



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

**DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA  
MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ**

**Lilian Irene Yoc Aguilar**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria

Guatemala, febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA  
MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LILIAN IRENE YOC AGUILAR**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de septiembre de 2014.

**Lilian Irene Yoc Aguilar**



Guatemala, 09 de julio de 2019  
REF.EPS.DOC.485.07.2019

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Lilian Irene Yoc Aguilar, Registro Académico 0 y CUI 1669 58395 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, 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"

Inga. Mayra Relyca García Soría de Sierra  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
RBGSdS/ra



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

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
08 de noviembre de 2019

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

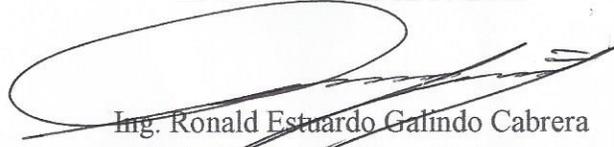
Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Lilian Irene Yoc Aguilar, con Registro Estudiantil No. 200915539, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

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.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



Guatemala, 13 de noviembre de 2019  
REF.EPS.D.413.11.2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Lilian Irene Yoc Aguilar, CUI 1669 58395 0101 y Registro Académico 200915539**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra





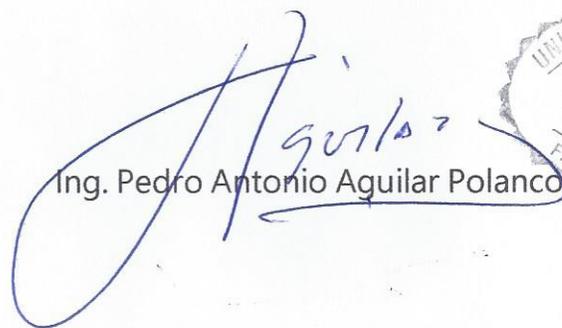
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación de la estudiante Lilian Irene Yoc Aguilar titulado **DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, febrero 2020

/mrrm.

*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Decanato**  
**Facultad de Ingeniería**  
**24189102 - 24189103**

DTG. 085.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOLOLÁ**, presentado por la estudiante universitaria: **Lilian Irene Yoc Aguilar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, febrero de 2020

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Al Dios de Israel, a Él sea toda la honra y la gloria. Por ser mi guía, brindarme sabiduría e inteligencia, por permitirme alcanzar este triunfo.

### **Mis padres**

Por su amor, comprensión, por brindarme la oportunidad de tener educación, por ser parte importante en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por darme la oportunidad de vivir y disfrutar de esta etapa en mi vida, Él es quien me da la sabiduría y me ha mostrado el mejor camino en todo momento.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser mi casa de estudios, lugar que me formó como profesional. Especialmente a la Facultad de Ingeniería.
- Mis padres** Nicolás Yoc Morales y Marta Julia Aguilar Shol de Yoc, por su amor y para recompensarles en felicidad el apoyo que me han dado durante todos estos años. Por su esfuerzo y ayuda económica.
- Mis tíos** Jorge Yoc (q.e.p.d), Julio, Eladio, Juan, Raúl y Ana Francisca Yoc, por ser una importante influencia en mi carrera y ejemplo de perseverancia.
- Abner Gamaliel Escobar Lara** Por su amor, su gran apoyo incondicional, su paciencia y ser parte muy especial de este logro.

**Mis hermanas**

Isabel, Mirian, Wendy y Esmeralda Yoc Aguilar, por su cariño.

**Mis amigos y amigas**

Por compartir las metas, estudios, y amistad durante estos años. En especial a Lourdes Saraí Orozco González y a Astrid Sofía Turcios Moran.

**Municipalidad de Santa María Visitación**

A los compañeros de la DMP y demás personal que forman parte de la corporación, por el apoyo y amistad brindada durante mi EPS.

**Inga. Mayra Rebeca García Soria De Sierra**

Por su asesoría y apoyo constante durante la carrera y el presente trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XVII
GLOSARIO .....	XXI
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de Santa María Visitación.....	1
1.1.1. Aspectos generales .....	1
1.1.2. Ubicación del proyecto .....	2
1.1.3. Localización geográfica .....	3
1.1.4. Aspectos topográficos .....	3
1.1.5. Vías de acceso .....	3
1.1.6. Clima y temperatura .....	4
1.1.7. Colindancias .....	4
1.1.8. Demografía.....	5
1.1.8.1. Población.....	5
1.1.8.2. Distribución de viviendas .....	6
1.1.8.3. Tipología de viviendas .....	7
1.1.9. Idioma.....	7
1.1.10. Aspectos económicos.....	8
1.1.11. Servicios existentes .....	9
1.1.11.1. Agua .....	9

1.1.11.2.	Drenajes .....	10
1.1.11.3.	Energía eléctrica .....	11
1.1.11.4.	Servicio de extracción de basura .....	11
1.1.11.5.	Salud .....	12
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	13
2.1.	Diseño de edificio de dos niveles para hospital de Santa María Visitación, Sololá.....	13
2.1.1.	Investigación preliminar.....	13
2.1.1.1.	Antecedentes .....	13
2.1.1.2.	Infraestructura para el hospital .....	14
2.1.1.3.	Terreno disponible.....	14
2.1.1.4.	Topografía del terreno .....	14
2.1.1.5.	Análisis de suelos.....	17
2.1.1.5.1.	Ensayo de compresión triaxial .....	18
2.1.2.	Criterio para el diseño de hospitales .....	22
2.1.2.1.	Selección del terreno.....	22
2.1.2.2.	Condiciones físicas del terreno .....	24
2.1.2.2.1.	Disponibilidad del área del terreno .....	25
2.1.2.3.	Unidades de atención.....	26
2.1.2.4.	Flujos de circulación .....	26
2.1.2.4.1.	Flujos de circulación externa .....	27
2.1.2.4.2.	Flujos de circulación interna .....	28
2.1.2.4.3.	Flujos de circulación horizontal.....	28

	2.1.2.4.4.	Flujos de circulación vertical .....	28
2.1.2.5.		Configuración arquitectónica .....	30
	2.1.2.5.1.	Coordinación de medidas .....	33
	2.1.2.5.2.	Retícula estructural.....	33
	2.1.2.5.3.	Programa de necesidades .....	34
2.1.2.6.		Relaciones funcionales .....	35
2.1.2.7.		Vulnerabilidad .....	37
	2.1.2.7.1.	Vulnerabilidad estructural.....	38
	2.1.2.7.2.	Vulnerabilidad no estructural.....	39
2.1.3.		Diseño arquitectónico .....	40
	2.1.3.1.	Forma del edificio en planta.....	40
	2.1.3.2.	Forma del edificio en elevación .....	41
2.1.4.		Altura de la edificación.....	42
2.1.5.		Selección del sistema estructural .....	42
2.1.6.		Análisis estructural.....	43
2.1.7.		Predimensionamiento de miembros estructurales ..	44
	2.1.7.1.	Vigas.....	45
	2.1.7.2.	Columnas.....	47
	2.1.7.3.	Losas .....	50
2.1.8.		Determinación de cargas aplicadas a marcos dúctiles .....	52
	2.1.8.1.	Carga viva.....	52
	2.1.8.2.	Carga muerta.....	53
	2.1.8.3.	Análisis de cargas.....	54

2.1.8.4.	Integración de cargas gravitacionales .....	57
2.1.8.4.1.	Método del área tributaria .....	58
2.1.8.5.	Integración de carga horizontal .....	70
2.1.8.5.1.	Masa (peso) sísmico Ws.....	70
2.1.8.5.2.	Carga muerta sísmica ...	71
2.1.8.5.3.	Carga viva sísmica.....	72
2.1.8.5.4.	Cortante basal al límite de cedencia .....	74
2.1.8.5.5.	Distribución de la fuerza sísmica por nivel.....	82
2.1.9.	Determinación del centro de rigidez .....	85
2.1.9.1.	Rigidez de columnas .....	86
2.1.10.	Determinación del centro de masa.....	90
2.1.11.	Torsión .....	98
2.1.11.1.	Excentricidad.....	99
2.1.11.2.	Cálculo de torsión.....	101
2.1.12.	Distribución de corte traslacional y sismo.....	103
2.1.12.1.	Cálculo de la inercia rotacional.....	103
2.1.12.2.	Cálculo del incremento de torsión en cada eje.....	105
2.1.13.	Desarrollo de análisis estructural con método numérico.....	110
2.1.13.1.	Análisis de carga viva.....	111
2.1.13.2.	Análisis de carga muerta .....	118
2.1.13.3.	Análisis con carga de sismo.....	119

2.1.14.	Desarrollo de análisis estructural utilizando software .....	123
2.1.14.1.	Datos de entrada .....	124
2.1.14.1.1.	Especificaciones generales.....	124
2.1.14.1.2.	Geometría estructural.	124
2.1.14.1.3.	Cargas .....	126
2.1.14.1.4.	Combinaciones de mayoración.....	127
2.1.14.2.	Resultados del análisis estructural ....	134
2.1.14.2.1.	Comparación de resultados.....	136
2.1.14.3.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	137
2.1.14.4.	Diagramas finales de momentos .....	140
2.1.15.	Diseño de miembros estructurales y sus detalles.	142
2.1.15.1.	Diseño de losa .....	142
2.1.15.1.1.	Diseño estructural de losas.....	142
2.1.15.1.2.	Cálculo de momentos actuantes.....	148
2.1.15.1.3.	Balanceo de momentos.....	154
2.1.15.1.4.	Armado de losa .....	160
2.1.15.2.	Diseño de vigas .....	167
2.1.15.2.1.	Diseño de viga crítica .	167
2.1.15.2.2.	Diseño por flexión.....	168
2.1.15.2.3.	Diseño por corte .....	175
2.1.15.3.	Diseño de columnas .....	180

2.1.15.3.1.	Clasificación por su esbeltez.....	181
2.1.15.3.2.	Cálculo de carga axial.	185
2.1.15.3.3.	Momentos amplificados de diseño .....	188
2.1.15.3.4.	Refuerzo longitudinal de columna crítica .....	190
2.1.15.3.5.	Refuerzo transversal de columna crítica .....	193
2.1.15.4.	Diseño de nudos .....	198
2.1.15.5.	Diseño de cimientos .....	201
2.1.15.5.1.	Diseño de losa de cimentación .....	202
2.1.15.6.	Diseño de gradas .....	216
2.1.15.7.	Diseño de rampa .....	221
2.1.16.	Diseño de Instalaciones .....	229
2.1.16.1.	Diseño de instalación hidráulica .....	229
2.1.16.2.	Diseño de instalación de drenajes.....	234
2.1.16.3.	Diseño de instalación eléctrica .....	240
2.1.16.3.1.	Iluminación .....	240
2.1.16.3.2.	Fuerza .....	246
2.1.16.4.	Diseño de instalaciones especiales....	248
2.1.17.	Planos constructivos .....	250
2.1.18.	Elaboración de presupuesto.....	251
2.1.19.	Estudio de impacto ambiental inicial .....	254
2.1.19.1.	Definición.....	254
2.1.19.2.	Fines y aspectos cubiertos por estudio de impacto ambiental.....	254

2.1.19.3.	Consideraciones técnicas.....	255
2.1.19.4.	Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto...	255
CONCLUSIONES .....		257
RECOMENDACIONES.....		259
BIBLIOGRAFÍA.....		261
APÉNDICES .....		263
ANEXOS .....		271



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del proyecto.....	2
2.	Población por género y edad .....	6
3.	Mapa de localización del terreno para hospital .....	15
4.	Fotografía aérea del terreno para el hospital .....	15
5.	Polígono del área disponible del terreno para hospital.....	16
6.	Formas en planta y elevación .....	32
7.	Relaciones entre las unidades funcionales de un hospital .....	35
8.	Planta típica de hospital primer nivel.....	45
9.	Área tributaria para la columna crítica.....	48
10.	Nomenclatura de vigas nivel 1 módulo A .....	59
11.	Nomenclatura de vigas nivel 2 módulo A .....	60
12.	Nomenclatura de vigas nivel 1 módulo B .....	61
13.	Nomenclatura de vigas nivel 2 módulo B .....	62
14.	Áreas tributarias para marco 4 .....	63
15.	Consideración de la masa sísmica por nivel .....	70
16.	Distribución vertical del cortante basal módulo A .....	84
17.	Distribución vertical del cortante basal módulo B .....	85
18.	Combinación del efecto sísmico en dos direcciones .....	99
19.	Centro de masa y centro de rigidez, nivel 1 de módulo A .....	101
20.	Esquema de iteración de kani con carga viva en el eje 4 de módulo B .....	116
21.	Diagrama de cargas de sismo.....	120

22.	Esquema de iteración de kani con ladeo, carga de sismo en el eje 4 de módulo B.....	122
23.	Modelación de módulo B en ETABS – planta .....	125
24.	Modelación de módulo B en ETABS – 3D .....	126
25.	Ejemplo ingreso de cargas en ETABS.....	127
26.	Diagrama de momentos combinación 1 de eje 4, módulo B.....	128
27.	Diagrama de momentos combinación 2 de eje 4, módulo B.....	129
28.	Diagrama de momentos combinación 3 de eje 4, módulo B.....	130
29.	Diagrama de momentos combinación 4 de eje 4, módulo B.....	131
30.	Diagrama de momentos combinación 5 de eje 4, módulo B.....	132
31.	Diagrama de momentos combinación 6 de eje 4, módulo B.....	133
32.	Diagrama de momento carga muerta módulo B .....	134
33.	Diagrama de momentos carga viva, módulo B .....	135
34.	Diagrama de momentos carga sismo, módulo B .....	135
35.	Diagrama final de momento, carga viva.....	140
36.	Diagrama final de momentos, carga muerta .....	141
37.	Diagrama final de momentos, carga de sismo.....	141
38.	Tipos de losas.....	143
39.	Numeración de losas de entrepiso, módulo B .....	144
40.	Numeración de losas de techo, módulo B .....	146
41.	Coeficientes de momento en losas de una dirección.....	151
42.	Balanceo de momentos por rigidez.....	154
43.	Momentos balanceados en losa de entrepiso, módulo B.....	159
44.	Momentos balanceados en losa de techo, módulo B.....	159
45.	Esquema de sección de losa de entrepiso .....	167
46.	Sección de viga crítica .....	179
47.	Refuerzo longitudinal y transversal en viga crítica .....	179
48.	Detalle de columna .....	197
49.	Detalle de armado de nudo.....	201

50.	Cargas en columnas de módulo B .....	203
51.	Diagrama de corte y momento eje G losa de cimentación .....	212
52.	Detalle de losa de cimentación .....	215
53.	Planta y sección del módulo de gradas.....	217
54.	Planta y sección de rampa .....	222
55.	Armado de losa de rampa en un sentido.....	229

## TABLAS

I.	Libreta del polígono del terreno para hospital .....	17
II.	Tabulación de datos obtenidos en prueba de laboratorio.....	18
III.	Valores directrices de la superficie necesaria en un hospital .....	34
IV.	Espesor mínimo de vigas o losas en un sentido .....	46
V.	Carga axial sobre columna F4, segundo nivel .....	49
VI.	Carga axial sobre columna F4, primer nivel .....	49
VII.	Carga viva, diseño de hospital para Santa María Visitación .....	52
VIII.	Carga muerta, diseño de hospital para Santa María Visitación.....	53
IX.	Peso unitario de columnas .....	54
X.	Peso unitario de vigas principales.....	55
XI.	Peso unitario de losas .....	55
XII.	Peso unitario de muros .....	57
XIII.	Integración de cargas para vigas nivel 1 módulo A.....	64
XIV.	Integración de cargas para vigas nivel 2 módulo A.....	65
XV.	Integración de cargas para vigas nivel 1 módulo B.....	67
XVI.	Integración de cargas para vigas nivel 2 módulo B.....	68
XVII.	Peso sísmico muerto total de nivel 2 y 1 módulo A.....	71
XVIII.	Peso sísmico muerto total de nivel 2 y 1 módulo B.....	72
XIX.	Peso sísmico por carga viva en nivel 2 y 1 módulo A .....	73
XX.	Peso sísmico por carga viva en nivel 2 y 1 módulo B .....	73

XXI.	Peso sísmico total por nivel módulo A .....	74
XXII.	Peso sísmico total por nivel módulo B .....	74
XXIII.	Coeficiente de sitio Fa .....	76
XXIV.	Coeficiente de sitio Fv.....	77
XXV.	Factor Na para periodos cortos de vibración .....	78
XXVI.	Factor Nv para periodos largos de vibración .....	78
XXVII.	Factor de determinación del nivel de diseño.....	79
XXVIII.	Distribución vertical del corte basal módulo A .....	83
XXIX.	Distribución vertical del corte basal módulo B .....	84
XXX.	Rigideces de columnas módulo A y B.....	86
XXXI.	Cálculo de centro de rigidez en sentido X, nivel 2, módulo A .....	87
XXXII.	Cálculo de centro de rigidez en sentido Y, nivel 2, módulo A .....	87
XXXIII.	Coordenadas del centro de rigidez, módulo A .....	88
XXXIV.	Cálculo de centro de rigidez en sentido x, nivel 2, módulo B.....	88
XXXV.	Cálculo de centro de rigidez en sentido Y, nivel 2, módulo B .....	89
XXXVI.	Coordenadas del centro de rigidez, módulo B .....	89
XXXVII.	Peso de ejes en sentido X, nivel 2, módulo A.....	90
XXXVIII.	Peso de ejes en sentido Y, nivel 2, módulo A.....	91
XXXIX.	Peso de ejes en sentido X, nivel 1, módulo A.....	91
XL.	Peso de ejes en sentido Y, nivel 1, módulo A.....	92
XLI.	Cálculo de centroide en sentido X, nivel 2, módulo A.....	92
XLII.	Cálculo de centroide en sentido Y, nivel 2, módulo A.....	93
XLIII.	Coordenadas del centro de masa, módulo A.....	94
XLIV.	Peso de ejes en sentido X, nivel 2, módulo B.....	94
XLV.	Peso de ejes en sentido Y, nivel 2, módulo B.....	95
XLVI.	Peso de ejes en sentido X, nivel 1, módulo B.....	95
XLVII.	Peso de ejes en sentido Y, nivel 1, módulo B.....	96
XLVIII.	Cálculo de centroide en sentido X, nivel 2, módulo B.....	96
XLIX.	Cálculo de centroíde en sentido Y, nivel 2, módulo B.....	97

L.	Coordenadas del centro de masa módulo B .....	98
LI.	Excentricidades en dirección X y Y, módulo A .....	100
LII.	Excentricidades en dirección X y Y, módulo B .....	100
LIII.	Momento de torsión en módulo A .....	102
LIV.	Momento de torsión en módulo B .....	103
LV.	Momento polar de inercia módulo A.....	104
LVI.	Momento polar de inercia módulo B.....	104
LVII.	Incremento de torsión nivel 2 módulo A .....	105
LVIII.	Incremento de torsión nivel 1 módulo A .....	106
LIX.	Incremento de torsión nivel 2, módulo B .....	106
LX.	Incremento de torsión nivel 1, módulo B .....	107
LXI.	Cortante y fuerza de piso nivel 2, módulo A.....	108
LXII.	Corte y fuerza de piso nivel 1, módulo A.....	109
LXIII.	Corte y fuerza de piso nivel 2, módulo B.....	109
LXIV.	Corte y fuerza de sismo nivel 1, módulo B .....	110
LXV.	Rigidez relativa de los elementos.....	112
LXVI.	Factores de giro .....	113
LXVII.	Momentos finales marco eje 4, módulo B .....	117
LXVIII.	Resultados de momentos fijos, momentos finales y momentos positivos de marco 4, módulo B, análisis con carga muerta.....	119
LXIX.	Momentos finales de análisis con carga de sismo en el eje 4, módulo B .....	123
LXX.	Comparación de momentos en vigas de eje 4, módulo B obtenidos por ETABS y análisis por método Kani .....	136
LXXI.	Comparación de momentos en columnas de eje 4 módulo B obtenidos por ETABS y análisis por método Kani.....	137
LXXII.	Combinaciones de momentos en vigas de eje 4, módulo B.....	138
LXXIII.	Combinaciones de momentos en columnas de eje 4, módulo B.....	139
LXXIV.	Dimensión y clasificación de losas de entrepiso .....	145

LXXV.	Dimensión y clasificación de losas de techo.....	147
LXXVI.	Integración de carga muerta para cálculo de losas.....	148
LXXVII.	Cálculo de momentos de losa de entrepiso, módulo B.....	152
LXXVIII.	Cálculo de momentos de losa de techo, módulo B.....	153
LXXIX.	Cálculo de balance de momentos en losas de entrepiso, módulo B...	157
LXXX.	Cálculo de balance de momentos en losas de techo, módulo B.....	158
LXXXI.	Cuantías mínimas de refuerzo para temperatura en losas .....	164
LXXXII.	Cargas de las columnas .....	204
LXXXIII.	Presión en suelo en columnas.....	207
LXXXIV.	Carga para las franjas tributarias de módulo B.....	210
LXXXV.	Carga última para rampa .....	224
LXXXVI.	Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución .....	230
LXXXVII.	Gastos probables para la aplicación del método Hunter (lt/seg).....	231
LXXXVIII.	Unidades Hunter primer nivel .....	231
LXXXIX.	Unidades Hunter segundo nivel.....	232
XC.	Diámetro de los subramales .....	234
XCI.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples... 235	
XCII.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje .....	236
XCIII.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples.....	236
XCIV.	Sumatoria de unidades mueble de primer nivel.....	237
XCV.	Sumatoria de unidades mueble de segundo nivel .....	237
XCVI.	Nivel lumínico de ambientes .....	240
XCVII.	Determinación de luminarias por ambiente primer nivel .....	242
XCVIII.	Determinación de luminarias por ambiente segundo nivel.....	243
XCIX.	Determinación del amperaje requerido primer nivel.....	244
C.	Determinación de amperaje requerido segundo nivel.....	245
CI.	Cantidad de tomacorrientes por ambiente primer nivel.....	246
CII.	Cantidad de tomacorrientes por ambiente segundo nivel .....	247
CIII.	Ejemplo de renglón unitario .....	252

CIV. Resumen cantidades de trabajo..... 253



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>hi</b>	Altura de cada nivel.
<b>hx</b>	Altura del nivel x a la base.
<b><math>\phi</math></b>	Ángulo de fricción interna del suelo.
<b>A</b>	Área de sección.
<b>Ag</b>	Área gruesa del elemento.
<b>As</b>	Área de acero de elementos.
<b>Asmax</b>	Área de acero máxima en elementos.
<b>Asmin</b>	Área de acero mínima en elementos.
<b>Asreq</b>	Área de acero requerido.
<b>Av</b>	Área de acero de la varilla de acero.
<b>B</b>	Base de edificio.
<b>b</b>	Base de la sección transversal de un elemento.
<b>qadm</b>	Capacidad de carga admisible.
<b>qu</b>	Capacidad de carga última.
<b>P</b>	Carga asumida para cálculo de rigidez.
<b>CM</b>	Carga muerta.
<b>CU</b>	Carga última.
<b>CV</b>	Carga viva.
<b>Xcm</b>	Centro de masa eje x.
<b>Ycm</b>	Centro de masa eje y.
<b>Xcr</b>	Centro de rigidez eje x.
<b>Ycr</b>	Centro de rigidez eje y.
<b>Cs</b>	Coeficiente sísmico de diseño.

<b>c'</b>	Cohesión del suelo.
<b>Vact</b>	Corte actuante.
<b>Vres</b>	Corte resistente.
<b><math>\rho_{min}</math></b>	Cuantía mínima de acero.
<b><math>\rho_{max}</math></b>	Cuantía máxima de acero.
<b><math>cm^2</math></b>	Dimensional de área, centímetros cuadrados.
<b>dx</b>	Distancia en la dirección X-X.
<b>dy</b>	Distancia en la dirección Y-Y.
<b>fa</b>	Esfuerzo actuante axial.
<b>Fa</b>	Esfuerzo axial de compresión.
<b>Fb</b>	Esfuerzo de compresión producido por la flexión.
<b>fv</b>	Esfuerzo de corte actuante.
<b>fb</b>	Esfuerzo de flexión actuante.
<b>f'y</b>	Esfuerzo de fluencia del acero.
<b>Fs</b>	Esfuerzo de tensión en barras de refuerzo.
<b>e'x</b>	Excentricidad en el eje x.
<b>e'y</b>	Excentricidad en el eje y.
<b>e'xmin</b>	Excentricidad mínima en el eje x.
<b>e'ymin</b>	Excentricidad mínima en el eje y.
<b>FS</b>	Factor de seguridad.
<b>Fv</b>	Fuerza de corte en edificio.
<b>Ft</b>	Fuerza de corte producido por torsión.
<b>F</b>	Fuerza horizontal total actuante en edificio.
<b>Io</b>	Índice de sismicidad.
<b>aL</b>	Lado corto de losa.
<b>bL</b>	Lado largo.
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada.
<b>L</b>	Longitud del elemento.
<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del acero.

<b>Mv</b>	Momento de volteo.
<b>M(-)</b>	Momento negativo actuante.
<b>Ma-</b>	Momento negativo lado corto de losa.
<b>Mb-</b>	Momento negativo lado largo de losa.
<b>M(+)</b>	Momento positivo actuante.
<b>Ma+</b>	Momento positivo lado corto de losa.
<b>Mb+</b>	Momento positivo lado largo de losa.
<b>Masmin</b>	Momento que resiste el acero mínimo.
<b>Mu</b>	Momento último.
<b>Scs</b>	Ordenada espectral ajustada del sismo extremo en el sitio de interés.
<b>S1s</b>	Ordenada espectral ajustada del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con periodos de vibración de 1 segundo.
<b>S1r</b>	Ordenada espectral del periodo 1 segundo.
<b>Scd</b>	Ordenada espectral de periodo corto.
<b>Scr</b>	Ordenada espectral de periodo corto del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés.
<b>t</b>	Peralte.
<b>d</b>	Peralte efectivo.
$\gamma$	Peso específico.
<b>Wi</b>	Peso por nivel.
<b>Ws</b>	Peso total del edificio + 25 % de carga viva.
<b>D</b>	Profundidad de cimentación.
<b>m<sub>L</sub></b>	Relación de distancia, esfuerzo en losa.
<b>n</b>	Relación de módulos de elasticidad del acero (Es) y el concreto.
<b>f'c</b>	Resistencia a la compresión del concreto.

<b>Rx</b>	Rigidez en el eje x.
<b>Ry</b>	Rigidez en el eje y.
<b>s</b>	Separación de refuerzo por corte.
<b>Sw</b>	Sobre carga.
<b>T</b>	Tonelada.
<b>U.H.</b>	Unidades Hunter .

## GLOSARIO

<b>Acero mínimo</b>	Cantidad de acero determinado por la sección y límite de fluencia del acero, necesario para evitar grietas por cambio de temperatura.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>ACI</b>	<i>American Concrete Institute</i> , (Instituto Americano del Concreto).
<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 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>Columna</b>	Elemento con una razón entre altura y menor dimensión lateral mayor que 3 usado principalmente para resistir carga axial.
<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>Deflexión</b>	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al ser cargados.
<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 rigidez.
<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>Iteración</b>	Repetición de una serie de funciones hasta obtener un dato concreto.

<b>Longitud de desarrollo</b>	Longitud embebida en el hormigón que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño de la armadura en una sección crítica
<b>Losa de cimentación</b>	Elemento estructural de concreto utilizado como conexión entre una o más columnas en línea con el suelo de la base.
<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>Muro</b>	Elemento generalmente vertical, empleando para encerrar o separar espacios y ambientes.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la terrestre. Conjunto de las operaciones necesarias para obtener esta proyección horizontal.
<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 al doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre la 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.
<b>Valor soporte</b>	Capacidad de carga del suelo, en unidades de fuerza por unidad de área.
<b>Viga</b>	Miembro horizontal usado principalmente para soportar cargas

## RESUMEN

Este trabajo de graduación es el informe sobre el Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la municipalidad de Santa María Visitación, departamento de Sololá, en el cual se plantean soluciones técnicas a las necesidades de la población.

El trabajo se divide en dos partes importantes, la primera corresponde a la fase de investigación, conteniendo la monografía del lugar, así como un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura. La segunda corresponde a la fase de diseño del hospital, tomándose en cuenta para este planteamiento estudio de suelos, distribución arquitectónica, análisis y diseño estructural, diseño de instalaciones, así como costos de trabajo de dicha construcción. La planificación se realizó mediante la aplicación de normas y herramientas de cálculo apropiadas.

El proyecto consiste en el diseño de un edificio de dos niveles que funciona como un hospital, el área de construcción del edificio será de área de 2 796 78 m<sup>2</sup>, y contará con áreas destinadas a prestar los servicios de medicina, cirugía general, pediatría, ginecología y obstetricia. Tendrá sala de operaciones, sala de partos, área de emergencia. Además, con el servicio de radiología y laboratorio clínico. Poseerá un área de encamamiento para un mínimo de 20 camas. Los beneficiados directos será la población de 3 537 habitantes y los beneficiarios indirectos será la población de los municipios aledaños a Santa María Visitación.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir con el diseño del edificio de dos niveles para hospital en el municipio de Santa María Visitación, departamento de Sololá.

### **Específicos**

1. Desarrollar el análisis y diseño estructural, elaboración de planos y presupuesto del edificio para hospital municipal.
2. Dotar a los habitantes del municipio de Santa María Visitación, de un edificio para hospital con ambientes cómodos y funcionales, donde cumplan con las necesidades básicas para mejorar las condiciones de salud y aumentar el desarrollo general del municipio.
3. 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 Santa María Visitación, departamento de Sololá.



## INTRODUCCIÓN

El municipio de Santa María Visitación, del departamento de Sololá, está ubicado en la parte occidental del país a 163,2 kilómetros de la capital.

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, ni una respuesta para la resolución de sus necesidades.

Luego de realizar un diagnóstico en coordinación con la Dirección Municipal de Planificación y los diferentes miembros de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES) del municipio de Santa María Visitación, se determinó que era prioritario el siguiente proyecto: la edificación de edificio de dos niveles para hospital. En la actualidad el municipio cuenta con un centro de atención permanente (CAP) pero este no tiene la capacidad, calidad y servicios que brindaría un hospital.



# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Monografía de Santa María Visitación

A continuación, se presenta la monografía de municipio de Santa María Visitación, Sololá.

### 1.1.1. Aspectos generales

La historia de Santa María Visitación se remota al periodo prehispánico, antes de 1524 cuando el asentamiento era conocido como Tz'ulu Juyu, según los *Anales de los cakchiqueles*. Fue fundado por personas provenientes de Santiago Atitlán, quienes habían estado bajo el dominio de la corte Tz'utujil establecida en Tz'iquinajá, hoy Santiago Atitlán. Desde hace más de tres siglos este pueblo se llama Santa María Visitación. Anteriormente se le conocía con el nombre de Santa María de Jesús o La Visitación de Nuestra Señora. El nombre de este municipio hace alusión a uno de los misterios de la fe cristiana.

En 1583 se hace mención de un pleito entre visitecos y clareños, sucedido entre 1581 y 1583, al igual que en otros documentos de finales del siglo XVI, se le menciona con los nombres de Visitación y Santa María de Jesús. Se deduce que el pueblo fue fundado antes de 1581, poco antes de la fundación de Santa Clara La Laguna, pues siempre se reconoció que los pobladores de Santa Clara ocuparon tierras de Santa María Visitación. Su historia está enmarcada por los constantes conflictos entre sus habitantes y los de Santa Clara La Laguna, estos últimos, amenazan con adueñarse de las tierras de los visitecos, que

desde mucho tiempo atrás eran reconocidas como propias por los tzutujiles llegados de Atitlán.

### 1.1.2. Ubicación del proyecto

El municipio de Santa María Visitación posee una extensión territorial de 22,5 kilómetros cuadrados, el proyecto se ubicará en la parte sur de la cabecera municipal en un terreno disponible que cuenta con una extensión territorial de 2 796,78 metros cuadrados.

Figura 1. Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth. *Santa María Visitación*. <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>.

Consulta: mayo de 2019.

### **1.1.3. Localización geográfica**

Santa María Visitación se encuentra ubicado en el extremo occidente del departamento de Sololá, se localiza entre las coordenadas UTM 14 grados, 43 minutos, 00 segundos latitud norte y 91 grados, 19 minutos, 00 segundos, longitud oeste. El municipio se encuentra en una de las partes más altas del departamento, alcanzando altura hasta 2 065 metros sobre el nivel del mar.

### **1.1.4. Aspectos topográficos**

El municipio tiene un conjunto de montañas y cerros ricos en fauna y flora, el punto más alto es la montaña El Poj, situado a 2 360 metros de altura, mientras el punto más bajo se ubica a 1 600 metros sobre el nivel del mar. Los de mayor importancia están incluidos en la Sierra Parraxquim, que además del Poj, abarca la Xiquinch Ch'oy, en la parte sur de la cabecera municipal, y los cerros Chui Xiquinch Ch'oy, Chui Poj, Pa Ch'ali, Chui Pa Tum y Chichi b'ay.

### **1.1.5. Vías de acceso**

El municipio de Santa María Visitación se encuentra a 163,2 kilómetros al occidente de la ciudad de Guatemala y a 28,2 kilómetros al occidente de la cabecera departamental de Sololá. La vía de acceso al municipio desde la ciudad capital es a través de la carretera CA-1 hacia el occidente del país hasta el kilómetro 149,5, luego a la izquierda por la carretera RD4 hasta el kilómetro 162,5, donde se encuentra el rótulo que identifica la entrada al municipio.

La cabecera dispone de otra vía proveniente de la comunidad de Guineales, municipio de Santo Tomás La Unión, departamento de

Suchitepéquez, pasa por la comunidad de Tzumajui del municipio de Nahualá; compuesta mayoritariamente de terracería, veredas en algunos tramos, es transitable para vehículos solamente en época seca o verano.

#### **1.1.6. Clima y temperatura**

En el municipio predominan dos tipos de clima que son: muy húmedo y húmedo templado con invierno benigno o húmedo con invierno seco. Gran parte de la humedad efectiva está en forma de condensaciones de niebla, comunes durante todo el año.

La temperatura máxima promedio anual es de 25,09 °C y una mínima de 12,8 °C. Abril es el más caluroso, se registra una temperatura promedio anual de 26,2 °C y enero registra el valor más bajo de temperatura, con un promedio anual de 10,3 °C. Los vientos que predominan sobre el municipio son aquellos que viajan del nor-noreste al sur-sureste, con una velocidad promedio anual de 1,31 kilómetros por hora y una dirección de 15,5 °C.

La precipitación pluvial anual varía entre 1 000 y 2 000 milímetros; sin embargo, el promedio anual es de 1 525,8 milímetros, distribuidos en la estación lluviosa que abarca el período comprendido entre los meses de mayo y octubre. Junio y septiembre presentan los valores más altos de lluvia. La duración de las épocas seca y lluviosa, así como su inicio y final, varía cada año según el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ZCIT).

#### **1.1.7. Colindancias**

Colinda con cuatro municipios del departamento de Sololá: al norte con Santa Lucía Utatlán, al este con Santa Clara La Laguna, al sur con San Juan La

Laguna y al oeste con el territorio de Santa Catarina Ixtahuacán. La cabecera municipal está ubicada en las faldas de la Sierra Parraxquim, al oeste del lago Atitlán.

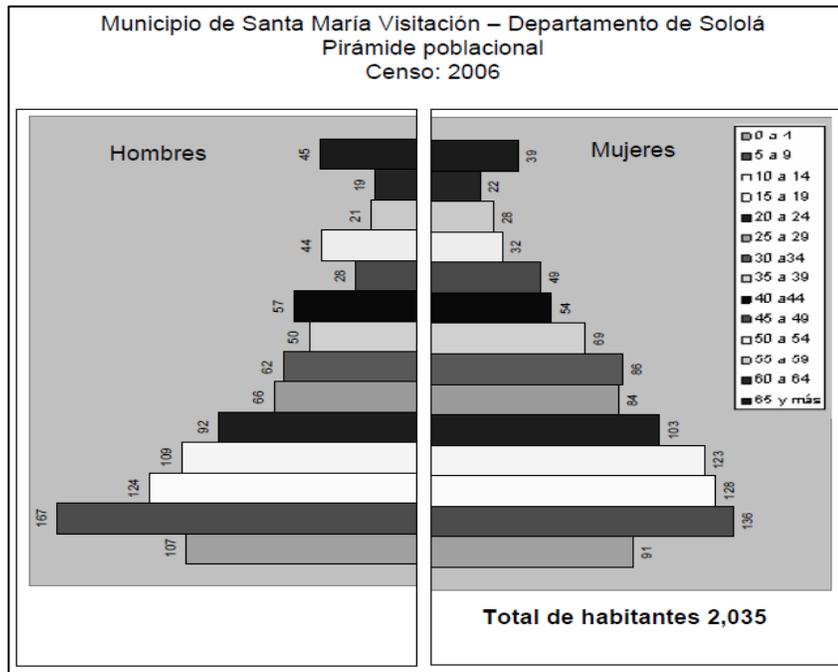
### **1.1.8. Demografía**

Para el estudio de la demografía de Santa María Visitación se tomó en cuenta la población, tipos de vivienda, idioma y nivel socioeconómico.

#### **1.1.8.1. Población**

Cuenta con una población total de 3 537 habitantes y una densidad poblacional de 157,2 habitantes por kilómetro cuadrado. La tasa de crecimiento anual de la población para 2005 era de 1,03 % lo que demuestra un bajo crecimiento en comparación a la tasa registrada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) que fue de 1,8 %.

Figura 2. Población por género y edad



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE. Censo 2006.

<https://www.ine.gov.gt/sistema/uploads/2013/11/07/2Nka5H4G5KfhPAC8e32YD5GznHSnMZVf.pdf>. Consulta: mayo de 2019.

### 1.1.8.2. Distribución de viviendas

La forma de propiedad de la vivienda en el municipio se clasifica de tres maneras: propia, alquilada y prestada.

El 92 % de las viviendas está dentro del régimen de tenencia propia, posee construcciones en terrenos heredados por sus familiares, el 1 % alquilan, el 5 % vive en un lugar prestado y el 2 % no se especifica. La mayor concentración de viviendas se ubica en la cabecera municipal, existe más urbanización y residencias apropiadas para las familias.

### **1.1.8.3. Tipología de viviendas**

El fenómeno de hacinamiento en el municipio no se manifiesta a grandes niveles, por la educación de las familias, con promedio de uno o dos hijos por hogar, las viviendas de la cabecera poseen de dos a cuatro habitaciones separadas, una es utilizada como cocina y las restantes, como dormitorios; en el área rural. Con el proyecto de vivienda, Vivamos Mejor, se han construido 69 casas de block, lámina y piso de cemento, empleadas como dormitorios, en tanto las construcciones antiguas sirven de cocina. Las condiciones de las viviendas han mejorado y disminuido el hacinamiento en los hogares.

El municipio cuenta con un total de 371 viviendas, un alto porcentaje están construido con paredes de block, techo de terraza y piso cerámico, esto se debe a las remesas que reciben los pobladores de familiares que residen en el extranjero.

### **1.1.9. Idioma**

El municipio es reconocido como “Tierra de Tzutujiles”, sin embargo, la mayoría de los habitantes habla dos, tres o incluso cuatro idiomas, debido a la necesidad de comunicación al momento de realizar actividades comerciales con los habitantes de lugares circunvecinos.

Es importante mencionar que muchas de las familias no hablan mayatzutujil con sus hijos, en consecuencia, los jóvenes se comunican a diario en castellano, las personas de edad avanzada son las que utilizan el tzutujil, k'iche', cakchiquel, por la poca importancia que se le daba a la riqueza del lenguaje local, aunque actualmente se ve como principal fortaleza la creciente conciencia de la población por el valor de su cultura, misma que se refleja en el

rescate que se da, sobre todo, al idioma, debido a la enseñanza en la escuela primaria.

#### **1.1.10. Aspectos económicos**

En el municipio los pobladores ocupan su tiempo en diferentes actividades productivas, de un total de 746 habitantes que si trabaja el 44 % se dedica a la actividad agrícola, el 14 % son personas asalariadas, en su mayoría maestros de educación primaria, que trabajan en otros centros poblados cercanos. El 13 % se dedica a la actividad pecuaria, mayoritariamente mujeres que realizan oficios domésticos y tienen gallinas y pollos de engorde. El 9 % trabaja como jornaleros, el 9 % son artesanos como panaderos, carpinteros, sastres y mujeres que bordan güipiles; el 5 % se dedica al comercio en el municipio, con tiendas, abarroterías, librerías o misceláneas; el 4 % son profesionales y el 2 %, personas que prestan algún servicio.

La mayoría de habitantes se dedica al desarrollo de actividades agrícolas, lo que incide en el bajo ingreso que se percibe en cada hogar. Dentro de los principales cultivos agrícolas que generan ingreso a la economía del lugar se encuentran: maíz, café, frijol y aguacate.

Existen otros cultivos en el municipio como: limón y naranja; sin embargo, no son muy relevantes debido a que no se cultivan en grandes extensiones, por lo que no se consideran dentro de los que generan empleo e ingresos a la economía familiar. Algunos agricultores se dedican al cultivo de hortalizas, su venta se realiza en el mercado local; dentro de la producción se encuentra: brócoli, zanahoria, repollo y tomate. También se cultiva papa, aunque el proceso de producción y comercialización lo llevan a cabo personas

provenientes del municipio de Sololá, quienes arrendan terrenos de Santa María Visitación y al obtener la cosecha se llevan la producción.

### **1.1.11. Servicios existentes**

Los servicios existentes que posee el municipio de Santa María Visitación son el servicio de agua potable, sistema de drenaje sanitario, energía eléctrica, extracción de basura con su adecuado tratamiento y servicio de salud.

#### **1.1.11.1. Agua**

Las viviendas se abastecen de agua entubada intradomiciliar proveniente de cuatro nacimientos que suministran la red de distribución, dos de ellos se ubican en los terrenos de la comunidad de Tz'ucub'al del municipio de Nahualá; otro se ubica en los 6 terrenos de la comunidad de Tierra Linda del municipio de Santa Lucía Utatlán. Estos tres nacimientos se encuentran a una distancia de catorce kilómetros de la cabecera municipal, el cuarto nacimiento se ubica dentro del territorio de este municipio, en la parte norte a una distancia de dos kilómetros en el lugar denominado Xolá, todo este sistema es por gravedad. Los cuatro nacimientos unificados en un tanque de distribución, abastecen a todas las viviendas (316) de la cabecera municipal.

Respecto de los caseríos y parajes, es importante destacar que el caserío Montecristo cuenta con su propio nacimiento de agua, el cual está ubicado en el cerro Tz'am Tem del municipio de Santa María Visitación; el paraje El Porvenir tiene el nacimiento de agua proveniente del cerro Pachalí ubicado dentro del mismo municipio. En el caserío Chuipoj, el nacimiento de agua viene del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán; el paraje Palax no posee el servicio de agua entubada.

La municipalidad es la responsable de darle una limpieza mensual. Entre los problemas del sistema de agua se identifica la insuficiencia del vital líquido de los nacimientos actuales, los cuales no son capaces de abastecer a la población durante todo el día, lo que ha provocado el racionamiento de este servicio y se dota de agua a la comunidad por sectores, desde las seis hasta las diecinueve horas y en las restantes no se cuenta con este líquido en la comunidad. Para obtener el derecho de este servicio, los habitantes deben cancelar una cuota anual de Q.30,00, en la Tesorería de la Municipalidad. La falta de presupuesto municipal conlleva a que el agua no tenga un tratamiento de cloración.

#### **1.1.11.2. Drenajes**

El sistema de drenajes lo posee unicamente la cabecera municipal, el cual es descargado a dos ríos: el Xechim y Xiprian, sin ningún tipo de tratamiento final, de igual manera el primer río es utilizado por el municipio de Santa Clara La Laguna, lo que produce un alto grado de contaminación.

En la actualidad, los hogares con servicio de drenaje a nivel urbano, se han incrementado, sin embargo, aún se cuenta con viviendas que no poseen este servicio por el motivo de ubicarse en un nivel más bajo de la red de drenajes y otras por encontrarse donde no se han instalado. En lo que respecta al área rural, ningún hogar posee el servicio de drenajes, por lo que los pobladores se ven obligados a canalizar las aguas negras hacia las calles o hacia sus propios terrenos, lo que causa proliferación de zancudos, así como otras enfermedades.

### **1.1.11.3. Energía eléctrica**

La mayoría de viviendas de la cabecera municipal cuenta con el servicio de energía eléctrica, exceptuando 12 viviendas, las cuales no poseen este servicio por ubicarse en un sector que no cuenta con la introducción del servicio. Respecto de los caseríos y parajes, el 76 % de la población posee energía eléctrica residencial.

El casco urbano, el caserío Montecristo, Chuipoj y el paraje El Porvenir, que agrupan el 98 % del total de la población del municipio, cuentan con alumbrado público, aunque en algunas áreas puede considerarse insuficiente por la distancia que existe entre dos focos. Cabe mencionar que el paraje Palax no cuenta con alumbrado público, ni energía eléctrica residencial.

### **1.1.11.4. Servicio de extracción de basura**

En el municipio se cuenta con el servicio de extracción de basura por parte de la municipalidad, cuenta con un camión de aseo que se encarga de recolectar la basura y desechos de las viviendas y evacuarlos en un centro de acopio ubicado en el caserío Chuipoj.

Aunque es importante destacar que una minoría de la población no cuenta con el servicio de extracción de basura, los pobladores queman, entierran o tiran la basura en sus propios terrenos, lo cual causa daños al ambiente, lo que puede provocar problemas de enfermedades virales para los habitantes del municipio.

#### **1.1.11.5. Salud**

Con el propósito de velar por la salud de los habitantes del municipio, cuenta con un puesto de salud ubicado en la cabecera municipal. El cual está administrado por el Hospital Nacional de Sololá que tiene a su cargo los centros en diferentes distritos. El centro de salud de Santa Lucía Uatlán corresponde al distrito No. 5, y tiene a su cargo el puesto de salud de Santa María Visitación.

El puesto de salud provee servicios gratuitos, donde se atienden las enfermedades más comunes como: infecciones respiratorias agudas, faringoamigdalitis, otitis media aguda, parasitismo intestinal, amebiasis, micosis e impétigo, entre otras.

Además, el municipio cuenta con otros servicios de salud, entre los cuales se encuentran dos clínicas particulares, una de ellas se llama Rxiin Tinamit, sostenida por la ONG del mismo nombre, con sede en el municipio de Santiago Atitlán; una farmacia y una casa particular que son atendidas por una enfermera auxiliar.

En el área rural el servicio de salud está a cargo del Ministerio de Salud y PRODESCA (Proyecto para el Desarrollo Sostenible de las Comunidades AQABAL), que está integrado por una enfermera graduada, una auxiliar, tres promotores de salud, dos vigilantes, tres comadronas y un técnico en salud.

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

### **2.1. Diseño de edificio de dos niveles para hospital de Santa María Visitación, Sololá**

El diseño del edificio de dos niveles para hospital se realizará por medio de método de marcos rígidos, basado en las normas de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

#### **2.1.1. Investigación preliminar**

Es importante comprender las características del proyecto, los antecedentes y aspectos importantes para tomar en cuenta en el diseño del hospital para el municipio.

##### **2.1.1.1. Antecedentes**

Una de las necesidades que tienen los habitantes de Santa María Visitación, es en el aspecto de salud, es que la población solo cuenta con un centro de atención permanente (CAP) ubicado en la cabecera municipal del lugar, el cual brinda solo atención primaria. Sin embargo, no cuenta con la capacidad y calificación como un hospital.

Asimismo, el municipio cuenta con un centro médico, pero por ser una entidad privada los pobladores no tienen el recurso económico suficiente para las consultas médicas. Para la solución a esta problemática se pretende la construcción de un edificio de dos niveles, el cual brindará servicios de

medicina, cirugía general, pediatría, ginecología y obstetricia, además de los servicios de radiología y laboratorio.

#### **2.1.1.2. Infraestructura para el hospital**

Los módulos de edificios se diseñarán de acuerdo con las necesidades presentadas, además, estarán limitados por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan. La tipología arquitectónica que se va a utilizar es la de marcos rígidos de concreto, techos de losa tradicional y paredes de mampostería de block pómez. El edificio para el hospital contará con dos módulos de edificios cada uno de 2 niveles, en los cuales se distribuyen los ambientes posteriormente detallados.

#### **2.1.1.3. Terreno disponible**

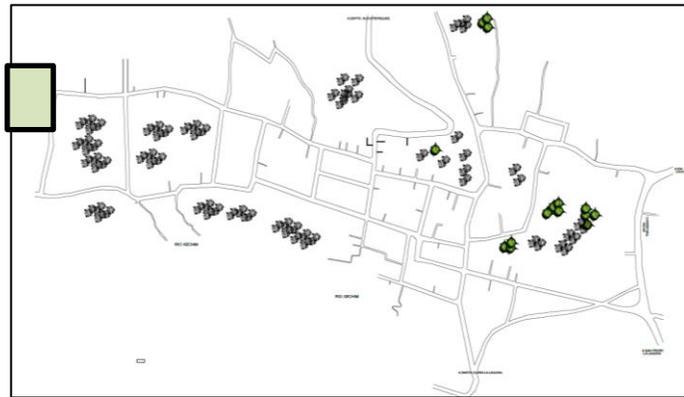
Actualmente el lugar que se tiene destinado para esta construcción del hospital está disponible sin ninguna construcción existente, se debe realizar una nivelación y trabajos de replanteo. El terreno cuenta con un área de 2 796,78 m<sup>2</sup> en el cual se distribuirán los dos módulos propuestos, áreas de parqueo, plaza y área de instalaciones especiales

#### **2.1.1.4. Topografía del terreno**

Se realizó un reconocimiento del área que está destinada para la construcción del hospital. Primero se realizó un levantamiento con cinta y se dibujó *grosso modo* la forma del polígono, para así ubicar los obstáculos que se presentarían a la hora de realizar un levantamiento formal. Con este reconocimiento se pudo verificar el levantamiento topográfico realizado por la

municipalidad está realizado de forma correcta, con base en lo que se tomó en cuenta en dicho levantamiento topográfico.

