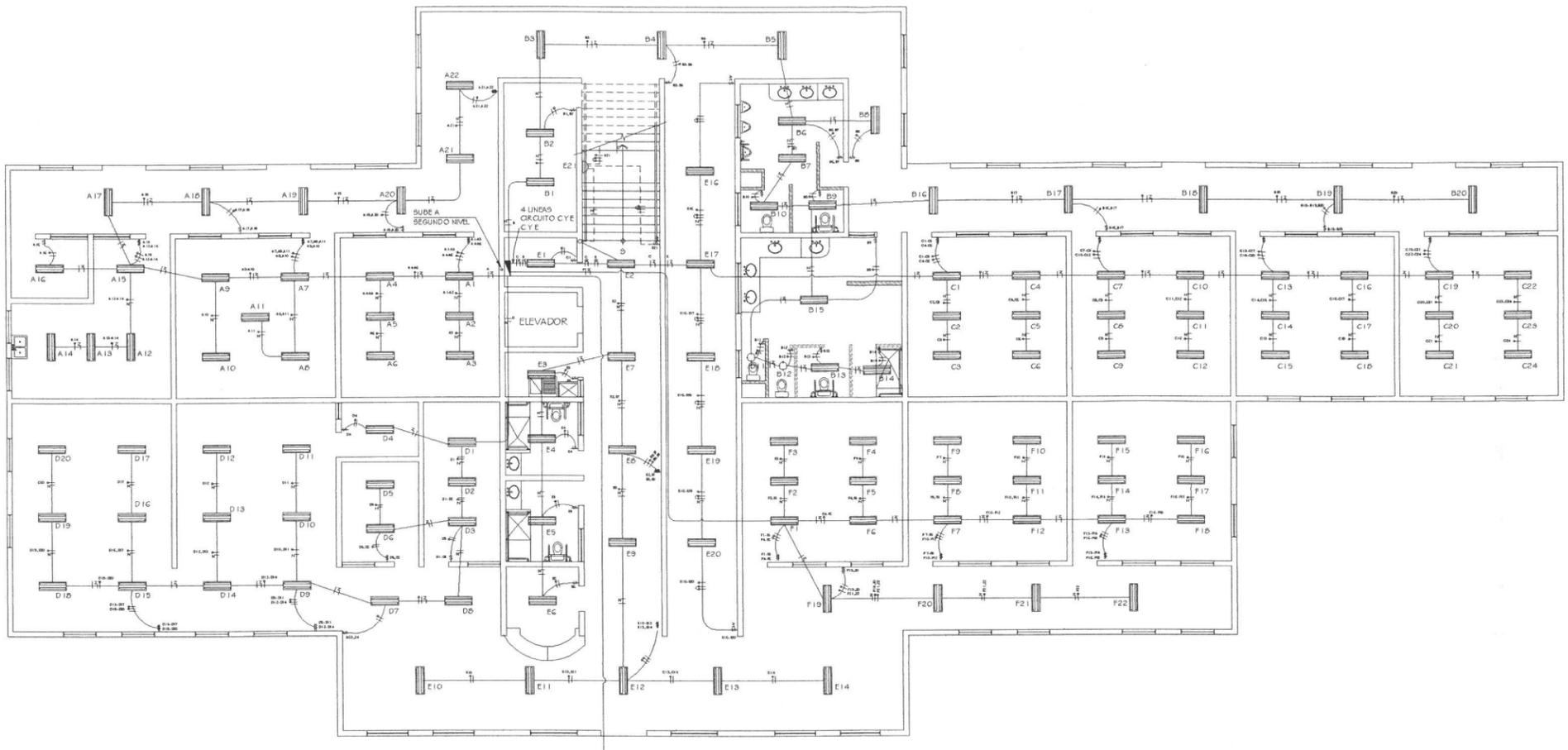
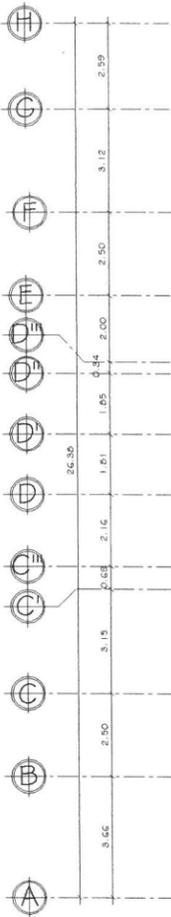
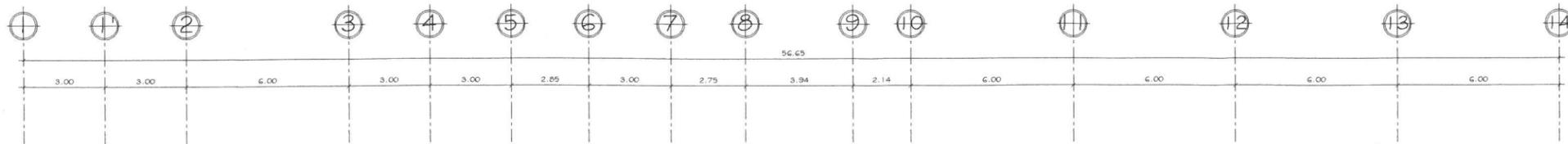
VIGA VG ESCALA 1:25 (VG) E-06



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE: DETALLE DE GRADAS			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
		GRUPO: E	No. PLANO: 06
Vr. Do. ALCALDE MUNICIPAL		HOJA: E-06	



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	DUCTO PVC ELECTRICO 1"
	DUCTO PVC ELECTRICO EN PISO
	LINEA VIVA CABLE THHN CAIBRE 12
	LINEA NEUTRO CABLE THHN CAIBRE 12
	LINEA DE RETORNO CABLE THHN CAIBRE 12
	LINEA DE PUENTE CABLE THHN CAIBRE 12
	INTERRUPTOR SIMPLE H = 1.20 m CODIGO AE2100EB
	INTERRUPTOR DOBLE H = 1.20 m CODIGO AE2201EM
	INTERRUPTOR THREE WAY H = 1.20 m CODIGO AM4003CDN PLACA CODIGO AM4003CDN INTERRUPTOR AM5003
	LAMPARA DOBLE FLUORESCENTE EN CIELO LUM 1423
	LAMPARA FLUORESCENTE EN CIELO LUM 0931
	LAMPARA EN PARED CODIGO LUM 1343
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS

PLANTA INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION) PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100

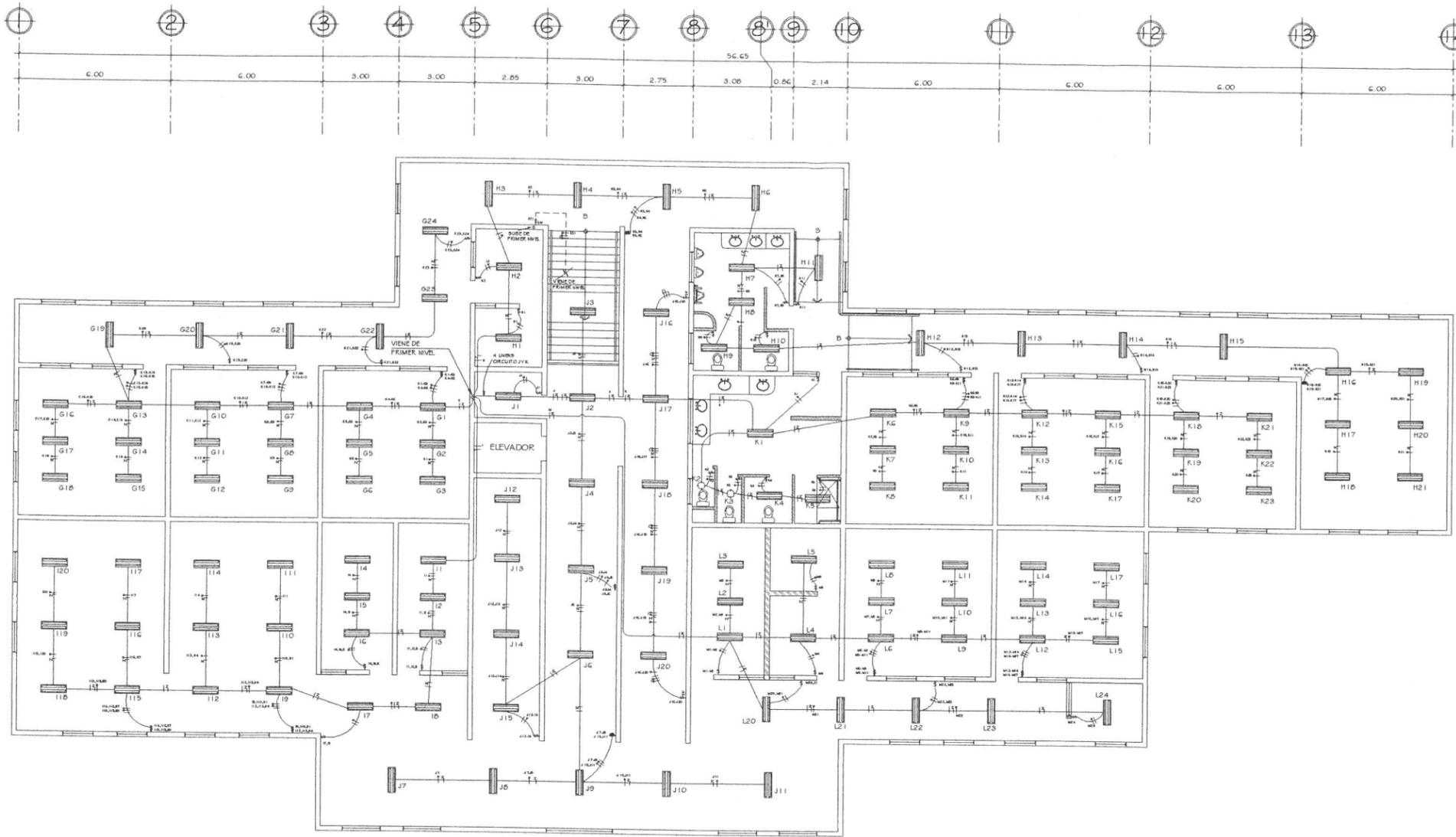


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA			
CONTIENE: PLANTA INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION) PRIMER NIVEL			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ABNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CÁLCULO: ABNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNER GAMAJUEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
		GRUPO	No. PLANO
		I	01
		HOJA	
		I-01	

Vo. Bo. ALCALDE MUNICIPAL

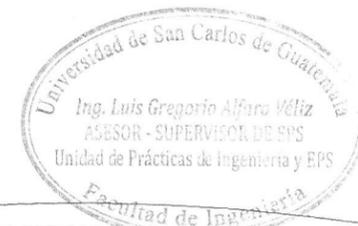
Vo. Bo. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ (ASESOR EPS)