Figura 3. **Mapa de localización del terreno para hospital**



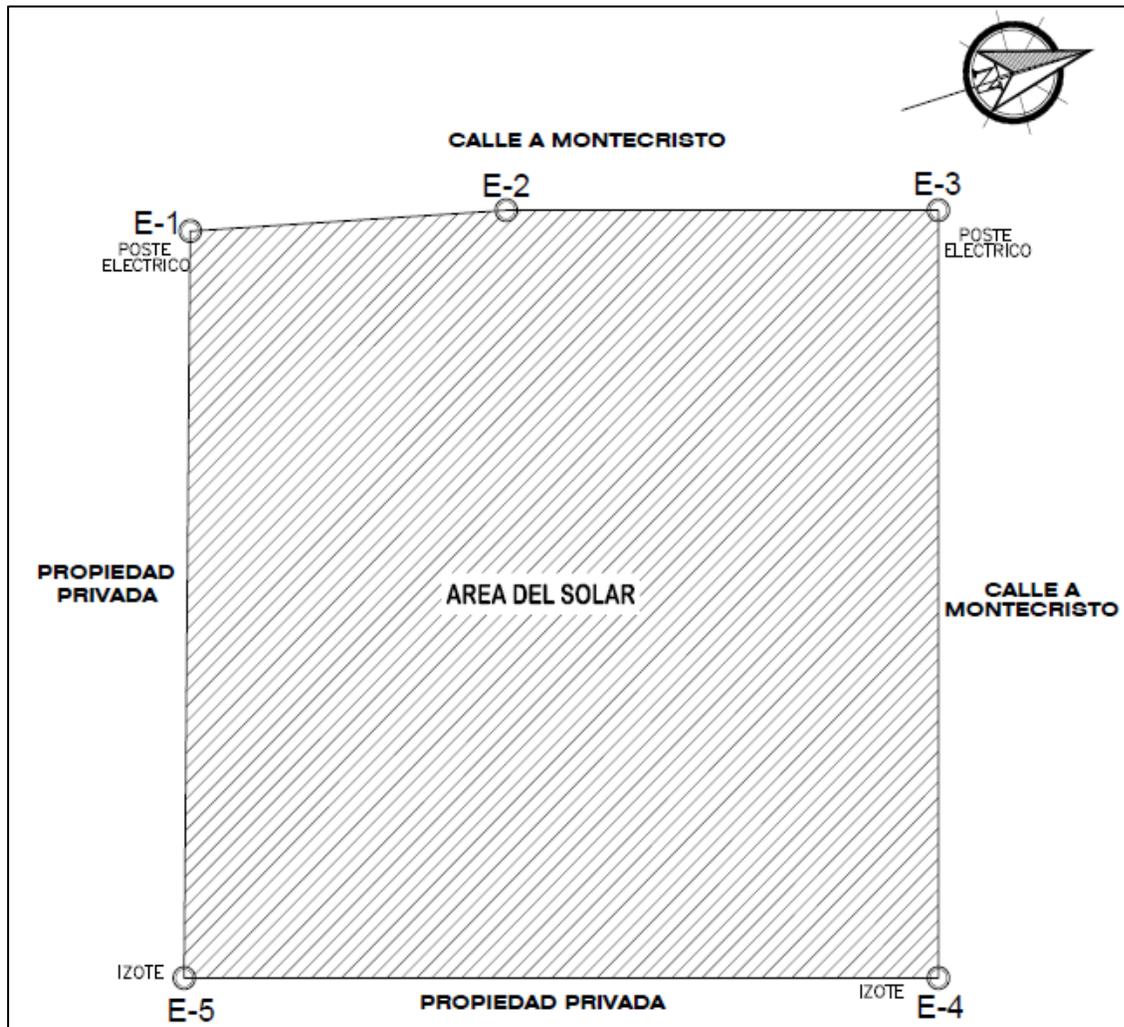
Fuente: Municipalidad de Santa María Visitación. *Dirección de Planificación*.  
<http://anam.org.gt/LAIP/santamariavisitacion/wp-content/uploads/2018/01/2-18.-Direcci%C3%B3n-y-Tel-de-la-Entidad-y-sus-Dependencias.pdf>. Consulta: mayo de 2019.

Figura 4. **Fotografía aérea del terreno para el hospital**



Fuente: Google Earth. *Santa María Visitación*. <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>.  
Consulta: mayo de 2019.

Figura 5. **Polígono del área disponible del terreno para hospital**



Fuente: Municipalidad de Santa María Visitación. *Dirección de Planificación*.  
<http://anam.org.gt/LAIP/santamariavisitacion/wp-content/uploads/2018/01/2-18.-Direcci%C3%B3n-y-Tel-de-la-Entidad-y-sus-Dependencias.pdf>. Consulta: mayo de 2019.

Tabla I. **Libreta del polígono del terreno para hospital**

<b>DATOS DE PLANIMETRIA</b>			
P.O.	LATITUD N	LONGITUD W	DISTANCIA
E-1 A E-2	14' 42.69'	91' 18.836'	22.35 Mts.
E-2 A E-3	14' 42.700'	91' 18.284'	30.55 Mts.
E-3 A E-4	14' 42.713'	91' 18.815'	53.00 Mts.
E-4 A E-5	14' 42.694'	91' 18.790'	53.30 Mts.
E-5 A E-1	14' 42.673'	91' 18.810'	51.63 Mts.
AREA DEL POLIGONO: 2,796.78 Mts <sup>2</sup> PERIMETRO DEL POLIGONO: 210.76 ML			

Fuente: Municipalidad de Santa María Visitación. *Dirección de Planificación*.  
<http://anam.org.gt/LAIP/santamariavisitacion/wp-content/uploads/2018/01/2-18.-Direcci%C3%B3n-y-Tel-de-la-Entidad-y-sus-Dependencias.pdf>. Consulta: mayo de 2019.

### **2.1.1.5. Análisis de suelos**

En el terreno donde se pretende realizar la construcción del hospital el suelo existente es predominantemente limo arenoso, de color café, cercano al lugar no existen construcciones de edificios de altura considerable, por lo cual no se pueden considerar registros de ensayos de suelos, para comprobar su resistencia, tipo de consolidación o capacidad de drenaje para futuras construcciones.

Por lo tanto, se realizó un ensayo del suelo para comprobar sus distintas propiedades mecánicas, el ensayo realizado se conoce con el nombre de ensayo de compresión triaxial.

### 2.1.1.5.1. Ensayo de compresión triaxial

Para el diseño del edificio de dos niveles para hospital, se realizó un ensayo de suelos de compresión triaxial no consolidado y no drenado, a continuación, se detallan resultados:

- Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado (UU)
- Descripción del suelo: limo arenoso, color café
- Dimensión y tipo de probeta: 2,5" x 5,0"

Ángulo de fricción interna  $\phi = 13,93^\circ$

Cohesión  $C_u = 1,35 \text{ Ton/m}^2$

Tabla II. Tabulación de datos obtenidos en prueba de laboratorio.

Probeta núm.	1	2	3
Presión lateral ( $T/m^2$ )	5	10	20
Desviador de rotura $q(T/m^2)$	6,63	11,53	16,13
Presión intersticial $u(T/m^2)$	X	X	X
Deformación en rotura $E_r$ (%)	2,0	3,5	5,5
Densidad seca ( $T/m^3$ )	0,80	0,80	0,80
Densidad húmeda ( $T/m^3$ )	1,23	1,23	1,23
Humedad (%H)	63,97	63,97	63,97

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de valor soporte

En este caso la resistencia del suelo es baja y crea la necesidad de una mayor área de repartición, por tanto, se propone construir una losa de

cimentación, para evitar así el traslape de zapatas aisladas. La capacidad de carga última total se calcula para una losa de cimentación se puede determinar mediante la ecuación general según Meyerhof (ecuación 3.19).

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

Donde:

$q_u$	= valor de esfuerzo límite
$c'$	= cohesión de suelo
$\gamma_s$	= peso específico del suelo
$q$	= esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$	= factores de forma
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$	= factores de profundidad
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$	= factores de inclinación de la carga
$N_c, N_q, N_\gamma$	= factores de capacidad de carga
$B$	= dimensión menor de la losa

Datos del ensayo triaxial

$$Cu = 1,35 T/m^2$$

$$\gamma_s = 0,80 T/m^3$$

$$B = 1,50 \text{ m}$$

$$Z = 1,50 \text{ m}$$

$$\phi = 13,93^\circ$$

Cálculo del esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

$$q = \gamma * Df$$
$$q = 0,80 * 1,50m = 1,20 \text{ T/m}^2$$

Los factores de capacidad de carga de Terzaghi de las ecuaciones (3,20), (3,21), (3,22) del libro *Principios de ingeniería de cimentaciones*.

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$
$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{13,93}{2} \right) e^{\pi \tan 13,93} = 3,562$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_c = (3,5620 - 1) \cot(13,93) = 10,33$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 2(3,562 + 1) \tan(13,93) = 2,26$$

Además, los factores de forma, profundidad e inclinación de uso común se pueden consultar en los anexos.

Factores de forma

$$F_{cs} = 1,26$$

$$F_{qs} = 1,19$$

$$F_{\gamma s} = 0,70$$

Factores de profundidad, tomando una relación

$$\frac{Df}{B} = 0,07 < 1 \text{ y } \phi = 13,93^\circ > 0$$

$$F_{dq} = 1,02$$

$$F_{cd} = 1,03$$

$$F_{\gamma d} = 1,00$$

Factores de inclinación, tomando un ángulo de inclinación  $0^\circ$

$$F_{ci} = 1,00$$

$$F_{qi} = 1,00$$

$$F_{\gamma i} = 1,00$$

Reemplazando factores en la ecuación general para conocer la capacidad de carga última

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

$$q_u = (1,35)(10,33)(1,26)(1,03)(1) + (1,20)(3,56)(1,19)(1,02)(1)$$

$$+ \frac{1}{2} (21,35)(2,26)(0,70)(1,00)(1,00)$$

$$q_u = 7,55 \text{ T/m}^2$$

La capacidad neta última de una losa de cimentación según la ecuación 3,14 es:

$$q_{neta(u)} = q_u - q$$

$$q_{neta(u)} = 7,55 \text{ T/m}^2 - 1,20 \text{ T/m}^2$$

$$q_{neta(u)} = 6,35 \text{ T/m}^2$$

Un factor de seguridad adecuado debe usarse para calcular la capacidad de carga neta permisible, bajo condiciones extremas el factor debe ser por lo menos de entre 1,75 y 3, siendo este último factor usado para losas construidas sobre arena. Por tanto, se aplicó un factor de seguridad de 3 al valor de esfuerzo límite, para determinar el valor final que se utilizará en el diseño de la losa de cimentación:

$$q_{permisible} = \frac{q_{neta(u)}}{3} = \frac{6,35}{3} = 2,12 T/m^2$$

### **2.1.2. Criterio para el diseño de hospitales**

El diseño y construcción de cualquier tipo de establecimiento de salud, desde las unidades básicas de salud hasta los hospitales de mayor complejidad, requiere que se tomen en consideración un conjunto de lineamientos y especificaciones técnicas que aseguren condiciones óptimas para la operación y seguridad de la edificación.

Los requisitos se inician con la adecuada selección del terreno seguido por el diseño de la planta física que incorpore los parámetros establecidos en el programa médico arquitectónico, y las medidas necesarias de mitigación estructural, no estructural y funcional.

#### **2.1.2.1. Selección del terreno**

Para la selección del lugar donde se ubicará el establecimiento de salud debe tomar en cuenta los estudios de zonificación que se tengan disponibles y la información complementaria como: uso anterior del terreno, para determinar si ha sido usado anteriormente como cementerio, relleno sanitario, vivero, tierra de cultivo, cantera de materiales, industria. Además, registros de eventos que

han ocurrido en el pasado en la zona, como terremotos, deslizamientos o inundaciones.

También las características del entorno, es decir de los terrenos cercanos, si estos han sufrido afloramiento de aguas subterráneas, asentamientos o hundimientos y agrietamientos o fisuras en las edificaciones existentes por efectos de sismo. Es importante que el terreno seleccionado esté alejado de fuentes contaminantes.

Debe ser un lugar con existencia o factibilidad de servicios de infraestructura. Deberá tener fácil conexión a las redes de agua potable, aguas negras, aguas pluviales, energía eléctrica, telefonía, y otros servicios.

Todo establecimiento de salud debe ubicarse en lugares seguros ante la ocurrencia de desastres naturales, para lo cual se puede tomar en consideración los siguientes criterios:

- No se ubicarán en zonas de inundación de los cursos de agua, ni en zonas bajas respecto del entorno, especialmente en relación con ríos, lagos o lagunas, los cuales pueden crecer en época de lluvia e inundar el establecimiento.
- No se ubicará al pie o al borde de laderas inestables, o en áreas de depósitos de materiales que bajan por los ríos y quebradas.
- No se ubicarán en zonas bajas de las quebradas que drenan de las faldas de los volcanes. Se debe tener cuidado con la dirección y velocidad de los vientos que trasladarían las cenizas en caso de una erupción.

- No se ubicarán en zonas de inundación por maremoto o tsunami, se recomienda que los establecimientos se ubiquen al menos a 500 metros de la playa y a 15 metros sobre el nivel del mar. Estos valores pueden variar en función de los estudios específicos para cada caso.
- Se recomienda no ubicar al establecimiento en terrenos irregulares y debajo del nivel de la vereda de las zonas colindantes.
- Cuando se ubiquen nuevos hospitales en zonas de expansión urbana es importante contar con estudios de sismología, geología, mecánica y dinámica de suelos.

El hospital debe ser accesible a través de vías de comunicación tanto en situaciones de normalidad como en casos de desastres. El establecimiento debe contar con servicios básicos de agua, drenaje sanitario y energía eléctrica. Para el análisis de la instalación del servicio de agua, se debe evaluar la presión, continuidad del suministro, calidad del agua en cuanto a su potabilización como su dureza, así como el volumen y cantidad.

El suministro de energía eléctrica es también un componente crítico para mantener la operación del servicio. Los equipos y procedimientos modernos requieren de un mayor uso y consumo de energía, lo cual es un aspecto vital en situaciones de desastres, en donde se requiere no solo mantener sino extender la cobertura de los sistemas de energía eléctrica por periodos de tiempo extensos.

#### **2.1.2.2. Condiciones físicas del terreno**

El terreno deberá ser predominantemente plano o con un máximo de una pendiente entre el 10 % y el 15 %. Se evitarán terrenos ubicados a orillas de

barrancos o en laderas que podrían constituir un factor de riesgo para los usuarios. Se debe considerar que el terreno esté libre de fallas geológicas o accidentes naturales que limiten sus posibilidades de uso.

El análisis de suelo es importante ya que se debe considerar formaciones geológicas, localización de fallas, configuración, estabilidad y resistencia de los estratos del subsuelo, cimentación recomendada para el esquema estructural, y el valor soporte del suelo para que permita construcciones sólidas, firmes y seguras. Evitar terrenos producto de rellenos o terrenos inundables o cercanos a caudales de agua como ríos.

#### **2.1.2.2.1. Disponibilidad del área del terreno**

Debe permitir el desarrollo de los programas de las unidades del hospital por construir, así como las ampliaciones futuras previsibles y los espacios para estacionamiento y área verde (50 % del área) que permitan la integración de la actividad del hospital en los espacios externos.

Se recomienda que el área de las construcciones iniciales sea un 30 % del área, reservándose el 70 % restante de las edificaciones o del terreno para áreas libres y futuras expansiones. Al finalizar la construcción es recomendable que se conserve un 50 % de áreas libres que permitan las buenas condiciones ambientales del establecimiento. Para el hospital ubicado en el municipio de Santa María Visitación, Sololá, se dispone de un área de 2 796,78 m<sup>2</sup> en la cual se ubicará la infraestructura para el hospital.

### **2.1.2.3. Unidades de atención**

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social las características que debe cumplir un hospital es que debe prestar los servicios de Medicina, cirugía general, pediatría, ginecología y obstetricia como mínimo. Deberá tener debidamente separadas Sala de operaciones, sala de recuperación, sala de partos, área de emergencia, y unidad de cuidados intensivos. Además, con el servicio de radiología y laboratorio clínico. Poseer para área de encamamiento un mínimo de 20 camas. No descartando el servicio de cocina, lavandería y mantenimiento.

### **2.1.2.4. Flujos de circulación**

El adecuado diseño de las circulaciones asegura que el desplazamiento de los pacientes, el personal, los visitantes y los materiales y suministros sea eficiente evitando los cruces de circulación. En un hospital existen diferentes tipos de circulaciones, en función del volumen, horario y necesidades del servicio.

- Circulación de pacientes ambulatorios e internados.
- Circulaciones de personal y recursos humanos en proceso de formación, capacitación o especialización.
- Circulación de visitantes.
- Circulación de materiales y suministros.
- Circulación de ropa y materiales sucios.
- Circulación para salida de cadáveres.
- Circulación de desechos y material reciclado.

La circulación de pacientes hospitalizados y ambulatorios deben planearse con la finalidad de que en lo posible se mantenga la separación del tráfico de estos pacientes y que permitan el movimiento eficaz de suministros y servicios en todo el hospital.

Es preciso que el tráfico de pacientes ambulatorios no ingrese al hospital y que los enfermos hospitalizados no se mezclen con el tráfico hospitalario. Dado al denso tráfico de visitantes que acude al hospital, en el diseño se debe tener presente la necesidad de apartar en lo posible el tráfico de los visitantes de las funciones cotidianas del hospital.

#### **2.1.2.4.1. Flujos de circulación externa**

Se definirán los accesos al hospital para los diferentes tipos de usuarios, evitando los cruces entre ellos, especialmente entre vehículos y peatones. Además, se identificarán las circulaciones para el ingreso y salida de materiales e insumos, y para el egreso de cadáveres. Se debe considerar zonas para estacionamientos vehicular destinado a los pacientes ambulatorios, visitantes y personal del hospital.

Debe destinarse zonas de estacionamiento reservado exclusivamente para los vehículos de las personas con necesidades especiales. Estas zonas deben construirse en forma tal que permitan adosar una silla de ruedas a cualquiera de los lados del vehículo, para facilitar la entrada y salida de estas personas. El área para este tipo de estacionamiento no debe ser menos del 5 % del total y estar situada lo más cerca posible del ingreso principal y al mismo nivel que esta, para que el acceso no esté obstaculizado con escalones.

#### **2.1.2.4.2. Flujos de circulación interna**

En los flujos de circulación interna se debe considerar la protección del tráfico en las unidades como centro quirúrgico, centro obstétrico, unidad de terapia intensiva, neonatología y emergencia. Evitar el entrecruzamiento de zona limpia y zona sucia. Evitar el entrecruzamiento con pacientes hospitalizados, externos y visitantes.

#### **2.1.2.4.3. Flujos de circulación horizontal**

Los corredores de circulación para pacientes ambulatorios, internados deben tener un ancho mínimo de 2,20 metros para permitir el paso de las camillas y sillas de ruedas, lo cual es similar a los destinados a tráfico intenso de material y personal. Deben evitarse ubicar cabinas telefónicas, bebederos, que obstruyen el tráfico y reducen el área de circulación.

Los corredores externos y auxiliares destinados al uso exclusivo del personal de servicio y/o de cargas deben tener un ancho de 1,20 metros; los corredores dentro de una unidad deben tener un ancho de 1,80 metros y son para uso del personal. La circulación hacia los espacios libres deberá contar con protecciones laterales en forma de baranda y deberán estar protegidos del sol y las lluvias. En caso de que existan desniveles entre pisos de 0,15 metros o más se debe utilizar una rampa para unir los dos niveles.

#### **2.1.2.4.4. Flujos de circulación vertical**

La circulación de pacientes a las unidades de hospitalización solo será permitida mediante el uso de escaleras, rampas y ascensores.

- Escaleras

La escalera principal debe tener un ancho mínimo de 1,80 metros, y estará provista de pasamanos, dada su utilización por pacientes acompañados y visitantes. En las unidades de hospitalización la distancia entre la última puerta del cuarto de pacientes y la escalera no debe ser mayor de 35,00 metros.

La huella de la escalera debe tener una profundidad de 0,30 metros, y la altura de la grada no será mayor de 0,16 metros, los pisos de las gradas deben estar revestidos de material antideslizante.

Las escaleras no deben tener llegada directa hacia los corredores y elevadores, sino desembocar en vestíbulos, los cuales tendrán un ancho mínimo de 3,00 metros. Las escaleras que sirvan para evacuación deben tener un ancho mínimo de 1,50 metros entre parámetros y pasamanos a ambos lados, cuando sirvan para una carga de ocupación mayor a 50 personas, y de 1,20 metros cuando sea menor a 50 personas. Las escaleras circulares pueden emplearse como elementos de salida cuando el diámetro exterior sea mayor de 1,60 metros.

Los pasamanos deben diseñarse de modo que resistan una carga mínima de 75 kg/m aplicada en cualquier dirección y sobre cualquier punto de los pasamanos. Todo pasamanos debe tener al menos un elemento intermedio longitudinal a la mitad de la altura desde el nivel de piso hasta el del pasamanos.

- Rampas

El ancho mínimo será de 1,50 metros entre parámetros para pacientes y de 1,25 metros para servicio. La pendiente de la rampa no debe ser mayor a 8,33 % (mínimo 1:12). El acabado del piso debe ser antideslizante, y debe tener barandas a ambos lados. Las rampas, por ser usadas como medio de evacuación, deben tener un ancho mínimo 1,20 metros.

- Ductos

Su uso no es permitido para basura ni ropa sucia. Deben ser acondicionados en bolsas plásticas, debiendo adoptarse colores especiales para el material contaminado a fin de hacer más fácil su identificación. El traslado de limpio y sucio debe realizarse por vía separada, de preferencia mediante el uso de montacargas independientes.

### **2.1.2.5. Configuración arquitectónica**

Las configuraciones arquitectónicas de los hospitales deben tener características particulares en cuanto al tipo, disposición, fragmentación, resistencia y geometría de la estructura que contribuyan a reducir la probabilidad de daños por efecto de desastre.

Las edificaciones que tienen plantas continuas, uno de los principales problemas es la longitud de la configuración que influye en la respuesta estructural.

Por lo tanto, se debe evitar las formas muy alargadas de plantas debido a que son más sensibles a los componentes torsionales de los movimientos del

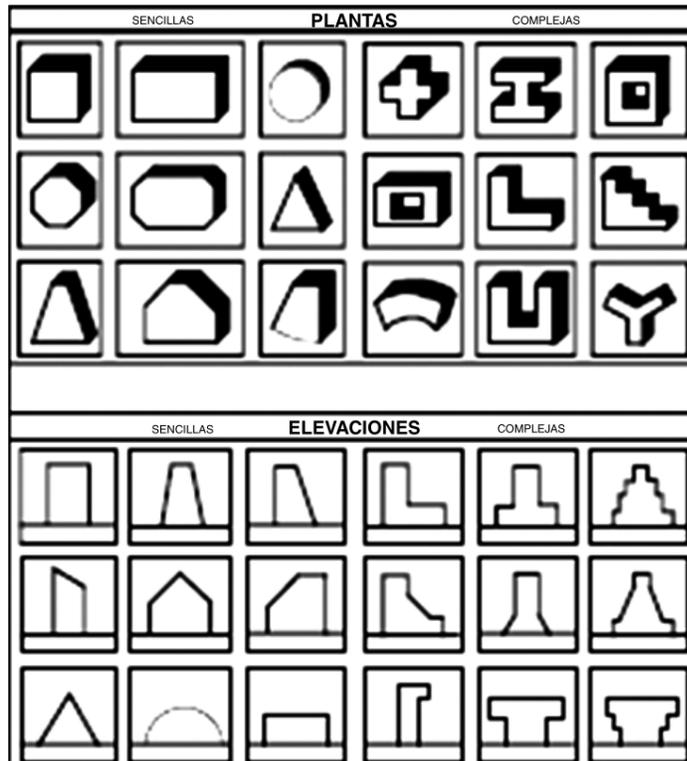
terreno, por lo que las diferencias de movimientos transversales y longitudinales son mayores. Es recomendable la partición de la edificación en bloques por medio de la inserción de juntas de dilatación sísmica.

Otro problema de la configuración está asociado a las plantas complejas que son aquellas que tienen alas de tamaño orientado en diferentes direcciones (H, I, L, T, U). Las plantas en forma de L pueden causar estrés de concentración y fuerzas torsionales en terremotos y contribuyen a localizar las altas presiones de los vientos. Las plantas irregulares también agravan el proceso de evacuación durante incendios.

En tal sentido, se evitará las plantas con entrantes y salientes, debido a que ante sismos son causa de cambios bruscos de rigidez y de masa. Se recomienda usar plantas rectangulares y con alta densidad de muros evitando las plantas complejas que tiene secciones en diversas orientaciones.

Los escalonamientos en los volúmenes de los hospitales son también un problema desde el punto de vista sísmico debido a que puede ser causa de cambios bruscos de rigidez y de masa. En tal sentido, se recomienda que las transiciones sean lo más suave posible.

Figura 6. Formas en planta y elevación



Fuente: OPS. Formas sencillas y complejas en planta y elevación. *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*. p. 43.

El diseño de un hospital implica proceder por fases en el planeamiento; decisiones sobre la estructura del edificio, sobre la distribución de espacios, sobre el equipamiento y el mobiliario. Estos aspectos condicionan consecuentemente la obra en sí y los trabajos de acabado.

De esta manera se puede ejecutar la fase de la obra antes de fijar con detalle los contenidos funcionales e incorporar a la obra en necesario grado de actualización.

#### **2.1.2.5.1. Coordinación de medidas**

Una ordenación modular de las medidas es el punto de partida más favorable para satisfacer las exigencias de estrategia proyectual. Se establecen sistemas de referencia, módulos básicos y módulos múltiples para determinar la función, situación y dimensiones de un elemento constructivo. Para la construcción de hospitales se recomienda modular de 6,00 m o 3,00 m. en el sistema reticular, así formado encajan todas las partes del edificio. Al establecer una retícula horizontal y vertical se puede introducir la estructura portante.

La unificación de las medidas tiene consecuencias muy favorables para el desarrollo de la construcción, el módulo dimensional se ha de adaptar a los sistemas de construcción existentes en el mercado. Por ello, tiene sentido partir en la planificación de una medida estándar habitual.

#### **2.1.2.5.2. Retícula estructural**

En la estructura de hospitales, la retícula estructural no puede derivar de algunos espacios dominantes, sino que depende del proceso laboral interno en las diferentes unidades de funcionamiento. Además, este módulo estructural ha de permitir una buena ordenación de las circulaciones, así como la posibilidad de una diferenciación entre las unidades de funcionamiento de uso principal, auxiliar y circulaciones.

Una comparación entre diferentes unidades de funcionamiento y sus espacios necesarios conduce a una retícula estructural adecuada para todas las unidades de funcionamiento. La experiencia y la práctica aconsejan establecer una retícula de 7,00 o 7,80m. Con estas dimensiones entre pilares, pueden proyectarse adecuadamente todas las unidades de un hospital. Las retículas

menores no son convenientes, ya que es más difícil situar grandes salas (por ejemplo, los quirófanos) que no han de tener pilares intermedios.

### 2.1.2.5.3. Programa de necesidades

Para establecer una retícula estructural se ha de elaborar previamente un programa de necesidades en el que basar la ordenación de las salas de todo el hospital. Este programa de necesidades depende del tipo de hospital, pues no tiene porqué abarcar todas las posibles. El programa de necesidades se ha de discutir en detalle con los promotores, personal sanitario y futuros usuarios.

La especialización de un hospital influye en el tamaño y en la forma de las diferentes unidades. Un contacto estrecho entre todas las partes reduce las posibilidades de que aparezcan problemas a posteriori. Una lista con el valor directriz de la superficie de las diferentes unidades ayuda a tener una visión rápida de su tamaño, aunque se ha de tener en cuenta que estos valores directrices solo suponen una recomendación y dependen de la orientación médica y especialización del hospital correspondiente.

Tabla III. **Valores directrices de la superficie necesaria en un hospital**

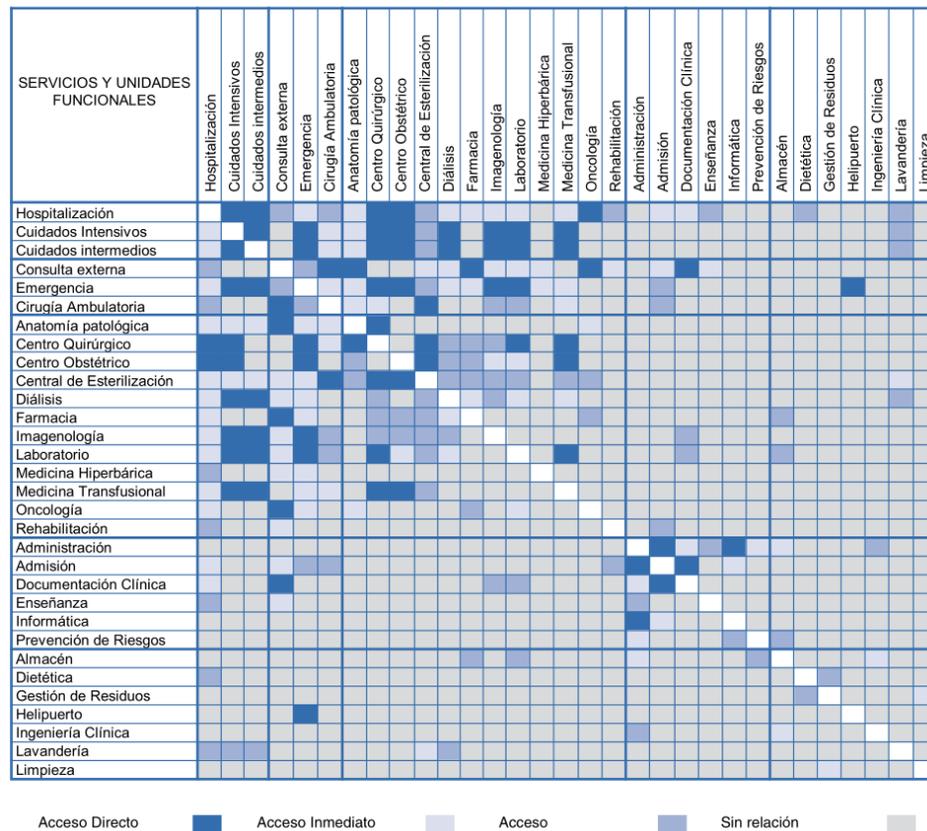
<b>Superficies</b>	<b>Valores</b>
Zona de asistencia	19-25 m <sup>2</sup> sup/cama
Terapia intensiva	30-40 m <sup>2</sup> sup/cama
Zona de quirófanos	130-150 m <sup>2</sup> sup/cama
Fisioterapia	68-70 m <sup>2</sup> sup/plaza tratamiento
Rayos x	60-70 m <sup>2</sup> sup/sala diagnostico
Fisiología clínica	80-100 m <sup>2</sup> sup/sala diagnostico
Central de ingresos	78-100 m <sup>2</sup>

Fuente: NEUFER, Ernst. *Arte de proyectar en arquitectura*. p. 215.

### 2.1.2.6. Relaciones funcionales

Uno de los aspectos fundamentales en el diseño hospitalario son las vinculaciones espaciales que deben existir o mantenerse entre los servicios y unidades que conforman la edificación. Estas relaciones representan la complementación, integración o independencia de las unidades.

Figura 7. Relaciones entre las unidades funcionales de un hospital



Fuente: ALATRISTA BAMBARÉN, Celso y ALATRISTA DE BAMBARÉN, Socorro. *Programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales seguros*. p. 49.

Entre las unidades que conforman el establecimiento de salud se pueden establecer los siguientes vínculos espaciales:

- Acceso directo: servicios y unidades funcionales que requieren estar ubicados contiguos, con la finalidad de asegurar una circulación sumamente rápida, debido a las tareas vinculadas e integradas que efectúan.
- Acceso inmediato: servicios y unidades funcionales que tienen actividades complementarias y que requieren tener una rápida vinculación para lo cual deben contar con fácil acceso y comunicación sin estar necesariamente contiguos.
- Acceso: servicios y unidades funcionales que realizan tareas relacionadas pero que no requieren estar cercanas o guardar entre sí una relación de fácil comunicación.
- Independientes (sin relación); son aquellos que no tienen tareas o actividades en común o que se relacionen.

Un diseño eficiente asegurará el rápido y eficaz movimiento y comunicación de materiales, insumos y personal entre las unidades del hospital; así como condiciones de bioseguridad y de seguridad en la operación del servicio. La funcionalidad del hospital, dependiendo de los diferentes parámetros que la determinan se mide en tres niveles:

- Bueno. El parámetro evaluado cumple razonablemente con los requisitos indispensables exigidos de acuerdo con las normas locales vigentes; no hay necesidad de modificarlo.

- Regular. El parámetro evaluado cumple moderadamente con los requisitos indispensables exigidos; con una modificación menor, se puede llevar al nivel idóneo.
- Malo. El parámetro evaluado no cumple con los requisitos indispensables para un funcionamiento apropiado; debe ser modificado para resolver esta deficiencia.

#### **2.1.2.7. Vulnerabilidad**

Los establecimientos de salud y las obras de remodelación que se realicen deben incluir medidas de mitigación de la vulnerabilidad que brinden tres niveles de protección:

- Protección de la vida, implica asegurar que el establecimiento no colapse y que los daños que pudiesen registrarse no produzcan lesiones a los pacientes, personal y visitantes.
- Protección de la infraestructura, para disminuir notablemente los daños estructurales y no estructurales sin asegurar que el establecimiento pueda quedar temporalmente fuera de operación.
- Protección de la operación, la cual debe asegurar que el establecimiento continúe funcionando con o sin daños en la edificación. Es especialmente importante que los servicios esenciales continúen funcionando e incluso tengan la capacidad de ampliar su oferta de atención. Estos servicios son fundamentales para atender las necesidades vitales de salud de los pacientes hospitalizados y de los heridos por efecto del desastre. También se consideran como esenciales o vitales a aquellos cuya salida de

operación pueden producir severas pérdidas y la suspensión de la atención por un tiempo prolongado.

#### **2.1.2.7.1. Vulnerabilidad estructural**

Está asociada al daño potencial a la cimentación, columnas, pisos, techos, muros de soporte y otros elementos estructurales que ayudan a sostener la edificación. El nivel de vulnerabilidad de estos elementos depende de:

- Los niveles de diseño del sistema estructural para hacer frente a las fuerzas a las que la edificación es sometida.
- La calidad de los materiales de construcción, la construcción y el mantenimiento.
- La arquitectura y forma estructural o la configuración de la edificación.

Los códigos y normas de construcción, y otras regulaciones propias de cada país determinan los aspectos necesarios para el adecuado diseño y construcción de un establecimiento de salud que pueda soportar los efectos de la múltiples amenazas o peligros a que será sometido como: sismos, vientos fuertes, inundaciones e incendios. Sin embargo, la sola aplicación de las regulaciones de construcción no asegura la operación ininterrumpida del servicio, porque existe un gran número de otros factores que puede afectar la función del hospital.

#### **2.1.2.7.2. Vulnerabilidad no estructural**

Los daños en los componentes no estructurales como los elementos arquitectónicos, las líneas vitales, los sistemas de comunicaciones y los equipos pueden generar la interrupción o salida de operación del hospital, incluso si la edificación no tiene un significativo daño estructural.

Los daños en los elementos arquitectónicos pueden dificultar los procesos de evacuación y producir efectos negativos en otros componentes. Por ejemplo, la caída de techos o su afectación debido a terremotos y vientos fuertes pueden producir daños en los equipos biomédicos, la ruptura de vidrios puede dificultar la evacuación de pacientes.

El costo de los elementos no estructurales en la mayoría de los edificios es considerablemente mayor que el de los estructurales. Esto se cumple especialmente en hospitales, donde entre el 85 % y el 90 % del valor de la instalación no está en las columnas de soporte, pisos, y vigas. Sino en acabados arquitectónicos, sistemas mecánicos y eléctricos, y en el equipo allí contenido.

En el diseño de toda estructura sometida a movimientos sísmicos, debe considerarse que los elementos no estructurales, tales como cielos rasos, paneles, tabiques, ventanas, puertas, cerramientos. Así como equipos, instalaciones mecánicas y sanitarias deben soportar los movimientos de la estructura.

Los elementos no estructurales se pueden clasificar en las siguientes tres categorías: elementos arquitectónicos, equipos y mobiliarios, e instalaciones básicas.

- Los elementos arquitectónicos: incluyen componentes como muros exteriores no portantes, paredes divisorias, sistema de tabiques interiores, ventanas, cielos rasos, sistema de alumbrados.
- Los equipos y mobiliarios: incluyen elementos como equipo médico, equipo industrial mecánico, muebles de oficina, recipientes de medicamentos, entre otros.
- Las instalaciones básicas: incluyen los sistemas de abastecimiento de servicio tales como electricidad, agua, gases médicos, vapor, vacío, comunicaciones internas y externas, entre otros.

### **2.1.3. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico se realiza dependiendo de la función que tenga que cumplir y las necesidades que deba cubrir el centro hospitalario.

#### **2.1.3.1. Forma del edificio en planta**

La distribución de ambientes debe realizarse para prestar un servicio adecuado a las necesidades de los habitantes de la región, cuidando que cada ambiente cumpla con las normas de diseño, de seguridad y de construcción de un hospital.

La forma del edificio en planta consta de dos módulos que se diseñarán de acuerdo con las necesidades básicas e indispensables que se requiere para un hospital, aprovechando el espacio disponible para abarcar todos los requisitos que el ministerio de salud pública requiere. La tipología arquitectónica que se va a utilizar es la de marcos rígidos de concreto, losa tradicional y paredes de

mampostería. El edificio para hospital cuenta con dos módulos de dos niveles cada uno, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Planta baja: recepción, farmacia, 5 clínicas de medicina general, laboratorio de hematología, laboratorio de heces y orina, lavandería, cocina, encamamiento hombres y mujeres con una capacidad total de 16 camas, servicios sanitarios, sala de partos, área de incubadoras, estación de enfermeras, clínica de electrocardiogramas, área de urgencias, área de esterilización, quirófano, sala de espera y capilla.

Planta alta: clínica de nutrición, odontología, psicología, clínica de la mujer, salón de fisioterapia, trabajo social, cafetería con cocina, servicio sanitario, salón de capacitaciones médicas, cocina y comedor para médicos y empleados, sala de estar de médicos, servicios sanitarios para médicos, dormitorios para médicos de turno y área de administrativa del hospital.

Todas las instalaciones del hospital abarcan un área de 1 151,50 m<sup>2</sup> en cada nivel. Además, cuenta con tres módulos de gradas, un área de rampa, área de estacionamiento ambulatorio y público para 7 automóviles, además anexo al edificio se construirá un área para cuarto de oxígeno, caldera y planta eléctrica.

### **2.1.3.2. Forma del edificio en elevación**

La forma del edificio para hospital tendrá una vista en elevación que brinde la iluminación natural de acuerdo con los ambientes perimetrales de las plantas, buscando una elevación uniforme, no alterando los aspectos estructurales del diseño.

Además, se seleccionará una fachada adecuada para la región y acabados considerando los aspectos de seguridad y arquitectura requeridos para un hospital.

#### **2.1.4. Altura de la edificación**

La altura del edificio será de siete metros con cincuenta centímetros (7,50 m tomada desde el nivel 0,00), la altura del primer nivel será de cuatro metros (4,00 m) y la altura del segundo nivel será de tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) del nivel del piso al cielo raso. Los marcos de los módulos tendrán una luz de siete metros sobre el eje x y tres metros con cincuenta centímetros sobre el eje y.

La altura de las gradas dependerá de los niveles terminados de cada una de las plantas, así como el diseño de la rampa buscando cumplir con los requisitos mínimos en arquitectura hospitalaria.

#### **2.1.5. Selección del sistema estructural**

El diseño estructural es la etapa del proceso de diseño más importante, ya que se dimensionan los elementos estructurales que soportarán las cargas de la estructura y tendrán la responsabilidad de mantener la integridad de la estructura frente a un desastre natural o por el uso de la edificación simplemente. En búsqueda de un sistema que resista de forma efectiva las cargas laterales y gravitacionales impuestas, cuya ductilidad sea ampliamente conocida y pueda lograrse con un buen detalle de miembros estructurales.

Para el diseño del edificio de dos niveles para hospital, se ha elegido el sistema de marcos rígidos resistentes a momento, y su estructuración y detalle

sismo resistente corresponde a lo especificado en el *American Concrete Institute* (ACI 318-08), en su edición 2008, específicamente a lo estipulado por el comité 318 en el capítulo 21, en las secciones correspondientes a los miembros estructurales pertenecientes a marcos especiales resistentes a momentos (SMRF, por sus siglas en inglés).

Cabe destacar que los muros de mampostería no formarán parte del sistema estructural y sus efectos se consideran únicamente para el análisis sísmico y de gravedad. Para las obras independientes al edificio como módulos de gradas y rampas. Se requiere de un diseño estructural individual considerando aspectos de diseño para un análisis correspondiente.

En las secciones siguientes se detallará el proceso del diseño para el módulo B, siguiendo el procedimiento posterior para las condiciones particulares de los módulos restantes.

#### **2.1.6. Análisis estructural**

El análisis estructural se refiere al uso de las ecuaciones de resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente. Además, sirve para determinar el comportamiento a nivel local (tensiones, deformaciones) de aquellas zonas en las que las hipótesis clásicas de la resistencia de materiales no sean aplicables: zonas locales próximas a cargas concentradas, nudos, cambios bruscos de sección, entre otros.

Los métodos de análisis estructural, exactos, son llamados así porque su metodología se basa en la resolución de ecuaciones matemáticas complejas mediante métodos matriciales, aproximaciones sucesivas o el uso de

computadoras. La importancia de estos métodos radica en que toman en cuenta la rigidez de los elementos estructurales logrando una idea más realista de la estructura.

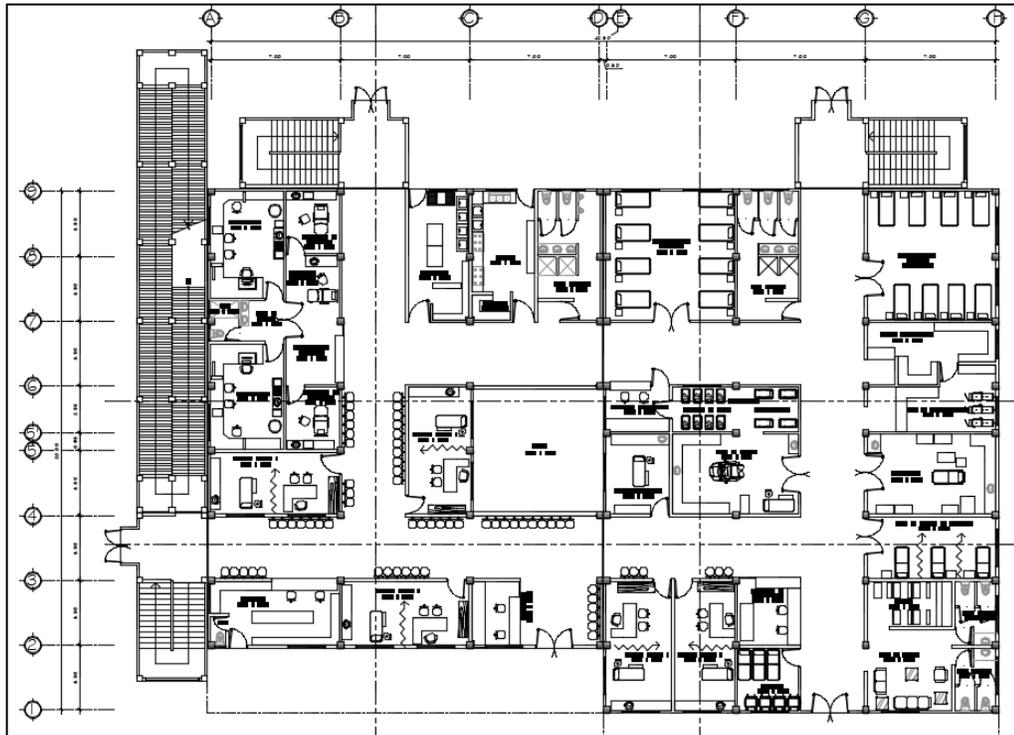
El método de análisis estructural que se utilizará será el de aproximaciones sucesivas o método de Kani, además la utilización de software, para la determinación de envolventes de momentos en cada uno de los marcos, tanto en el sentido X como en el Y.

Para este análisis se tomarán los casos no comunes y críticos que posea el diseño arquitectónico y casos especiales, ya que a partir de ellos se diseñarán los módulos del hospital. Se analizarán los momentos y cargas críticas para el diseño estructural de los elementos de la estructura.

#### **2.1.7. Predimensionamiento de miembros estructurales**

El predimensionamiento es la parte del diseño en que se define el tamaño de los elementos estructurales que conforman la edificación, y a partir de las dimensiones iniciales obtenidas se procede a verificar su seguridad estructural y el posterior refinamiento del diseño final.

Figura 8. **Planta típica de hospital primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.7.1. Vigas

Existen dos metodologías con criterios distintos para el predimensionamiento de una viga. En cualquiera de los dos casos presentados, el criterio es geométrico, y depende de la longitud del elemento. Se propone que el peralte de las vigas principales esté en función del claro o longitud libre entre apoyos de la viga, del 6 % al 8 % de la longitud.

Para este caso se obtiene el peralte de la viga con la siguiente fórmula:  $h=0,08*L$ , donde L es la longitud libre entre apoyos de la viga, en este caso la longitud libre es de siete metros (7,00 m.)

$$h=(0,08)*(700 \text{ cm})$$

$$h=56 \text{ cm}$$

Usar  $h=60 \text{ cm}$  y  $b=30 \text{ cm}$

El *American Concrete Institute* (ACI 318-08), recomienda que el peralte mínimo de una viga, o losa armada en un sentido, debe cumplir con lo indicado en la tabla IV, el cual involucra la luz libre del elemento entre apoyos, la siguiente tabla resume los requisitos del ACI 318-08.

Tabla IV. **Espesor mínimo de vigas o losas en un sentido**

Elemento	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Fuente: American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318S-08)*. p. 129.

Del mismo modo se utilizó cuando la viga esta con ambos extremos continuos y en una dirección. Tomando la luz libre de siete metros (7,00 m.).

$$h=700/21$$

$$h= 33,33 \text{ cm}$$

Usar  $h=35 \text{ cm}$  y  $b=18 \text{ cm}$

Se tomarán como dimensiones de la viga, una base de 30 centímetros y un peralte de 60 centímetros.

### 2.1.7.2. Columnas

El predimensionamiento de la columna es complejo debido a que la mayoría de criterios actuales considera las cargas gravitacionales actuando en el área tributaria de la columna, pero no los efectos de flexión axial o biaxial que afectan la estabilidad de la columna.

Los criterios de predimensionamiento están relacionados con la carga axial a la que estará sometida la columna. La práctica común en Guatemala da la siguiente expresión:

$$P_{act} = \sum (P_{cubierta} + P_{vigas} + P_{entrepiso} + P_{col.sup.})$$

$P_{act.}$  = carga axial del área tributaria de la columna crítica.

$$A_g = \frac{P_{act}}{0,17 f'c}$$

Procedimiento:

$$m = a/b = 350/700$$

$$m = 0,5$$

$m > 0,5$  Losa en dos sentidos

Losa para clínicas

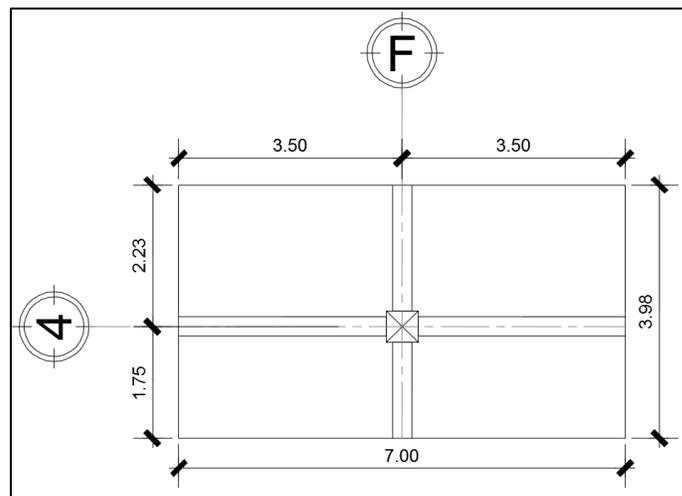
$$t = P/180$$

$$t = 2(350+700)/180$$

$$t = 11,67 \text{ cm entonces } t = 12 \text{ cm}$$

Se tomará como dimensión uniforme para toda la losa de 12 centímetros, por consideraciones constructivas. Se asumirá la columna crítica central correspondiente a la columna F4. El método presentado involucra conocer la carga gravitacional axial que actúa sobre la columna en estudio. Se debe mencionar que para analizar la columna del primer nivel se debe dar una dimensión inicial para la columna de los niveles superiores.

Figura 9. **Área tributaria para la columna crítica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En la tabla V se detalla el proceso seguido para establecer la carga axial actuante en la columna F4 del módulo B en ambos niveles.

Tabla V. **Carga axial sobre columna F4, segundo nivel**

Elemento	Peso [kg/m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Longitud [m]	Carga axial (P) [kg]
Impermeabilizante	10	27,86	---	278,60
Repello y cernido	25	27,86	---	696,50
Mezclón pañuelos	145	27,86	---	4 039,70
Losa (t=12 cm)	288	27,86	---	8 023,68
Vigas (30 cm x 60 cm)	432 [kg/m]	----	10,98	4 743,36
Carga axial actuante en nivel 2 [kg]				17 781,84

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Carga axial sobre columna F4, primer nivel**

Elemento	Peso [kg/m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Longitud [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Carga axial (P) [kg]
Piso	120	27,86	---	---	3 343,20
Repello y cernido	25	27,86	---	---	696,50
Losa (t=12 cm)	288	27,86	---	---	8 023,68
Mampostería nivel superior (h=2.90 m) <sup>*</sup>	660 [kg/m]	---	9,25	---	6 105,00
Vigas (30 cm x 60 cm)	432	---	10,98		4 743,36
Columna nivel sup. (h=3,00 m) <sup>**</sup>	2400 [kg/m <sup>3</sup> ]	---	---	0.27	648,00
Carga axial actuante en nivel 1 [kg]					23 559,74

\*Se considera el peso de la mampostería dentro del área tributaria de la columna F4

\*\* Debido a la característica iterativa en el proceso de diseño, inicialmente se recomienda proponer la dimensión mínima exigida por el código, que es 30 cm x 30 cm.

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, las fuerzas axiales quedan de la siguiente manera:

$$P_{\text{actuante nivel 2}} = 17\,781,84$$

$$P_{\text{actuante nivel 1}} = 17\,781,84 + 23\,559,74 = 41\,341,58 \text{ kg}$$

Se presenta el predimensionamiento de columnas, se supone utilizar columnas cuadradas.

$$A_g = \frac{P_{actuante}}{0,17 f'c} = \frac{41\,341,58Kg}{0,17 * 280} = 868,52 \text{ cm}^2$$

$$b = \sqrt{868,52 \text{ cm}^2} \gg b = 29,47 \text{ cm}$$

Criterio de predimensionamiento con ACI 318 2008 - cap.10.3.6.2.

$$P = 0,80[0,85f'c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Tomando en cuenta que inicialmente se asume una cuantía ( $\rho$ ) del 1 %

$$P = 0,80[0,85(280)(A_g - 0,01A_g) + (4\,200 * 0,01 * A_g)]$$

Si  $P=1,2*41\,341,58 = 49\,609,90 \text{ kg}$ , resolviendo para  $A_g$

$$A_g=223,37 \text{ cm}^2 \text{ entonces } b= 14,95 \text{ cm}$$

El código y reglamento que rige el presente diseño estructural es el aprobado por el *American Concrete Institute* (ACI-318-08) y la dimensión mínima exigida por el reglamento en la sección 21.6.1.1. de dicho código es de 30 centímetros.

Considerando lo anterior, para efectos de predimensionamiento se tomará una columna cuadrada de 35 centímetros.

### 2.1.7.3. Losas

Las losas, por la forma en que transmiten sus esfuerzos a los elementos de apoyo, se clasifican en losas en un sentido y losas en dos sentidos.

Para determinar la forma de transmisión de esfuerzos en una losa cualquiera depende de su geometría de la siguiente relación:

$$m = \frac{l_a}{l_b} \quad \begin{array}{l} l_a = \text{lado corto} \\ l_b = \text{lado largo} \end{array}$$

Si  $m < 0,50$  losa en un sentido    Si  $m > 0,50$  losa en dos sentidos

Se calcula tomando las dimensiones típicas de losa las cuales son las siguientes:

$$l_a = 4,45 \text{ m} \quad l_b = 7,00 \text{ m}$$

Relación  $a/b = 4,45 / 7,00 = 0,64$  trabaja en dos sentidos

Para las losas en dos sentidos la práctica general aceptada involucra el predimensionamiento basado en la geometría del panel de la losa para calcular el peralte, de la siguiente manera:

$$t = \frac{P_e}{180} \quad \begin{array}{l} t = \text{peralte de losa [m]} \\ P_e = \text{perímetro del panel de la losa [m]} \end{array}$$

$$\text{Espesor de losa } t \quad t = P/180 = 2(4,45+7) / 180 = 0,12 \text{ m}$$

Se tomó como perímetro las luces de 4,45 y 7,00 metros. Dado que se pretende mantener una simetría entre los elementos, se utilizará un peralte de losa de 0,12 m.

### 2.1.8. Determinación de cargas aplicadas a marcos dúctiles

Las cargas son la forma en que se conceptualizan las acciones que se presentan en las estructuras, dentro del estudio y determinación de cargas, las gravitacionales son dependientes del peso de varios elementos permanentes, como el peso propio de la estructura, o variables en duración como el peso de las personas que ocupan la edificación. Es, relativamente, la de más simple cuantificación.

#### 2.1.8.1. Carga viva

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga permanente. Entran así en la carga viva el peso y las cargas debidos a muebles, mercancías, equipos y personas. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse en el diseño.

Tabla VII. **Carga viva, diseño de hospital para Santa María Visitación**

Elemento	Carga [kg/m <sup>2</sup> ]
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Hospitales -clínicas y encamamientos	250
Hospitales-servicios médicos y laboratorio	350
Hospitales-pasillos	500
Escaleras	500
Farmacia	500
Cafetería y cocina	500

Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 8.

### 2.1.8.2. Carga muerta

Se llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción. Incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como los muros divisorios, los revestimientos de pisos, muros y fachadas, la ventanería, las instalaciones y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma constante sobre la estructura.

La carga muerta es, por tanto, la principal acción permanente. En su mayoría las cargas muertas se representan por medio de cargas uniformemente distribuidas sobre las distintas áreas de la construcción, aunque hay casos de cargas lineales (muros divisorios) y concentradas (equipos fijos). Para la integración de cargas muertas se utilizan valores representativos de los pesos de los materiales.

Tabla VIII. **Carga muerta, diseño de hospital para Santa María Visitación**

Elemento	Carga [kg/m <sup>2</sup> ]
Concreto reforzado [kg/m <sup>3</sup> ]	2 400
Mampostería reforzada (t=0.15 m)	180
Repellos y cernidos	45
Piso de granito	90
Relleno	65
Pañuelos	90
Sobre carga	40
Impermeabilizante	10
Peso de vidrio	55

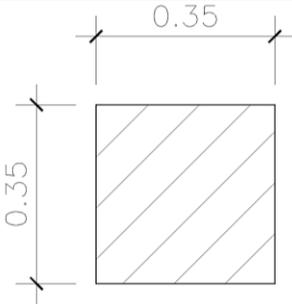
Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 431.

### 2.1.8.3. Análisis de cargas

La carga viva se considera como un aporte importante y variable en la fuerza inercial que es inducida por las ondas sísmicas en la estructura. Los valores adoptados en este proyecto específico y su fundamento fueron indicados en la tabla VII. La carga muerta corresponde al peso de los elementos estructurales y no estructurales, indicados en la tabla VIII.

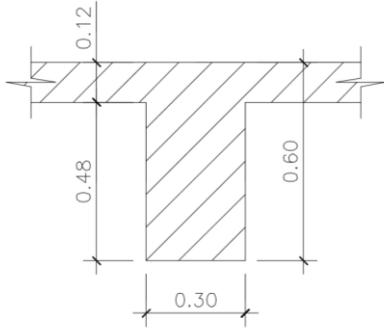
En las tablas siguientes se resumen los pesos unitarios de todos los elementos estructurales, los cuales son considerados en los análisis posteriores.

Tabla IX. **Peso unitario de columnas**

		
<b>Columnas segundo nivel</b>		
Concreto	$(2\ 400) \cdot (0,35) \cdot (0,35) \cdot (3,00)$	882,00 Kg/col
Acabados	$(45) \cdot (4) \cdot (0,35) \cdot (3,00)$	189,00 Kg/col
Peso total segundo nivel		1 071,00 kg/col
<b>Columnas primer nivel</b>		
Concreto	$(2\ 400) \cdot (0,35) \cdot (0,35) \cdot (6,00)$	1 764,00 Kg/col
Acabados	$(45) \cdot (4) \cdot (0,35) \cdot (6,00)$	378,00 Kg/col
Peso total primer nivel		2 142,00 Kg/col

Fuente: elaboración propia.

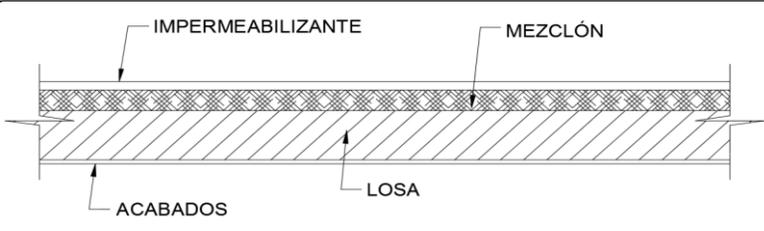
Tabla X. **Peso unitario de vigas principales**



Concreto	$(2\ 400)(0,30)(0,48)$	345,60 Kg/m
Acabados	$(45)(2)(0,48)+(0,30)(25)$	56,70 Kg/m
Peso total vigas nivel 1 y nivel 2		402,30 Kg/m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Peso unitario de losas**



Losa final (terrace)		
Concreto	$(2\ 400) (0,12)$	288,00 Kg/m <sup>2</sup>
Acabados	45,00	45,00 Kg/m <sup>2</sup>
Mezclón	90,00	90,00 Kg/m <sup>2</sup>
impermeabilizante	10,00	10,00 Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	40,00	40,00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso total losa final		473,00 Kg/m <sup>2</sup>

Continuación de la tabla XI.

Losa de entrepiso		
Concreto	(2 400)(0,12)	288,00 Kg/m <sup>2</sup>
Acabados	45,00	45,00 Kg/m <sup>2</sup>
Relleno	65,00	65,00 Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	40,00	40,00 Kg/m <sup>2</sup>
Piso	90,00	90,00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso total losa de entrepiso		528,00 Kg/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Peso unitario de muros**

<p>3.00</p> <p>4.50</p>	<b>Muros en entrepiso</b>		
	Mampostería 15 cm + Acabados	(180) (3,00)	540 kg/m
	Peso total muro nivel 2		540 kg/m
	<b>Muros en primer nivel</b>		
	Mampostería 15 cm + Acabados	(180) (4,50)	810 kg/m
	Peso total muro nivel 1		810 kg/m

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.8.4. **Integración de cargas gravitacionales**

Luego de tener las magnitudes y los tipos de cargas que actúan en la estructura, deben repartirse sus solicitaciones a los elementos estructurales correspondientes de acuerdo con métodos analíticos previamente establecidos y con una confiabilidad demostrada con el transcurso de los años.

#### **2.1.8.4.1. Método del área tributaria**

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

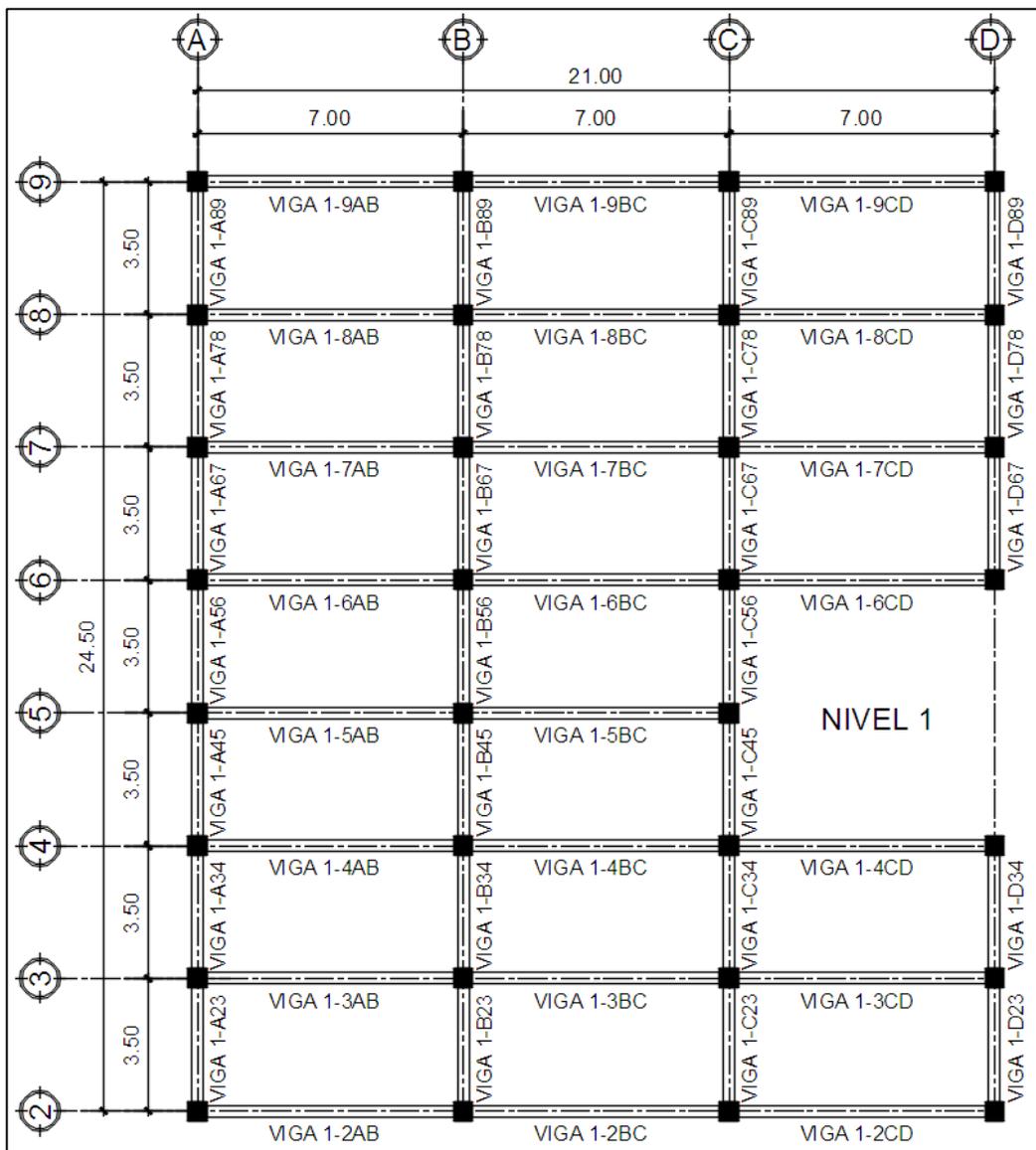
El concepto proviene del análisis de estructuras en las que no hay continuidad en los apoyos, a través de los cuales solo se transmite fuerza cortante. En este caso la reacción en cada apoyo es la suma de las cargas aplicadas desde el apoyo hasta el centro del claro o más propiamente hasta el punto donde la fuerza cortante es nula. Las siguientes reglas sencillas para determinar el área tributaria, están basadas en la localización de las líneas en donde la fuerza cortante sería nula si solo hubiera transmisión de momentos en una dirección.

- En elementos que trabajan en una dirección, el área está limitada por los centros de los claros entre elementos.
- En columnas, el área tributaria está limitada por las líneas medias de los tableros adyacentes.
- El área tributaria de los elementos portantes se separa por las bisectrices de los ángulos que estos forman.

Para ello es aceptable en general considerar que la carga total aplicada en el área tributaria está repartida uniformemente sobre el elemento portante, aunque algunos reglamentos, como el ACI 318-08, proponen expresiones para el cálculo de cortantes y momentos que consideran que la distribución de la carga no es uniforme.

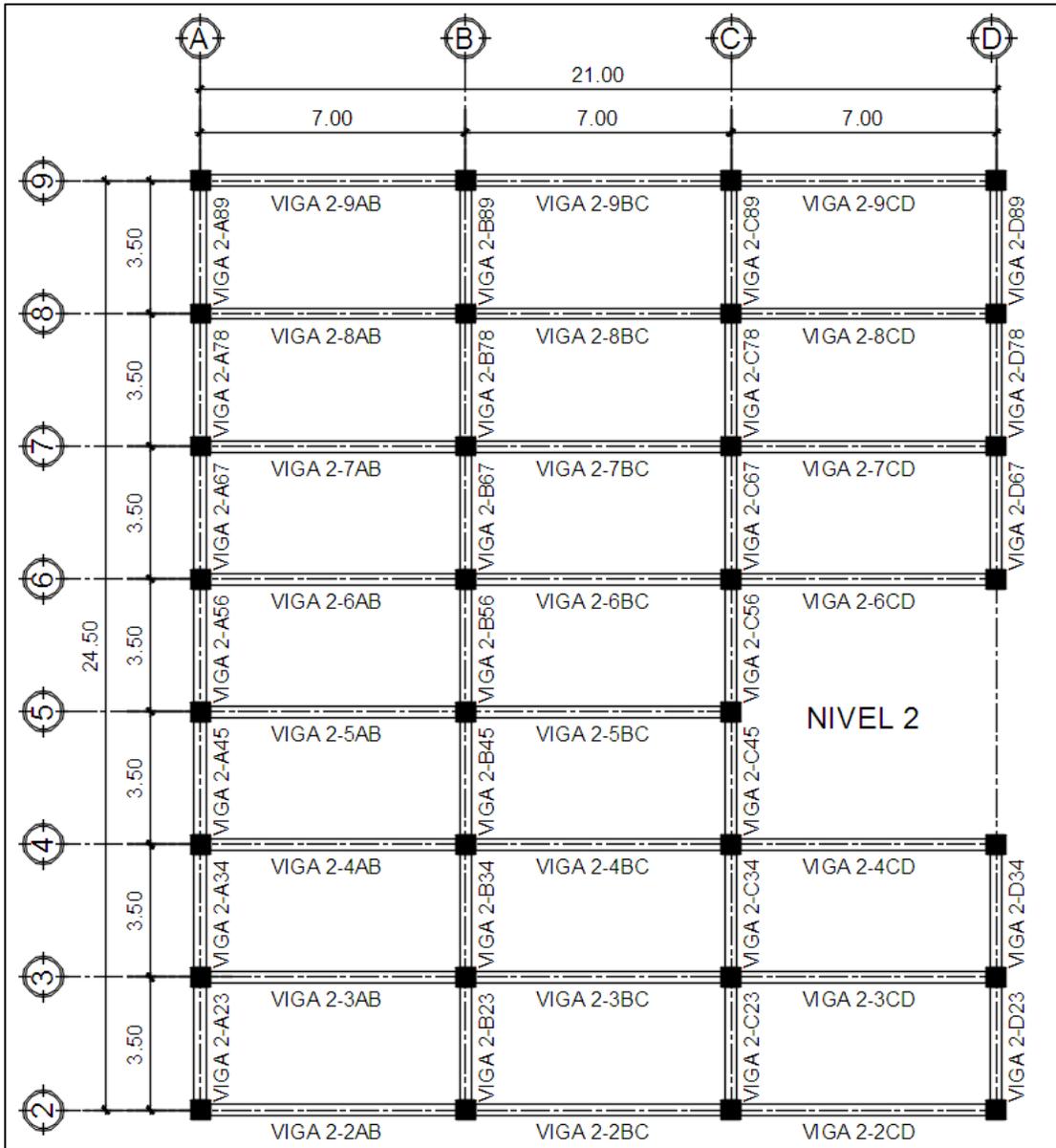
Para una mejor comprensión de dichas tablas, se han identificado las vigas con una nomenclatura que se indica en la siguiente figura.

Figura 10. **Nomenclatura de vigas nivel 1 módulo A**



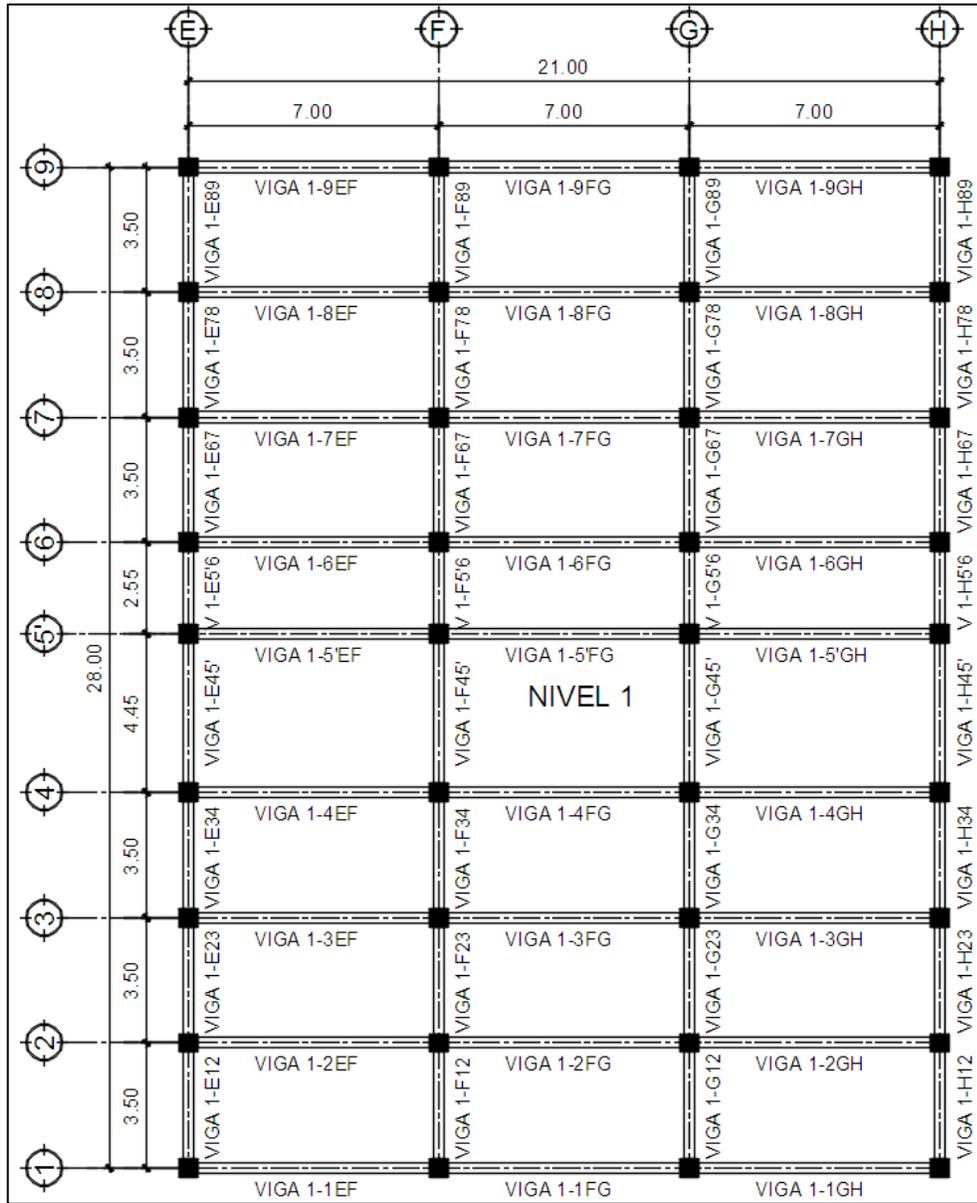
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 11. Nomenclatura de vigas nivel 2 módulo A



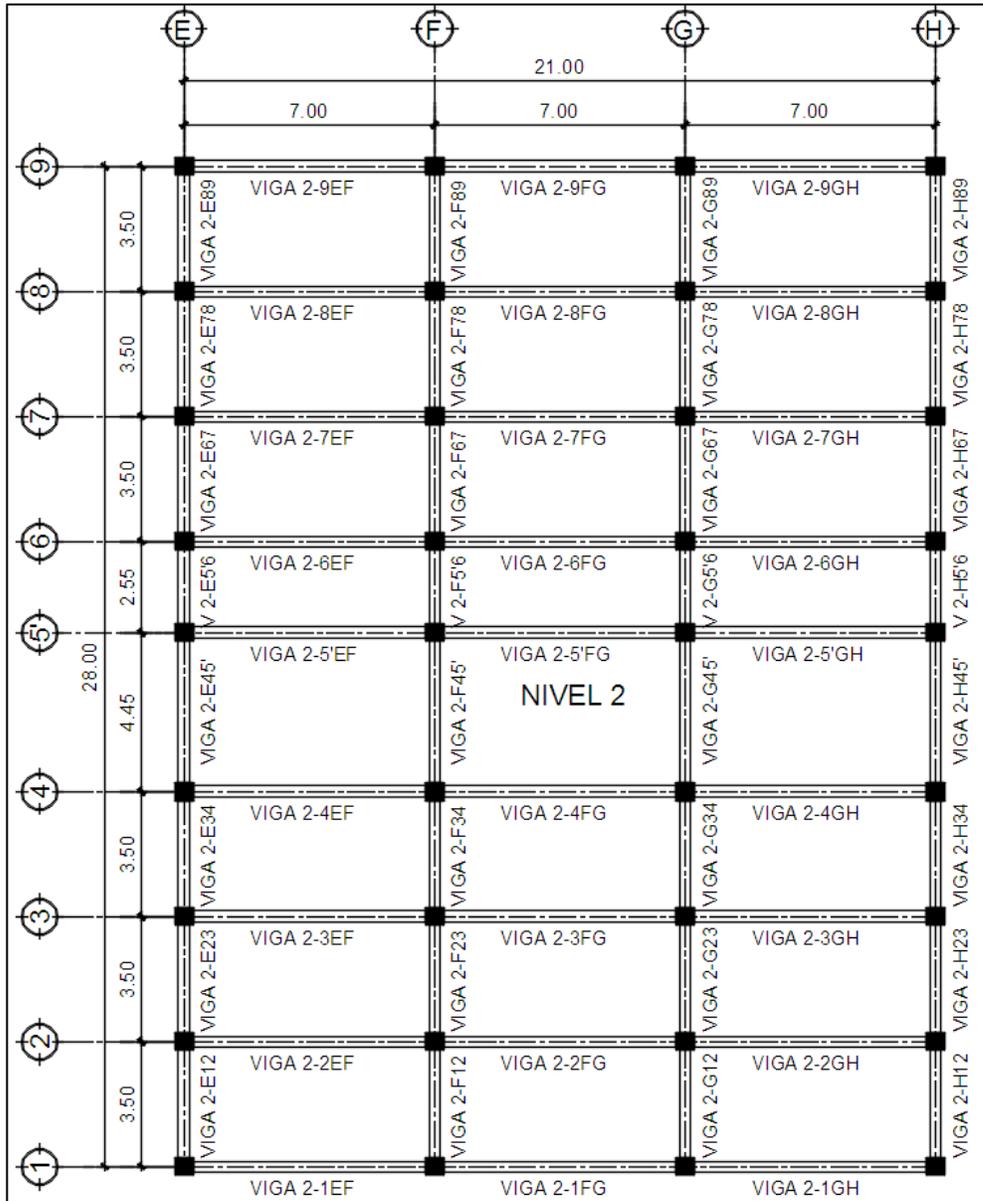
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 12. Nomenclatura de vigas nivel 1 módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

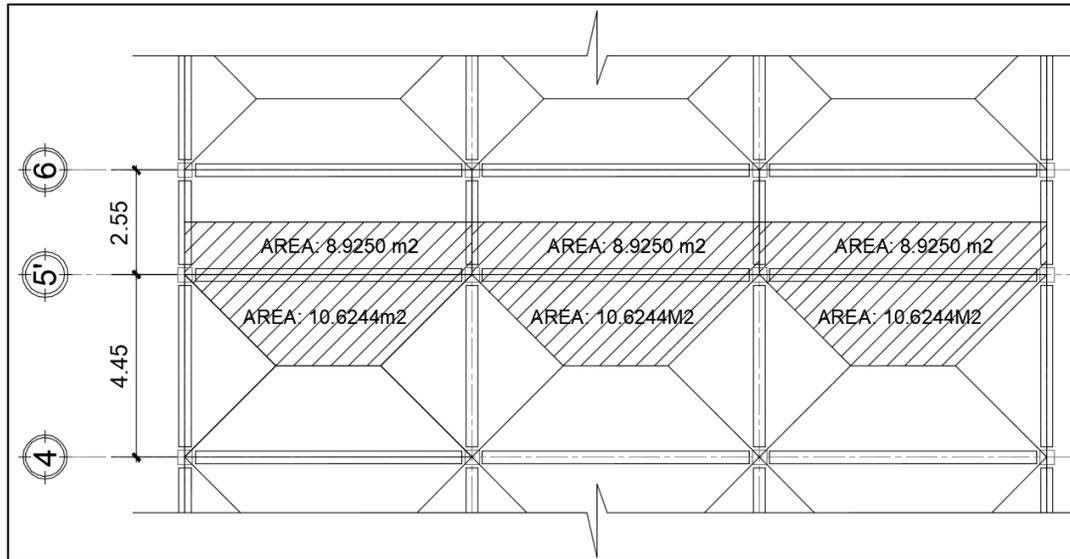
Figura 13. **Nomenclatura de vigas nivel 2 módulo B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para indicar el proceso del cálculo se detallará el procedimiento de integración de cargas para el marco del eje 5' del módulo B.

Figura 14. Áreas tributarias para marco 4



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

De la figura 14 se obtiene el área tributaria a las vigas del marco del eje 5'. Los pesos unitarios de los elementos, y las cargas vivas aplicadas, están indicados en la tabla VII, IX, X, XI y XII.

- Viga 1-5'EF

Carga muerta

$$D = \frac{(W_{losa})(A_{tributaria})}{L_{viga}} + PP_{viga} + PP_{muro}$$

$$D = \frac{(528,00)(19,5494)}{7,00} + 402,30 + 540,00$$

$$D = 2\,416,88 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$D = \frac{(W_{CV})(A_{tributaria})}{L_{viga}}$$

$$D = \frac{(350,00)(19,5494)}{7,00}$$

$$D = 977,47 \text{ kg/m}$$

A continuación, se presentan las tablas de los resultados en cada uno de los niveles y módulos.

Tabla XIII. Integración de cargas para vigas nivel 1 módulo A

Elemento	Área tributaria [m2]	Longitud [m]	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
1-2AB	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-2BC	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-2CD	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-3AB	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-3BC	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-3CD	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-4AB	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-4BC	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-4CD	9,18	7,00	1 634,73	655,71
1-5AB	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-5BC	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-6AB	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-6BC	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-6CD	9,18	7,00	1 634,73	655,71
1-7AB	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-7BC	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-7CD	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-8AB	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-8BC	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-8CD	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-9AB	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-9BC	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-9CD	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-A23	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-A34	3,0625	3,50	1 404,30	437,50

Continuación de la tabla XIII.

1-A45	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-A56	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-A67	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-A78	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-A89	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-B23	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-B34	6,125	3,50	1 866,30	875,00
1-B45	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-B56	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-B67	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-B78	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-B89	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-C23	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-C34	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-C45	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-C56	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-C67	6,125	3,50	1 866,30	875,00
1-C78	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-C89	6,125	3,50	1 866,30	612,50
1-D23	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-D34	3,0625	3,50	1 404,30	437,50
1-D67	3,0625	3,50	1 404,30	437,50
1-D78	3,0625	3,50	1 404,30	306,25
1-D89	3,0625	3,50	1 404,30	306,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Integración de cargas para vigas nivel 2 módulo A**

Elemento	Área tiburaria [m <sup>2</sup> ]	Longitud [m]	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
2-2AB	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-2BC	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-2CD	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-3AB	18,36	7,00	1 642,61	262,29
2-3BC	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-3CD	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-4AB	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-4BC	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-4CD	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-5AB	18,36	7,00	1 642,91	262,29

Continuación de la tabla XIV.

2-5BC	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-6AB	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-6BC	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-6CD	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-7AB	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-7BC	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-7CD	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-8AB	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-8BC	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-8CD	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-9AB	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-9BC	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-9CD	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-A23	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-A34	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-A45	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-A56	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-A67	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-A78	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-A89	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-B23	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-B34	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-B45	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-B56	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-B67	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-B78	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-B89	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-C23	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-C34	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-C45	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-C56	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-C67	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-C78	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-C89	6,125	3,50	1 230,05	175,00
2-D23	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-D34	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-D67	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-D78	3,0625	3,50	816,18	87,50
2-D89	3,0625	3,50	816,18	87,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Integración de cargas para vigas nivel 1 módulo B

Elemento	Área tributaria [m2]	Longitud [m]	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
1-1EF	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-1FG	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-1GH	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-2EF	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-2FG	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-2GH	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-3EF	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-3FG	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-3GH	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-4EF	19,80	7,00	2 436,09	1 414,57
1-4FG	19,80	7,00	2 436,09	1 414,57
1-4GH	19,80	7,00	2 436,09	990,20
1-5EF	19,55	7,00	2 416,88	977,47
1-5FG	19,55	7,00	2 416,88	977,47
1-5GH	19,55	7,00	2 416,88	977,47
1-6EF	18,11	7,00	2 308,50	1 293,75
1-6FG	18,11	7,00	2 308,50	1 293,75
1-6GH	18,11	7,00	2 308,50	905,63
1-7EF	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-7FG	18,36	7,00	2 327,17	1 311,43
1-7GH	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-8EF	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-8FG	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-8GH	18,36	7,00	2 327,17	918,00
1-9EF	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-9FG	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-9GH	9,18	7,00	1 634,73	459,00
1-E12	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-E23	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-E34	3,06	3,50	1 404,22	437,43
1-E45	4,95	3,50	1 689,04	495,00
1-E56	0,00	3,50	942,30	0,00
1-E67	3,06	3,50	1 404,22	437,43
1-E78	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-E89	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-F12	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-F23	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-F34	6,12	3,50	1 866,15	874,86
1-F45	9,90	3,50	2 435,79	990,00
1-F56	0,00	3,50	942,30	0,00
1-F67	6,12	3,50	1 866,15	874,86
1-F78	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-F89	6,12	3,50	1 866,15	612,40

Continuación de la tabla XV.

1-G12	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-G23	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-G34	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-G45	9,90	3,50	2 435,79	990,00
1-G56	0,00	3,50	1942,30	0,00
1-G67	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-G78	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-G89	6,12	3,50	1 866,15	612,40
1-H12	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-H23	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-H34	6,06	3,50	1 856,80	606,20
1-H45	4,95	3,50	1 689,04	495,00
1-H56	0,00	3,50	942,30	0,00
1-H67	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-H78	3,06	3,50	1 404,22	306,20
1-H89	3,06	3,50	1 404,22	306,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Integración de cargas para vigas nivel 2 módulo B**

Elemento	Área tibutaria [m <sup>2</sup> ]	Longitud [m]	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
2-1EF	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-1FG	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-1GH	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-2EF	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-2FG	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-2GH	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-3EF	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-3FG	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-3GH	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-4EF	19,80	7,00	1 740,48	282,91
2-4FG	19,80	7,00	1 740,48	282,91
2-4GH	19,80	7,00	1 740,48	282,91
2-5EF	19,55	7,00	1 723,28	279,28
2-5FG	19,55	7,00	1 723,28	279,28
2-5GH	19,55	7,00	1 723,28	279,28
2-6EF	18,11	7,00	1 626,19	258,75
2-6FG	18,11	7,00	1 626,19	258,75
2-6GH	18,11	7,00	1 626,19	258,75
2-7EF	18,36	7,00	1 642,91	262,29

Continuación de la tabla XVI.

2-7FG	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-7GH	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-8EF	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-8FG	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-8GH	18,36	7,00	1 642,91	262,29
2-9EF	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-9FG	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-9GH	9,18	7,00	1 022,61	131,14
2-E12	3,06	3,50	816,11	87,49
2-E23	3,06	3,50	816,11	87,49
2-E34	3,06	3,50	816,11	87,49
2-E45	4,95	3,50	1 071,26	141,43
2-E56	0,00	3,50	402,30	0,00
2-E67	3,06	3,50	816,11	87,49
2-E78	3,06	3,50	816,11	87,49
2-E89	3,06	3,50	816,11	87,49
2-F12	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-F23	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-F34	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-F45	9,90	3,50	1 740,21	282,86
2-F56	0,00	3,50	402,30	0,00
2-F67	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-F78	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-F89	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-G12	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-G23	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-G34	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-G45	9,90	3,50	1 740,21	282,86
2-G56	0,00	3,50	402,30	0,00
2-G67	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-G78	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-G89	6,12	3,50	1 229,91	174,97
2-H12	3,06	3,50	816,11	87,49
2-H23	3,06	3,50	816,11	87,49
2-H34	6,06	3,50	1 221,54	173,20
2-H45	4,95	3,50	1 071,26	141,43
2-H56	0,00	3,50	402,30	0,00
2-H67	3,06	3,50	816,11	87,49
2-H78	3,06	3,50	816,11	87,49
2-H89	3,06	3,50	816,11	87,49

Fuente: elaboración propia.

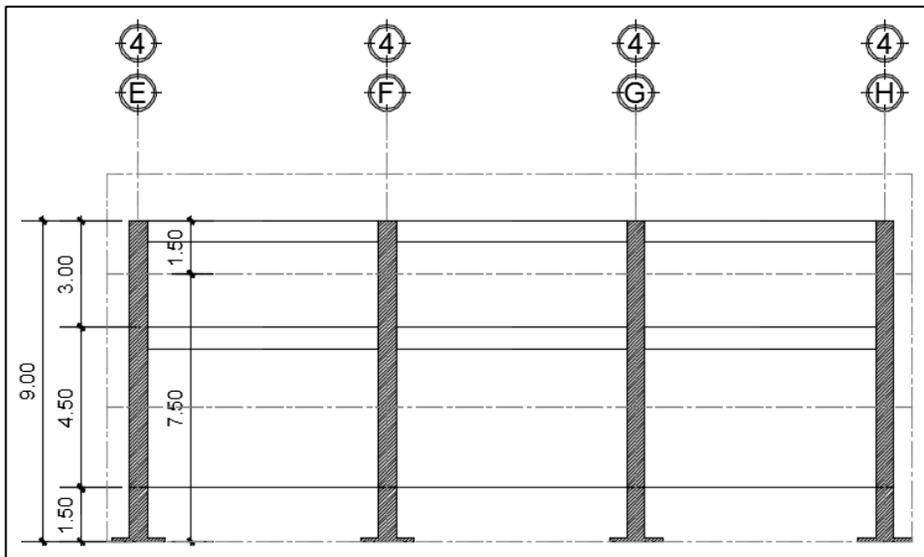
### 2.1.8.5. Integración de carga horizontal

Toda edificación debe ser diseñado para resistir fuerzas sísmica laterales. El cálculo de cargas laterales se refiere a la estimación de todas las cargas horizontales que afectan la estructura, se consideran principalmente la acción de sismo, en este caso se aplicará el método de la carga sísmica estática equivalente según Normas AGIES NSE 2010.

#### 2.1.8.5.1. Masa (peso) sísmico $W_s$

El peso  $W_s$  incluirá como mínimo la carga muerta total de la edificación y el 25 % de la carga viva que no califica como reducible, definida en la sección 1.10.3 de AGIES NSE 3-10. El criterio para la consideración de los pesos por nivel utilizados en los procedimientos posteriores se ilustra en la figura 15.

Figura 15. Consideración de la masa sísmica por nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.8.5.2. Carga muerta sísmica

Como se ha establecido, la carga muerta sísmica se calcula como el peso de los elementos estructurales, mostrados en la tabla siguiente.

Tabla XVII. **Peso sísmico muerto total de nivel 2 y 1 módulo A**

Elemento	Peso unitario	unidad	cantidad		Peso [kg/m]	%
Vigas	402,30	kg/m	252,00	m	101 379,60	25,36
Losa final	473,00	kg/m <sup>2</sup>	492,00	m <sup>2</sup>	232 716,00	58,20
Columnas	535,50	Kg/col	31	col	16 600,50	4,15
Muros	270,00	kg/m	182	m	49 140,00	12,29
Peso muerto total nivel 2 [kg]					399 836,10	100,00
Peso muerto total nivel 2 [Ton]					399,84	
Elemento	Peso unitario	Unidad	cantidad		Peso [kg/m]	%
Vigas	402,30	kg/m	252,00	m	101 379,60	19,12
Losa entrepiso	528,00	kg/m <sup>2</sup>	492,00	m <sup>2</sup>	259 776,00	48,99
Columnas	1 338,75	Kg/col	31	col	41 501,25	7,83
Muros	675,00	kg/m	189	m	127 575,00	24,06
Peso muerto total nivel 1 [kg]					530 231,85	100,00
Peso muerto total nivel 1 [Ton]					530,23	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Peso sísmico muerto total de nivel 2 y 1 módulo B**

<b>Elemento</b>	<b>Peso unitario</b>	<b>Unidad</b>	<b>cantidad</b>		<b>Peso [kg/m]</b>	<b>%</b>
Vigas	402,30	kg/m	301,00	m	121 092,30	24,79
Losa final	473,00	kg/m <sup>2</sup>	588,00	m <sup>2</sup>	278 124,00	56,94
Columnas	535,50	Kg/col	36	col	19 278,00	3,95
Muros	270,00	kg/m	259	m	69 930,00	14,32
Peso muerto total nivel 2 [kg]					488 424,30	100,00
Peso muerto total nivel 2 [Ton]					488,42	
<b>Elemento</b>	<b>Peso unitario</b>	<b>Unidad</b>	<b>cantidad</b>		<b>Peso [kg/m]</b>	<b>%</b>
Vigas	402,30	kg/m	301,00	m	121 092,30	19,05
Losa entrepiso	528,00	kg/m <sup>2</sup>	588,00	m <sup>2</sup>	310 464,00	48,84
Columnas	1 338,75	Kg/col	36	col	48 195,00	7,58
Muros	625,00	kg/m	231	m	155 925,00	24,53
Peso muerto total nivel 1 [kg]					635 676,30	100,00
Peso muerto total nivel 1 [Ton]					635,68	

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.8.5.3. Carga viva sísmica

Se recomienda que cuando la carga viva promedio actuante sobre un nivel específico sobrepasa 480 kilogramos sobre metro cuadrado (100 libras sobre pie cuadrado) se tome el 100 del aporte de dicha carga en el peso sísmico de la estructura.

Tabla XIX. **Peso sísmico por carga viva en nivel 2 y 1 módulo A**

carga viva promedio [kg/m <sup>2</sup> ]					100
factor de participación de carga viva					25 %
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad		Peso [kg]
Losa	25,00	kg/m <sup>2</sup>	492,00	m <sup>2</sup>	12 300,00
Peso vivo total nivel 2 [kg]					12 300,00
Peso vivo total nivel 2 [Ton]					12,30
carga viva promedio [kg/m <sup>2</sup> ]			(350+500)/2=		425,00
factor de participación de carga viva					25 %
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad		Peso [kg]
Losa	106,25	kg/m <sup>2</sup>	492,00	m <sup>2</sup>	52 275,00
Peso vivo total nivel 1 [kg]					52 275,00
Peso vivo total nivel 1 [Ton]					52,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Peso sísmico por carga viva en nivel 2 y 1 módulo B**

carga viva promedio [kg/m <sup>2</sup> ]					100
factor de participación de carga viva					25 %
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad		Peso [kg]
Losa	25,00	kg/m <sup>2</sup>	588,00	m <sup>2</sup>	14 700,00
Peso vivo total nivel 2 [kg]					14 700,00
Peso vivo total nivel 2 [Ton]					14,70
carga viva promedio [kg/m <sup>2</sup> ]			(350+500)/2=		425,00
factor de participación de carga viva					25 %
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad		Peso [kg]
Losa	106,25	kg/m <sup>2</sup>	588,00	m <sup>2</sup>	62 475,00
Peso vivo total nivel 1 [kg]					62 475,00
Peso vivo total nivel 1 [Ton]					62,48

Fuente: elaboración propia.

Con base en los cálculos anteriores, se obtiene el peso sísmico total de la estructura, se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla XXI. Peso sísmico total por nivel módulo A**

<b>Nivel</b>	<b>Peso sísmico por carga muerta [kg]</b>	<b>Peso sísmico por carga viva [kg]</b>	<b>Peso total del nivel [kg]</b>
2do. Nivel	399 836,10	12 300,00	412 136,10
1er. Nivel	530 231,85	52 275,00	582 506,85
Totales [kg]	930 067,95	64 575,00	994 642,95
Totales [Ton]	930,07	64,58	994,64

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXII. Peso sísmico total por nivel módulo B**

<b>Nivel</b>	<b>Peso sísmico por carga muerta [kg]</b>	<b>Peso sísmico por carga viva [kg]</b>	<b>Peso total del nivel [kg]</b>
2do. Nivel	488 424,30	14 700,00	503 124,30
1er. Nivel	635 676,30	62 475,00	698 151,30
Totales [kg]	1 124 100,60	77 175,00	1 201 275,60
Totales [Ton]	1 124,10	77,18	1 202,28

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.8.5.4. Cortante basal al límite de cedencia**

Según 2.1.2 de normas AGIES NSE 3-2018 el total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis, se representará por medio del cortante estático equivalente al límite de

cedencia con base en la estructura o simplemente el cortante basal estático a cedencia ( $V_b$ ).

$$V_b = C_s W_s$$

Donde:

$V_b$  = cortante basal estático

$C_s$  = coeficiente sísmico de diseño

$W_s$  = peso de la edificación

Para el cálculo del coeficiente sísmico se obtiene el valor  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$ , de la tabla lista de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio, del Anexo A de la norma AGIES NSE 2 – 2018 pág. A-12. Véase en anexos.

Índices para el municipio de Santa María Visitación, Sololá:

$$I_o = 4,2$$

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

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

Tomando en cuenta la clasificación de la obra por construir (esencial) y el índice de sismicidad ( $I_o = 4,2$ ), según tabla 4.2.2-1 de la norma AGIES NSE 2-2018, pág.4-2. el nivel de protección sísmica que se usará en el diseño será tipo E.

- Ajuste por clase de sitio

El valor de  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$ , deberá ser ajustado a las condiciones en la superficie, según el perfil del suelo que cubra al basamento en el sitio. Esto podrá hacerse en forma genérica siguiente:

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

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

El valor de  $F_a$  y  $F_v$  son valores de ajuste por clase de sitio y se obtiene de las siguientes tablas:

Tabla XXIII. **Coefficiente de sitio  $F_a$**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2,1	2,2	3,1	3,2	4,1-4,2-4,3
<b>AB</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>C</b>	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
<b>D</b>	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
<b>E</b>	1,7	1,3	1,1	1,0	(0,9)
<b>F</b>	Se requiere evaluación específica				

Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 4-7.

Tabla XXIV. **Coefficiente de sitio  $F_v$**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2,1	2,2	3,1	3,2	4,1-4,2-4,3
<b>AB</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>C</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
<b>D</b>	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
<b>E</b>	3,3	2,8	2,6	2,4	2,2
<b>F</b>	Se requiere evaluación específica				

Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 4-7.

Según el perfil de suelo e índice de sismicidad se tiene que  $F_a=0,9$  y  $F_v=2,20$ , entonces:

$$S_{cs} = 1,50 * 0,9 = 1,35$$

$$S_{1s} = 0,55 * 2,20 = 1,21$$

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales

El valor de  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$  deberá ser adicionalmente ajustado por la posibilidad de intensidades incrementadas de vibración en el sitio.  $N_a$  y  $N_v$  son factores que depende de la proximidad de las amenazas especiales sísmicas.

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

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

Los valores de  $N_a$  y  $N_v$  se obtiene de las siguientes tablas:

Tabla XXV. **Factor Na para periodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
<b>A</b>	1,25	1,12	(1,00)
<b>B</b>	1,12	1,00	1,00
<b>C</b>	1,00	1,00	1,00

Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 4-12.

Tabla XXVI. **Factor Nv para periodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica			
	≤ 2 km	5 km	10 Km	≥ 15 km
<b>A</b>	1,40	1,12	1,10	(1,00)
<b>B</b>	1,20	1,10	1,00	1,00
<b>C</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 4-12.

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:

$$S_{cs} = 1,50 * 0,9 * 1,00 = 1,35$$

$$S_{1s} = 0,55 * 2,20 * 1,00 = 1,21$$

- Cálculo del espectro calibrado por nivel de diseño

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

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

El valor de los factores de escala  $K_d$ , dependerá de probabilidad de ocurrencia de los sismos.

Tabla XXVII. **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: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitios*. p. 4-8.

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

Entonces:

$$S_{cd} = 0,80 * 1,35 = 1,08$$

$$S_{1d} = 0,80 * 1,21 = 0,968$$

- Cálculo del periodo fundamental de vibración empírico

El periodo fundamental de vibración de una edificación se estimará en forma empírica y genérica según 2.1.6 AGIES NSE 3-2018 p. 2-3.

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

Donde:

$K_T$  y  $x$  = coeficientes que están en función del sistema estructural 2.1.6 AGIES NSE3-2018 inciso (2).

$h_n$  = altura total del edificio en metros.

$$T = 0,047 * (7,50)^{0,90} = 0,2881 \text{ s}$$

- Cálculo del periodo de transición

El periodo  $T_s$  en (s) que separa los periodos cortos de los largos según 4.5.4 AGIES NSE 2-2018 p. 4-7. (Fe de erratas AGIES 2013).

$$T_s = S_{1d} / S_{cd}$$
$$T_s = 0,968 / 1,08 = 0,8963 \text{ s}$$

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

$$T = 0,2881 < T_s = 0,8963$$

Por tanto, las ordenadas espectrales  $S_a (T) = S_{cd}$  según 4.5.6 norma AGIES NSE 2-2018 p. 4-9.

$$S_a (T) = S_{cd}$$
$$S_a (T) = 1,08$$

- Cálculo del coeficiente sísmico al límite de cedencia ( $C_s$ )

El coeficiente sísmico  $C_s$  en cada dirección de análisis se establecerá según la ecuación 2.1.3 de normas AGIES NSE 3-2018 p. 2-2.

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

Donde:

$S_a(T)$  = demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo  $T$  obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio.

$R$  = 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 E1 marcos de concreto reforzado. Según 1.6.14 AGIES 3-2018 p. 1-16.

$$C_s = \frac{1,08}{8} = 0,135$$

- Valores mínimos de  $C_s$

Se verifica que  $C_s$  de la ecuación anterior cumpla con lo siguiente (2.1.4 de AGIES NSE 3-2018 p. 2-2)

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

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

$$0,044 * 1,08 = 0,0475$$

$$0,135 \geq 0,0475 \geq 0,01$$

cumple

$$(0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,55) / 8 = 0,0413 \quad 0,135 \geq 0,0413 \quad \text{cumple}$$

Por lo tanto, se usará 0,135 como coeficiente sísmico mínimo.

- Cálculo del valor de cortante basal

Se procede a calcular el cortante basal para el módulo A y módulo B tomando en cuenta los pesos de las edificaciones

módulo A

$$\begin{aligned} V_b &= C_s W_s \\ V_b &= 0,135(994\,642,95 \text{ Kg}) \\ V_b &= 134\,276,80 \text{ Kg} \end{aligned}$$

módulo B

$$\begin{aligned} V_b &= C_s W_s \\ V_b &= 0,135(1\,201\,275,60 \text{ Kg}) \\ V_b &= 162\,172,21 \text{ Kg} \end{aligned}$$

#### **2.1.8.5.5. Distribución de la fuerza sísmica por nivel**

La fuerza sísmica está relacionada con la altura y el peso de cada nivel, dicha fuerza debe distribuirse en los 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 3-2018. El cortante basal se distribuirá a lo alto del edificio de acuerdo con:

$$F_x = C_{vx}V_b$$

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

$k$  =  $0,75 + 0,5 T_s$  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

La tabla siguiente resume el procedimiento para distribuir verticalmente la fuerza sísmica, tomando valores de la sección 2.1.8.5.3 resumidos en las tablas XXI y XXII:

Tabla XXVIII. **Distribución vertical del corte basal módulo A**

Nivel	Altura (hx) [m]	Vb [kg]	Peso Wx [kg]	(Wx)(hx) [kg-m]	Cvx	Fx=Vb*Cvx [kg]
2,00	9,00	134 276,80	412 136,10	3 709 224,90	0,51	69 134,43
1,00	6,00	134 276,80	582 506,85	3 495 041,10	0,49	65 142,37
			Totales	7 204 266,00		

Fuente: elaboración propia.

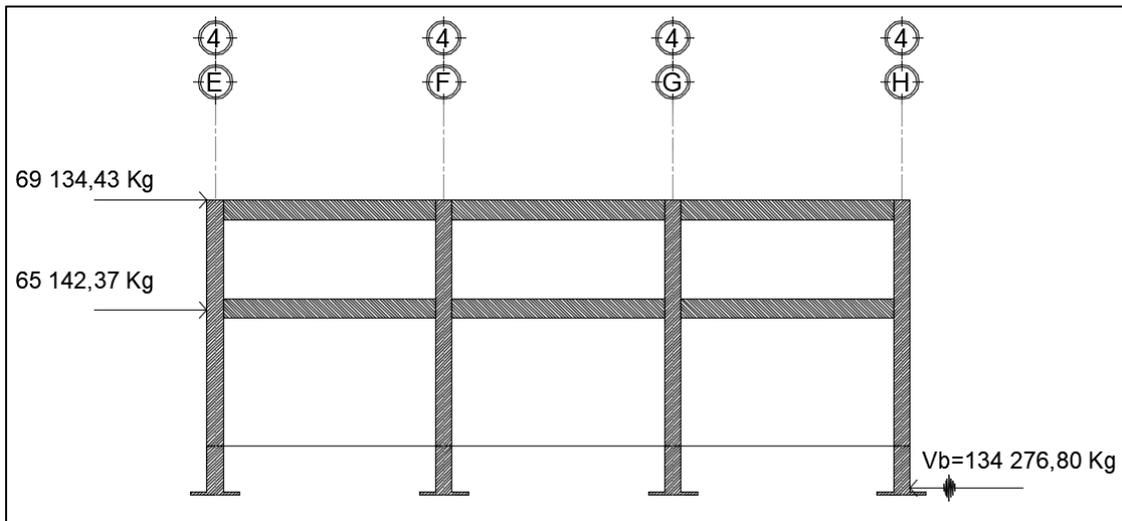
Tabla XXIX. **Distribución vertical del corte basal módulo B**

Nivel	Altura (hx) [m]	Vb [kg]	Peso Wx [kg]	(Wx)(hx) [kg-m]	Cvx	Fx=Vb*Cvx [kg]
2,00	9,00	162 172,21	503 124,30	4 528 118,70	0,52	84 241,46
1,00	6,00	162 172,21	698 151,30	4 188 907,80	0,48	77 930,75
			Total	8 717 026.50		

Fuente: elaboración propia.