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	DUCTO PVC ELECTRICO 1"
	DUCTO PVC ELECTRICO EN PISO
	LINEA VIVA CABLE THHN CALIBRE 12
	LINEA NEUTRO CABLE THHN CALIBRE 12
	LINEA DE RETORNO CABLE THHN CALIBRE 12
	LINEA DE PUENTE CABLE THHN CALIBRE 12
	INTERRUPTOR SIMPLE H = 1.20 m CODIGO AE210CEB
	INTERRUPTOR DOBLE H = 1.20 m CODIGO AE2201EM
	INTERRUPTOR THREE WAY H = 1.20 m CODIGO AM4503CDN PLACA CODIGO AM4503CDN INTERRUPTOR AM5005
	LAMPARA DOBLE FLUORESCENTE EN CIELO LUM 1423
	LAMPARA FLUORESCENTE EN CIELO LUM 0981
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS

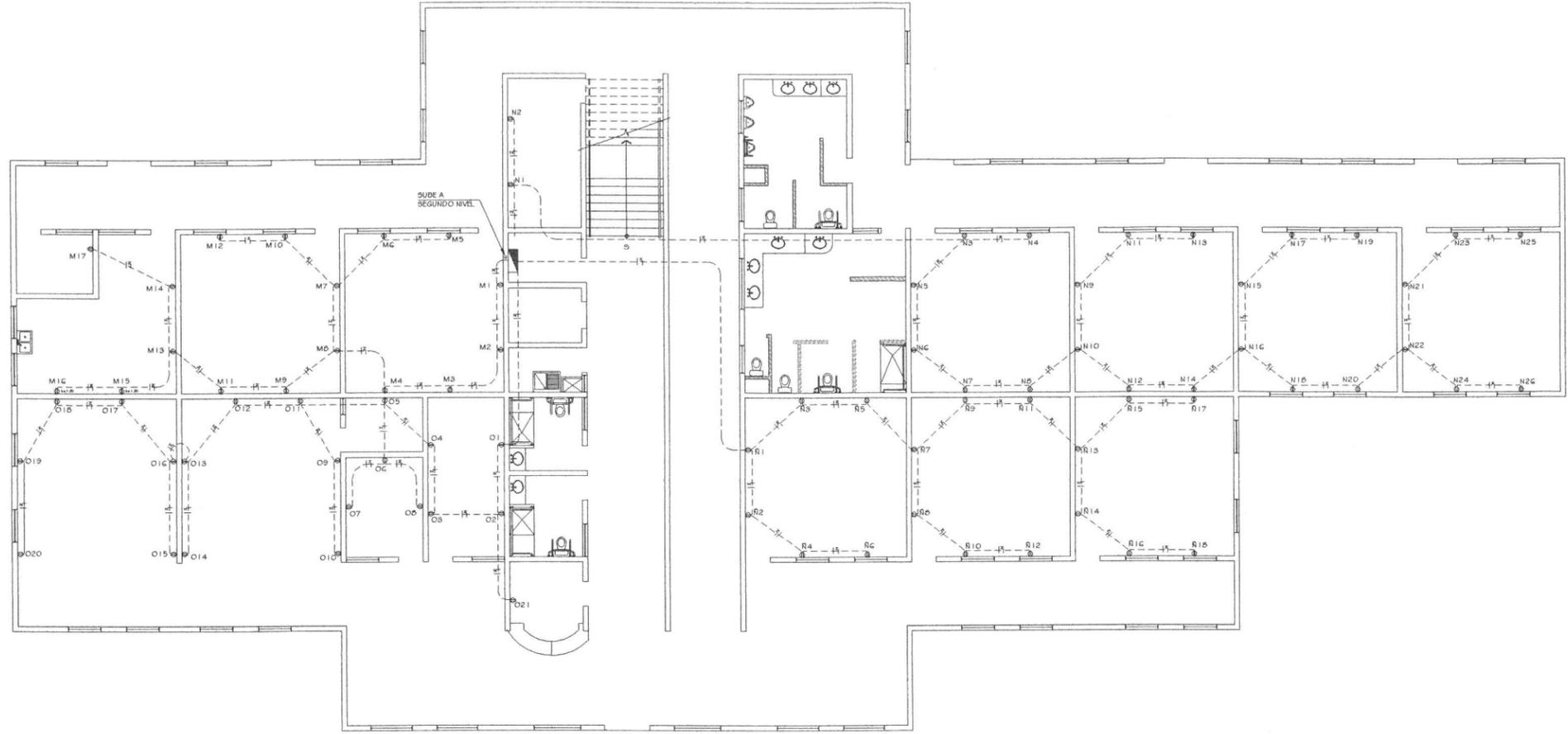
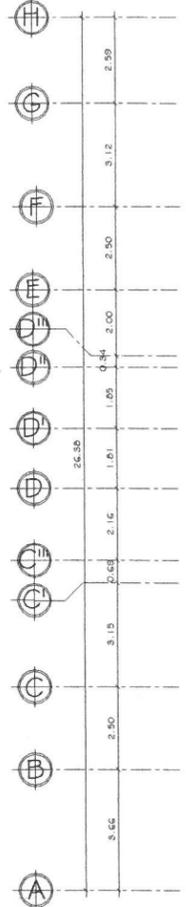
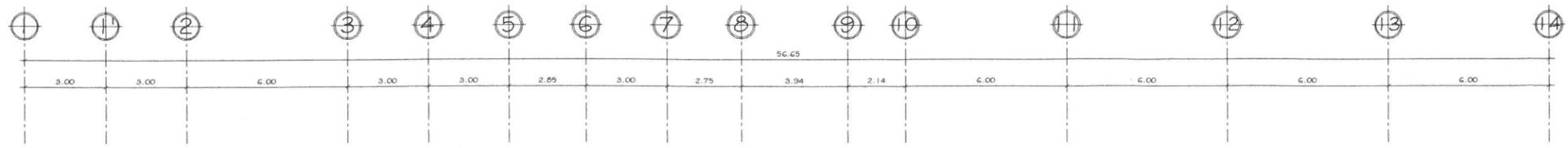
PLANTA INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACIÓN) SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.		
CONTIENE: PLANTA INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION) SEGUNDO NIVEL		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CÁLULO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
		GRUPO: No. PLANO
		1 02
		HOJA
V.o. Bo. ALCALDE MUNICIPAL		1-02



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
---	DUCTO PVC ELECTRICO EN P50 Ø 1"
-+---	LINEA VIVA CABLE THFN CAL. 12
- - -	LINEA NEUTRO CABLE THFN CAL. 12
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE h=0.30 CODIGO AMS026GR
⊕-1-	TOMACORRIENTE DOBLE h=1.20 CODIGO AMS026GR
■	TABLEROS DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS

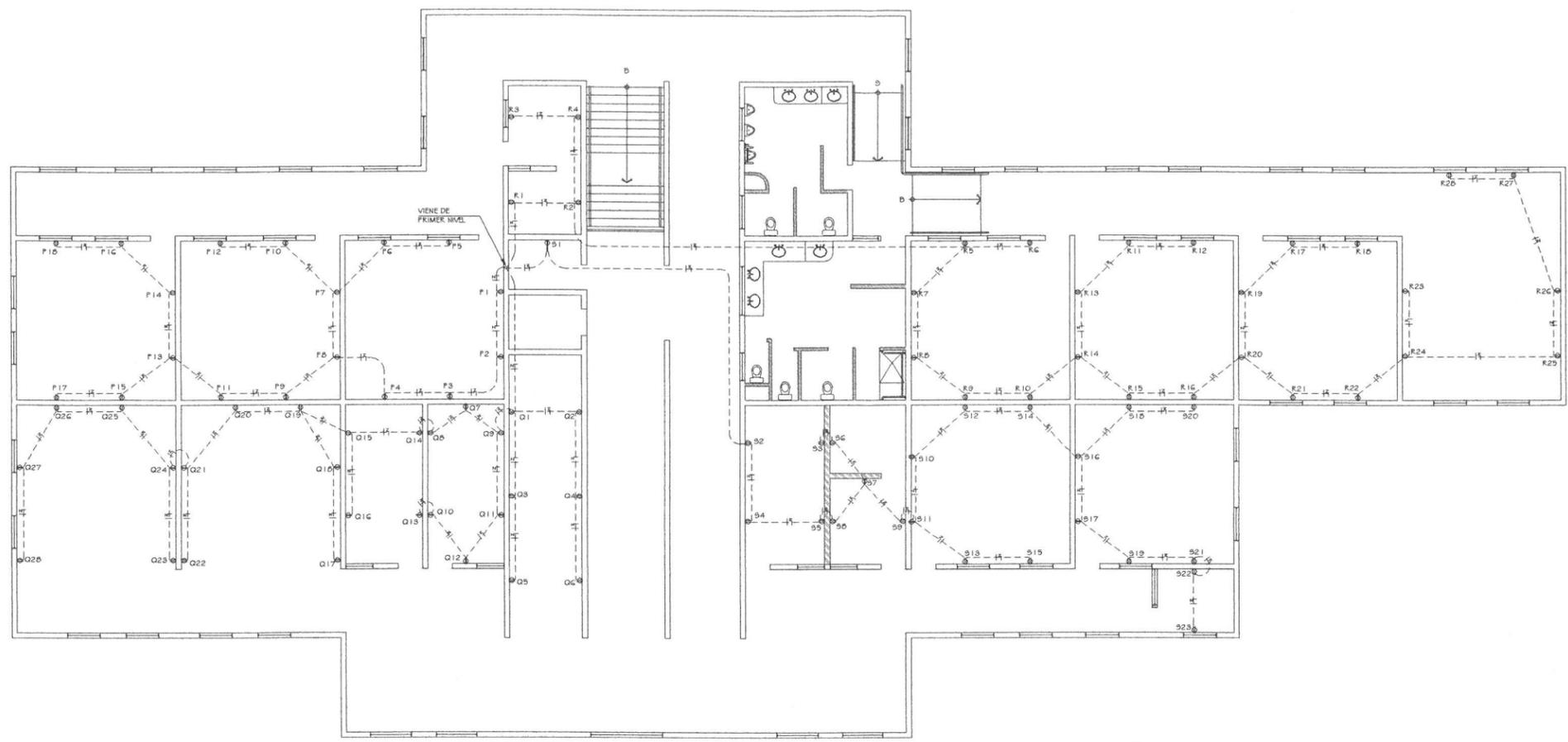
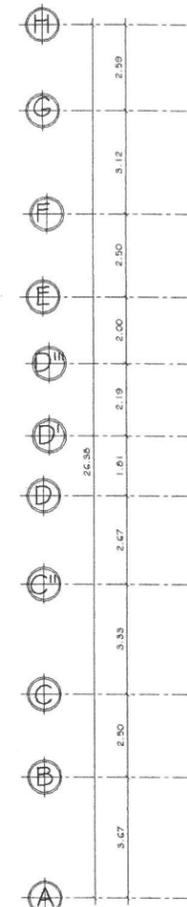
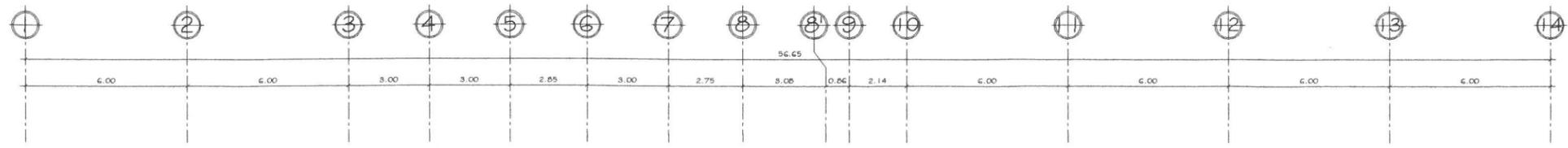
PLANTA INSTALACION ELECTRICA (FUERZA) PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1/03