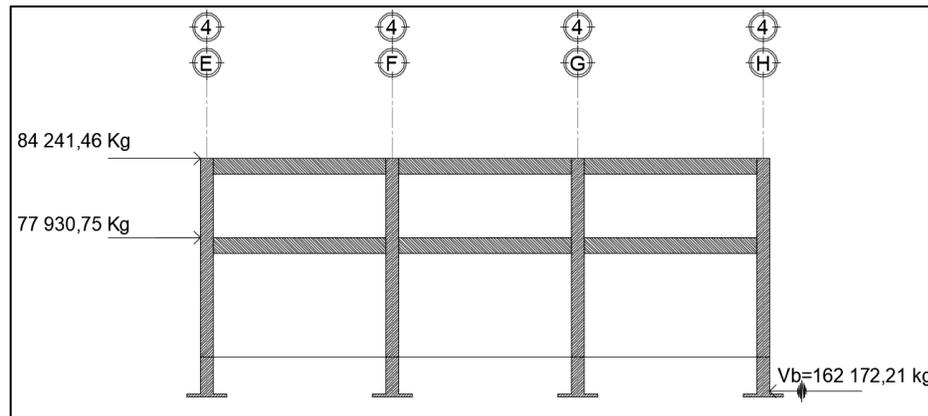
En la figura 16 y 17 muestra la idealización de la distribución lineal del primer modo de vibración considerando en el método de la carga estática equivalente.

Figura 16. **Distribución vertical del cortante basal módulo A**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 17. **Distribución vertical del cortante basal módulo B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.9. **Determinación del centro de rigidez**

El centro de rigidez puede solo aproximarse de forma relativa, debido a que la ubicación de este punto de concentración de la resistencia a las fuerzas impuestas a un diafragma varía de forma dinámica, de la misma manera que los elementos resistentes ceden, o se plastifican, mientras son sobre esforzados por las excitaciones de carácter sísmico.

En el procedimiento recomendado por la práctica actual, y se basa en los requerimientos del ACI 318-08, es calcular el módulo de elasticidad del concreto, pero debido a las fórmulas utilizadas posteriormente para el cálculo del centro de rigidez, este valor se simplifica. Por tal razón se dejará en términos del módulo de elasticidad (E).

Cálculo de rigidez por eje

$$K = \frac{Ebt}{H \left[ \left( \frac{H}{t} \right)^2 + 3 \right]}$$

Donde:

b = ancho de sección

t = altura de la sección

H = luz libre del elemento

### 2.1.9.1. Rigidez de columnas

Las siguientes tablas resumen el proceso de cálculo de la rigidez lateral de los ejes del sistema estructural a fuerzas laterales, de los módulos A y B, en cada uno de sus niveles. Para el módulo B se tomará el mismo valor de rigidez, debido a sus características iguales.

Tabla XXX. Rigideces de columnas módulo A y B

Nivel	Procedimiento	Rigidez [kgE/cm]
Segundo nivel	$K = \frac{E(35)(35)}{(300) \left[ \left( \frac{300}{35} \right)^2 + 3 \right]}$	0,0534
Primer nivel	$K = \frac{E(35)(35)}{(450) \left[ \left( \frac{600}{35} \right)^2 + 3 \right]}$	0,0069

Fuente: elaboración propia.

El centro de rigidez se calcula mediante a siguiente expresión.

$$X_{cr} = \frac{\sum(K_{yi}X_i)}{\sum K_{yi}}$$

$$Y_{cr} = \frac{\sum(K_{xi}Y_i)}{\sum K_{xi}}$$

Tabla XXXI. **Cálculo de centro de rigidez en sentido X, nivel 2, módulo A**

Ejes	Núm. Columnas	Rigidez de columna (Kcol) [kg/cm]	Rigidez de eje (Kyi) [kg/cm]	Distancia al centroide del eje (xi)	(Kyi)(Xi) [KgE/cm-m]
A	8,000	0,053	0,427	0,000	0,000
B	8,000	0,053	0,427	7,000	2,990
C	8,000	0,053	0,427	14,000	5,981
D	7,000	0,053	0,374	21,000	7,850
Totales	31,000	0,214	1,655		16,820

Fuente: elaboración propia.

$$X_{cr-A} = \frac{16\,820\ E}{1\,655\ E} = 10\,161\ m$$

Tabla XXXII. **Cálculo de centro de rigidez en sentido Y, nivel 2, módulo A**

Ejes X	Núm. Columnas	Rigidez de columna (Kcol) [kg/cm]	Rigidez de eje (Kxi) [kgE/cm]	Distancia al centroide del eje (yi)	(Kxi)(Yi) [KgE/cm-m]
2	4	0,053	0,214	0,000	0,000
3	4	0,053	0,214	3,500	0,748
4	4	0,053	0,214	7,000	1,495
5	3	0,053	0,160	10,500	1,682
6	4	0,053	0,214	14,000	2,990
7	4	0,053	0,214	17,500	3,738
8	4	0,053	0,214	21,000	4,485
9	4	0,053	0,214	24,500	5,233
TOTALES	31	0,427	1,655		20,371

Fuente: elaboración propia.

$$Y_{cr-A} = \frac{20\,371\,E}{1\,655\,E} = 12\,306\,m$$

Siguiendo el procedimiento similar para el primer nivel, se obtienen las coordenadas del centro de rigidez, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla XXXIII. **Coordenadas del centro de rigidez, módulo A**

<b>Segundo nivel</b>	
Sentido	Distancia desde el punto de referencia [m]
Sentido X ( $X_{cr}$ )	10,161
Sentido Y ( $Y_{cr}$ )	12,306
<b>Primer nivel</b>	
Sentido X ( $X_{cr}$ )	10,161
Sentido Y ( $Y_{cr}$ )	12,306

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Cálculo de centro de rigidez en sentido x, nivel 2, módulo B**

Ejes	Núm. Columnas	Rigidez de columna (Kcol) [kgE/cm]	Rigidez de eje (Kyi) [kgE/cm]	Distancia al centroide del eje (xi)	(Kyi)(Xi) [KgE/cm-m]
E	9	0,053	0,481	0,00	0,000
F	9	0,053	0,481	7,00	3,364
G	9	0,053	0,481	14,00	6,728
H	9	0,053	0,481	21,00	10,092
TOTALES	36	0,214	1,922		20,185

Fuente: elaboración propia.

$$X_{cr-B} = \frac{20,185\,E}{1,922\,E} = 10,50\,m$$

Tabla XXXV. **Cálculo de centro de rigidez en sentido Y, nivel 2, módulo B**

Ejes X	Núm. Columnas	Rigidez de columna (Kcol) [kg/cm]	Rigidez de eje (Kxi) [kgE/cm]	Distancia al centroide del eje (yi)	(Kxi)(Yi) [KgE/cm-m]
1	4	0,053	0,214	0,000	0,000
2	4	0,053	0,214	3,500	0,748
3	4	0,053	0,214	7,000	1,495
4	3	0,053	0,160	10,500	1,682
5	4	0,053	0,214	14,950	3,193
6	4	0,053	0,214	17,500	3,738
7	4	0,053	0,214	21,000	4,485
8	4	0,053	0,214	24,500	5,233
9	4	0,053	0,214	28,000	5,981
TOTALES	35	0,481	1,869		26,555

Fuente: elaboración propia.

$$Y_{cr-B} = \frac{26,555E}{1,869 E} = 14,21 m$$

Siguiendo el procedimiento similar para el primer nivel, se obtienen las coordenadas del centro de rigidez, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla XXXVI. **Coordenadas del centro de rigidez, módulo B**

<b>Segundo nivel</b>	
Sentido	Distancia desde el punto de referencia [m]
Sentido X ( $X_{cr}$ )	10,50
Sentido Y ( $Y_{cr}$ )	14,21
<b>Primer nivel</b>	
Sentido X ( $X_{cr}$ )	10,50
Sentido Y ( $Y_{cr}$ )	14,21

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Determinación del centro de masa

Existen varias formas de aproximar el centro de masas de un nivel determinado, pero todas se quedan en aproximaciones debido a que se analiza una situación idealizada por el propio diseñador.

Se recomienda que se simplifique el procedimiento según los ejes, calculando los pesos de los elementos involucrados, y dando un peso total por eje, agregando, además, la carga viva asignada en el nivel de análisis; este procedimiento se muestra en las tablas siguientes.

Tabla XXXVII. **Peso de ejes en sentido X, nivel 2, módulo A**

EJE	Vigas		Losa final		Muros		Carga viva		Total por eje [kg]
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	402,30	[Kg/m]	473,00	[Kg/m <sup>2</sup> ]	540	[Kg/m]	100	[Kg/m <sup>2</sup> ]	
	Cantidad [m]		Cantidad [m <sup>2</sup> ]		Cantidad [m]		Cantidad [m <sup>2</sup> ]		
2	21		--		21		--		19 788,30
3	21		--		21		--		19 788,30
4	21		--		10,5		--		14 118,30
5	14		--		7		--		9 412,20
6	21		--		10,5		--		14 118,30
7	21		--		10,5		--		14 118,30
8	21		--		7		--		12 228,30
9	21		--		21		--		19 788,30
Losa	--		492		--		--		232 716,00
Carga viva	--		--		--		492		49 200,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Peso de ejes en sentido Y, nivel 2, módulo A**

Eje	Vigas		Columnas		Muros		Total por eje [kg]
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	402,30	[Kg/m]	1071,00	[Kg/col]	540	[Kg/m]	
	Cantidad [m]		Cantidad [uni]		Cantidad [m]		
A	24,5		8		21		29 764,35
B	24,5		8		21		29 764,35
C	24,5		8		17,5		27 874,35
D	24,5		7		10,5		23 023,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Peso de ejes en sentido X, nivel 1, módulo A**

Eje X	vigas	losa entrepiso	muros	cv hospital	cv pasillos	total por eje [kg]
	[Kg/m]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[Kg/m]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	
	402,30	528,00	810,00	350,00	500,00	
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	
2	21	--	21	--	--	25 458,30
3	21	--	21	--	--	25 458,30
4	21	--	10,5	--	--	16 953,30
5	14	--	7	--	--	11 302,20
6	21	--	7	--	--	14 118,30
7	21	--	14	--	--	19 788,30
8	21	--	3,5	--	--	11 283,30
9	21	--	17,5	--	--	22 623,30
LOSA	--	492	--	--	--	259 776,00
CV 01	--	--	--	467,5	--	163 625,00
CV 02	--	--	--	--	24,5	12 250,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Peso de ejes en sentido Y, nivel 1, módulo A**

Eje	Vigas		Columnas		Muros		Total por eje [kg]
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	402,30	[Kg/m]	2 142,00	[Kg/col]	810,00	[Kg/m]	
	Cantidad [m]		Cantidad [uni]		Cantidad [m]		
A	24,5		8		21		44 002,35
B	24,5		8		21		44 002,35
C	24,5		8		17,5		41 167,35
D	24,5		7		10,5		33 355,35

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los pesos de los ejes, en cada nivel y en cada sentido, se procede a calcular el centro de masas en cada nivel, con las expresiones siguientes:

$$X_{cm} = \frac{\sum(W_i X_i)}{\sum W_i}$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum(W_i Y_i)}{\sum W_i}$$

Tabla XLI. **Cálculo de centroide en sentido X, nivel 2, módulo A**

Eje	Peso (Wx) [Kg]	Distancia al centroide del eje (Xi) [m]	(Wi)(Xi) [Kg-m]
2	19 788,30	10,50	207 777,15
3	19 788,30	10,50	207 777,15
4	14 188,30	10,50	148 242,15
5	9 412,20	7,00	65 885,40
6	14 188,30	10,50	148 242,15
7	14 188,30	10,50	148 242,15
8	12 228,30	10,50	128 397,15
9	19 788,30	10,50	207 777,15
A	29 764,35	0,00	0,00
B	29 764,35	7,00	208 350,45
C	27 874,35	14,00	390 240,90

Continuación de la tabla XLI.

D	23 023,35	21,00	483 490,35
LOSA	232 716,00	10,50	2 443 518,00
CV LOSA 01	49 200,00	10,50	516 600,00
SUMATORIA	515 702,70		5 304 540,15

Fuente: elaboración propia.

$$X_{cm-A} = \frac{5\,304\,540,15}{515\,702,70} = 10,29\,m$$

Tabla XLII. **Cálculo de centroide en sentido Y, nivel 2, módulo A**

Eje	Peso (Wx) [Kg]	Distancia al centroide del eje (Yi) [m]	(Wi)(Yi) [Kg-m]
2	19 788,30	0,00	0,00
3	19 788,30	3,50	69 259,05
4	14 118,30	7,00	98 828,10
5	9 412,20	10,50	98 828,10
6	14 118,30	14,00	197 656,20
7	14 118,30	17,50	247 070,25
8	12 228,30	21,00	256 794,30
9	19 788,30	24,50	484 813,35
A	29 764,35	12,25	364 613,29
B	29 764,35	12,25	364 613,29
C	27 874,35	12,25	341 460,79
D	23 023,35	12,25	282 036,04
LOSA	232 716,00	12,25	2 850 771,00
CV LOSA 01	49 200,00	12,25	602 700,00
SUMATORIA	515 702,70		6 259 443,75

Fuente: elaboración propia.

$$Y_{cm-A} = \frac{6\,259\,443,75}{515\,702,70} = 12,14\,m$$

Siguiendo un procedimiento similar para el primer nivel se obtienen las coordenadas del centro de masa, como se muestra en la tabla siguiente;

Tabla XLIII. **Coordenadas del centro de masa, módulo A**

<b>Segundo nivel</b>	
Sentido	Distancia desde el punto de referencia [m]
Sentido X (Xcm)	10,29
Sentido Y (Ycm)	12,14
<b>Primer nivel</b>	
Sentido X (Xcm)	10,28
Sentido Y (Ycm)	12,06

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Peso de ejes en sentido X, nivel 2, módulo B**

Eje	Vigas		Losa final		Muros		Carga viva		Total por eje [kg]
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	402,30	[Kg/m]	473,00	[Kg/m2]	540	[Kg/m]	100	[Kg/m2]	
	Cantidad [m]	Cantidad [m2]	Cantidad [m]	Cantidad [m2]	Cantidad [m]	Cantidad [m2]			
1	21,00	--	--	--	21,00	--	--	--	19 788,30
2	21,00	--	--	--	7,00	--	--	--	12 228,30
3	21,00	--	--	--	14,00	--	--	--	16 008,30
4	21,00	--	--	--	17,50	--	--	--	17 898,30
5	21,00	--	--	--	10,50	--	--	--	14 118,30
6	21,00	--	--	--	17,50	--	--	--	17 898,30
7	21,00	--	--	--	17,50	--	--	--	17 898,30
8	21,00	--	--	--	7,00	--	--	--	12 228,30
9	21,00	--	--	--	17,50	--	--	--	17 898,30
Losa	--	--	588,00	--	--	--	--	--	278 124,00
Carga viva	--	--	--	--	--	--	588,00	--	58 800,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Peso de ejes en sentido Y, nivel 2, módulo B**

Eje	Vigas		Columnas		Muros		Total por eje [kg]
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	402,30	[Kg/m]	1071,00	[Kg/col]	540	[Kg/m]	
	Cantidad [m]		Cantidad [uni]		Cantidad [m]		
E	28,00		9		21		32 243,40
F	28,00		9		21		32 243,40
G	28,00		9		21		32 243,40
H	28,00		9		28		36 023,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Peso de ejes en sentido X, nivel 1, módulo B**

Eje X	Vigas	Losa entrepiso	Muros	Cv hospital	Cv pasillos	Total por eje [kg]
	[Kg/m]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[Kg/m]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	
	402,30	528,00	810	350	500	
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	
1	21	--	21	--	--	25 458,30
2	21	--	7	--	--	14 118,30
3	21	--	14	--	--	19 788,30
4	21	--	17,5	--	--	22 623,30
5	21	--	17,5	--	--	22 623,30
6	21	--	17,5	--	--	22 623,30
7	21	--	17,5	--	--	22 623,30
8	21	--	--	--	--	8 448,30
9	21	--	17,5	--	--	22 623,30
LOSA	--	588	--	--	--	310 464,00
CV 01	--	--	--	477,75	--	167 212,50
CV 02	--	--	--	--	110,3	55 125,00

Fuente: elaboración propia

Tabla XLVII. **Peso de ejes en sentido Y, nivel 1, módulo B**

Eje	Vigas		Columnas		Muros		Total por eje [kg]
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	402,30	[Kg/m]	2 142,00	[Kg/col]	810	[Kg/m]	
	Cantidad [m]		Cantidad [uni]		Cantidad [m]		
E	28,00		9		21,00		47 552,40
F	28,00		9		21,00		47 552,40
G	28,00		9		28,00		53 222,40
H	28,00		9		28,00		53 222,40

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los pesos de los ejes, en cada nivel y en cada sentido, se procede a calcular el centro de masas en cada nivel del módulo B, con las expresiones siguientes.

$$X_{cm} = \frac{\sum(W_i X_i)}{\sum W_i}$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum(W_i Y_i)}{\sum W_i}$$

Tabla XLVIII. **Cálculo de centroide en sentido X, nivel 2, módulo B**

Eje	Peso (Wx) [Kg]	Distancia al centroide del eje (Xi) [m]	(Wi)(Xi) [Kg-m]
1	19 788,30	10,50	207 777,15
2	12 228,30	10,50	128 397,15
3	16 008,30	10,50	168 087,15
4	17 898,30	10,50	187 932,15
5	14 118,30	10,50	148 242,15
6	17 989,30	10,50	187 932,15
7	17 898,30	10,50	187 932,15
8	12 228,30	10,50	128 397,15
9	17 898,30	10,50	187 932,15
E	32 243,40	0,00	0,00

Continuación de la tabla XLVIII.

F	32 243,40	7,00	225 703,80
G	32 243,40	14,00	451 407,60
H	36 023,40	21,00	756 491,40
LOSA	278 124,00	10,50	2 920 302,00
CV LOSA 01	58 800,00	10,50	617 400,00
SUMATORIA	615 642,30		6 503 934,15

Fuente: elaboración propia

$$X_{cm-B} = \frac{6\,503\,934,15}{615\,642,30} = 10,56 \text{ m.}$$

Tabla XLIX. **Cálculo de centroide en sentido Y, nivel 2, módulo B**

Eje	Peso (Wx) [Kg]	Distancia al centroide del eje (Yi) [m]	(Wi)(Yi) [Kg-m]
1	19 788,30	0,00	0,00
2	12 228,30	3,50	42 799,05
3	16 008,30	7,00	112 058,10
4	17 898,30	10,50	187 932,15
5	14 118,30	14,00	197 656,20
6	17 898,30	17,50	313 220,25
7	17 898,30	21,00	375 864,30
8	12 228,30	24,50	299 593,35
9	17 898,30	28,00	501 152,40
E	32 243,40	14,00	451 407,60
F	32 343,40	14,00	451 407,60
G	32 243,40	14,00	451 407,60
H	36 023,40	14,00	504 327,60
LOSA	278 124,00	14,00	3 898 736,00
CV LOSA 01	58 800,00	14,00	823 200,00
SUMATORIA	615 642,30		8 605 762,20

Fuente: elaboración propia

$$Y_{cm-B} = \frac{8\,605\,762,20}{615\,642,30} = 13,98 \text{ m.}$$

Al seguir el procedimiento similar para el primer nivel, se obtiene las coordenadas del centro de masa, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla L. **Coordenadas del centro de masa módulo B**

<b>Segundo nivel</b>	
Sentido	Distancia desde el punto de referencia
Sentido X (Xcm)	10,56
Sentido Y (Ycm)	13,98
<b>Primer nivel</b>	
Sentido X (Xcm)	10,59
Sentido Y (Ycm)	13,91

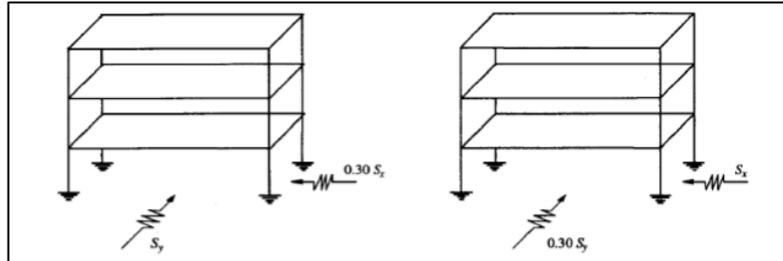
Fuente: elaboración propia.

### **2.1.11. Torsión**

Debe revisarse la estructura para la acción de dos componentes horizontales ortogonales del movimiento del terreno. Se considerará actuando simultáneamente el valor de diseño de un componente más 30 por ciento del valor de diseño del componente ortogonal (figura 18).

Ha sido costumbre considerar que la acción sísmica se ejerce en forma independiente en cada dirección, o sea revisar el efecto de la acción sísmica de diseño en una de las direcciones principales de la estructura, considerando que las fuerzas sísmicas son nulas en cualquier otra dirección.

Figura 18. **Combinación del efecto sísmico en dos direcciones**



Fuente: BAZÁN, Enrique; MELI, Roberto. *Diseño sísmico de edificios*. p. 44.

Cuando el centro de rigidez no coincide con el centro de masa, se produce excentricidad en la estructura, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y la rigidez en la estructura. La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez.

#### 2.1.11.1. Excentricidad

La excentricidad es la diferencia entre el centro de masa y el centro de rigidez, da origen a fuerzas producidas por la acción del sismo, ya que el sismo actúa en el centro de rigidez, mientras el peso de la estructura actúa en el centro de masa. Por ello se calcula la fuerza de incremento por torsión. La excentricidad real de un edificio se calcula conforme a la siguiente fórmula:

$$e_{sx} = |X_{cm} - X_{cr}| \quad e_{sy} = |Y_{cm} - Y_{cr}|$$

En las excentricidades de diseño se consideran los signos reales de la excentricidad según el punto de referencia y las combinaciones de la excentricidad accidental del código.

$$e_1 = e_s \left( 1,5 + \frac{0,10B}{|e_s|} \right)$$

$$e_2 = e_s \left( 1,5 - \frac{0,10B}{|e_s|} \right)$$

Tabla LI. **Excentricidades en dirección X y Y, módulo A**

Nivel	X cm	Xcr	es x	e1 x	e2 x
2	10,29	10,16	0,12	2,64	-2,26
1	10,28	10,16	0,12	2,63	-2,27
Nivel	Y cm	Ycr	es y	e1 y	e2 y
2	12,14	10,16	1,98	5,06	0,86
1	12,06	12,31	0,24	2,46	-1,74

Fuente: elaboración propia.

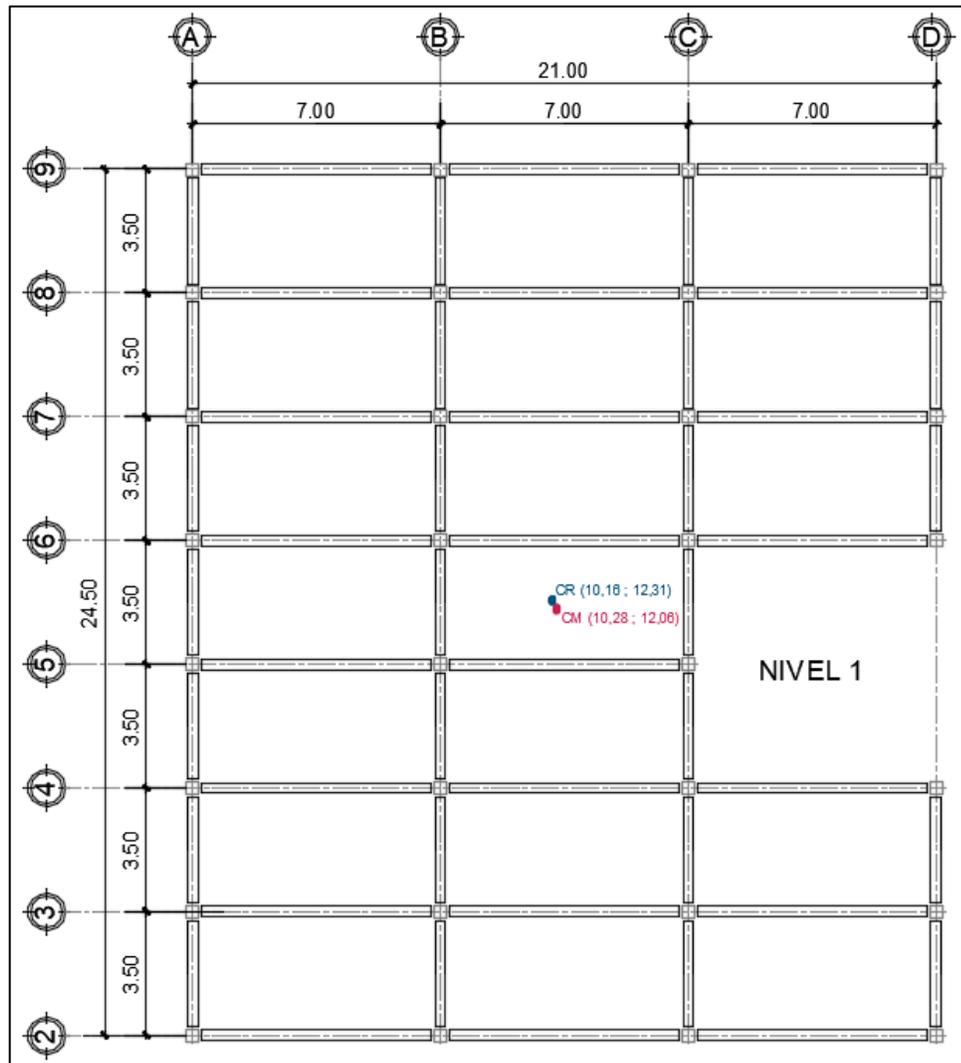
Tabla LII. **Excentricidades en dirección X y Y, módulo B**

Nivel	X cm	Xcr	es x	e1 x	e2 x
2	10,56	10,50	0,06	2,90	-2,70
1	10,59	10,50	0,09	2,93	-2,67
Nivel	Y cm	Ycr	es y	e1 y	e2 y
2	13,98	14,21	0,23	2,45	-1,75
1	13,91	14,21	0,30	2,54	-1,66

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, como existe excentricidad en los dos sentidos X y Y, las fuerzas por marco se distribuirán en función del porcentaje de rigidez que represente cada marco respecto del piso, y la fuerza aplicada por el momento torsor que origina dicha excentricidad.

Figura 19. Centro de masa y centro de rigidez, nivel 1 de módulo A



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.11.2. Cálculo de torsión

El efecto de la excentricidad induce un momento torsionante en el diafragma horizontal, que es lo que aumenta el cortante en los elementos resistentes a la fuerza lateral. Se deben analizar los efectos de la excentricidad

accidental y, además, considerar la acción de la fuerza sísmica actuando en los dos sentidos, 100 % en la dirección de análisis y 30 % en la dirección ortogonal, como se observa en la figura 15.

$$M_t = Fi(ed_{x,y} + 0,30 * ed_{x,y})$$

Donde:

$M_t$  = momento torsionante

$F_i$  = cortante del nivel

$ed_{x,y}$  = excentricidad en eje X o Y, se tomará la máxima accidental

0,30 = correspondiente al porcentaje del sismo

A continuación, se presenta la tabla de los resultados de torsión para cada uno de los niveles y módulos.

Tabla LIII. **Momento de torsión en módulo A**

Nivel	$F_i$ [kg]	$e_x$	$e_y$	$M_t$ [Kg-m]
2,00	69 134,43	2,64	5,06	287 358,14
1,00	65 142,37	2,63	2,46	219 708,06

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Momento de torsión en módulo B**

Nivel	Fi [kg]	e x	e y	Mt [Kg-m]
2	84 241,46	2,90	2,45	305 815,98
1	77 930,75	2,93	2,54	387 796,37

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.12. Distribución de corte traslacional y sismo

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza de torsión (fuerza rotacional) y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos  $F_i'$  (fuerza traslacional).

#### 2.1.12.1. Cálculo de la inercia rotacional

Para la distribución por torsión y por sismo se debe conocer la inercia rotacional respecto del centro de rigidez, que ayuda a encontrar el incremento de torsión en cada uno de los ejes del edificio. Por lo tanto, procede calcular la inercia rotacional asumiendo un valor  $K$  como constante para la rigidez de las columnas de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$J = \sum (K_x y^2 + K_y x^2)$$

Donde:

- J = momento polar de inercia nivel
- $K_x$  = rigidez de la columna en X o Y
- Y, X = distancia del eje hacia el centro de rigidez.

**Tabla LV. Momento polar de inercia módulo A**

Nivel 2			Nivel 1		
Rigidez Ky	X [m]	(KY*X2)	Rigidez Ky	X [m]	(KY*X2)
8	10,16	825,805	8	10,16	825,805
8	3,16	79,885	8	3,16	79,885
8	3,84	117,965	8	3,84	117,965
7	10,84	822,539	7	10,84	822,539
Rigidez Kx	Y [m]	Kx*Y2	Rigidez Kx	Y [m]	Kx*Y2
4	12,31	606,144	4	12,31	606,144
4	8,81	310,464	4	8,81	310,464
4	5,31	112,784	4	5,31	112,784
3	1,81	9,828	3	1,81	9,828
4	1,69	11,424	4	1,69	11,424
4	5,19	107,744	4	5,19	107,744
4	8,69	302,064	4	8,69	302,064
4	12,19	594,384	4	12,19	594,384
SUMATORIA		3 901,033	SUMATORIA		3 901,033
Rigidez Col. [KgE/m]		0,00053	Rigidez Col. [KgE/m]		0,0000688
Inercia rotacional		2,083	Inercia rotacional		0,268

Fuente: elaboración propia.

**Tabla LVI. Momento polar de inercia módulo B**

Nivel 2			Nivel 1		
Rigidez Ky	X [m]	(KY*X2)	Rigidez Ky	X [m]	(KY*X2)
8	10,50	882,000	8	10,50	882,000
8	3,50	98,000	8	3,50	98,000
8	3,50	98,000	8	3,50	98,000
8	10,50	882,000	8	10,50	882,000
Rigidez Kx	Y [m]	Kx*Y2	Rigidez Kx	Y [m]	Kx*Y2
4	14,21	807,696	4	14,21	807,696
4	10,71	458,816	4	10,71	458,816
4	7,21	207,936	4	7,21	207,936
4	3,71	55,056	4	3,71	55,056
4	0,74	2,190	4	0,74	2,190
4	3,29	43,296	4	3,29	43,296
4	6,79	184,416	4	6,79	184,416
4	10,29	423,536	4	10,29	423,536
4	13,79	760,656	4	13,79	760,656
SUMATORIA		4 903,602	SUMATORIA		4 903,602
Rigidez Col. [KgE/m]		0,00053398	Rigidez Col. [KgE/m]		0,0000687
Inercia rotacional		2,618	Inercia rotacional		0,337

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.12.2. Cálculo del incremento de torsión en cada eje

Para el incremento de torsión se debe realizar en cada uno de los ejes del edificio, en este caso en los ejes numéricos y literales de cada uno de los módulos en cada uno de sus niveles. Para el cálculo del incremento por torsión se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta T = \frac{M_t * d_i}{J} * Klat_i$$

Donde:

- $\Delta T$  = incremento por torsión
- $M_t$  = momento de torsión por nivel
- $D_i$  = distancia del eje hacia el centro de rigidez
- $J$  = inercia rotacional por nivel
- $K$  = rigidez de la columna

Tabla LVII. Incremento de torsión nivel 2 módulo A

Eje	Mt [Kg-m]	d [m]	Rigidez [KgE/m]	J [KgE/m m2]	T [Kg]
2	387 358,14	12,31	0,00053398	2,08	906,78
3	387 358,14	8,81	0,00053398	2,08	648,96
4	387 358,14	5,31	0,00053398	2,08	391,15
5	387 358,14	1,81	0,00053398	2,08	133,33
6	387 358,14	1,69	0,00053398	2,08	124,49
7	387 358,14	5,19	0,00053398	2,08	382,31
8	387 358,14	8,69	0,00053398	2,08	640,12
9	387 358,14	12,19	0,00053398	2,08	897,94
A	387 358,14	10,16	0,00053398	2,08	748,41
B	387 358,14	3,16	0,00053398	2,08	232,77
C	387 358,14	3,84	0,00053398	2,08	282,86
D	387 358,14	10,84	0,00053398	2,08	798,50

Fuente: elaboración propia.

**Tabla LVIII. Incremento de torsión nivel 1 módulo A**

Eje	Mt [Kg-m]	d [m]	Rigidez [KgE/m]	J [KgE/m m2]	T [Kg]
2	219 708,06	12,31	0,00006877	0,27	693,31
3	219 708,06	8,81	0,00006877	0,27	496,18
4	219 708,06	5,31	0,00006877	0,27	299,06
5	219 708,06	1,81	0,00006877	0,27	101,94
6	219 708,06	1,69	0,00006877	0,27	95,18
7	219 708,06	5,19	0,00006877	0,27	292,30
8	219 708,06	8,69	0,00006877	0,27	489,43
9	219 708,06	12,19	0,00006877	0,27	686,55
A	219 708,06	10,16	0,00006877	0,27	572,22
B	219 708,06	3,16	0,00006877	0,27	177,97
C	219 708,06	3,84	0,00006877	0,27	216,27
D	219 708,06	10,84	0,00006877	0,27	610,51

Fuente: elaboración propia.

**Tabla LIX. Incremento de torsión nivel 2, módulo B**

Eje	Mt [Kg-m]	d [m]	Rigidez [KgE/m]	J [KgE/m m2]	T [Kg]
1	305 815,98	14,21	0,00053398	2,618	886,21
2	305 815,98	10,71	0,00053398	2,618	667,94
3	305 815,98	7,21	0,00053398	2,618	449,66
4	305 815,98	3,71	0,00053398	2,618	231,38
5	305 815,98	0,74	0,00053398	2,618	46,15
6	305 815,98	3,29	0,00053398	2,618	205,18
7	305 815,98	6,79	0,00053398	2,618	423,46
8	305 815,98	10,29	0,00053398	2,618	641,74
9	305 815,98	13,79	0,00053398	2,618	860,02
E	305 815,98	10,50	0,00053398	2,618	654,84
F	305 815,98	3,50	0,00053398	2,618	218,28
G	305 815,98	3,50	0,00053398	2,618	218,28
H	305 815,98	10,50	0,00053398	2,618	654,84

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. Incremento de torsión nivel 1, módulo B

Eje	Mt [Kg-m]	d [m]	Rigidez [KgE/m]	J [KgE/m m2]	T [Kg]
1	287 796,37	14,21	0,00006877	0,337	834,00
2	287 796,37	10,71	0,00006877	0,337	628,58
3	287 796,37	7,21	0,00006877	0,337	423,16
4	287 796,37	3,71	0,00006877	0,337	217,74
5	287 796,37	0,74	0,00006877	0,337	43,43
6	287 796,37	3,29	0,00006877	0,337	193,09
7	287 796,37	6,79	0,00006877	0,337	398,51
8	287 796,37	10,29	0,00006877	0,337	603,93
9	287 796,37	13,79	0,00006877	0,337	809,35
E	287 796,37	10,50	0,00006877	0,337	616,25
F	287 796,37	3,50	0,00006877	0,337	205,42
G	287 796,37	3,50	0,00006877	0,337	205,42
H	287 796,37	10,50	0,00006877	0,337	616,25

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, para la distribución de las fuerzas horizontales por marco en cada uno de los ejes del edificio se realiza tomando en cuenta la rigidez de todo el nivel, la rigidez del marco y la fuerza de corte por sismo, por último, las fuerzas para empezar el análisis estructural del edificio corresponden a la suma del incremento por torsión y sismo. Se utilizan las siguientes fórmulas:

$$V_i = \frac{K_{marco}}{K_{piso}} * F_i$$

$$V_{sismo y torsion} = \Delta T + V_i$$

Donde:

- Vi = fuerza actuante en marco
- K marco = rigidez del marco (número de columnas en marco)
- K = rigidez del nivel (número total de columnas)

$F_x$  = fuerza actuante en nivel debido a sismo (obtenida en corte basal)

$\Delta T$  = incremento por torsión

$V_{sismo y torsión}$  = fuerza aplicada en marco

Las tablas siguientes resume las fuerzas de piso y cortante por nivel obtenidas de las tablas anteriores, las cuales se utilizan para el análisis estructural posterior.

Tabla LXI. **Cortante y fuerza de piso nivel 2, módulo A**

Eje	Rigidez por marco K	Rigidez de piso	$F_i$ [Kg]	$V_i$	T	$V_i+T$
2	4	31	69 134,43	8 920,57	906,78	9 827,35
3	4	31	69 134,43	8 920,57	648,96	9 569,53
4	4	31	69 134,43	8 920,57	391,15	9 311,72
5	3	31	69 134,43	6 690,43	133,33	6 823,76
6	4	31	69 134,43	8 920,57	124,49	9 045,06
7	4	31	69 134,43	8 920,57	382,31	9 302,88
8	4	31	69 134,43	8 920,57	640,12	9 560,70
9	4	31	69 134,43	8 920,57	897,94	9 818,51
A	8	31	69 134,43	17 841,14	748,41	18 589,55
B	8	31	69 134,43	17 841,14	232,77	18 073,92
C	8	31	69 134,43	17 841,14	282,86	18 124,01
D	7	31	69 134,43	15 611,00	798,50	16 409,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Corte y fuerza de piso nivel 1, módulo A**

Eje	Rigidez por marco K	Rigidez de piso	Fi [Kg]	Vi	T	Vi+T
2	4	31	65 142,37	8 405,47	693,31	9 098,77
3	4	31	65 142,37	8 405,47	496,18	8 901,65
4	4	31	65 142,37	8 405,47	299,06	8 704,53
5	3	31	65 142,37	6 304,10	101,94	6 406,04
6	4	31	65 142,37	8 405,47	95,18	8 500,65
7	4	31	65 142,37	8 405,47	292,30	8 697,77
8	4	31	65 142,37	8 405,47	489,43	8 894,89
9	4	31	65 142,37	8 405,47	686,55	9 092,01
A	8	31	65 142,37	16 810,93	572,22	17 383,15
B	8	31	65 142,37	16 810,93	177,97	16 988,91
C	8	31	65 142,37	16 810,93	216,27	17 027,20
D	7	31	65 142,37	14 709,57	610,51	15 320,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Corte y fuerza de piso nivel 2, módulo B**

Eje	Rigidez por marco K	Rigidez de piso	Fi [Kg]	Vi	T	Vi+T
1	4	36	84 241,46	9 360,16	886,21	10 246,38
2	4	36	84 241,46	9 360,16	667,94	10 028,10
3	4	36	84 241,46	9 360,16	449,66	9 809,82
4	4	36	84 241,46	9 360,16	231,38	9 591,54
5	4	36	84 241,46	9 360,16	46,15	9 406,31
6	4	36	84 241,46	9 360,16	205,18	9 565,34
7	4	36	84 241,46	9 360,16	423,46	9 783,62
8	4	36	84 241,46	9 360,16	641,74	10 001,90
9	4	36	84 241,46	9 360,16	860,02	10 220,18
E	9	36	84 241,46	21 060,36	654,84	21 715,20
F	9	36	84 241,46	21 060,36	218,28	21 278,64
G	9	36	84 241,46	21 060,36	218,28	21 278,64
H	9	36	84 241,46	21 060,36	654,84	21 715,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Corte y fuerza de sismo nivel 1, módulo B**

Eje	Rigidez por marco K	Rigidez de piso	Fi [Kg]	Vi	T	Vi+T
1	4	36	77 930,75	8 658,97	834,00	9 492,97
2	4	36	77 930,75	8 658,97	628,58	9 287,55
3	4	36	77 930,75	8 658,97	423,16	9 082,13
4	4	36	77 930,75	8 658,97	217,74	8 876,72
5	4	36	77 930,75	8 658,97	43,43	8 702,40
6	4	36	77 930,75	8 658,97	193,09	8 852,07
7	4	36	77 930,75	8 658,97	398,51	9 057,48
8	4	36	77 930,75	8 658,97	603,93	9 262,90
9	4	36	77 930,75	8 658,97	809,35	9 468,32
E	9	36	77 930,75	19 482,69	616,25	20 098,94
F	9	36	77 930,75	19 482,69	205,42	19 688,11
G	9	36	77 930,75	19 482,69	205,42	19 688,11
H	9	36	77 930,75	19 482,69	616,25	20 098,94

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.13. Desarrollo de análisis estructural con método numérico

Después de obtener la magnitud de las cargas que afectarán la estructura, es necesario analizar su comportamiento estructural. Para ello se recurre a un método exacto y correctivo, como es Kani, puesto que automáticamente elimina los errores de cálculo que se cometen en el proceso iterativo. El método de Kani está basado en las características generales de la elástica.

La ventaja sobre otros métodos de aproximaciones sucesivas, es que, en la forma directa, se toma el efecto del desplazamiento de los miembros, evitándose el planeamiento y solución de ecuaciones simultaneas.

La comprobación de resultados puede hacerse en cualquier nudo, utilizando únicamente los valores finales, sin que sea necesario revisar todo el desarrollo de cálculo. El método de Kani es clásico en el análisis estructural, y como todos los métodos, tiene particulares ventajas para el análisis de

determinadas estructuras, ventajas que el analista debe aprovechar para realizar un trabajo eficiente.

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

Cabe destacar que el método de Kani, al ser un método iterativo, su precisión dependerá del número de iteraciones que se realicen, y la rapidez en la convergencia del método está relacionada con la secuencia seguida en el procedimiento.

#### **2.1.13.1. Análisis de carga viva**

A continuación, se presenta el análisis para cargas gravitacionales del marco del eje 4 del módulo B. Tomando en cuenta las dimensiones de los elementos son los siguientes:

- Sección de columna: 0,35 m x 0,35 m
- Sección de viga: 0,30 m x 0,60 m

Se calcula la inercia de cada elemento de la estructura:

- Inercia de sección:

$$I = \frac{1}{12}(b)(h)^3$$
$$I_{viga} = \frac{1}{12}(0,30)(0,60)^3 = 5,4 \times 10^{-3} m^4$$

$$I_{col} = \frac{1}{12} (0,35)(0,35)^3 = 1,251 \times 10^{-3} m^4$$

Rigidez relativa:

$$K_{ik} = \frac{I}{L} \quad \begin{array}{l} K_{ik} = \text{rigidez relativa } [m^3] \\ I = \text{inercia de sección } [m^4] \\ L = \text{luz entre apoyos } [m] \end{array}$$

Por lo cual se obtiene la siguiente tabla de resultados, en la que se presentan los datos correspondientes a cada uno de los elementos del marco.

Tabla LXV. **Rigidez relativa de los elementos**

Rigidez relativa (k)[m3]			
K AB	0,000771429	K BF	0,00041684
K BC	0,000771429	K CG	0,00041684
K CD	0,000771429	K DH	0,00041684
K EF	0,000771429	K EI	0,00020842
K FG	0,000771429	K FJ	0,00020842
K GH	0,000771429	K GK	0,00020842
K AE	0,00041684	K HL	0,00020842

Fuente: elaboración propia.

Se calculan los factores de giro o coeficientes de reparto para cada nudo, utilizando la rigidez de cada elemento que llega al nudo, con base a la fórmula:

$$\mu = -\frac{1}{2} \frac{K}{\sum K}$$

Se debe comprobar que la sumatoria de todos los factores de giro en cada nudo, debe ser de -0,50. Por ejemplo, para el caso del nudo A.

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \frac{(0,00077143)}{(0,00077143 + 0,0004168)} = -0,3246$$

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} \frac{(0,00077143)}{(0,00077143 + 0,00041684 + 0,00077143)} = -0,196823$$

La tabla presenta los resultados para cada uno de los nodos que conforman el marco 4 del módulo B.

Tabla LXVI. **Factores de giro**

NUDO A	AB	-0,3246019
	AE	-0,1753981
NUDO B	BA	-0,1968233
	BC	-0,1968233
	BF	-0,1063532
NUDO C	CB	-0,1968233
	CD	-0,1968233
	CG	-0,1063532
NUDO D	DC	-0,3246018
	DH	-0,1753981
NUDO H	HG	-0,2761633
	HD	-0,1492244
	HL	-0,0746122
NUDO G	GF	-0,17790285
	GH	-0,17790285
	GC	-0,09612954
	GK	-0,04806477
NUDO F	FE	-0,17790285
	FG	-0,17790285
	FB	-0,09612954
	FJ	-0,04806477
NUDO E	EA	-0,14922444
	EF	-0,27616333
	EI	-0,07461222

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de los momentos fijos, es necesario recurrir a la fórmula siguiente:

$$MF = \frac{WL^2}{12}$$

Donde:

MF = momento fijo

W = carga distribuida en viga

L = longitud de viga

Como ejemplo se calcula los momentos fijos de este marco, utilizando la carga viva:

$$MF_{AB} = -MF_{BA} = \frac{(0,2829 \frac{Ton}{m})(7,00)^2}{12} = -1,155 \text{ ton} - m$$

$$MF_{BC} = -MF_{CB} = \frac{(0,2829 \frac{Ton}{m})(7,00)^2}{12} = -1,155 \text{ ton} - m$$

$$MF_{CD} = -MF_{DC} = \frac{(0,2829 \frac{Ton}{m})(7,00)^2}{12} = -1,155 \text{ ton} - m$$

$$MF_{EF} = -MF_{FE} = \frac{(1,41457 \frac{Ton}{m})(7,00)^2}{12} = -5,7761 \text{ ton} - m$$

$$MF_{FG} = -MF_{GF} = \frac{(1,41457 \frac{Ton}{m})(7,00)^2}{12} = -5,7761 \text{ ton} - m$$

$$MF_{GH} = -MF_{HG} = \frac{(0,9902 \frac{Ton}{m})(7,00)^2}{12} = -4,0433 \text{ ton} - m$$

Con estos datos se procede a la primera iteración, la cual se tomará de la siguiente manera: A-B-C-D-H-G-F-E

NODO A

$$AB = -1,155 * -0,3246 = 0,375$$

$$AE = -1,155 * -0,1753 = 0,203$$

NODO B

$$BA = (1,155 - 1,155 + 0,375) * -0,1968 = -0,074$$

$$BC = (1,155 - 1,155 + 0,375) * -0,1968 = -0,074$$

$$BF = (1,155 - 1,155 + 0,375) * -0,1063 = -0,040$$

NODO C

$$CB = (1,155 - 1,155 - 0,074) * -0,1968 = 0,015$$

$$CD = (1,155 - 1,155 - 0,074) * -0,1968 = 0,015$$

$$CG = (1,155 - 1,155 - 0,074) * -0,1063 = 0,008$$

NUDO D

$$DC = (1,155 + 0,015) * -0,3246 = -0,380$$

$$DH = (1,155 + 0,015) * -0,1753 = -0,205$$

NUDO H

$$HD = (4,0433 - 0,205) * -0,1492 = -0,573$$

$$HL = (4,0433 - 0,205) * -0,07461 = -0,286$$

$$HG = (4,0433 - 0,205) * -0,2761 = -1,060$$

NUDO G

$$GH = (-4,0433 + 5,776 - 1,060 - 0,008) * -0,1779 = -0,121$$

$$GC = (4,0433 - 5,776 - 1,060 - 0,008) * -0,09612 = -0,065$$

$$GK = (4,0433 - 5,776 - 1,060 - 0,008) * -0,04806 = -0,033$$

$$GF = (4,0433 - 5,776 - 1,060 - 0,008) * -0,1779 = -0,121$$

NUDO F

$$FG = (-5,7761 + 5,7761 - 0,121 - 0,040) * -0,1779 = 0,029$$

$$FB = (-5,7761 + 5,7761 - 0,121 - 0,040) * -0,09612 = 0,015$$

$$FJ = (-5,7761 + 5,7761 - 0,121 - 0,040) * -0,04806 = 0,008$$

$$FE = (-5,7761 + 5,7761 - 0,121 - 0,040) * -0,1779 = 0,029$$

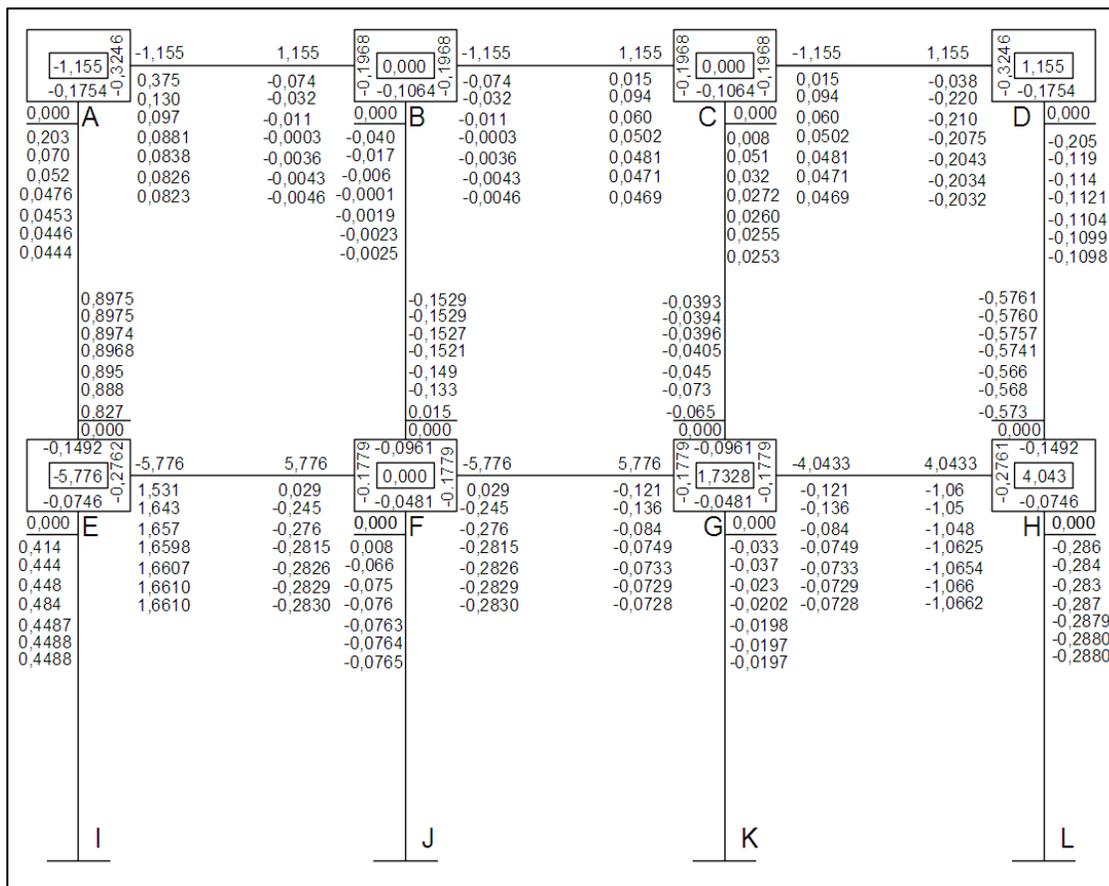
NUDO E

$$EF = (-5,7761 + 0,203 + 0,029) * -0,1492 = 0,827$$

$$EI = (-5,7761 + 0,203 + 0,029) * -0,07461 = 0,525$$

$$EA = (-5,7761 + 0,203 + 0,029) * -0,1421 = 0,414$$

Figura 20. Esquema de iteración de kani con carga viva en el eje 4 de módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Los momentos finales se encuentran con base a la siguiente fórmula:

$$M_{AB} = MF_{AB} + 2M'_{AB} + M'_{BA}$$

Donde:

$M_{AB}$  = momento final

$MF_{AB}$  = momento fijo

$M'F_{AB}$  = última iteración en el extremo de A de la barra AB

$M'F_{BA}$  = última iteración en el extremo de B de la barra AB

Para el nodo A

$$M'F_{AB} = -1,155 + 2(0,0823) + (0,0046) = -0,986 \text{ T-m}$$

$$M'F_{EA} = 0 + 2(0,0444) + (0,8975) = 0,986 \text{ T-m}$$

Este mismo procedimiento se realizó con los demás nodos del marco, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla LXVII. **Momentos finales marco eje 4, módulo B**

Nudos	Momento - final [Ton-m]	Nudos	Momento - final [Ton-m]
AB	-0,9861	HL	-0,5761
AE	0,9864	GF	5,3476
BA	1,2467	GH	-5,2550
BC	-1,0991	GC	-0,0533
BF	-0,1479	GK	-0,0393
CB	1,2536	FE	6,8712
CD	-1,2647	FG	-6,4149
CG	0,0113	FB	-0,3033
DC	0,7957	FJ	-0,1529
DH	-0,7957	EA	1,8395
HG	1,8382	EF	-2,7371
HD	-1,2620	EI	0,8975

Fuente: elaboración propia.