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.		
CONTIENE: PLANTA INSTALACION ELECTRICA (FUERZA) PRIMER NIVEL		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
V. B. ALCALDE MUNICIPAL		GRUPO: No. PLANO
V. B. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ (ASESOR EPS)		HOJA: 03
		1-03



SIMBOLOGIA	
---	DUCTO PVC ELECTRICO EN ENTRESIDO
---	LINEA VIVA
---	LINEA NEUTRO
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE h=0.30 CODIGO AMS020GR
⊕-1.20	TOMACORRIENTE DOBLE h=1.20 CODIGO AMS020GR

PLANTA INSTALACION ELECTRICA (FUERZA) SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1 1-04



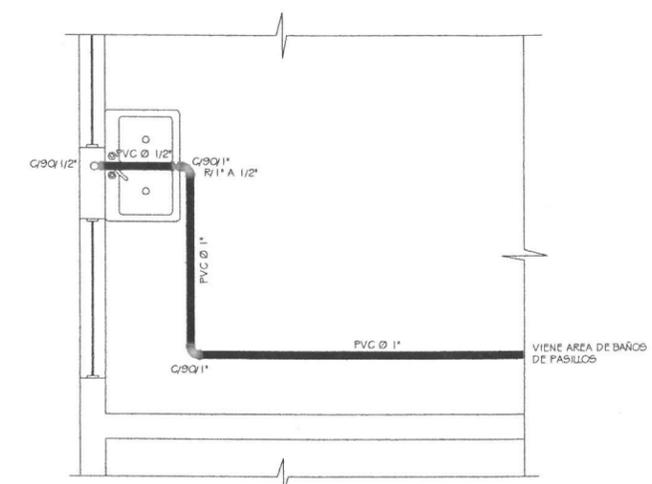
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE BOLDUÁ

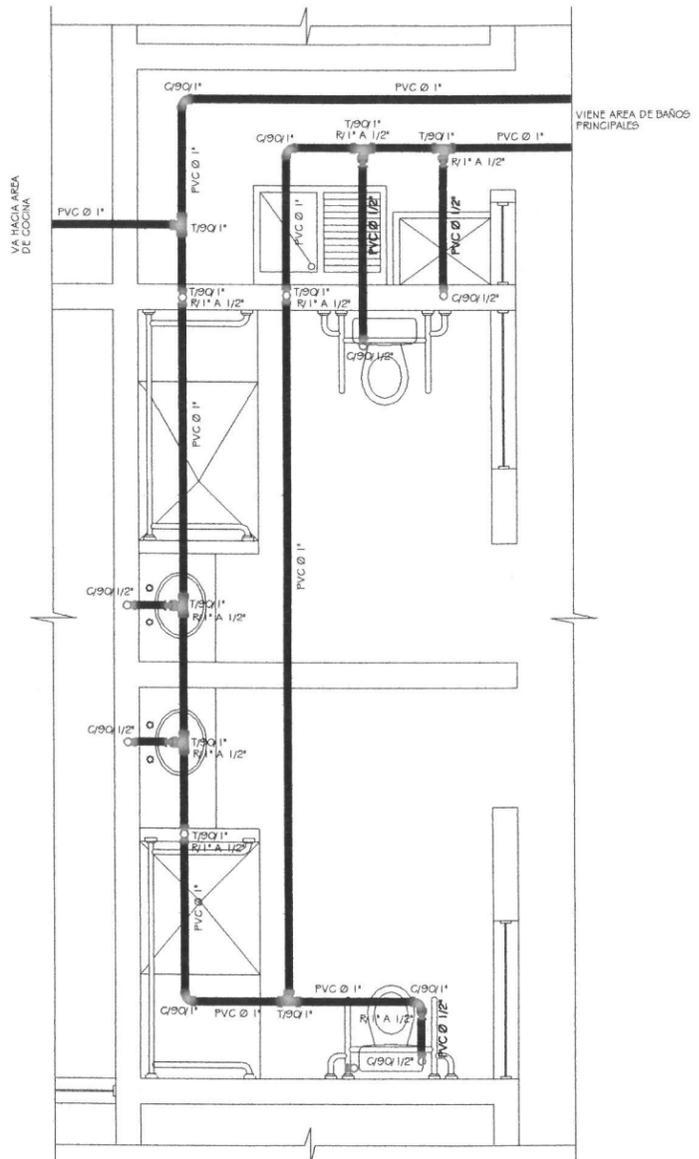
CONTIENE		
PLANTA INSTALACION ELECTRICA (FUERZA) SEGUNDO NIVEL		
UBICACION:	DISEÑO:	ESCALA:
PANAJACHEL, BOLDUÁ	ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	INDICADA
CALCULO:	DIBUJO:	FECHA:
ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	ADNER GAMAJEL ESCOBAR LARA	NOVIEMBRE 2016
		GRUPO
		No. PLANO
		I 04
		HOJA
		1-04

Vs Bn. ALCALDE MUNICIPAL

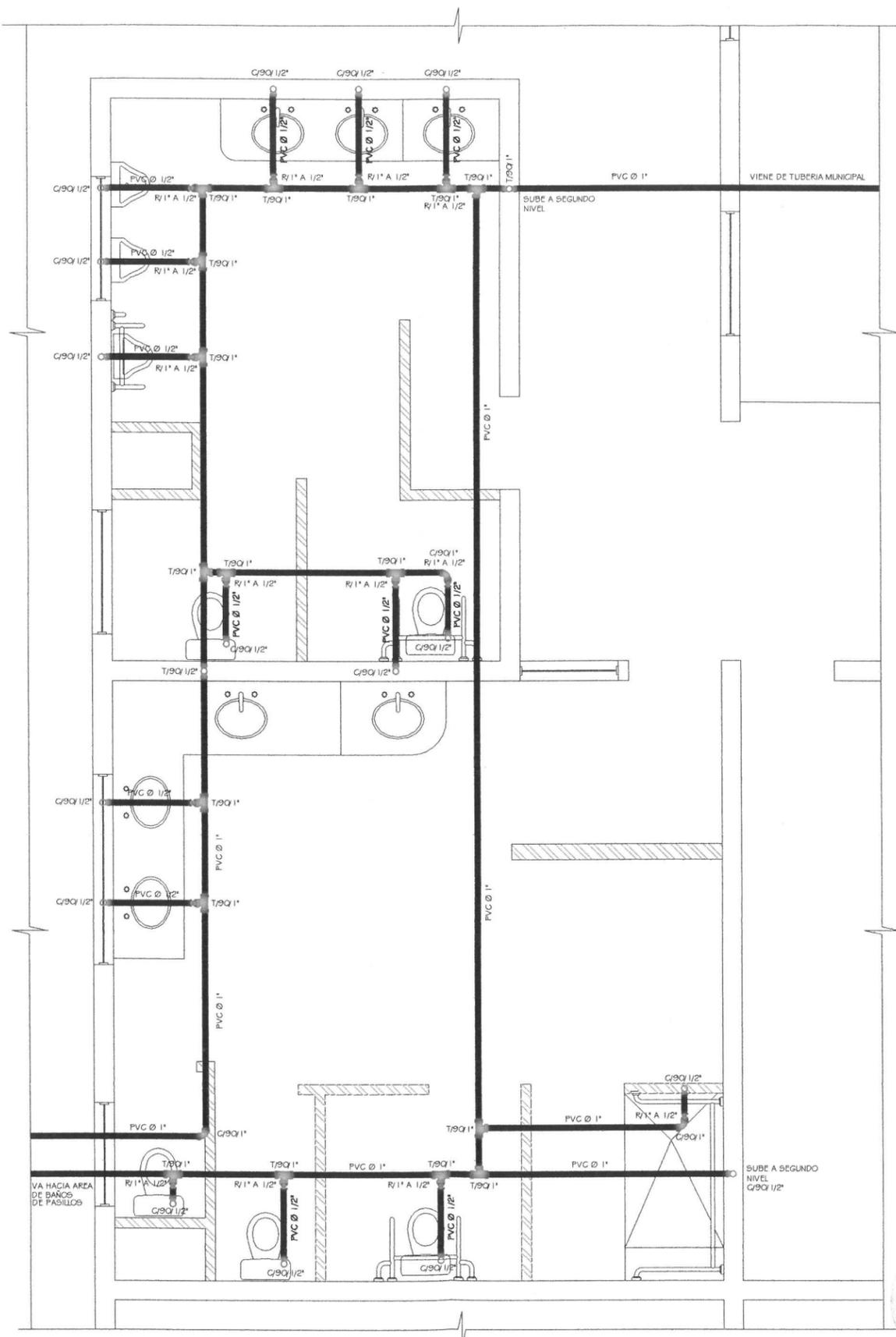
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz (Asesor EPS)



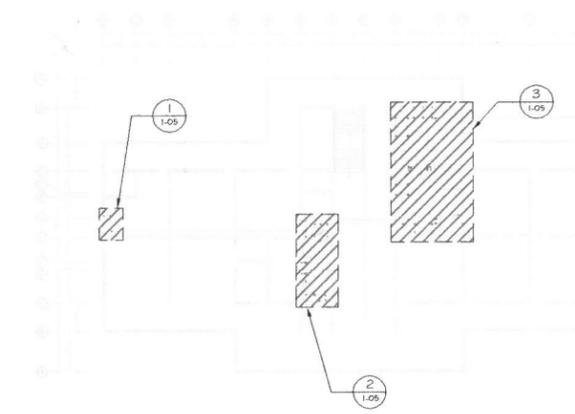
INSTALACION HIDRAULICA  
AREA DE COCINA  
PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:25 1



INSTALACION HIDRAULICA  
AREA DE BAÑOS PASILLOS  
PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:25 2



INSTALACION HIDRAULICA  
AREA DE BAÑOS PRINCIPALES  
PRIMER NIVEL  
ESCALA 1:25 3



ESQUEMA  
UBICACION DE AREAS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS  
ESCALA 1:300 4

SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	TEE HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	CODO HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	REDUCIDOR PVC
	TEE VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)
	SANITARIO SENSACION 76537
	LAVAMANOS ECOLINE 251953

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

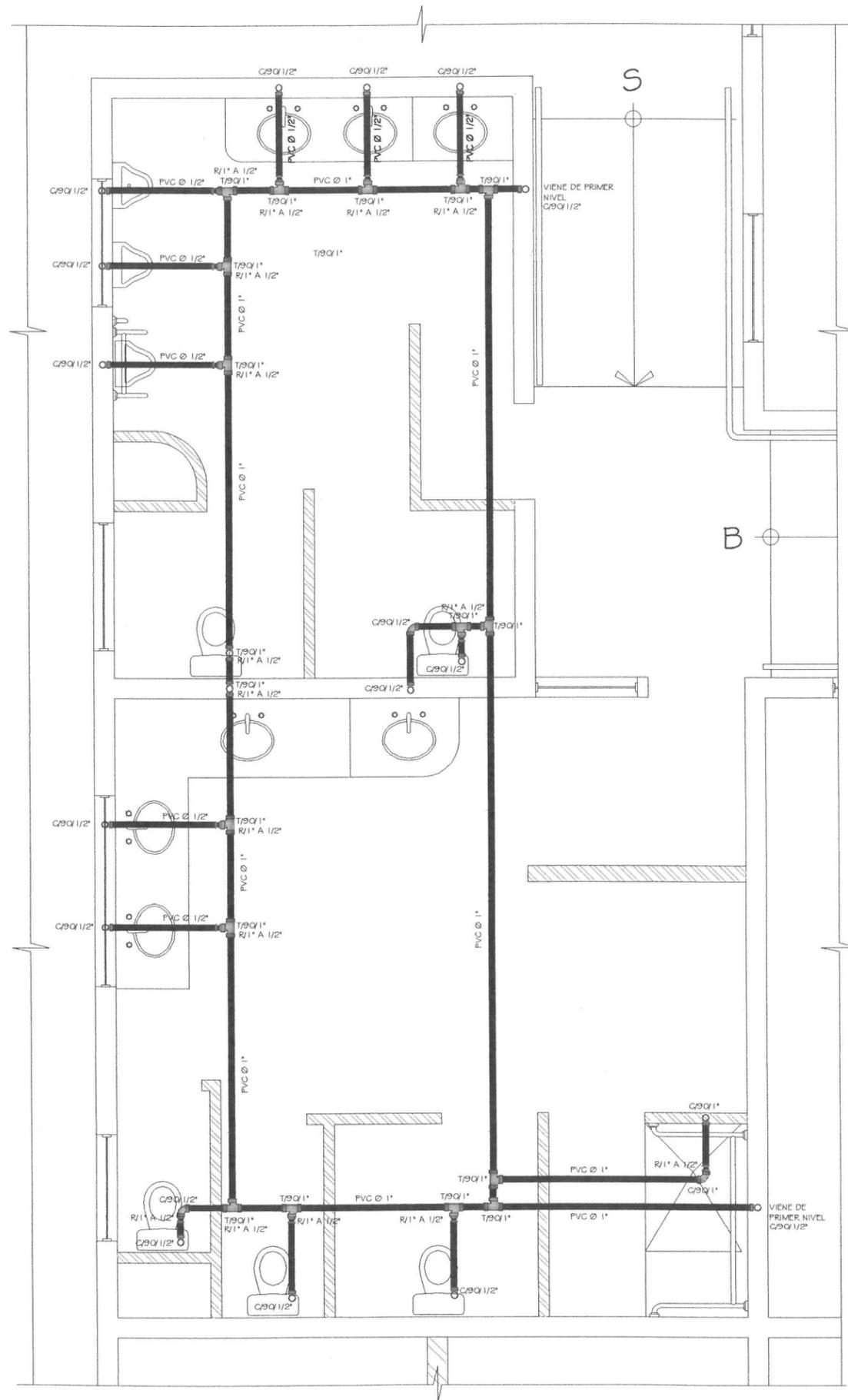
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: PLANTA INSTALACION DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL

UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ADNER GAMAUJEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
PROYECTO: PANAJACHEL, SOLOLA	DIBUJO: ADNER GAMAUJEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
PROYECTO: PANAJACHEL, SOLOLA	DIBUJO: ADNER GAMAUJEL ESCOBAR LARA	GRUPO: No. PLANO
		1 05
		HOJA
		1-05

Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
ASESOR - SUPERVISOR DE EN  
Unidad de Prácticas de Ingeniería  
Facultad de Ingeniería

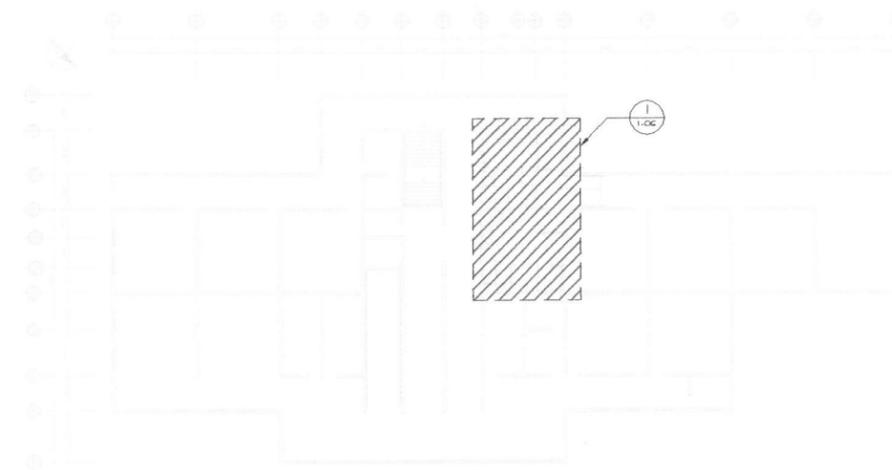
Vo. Do. ALCALDE MUNICIPAL  
Vo. Do. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ (ASESOR EPS)



INSTALACION HIDRAULICA  
AREA DE BAÑOS PRINCIPALES SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:250

SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	TEE HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	CODO HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	REDUCIDOR PVC
	TEE VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)
	SANITARIO SENSACION 7 05337
	LAVAMANOS ECOLINE 251 053



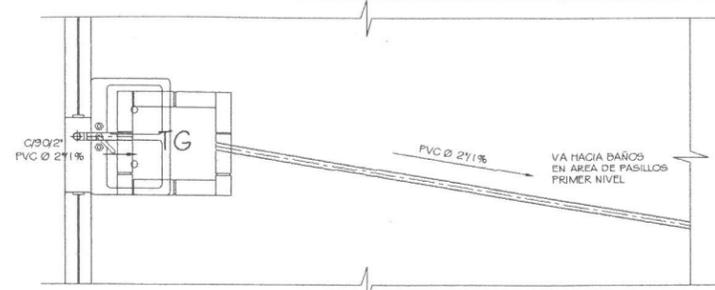
ESQUEMA  
UBICACION DE AREAS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS

ESCALA 1:250



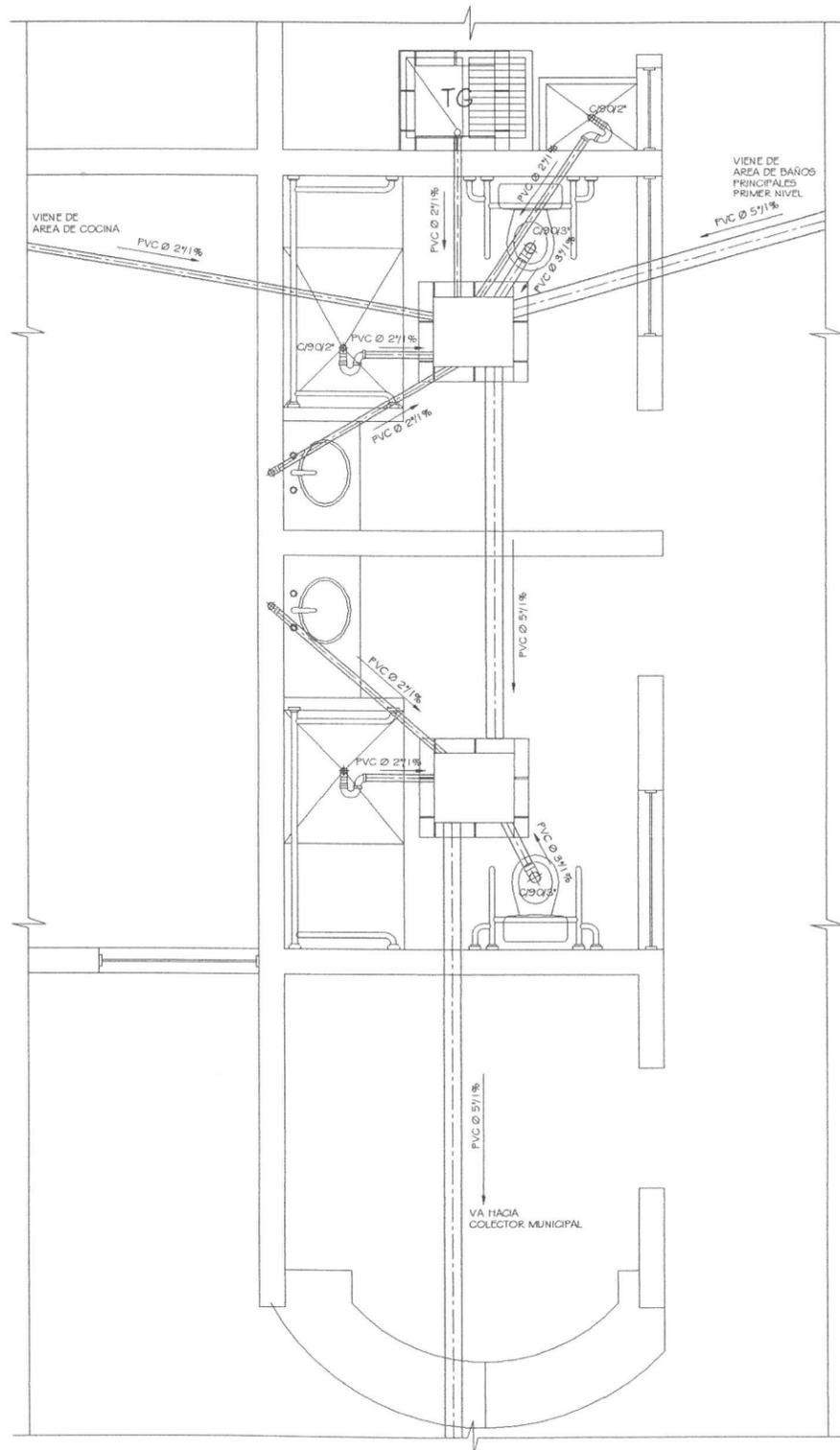
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.		
CONTIENE: PLANTA INSTALACION DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISENO: ABNTR GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ABNTR GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNTR GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
GRUPO: 1	No. PLANO: 06	HOJA:

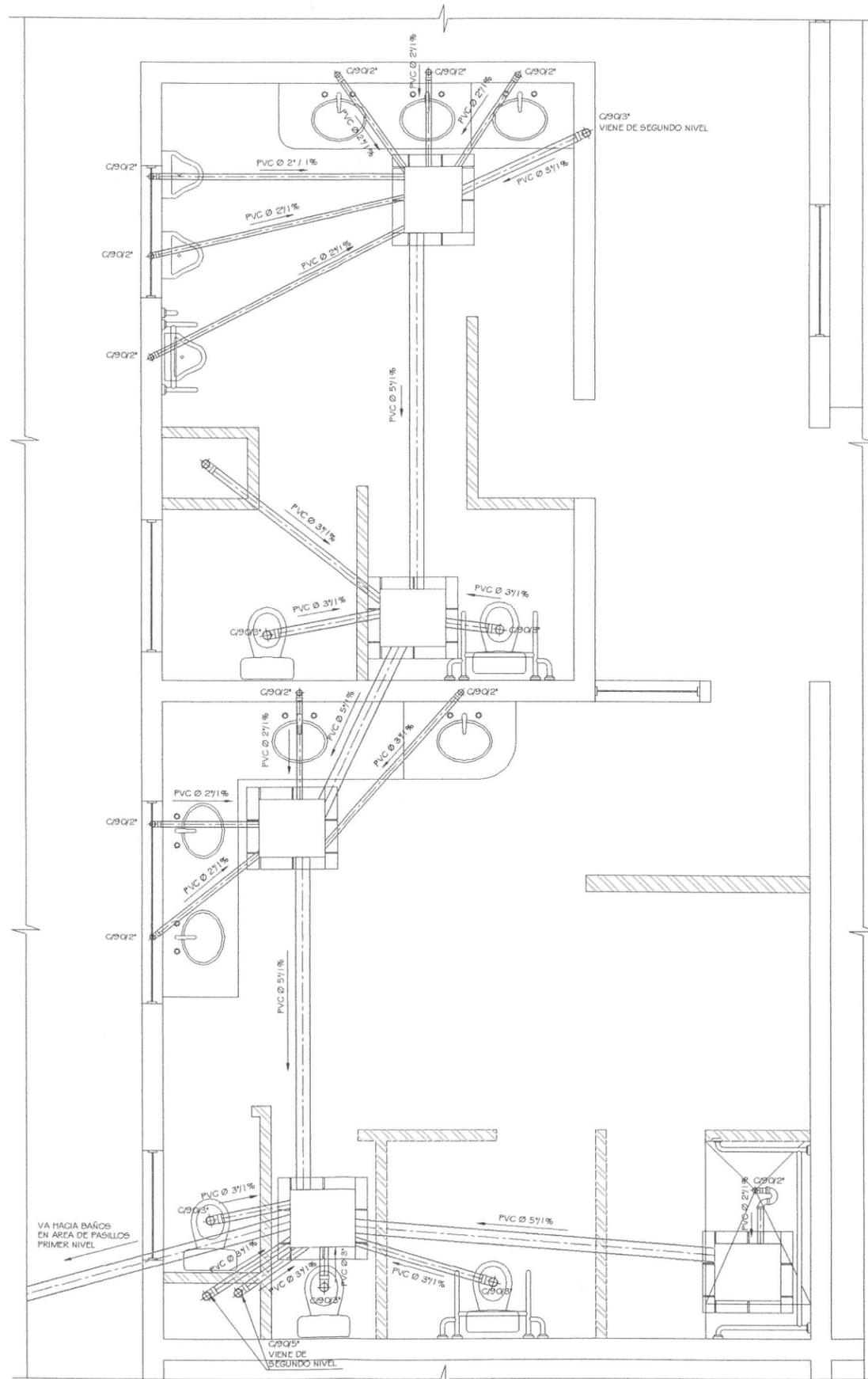


INSTALACION DE DRENAJE  
AREA DE COCINA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:25 1

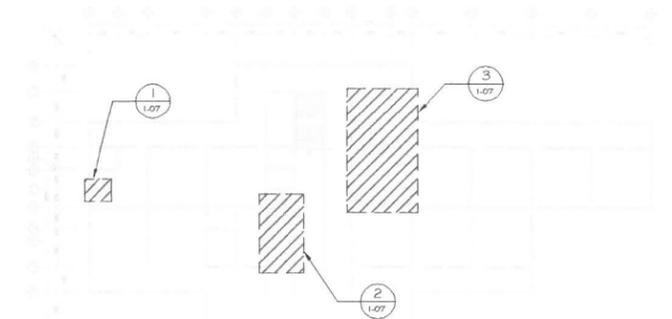


INSTALACION DE DRENAJES  
AREA DE BAÑOS PRINCIPALES PRIMER NIVEL



INSTALACION DE DRENAJES  
AREA DE BAÑOS PRINCIPALES PRIMER NIVEL

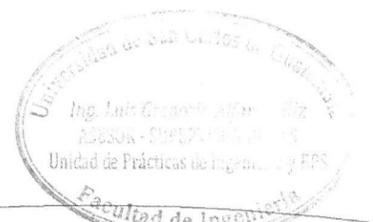
ESCALA 1:25 3



ESQUEMA DE UBICACION  
INSTALACIONES SANITARIAS

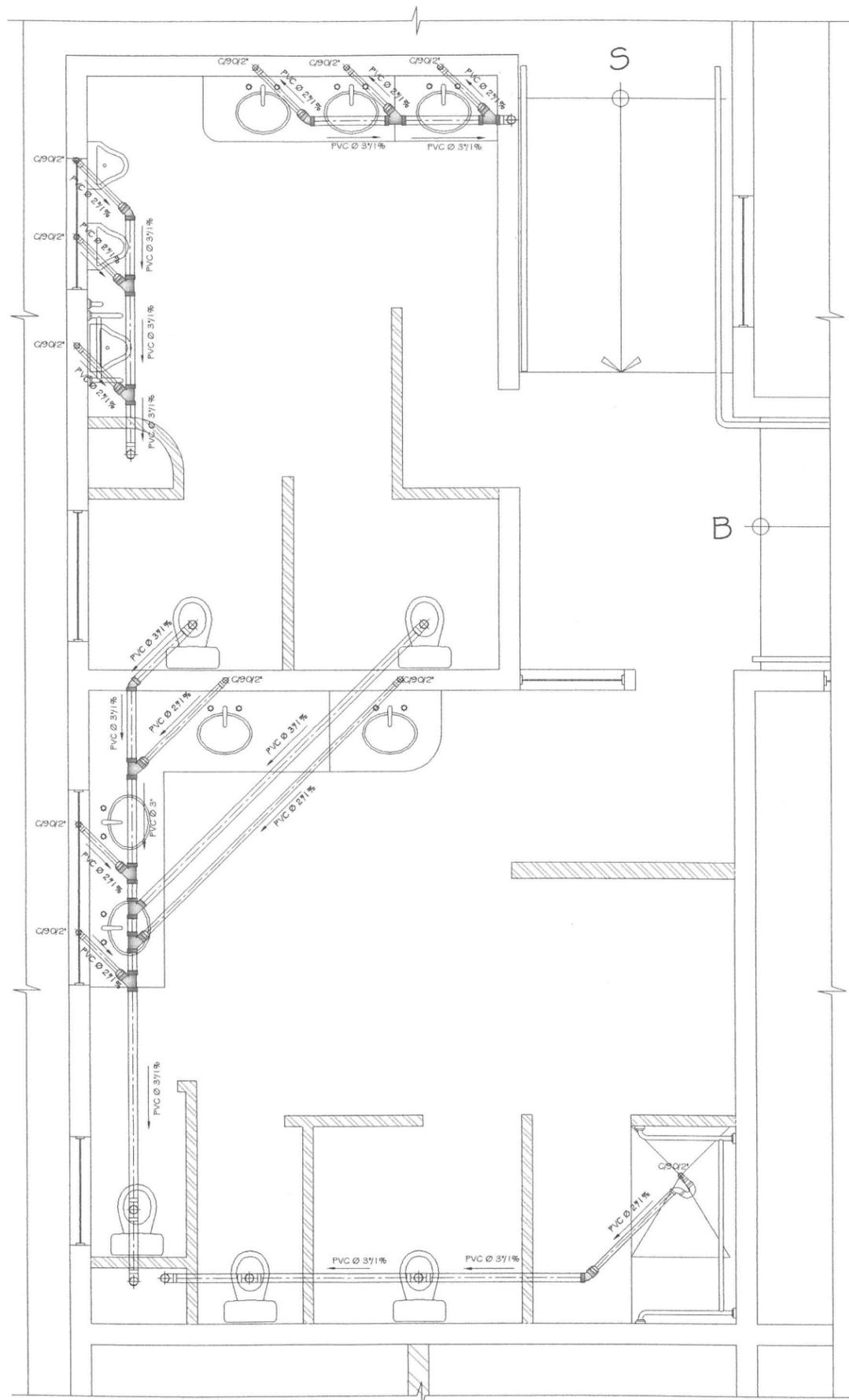
ESCALA 1:50 4

SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	CODO A 90 GRADOS, VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)
	SIFON (DIAMETRO INDICADO)
	CAJA DE UNION
	CAJA TRAMPA DE GRASA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

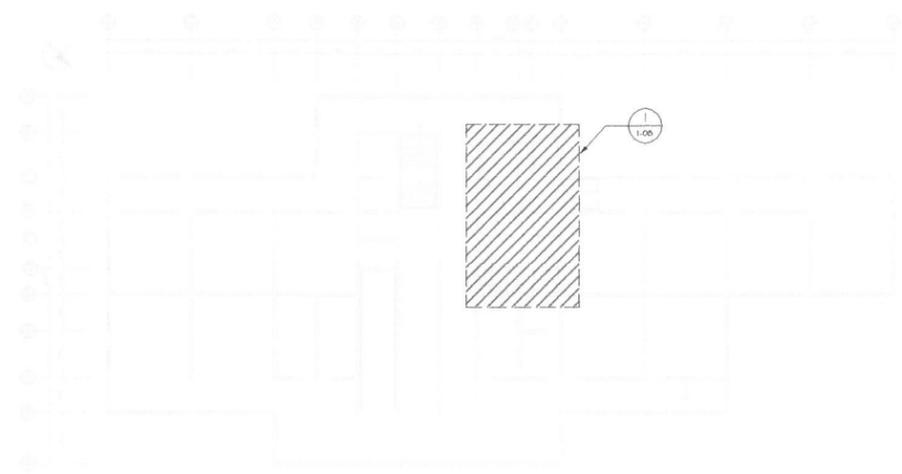
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.		
CONTIENE: PLANTA INSTALACION DE DRENAJE SANITARIO PRIMER NIVEL		
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISENYO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2012	GRUPO No. PLANO 1 07
		HOJA