Los momentos positivos se encuentran con base en la siguiente fórmula:

$$M_{AB} = \frac{Wl^2}{8} - \frac{M_{AB}^- + M_{BA}^-}{2}$$

Donde:

$M_{AB}^+$  = momento positivo en el tramo AB

$W$  = carga distribuida

$l$  = longitud del tramo

$M_{AB}^-$  = momento negativo en el tramo A hacia B

$M_{BA}^-$  = momento negativo en el tramo B hacia A

$\frac{M_{AB}^- + M_{BA}^-}{2}$  = promedio entre ambos

Momentos positivos:

$$M_{AB}^+ = \frac{0,2829 * 7,00^2}{8} - \frac{(-0,986 + 1,246)}{2} = 1,602 T - m$$

$$M_{BC}^+ = 1,655 T - m$$

$$M_{CD}^+ = 1,9674 T - m$$

$$M_{EF}^+ = 6,5972 T - m$$

$$M_{FG}^+ = 6,1421 T - m$$

$$M_{GH}^+ = 7,7734 T - m$$

### 2.1.13.2. Análisis de carga muerta

A continuación, se presenta el análisis para cargas muertas del marco del eje 4 del módulo B. La rigidez de cada elemento y los factores de giro, se toman del marco anterior, debido a que las secciones son las mismas.

El procedimiento para el cálculo de momentos fijos, momentos finales y momentos positivos es el mismo que se utilizó en el ejemplo anterior para carga viva, obteniendo lo siguientes resultados:

Tabla LXVIII. **Resultados de momentos fijos, momentos finales y momentos positivos de marco 4, módulo B, análisis con carga muerta**

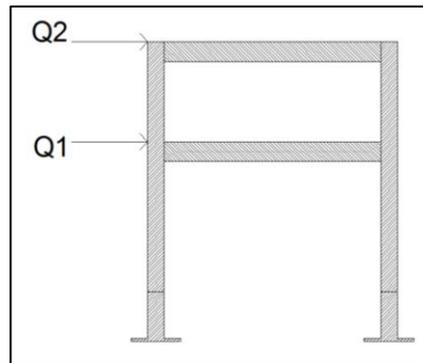
Momentos fijos		Momentos finales (-)		Momentos finales (-)		Momentos positivos	
Nudo	M [T-m]	Nudo	Momento final [Ton-m]	Nudo	Momento final [Ton-m]	Viga	M [T-m]
AB	-7,107	AB	-3,5493	HL	-1,4004	AB	8,31
BC	-7,107	AE	3,5495	GF	10,4591	BC	10,66
CD	-7,107	BA	8,2564	GH	-11,5155	CD	13,01
EF	-9,947	BC	-7,5266	GC	0,7798	EF	11,80
FG	-9,947	BF	-0,7300	GK	0,2765	FG	10,08
GH	-9,947	CB	7,5265	FE	11,5155	GH	18,04
BA	7,107	CD	-8,2564	FG	-10,4591		
CB	7,107	CG	0,7300	FB	-0,7798		
DC	7,107	DC	3,5494	FJ	-0,2765		
FE	9,947	DH	-3,5494	EA	3,8754		
GF	9,947	HG	5,2758	EF	-5,2758		
HG	9,947	HD	-3,8753	EI	1,4004		

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.13.3. Análisis con carga de sismo

Al igual que el análisis con carga viva y muerta, se siguen tomando los mismos valores de rigidez y factores de giro. Por ser cargas laterales, se calculan los momentos de piso que actúan en la estructura de la siguiente manera.

Figura 21. Diagrama de cargas de sismo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016

- Cálculo de los momentos de piso

$$M_2 = \frac{Q_2 * h_2}{3}$$
$$M_1 = \frac{(Q_2 + Q_1) * h_1}{3}$$

Donde:

$M_1, M_2$  = momentos de piso

$Q_1, Q_2$  = cargas de sismo

$h_1, h_2$  = alturas por nivel

Cálculo de los momentos de piso, los datos de las cargas de sismo son tomados de las tablas LXIII y LXIV.

$$M_2 = \frac{(9,592) * (3,00)}{3} = 9,592 T - m$$

$$M_1 = \frac{(9,592 + 8,877) * (6,00)}{3} = 36,937 \text{ T} - m$$

Cuando se analizan las cargas de sismo en un marco, para las columnas es necesario encontrar un factor de corrimiento en cada nivel, con base a la siguiente fórmula:

$$\gamma = -3/2 * \frac{K_{Columna}}{\sum K_{Columna}}$$

Donde:

- $\gamma$  = factor de corrimiento
- $K_{Columna}$  = rigidez de la columna
- $\sum K_{Columna}$  = sumatoria de rigidez de columnas

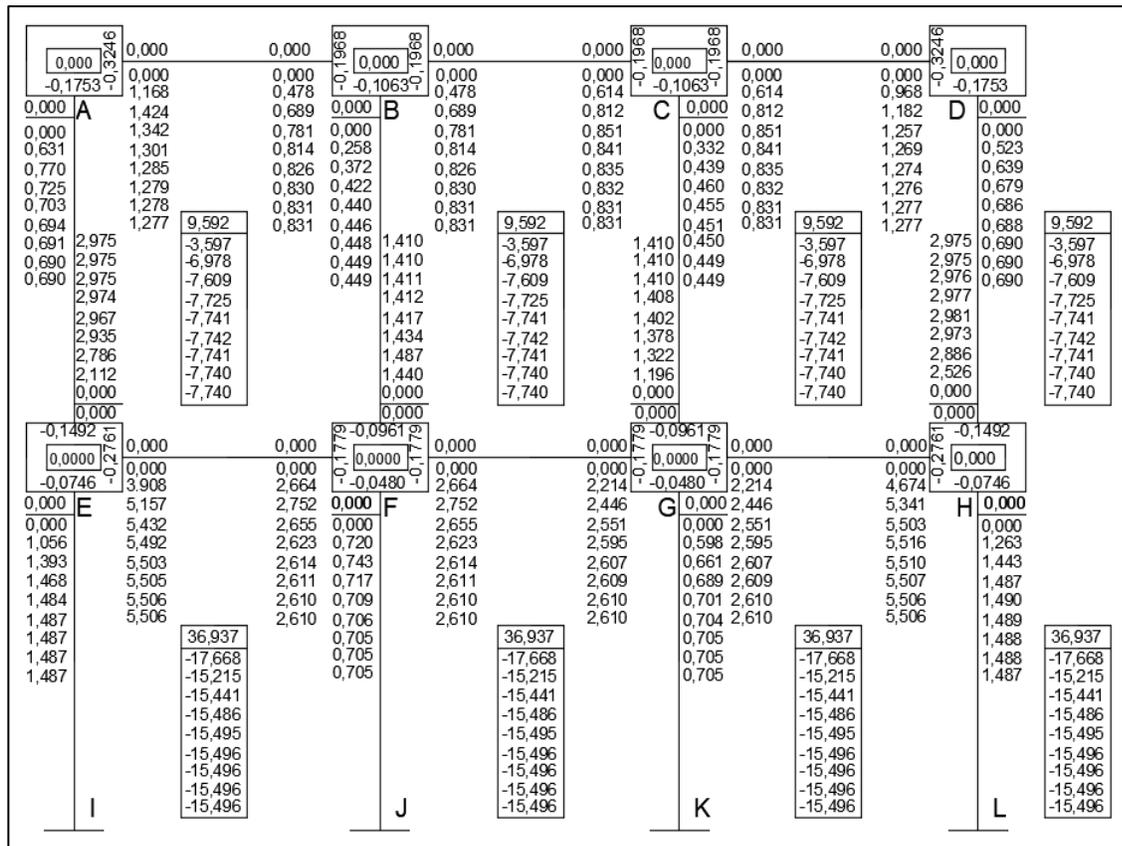
Factor de corrimiento para el primer y segundo nivel:

$$\gamma_{IE} = 3/2 * \frac{0,00027789}{0,00027789 + 0,00027789 + 0,00027789 + 0,00027789} = -0,3750$$

$$\gamma_{EA} = 3/2 * \frac{0,00041684}{0,00041684 + 0,00041684 + 0,00041684 + 0,00041684} = -0,3750$$

Utilizando el método numérico Kani con ladeo, se realizó las iteraciones necesarias, los resultados se presentan en la figura 22 y tabla LXIX.

Figura 22. Esquema de iteración de kani con ladeo, carga de sismo en el eje 4 de módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla LXIX. **Momentos finales de análisis con carga de sismo en el eje 4, módulo B**

<b>Nodo</b>	<b>Momento final [Ton-m]</b>
AB	3,385
AE	-3,385
BA	2,939
BC	2,493
BF	-5,432
CB	2,493
CD	2,939
CG	-5,432
DC	3,385
DH	-3,385
HG	13,621
HD	-1,100
HL	-12,521
GF	7,830
GH	10,726
GC	-4,470
GK	-14,085
FE	10,726
FG	7,830
FB	-4,470
FJ	-14,085
EA	-1,100
EF	13,621
EI	-12,521

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.14. Desarrollo de análisis estructural utilizando software**

El software utilizado para el análisis estructural fue ETABS versión 16, el programa trabaja con un método matricial, toma en cuenta las propiedades mecánicas de cada material. A manera de comprobación se analizó la estructura con el método de análisis aproximado Kani, se diseñó con los valores del método numérico.

### **2.1.14.1. Datos de entrada**

A continuación, se describen los datos que se ingresan al software ETABS, tomando en cuenta la geometría y especificaciones generales.

#### **2.1.14.1.1. Especificaciones generales**

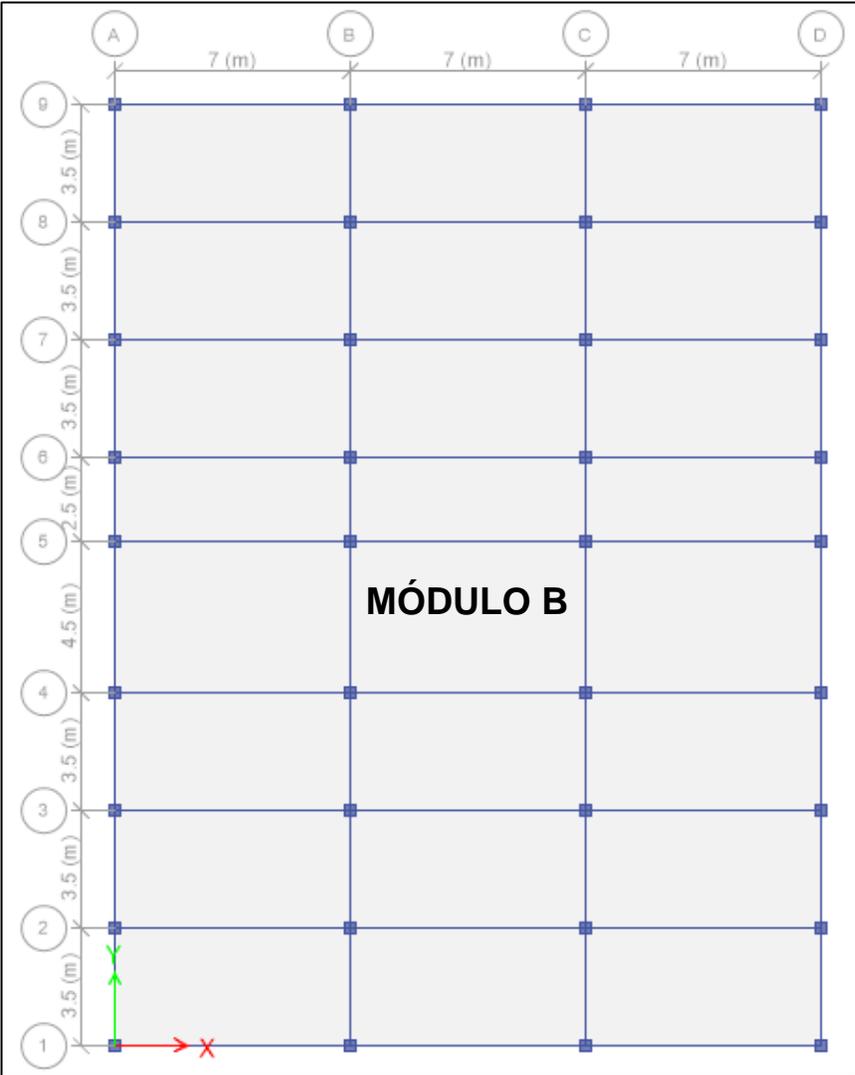
Para el desarrollo del análisis estructural por el software ETABS, se necesitan los siguientes datos de entrada:

Concreto	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
Peso por unidad de volumen	$Yc = 2\,400 \text{ kg/cm}^3$
Acero	$fy = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
Sección de vigas	0,30m x 0,60m
Sección de columnas	0,35m x 0,35m
Losa	0,12 m

#### **2.1.14.1.2. Geometría estructural**

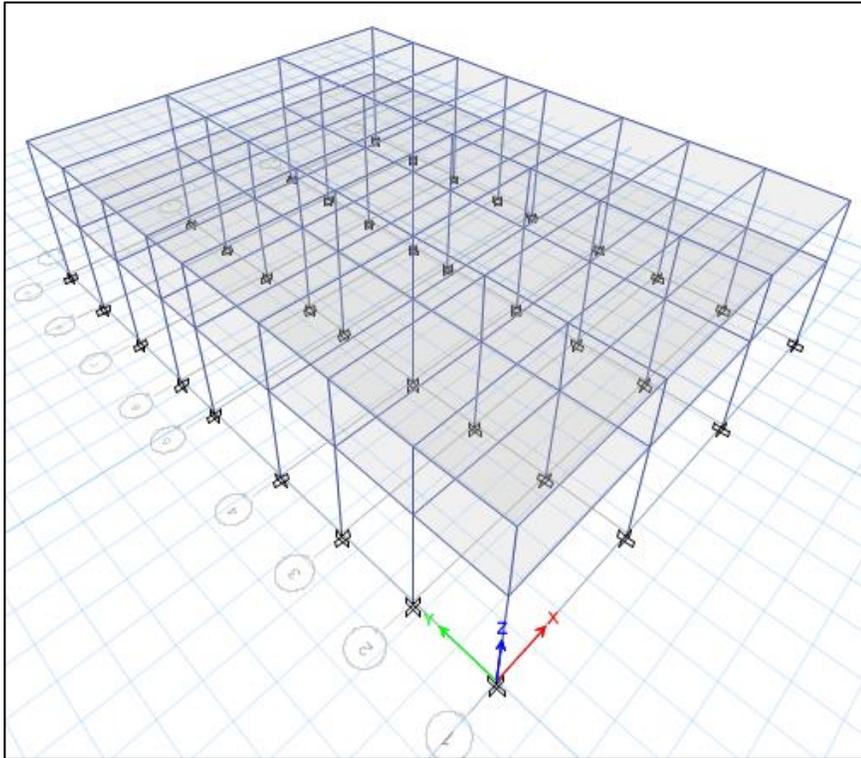
Se realizó la modelación del edificio para el módulo A y B en ETABS, como ejemplo se presenta el módulo B en la figura 23, considerando las especificaciones generales, así como la geometría del edificio.

Figura 23. Modelación de módulo B en ETABS – planta



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 24. **Modelación de módulo B en ETABS – 3D**



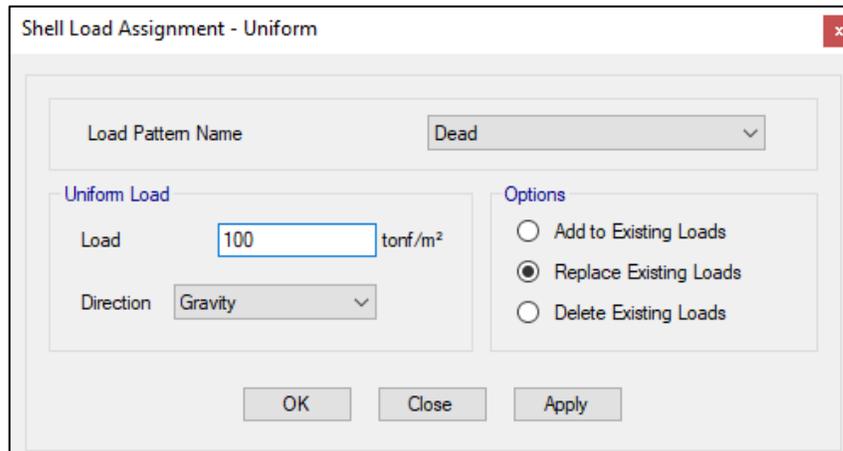
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

### 2.1.14.1.3. Cargas

Para el análisis de cargas gravitacionales y laterales, se utiliza el programa ETABS. Las cargas son ingresadas al programa en magnitud por unidad de área. Las cargas horizontales se asignan por nivel, siendo estas las que fueron obtenidas por el método estático equivalente según AGIES NSE.

Para ambos módulos se utiliza las cargas de servicio para un hospital, en la tabla VII carga viva, se encuentran los valores que se utilizaron en el diseño estructural.

Figura 25. Ejemplo ingreso de cargas en ETABS



Fuente: elaboración, empleando ETABS.

#### 2.1.14.1.4. Combinaciones de mayoración

Al efectuar el análisis, se deben de definir las diferentes combinaciones de carga. Las combinaciones se tomaron conforme al Código ACI 318-08, el cual establece en la sección 9.2.1 que la resistencia requerida  $U$  debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas en las ecuaciones (9-1 a 9-7).

Las posibles combinaciones que se analizarán son las siguientes:

$M_U = 1,4 M_{CM}$	Combinación 1
$M_U = 1,2 M_{CM} + 1,6M_{CV}$	Combinación 2
$M_U = 1,2 M_{CM} + 1,0M_{CV}$	Combinación 3
$M_U = 1,2 M_{CM} + 1,0M_{CV} + 1,0 M_{Cs}$	Combinación 4
$M_U = 1,2 M_{CM} + 1,0M_{CV} - 1,0 M_{Cs}$	Combinación 5
$M_U = 0,9 M_{CM}$	Combinación 6

Donde:

$M_U$  = momento último

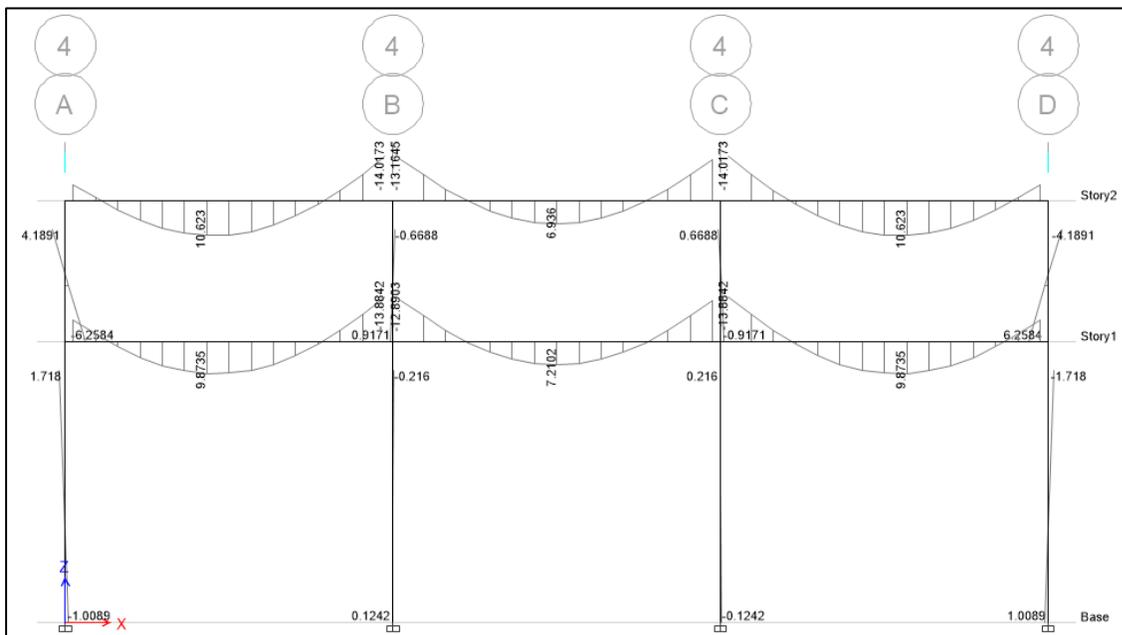
$M_{CM}$  = momento por carga muerta

$M_{CV}$  = momento por carga viva

$M_{CS}$  = momento por carga de sismo

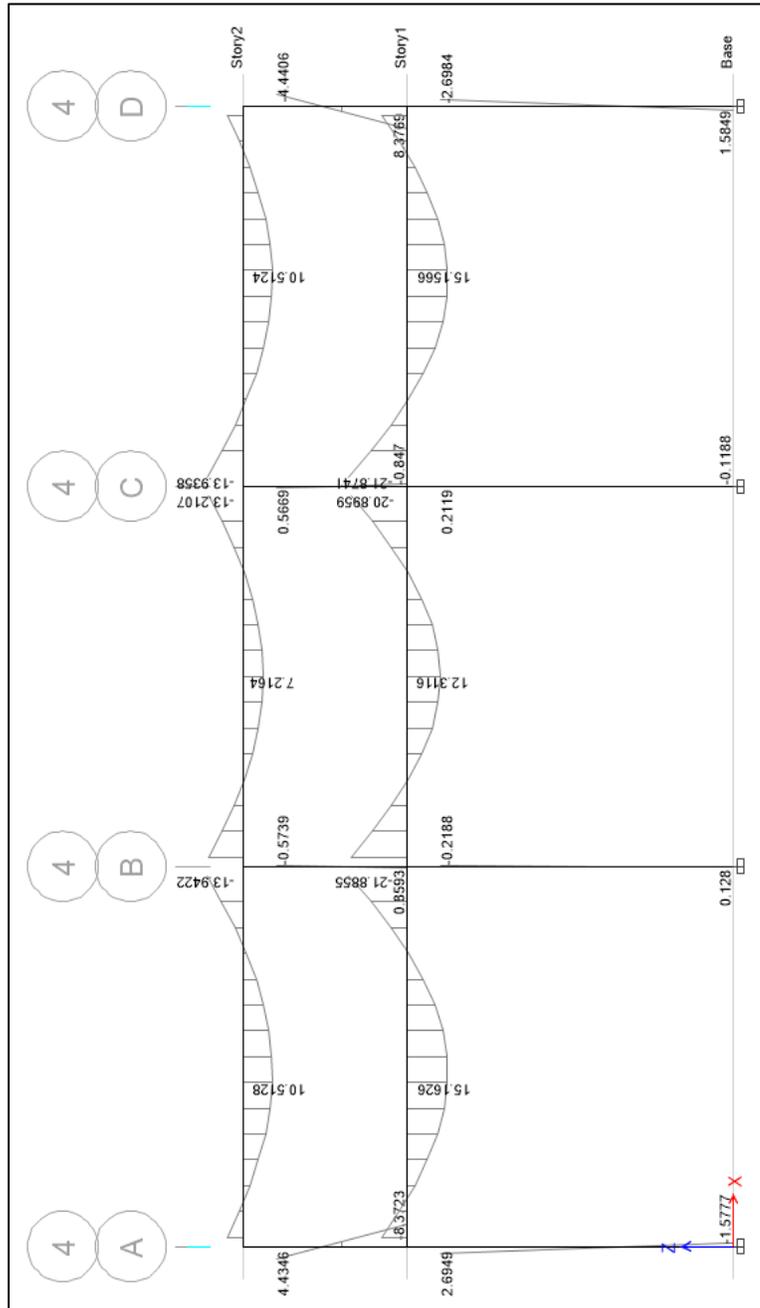
Las gráficas siguientes, corresponden al análisis ejecutado en el software para el eje 4 del módulo B, el cual fue tomado como ejemplo para la visualización de los resultados obtenidos con cada una de las combinaciones de cargas propuestas.

Figura 26. Diagrama de momentos combinación 1 de eje 4, módulo B



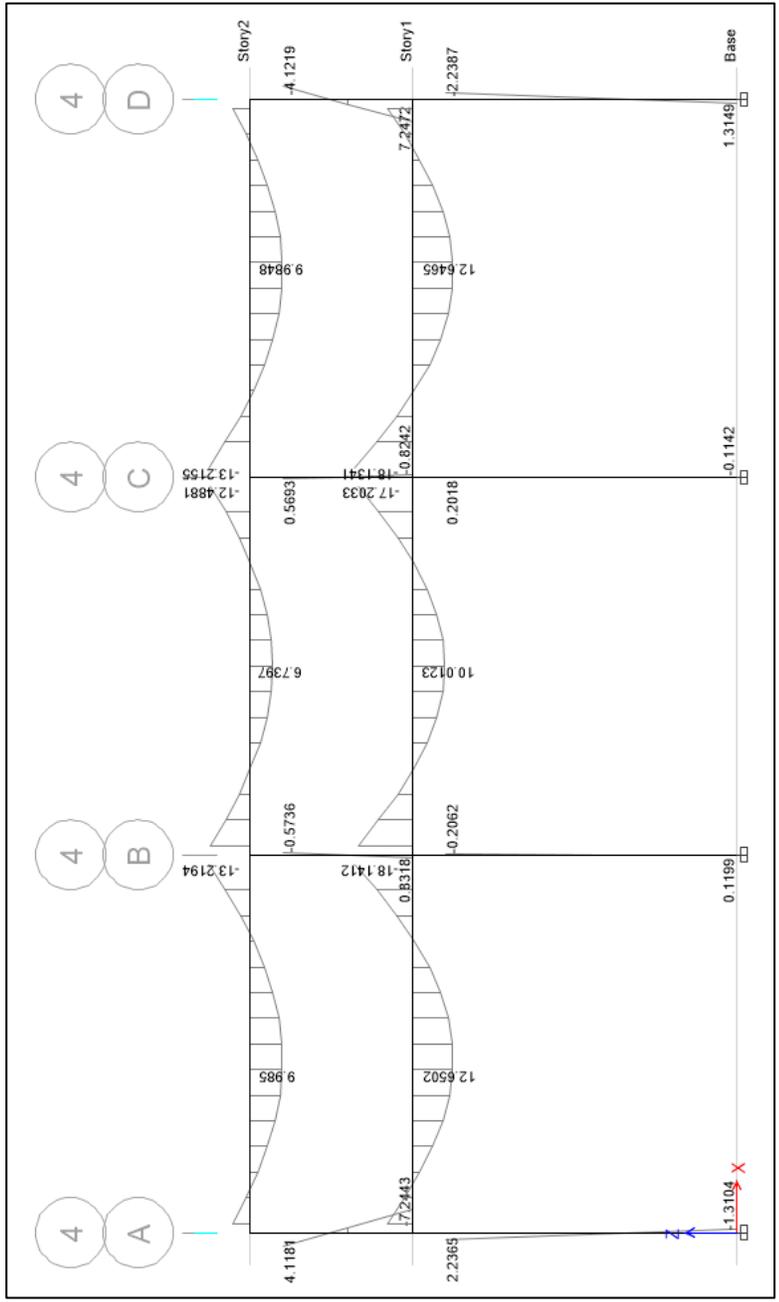
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 27. Diagrama de momentos combinación 2 de eje 4, módulo B



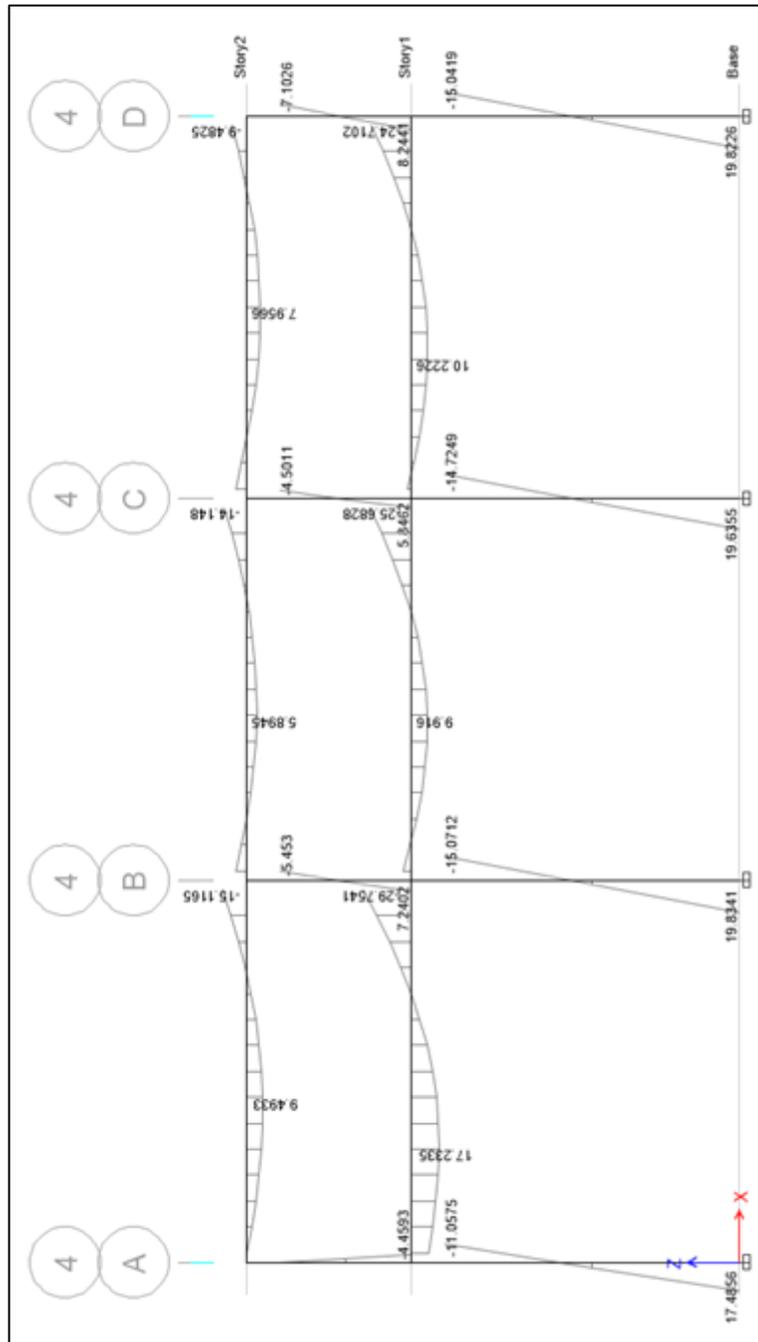
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 28. Diagrama de momentos combinación 3 de eje 4, módulo B



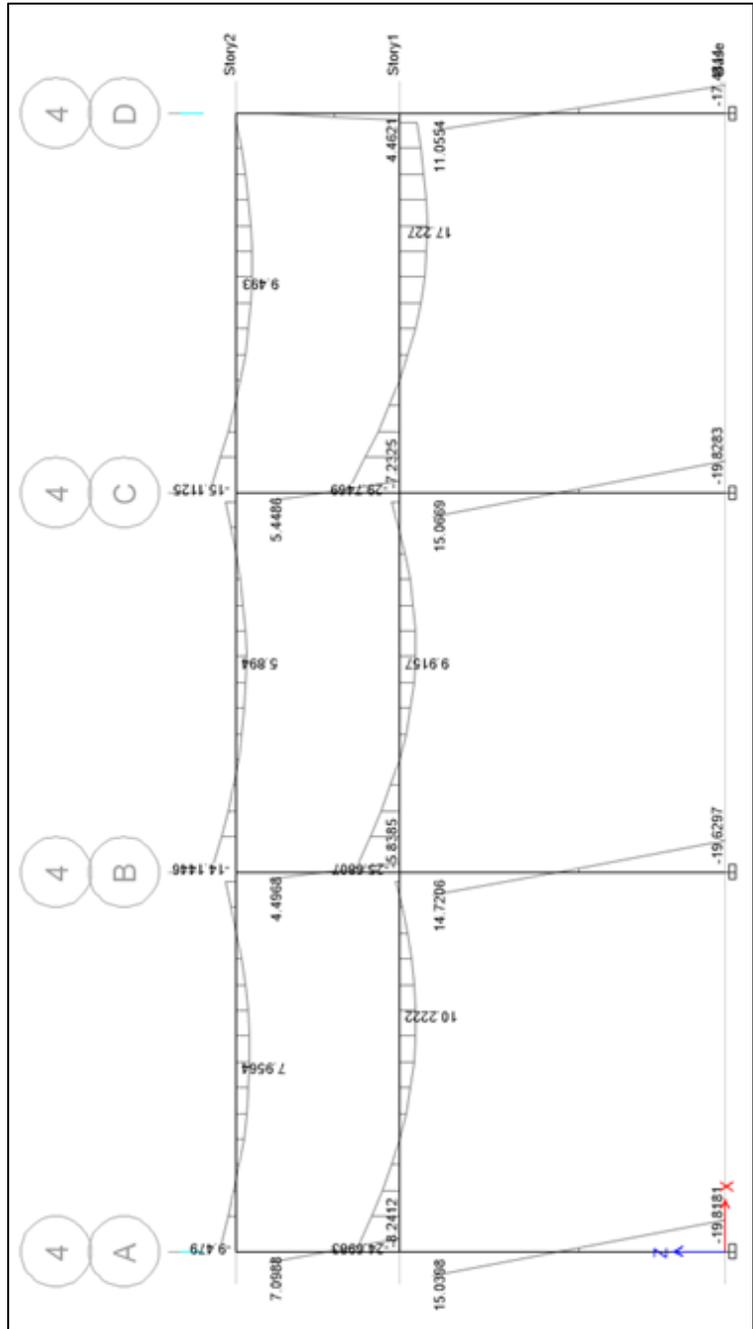
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 29. Diagrama de momentos combinación 4 de eje 4, módulo B



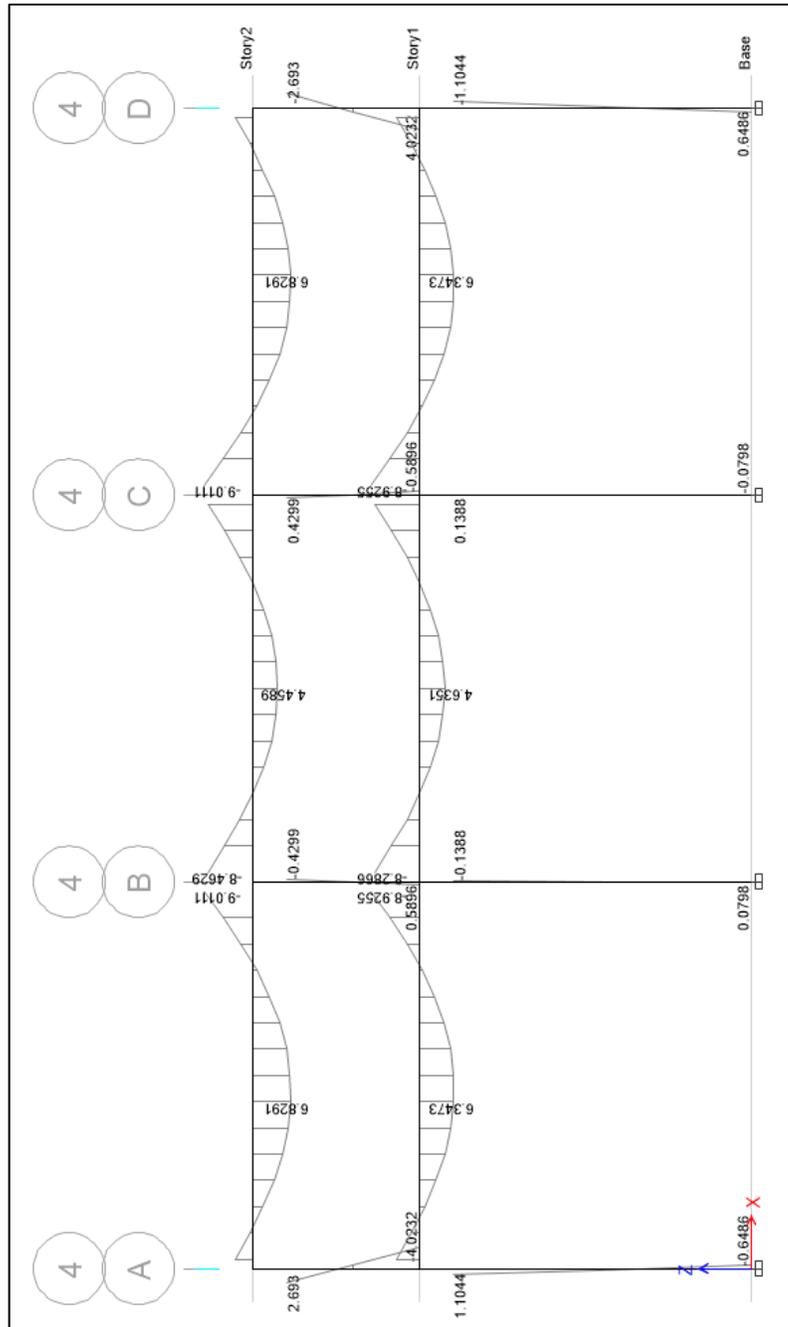
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 30. Diagrama de momentos combinación 5 de eje 4, módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 31. Diagrama de momentos combinación 6 de eje 4, módulo B

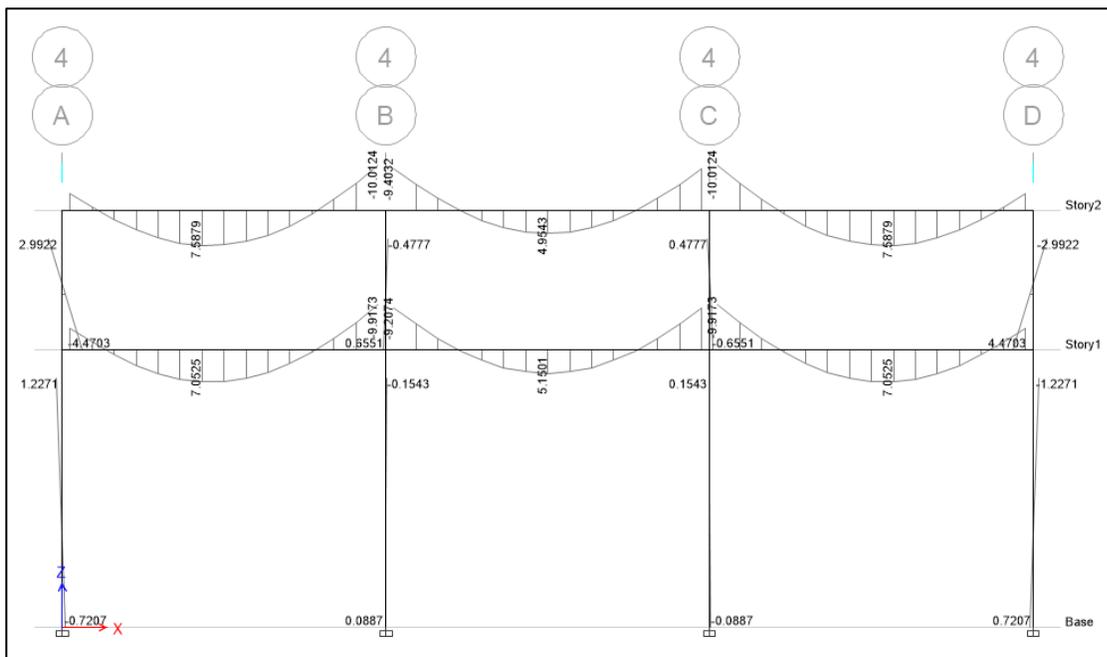


Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

### 2.1.14.2. Resultados del análisis estructural

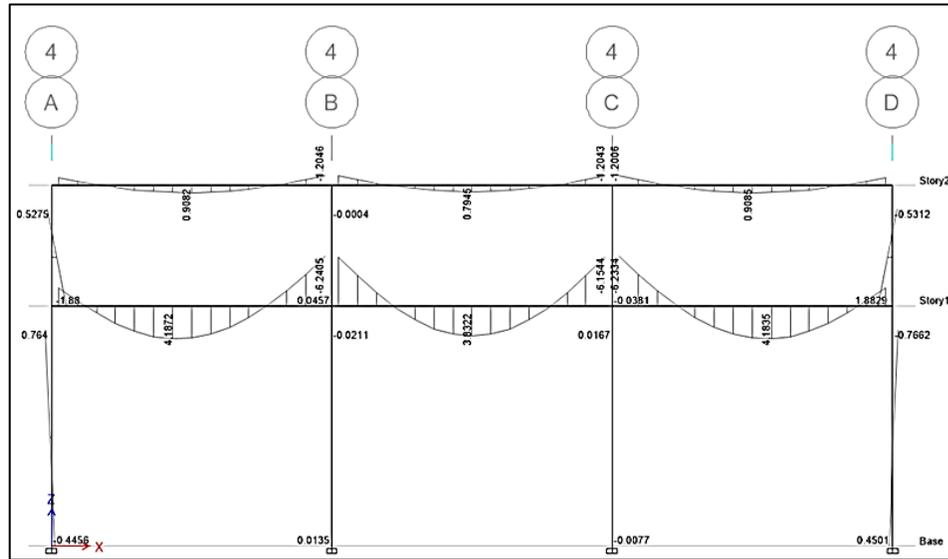
Las gráficas siguientes corresponden al análisis ejecutado en el software para el eje 4 del módulo B, el cual fue tomado como ejemplo para la visualización de los resultados obtenidos con cada una de las cargas propuestas.

Figura 32. Diagrama de momento carga muerta módulo B



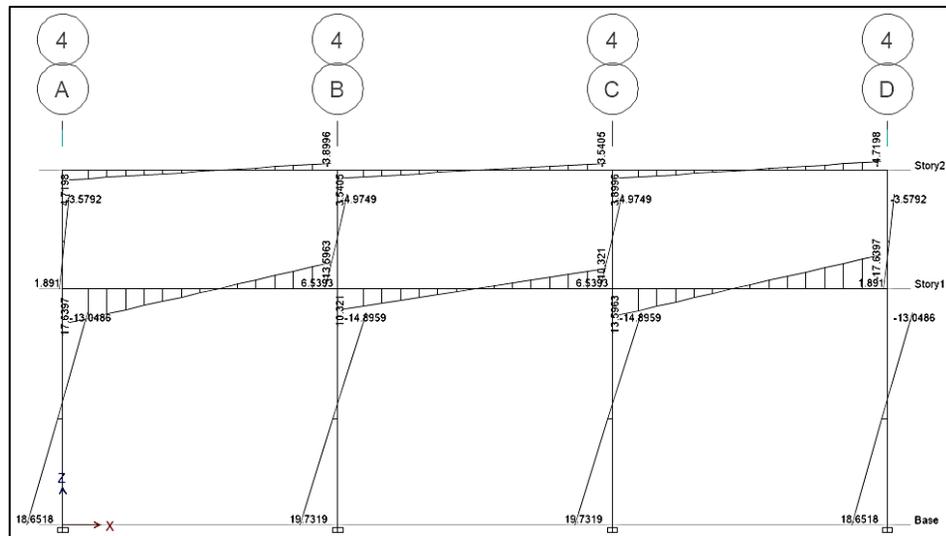
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 33. Diagrama de momentos carga viva, módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 34. Diagrama de momentos carga sismo, módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

### 2.1.14.2.1. Comparación de resultados

Los resultados obtenidos del análisis de las cargas gravitacionales por el método numérico Kani para las vigas y columnas es comparado con los resultados del programa ETABS, para el eje 4 del módulo B.

Tabla LXX. **Comparación de momentos en vigas de eje 4, módulo B obtenidos por ETABS y análisis por método Kani**

Elemento		Momento carga viva T-m (ETABS)	Momento carga viva T-m (KANI)	% de diferencia	Momento carga muerta T-m (ETABS)	Momento carga muerta T-m (KANI)	% de diferencia	Momento carga sismo T-m (ETABS)	Momento carga sismo T-m (KANI)	% de diferencia
VIGA A-B	M (-) IZQ	0,973	-0,986	1,3 %	3,786	-3,549	-6,7 %	4,720	3,385	-39,4 %
	M(+)	0,908	1,603	43,3 %	7,458	8,307	10,2 %			
	M (-) DER	1,205	1,247	3,4 %	10,012	8,256	-21,3 %	3,900	2,939	-32,7 %
VIGA B - C	M (-) IZQ	1,200	-1,099	-9,2 %	9,403	-7,527	-24,9 %	3,541	2,493	-42,0 %
	M(+)	0,795	1,656	52,0 %	4,954	10,660	53,5 %			
	M (-) DER	1,204	1,254	3,9 %	9,403	7,527	-24,9 %	3,541	2,493	-42,0 %
VIGA C - D	M (-) IZQ	1,201	-1,265	5,1 %	10,024	-8,256	-21,4 %	3,900	2,939	-32,7 %
	M(+)	0,909	1,967	53,8 %	7,458	13,014	42,7 %			
	M (-) DER	0,977	0,796	-22,8 %	3,786	3,549	-6,7 %	4,720	3,385	-39,4 %
VIGA E - F	M (-) IZQ	2,265	-2,737	17,3 %	4,794	-5,276	9,1 %	17,640	13,621	-29,5 %
	M(+)	4,091	6,597	38,0 %	7,002	11,801	40,7 %			
	M (-) DER	6,241	6,871	9,2 %	9,917	11,515	13,9 %	13,596	10,726	-26,8 %
VIGA F - G	M (-) IZQ	6,152	-6,415	4,1 %	9,207	-10,459	12,0 %	10,321	7,830	-31,8 %
	M(+)	3,832	6,142	37,6 %	5,150	10,081	48,9 %			
	M (-) DER	6,154	5,348	-15,1 %	9,207	10,459	12,0 %	10,321	7,830	-31,8 %
VIGA G - H	M (-) IZQ	6,233	-5,255	-18,6 %	9,917	-11,515	13,9 %	13,596	10,726	-26,8 %
	M(+)	4,088	7,773	47,4 %	7,002	18,041	61,2 %			
	M (-) DER	2,276	1,838	-23,8 %	4,794	5,276	9,1 %	17,640	13,621	-29,5 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. **Comparación de momentos en columnas de eje 4 módulo B obtenidos por ETABS y análisis por método Kani**

Elemento		Momento carga viva T-m (ETABS)	Momento carga viva T-m (KANI)	% de diferencia	Momento carga muerta T-m (ETABS)	Momento carga muerta T-m (KANI)	% de diferencia	Momento carga sismo T-m (ETABS)	Momento carga sismo T-m (KANI)	% de diferencia
COL	A - E	0,528	0,986	46,5 %	2,992	3,549	15,7 %	3,579	-3,385	-5,7 %
A - E	E - A	1,880	1,840	-2,2 %	4,470	3,875	-15,4 %	1,891	-1,100	-71,9 %
COL	B - F	0,000	-0,148	99,7 %	0,478	-0,730	34,6 %	4,975	-5,432	8,4 %
B - F	F - B	0,046	-0,303	84,9 %	0,655	-0,780	16,0 %	6,539	-4,470	-46,3 %
COL	C - G	0,004	0,011	64,7 %	0,478	0,730	34,6 %	4,975	-5,432	8,4 %
C - G	G - C	0,038	-0,053	28,6 %	0,655	0,780	16,0 %	6,539	-4,470	-46,3 %
COL	D - H	0,531	-0,796	33,2 %	2,992	-3,549	15,7 %	3,579	-3,385	-5,7 %
D - H	H - D	0,883	-1,262	30,0 %	4,470	-3,875	-15,4 %	1,891	-1,100	-71,9 %
COL	E - I	0,764	0,898	14,9 %	1,227	1,400	12,4 %	13,049	-12,521	-4,2 %
E - I	I - E	0,446	0,449	0,7 %	0,721	0,700	-2,9 %	8,652	-6,260	-38,2 %
COL	F - J	0,021	-0,153	86,2 %	0,154	-0,277	44,2 %	14,896	-14,085	-5,8 %
F - J	J - F	0,014	-0,076	82,3 %	0,089	-0,138	35,8 %	9,732	-7,043	-38,2 %
COL	G - K	0,017	-0,039	57,5 %	0,154	0,277	44,2 %	14,896	-14,085	-5,8 %
G - K	K - G	0,008	-0,020	60,8 %	0,089	0,138	35,8 %	9,732	-7,043	-38,2 %
COL	H - L	0,766	-0,576	-33,0 %	1,227	-1,400	12,4 %	13,049	-12,521	-4,2 %
H - L	L - H	0,450	-0,288	-56,3 %	0,721	-0,700	-2,9 %	8,652	-6,260	-38,2 %

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.14.3. Momentos últimos por envolvente de momentos

Con los resultados de cada uno de los tipos de carga aplicadas sobre la estructura, se debe calcular la envolvente de momentos, la cual consiste en encontrar la condición más crítica que pueda afectar la misma, según ACI 318-08 sección 9.2.1, en las cuales toman en cuenta resistencias a carga viva, muerta y sismo. Las combinaciones de cargas están descritas en el inciso 2.1.14.1.4. Se utilizarán los valores obtenidos del método numérico Kani.

Tabla LXXII. **Combinaciones de momentos en vigas de eje 4, módulo B**

Elemento	Momento carga viva Mcv [Ton-m]	Momento carga muerta Mcm [Ton-m]	Momento carga sismo Mcs [Ton-m]	1.4Mcm	1.4Mcm + 1.6Mcv	1.2Mcm + 1Mcv	1Mcm + 1Mcs + 1Mcs	1Mcm + 1Mcs - 1Mcs	0.9Mcm	Envolvente
VIGA A-B										
M (-) IZQ	-0,99	-3,55	3,39	-4,97	-5,84	-5,25	-1,15	-7,92	-3,19	<b>7,92</b>
M(+)	1,60	8,31		11,63	12,53	11,57	9,91	9,91	7,48	<b>12,53</b>
M (-) DER	1,25	8,26	2,94	11,56	11,90	11,15	12,44	6,56	7,43	<b>12,44</b>
VIGA B - C										
M (-) IZQ	-1,10	-7,53	2,49	-10,54	-10,79	-10,13	-6,13	-11,12	-6,77	<b>11,12</b>
M(+)	1,66	10,66		14,92	15,44	14,45	12,32	12,32	9,59	<b>15,44</b>
M (-) DER	1,25	7,53	2,49	10,54	11,04	10,29	11,27	6,29	6,77	<b>11,27</b>
VIGA C - D										
M (-) IZQ	-1,26	-8,26	2,94	-11,56	-11,93	-11,17	-6,58	-12,46	-7,43	<b>12,46</b>
M(+)	1,97	13,01		18,22	18,76	17,58	14,98	14,98	11,71	<b>18,76</b>
M (-) DER	0,80	3,55	3,39	4,97	5,53	5,05	7,73	0,96	3,19	<b>7,73</b>
VIGA E - F										
M (-) IZQ	-2,74	-5,28	13,62	-7,39	-10,71	-9,07	5,61	-21,63	-4,75	<b>21,63</b>
M(+)	6,60	11,80		16,52	24,72	20,76	18,40	18,40	10,62	<b>24,72</b>
M (-) DER	6,87	11,52	10,73	16,12	24,81	20,69	29,11	7,66	10,36	<b>29,11</b>
VIGA F - G										
M (-) IZQ	-6,41	-10,46	7,83	-14,64	-22,81	-18,97	-9,04	-24,70	-9,41	<b>24,70</b>
M(+)	6,14	10,08		14,11	21,93	18,24	16,22	16,22	9,07	<b>21,93</b>
M (-) DER	5,35	10,46	7,83	14,64	21,11	17,90	23,64	7,98	9,41	<b>23,64</b>
VIGA G - H										
M (-) IZQ	-5,26	-11,52	10,73	-16,12	-22,23	-19,07	-6,04	-27,50	-10,36	<b>27,50</b>
M(+)	7,77	18,04		25,26	34,09	29,42	25,81	25,81	16,24	<b>34,09</b>
M (-) DER	1,84	5,28	13,62	7,39	9,27	8,17	20,73	-6,51	4,75	<b>20,73</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. **Combinaciones de momentos en columnas de eje 4, módulo B**

Elemento	Momento carga viva Mcv [Ton-m]	Momento carga muerta Mcm [Ton-m]	Momento carga sismo Mcs [Ton-m]	1.4Mcm	1.4Mcm + 1.6Mcv	1.2Mcm + 1Mcv	1Mcm + 1Mcs + 1Mcs	1Mcm + 1Mcs - 1Mcs	0.9Mcm	Envolvente
COL A - E										
A - E	0,99	3,55	-3,39	4,97	5,84	5,25	1,15	7,92	3,19	<b>7,92</b>
E - A	1,84	3,88	-1,10	5,43	7,59	6,49	4,61	6,82	3,49	<b>7,59</b>
COL B - F										
B - F	-0,15	-0,73	-5,43	-1,02	-1,11	-1,02	-6,31	4,55	-0,66	<b>6,31</b>
F - B	-0,30	-0,78	-4,47	-1,09	-1,42	-1,24	-5,55	3,39	-0,70	<b>5,55</b>
COL C - G										
C - G	0,01	0,73	-5,43	1,02	0,89	0,89	-4,69	6,17	0,66	<b>6,17</b>
G - C	-0,05	0,78	-4,47	1,09	0,85	0,88	-3,74	5,20	0,70	<b>5,20</b>
COL D - H										
D - H	-0,80	-3,55	-3,39	-4,97	-5,53	-5,06	-7,73	-0,96	-3,19	<b>7,73</b>
H - D	-1,26	-3,88	-1,10	-5,43	-6,67	-5,91	-6,24	-4,04	-3,49	<b>6,67</b>
COL E - I										
E - I	0,90	1,40	-12,52	1,96	3,12	2,58	-10,22	14,82	1,26	<b>14,82</b>
I - E	0,45	0,70	-6,26	0,98	1,56	1,29	-5,11	7,41	0,63	<b>7,41</b>
COL F - J										
F - J	-0,15	-0,28	-14,09	-0,39	-0,58	-0,48	-14,51	13,66	-0,25	<b>14,51</b>
J - F	-0,08	-0,14	-7,04	-0,19	-0,29	-0,24	-7,26	6,83	-0,12	<b>7,26</b>
COL G - K										
G - K	-0,04	0,28	-14,09	0,39	0,27	0,29	-13,85	14,32	0,25	<b>14,32</b>
K - G	-0,02	0,14	-7,04	0,19	0,13	0,15	-6,92	7,16	0,12	<b>7,16</b>
COL H - L										
H - L	-0,58	-1,40	-12,52	-1,96	-2,60	-2,26	-14,50	10,54	-1,26	<b>14,50</b>
L - H	-0,29	-0,70	-6,26	-0,98	-1,30	-1,13	-7,25	5,27	-0,63	<b>7,25</b>

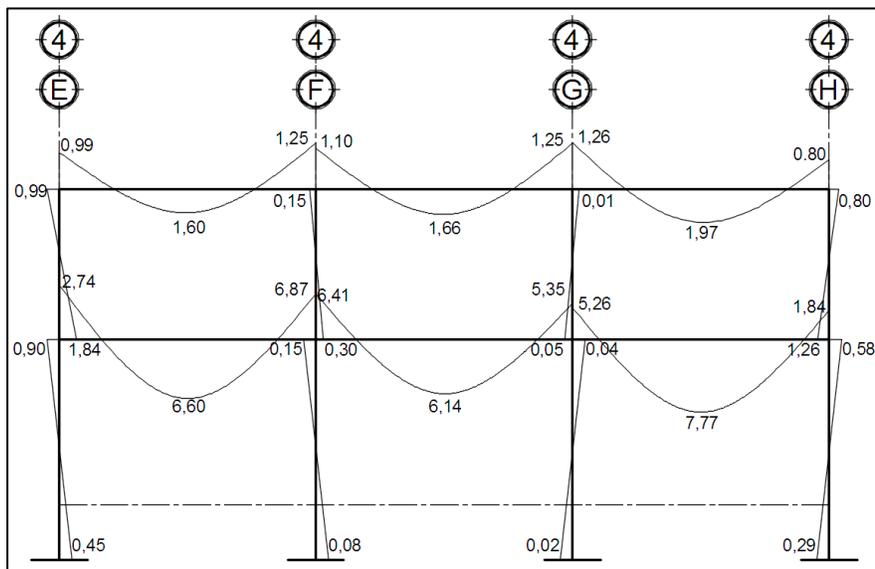
Fuente: elaboración propia.

Las tablas LXX y LXXI contienen las diferentes combinaciones que se pueden obtener; de las cuales, para cada caso se obtiene la mayor.

#### 2.1.14.4. Diagramas finales de momentos

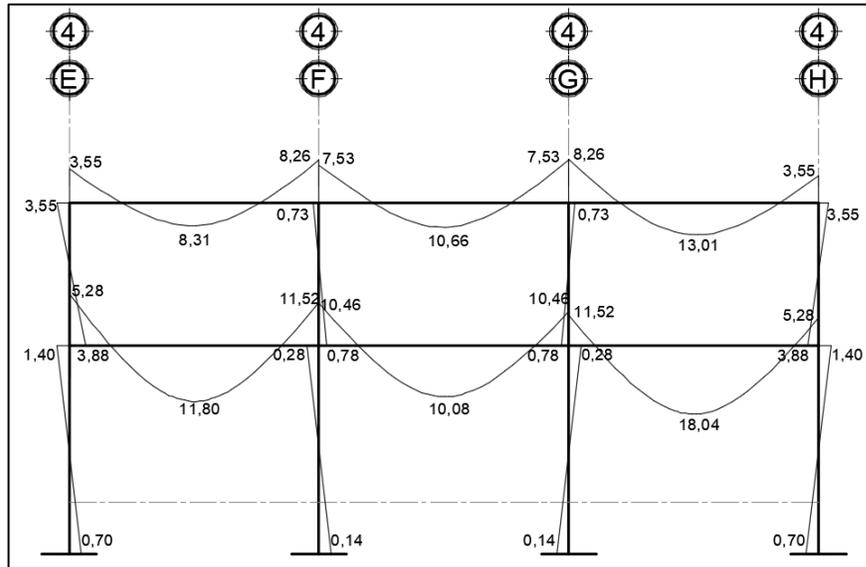
Las figuras siguientes corresponden a los resultados del análisis estructural utilizando el método Kani, para el eje 4 del módulo B, corresponden a los diagramas de momentos de la carga viva, muerta y de sismo. Estos diagramas se utilizarán para el diseño estructural de los elementos de los módulos para el hospital.

Figura 35. Diagrama final de momento, carga viva



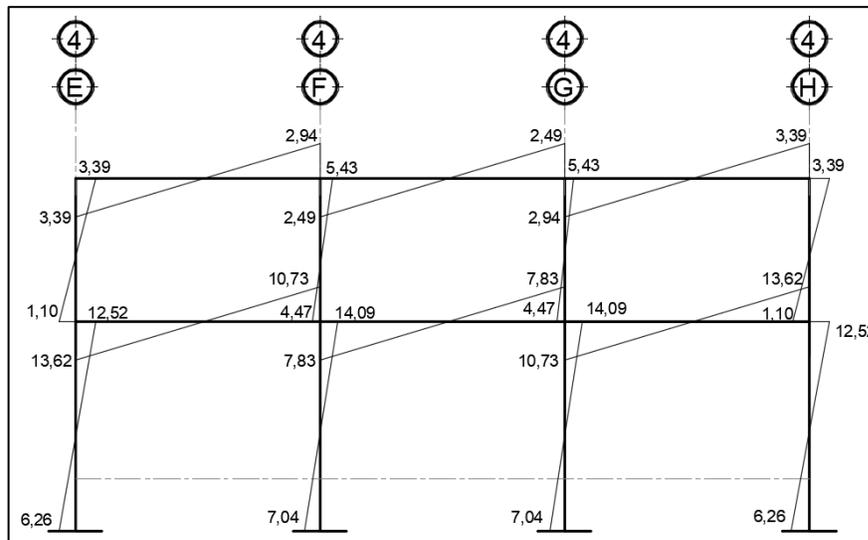
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016

Figura 36. Diagrama final de momentos, carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 37. Diagrama final de momentos, carga de sismo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

## **2.1.15. Diseño de miembros estructurales y sus detalles**

En esta sección se procederá a determinar las secciones finales de los elementos, así como el refuerzo a compresión o flexión que necesiten para soportar los momentos, determinados en las secciones anteriores.

### **2.1.15.1. Diseño de losa**

En las construcciones de concreto reforzado las losas se utilizan para proporcionar superficies planas y útiles. Una losa de concreto reforzado es una amplia placa plana, generalmente horizontal. Pueden estar apoyadas en vigas de concreto reforzado (y se vacía por lo general en forma monolítica con estas vigas), en muros de mampostería o de concreto reforzado, en elementos de acero estructural, en forma directa en columnas o en el terreno de forma continua. Ya que para este ejercicio se está utilizando el código del ACI-318-08, se utilizará el método contemplado en este código conocido como el método 3 o método de los coeficientes.

#### **2.1.15.1.1. Diseño estructural de losas**

El criterio para dimensionar el espesor de una losa depende de la forma de trabajo que esta tendrá, es decir si la losa trabajará en un sentido o en dos sentidos. Se determina de la siguiente manera:

$$m_l = \frac{l_a}{l_b}$$

Donde:

$m_l$  = relación

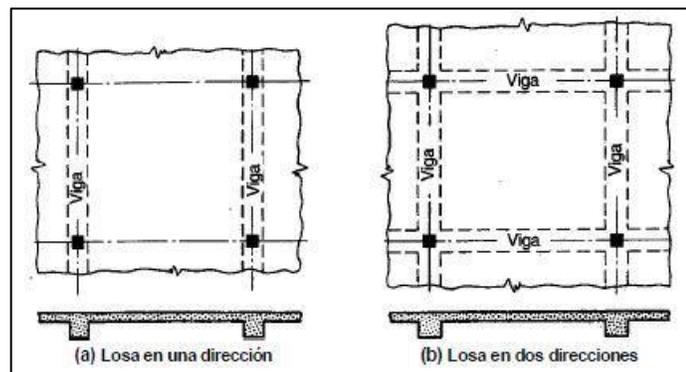
$l_a$  = lado corto

$l_b$  = lado largo

Si  $m_l < 0,50$  losa en un sentido

Si  $m_l > 0,50$  losa en dos sentidos

Figura 38. **Tipos de losas**

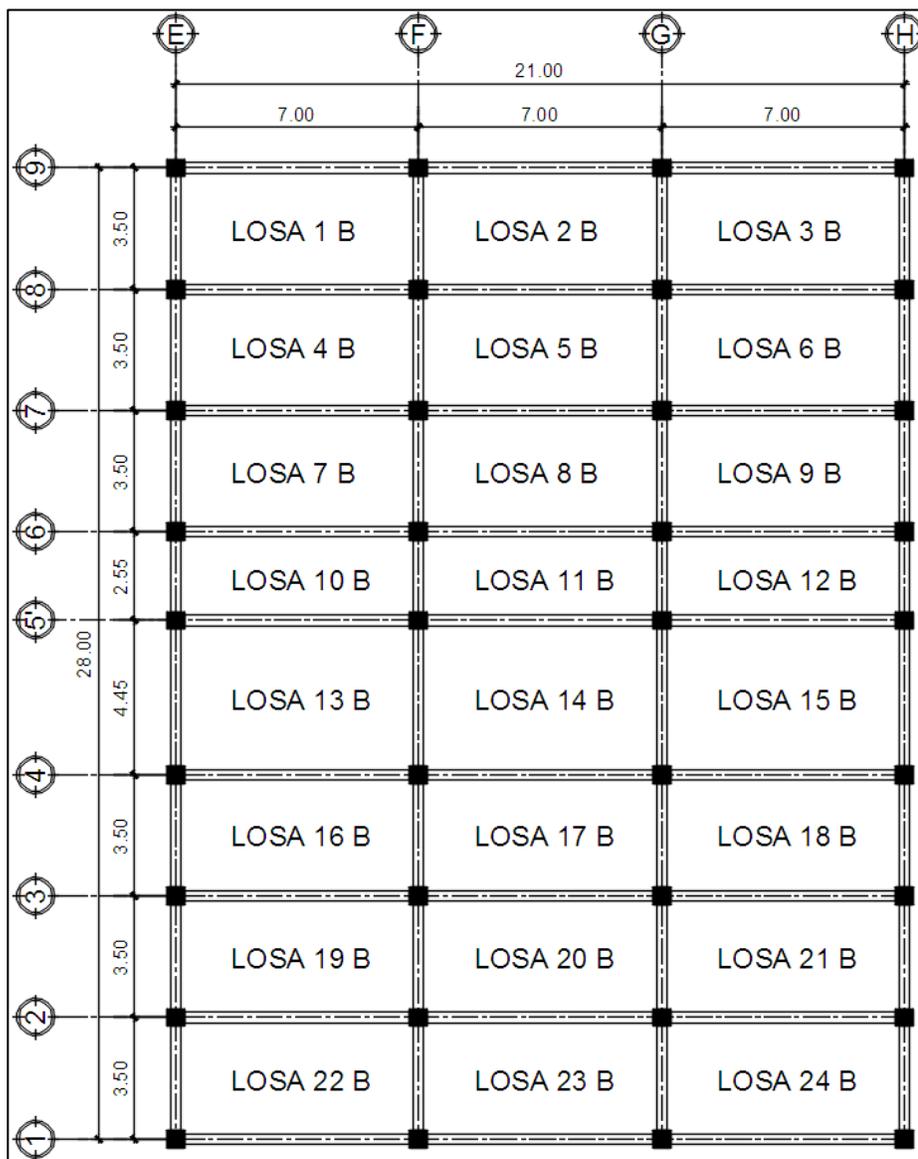


Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 366.

- 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.
- $t = L/28$  si tiene dos extremos continuos.

Las figuras 36 y 37 y las tablas LXX y LXXI muestran la clasificación, dimensiones, peralte y la forma de trabajo que tendrán cada una de las losas del entrepiso y techo respectivamente

Figura 39. **Numeración de losas de entrepiso, módulo B**



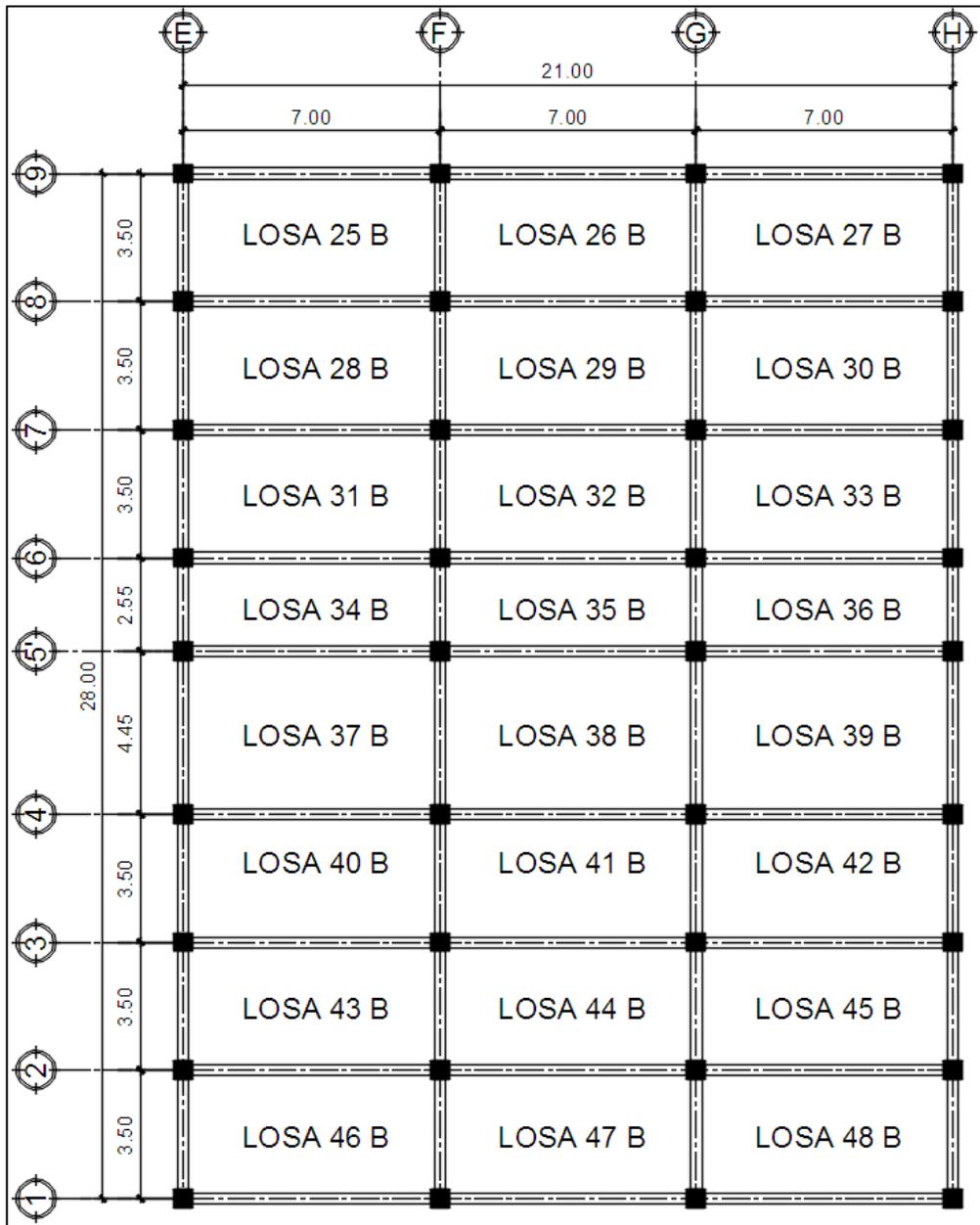
Fuente: elaboración propia con software AutoCAD 2016.

Tabla LXXIV. **Dimensión y clasificación de losas de entrapiso**

Núm. Losa	Lado Corto "a"	Lado Largo "b"	Relación "m"	Tipo de Losa	Condiciones de Apoyo	Peralte
1	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12
2	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 8	0,12
3	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12
4	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
5	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
6	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
7	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
8	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
9	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
10	2,55	7,00	0,36	1 Sentido	caso 9	0,11
11	2,55	7,00	0,36	1 Sentido	caso 2	0,11
12	2,55	7,00	0,36	1 Sentido	caso 9	0,11
13	4,45	7,00	0,64	2 Sentidos	caso 9	0,12
14	4,45	7,00	0,64	2 Sentidos	caso 2	0,12
15	4,45	7,00	0,64	2 Sentidos	caso 9	0,12
16	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
17	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
18	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
19	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
20	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
21	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
22	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12
23	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 8	0,12
24	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Numeración de losas de techo, módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla LXXV. **Dimensión y clasificación de losas de techo**

Núm. Losa	Lado Corto "a"	Lado Largo "b"	Relación "m"	Tipo de Losa	Condiciones de Apoyo	Peralte
25	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12
26	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 8	0,12
27	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12
28	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
29	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
30	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
31	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
32	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
33	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
34	2,55	7,00	0,36	1 Sentido	caso 9	0,11
35	2,55	7,00	0,36	1 Sentido	caso 2	0,11
36	2,55	7,00	0,36	1 Sentido	caso 9	0,11
37	4,45	7,00	0,64	2 Sentidos	caso 9	0,12
38	4,45	7,00	0,64	2 Sentidos	caso 2	0,12
39	4,45	7,00	0,64	2 Sentidos	caso 9	0,12
40	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
41	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
42	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
43	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
44	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 2	0,12
45	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 9	0,12
46	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12
47	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 8	0,12
48	3,50	7,00	0,50	2 Sentidos	caso 4	0,12

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, los peraltes de las losas para el módulo B se definen de la siguiente manera:

Losa de entrepiso                      t=0,12 m

Losa de techo                              t=0,12 m

### 2.1.15.1.2. Cálculo de momentos actuantes

Determinados los sentidos de trabajo de las losas y su espesor, se procede a calcular los momentos actuantes según el tipo de losa.

- Integración de carga muerta

Tabla LXXVI. Integración de carga muerta para cálculo de losas

Losa final (terracea)		
Concreto	(2 400)(0,12)	288,00 Kg/m <sup>2</sup>
Acabados	45	45,00 Kg/m <sup>2</sup>
Mezclón	90	90,00 Kg/m <sup>2</sup>
Impermeabilizante	10	10,00 Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	40	40,00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso total losa final		473,00 Kg/m <sup>2</sup>
Losa de entrepiso		
Concreto	(2 400)(0,12)	288,00 Kg/m <sup>2</sup>
Acabados	45	45,00 Kg/m <sup>2</sup>
Relleno	65	65,00 Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	40	40,00 Kg/m <sup>2</sup>
Piso	90	90,00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso total losa de entrepiso		528,00 Kg/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

- Losas de entrepiso

Análisis de losa núm. 4 de entrepiso módulo B (losa en 2 sentidos)

CM = carga muerta = 528 kg/m<sup>2</sup>

CV = carga viva = 350 kg/m<sup>2</sup>

$$CU_{total} = 1,2CM + 1,6CV$$

$$CU_{total} = 1,2 (528 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (350 \text{ Kg/m}^2)$$

$$CU_{total} = CMU + CVU$$

$$CU_{total} = 633,6 \text{ Kg/m}^2 + 560,0 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU_{total} = 1\,193,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$WU_{total} = \text{franja unitaria} = (1,00 \text{ m} * 1\,193,60 \text{ Kg/m}^2) = 1\,193,60 \text{ Kg/m}$$

$$W_{CM} = \text{franja unitaria} = (1,00 \text{ m} * 633,6 \text{ Kg/m}^2) = 633,60 \text{ Kg/m}$$

$$W_{CV} = \text{franja unitaria} = (1,00 \text{ m} * 560 \text{ Kg/m}^2) = 560 \text{ Kg/m}$$

Cálculo de momentos en el sentido corto y sentido largo:

$$M_A^- = C_{cuA} * WU_{total} * A^2$$

$$M_B^- = C_{cuB} * WU_{total} * B^2$$

$$M_A^+ = C_{cmA} * W_{CM} * A^2 + C_{cvA} * W_{CV} * A^2$$

$$M_B^+ = C_{cmB} * W_{CM} * B^2 + C_{cvB} * W_{CV} * B^2$$

Donde:

$M_A^-$  = momento negativo lado menor

$M_B^-$  = momento negativo lado mayor

$M_A^+$  = momento positivo lado menor

$M_B^+$  = momento positivo lado mayor

$C_{cuA-B}$  = coeficiente para momentos negativo lado mayor y menor

$C_{cmA}$  = coeficiente de carga muerta lado menor

$C_{cmB}$  = coeficiente de carga muerta lado mayor

$C_{cvA}$  = coeficiente de carga viva lado menor

$C_{cvB}$  = coeficiente de carga viva lado mayor

- A = lado menor  
 B = lado mayor

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*, pág. 378, 379 y 380.

En sentido corto:

$$M_A^- = C_{cuA} * WU_{total} * A^2$$

$$M_A^- = (0,088) * \left(1\,193,60 \frac{Kg}{m}\right) * (3,50m)^2 = 1\,286,70 Kg - m$$

$$M_A^+ = C_{cmA} * W_{CM} * A^2 + C_{cvA} * W_{CV} * A^2$$

$$M_A^+ = 0,038 * \left(633,60 \frac{Kg}{m}\right) * (3,50m)^2 + 0,067 * \left(560 \frac{Kg}{m}\right) * (3,50 m)^2$$

$$M_A^+ = 754,56 Kg - m$$

En sentido largo:

$$M_B^- = C_{cuB} * WU_{total} * B^2$$

$$M_B^- = (0,003) * \left(1\,193,60 \frac{Kg}{m}\right) * (7,00 m)^2 = 175,46 Kg - m$$

$$M_B^+ = C_{cmB} * W_{CM} * B^2 + C_{cvB} * W_{CV} * B^2$$

$$M_B^+ = 0,002 * \left(633,60 \frac{Kg}{m}\right) * (7,00 m)^2 + 0,004 * \left(560 \frac{Kg}{m}\right) * (7,00 m)^2$$

$$M_B^+ = 171,85 Kg - m$$

- Análisis de losa núm. 11, de entrespiso módulo B (losa en 1 sentido)

CM = carga muerta = 528 kg/m<sup>2</sup>

CV = carga viva = 500 kg/m<sup>2</sup>

$$CU_{total} = 1,2CM + 1,6CV$$

$$CU_{total} = 1,2 (528 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (500 \text{ Kg/m}^2)$$

$$CU_{total} = CMU + CVU$$

$$CU_{total} = 633,6 \text{ Kg/m}^2 + 800 \text{ Kg/m}^2$$

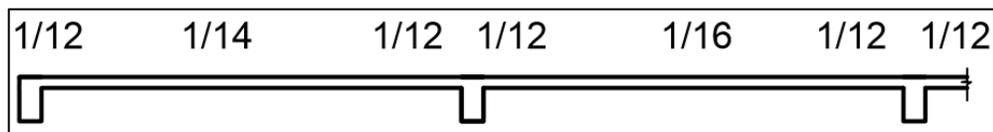
$$CU_{total} = 1433,60 \text{ Kg/m}^2$$

$$WU_{total} = \text{franja unitaria} = (1,00 \text{ m} * 1433,60 \text{ Kg/m}^2) = 1433,60 \text{ Kg/m}$$

$$W_{CM} = \text{franja unitaria} = (1,00 \text{ m} * 633,6 \text{ Kg/m}^2) = 633,6 \text{ Kg/m}$$

$$W_{CV} = \text{franja unitaria} = (1,00 \text{ m} * 800 \text{ Kg/m}^2) = 800 \text{ Kg/m}$$

Figura 41. **Coefficientes de momento en losas de una dirección**



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

En el apoyo interior M (-) = 1/12 \* (2,55 m)<sup>2</sup> \* 1433,60 kg/m = 776,83 Kg-m

En el centro de la luz M (+) = 1/16 \* (2,55 m)<sup>2</sup> \* 1433,60 Kg/m = 582,99 Kg-m

En el apoyo exterior M (-) = 1/12 \* (2,55 m)<sup>2</sup> \* 1433,60 kg/m = 776,83 Kg-m

Siguiendo estos procedimientos se calculan los momentos actuantes en las losas de entrepiso y techo del módulo B, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla LXXVII. **Cálculo de momentos de losa de entrepiso, módulo B**

Núm. losa	Momentos (sentido y)			Momentos (sentido x)			
	Momentos Negativos (Kg-m)	Momentos Negativos (Kg-m) sin continuidad	Momentos Positivos (Kg-m)	Momentos Negativos (Kg-m)	Momentos Negativos (Kg-m) sin continuidad	Momentos Positivos (Kg-m)	
1	1 374,43	328,72	986,15	350,92	87,13	261,39	
2	1 562,98	393,15	1 179,45	702,46		320,19	
3	1 374,43	328,72	986,15	350,92	87,13	261,39	
4	1 286,70	Losas no poseen continuidad en los extremos en este sentido	754,56	175,46	57,28	171,85	
5	1 510,30		933,98	421,48		218,89	
6	1 286,70		754,56	175,46	57,28	171,85	
7	1 545,42		951,54	210,74	72,96	218,89	
8	1 510,30		933,98	421,48		218,89	
9	1 286,70		754,56	175,46	57,28	171,85	
10	646,78		485,09				
11	776,83		582,62				
12	646,78		485,09				
13	1 961,81		1 025,42	467,89	134,06	402,19	
14	2 185,94		1 241,13	983,45		578,28	
15	1 961,81		1 025,42	467,89	134,06	402,19	
16	1 545,42		951,54	210,74	72,96	218,89	
17	1 510,30		933,98	421,48		218,89	
18	1 545,42		951,54	210,74	72,96	218,89	
19	1 286,70		754,56	175,46	57,28	171,85	
20	1 257,46		739,94	350,92		171,85	
21	1 286,70		754,56	175,46	57,28	171,85	
22	1 374,43		328,72	986,15	350,92	87,13	261,39
23	1 301,32		318,67	956,01	584,86		261,39
24	1 374,43	328,72	986,15	350,92	87,13	261,39	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. Cálculo de momentos de losa de techo, módulo B

Núm. losa	Momentos (sentido y)			Momentos (sentido x)		
	Momentos Negativos (Kg-m)	Momentos Negativos (Kg-m) sin continuidad	Momentos Positivos (Kg-m)	Momentos Negativos (Kg-m)	Momentos Negativos (Kg-m) sin continuidad	Momentos Positivos (Kg-m)
25	837,83	187,05	561,15	213,91	50,15	150,45
26	793,27	179,44	538,33	356,52		150,45
27	837,83	187,05	561,15	213,91	50,15	150,45
28	784,35	Losas no poseen continuidad en los extremos en este sentido	395,54	106,96	28,99	86,98
29	766,53		386,62	213,91		86,98
30	784,35		395,54	106,96	28,99	86,98
31	784,35		395,54	106,96	28,99	86,98
32	766,53		386,62	213,91		86,98
33	784,35		395,54	106,96	28,99	86,98
34	394,27		295,70			
35	394,27		295,70			
36	394,27		295,70			
37	1 195,89		553,25	285,22	69,87	209,62
38	1 109,44		527,60	499,13		245,27
39	1 195,89		553,25	285,22	69,87	209,62
40	784,35		395,54	106,96	28,99	86,98
41	766,53		386,62	213,91		86,98
42	784,35		395,54	106,96	28,99	86,98
43	784,35		395,54	106,96	28,99	86,98
44	766,53		386,62	213,91		86,98
45	784,35	395,54	106,96	28,99	86,98	
46	837,83	187,05	561,15	213,91	50,15	150,45
47	793,27	179,44	538,33	356,52		150,45
48	837,83	187,05	561,15	213,91	50,15	150,45

Fuente: elaboración propia.

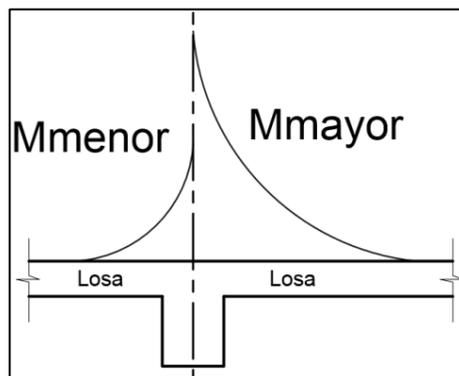
### 2.1.15.1.3. Balanceo de momentos

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

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

Figura 42. Balanceo de momentos por rigidez



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos de losa crítica de entablado

$M_1 =$  momento losa núm. 14 = 2 185,94 Kg-m

$M_1 =$  momento losa núm. 17 = 1 510,30 Kg-m

Aplicando criterio de balanceo por rigideces

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

$$0,8 * (2\ 185,94 \text{ Kg-m}) > (1\ 510,30 \text{ Kg-m})$$

$$1\ 748,75 \text{ Kg-m} > 1\ 510,30 \text{ Kg-m} = \text{proporcional a su rigidez}$$

Cálculo de rigidez de losas

$$K_1 = \frac{1}{l_1} \quad K_2 = \frac{1}{l_2}$$

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

Donde:

K 1, K 2 = rigideces de las losas 1 y 2

L 1, L 2 = longitudes de las losas consideradas

D 1, D 2 = 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:

$$M_1 = 2\,185,94 \text{ Kg-m}$$

$$M_2 = 1\,510,30 \text{ Kg-m}$$

$$K_1 = \frac{1}{4,45} = 0,2247$$

$$K_2 = \frac{1}{3,50} = 0,2857$$

$$D_1 = \frac{0,2247}{0,2247 + 0,2857} = 0,4403$$

$$D_2 = \frac{0,2857}{0,2247 + 0,2857} = 0,5597$$

0,4403	0,5597
2 185,94 Kg-m	1 510,30 Kg-m
$(2\,185,94 - 1\,510,30) * (0,4403) - 2\,185,94$	$(2\,185,94 - 1\,510,30) * (0,5597) + 1\,510,30$
-1 888,49 Kg-m	1 888,49 Kg-m

Momento balanceado  $M_B = 1\,888,49 \text{ Kg-m}$

Este procedimiento se realizó con las demás losas, tanto de entepiso como de techo. Los resultados se muestran en las tablas LXXVII y LXXVIII.

Tabla LXXIX. **Cálculo de balance de momentos en losas de entrepiso, módulo B**

Balanceo de momentos					
Sentido y			Sentido x		
Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido y)		Losas por balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido x)	
1 y 4	1 330,57		1 y 2	-526,69	526,69
2 y 5	1 536,64		2 y 3	-526,69	526,69
3 y 6	1 330,57				
4 y 7	1 416,06		4 y 5	-298,47	298,47
5 y 8	1 510,30		5 y 6	-298,47	298,47
6 y 9	1 286,70				
7 y 10	1 096,10		7 y 8	-316,11	316,11
8 y 11	-1 201,15	1 201,15	8 y 9	-298,47	298,47
9 y 12	-1 016,98	1 016,98			
10 y 13	1 304,30				
11 y 14	-1 672,62	1 672,62			
12 y 15	-1 482,76	1 482,76			
13 y 16	1 753,62		13 y 14	-725,67	725,67
14 y 17	-1 888,49	1 888,49	14 y 15	-725,67	725,67
15 y 18	-1 778,49	1 778,49			
16 y 19	1 416,06		16 y 17	-316,11	316,11
17 y 20	1 383,88		17 y 18	-316,11	316,11
18 y 21	1 416,06				
19 y 22	1 330,57		19 y 20	-263,19	263,19
20 y 23	1 279,39		20 y 21	-263,19	263,19
21 y 24	1 330,57				
			22 y 23	-467,89	467,89
			23 y 24	-467,89	467,89

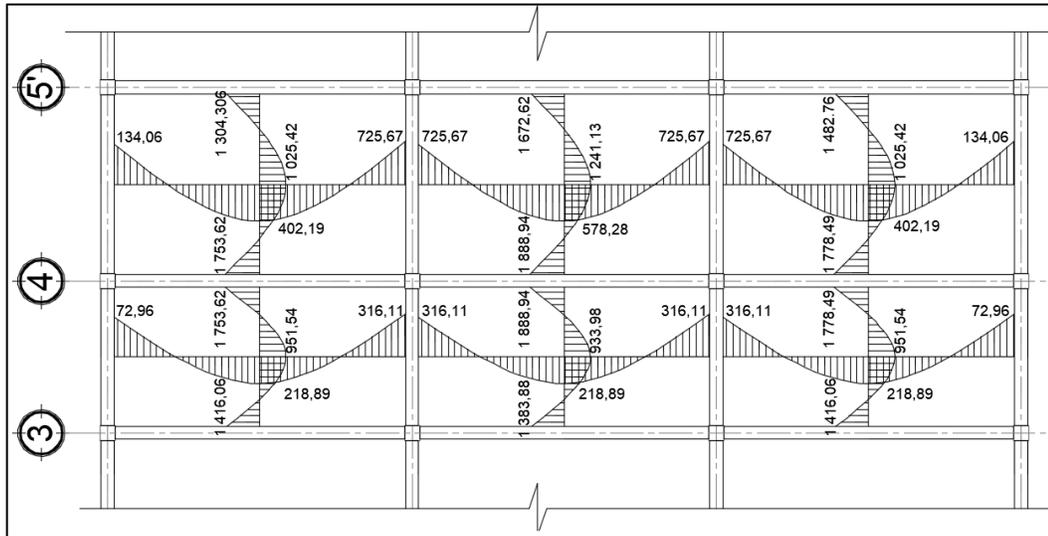
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. **Cálculo de balance de momentos en losas de techo, módulo B**

Balanceo de momentos					
Sentido y			Sentido x		
Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido y)		Losas a balancear	Momentos balanceados (Kg-m) (Sentido x)	
25 y 28	811,09		25 y 26	-285,22	285,22
26 y 29	779,90		26 y 27	-285,22	285,22
27 y 30	811,09				
28 y 31	784,35		28 y 29	-160,44	160,44
29 y 32	766,53		29 y 30	-160,44	160,44
30 y 33	784,35				
31 y 34	589,31		31 y 32	-160,44	160,44
32 y 35	-609,62	609,62	32 y 33	-160,44	160,44
33 y 36	-619,94	619,94			
34 y 37	795,08				
35 y 38	-848,91	848,91			
36 y 39	-903,87	903,87			
37 y 40	990,12		37 y 38	-392,18	392,18
38 y 41	-958,47	958,47	38 y 39	-392,18	392,18
39 y 42	-1014,71	1014,71			
40 y 43	784,35		40 y 41	-160,44	160,44
41 y 44	766,53		41 y 42	-160,44	160,44
42 y 45	784,35				
43 y 46	811,09		43 y 44	-160,44	160,44
44 y 47	779,90		44 y 45	-160,44	160,44
45 y 48	811,09				
			46 y 47	-285,22	285,22
			47 y 48	-285,22	285,22

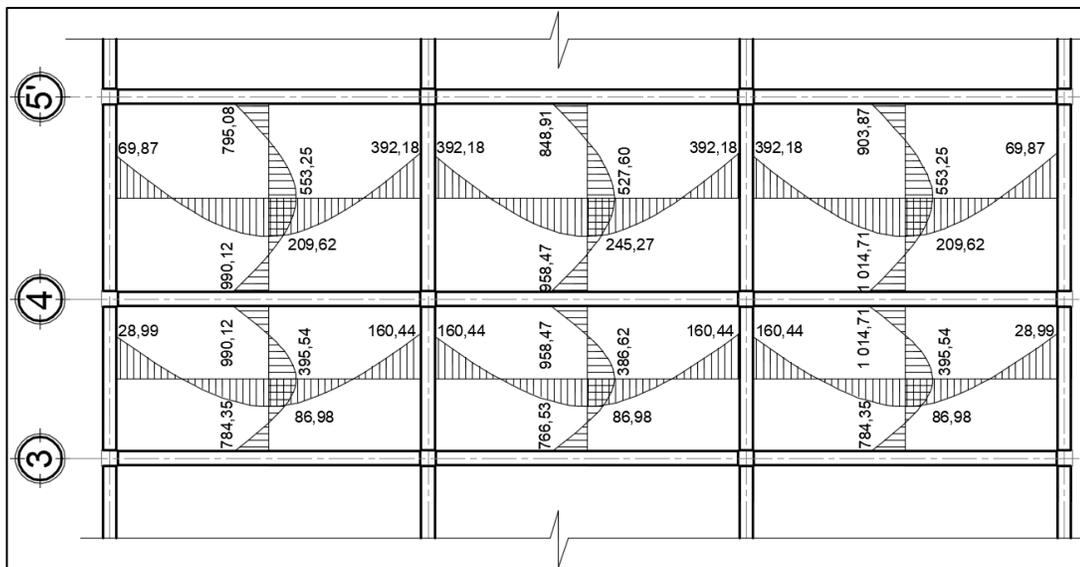
Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Momentos balanceados en losa de entrepiso, módulo B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 44. **Momentos balanceados en losa de techo, módulo B**



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2016.

#### 2.1.15.1.4. Armado de losa

Para el armado de las losas de entrepiso y de techo, se calcula como una viga con ancho de  $b=100$  cm. Se realiza el cálculo del peralte efectivo que tendrá la losa, se considera un recubrimiento de 3 cm (ACI 318-08 Sección 7.7.1)

- Cálculo de peralte efectivo

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

Donde:

$d$  = peralte efectivo

$h$  = peralte de losa

$rec$  = recubrimiento

$\emptyset$  = diámetro de la varilla por utilizar (Varilla núm. 3 = 3/8" = 0,95 cm)

$$d = h - rec - \frac{\emptyset}{2}$$
$$d = 12cm - 3cm - \frac{0,95}{2}$$
$$d = 8,525 cm$$

- Cálculo del acero mínimo para losa crítica

$$As_{min} = \frac{0,8\sqrt{f'c}}{fy} bd$$

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{f_y} \right) bd$$

Donde:

- $A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo  
 $f_y$  = resistencia a la fluencia del acero  
 $b$  = franja unitaria (100 cm)  
 $d$  = peralte efectivo  
 $f'_c$  = esfuerzo a compresión del concreto

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4 \cdot 200} 100 * 8,525 = 2,72$$

$$A_{s_{min}} = 2,71 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{4 \cdot 200} \right) (100\text{cm})(8,525\text{cm})$$

$$A_{s_{min}} = 2,86 \text{ cm}^2$$

Por tanto, se requiere  $A_{s_{min}} = 2,86 \text{ cm}^2$

- Cálculo del acero máximo para losa crítica

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{6 \cdot 120}{f_y + 6 \cdot 120} \right)$$

Donde:

- $f_y$  = resistencia a la fluencia del acero  
 $f_c$  = resistencia a la compresión del concreto

$\beta_1$  = 0,85 factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro. (ACI-318-08 Sección 10.2.7.3)

$$\rho_b = \frac{0,85(0,85)(280)}{(4\ 200)} \left( \frac{6\ 120}{4\ 200 + 6\ 120} \right)$$

$$\rho_b = 0,0285$$

Se utilizará  $\rho_b = 0,025$  debido a que el cálculo anterior excede a la cuantía de refuerzo máxima según ACI-318-08 en la sección 21.5.2.1

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

Donde:

$As_{max}$  = área de acero máximo  
 $b$  = franja unitaria (100cm)  
 $d$  = peralte efectivo  
 $\rho_b$  = cuantía de refuerzo balanceada

$$As_{max} = 0,5 * 0,025 * 100 * 8,525$$

$$As_{max} = 10,66 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

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

Donde:

- $A_{s_{req}}$  = área de acero requerido
- $M_B$  = momento actuante en losa
- $b$  = franja unitaria
- $d$  = peralte efectivo
- $f_y$  = resistencia a la fluencia de acero
- $f_c$  = resistencia a la compresión de concreto

$M_B$  (losa de entrepiso) = 1 888,49 Kg-m

$$A_{s_{req}} = \left[ 100 * 8,525 - \sqrt{(100 * 8,525)^2 - \frac{1\ 888,49 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4\ 200}$$

$$A_{s_{req}} = 6,267\ cm^2$$

Chequeo del área de acero

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

$$2,862\ cm^2 \leq 6,267\ cm^2 \leq 10,66\ cm^2$$

Se usará  $A_{s_{req}}$  como el refuerzo en losas

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

$$6,267\ cm^2 \text{ ----- } 100\ cm$$

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

$$s = 11,32 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el refuerzo por utilizar en losa será con varillas núm. 3 @ 0,10

- Acero de refuerzo por temperatura

El acero de refuerzo por temperatura exigido por el Código ACI 318-08 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 siguiente tabla.

Tabla LXXXI. **Cuantías mínimas de refuerzo por temperatura en losas**

<b>Cuantías mínimas de refuerzo por 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 alambón (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.

$$A_{s_{temperatura}} = 0,0018 * b * d$$

Donde:

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

$b$  = franja unitaria (100 cm)

$d$  = peralte efectivo

$$A_{s_{temperatura}} = 0,002 * 100 * 8,525$$

$$A_{s_{temperatura}} = 1,705 \text{ cm}^2$$

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

$$1,705 \text{ cm}^2 \text{-----} 100 \text{ cm}$$

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

$$S = 41,64$$

$$S_{max} = 3t$$

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

$$S_{max} = 0,36$$

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

- Chequeo 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.

Cálculo de corte actuante

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

Donde:

- $V_{act}$  = corte actuante  
 $C_u$  = carga ultima en Kg/m  
 $L$  = longitud libre

Para el ejemplo se toma la carga última aplicada en la losa núm. 14.

$$V_{act} = \left( \frac{(1\,433,60) * 7,00}{2} \right)$$
$$V_{act} = 5\,017,60 \text{ Kg}$$

Cálculo de corte resistente

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

Donde:

- $V_{res}$  = corte que resiste el concreto  
 $f'c$  = resistencia a la compresión del concreto  
 $b$  = franja unitaria (100 cm)  
 $d$  = peralte efectivo  
 $\theta$  = factor de reducción de resistencia (0,75)

$$V_{res} = 0,75 * \sqrt{280} * 100 * 8,525*$$
$$V_{res} = 10\,698,79 \text{ kg}$$

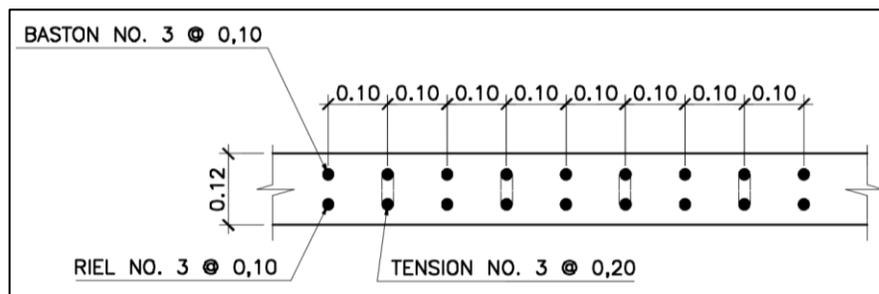
Si  $V_{res} > V_{act}$  , el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar peralte.

$$V_{res} = 10\,698,79\text{ kg} > V_{act} = 5\,017,60\text{ kg}$$

$V_{res} > V_{act}$  , el espesor de losa es el adecuado

Para las losas de techo, se realizaron los cálculos anteriores, usando respectivamente los valores de carga viva y carga muerta. Los resultados se presentan en los planos incluidos en los anexos.

Figura 45. **Esquema de sección de losa de entrepiso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.15.2. **Diseño de vigas**

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

#### 2.1.15.2.1. **Diseño de viga crítica**

La viga crítica la encontramos en el eje 4 del módulo B, entre los ejes G y H del primer nivel, los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos que se toman del análisis estructural realizado en la sección 2.1.14.3.

Datos de diseño:

$$Mu(-) \text{ izq} = 27\,496,08 \text{ kg-m}$$

$$Mu(+) = 34\,086,49 \text{ kg-m}$$

$$Mu(-) \text{ der} = 20\,734,98 \text{ kg-m}$$

(Ver tabla LXX, viga G-H)

$$F_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 0,60 \text{ m}$$

$$b = 0,30 \text{ m}$$

$$\text{rec} = 4 \text{ cm}$$

- Cálculo de peralte efectivo

$$d = h - \text{rec} - \phi_{\text{estribos}} - \frac{\phi_{\text{refuerzo principal}}}{2}$$

$$d = 60 - 4 - 0,9525 - \frac{2,85}{2} = 53,62 \text{ cm}$$

El código del ACI 318-08 en la sección 7.7.1 establece que se debe de colocar un recubrimiento mínimo al refuerzo de las vigas con concreto no expuesto a la intemperie de 4 cm.

#### 2.1.15.2.2. Diseño por flexión

- Cálculo de área de acero mínimo para viga crítica

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} bd$$

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{f_y} \right) bd$$

Donde:

$A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$b$  = base del elemento

$d$  = peralte efectivo

$f'_c$  = esfuerzo a compresión del concreto

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4\ 200} 30 * 53,62$$

$$A_{s_{min}} = 5,127\ cm^2$$

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{4\ 200} \right) (30cm)(53,62cm)$$

$$A_{s_{min}} = 5,401\ cm^2$$

Se utilizará  $A_{s_{min}} = 5,401\ cm^2$  como área de acero mínimo en la viga.

- Cálculo del acero máximo para viga crítica

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

Donde:

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$f_c$  = resistencia a la compresión del concreto

$\beta_1$  = 0,85 factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro. (ACI-318-08 Sección 10.2.7.3)

$$\rho_b = \frac{0,85(0,85)(280)}{(4\ 200)} \left( \frac{6\ 120}{4\ 200 + 6\ 120} \right)$$

$$\rho_b = 0,0285$$

Se utilizará  $\rho_b = 0,025$  debido a que el cálculo anterior excede a la cuantía de refuerzo máxima según ACI-318-08 en la sección 21.5.2.1

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

Donde:

$A_{s_{max}}$  = área de acero máximo

$b$  = base del elemento

$d$  = peralte efectivo

$\rho_b$  = cuantía de refuerzo balanceada

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,025 * 30 * 53,62$$

$$A_{s_{max}} = 20,11 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido de viga crítica para momento positivo

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

Donde:

$As_{req}$	= área de acero requerido
$M_B$	= momento actuante
$b$	= base del elemento
$d$	= peralte efectivo
$f_y$	= resistencia a la fluencia de acero
$f_c$	= resistencia a la compresión de concreto

$M_{(+)}$  viga crítica = 34 086,49 kg-m

$$As_{req} = \left[ 30 * 53,62 - \sqrt{(30 * 53,62)^2 - \frac{34\ 086,49 * 30}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4\ 200}$$

$$As_{req} = 18,744 \text{ cm}^2$$

Chequeo del área de acero

$$As_{min} \leq As_{req} \leq As_{max}$$

$$5,40 \text{ cm}^2 \leq 18,74 \text{ cm}^2 \leq 20,11 \text{ cm}^2$$

$As_{req}$  cumple

- Cálculo de acero requerido de viga crítica para momento negativo máximo

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

Donde:

$As_{req}$  = área de acero requerido

$M_B$  = momento actuante

$b$  = base del elemento

$d$  = peralte efectivo

$f_y$  = resistencia a la fluencia de acero

$f_c$  = resistencia a la compresión de concreto

$M_{(-)}$  viga crítica = 27 496,08 kg-m

$$As_{req} = \left[ 30 * 53,62 - \sqrt{(30 * 53,62)^2 - \frac{27\,496,08 * 30}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4\,200}$$

$$As_{req} = 14,76 \text{ cm}^2$$

Chequeo del área de acero

$$As_{min} \leq As_{req} \leq As_{max}$$

$$5,40 \text{ cm}^2 \leq 14,76 \text{ cm}^2 \leq 20,11 \text{ cm}^2$$

$As_{req}$  cumple

Para el armado final de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI 318-08 Cap. 21:

- Colocar al menos 2 varillas de forma continua, tanto en la parte superior como en la parte inferior. ACI 318-08, sección 21.5.2.1
- La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia a momento negativo proporcionada en esa misma cara. ACI 318-08, sección 21.5.2.2
- La resistencia a momento negativo o positivo en cualquier sección, a lo largo de la longitud del elemento, debe ser menor a un cuarto de la resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos.