INSTALACION DE DRENAJES  
AREA DE BAÑOS PRINCIPALES PRIMER NIVEL

ESCALA 1:25 3 1.00

ESQUEMA DE UBICACION  
INSTALACIONES SANITARIAS



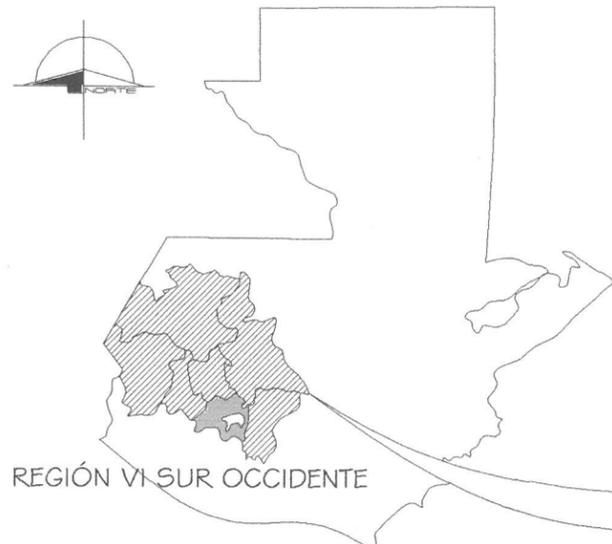
ESCALA 1:250 2 1.00

SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	CODO A 90 GRADOS, VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)
	SIFON (DIAMETRO INDICADO)
	CODO A 45 (DIAMETRO SEGUN TUBERIA)
	REDUCIDOR DE PVC (DIAMETROS SEGUN TUBERIA)
	YEE A 45 (DIAMETRO SEGUN TUBERIA)



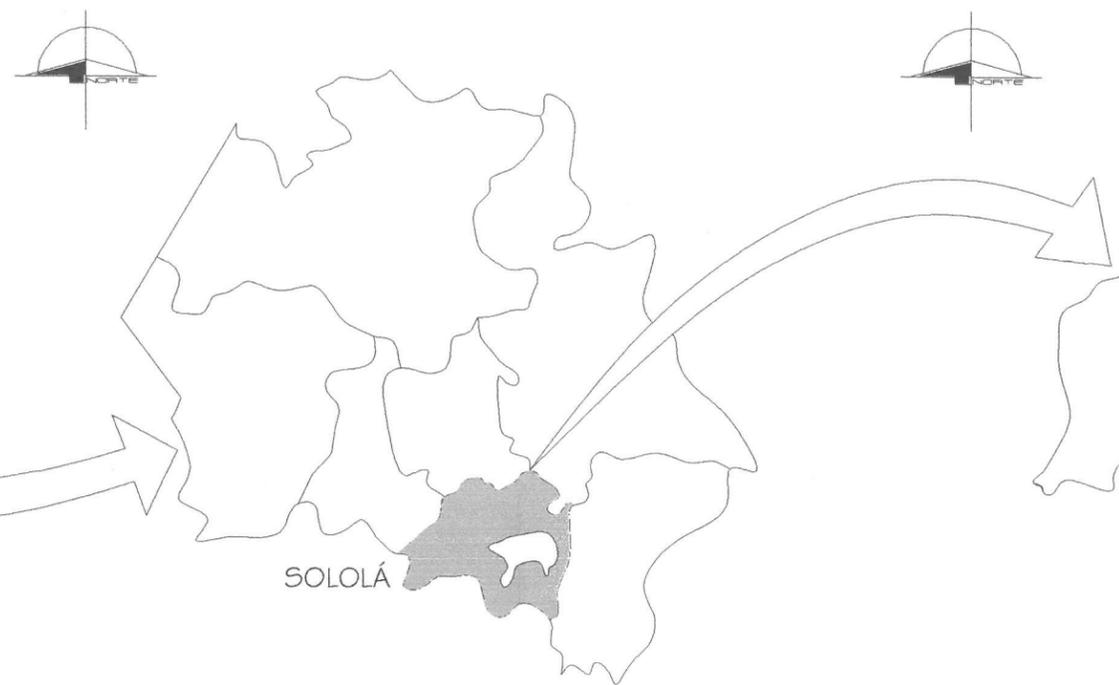
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO PARA ATENCION A PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.			
CONTIENE: PLANTA INSTALACION DE DRENAJE SANITARIO SEGUNDO NIVEL			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ABNTR. GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ABNTR. GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNTR. GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
		GRUPO 1	No. PLANO 08
HOJA			



REGIÓN VI SUR OCCIDENTE

MAPA DE GUATEMALA



SOLOLÁ

MAPA DE REGIÓN VI SUROCCIDENTE

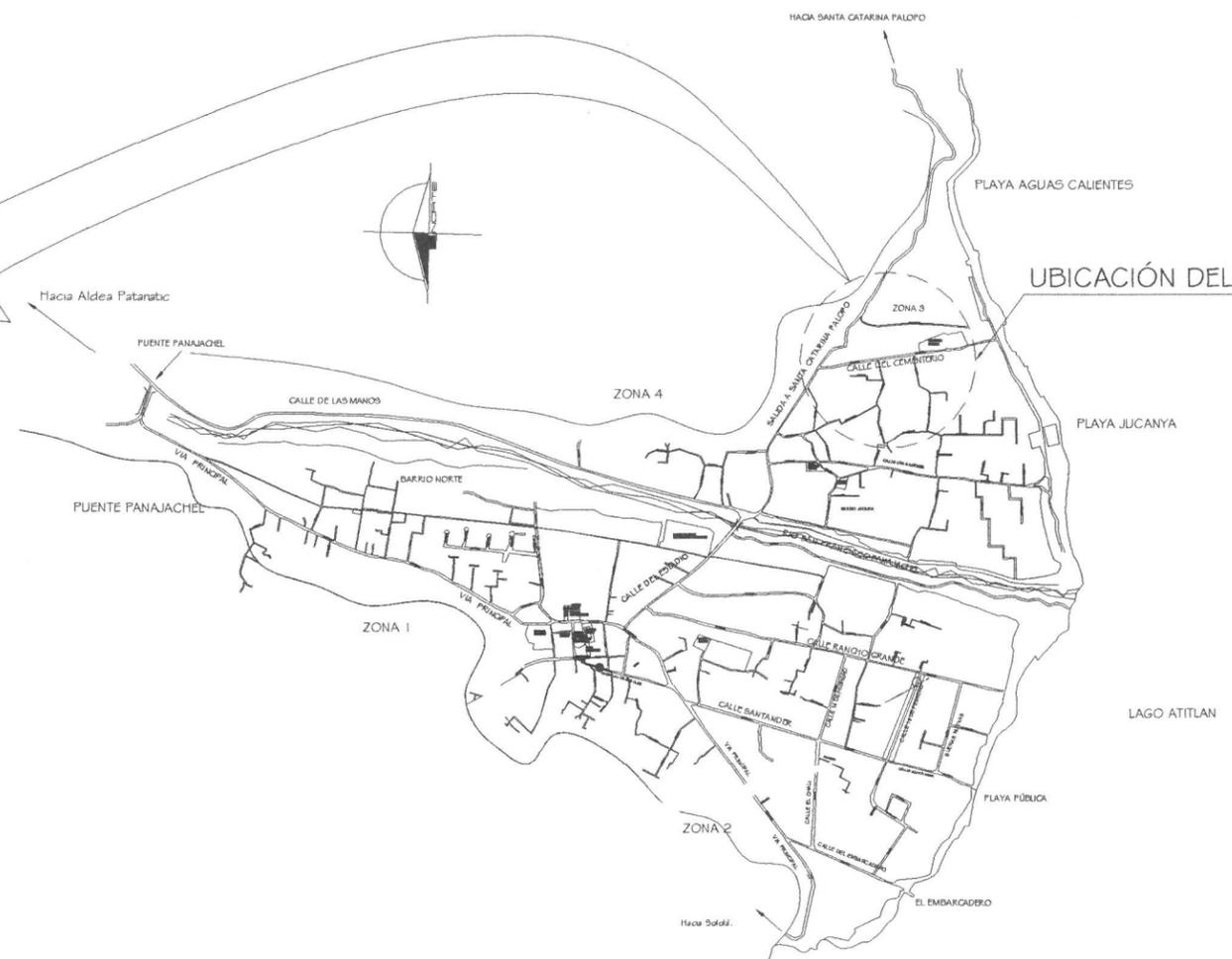


PANAJACHEL

MAPA DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ



MICRO LOCALIZACIÓN CASCO URBANO



MAPA DE PANAJACHEL

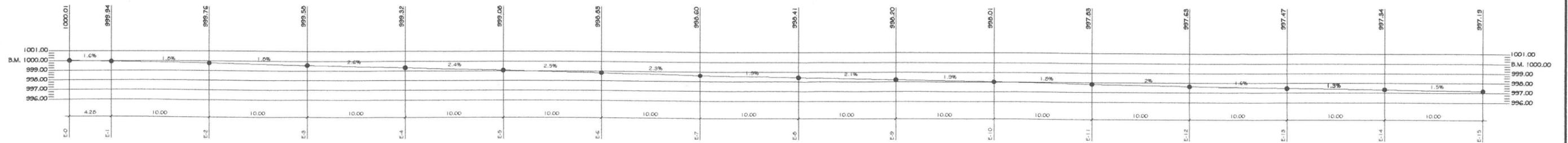
UBICACIÓN DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

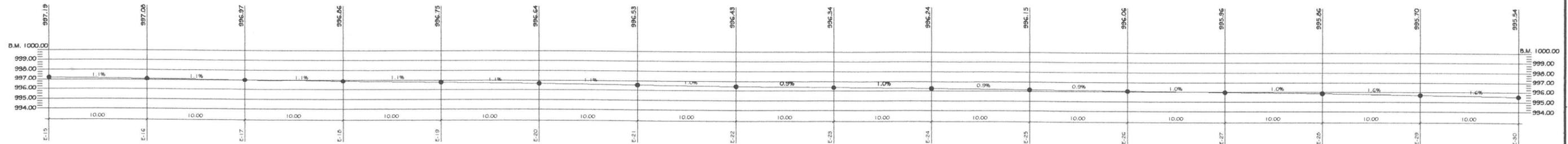
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYA, MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.