Tomando en cuenta los requisitos anteriores se realizan los siguientes cálculos.

$$A_s (M^- \text{ mayor}) = 14,76 \text{ cm}^2$$

Cumpliendo inciso núm. 1

$$\frac{1}{2} A_s \text{ mayor } (M^-) = \frac{1}{2} (14,76 \text{ cm}^2) = 7,38 \text{ cm}^2$$

Cumpliendo inciso núm. 2

$$\frac{1}{4} A_s \text{ mayor } (M^-) = \frac{1}{4} (18,74 \text{ cm}^2) = 4,69 \text{ cm}^2$$

Se considera el mayor entre  $A_{s_{min}}$ , inciso núm. 1 y 2, como refuerzo corrido en viga ( $7,38 \text{ cm}^2$ ).

Se utilizarán 2 varillas núm. 6 + 1 varilla núm. 5 como refuerzo corrido (7,68 cm<sup>2</sup>)

- Refuerzo para momento negativo

Tomando en cuenta el cálculo del área de acero de varillas corridas se realiza la diferencia entre el área de acero requerida para momento negativo y el área de acero proporcionada por las varillas corridas.

$$A_{S_{faltante}} = A_{S_{requerida (M-)}} - A_{S_{corrido}}$$

$$A_{S_{faltante}} = 14,76 \text{ cm}^2 - 7,68 \text{ cm}^2 = 7,08 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se utilizará 2 varillas corridas núm. 6 + 1 varilla corrida núm. 5 y 2 bastones núm. 6 + 1 bastón núm. 5 como refuerzo para momento negativo (15,36 cm<sup>2</sup>)

- Refuerzo para momento positivo

Tomando en cuenta el cálculo del área de acero de varillas corridas se realiza la diferencia entre el área de acero requerida para momento positivo y el área de acero proporcionada por las varillas corridas.

$$A_{S_{requerida (M+)}} = 18,744 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{corrido}} = 7,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{corrido}} < A_{S_{requerida (M+)}}$$

Se utilizará 2 varillas corridas núm. 6 + 1 varilla núm. 5 y 4 bastones núm. 6 como refuerzo para momento positivo (19,08 cm<sup>2</sup>).

### 2.1.15.2.3. Diseño por corte

- Cálculo de fuerza de corte resistente

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

Donde:

- $V_{res}$  = corte resistente del concreto  
 $f'c$  = resistencia a la compresión del concreto  
 $b$  = base del elemento  
 $d$  = peralte efectivo de viga

$$V_{rest} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 30 * 53,62 = 12\ 126,69\ kg$$

- Cálculo de fuerza de corte actuante (ACI 318-08 21.5.4.1)

$$V_{act} = \frac{M_{izq}^{(-)} + M_{der}^{(-)}}{L} \pm \frac{Wu * L}{2}$$

Donde:

- $V_{act}$  = corte actuante  
 $Wu$  = carga última  
 $M_{izq}^{(-)}$  = momento negativo izquierdo o derecho  
 $L$  = longitud de viga

Carga viva = 990,20 Kg/m

Carga muerta = 2 436,09 Kg/m

Momento negativo izquierdo = 27 496,08 Kg-m

Momento negativo derecho = 20 734,98 Kg-m

$Wu = 1.2CM + 1.6 CV$  (ACI 318-08 cap. 8)

$$Wu = 1,2 \left( 2\,436,09 \frac{Kg}{m} \right) + 1,6 \left( 990,20 \frac{Kg}{m} \right) = 4\,507,625 \text{ kg/m}$$

$$V_{act} = \frac{27\,496,08 + 20\,734,98}{7,00} + \frac{4\,507,625 * 7,00}{2} = 22\,666,84 \text{ kg}$$

El corte que resiste el concreto  $V_{rest}$  se debe comparar con el corte actuante  $V_{act}$ , si  $V_{rest} > V_{act}$  la viga necesita estribos solo por armado; y el espaciamiento de estos  $S_{max} = d/2$ , usando como mínimo varillas núm. 3.

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{53,62 \text{ cm}}{2} = 26,81 \text{ cm} , \text{ por tanto } S_{max} = 25 \text{ cm}.$$

Si  $V_{rest} < V_{act}$  se deben diseñar estribos por corte, para este caso

$$V_{rest} < V_{act}$$

$$12\,126,69 \text{ kg} < 22\,666,84 \text{ kg}$$

Para el diseño de estribos por corte se utiliza lo siguiente:

$$S = \frac{2 * Av * fy * d}{V_{act}}$$

Donde:

$A_v$  = área de acero de varilla que soportara esfuerzos de corte

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

$V_{act}$  = fuerza de corte actuante

$d$  = peralte efectivo de viga

$S$  = espaciamiento entre estribos

Para el espaciamiento de confinamiento hasta  $X''$  es:

$$X' = \frac{\text{longitud de viga}}{2} = \frac{7,00}{2} = 3,50 \text{ m}$$

$$X'' = \frac{Vu * X'}{Vac} = \frac{12\ 126,69 \text{ kg} * 3,50 \text{ m}}{22\ 666,84 \text{ kg}} = 1,872 \text{ m}$$

El espaciamiento hasta  $X''$  es:

$$S = \frac{2 * 0,71 * 4\ 200 * 53,62}{22\ 666,84 \text{ kg}} = 14,11 \cong 14 \text{ cm}$$

El resto de estribos se diseñan con el corte que resiste el concreto.

$$S = \frac{2 * 0,71 * 4\ 200 * 53,62}{12\ 126,69 \text{ kg}} = 26,37 \cong 26 \text{ cm}$$

Según el ACI 318-08 en la sección 21.5.3.1, deben 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.

Acerca de la separación de los estribos de confinamiento en la sección 21.5.3.2 del ACI 318-08, el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 5 cm de la cara del elemento de apoyo.

Además, el  $S_{max}$ , 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

$$\frac{d}{4} = \left( \frac{53,62}{4} \right) = 13,41 \text{ cm}$$

$$8\phi_{5/8"} = 8 \left( 2,54 * \frac{3}{4} \right) = 15,24 \text{ cm}$$

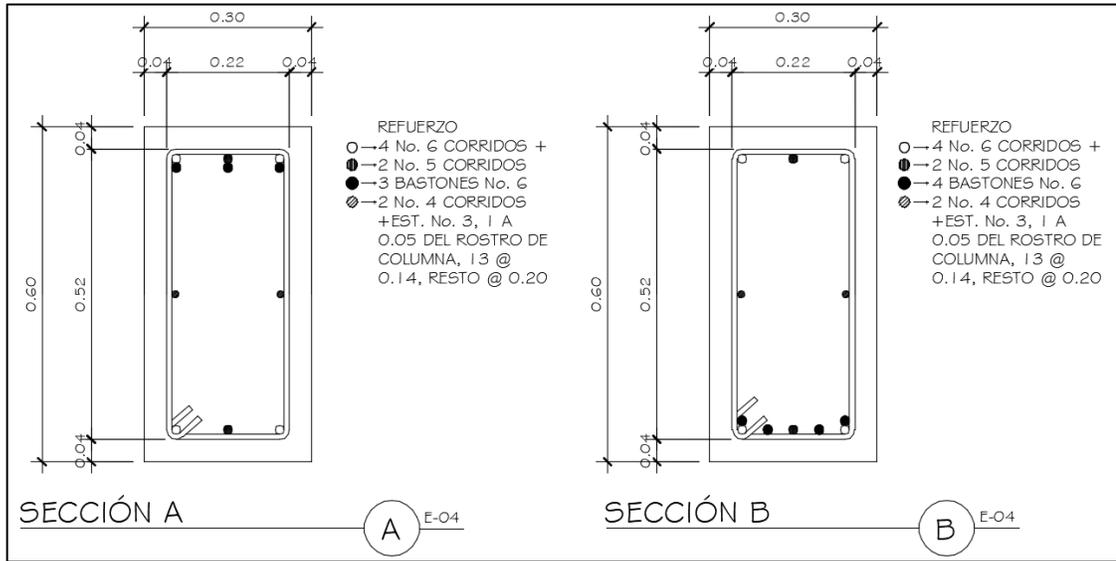
$$24\phi_{estribo} = 24 * \left( 2,54 * \frac{3}{8} \right) = 22,86 \text{ cm}$$

$$300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el refuerzo transversal de la viga se armará tomando en cuenta los parámetros anteriores, la viga estará armada de la siguiente manera:

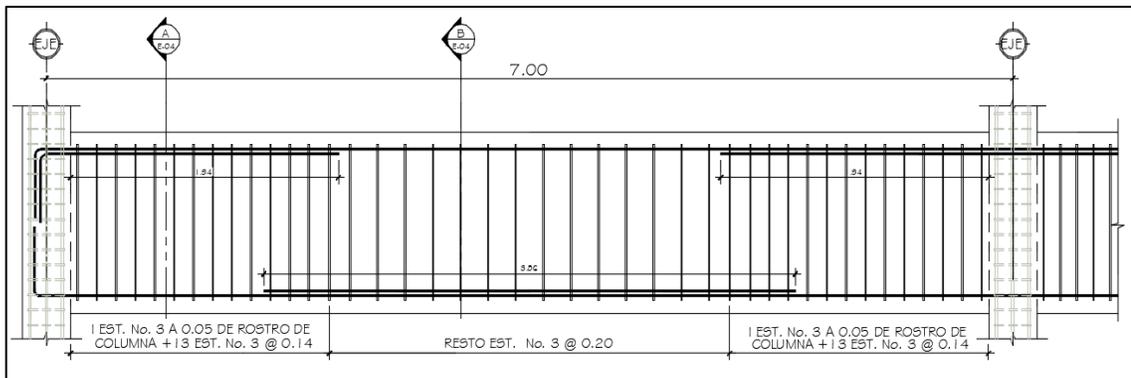
En la longitud de 1,90 m	1 estribo núm. 3 a 5 cm del rostro de la columna + 13 estribos núm. 3 @ 0,14 m.
Resto de estribos	estribos núm. 3 @ 0,20 m

Figura 46. Sección de viga crítica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 47. Refuerzo longitudinal y transversal en viga crítica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.15.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por el área tributaria. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural.

Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio y se aplican en la columna del nivel 1.

La sección 10.10.1, de Código ACI 318-08, establece que el diseño deseable de un miembro a compresión debe de basarse en un análisis teórico de la estructura que tome en cuenta los efectos de las cargas axiales, los momentos, las deflexiones, la duración de las cargas, las dimensiones variables de los miembros, las condiciones en los extremos.

Los parámetros esenciales que se tienen que tomar en cuenta para el diseño de columnas, planteados en el ACI 318-08, son los siguientes:

- El área de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$  , no debe ser menor del 1 % de la sección de la columna ( $A_g$ ) ni mayor al 6 %.
- La dimensión menor de la sección transversal no debe ser menor de 30 cm.

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

Los datos de diseño para las columnas son los siguientes:

Sección de columna = 0,35x0,35 m

Sección de viga 1 = 0,30x0,60 m (longitud = 7,00 m)

Sección de viga 3 = 0,25x0,50 m (longitud = 3,50 m)

$M_x = 15\,310,57$  kg-m

$M_y = 13\,136,97$  kg-m

Longitud de columna = 4,50 m

Área tributaria = 12,25 m<sup>2</sup>

Espesor de losa = 0,12 m

### 2.1.15.3.1. Clasificación por su esbeltez

- Si esbeltez < 22, se considera columna corta
- Si 22 < esbeltez < 100, se considera columna esbelta
- Si esbeltez >100, no diseñar, se debe cambiar sección
  - Inercia área gruesa

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

Donde:

$I_g$  = inercia área gruesa

$b$  = base del elemento

$h$  = altura del elemento

Vigas:

$$I_g = \frac{30 * (60)^3}{12} = 540\,000 \text{ cm}^4$$

Columnas:

$$I_g = \frac{35 * (35)^3}{12} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

- Inercia sección fisurada

Según ACI 318-08 Sección 10.10.4.1

Vigas:  $0,35 * I_g = 0,35 * (540\,000 \text{ cm}^4) = 189\,000 \text{ cm}^4$

Columnas:  $0,70 * I_g = 0,35 * (125\,052,08 \text{ cm}^4) = 87\,536,46 \text{ cm}^4$

- Coeficiente de empotramiento

$$\Psi_{sup} = \frac{\sum(EI/L)_{col}}{\sum(EI/L)_{viga}} = \frac{\sum(I/L)_{col}}{\sum(I/L)_{viga}}$$

Donde:

$\Psi_{sup}$  = coeficiente de empotramiento

$I$  = inercia de sección fisurada

$L$  = longitud del elemento

Sentido X:

$$\Psi_{sup} = \frac{87\,536,46 \text{ cm}^4 / 450 \text{ cm} + 87\,536,46 \text{ cm}^4 / 300}{189\,000 \text{ cm}^4 / 700 \text{ cm} + 189\,000 \text{ cm}^4 / 700} = 0,9006$$

$$\Psi_{inf} = 0 \text{ (cimentación)}$$

$$\Psi_{promedio} = 0,4503$$

Sentido Y:

$$\Psi_{sup} = \frac{87\,536,46 \text{ cm}^4 / 450 \text{ cm} + 87\,536,46 \text{ cm}^4 / 300}{189\,000 \text{ cm}^4 / 350 \text{ cm}} = 7,4698$$

$$\Psi_{inf} = 0 \text{ (cimentación)}$$

$$\Psi_{promedio} = 3,7349$$

- Longitud efectiva

$$K = \frac{20 - \Psi_{promedio}}{20} \sqrt{1 + \Psi_{promedio}}$$

Donde:

$\Psi_{promedio}$  = coeficiente de empotramiento promedio

$K$  = longitud efectiva

Sentido X

$$K = \frac{20 - 0,4503}{20} \sqrt{1 + 0,4503} = 1,18$$

Sentido Y

$$K = \frac{20 - 3,7349}{20} \sqrt{1 + 3,7349} = 1,77$$

○ Esbeltez

$$Esbeltez = \frac{KL_u}{r}$$

Donde:

$K$  = longitud efectiva

$L_u$  = luz libre de columna

$r$  = radio de giro = 0,3b

Sentido X

$$\frac{KL_u}{r} = \frac{(1,18)(3,90)}{(0,30 * 0,35)} = 43,72$$

Sentido Y

$$\frac{KL_u}{r} = \frac{(1,77)(2,40)}{(0,30 * 0,35)} = 40,45$$

La esbeltez en ambos sentidos es  $> 22$  y  $< 100$ , se deben considerar los efectos de esbeltez en la columna, mediante la amplificación de momentos.

### 2.1.15.3.2. Cálculo de carga axial

La carga axial,  $P_u$  que resiste la columna, es el peso de las columnas sobre la columna que se analizará, incluyendo el área tributaria de las columnas por encima de la que se está analizando.

Datos primer nivel

Datos segundo nivel

Carga muerta = 528 kg/m<sup>2</sup>

Carga muerta = 473 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva = 350 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva = 100 kg/m<sup>2</sup>

Área tributaria = 12,25 m

$$CU = 1,2CM + 1,6CV = 1,2 * 528 + 1,6 * 350 = 1\ 193,60\ kg/m^2$$

$$CU = 1,2CM + 1,6CV = 1,2 * 473 + 1,6 * 100 = 727,60\ kg/m^2$$

- Cálculo del factor de carga

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CV}$$

Donde:

$F_{cu}$  = factor de carga última

$CM$  = carga muerta

$CV$  = carga viva

$CU$  = carga última

Primer nivel:

$$F_{cu1} = \frac{1\ 193,60}{528 + 350} = 1,36$$

Segundo nivel:

$$F_{cu2} = \frac{727,60}{473 + 100} = 1,27$$

- Cálculo de la carga axial

$$P_U = (A_T * CU) + (Pp_{viga} + Pp_{col}) * F_{cu}$$

Donde:

$P_u$  = carga axial

$A_T$  = área tributaria

$CU$  = carga última

$F_{cu}$  = factor de carga última

$Pp_{viga}$  = peso propio de vigas

$Pp_{col}$  = peso propio de columna

Carga axial segundo nivel

$$P_{U2} = (12,25 * 727,60) + (((2 * 357,00 * 7) + (357,00 * 3,50)) * 1,27)$$

$$P_{U2} = 17 852,87 \text{ kg}$$

Carga axial primer nivel

$$P_{u1} = 17 852,87 + (12,25 * 1 193,60) + ((2 * 373,00 * 7) + (357,00 * 3,50) + (2 * 402,30 * (4,50 + 3,00))) * 1,37)$$

$$P_{u1} = 45 685,29 \text{ kg}$$

- Factor de flujo plástico

$$\beta_d = \frac{1,4CM}{1,4CM + 1,7CV}$$

Donde:

$\beta_d$  = factor de flujo plástico

$CM$  = carga muerta

$CV$  = carga viva

$$\beta_d = \frac{1,4(528)}{1,4(528) + 1,7(350)} = 0,554$$

- Rigidez

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

Donde:

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto =  $15\ 100\sqrt{f'c}$

$I_g$  = inercia de sección de columna

$\beta_d$  = factor de flujo plástico

$$EI = \frac{0,4[15\ 100\sqrt{280}] \left[ \frac{(35)(35)^3}{12} \right]}{1 + (0,5540)} = 8\ 132\ 886\ 805,19\ kg - cm^2$$

- Carga crítica de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2}$$

Donde:

$EI$  = inercia de sección

$K$  = factor de longitud efectiva

$L_u$  = luz libre de columna

Sentido X

$$P_{crx} = \frac{\pi^2(8\ 132\ 886\ 805,19)}{(1,18 * 2,40)^2} = 1\ 005\ 548,90\ kg$$

Sentido Y

$$P_{cry} = \frac{\pi^2(8\ 132\ 886\ 805,19)}{(1,77 * 2,40)^2} = 444\ 998,06\ kg$$

### 2.1.15.3.3. Momentos amplificados de diseño

- Amplificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0,75P_{cr}}}$$

Donde:

$\delta$  = factor de amplificador de momentos

$P_u$  = carga axial última

$P_{cr}$  = carga crítica de Euler

Sentido X

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{45\,685,29}{0,75(1\,005\,648,90)}} = 1,06$$

Sentido Y

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{45\,685,29}{0,75(444\,998,06)}} = 1,16$$

- Momentos amplificados (de diseño)

$$M_x = 15\,310,57 \text{ kg-m}$$

$$M_y = 13\,136,97 \text{ kg-m}$$

$$M_c = \delta * M_u$$

Donde:

$M_c$  = momento crítico de diseño (amplificado)

$M_u$  = momento actuante

$\delta$  = amplificador de momentos

Sentido X

$$M_c = 1,06 * (15\,310,57) = 16\,297,75 \text{ kg-m}$$

Sentido Y

$$M_c = 1,16 * (13\,136,97) = 15\,220,42 \text{ kg-m}$$

#### 2.1.15.3.4. Refuerzo longitudinal de columna crítica

Se presenta el proceso de diseño de prueba y error, es un proceso iterativo que consiste en proponer un armado y comprobar la resistencia de la sección mediante el método de la carga inversa de Bresler, haciendo uso de diagramas de interacción de carga y momento del ACI 318-08.

Datos:

Recubrimiento 0,04 m

$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

$f'y = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$

$V_{act} = 6\ 538,63 \text{ kg}$

$b = 35 \text{ cm}$

$h = 35 \text{ cm}$

- Cálculo de  $d$

$$d = h - rec - \phi_{estribo} - \phi_{estimado}$$
$$d = 35\text{cm} - 4\text{cm} - 3/8" - 3/4" = 29,10 \text{ cm}$$

- Límites de acero

Según el código ACI 318-11, capítulo 21.6.3.1, establece que el área de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$ , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que  $0,01A_g$  ni mayor que  $0,06A_g$

$$A_{s_{min}} = 0,01 * (35 * 35) = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 0,08 * (35 * 35) = 98,0 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el 1,86 % área de sección de columna

$$1,86\%A_g = 0,0186 * (35 * 35) = 22,79 \text{ cm}^2$$

Se propone usar 8 varillas núm. 6 ( $A_s=22,80 \text{ cm}^2$ )

Utilizando el diagrama de interacción de columna (ver anexos), se obtienen los siguientes valores:

$$P_{max} = 267\,322,82 \text{ kg}$$

$$Pb_x = 123\,604,057 \text{ kg}$$

$$Mb_x = 23\,221,41 \text{ kg} - m$$

Datos del análisis estructural:

$$Pd = 45\,685,29 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 15\,310,57 \text{ kg} - m$$

$$M_{dy} = 13\,136,97 \text{ kg} - m$$

Determinar la resistencia nominal requerida

$$Pn_{x,y} = \frac{Pd}{\phi}, Mn_x = \frac{M_{dx}}{\phi} = Mn_y = \frac{M_{dy}}{\phi}, \text{ donde } \phi = 0,70 \text{ para columnas}$$

$$Pn_{x,y} = \frac{45\,685,29}{0,70} = 65\,264,70 \text{ kg}$$

$$Mn_x = \frac{15\,310,57}{0,70} = 21\,872,25 \text{ kg}$$

$$Mn_y = \frac{13\,136,97}{0,70} = 18\,767,10 \text{ kg}$$

Aplicando método de carga recíproca de Bresler:

Revisar  $Pn \geq 0,10 * f'c * Ag$

$$65\,264,70 \geq 0,10 * 280 * 22,79$$

$$65\,264,70 \text{ kg} \geq 637,98 \text{ kg}$$

Por tanto, se puede aplicar el método.

$$Pn \leq \frac{1}{\frac{1}{Po_x} + \frac{1}{Po_y} - \frac{1}{Po}}$$

Donde:

$Pn$  = capacidad nominal de la sección por carga axial cuando la carga se coloca a una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes

$Po_x$  = capacidad nominal de la sección por carga axial, cuando la carga se coloca con una excentricidad  $e_x$

$Po_y$  = capacidad nominal de la sección por carga axial, cuando la carga se coloca con una excentricidad  $e_y$

$$Pn_{x,y} = \frac{45\,685,29}{0,70} = 65\,264,70 \text{ kg}$$

$$P_{O_x} = \left[ \frac{M_{nx}(P_b - P_{max})}{M_b} \right] + P_{max}$$

$$P_{O_x} = \left[ \frac{21\,872,25 * (123\,604,057 - 267\,322,818)}{23\,221,41} \right] + 267\,322,81 = 131\,954,09 \text{ kg}$$

$$P_{O_y} = \left[ \frac{M_{ny}(P_b - P_{max})}{M_b} \right] + P_{max}$$

$$P_{O_y} = \left[ \frac{18\,767,10 * (123\,604,057 - 267\,322,81)}{23\,221,41} \right] + 267\,322,81 = 151\,172,06 \text{ kg}$$

$$P_o = P_{max} = 267\,322,81 \text{ kg}$$

Evaluando el límite de Pn

$$P_n \leq \frac{1}{\frac{1}{131\,954,09} + \frac{1}{151\,172,06} - \frac{1}{267\,322,82}} = 95\,670,19 \text{ kg}$$

$$65\,264,70 \text{ kg} \leq 95\,670,19 \text{ kg}$$

Considerando el resultado, la sección de columna y armado propuesto, resiste las cargas aplicadas.

#### 2.1.15.3.5. Refuerzo transversal de columna crítica

Según el ACI 318-08 sección 11.2.1.1., esfuerzo de corte que resiste el concreto ( $V_u$ )

$$V_u = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_u = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 35 * 29,10$$

$$V_u = 7\,676,45 \text{ kg}$$

Corte actuante

$$V_{act} = 6\,538,63 \text{ kg} \text{ (análisis estructural ETABS)}$$

Comparar  $V_{cu}$  con  $V_{act}$ , usando los siguientes criterios:

Si  $V_u > V_{act}$  se colocaran estribos a  $s = d/2$

Si  $V_u < V_{act}$  se diseñan estribos por corte, la varilla mínima permitida es núm. 3 ( $\phi = 3/8"$ )

$$\text{Como } V_u = 7\,676,45 \text{ Kg} > V_a = 6\,538,63 \text{ Kg}$$

$$\text{Se colocan estribos a } s = d/2 = 29,10/2 = 14,55 \text{ cm}$$

- Longitud de confinamiento

Según ACI 318-08 sección 21.3.5.2 inciso (e), (f), (g). no debe ser menor que:

(e) una sexta parte de la luz libre de la columna ( $luz \text{ libre}/6$ ) =  $\frac{3,90}{6} = 0,65 \text{ m}$

(f) La mayor dimensión de la sección transversal de la columna = 0,35 m

(g) 0,45 m

- Cálculo de estribos en zona confinada

El código ACI 318-08 21.6.4.4 (b) El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares  $A_{sh}$ , no debe ser menor que la requerida por las siguientes ecuaciones (21-4) y (21-5).

$$A_{sh} = \frac{0,3 * s * b * f'c}{f'y} \left[ \left( \frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right] \quad (21 - 4)$$

$$A_{sh} = 0,09 * \frac{s * b * f'c}{f'y} \quad (21 - 5)$$

Donde:

- S = espaciamiento de refuerzo transversal medido centro a centro
- b = dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área  $A_{sh}$ .
- $f'c$  = resistencia a la compresión del concreto
- $f'y$  = resistencia a la tensión del acero
- $Ag$  = área bruta de la sección en  $cm^2$
- $Ach$  = área de la sección transversal de un elemento, medidas desde los bordes exteriores del refuerzo transversal
- $A_{sh}$  = área total del refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocados dentro del espaciamiento y perpendicular a la dimensión b en  $cm^2$ .

Resolviendo ecuación (21-4)

$$A_{sh} = \frac{0,3 * s * 26,05 * 280}{4 200} \left[ \left( \frac{1 225}{678,47} \right) - 1 \right] = 0,42s$$

Se colocará refuerzo transversal con varillas núm. 3, tres ramas.

$$A_{sh} = 3 * 0,71 = 2,13 \text{ cm}^2$$

$$2,13 = 0,42 s \quad s = 5,08 \text{ cm}$$

Resolviendo ecuación (21-5)

$$A_{sh} = 0,09 * \frac{s * 26,05 * 280}{4 * 200} = 0,1563s$$

Se colocará refuerzo transversal con varillas núm. 3, tres ramas.

$$A_{sh} = 3 * 0,71 = 2,13 \text{ cm}^2$$
$$2,13 = 0,1563 s \quad s = 13,63 \text{ cm}$$

El código ACI 318-11, en la sección 21.6.4.3 especifica: la separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de (a), (b) y (c):

- (a) la cuarta parte de la dimensión mínima del elemento.
- (b) seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor,
- (c)  $S_o$ , según lo definido en la siguiente ecuación  $S_o = 100 + \left(\frac{350+hx}{3}\right)$   
 $hx$  = espaciamiento máximo horizontal, medido centro a centro, entre ganchos suplementarios o ramas de estribos cerrados de confinamiento en todas las caras de la columna.

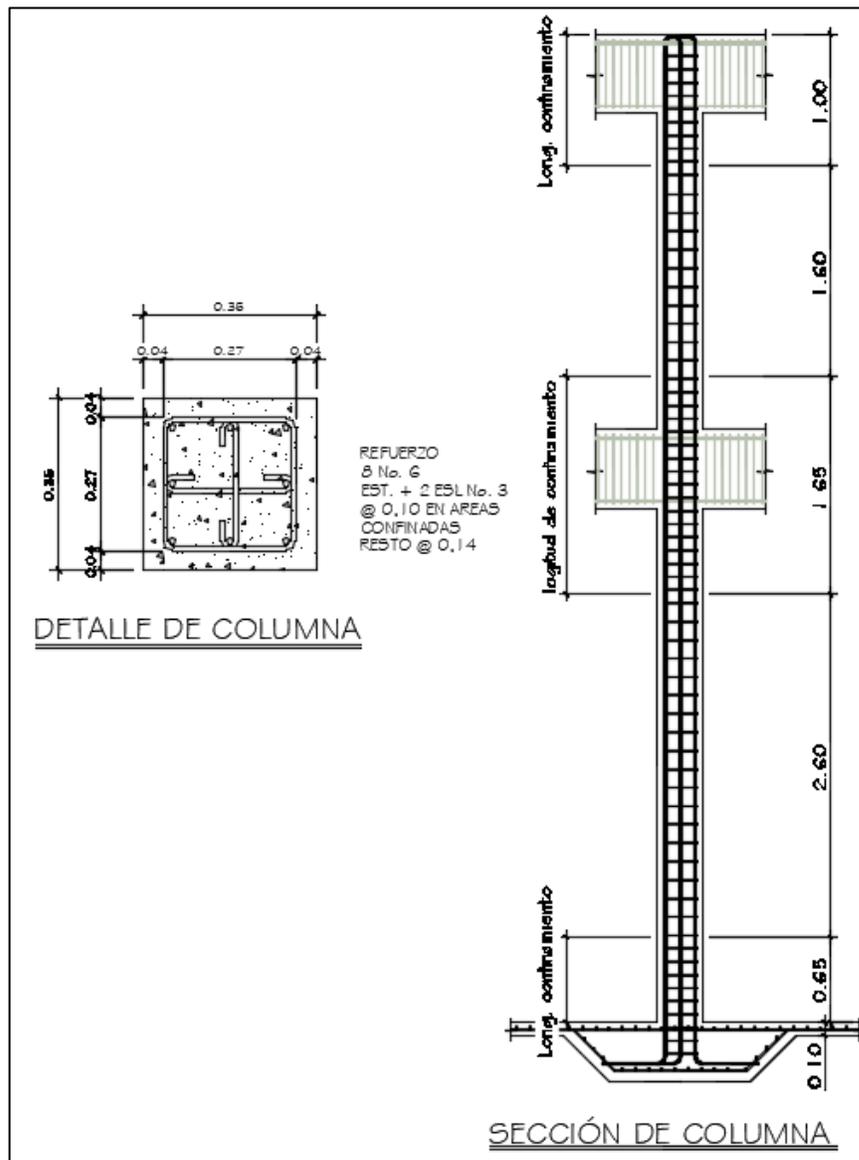
$$(a) \frac{\text{dimension minima de elemento}}{4} = \frac{35 \text{ cm}}{4} = 8,75 \text{ cm}$$

$$(b) 6 * \frac{3}{4} = 4,5" = 11,43 \text{ cm}$$

$$(c) S_o = 100 + \left(\frac{350+144,5}{3}\right) = 168,5 \text{ mm} = 16,85 \text{ cm}$$

Establecido lo anterior se colocan estribos con varilla núm. 3 espaciados @ 0,10 m dentro de la longitud de confinamiento (0,65 m) y en el resto de la columna estribos núm. 3 @ 0,14 m.

Figura 48. Detalle de columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

#### 2.1.15.4. Diseño de nudos

La unión viga- columna, se define como la porción de la columna dentro de la altura de las vigas que se unen hasta ella. Los nudos deben diseñarse para resistir las fuerzas que las vigas y las columnas les transfieren incluyendo cargas axiales, flexión, torsión y cortante.

El comportamiento exitoso de un nudo depende principalmente del confinamiento lateral del nudo. Este confinamiento tiene dos beneficios:

- Aumenta la resistencia del núcleo de concreto y mejora la capacidad de deformación.
- Evita el pandeo de las barras verticales en la columna.

Se debe determinar el valor del esfuerzo de corte en la unión de ambos ejes, para que posteriormente se realice una revisión de la resistencia al corte.

Sobre el eje X

Las vigas que atraviesan la unión, con el mismo refuerzo y con lado por sismo hacia la derecha, tienen momentos probables de 27,50 toneladas-metro y 29,11 toneladas-metro. Según la columna interior del primer nivel en el eje 4 del módulo B. se utilizan los factores de distribución, en función de las alturas, para las columnas superior e inferior a la unión de 0,40 y 0,60, respectivamente.

$$M_{c1} = 0,40(29,11 + 27,50) = 22,64 \text{ T} - m$$

$$M_{c1} = 0,60(29,11 + 27,50) = 33,97 \text{ T} - m$$

El esfuerzo cortante en la columna inferior es

$$V_{sw} = \frac{22,64 + 33,97}{4} = 14,15 T$$

Las áreas de acero en las capas de refuerzo superior e inferior de la viga son 15,36 centímetros cuadrados y 7,68 centímetros cuadrados, respectivamente. Por lo que las fuerzas a la izquierda,  $T_1 = C_1$ , y a la derecha  $C_2 = T_2$ , de la unión son:

$$T_1 = C_1 = 1,25A_s f_y = 1,25 * (15,36) * (4 200) = 80,64 T$$

$$C_2 = T_2 = 1,25A_s f_y = 1,25 * (7,68) * (4 200) = 40,32 T$$

Con la sumatoria de las fuerzas horizontales se obtiene el esfuerzo cortante en la unión:

$$\begin{aligned} V_j &= C_2 + T_1 - V_{sw} \\ V_j &= 40,32 + 80,64 - 14,15 \\ V_j &= 106,81 T \end{aligned}$$

El código ACI-318 en su sección 21.7.4.1 hace el requerimiento de refuerzo de confinamiento a través de una unión viga-columna. La unión bajo estudio cuenta con cuatro vigas a su alrededor, por lo que la resistencia nominal a fuerza cortante es:

$$V_n = 5,3\sqrt{f'_c} A_j$$

Donde:

$V_n$  = resistencia nominal del nudo al cortante

$A_j$  = área efectiva de la sección transversal dentro de un nudo

De acuerdo con el dimensionamiento del área del nudo  $A_j=53*28=1\ 484$  centímetros cuadrados, con base a las especificaciones del código, la resistencia nominal a corte del nudo es:

$$V_n = 5,3\sqrt{280} * 1\ 484 = 131\ 609,97\ kg = 131,61\ T$$

Y con un factor de reducción de resistencia para corte  $\phi = 0,85$ , para uniones en estructuras sismo resistentes, según ACI-318 en la sección 9.3.4

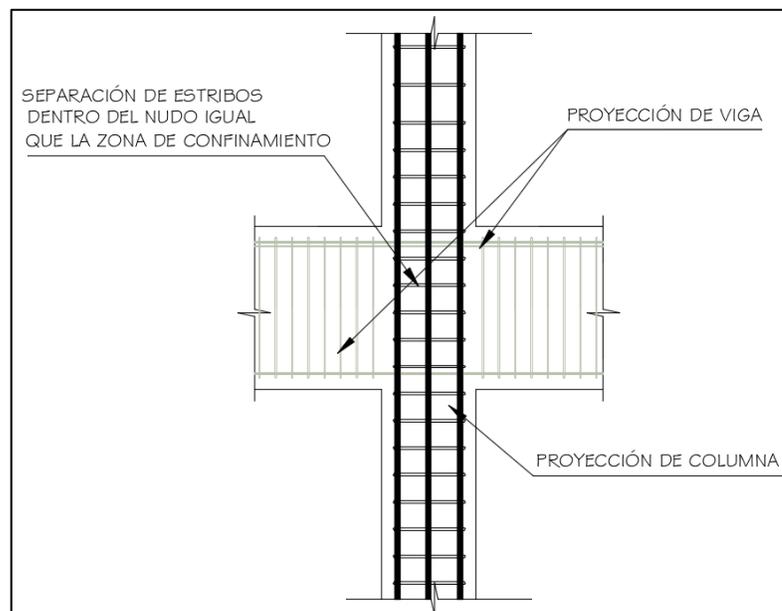
$$\phi V_n = 0,85 * 131,61 = 111,86\ T$$

La resistencia última a cortante es mayor a los esfuerzos de corte en la unión en ambas direcciones, por lo que las dimensiones y el diseño de las vigas y columna es satisfactorio. Independientemente de la magnitud de la fuerza cortante calculada en el nudo, debe proporcionarse refuerzo de confinamiento en el mismo.

La sección 21.7.3.2 del Código ACI-318, señala que la cantidad de refuerzo de confinamiento puede reducirse en un 50 por ciento del valor respectivo al refuerzo provisto en la columna e incluso su espaciamiento puede incrementarse hasta 15 centímetros si los elementos horizontales que llegan al nudo lo hacen en las cuatro direcciones. Este precepto puede aplicarse solo si el ancho de cada elemento horizontal mide al menos tres cuartas partes del ancho de la columna.

Dado que el ancho de las vigas no excede  $\frac{3}{4}$  del ancho de la columna, solamente se debe satisfacer el requisito de la sección 21.7.3.1, el cual indica que el refuerzo de confinamiento a través del nudo debe ser equivalente con el refuerzo transversal de la columna.

Figura 49. **Detalle de armado de nudo**



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.15.5. **Diseño de cimientos**

Los cimientos son los elementos que recibirán todas las cargas, tanto propias como externas y transmitirá la acción de las cargas al suelo. Existen varios tipos de cimientos y para elegir cuál se usará, se debe considerar el tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo.

### 2.1.15.5.1. Diseño de losa de cimentación

Se seleccionó realizar una losa de cimentación debido a que la capacidad de carga del suelo es baja. El diseño estructural de la losa de cimentación se efectúa con el método rígido convencional. Se realiza el cálculo para una franja de la losa de cimentación del módulo B.

Datos:

$$B = 21,35 \text{ m}$$

$$L = 28,35 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma_c = 2\,400 \text{ Kg/m}^3$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{neta} = 6,35 \text{ T/m}^2$$

$$q_{per} = 2,12 \text{ T/m}^2$$

- Cálculo de carga total de las columnas

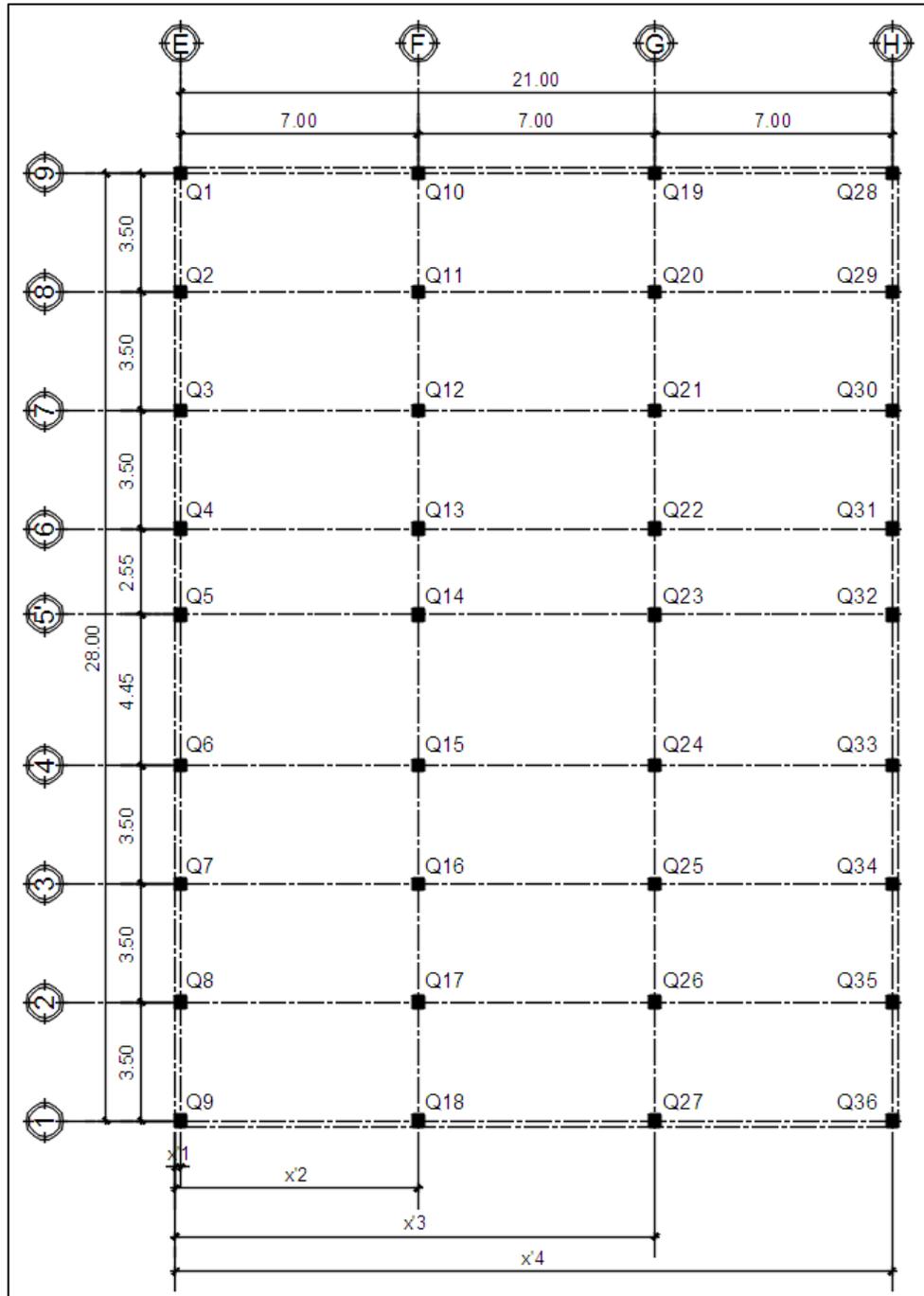
Cada columna posee un área tributaria diferente, por lo que se calcula la carga en cada una de ellas de la siguiente manera:

$$Q_1 = P_{vigas} + P_{columnas} + P_{losa \text{ y } entrepiso} + CV_{primer \ nivel} + CV_{segundo \ nivel}$$

$$Q_1 = 3\,770,55 + 2\,205,00 + 6\,131,13 + 2\,143,75 + 612,50$$

$$Q_1 = 14\,862,93 \text{ kg}$$

Figura 50. Cargas en columnas de módulo B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla LXXXII. **Cargas de las columnas**

Q columna	Q (kg)	Q columna	Q (kg)
1	14 862,93	19	27 541,85
2	24 648,05	20	47 133,10
3	25 566,80	21	48 051,85
4	23 078,94	22	38 785,95
5	24 648,05	23	47 133,10
6	28 249,84	24	53 521,28
7	25 566,80	25	47 133,10
8	24 648,05	26	45 295,60
9	14 862,93	27	26 623,10
10	27 541,85	28	14 862,93
11	47 133,10	29	24 648,05
12	48 051,85	30	24 648,05
13	38 785,95	31	22 160,19
14	47 133,10	32	24 648,05
15	53 521,28	33	28 249,84
16	47 133,10	34	25 566,80
17	45 295,60	35	24 648,05
18	26 623,10	36	14 862,93

Fuente: elaboración propia.

Se suman las cargas de las columnas

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \dots + Q_{36}$$

$$Q = 1\,172\,865,12 \text{ kg}$$

- Cálculo de la presión sobre el suelo

Se determina la presión sobre el suelo  $q$ , debajo de la losa de cimentación del módulo B, empleando la ecuación (6,23) tomada de: *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* de Braja M. Das.

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y x}{I_y} \pm \frac{M_x y}{I_x}$$

Donde:

$A = BL$	=área de la losa de cimentación
$I_x = 1/12 LB^3$	= momento de inercia respecto del eje x
$I_y = 1/12 LB^3$	= momento de inercia respecto del eje y
$M_y$	= momento de las cargas de las columnas respecto del eje $x = Qe_y$
$M_x$	=momento de las cargas de las columnas respecto del eje $y = Qe_x$

Donde las excentricidades de carga  $e_y$  y  $e_x$ , en las direcciones x y y se determinan utilizando las coordenadas ( $x'$ ,  $y'$ ) (ver figura 40)

$$x' = \frac{Q_1 x'_1 + Q_2 x'_2 + Q_3 x'_3 \dots + Q_{36} x'_{36}}{Q}$$

$$x' = 10,65 \text{ m}$$

$$y' = \frac{Q_1 y'_1 + Q_2 y'_2 + Q_3 y'_3 \dots + Q_{36} y'_{36}}{Q}$$

$$y' = 14,23 \text{ m}$$

Luego,

$$e_x = x' - \frac{B}{2}$$

$$e_x = 10,65 - \frac{21,35}{2} = -0,02 \text{ m}$$

$$e_y = y' - \frac{B}{2}$$

$$e_y = 14,23 - \frac{28,35}{2} = 0,06 \text{ m}$$

Entonces

$$M_y = Qe_x$$

$$M_y = (1\,172\,865,12 \text{ kg}) * (0,02\text{m})$$

$$M_y = 26\,155,69 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_x = Qe_y$$

$$M_x = (1\,172\,865,12\text{kg}) * (0,06 \text{ m})$$

$$M_x = 64\,568,74 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de momento de inercia

$$I_x = \frac{1}{12}LB^3$$

$$I_x = \frac{1}{12}(28,35)(21,35)^3$$

$$I_x = 40\,539,26 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12}LB^3$$

$$I_y = \frac{1}{12} (21,35)(28,35)^3$$

$$I_y = 22\,991,40 \text{ m}^4$$

Entonces se procede a calcular la presión sobre el suelo, en cada ubicación de la línea de acción de las cargas resultantes de las columnas. Sustituyendo solamente los valores de  $x$  y valores de  $y$ , mostrados los resultados en la tabla siguiente.

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y x}{I_y} \pm \frac{M_x y}{I_x}$$

$$q = \frac{1\,172\,865,12 \text{ kg}}{605,27} + \frac{(26\,155,69 \text{ kg} - m)(x)}{22\,991,40 \text{ m}^4} + \frac{(64\,568,74 \text{ kg} - m)(y)}{40\,539,26 \text{ m}^4}$$

Tabla LXXXIII. **Presión en suelo en columnas**

Q columna	Q (kg)	q (kg/m)	Q columna	Q (kg)	q (kg/m)
1	14 862,93	1 982,82	19	27 541,85	1 998,75
2	24 648,05	1 977,25	20	47 133,10	1 993,17
3	25 566,80	1 971,67	21	48 051,85	1 987,60
4	23 078,94	1 966,10	22	38 785,95	1 982,02
5	24 648,05	1 962,04	23	47 133,10	1 977,96
6	28 249,84	1 954,95	24	53 521,28	1 970,88
7	25 566,80	1 949,37	25	47 133,10	1 965,30
8	24 648,05	1 943,80	26	45 295,60	1 959,73
9	14 862,93	1 938,23	27	26 623,10	1 954,15
10	27 541,85	1 990,79	28	14 862,93	2 006,71
11	47 133,10	1 985,21	29	24 648,05	2 001,14
12	48 051,85	1 979,64	30	24 648,05	1 995,56
13	38 785,95	1 974,06	31	22 160,19	1 989,99
14	47 133,10	1 970,00	32	24 648,05	1 985,93
15	53 521,28	1 962,91	33	28 249,84	1 978,84
16	47 133,10	1 957,34	34	25 566,80	1 973,26
17	45 295,60	1 951,76	35	24 648,05	1 967,69
18	26 623,10	1 946,19	36	14 862,93	1 962,12

Fuente: elaboración propia.

- Determinación de cargas para franjas tributarias

Se determina para la franja crítica de la losa de cimentación del módulo B, la cual es la franja núm. 3 corresponde al eje G con un ancho tributario de 7,00 metros. Las cargas que corresponden a esta franja son desde la columna 19 a la 27.

- Cálculo de la presión promedio en el suelo

$$q_{prom} = \frac{q_{inicial} + q_{final}}{2}$$

$$q_{prom} = \frac{q_{19} + q_{27}}{2}$$

$$q_{prom} = \frac{1\,998,75 + 1\,954,15}{2} = 1\,976,45 \text{ kg}$$

- Reacción total del suelo

$$R_{total \text{ del suelo}} = q_{prom} * \text{Ancho Tributario} * L$$

$$R_{total \text{ del suelo}} = 1\,976,45 \text{ kg} * 7,00 \text{ m} * 28,35 \text{ m}$$

$$R_{total \text{ del suelo}} = 392\,226,56 \text{ kg} * \text{m}^2$$

- Cálculo de carga promedio

$$\text{Carga promedio} = \frac{\text{reacción del suelo} + \text{cargas columnas}}{2}$$

$$\text{cargas columnas} = Q_{19} + Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{25} + Q_{25} +$$

$$Q_{26} + Q_{27}$$

$$\begin{aligned} \text{cargas columnas} &= 27\,541,85 + 47\,133,10 + 48\,051,85 + 38\,785,95 + 47\,133,10 \\ &+ 53\,521,28 + 47\,133,10 + 45\,295,60 + 26\,623,10 \end{aligned}$$

$$\text{carga columna} = 381\,218,93 \text{ kg}$$

$$\text{Carga promedio} = \frac{392\,226,56 + 381\,218,93}{2}$$

$$\text{Carga promedio} = 386\,722,75 \text{ kg}$$

- Cálculo de presión promedio modificada del suelo

$$q_{prom(modificada)} = q_{prom} \left( \frac{\text{Carga promedio}}{R_{total \text{ del suelo}}} \right)$$

$$q_{prom(modificada)} = 1\,976,45 \left( \frac{386\,722,75 \text{ kg}}{392\,226,56} \right) = 1\,948,72$$

Las cargas de las columnas se modifican de manera similar mediante un factor de multiplicación.

$$F = \frac{\text{Carga promedio}}{Q \text{ Carga de columnas}} = \frac{386\,722,75}{381\,218,93} = 1,01$$

En la tabla LXXXIV se muestran los cálculos anteriores para el módulo B.

Tabla LXXXIV. **Carga para las franjas tributarias de módulo B**

Franja	Bi ancho de tributario (m)	q promedio (kg)	Reacción total del suelo	Carga Promedio (kg)	q prom. modificada (kg)	Factor de modificación	Carga por longitud unitaria (kg/m)
1	3,50	1 960,52	194 532,94	200 332,66	2 018,97	0,97	7 066,41
2	7,00	1 968,49	390 646,23	385 932,58	1 944,73	1,01	13 613,14
3	7,00	1 976,45	392 226,56	386 722,75	1 948,72	1,01	13 641,01
4	3,50	1 984,41	196 903,45	200 599,17	2 021,66	0,98	7 075,81

Fuente: elaboración propia.