CONTIENE: PLANTA DE UBICACION Y LOCALIZACION			
UBICACIÓN: PANAJACHEL, SOLOLÁ	DISEÑO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	GRUPO: A	Nº. PLANO: 01
			HOJA



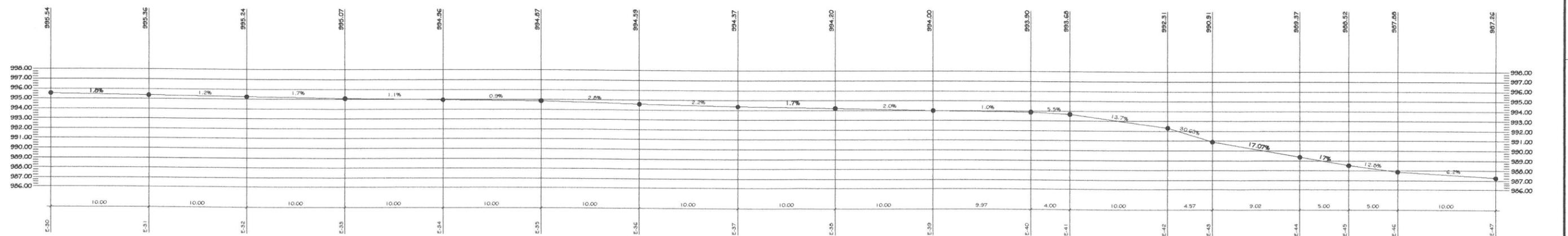
PERFIL DE TOPOGRAFIA EXISTENTE TRAMO E-0 A E-15

ESCALA 1:200 1 A-04



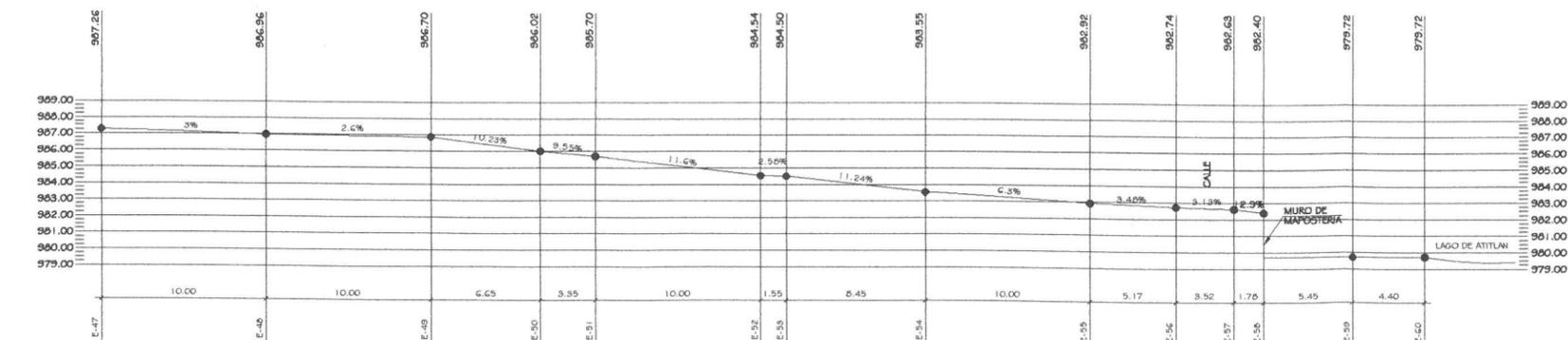
PERFIL DE TOPOGRAFIA EXISTENTE TRAMO E-15 A E-30

ESCALA 1:200 2 A-04



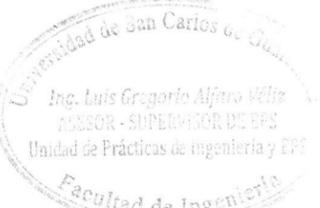
PERFIL DE TOPOGRAFIA EXISTENTE TRAMO E-30 A E-47

ESCALA 1:200 3 A-04



PERFIL DE TOPOGRAFIA EXISTENTE TRAMO E-47 A E-60

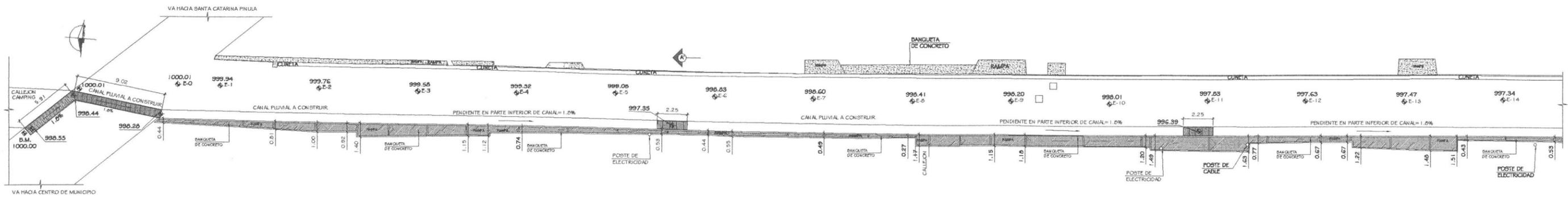
ESCALA 1:200 4 A-04

  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz  
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

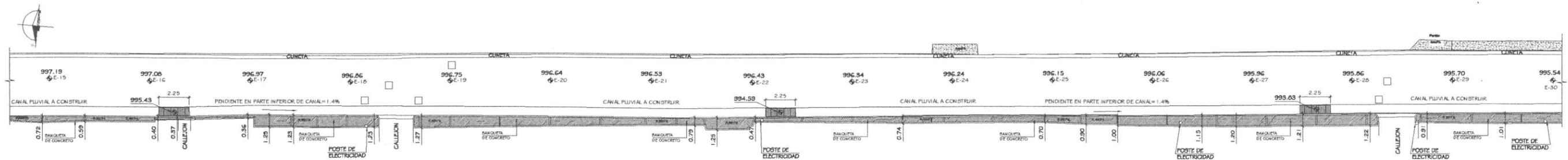
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL, CALLE DEL COMENDANTE, BARRIO JUCANPA, MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE		
PERFILES DE TOPOGRAFIA EXISTENTE		
UBICACION:	DISEÑO:	ESCALA:
PANAJACHEL, SOLOLA	ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	INDICADA
CALCULO:	DIBUJO:	FECHA:
ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	NOVIEMBRE 2016
GRUPO		Nº PLANO
A		04
HOJA		



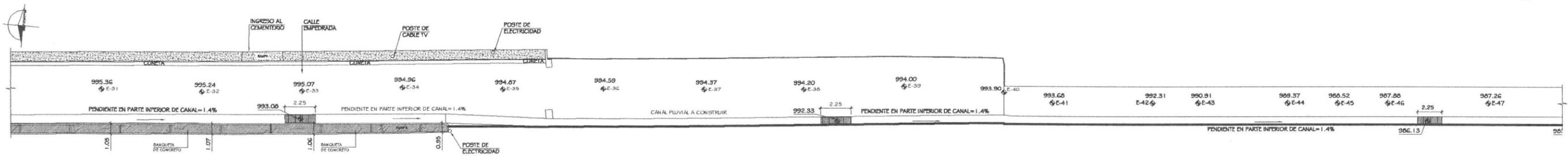
PLANTA TOPOGRAFIA CALLE CEMENTERIO TRAMO 1

ESCALA 1:200 1 A-05



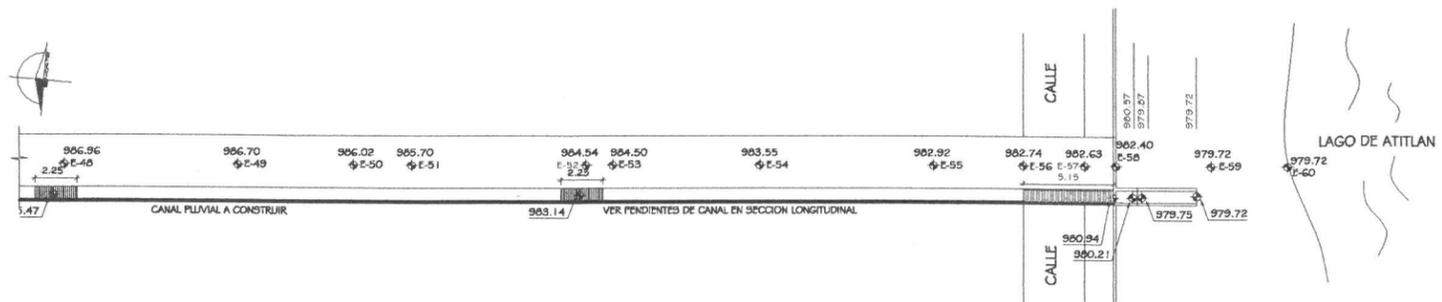
PLANTA TOPOGRAFIA CALLE CEMENTERIO TRAMO 2

ESCALA 1:200 2 A-05



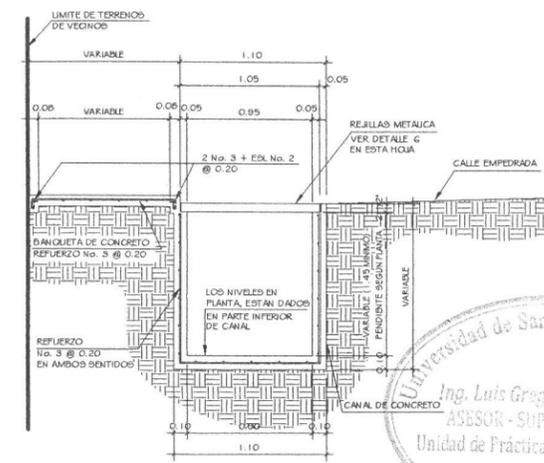
PLANTA TOPOGRAFIA CALLE CEMENTERIO TRAMO 3

ESCALA 1:200 3 A-05



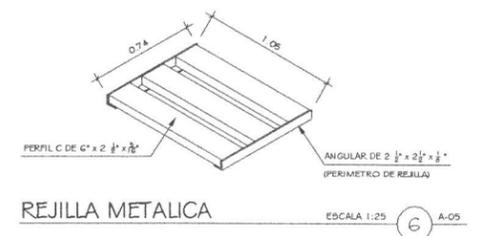
PLANTA TOPOGRAFIA CALLE CEMENTERIO TRAMO 4

ESCALA 1:200 4 A-05



SECCION DE CANAL DE CONCRETO

ESCALA 1:25 5 A-05



REJILLA METALICA

ESCALA 1:25 6 A-05

SIMBOLOGIA

[Symbol]	REJILLA METALICA
----------	------------------

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Ing. Luis Gregorio Alfaro  
ASESOR - SUPERVISOR

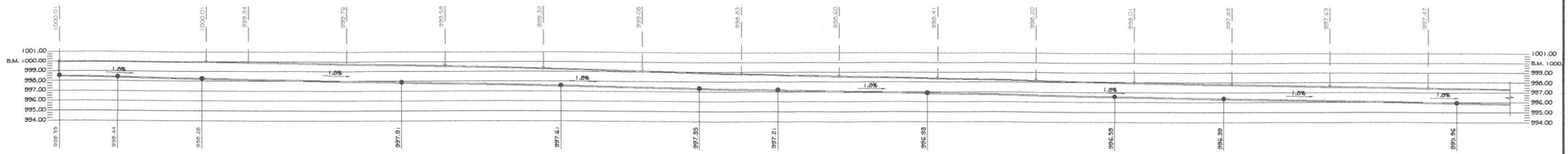
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCANYA, MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLOLA.

CONTIENE: PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL + DETALLE DE CANAL

UBICACION: PANAJACHEL, SOLOLA	DISEÑO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016
GRUPO: A		No. PLANO: 05
HOJA		

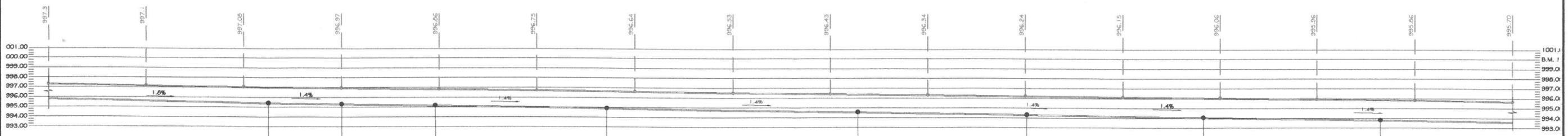






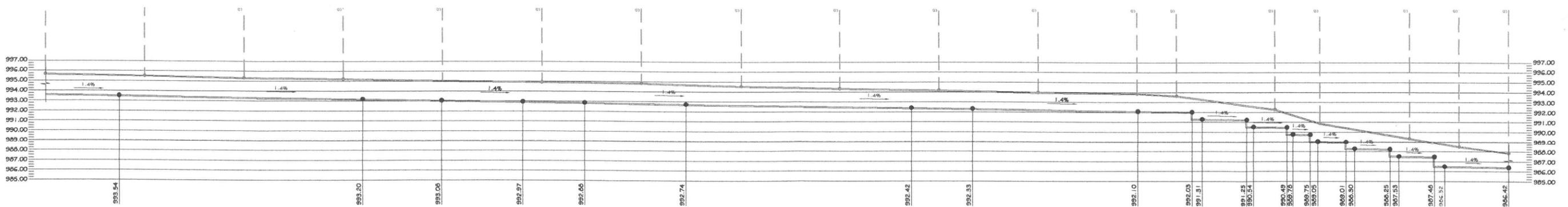
SECCION LONGITUDINAL DE CANAL PLUVIAL TRAMO 1

ESCALA 1:200 1 A-06



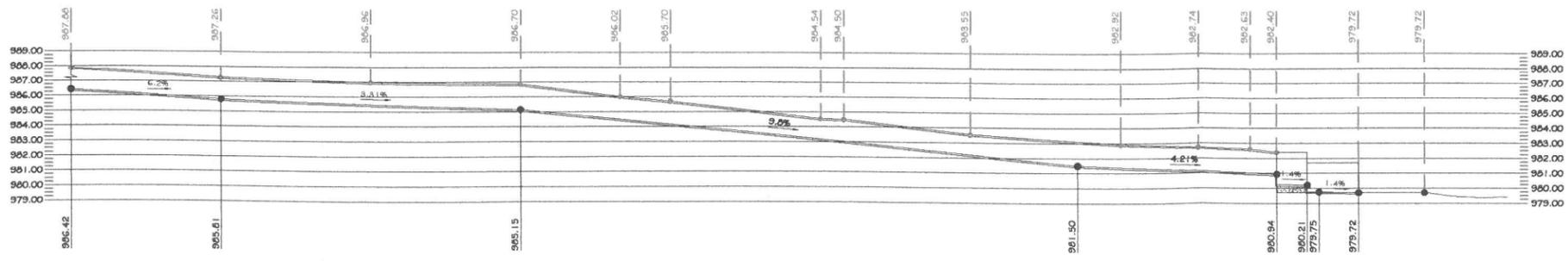
SECCION LONGITUDINAL DE CANAL PLUVIAL TRAMO 2

ESCALA 1:200 2 A-06



SECCION LONGITUDINAL DE CANAL PLUVIAL TRAMO 3

ESCALA 1:200 3 A-06



SECCION LONGITUDINAL DE CANAL PLUVIAL TRAMO 4

ESCALA 1:200 4 A-06



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL, CALLE DEL CEMENTERIO, BARRIO JUCAN'YA, MUNICIPIO DE PANAJACHEL, DEPARTAMENTO DE SOLEDAD.

CONTIENE: SECCION LONGITUDINAL DE CANAL PLUVIAL			
UBICACION: PANAJACHEL, SOLEDAD	DISENYO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	ESCALA: INDICADA	
CALCULO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	DIBUJO: ABNER GAMALIEL ESCOBAR LARA	FECHA: NOVIEMBRE 2016	
		GRUPO: A	No. PLANO: 06
		HOJA	

## ANEXOS

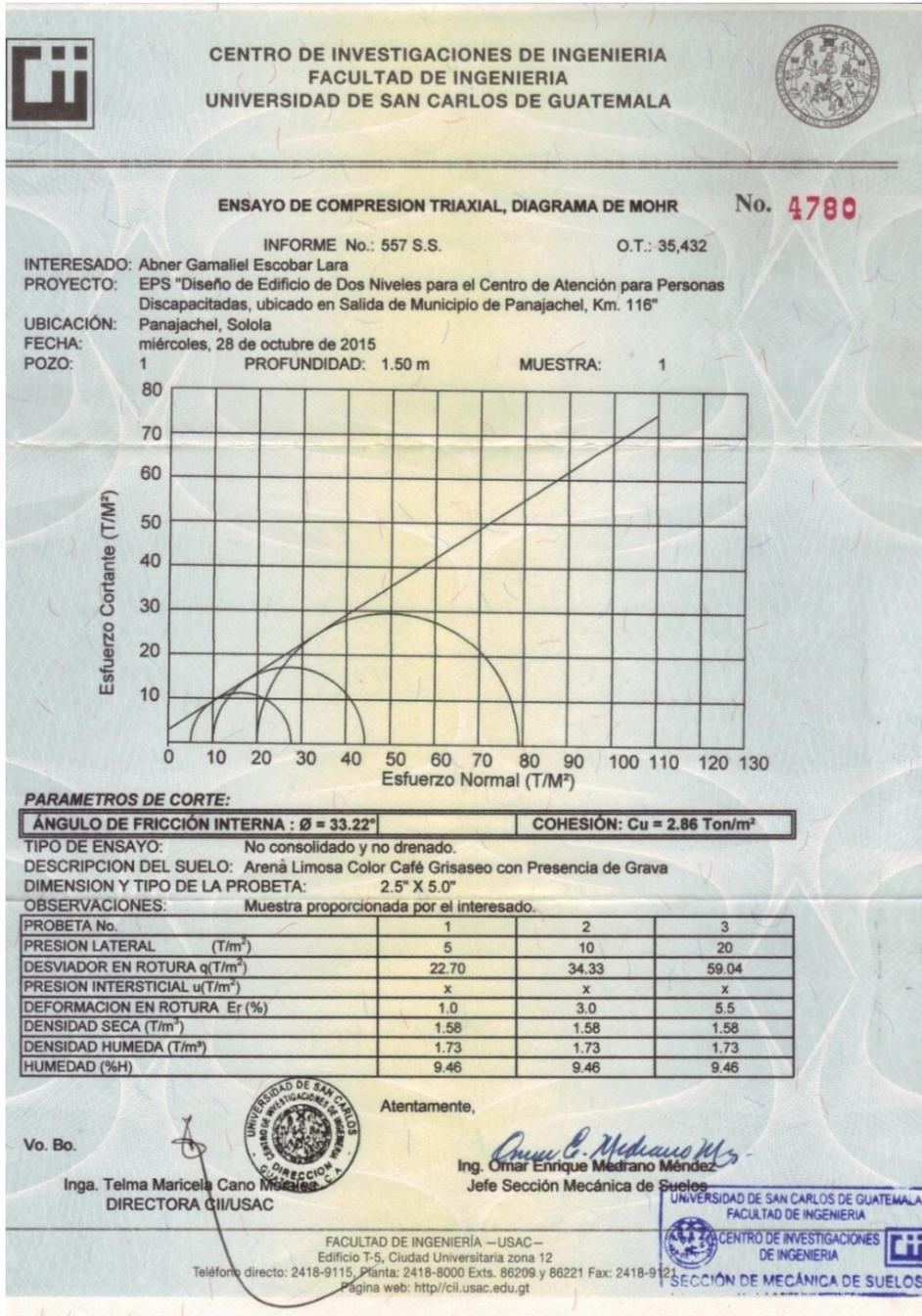
### Anexo 1. Cuadro de parámetros para cálculo de intensidad de lluvia

Cuadro de parámetros A, B y n para el cálculo de la intensidad de lluvia, de distintas estaciones meteorológicas (se utilizó la de la estación ubicada en Santiago Atitlan).

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
<b>RETALULEU</b>								
<b>A</b>	5 843	1 991	1 150	1 321	1 315	1 221	1 215	1 217
<b>B</b>	25	14	11	13	13	12	12	12
<b>n</b>	1,037	0,769	0,616	0,633	0,630	0,613	0,610	0,609
<b>R2</b>	0,998	0,988	0,976	0,975	0,975	0,974	0,974	0,974
<b>LOS ESCLAVOS</b>								
<b>A</b>	6 986	2 855	1 620	1 532	1 355	1 350	1 327	1 311
<b>B</b>	30	20	12	12	11	11	11	11
<b>n</b>	1,168	0,940	0,812	0,786	0,760	0,755	0,747	0,741
<b>R2</b>	0,990	0,993	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
<b>SANTIAGO ATITLÁN</b>								
<b>A</b>	1 280	1 001	1 190	1 160	1 020	1 015	1 010	1 008
<b>B</b>	13	12	5	5	4	4	4	4
<b>n</b>	0,812	0,705	0,720	0,705	0,677	0,674	0,671	0,668
<b>R2</b>	0,993	0,986	0,991	0,988	0,987	0,987	0,986	0,986
<b>LA FRAGUA</b>								
<b>A</b>	2 360	3 980	3 480	844	840	836	831	827
<b>B</b>	19	22	18	7	7	7	7	7
<b>n</b>	0,990	1,025	0,983	0,642	0,639	0,637	0,632	0,628
<b>R2</b>	0,994	0,994	0,994	0,927	0,926	0,925	0,923	0,922
<b>LA UNIÓN</b>								
<b>A</b>	142 510	87 170	5 460	329 840	311 260	309 080	290 140	279 590
<b>B</b>	50	50	20	70	70	70	70	70
<b>n</b>	1,679	1,523	0,986	1,682	1,668	1,666	1,651	1,642
<b>R2</b>	0,995	0,988	0,993	0,993	0,992	0,992	0,992	0,992

Fuente: Estudio de intensidades de precipitación en Guatemala. INSIVUMEH.

## Anexo 2. Ensayo de Compresión Triaxial



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Centro de Investigaciones.