- Determinación del espesor de la losa

La sección crítica para el cortante por tensión está en la columna que soporta 53 521,28 kg. de carga.

$$b_o = 4 * (b_{col} + d)$$

$$b_o = 4 * (0,35 + d)$$

$$b_o = 1,40 + 4d$$

Además, la carga en la sección crítica se multiplica por un factor de mayoración de 1,70

$$V_c = 1.7 * Q$$

$$V_c = 1,7 * 53 521,28 \text{ kg}$$

$$V_c = 90 986,18 \text{ kg}$$

Se sustituyen los valores conocidos en las ecuaciones (11-31), (11-32) y (11-33) del ACI 318-08.

$$V_c = 0,53 \left[ 1 + \frac{2}{\beta} \right] \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (11-31)$$

$$V_c = 0,27 \left[ \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right] \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (11-32)$$

$$V_c = \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (11-33)$$

Donde:

- $V_c$  = carga que soporta la columna
- $\beta = \frac{\text{Ancho tributario columna}}{\text{largo tributario columna}}$  = relación dl lado largo al lado corto de la columna
- $b_o$  = perímetro de la sección crítica para cortante en losa de cimentación
- $d$  = distancia desde la fibra extrema en compresión

Las ecuaciones quedan de la siguiente manera al sustituir los valores conocidos y dejarlos en términos de  $d$ . Se despeja  $d$  y se elige el más crítico.

$$4,5290\sqrt{280}d^2 + 1,58518\sqrt{280}d - V_c = 0$$

$$d = 34,47 \text{ cm}$$

$$12,96\sqrt{280}d^2 + 0,756\sqrt{280}d - V_c = 0$$

$$d = 20,45 \text{ cm}$$

$$4\sqrt{280}d^2 + 1,40\sqrt{280}d - V_c = 0$$

$$d = 36,69 \text{ cm}$$

El espesor de losa se determina por medio de la siguiente ecuación

$$h = d + \text{recubrimiento} + \frac{\phi \text{varilla estimada}}{2}$$

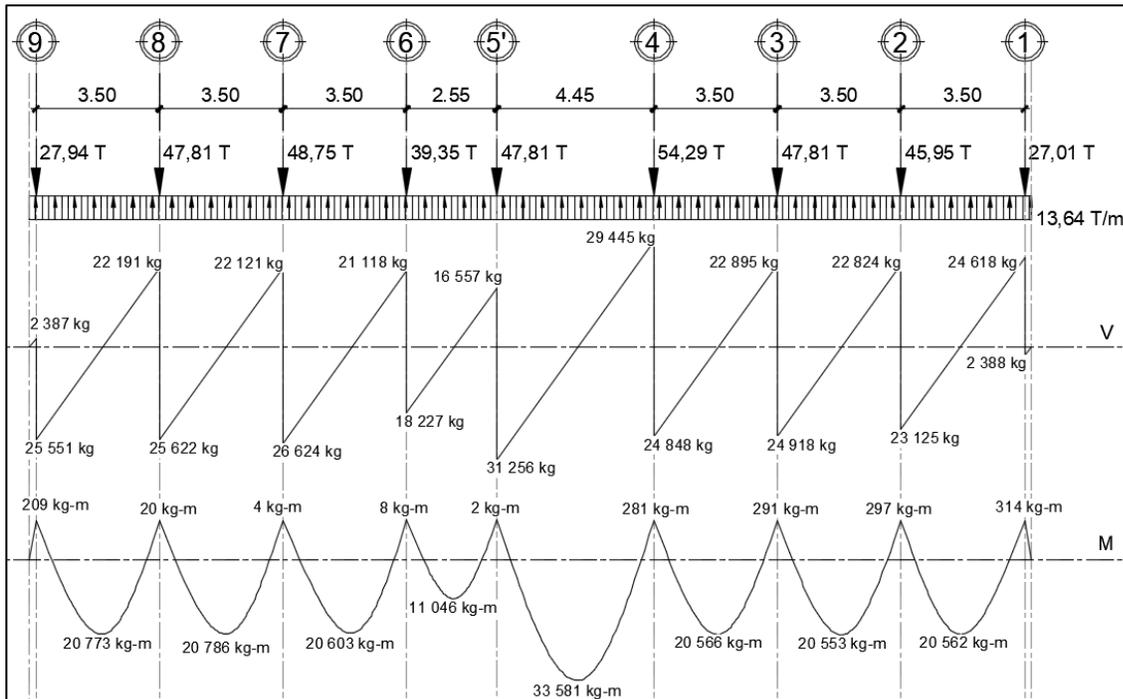
$$h = 36,69 \text{ cm} + 7,50 \text{ cm} + \frac{1,59 \text{ cm}}{2} = 44,99 \text{ cm}$$

el espesor de la losa de cimentación será de 0,45m

- Determinación del refuerzo

Se elabora el diagrama de carga, fuerza cortante y momentos para la franja crítica que en este caso es la franja núm. 3 ubicada en el eje G del módulo B.

Figura 51. Diagrama de corte y momento eje G losa de cimentación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

De acuerdo con diagrama de corte y momento anterior, se consideran el momento positivo de 33 581 kg-m, ancho tributario de 7,00 m y un factor de carga última de 1,7.

$$M' = \frac{M^+}{B_1} = \frac{33,58 T - m}{7,00} = 4 797,30 T - m$$

- Cálculo de  $A_s$  mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'c}}{f_y} bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4 200} (100cm) * (36,87)$$

$$A_{s_{min}} = 11,75 cm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{4 200} (100cm)(36,87cm)$$

$$A_{s_{min}} = 12,38 cm^2$$

- Cálculo de  $A_s$  máximo

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

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

Donde:

- $A_{s_{max}}$  = área de acero máximo  
 $f_y$  = resistencia a la fluencia del acero  
 $b$  = franja unitaria (100cm)  
 $d$  = peralte efectivo  
 $\rho_b$  = cuantía de refuerzo balanceada  
 $f_c$  = resistencia a la compresión del concreto  
 $\beta_1$  = 0,85 factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro. (ACI-318-08 Sección 10.2.7.3)

$$\rho_b = \frac{0,85(0,85)(280)}{(4\ 200)} \left( \frac{6\ 120}{4\ 200 + 6\ 120} \right)$$

$$\rho_b = 0,0285$$

Se utilizará  $\rho_b = 0,025$  debido a que el cálculo anterior excede a la cuantía de refuerzo máxima según ACI-318-08 en la sección 21.5.2.1

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,025 * 100 * 36,87 = 46,08 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de  $A_s$  requerido

Momento máximo = 4 888,57

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

$$As_{req} = \left[ 100 * 36,87 - \sqrt{(100 * 36,87)^2 - \frac{4 * 797,30 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4 * 200} = 3,47 \text{ cm}^2$$

Se utilizará área de acero mínimo dado que  $As_{req} < As_{min}$ .

El espaciamiento entre varillas

Usando varilla núm. 4 (1/2")

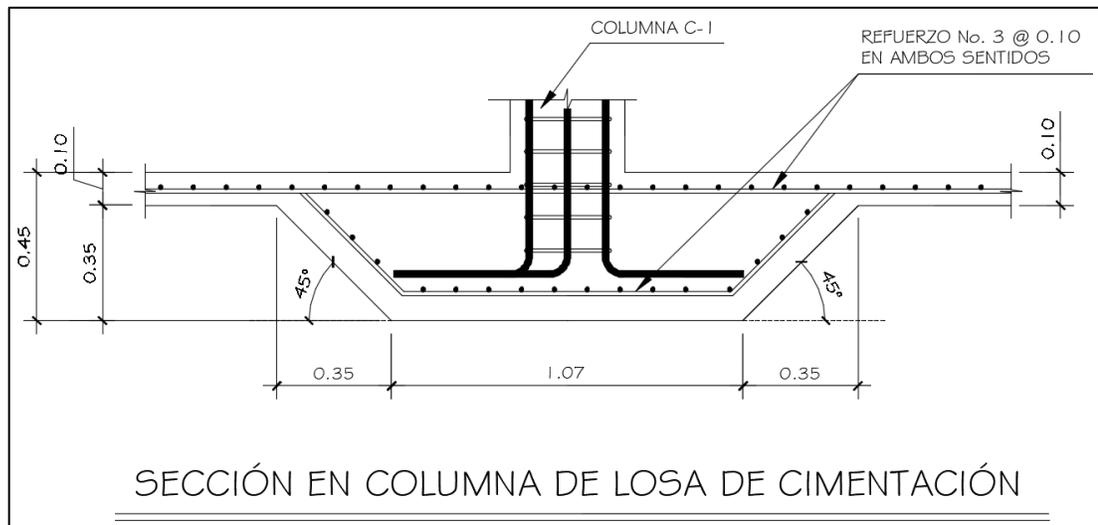
12,38 cm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ 100cm

1,27 cm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ S

$S = (1,27 * 100) / 12,38 = 10,26 \text{ cm}$

Debido al espesor de losa de cimentación, se proporcionará 2 capas de refuerzo con varillas No. 4 @ 0.10 en ambos sentidos.

Figura 52. **Detalle de losa de cimentación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.15.6. 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 las medidas de seguridad para dichos accesos. El que una escalera sea cómoda y segura depende de su relación de pendiente o relación de huella y contrahuella, las siguientes relaciones pueden garantizar la comodidad de la escalera:

Datos:

Altura por salvar	4,50 m
Huella	0,30 m
ContraHuella	0,18 m
Espesor de cuello	0,11 m
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>
Peralte efectivo	8,5 cm

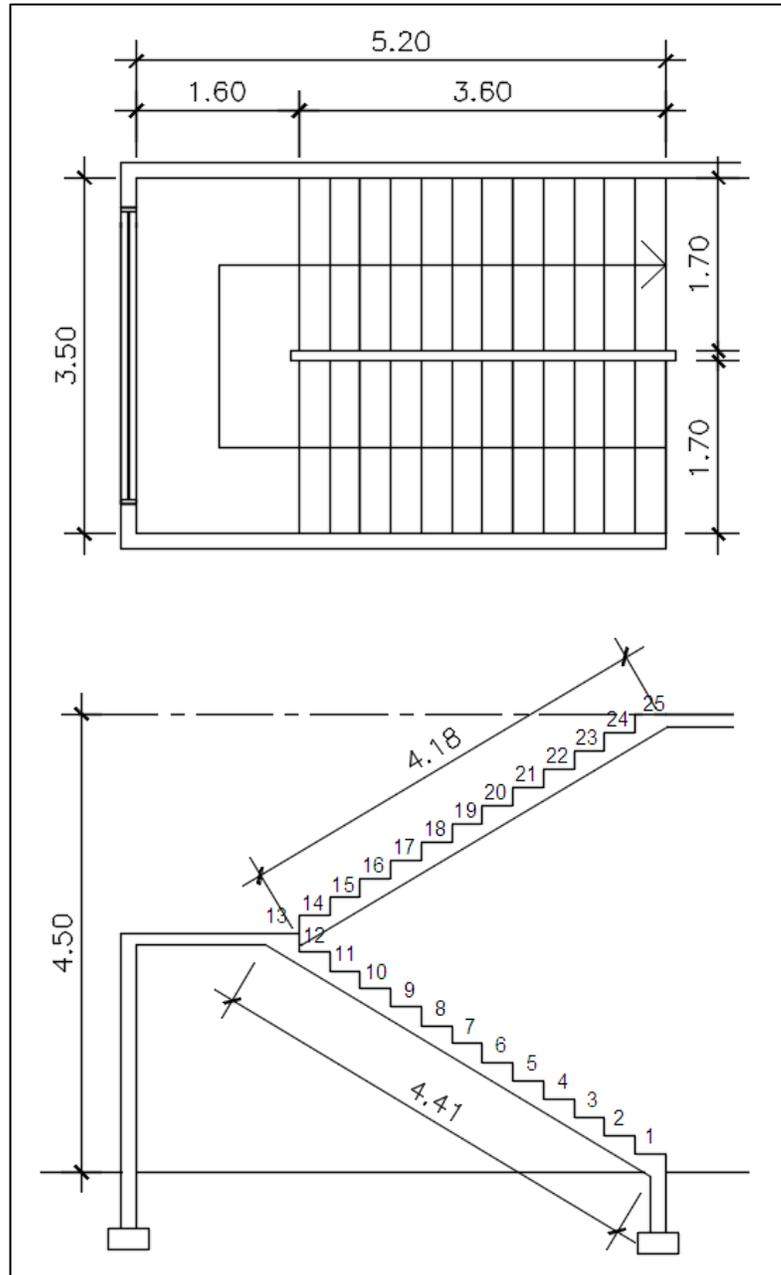
- Procedimiento para el diseño geométrico de la escalera

$$\text{Núm. Escalones} = \frac{\text{altura a salvar}}{\text{contraHuella}}$$

$$\text{Núm. Escalones} = \frac{4,50 \text{ m}}{0,18} = 25$$

Por tanto, se obtienen 25 contrahuellas de 0,18 m y 23 huellas de 0,30 m, y un descanso de 1,60 m. de ancho.

Figura 53. **Planta y sección del módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Integración de cargas

Carga muerta

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

CM total = 2 400 kg/m<sup>3</sup>\* 1,6792 m<sup>3</sup> = 4 030,22 kg

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

Carga muerta distribuida = 4 030,22 kg / 5,78 m = 697,27 kg/m

Carga viva

Carga viva distribuida = carga viva \* ancho de gradas

Carga viva distribuida = 500 kg/m<sup>2</sup>\*1,70 m = 850 kg/m

Carga última

W = 1,2 carga muerta + 1,6 carga viva

W = 1,2(697,27 kg/m) + 1,6(850 kg/m)

W = 2 196,72 kg/m

- Cálculo de momentos

$$M(-) = \frac{WL^2}{12} = \frac{2\,196,72 \frac{kg}{m} * (4,18)^2}{12} = 3\,198,50 \text{ kg} - m$$

$$M(+)= \frac{WL^2}{14} = \frac{2\,196,72 \frac{kg}{m} * (4,18)^2}{14} = 2\,741,58 \text{ kg} - m$$

- Cálculo de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'c}}{f_y} bd$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{f_y}\right) bd$$

Donde:

- $A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo  
 $f_y$  = esfuerzo de fluencia del acero  
 $b$  = ancho tributario  
 $d$  = peralte efectivo  
 $f'c$  = esfuerzo a compresión del concreto

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{280}}{4200} 100 * 8,5 = 2,71 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{4200}\right) 100 * 8,5 = 2,85 \text{ cm}^2$$

Por tanto, se requiere  $A_{s_{min}} = 2,85 \text{ cm}^2$

- Cálculo de área de acero requerido para momento positivo y negativo

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

Donde:

- $A_{s_{req}}$  = área de acero requerida  
b = ancho tributario  
d = peralte efectivo de gradas  
M = momento  
 $f'_c$  = resistencia a compresión del concreto  
 $f_y$  = esfuerzo de fluencia del acero

$$A_{s_{req}M(-)} = \left[ 100 * 8,5 - \sqrt{(100 * 8,5^2) - \frac{3\ 198,50 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4\ 200}$$

$$A_{s_{req}M(-)} = 11,27\ cm^2$$

$$A_{s_{req}M(+)} = \left[ 100 * 8,5 - \sqrt{(100 * 8,5^2) - \frac{2\ 741,58 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \frac{280}{4\ 200}$$

$$A_{s_{req}M(+)} = 9,46\ cm^2$$

Usando varilla núm. 4 (diámetro ½")

$$11,27\ cm^2 \text{ -----} 100$$

$$1,27\ cm^2 \text{ -----} S$$

$$S = 11,24\ cm$$

$$S_{max} = 2t = 2(0,11m) = 0,22\ m$$

Se utilizará núm. 4 @ 0,10

- Cálculo de acero por temperatura

$$A_{S_{tem}} = 0,002 * b * d$$

$$A_{S_{tem}} = 0,002 * 100 * 8,5 = 1,70 \text{ cm}^2$$

Usando varilla núm. 3 (diámetro 3/8")

$$1,7 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100$$

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

$$S = 41,92 \text{ cm}$$

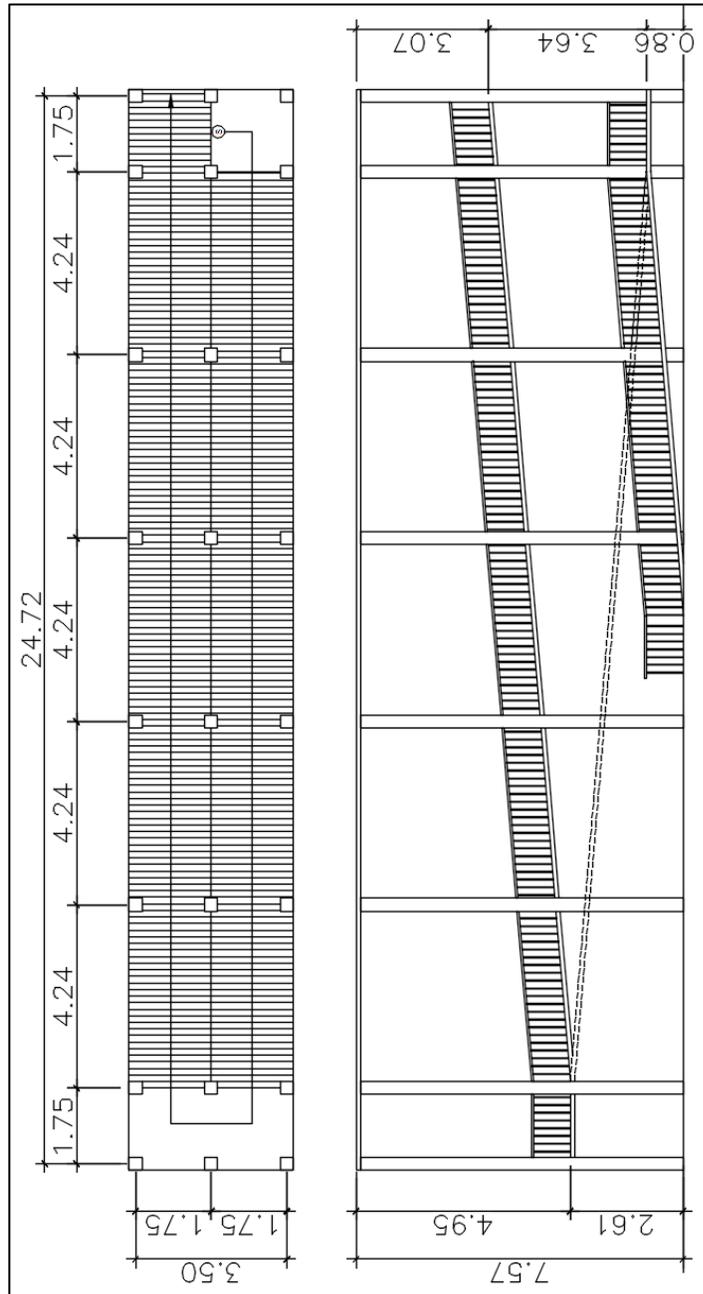
Se usará varillas núm. 3 @ 0,30

Ver detalle de módulo de gradas, en planos estructurales.

### **2.1.15.7. Diseño de rampa**

Para este proyecto se utilizó el sistema de rampa para la circulación vertical de pacientes a las unidades hospitalarias del segundo nivel, la rampa se diseña con tres tramos con dos descansos de por medio y una pendiente máxima permitida de 8,33% y con un ancho de 4,45 metros. Se proponen usar losas que trabajen en un sentido.

Figura 54. Planta y sección de rampa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Datos:

$$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/m}^2$$

Lado corto de losa  $a = 1,90 \text{ m}$ .

Lado largo de losa  $b = 4,24 \text{ m}$ .

Carga viva =  $500 \text{ kg/m}^2$  (según AGIES NSE 2-10 tabla 3-1)

Refuerzo por utilizar = Varilla núm. 3 (3/8")

- Determinación de la dirección de losa

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

Donde:

$m$  = relación

$a$  = lado corto

$b$  = lado largo

$$m = \frac{1,90}{4,24} = 0,45$$

Por lo tanto, la losa trabaja en un sentido.

- Cálculo de espesor de losa

El código ACI-318 08 en la tabla 9.5(a) determina las alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.

$$t = \frac{l}{24} = \frac{1,90}{24} = 0,078$$

Aproximando el peralte de la losa a  $t=0,10$  m

- Cálculo de carga última distribuida

Tabla LXXXV. **Carga última para rampa**

Peso propio de losa	$0,10 \cdot 2 \cdot 400 = 240,00$	$\text{kg/m}^2$
Acabados	60,00	$\text{kg/m}^2$
Barandas	40,00	$\text{kg/m}^2$
<b>Total carga muerta</b>	<b>340,00</b>	<b><math>\text{kg/m}^2</math></b>
<b>Carga viva</b>	<b>500,00</b>	<b><math>\text{kg/m}^2</math></b>

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de carga total

$$C_t = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

Donde:

Ct = Carga total

CM = Carga muerta

CV = Carga viva

$$C_t = 1,4(340) + 1,7(500)$$

$$C_t = 1\,326,00 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última distribuida

$$Cu = Ct * Ancho unitario$$

Donde:

Cu = carga última distribuida

Ct = carga total

$$Cu = 1\,326,00 * 1,00$$

$$Cu = 1\,326,00 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de momento de diseño

$$M_{(-)exterior} = \frac{Cu * l^2}{14} = \frac{1\,326,00 * 1,90^2}{14} = 341,92 \text{ kg - m}$$

$$M_{(-)interior} = \frac{Cu * l^2}{10} = \frac{1\,326,00 * 1,90^2}{10} = 478,69 \text{ kg - m}$$

$$M_{(+)} = \frac{Cu * l^2}{9} = \frac{1\,326,00 * 1,90^2}{9} = 531,87 \text{ kg - m}$$

- Cálculo de peralte

$$d = t - rec - \phi/2$$

Donde

t = espesor de losa

d = peralte efectivo

rec = recubrimiento mínimo

$\emptyset$  = diámetro de refuerzo por utilizar

$$d = 10 - 3 - \frac{0,95}{2} = 6,52 \text{ cm}$$

- Cálculo de área de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{f_y} \right) b d$$

Donde:

$A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo  
 $f_y$  = esfuerzo de fluencia del acero  
 $b$  = ancho tributario  
 $d$  = peralte efectivo

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{2810} \right) 100 * 6,52$$
$$A_{s_{min}} = 3,27 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento de refuerzo

$$S = \frac{100 * A_v}{A_{s_{min}}}$$

Donde:

$S$  = espaciamiento de refuerzo  
 $A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo  
 $A_v$  = área de varilla por utilizar

$$S = \frac{100 * 0,71}{3,27} = 21,7 \cong 21 \text{ cm}$$

Área \_\_\_\_\_ Separación  
 0,71 cm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ 0,21 m  
 X cm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ 1,00 m

Área de acero para 1 metro = 3,39 cm<sup>2</sup>

- Cálculo del momento que resiste el As min.

$$Mu = 0.9 \left[ As_{min} * fy * \left[ d - \frac{As_{min} * fy}{1.7 * f'c * b} \right] \right]$$

Donde

$As_{min}$  = área de acero mínimo  
 b = ancho tributario  
 d = peralte efectivo de losa  
 Mu = momento resistente  
 f'c = resistencia a compresión del concreto  
 fy = esfuerzo de fluencia del acero

$$Mu = 0,9 \left[ 3,39 * 2\,810 * \left[ 6,52 - \frac{3,39 * 2\,810}{1,7 * 280 * 100} \right] \right]$$

$$Mu = 53\,689,91 \text{ kg} - \text{m}$$

Por lo tanto, se utilizará, para el armado varillas núm. 3 @ 0,20 m

- Cálculo de acero por temperatura

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * b * d$$

Donde

$A_{s_{tem}}$  = área de acero por temperatura

b = ancho unitario

d = peralte efectivo de losa

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * 100 * 6,52 = 1,30 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento del acero por temperatura

$$S = \frac{100 * A_v}{A_{s_{min}}}$$

Donde:

S = espaciamiento de refuerzo

$A_{s_{min}}$  = área de acero mínimo

$A_v$  = área de varilla por utilizar

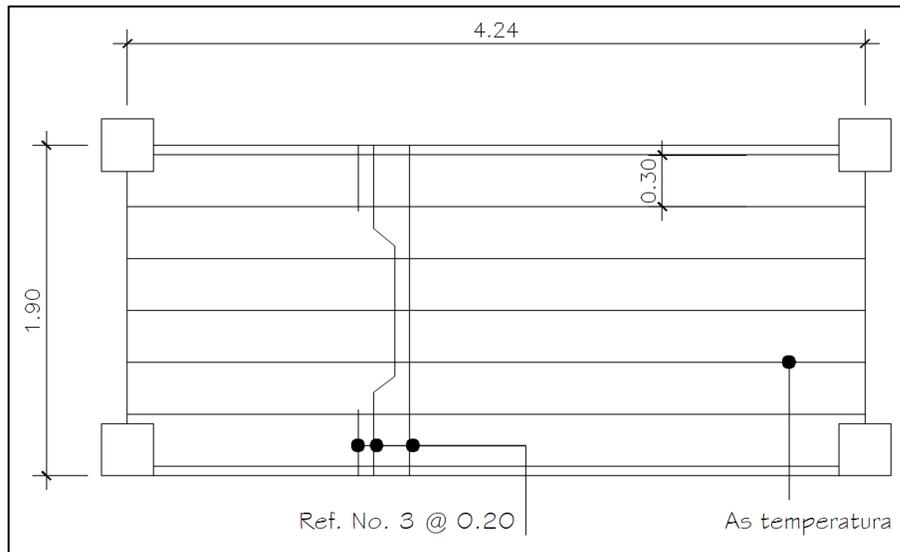
$$S = \frac{100 * 0,71}{1,30} = 54,61 \text{ cm}$$

Usar  $S=3t$

$$S = 3t = 3 * 10 = 30 \text{ cm}$$

Por tanto, usar varilla núm. 3 @ 0,30 m

Figura 55. Armado de losa de rampa en un sentido



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

## 2.1.16. Diseño de Instalaciones

En función del uso para el que se destine una edificación deberá contar con instalaciones que provean los suministros o servicios necesarios para el desarrollo de sus actividades. A continuación, se presentan el diseño de las instalaciones para un hospital, se detallan tomando en cuenta las normas que garantice la utilidad óptima.

### 2.1.16.1. Diseño de instalación hidráulica

El objetivo principal del diseño hidráulico es proveer el caudal de agua y los diámetros de tubería necesarios para abastecer los diferentes tipos de edificaciones.

- Método de Hunter

Este método consiste en asignar a cada artefacto 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 LXXXVI. **Unidades de gasto para el cálculo de 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 LXXXVII. **Gastos probables para la aplicación del método Hunter (lt/seg)**

Gasto			Gasto		
núm. de unidades	Tanque	Válvula	núm. de unidades	Tanque	Válvula
170	2,22	3,12	390	3,83	4,6
180	2,29	3,2	400	3,97	4,72
190	2,37	3,25	420	4,12	4,84
200	2,45	3,36	440	4,27	4,96
210	2,53	3,44	460	4,42	5,08
220	2,6	3,51	480	4,57	5,2
230	2,65	3,58	500	4,71	5,31
240	2,75	3,65	550	5,02	5,57
250	2,84	3,71	600	5,34	5,83
260	2,91	3,79	650	5,85	6,09
270	2,99	3,87	700	5,95	6,35
280	3,07	3,94	750	6,2	6,61
290	3,15	4,04	800	6,6	6,84
300	3,32	4,12	850	6,91	7,11
320	3,37	4,24	900	7,22	7,36
340	3,52	4,25	950	7,53	7,61
380	3,67	4,46	1 000	7,84	7,85

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 50.

- Estimación de la demanda

Se tienen los siguientes artefactos en cada uno de los niveles.

Tabla LXXXVIII. **Unidades Hunter primer nivel**

Pieza	Tipo	Cantidad	Total	U.H.
Lavadero de ropa		5	8	40
Ducha		5	4	20
Inodoro	con válvula semiautomática	11	8	88
Lavadero de ropa	cocina hotel, restaurante	8	4	32
Bebedero	múltiple	2	1	2
lavamanos	corriente	26	2	52
mingitorios	con válvula semiautomática	2	5	10
			Total	244

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIX. **Unidades Hunter segundo nivel**

Pieza	Tipo	Cantidad	Total	U.H.
Lavadero de ropa		2	8	16
Ducha		5	4	20
Inodoro	con válvula semiautomática	13	8	104
Lavadero de ropa	cocina hotel, restaurante	2	4	8
Bebedero	múltiple	4	1	4
lavamanos	corriente	20	2	40
mingitorios	con válvula semiautomática	4	5	20
			Total	212

Fuente: elaboración propia.

Total, de unidades en los dos niveles = 244 + 212= 456 unidades Hunter.

Según la tabla LXXXVII, aproximando las unidades Hunter a 460 se obtiene que la demanda máxima probable para el primer nivel es de: 4,42 lt/s, y para el segundo nivel es de aproximando las unidades Hunter a 220 se obtiene que la demanda máxima probable para el segundo nivel es de 2,60 lt/s.

Estimando una velocidad de 1 m/seg, considerando la altura de primer nivel de 4,50 metros y de 3,00 metros para el segundo nivel, tubería de PVC, se procede a calcular el diámetro de cada tramo. Siendo tramo 1 primer nivel y sub ramales, tramo 2 segundo nivel y sub ramales.

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1743,81 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * h}}$$

Donde:

$D$  = diámetro de tubería en pulgadas

$L$  = longitud de tubería en metros

$Q$  = caudal o demanda máxima probable lt/s

$C$  = 150 tubería de PVC

$h$  = altura máxima

$$D_{nivel\ 1} = \sqrt[4,87]{\frac{1743,81 * 389,70 * 4,42^{1,85}}{150^{1,85} * 4,50}} = 3\ pulgadas$$

$$D_{nivel\ 2} = \sqrt[4,87]{\frac{1743,81 * 389,70 * 4,42^{1,85}}{150^{1,85} * 4,50}} = 2\ pulgadas$$

La tubería de cada subramal sirve a un aparato sanitario, y es dimensionado siguiendo valores que han sido elaborados después de numerosas experiencias con los diversos aparatos sanitarios. Estas informaciones son de importancia principalmente en el caso de los equipos como los de lavandería, cocina, laboratorios, entre otros.

Puede utilizarse la tabla XC para escoger el diámetro del subramal, la cual suministra elementos para una estimación preliminar sujetos a modificaciones y rectificaciones que irán a ser determinadas por las particularidades de cada caso.

Tabla XC. **Diámetro de los sub-ramales**

Tipo de aparato	Diámetro del sub-ramal en pulgadas		
	Presiones hasta 10m	Presiones mayores de 10m	Diámetro mínimo
Lavatorio	1/2	1/2	1/2
Bidet	1/2	1/2	1/2
Tina	3/4 - 1/2	3/4	1/2
Ducha	3/4	1/2	1/2
Grifo de cocina	3/4	1/2	1/2
Inodoro con tanque	1/2	1/2	1/2
Inodoro con válvula	1 1/2 - 2	1	1 1/4
Urinario con tanque	1/2	1/2	1/2
Urinario con válvula	1- 1/2 - 2	1	1

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.16.2. **Diseño de instalación de drenajes**

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 XCI. **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 restaurantes	---	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 la tubería, esto se logra con la suma de las unidades de descarga de todos los muebles sanitarios que va a desalojar la derivación.

Tabla XCII. **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	1150	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 XCIII, 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 XCIII. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples**

Tipo de mueble o aparato	Número de unidades mueble	Diámetro (pulg.)
Lavabo (lavamanos)	2	1 1/4"
Inodoro	5	3"
Regadera (dicha)	3	2"
Urinario vertical (mingitorios)	2	1 1/4"
Fregadero de restaurantes	8	3"
Lavadero (ropa)	3	1 1/4"
Lavaplatos comercial	3	2"

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se determina utilizar un diámetro de tuberías de 3” para todas las derivaciones simples.

- Cálculo para derivaciones en colector

Para el cálculo de las derivaciones en colector se realiza la suma de las unidades mueble de todos los artefactos en cada uno de los niveles del edificio.

Para las derivaciones del primer y segundo nivel se recomienda utilizar tubería PVC de diámetro de 6 pulgadas, con una pendiente de 1 / 100.

**Tabla XCIV. Sumatoria de unidades mueble de primer nivel**

Tipo de mueble	Cantidad de artefactos	Número de unidades mueble	Total de unidades mueble
Lavabo (lavamanos)	25	2	50
Inodoro	10	5	50
Regadera (dicha)	5	3	15
Urinario vertical (mingitorios)	2	2	4
Fregadero de restaurantes	3	8	24
Lavadero (ropa)	4	3	12
Lavaplatos comercial	2	3	6
		total	161

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XCV. Sumatoria de unidades mueble de segundo nivel**

Tipo de mueble	Cantidad de artefactos	Número de unidades mueble	total de unidades mueble
Lavabo (lavamanos)	17	2	34
Inodoro	13	5	65
Regadera (dicha)	5	3	15
Urinario vertical (mingitorios)	4	2	8
Fregadero de restaurantes	2	8	16
		total	138

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de sistema de drenaje pluvial

Para el cálculo de drenaje pluvial es necesario determinar la cantidad de precipitación pluvial que afectará el área del edificio, por lo cual se utiliza el método racional.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde

$Q$  = caudal en m<sup>3</sup>/s

$C$  = coeficiente de escorrentía

$I$  = intensidad de lluvia en mm/h

$A$  = área tributaria en Ha

El coeficiente de escorrentía será de 1 debido que el área a analizar es una cubierta con losa de concreto. El área total de la losa se divide entre las bajadas de agua pluvial que se consideren, en este caso serán 6 por cada módulo.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se utilizaron 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.

$$I = \frac{A}{(B + t)^n} = \frac{1\ 160}{(5 + t)^{0,705}}$$

Donde

$I$  = intensidad de lluvia en mm/h

$A, B, n$  = parámetros de ajuste

$t$  = tiempo de concentración en minutos

$$I = \frac{1\ 015}{(4 + 20)^{0,674}} = 119,18 \text{ mm/h}$$

Cálculo de caudal pluvial

$$Q = \frac{1 * 119,18 * 0,010}{360} = 0,0033 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar el diámetro de la tubería en centímetros se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \left( \frac{691\ 000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde

$D$  = diámetro interior del tubo

$Q$  = caudal requerido en m<sup>3</sup>/s

$n$  = coeficiente de rugosidad

$S$  = pendiente

$$D = \left( \frac{691\ 000 * 0,0033 * 0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 7,40 \text{ cm} = 2,92 \text{ pulgadas}$$

Por lo tanto, se recomienda colocar 6 bajadas de agua de tubería de PVC de 3" de diámetro en cada módulo.

### 2.1.16.3. Diseño de instalación eléctrica

El diseño de una instalación eléctrica es asegurar el correcto funcionamiento de los circuitos y los aparatos eléctricos conectados a los mismos, además de brindar al usuario una visibilidad óptima para la realización de sus actividades. Las instalaciones eléctricas se dividen en iluminación y fuerza.

#### 2.1.16.3.1. Iluminación

Para la instalación eléctrica de iluminación artificial se puede tomar en cuenta las siguientes recomendaciones sobre intensidad luminosa en los diferentes ambientes de un hospital.

Tabla XCVI. Nivel lumínico de ambientes

Ambiente	Nivel lumínico
Almacén, laboratorio y farmacia	300 lx
Circulaciones verticales (escaleras y ascensores)	300 lx
Comedores	150 lx
Cuarto séptico, lavandería y limpieza	150 lx
Cubículos de atención de emergencia, odontología y especializaciones	500 lx
Estación de enfermeras	300 lx
Oficinas	300 lx
Pasadizos y circulaciones horizontales	300 lx
Sala de espera y de estar de visitas y personal	150 lx
Servicios higiénicos	300 lx
Trabajo limpio y sucio	300 lx
Vías de escape y evacuación	300 lx

Fuente: BAMBARÉN ALATRISTA, Celso y ALATRISTA DE BAMBARÉM, Socorro. *Programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales seguros.* p.47.

Para el área de parqueo o calles de circulación es de 75 lúmenes, área de sala de partos sobre camilla es de 5 000 lúmenes, área de sala de partos interior es de 500 lúmenes, área de quirófano sobre la mesa de operaciones es de 25 000 lúmenes y, en quirófano interior, es de 1 000 lúmenes.

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{Área} * \text{LUX}}{\text{Cu} * \text{Cm}}$$

Donde

*LUX* = nivel lumínico requerido

*Cu* = coeficiente de utilización (0,85)

*Cm* = coeficiente de mantenimiento (0,60)

Posteriormente se calculará el número de luminarias necesarias en cada ambiente.

$$\text{Núm. Luminarias} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Lúmenes por luminaria}}$$

Tomando en cuenta que el hospital contará con cielo falso, se consideran para la instalación eléctrica de iluminación lámparas fluorescentes tipo tubular color blanca de 40W (1 207mm), lámparas fluorescentes tipo SET-22W color blanca de 22W (diámetro 200 mm), lámpara led tipo ojo de buey de 15W (diámetro 75 mm) para quirófanos y áreas especializadas y lámparas tipo reflector PAR20-9W de 9W (60 mm).

Para ejemplo del cálculo se toma el ambiente de farmacia en el primer nivel que tiene un área de 20,75 metros cuadrados, los lúmenes necesarios para esta área son de 500 y se colocarán lámparas tipo tubular color blanca.

$$\text{Lúmenes} = \frac{20,75 * 500}{0,85 * 0,60} = 20\ 343,14$$

$$\text{Núm. Luminarias} = \frac{20\ 343,14}{2\ 555} = 7,962 \cong 8$$

Por lo tanto, en el área de farmacia se colocarán 8 lámparas fluorescentes tipo tubular color blancas.

Tabla XCVII. **Determinación de luminarias por ambiente primer nivel**

Ambiente	Lúmenes según ambiente	Área	Cu	Cm	Lúmenes	Lúmenes por luminaria	Cantidad luminaria
Farmacia	500	20,75	0,85	0,6	20 343,14	2 555	8
Clínica médica 1	500	24,18	0,85	0,6	23 705,88	2 555	10
Recepción	300	24,18	0,85	0,6	14 223,53	1 300	11
Pasillos	300	343	0,85	0,6	201 764,71	2 555	79
Clínica médica 2	500	24,18	0,85	0,6	23 705,88	2 555	10
Clínica médica 3	500	24,18	0,85	0,6	23 705,88	2 555	10
Recepción de muestras	500	39,9	0,85	0,6	39 117,65	1 100	36
Laboratorio 1	500	22,74	0,85	0,6	22 294,12	2 555	9
Laboratorio 2	500	23,3	0,85	0,6	22 843,14	2 555	9
Área de higiene	500	5,47	0,85	0,6	5 362,75	1 100	5
Sanitario de laboratorios	300	3,76	0,85	0,6	2 211,76	2 555	1
Lavandería	150	23,06	0,85	0,6	6 782,35	2 555	3
Cocina y despensa	150	24,5	0,85	0,6	7 205,88	2 555	3
Servicio sanitario hombres	300	24,5	0,85	0,6	14 411,76	2 555	6
Escaleras 1	300	29,75	0,85	0,6	17 500,00	1 100	16
Escaleras 2	300	29,75	0,85	0,6	17 500,00	1 100	16
Escaleras 3	300	29,75	0,85	0,6	17 500,00	1 100	16
Encamamiento hombres	500	49,42	0,85	0,6	48 450,98	2 555	19
Servicio sanitario mujeres	300	24,5	0,85	0,6	14 411,76	2 555	6
Encamamiento mujeres	500	49,42	0,85	0,6	48 450,98	2 555	19
Equipo esterilizado	500	15,11	0,85	0,6	14 813,73	1 100	14
Área de esterilización	500	25,31	0,85	0,6	24 813,73	1 100	23
Estación de enfermeras	300	7,8	0,85	0,6	4 588,24	2 555	2
Exhibidor de niños (maternidad)	500	16,32	0,85	0,6	16 000,00	2 555	7
Sala de trabajo de parto	500	15,03	0,85	0,6	14 735,29	1 100	14
Sala de partos (sobre camilla)	5000	3,78	0,85	0,6	37 058,82	7 000	6
Sala de partos (interior)	500	25,46	0,85	0,6	24 960,78	1 100	23
Quirófano (en mesa de operaciones)	25000	4,5	0,85	0,6	220 588,24	7 000	32
Quirófano (interior)	1000	25,72	0,85	0,6	50 431,37	2 200	23
Área de espera de enfermos	150	23,55	0,85	0,6	6 926,47	2 555	3
Capilla	150	11,18	0,85	0,6	3 288,24	1 300	3
Sala de espera visitas	150	20,47	0,85	0,6	6 020,59	1 300	5
Sanitario visitas hombres	300	7,65	0,85	0,6	4 500,00	1 300	4
Sanitario visitas mujeres	300	7,65	0,85	0,6	4 500,00	1 300	4

Continuación de la tabla XCVII.

Estación de enfermeras e información	300	12,46	0,85	0,6	7 329,41	535	14
Clínica médica 4	500	24,18	0,85	0,6	23 705,88	2 555	10
Clínica médica 5	500	24,18	0,85	0,6	23 705,88	2 555	10
Jardín interno	150	45,83	0,85	0,6	13 479,41	1 100	12
Rampa	300	86,72	0,85	0,6	51 011,76	1 100	46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCVIII. **Determinación de luminarias por ambiente segundo nivel**

Ambiente	Lúmenes según ambiente	Área	Cu	Cm	Lúmenes	Lúmenes por luminaria	Cantidad Luminaria
Clínica médica 6	500	24,81	0,85	0,6	24 323,53	2 555	10
Odontología	500	24,18	0,85	0,6	23 705,88	2 555	10
Psicología	300	24,81	0,85	0,6	14 594,12	2 555	6
Clínica de la mujer	300	36,75	0,85	0,6	21 617,65	2 555	9
Ecografía y ultrasonido	500	12,25	0,85	0,6	12 009,80	2 555	5
Servicio sanitario mujeres	300	11,52	0,85	0,6	6 776,47	2 555	3
servicio sanitario hombres	300	11,52	0,85	0,6	6 776,47	2 555	3
Fisioterapia	300	48,15	0,85	0,6	28 323,53	2 555	12
Bodega de limpieza	300	12,46	0,85	0,6	7 329,41	1 300	6
Almacén medico	300	7,37	0,85	0,6	4 335,29	1 300	4
Cocina	150	15,21	0,85	0,6	4 473,53	1 300	4
Almacén alimentos	300	7,22	0,85	0,6	4 247,06	1 300	4
Cafetería	150	49,42	0,85	0,6	14 535,29	1 300	12
Salón de capacitaciones	300	49,42	0,85	0,6	29 070,59	2 555	12
Comedor y cocina para médicos	150	48,16	0,85	0,6	14 164,71	1 300	11
Trabajo social	300	25,31	0,85	0,6	14 888,24	2 555	6
Recepción administrativa	300	19,19	0,85	0,6	11 288,24	1 300	9
Secretaría	300	11,58	0,85	0,6	6 811,76	1 300	6
Director general	300	15,35	0,85	0,6	9 029,41	1 300	7
Área de estar de médicos	300	23,05	0,85	0,6	13 558,82	1 300	11
Oficina doctor residente	300	10,95	0,85	0,6	6 441,18	1 300	5
Oficina director de salud	300	10,92	0,85	0,6	6 423,53	1 300	5
Sala de juntas médicas	500	18,89	0,85	0,6	18 519,61	2 555	8
Sala de juntas médicas II	500	11,22	0,85	0,6	11 000,00	2 555	5
Bodega	300	3,33	0,85	0,6	1 958,82	1 300	2
Servicio sanitario mujeres admón.	300	12,53	0,85	0,6	7 370,59	2 555	3
Servicio sanitario hombres admón.	300	12,53	0,85	0,6	7 370,59	2 555	3
Auditoría	300	11,89	0,85	0,6	6 994,12	1 300	6
Contabilidad	300	23,48	0,85	0,6	13 811,76	1 300	11
Dormitorio médicos mujeres	300	23,55	0,85	0,6	13 852,94	1 300	11
Dormitorio médicos hombres	300	23,55	0,85	0,6	13 852,94	1 300	11
Servicio sanitario médicos hombres	300	23,55	0,85	0,6	13 852,94	2 555	6
Servicio sanitario médicos mujeres	300	23,55	0,85	0,6	13 852,94	2 555	6
Pasillos	300	330,8	0,85	0,6	194 558,82	2 555	77
Rampa	300	86,72	0,85	0,6	51 011,76	810	63

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, se realizan los cálculos de amperaje requerido de los circuitos en cada uno de los niveles del hospital.

Todo el cableado se realizará en bandeja porta cables colocada entre la losa de entrapiso y cielo falso en el primer nivel.

Tabla XCIX. **Determinación del amperaje requerido primer nivel**

Ambiente	Núm. Luminaria	Natios	Consumo (Natios)	Amperaje	Flipón
Farmacia	8,00	40,00	320,00	3,00	10,00
Clínica médica 1	10,00	40,00	400,00	4,00	
Recepción	11,00	22,00	242,00	3,00	
Pasillos	79,00	40,00	3 160,00	27,00	27,00
Clínica médica 2	10,00	40,00	400,00	4,00	9,00
Clínica médica 3	10,00	40,00	400,00	4,00	
Lavandería	3,00	40,00	120,00	1,00	
Recepción de muestras	36,00	15,00	540,00	5,00	13,00
Laboratorio 1	9,00	40,00	360,00	3,00	
Laboratorio 2	9,00	40,00	360,00	3,00	
Área de higiene	5,00	15,00	75,00	1,00	
Sanitario de laboratorios	1,00	40,00	40,00	1,00	
Cocina y despensa	3,00	40,00	120,00	1,00	
Servicio sanitario hombres	6,00	40,00	240,00	2,00	3,00
Escaleras 1	16,00	15,00	240,00	2,00	6,00
Escaleras 2	16,00	15,00	240,00	2,00	
Escaleras 3	16,00	15,00	240,00	2,00	
Encamamiento hombres	19,00	40,00	760,00	7,00	16,00
Servicio sanitario mujeres	6,00	40,00	240,00	2,00	
Encamamiento mujeres	19,00	40,00	760,00	7,00	
Equipo esterilizado	14,00	15,00	210,00	2,00	19,00
Área de esterilización	23,00	15,00	345,00	3,00	
Estación de enfermeras	2,00	40,00	80,00	1,00	
Exhibidor de niños (maternidad)	7,00	40,00	280,00	3,00	
Sala de trabajo de parto	14,00	15,00	210,00	2,00	
Sala de partos (sobre camilla)	34,00	15,00	510,00	5,00	
Sala de partos (interior)	23,00	15,00	345,00	3,00	38,00
Quirófano (en mesa de operaciones)	101,00	36,00	3 636,00	31,00	
Quirófano (interior)	23,00	36,00	828,00	7,00	
Área de espera de enfermos	3,00	40,00	120,00	1,00	15,00
Capilla	3,00	22,00	66,00	1,00	
Sala de espera visitas	5,00	22,00	110,00	1,00	
Sanitario visitas hombres	4,00	22,00	88,00	1,00	
Sanitario visitas mujeres	4,00	22,00	88,00	1,00	
Estación de enfermeras e información	14,00	9,00	126,00	2,00	
Clínica médica 4	10,00	40,00	400,00	4,00	
Clínica médica 5	10,00	40,00	400,00	4,00	
Jardín interno	17,00	20,00	340,00	3,00	
Rampa	63,00	20,00	1 260,00	11,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla C. **Determinación de amperaje requerido segundo nivel**

Ambiente	Núm. Luminaria	Watts	Consumo (watts)	Amperaje	Flipon	
Clínica médica 6	10,00	40,00	400,00	4,00	10,00	
Odontología	10,00	40,00	400,00	4,00		
Psicología	6,00	40,00	240,00	2,00		
Clínica de la mujer	9,00	40,00	360,00	3,00	7,00	
Ecografía y ultrasonido	5,00	40,00	200,00	2,00		
Servicio sanitario mujeres	3,00	40,00	120,00	1,00		
servicio sanitario hombres	3,00	40,00	120,00	1,00		
Fisioterapia	12,00	40,00	480,00	4,00	7,00	
Bodega de limpieza	6,00	22,00	132,00	2,00		
Almacén medico	4,00	22,00	88,00	1,00		
Cocina	4,00	22,00	88,00	1,00	5,00	
Almacén alimentos	4,00	22,00	88,00	1,00		
Cafetería	12,00	22,00	264,00	3,00		
Salón de capacitaciones	12,00	40,00	480,00	4,00	11,00	
Área de estar de médicos	11,00	22,00	242,00	3,00		
Servicio sanitario médicos hombres	6,00	40,00	240,00	2,00		
Servicio sanitario médicos mujeres	6,00	40,00	240,00	2,00		
Comedor y cocina para médicos	11,00	22,00	242,00	3,00	14,00	
Oficina doctor residente	5,00	22,00	110,00	1,00		
Oficina director de salud	5,00	22,00	110,00	1,00		
Dormitorio médicos mujeres	11,00	22,00	242,00	3,00		
Dormitorio médicos hombres	11,00	22,00	242,00	3,00	18,00	
Contabilidad	11,00	22,00	242,00	3,00		
Trabajo social	6,00	40,00	240,00	2,00		
Recepción administrativa	9,00	22,00	198,00	2,00		
Secretaría	6,00	22,00	132,00	2,00		
Director general	7,00	22,00	154,00	2,00		
Sala de juntas médicas	8,00	40,00	320,00	3,00		
Sala de juntas médicas II	5,00	40,00	200,00	2,00		
Bodega	2,00	22,00	44,00	1,00		
Servicio sanitario mujeres admón.	3,00	40,00	120,00	1,00		
Servicio sanitario hombres admón.	3,00	40,00	120,00	1,00		
Auditoría	6,00	22,00	132,00	2,00		
Pasillos	77,00	40,00	3 080,00	26,00		26,00
Rampa	63,00	20,00	1 260,00	11,00		11,00

Fuente: elaboración propia.

Para la instalación eléctrica de iluminación se utilizarán circuitos que no sobrepasen más del 80 % de la capacidad interruptor magnético. Se utilizarán interruptores magnéticos de 10 A, 15 A, 20 A, 30 A y 50 A, según sea el caso requerido. Y se recomienda emplear cable calibre núm. 12 como mínimo en las instalaciones eléctricas secundarias.

### 2.1.16.3.2. Fuerza

Para los circuitos de fuerza se conectan un máximo doce tomacorrientes. Asumiendo una carga de 14 amperios por circuito, por lo tanto, para cada circuito se utilizará un interruptor magnético de 30 amperios, tomando en cuenta un circuito especial e independiente para el área de quirófano.

Tabla CI. **Cantidad de tomacorrientes por ambiente primer nivel**

Ambiente	Cantidad de tomacorrientes (120V)	Cantidad de tomacorrientes (240V)
Farmacia	4	
Clínica médica 1	3	
Recepción	3	
Pasillos	14	
Clínica médica 2	3	
Clínica médica 3	3	
Lavandería	2	4
Recepción de muestras	8	
Laboratorio 1	6	1
Laboratorio 2	6	1
Cocina y despensa	2	2
Escaleras 1	2	
Escaleras 2	2	
Escaleras 3	2	
Encamamiento hombres	8	4
Encamamiento mujeres	8	4
Equipo esterilizado	2	1
Área de esterilización	1	3
Estación de enfermeras	2	1
Exhibidor de niños (maternidad)	6	1
Sala de trabajo de parto	2	1
Sala de partos (sobre camilla)	2	1
Sala de partos (interior)	3	1
Quirófano (en mesa de operaciones)	3	2
Quirófano (interior)	5	2
Área de espera de enfermos	2	
Capilla	2	
Sala de espera visitas	2	
Estación de enfermeras e información	2	
Clínica médica 4	3	
Clínica médica 5	3	
Jardín interno	2	
Rampa	3	
Bomba de agua (cisterna)		1

Fuente: elaboración propia.

Tabla CII. **Cantidad de tomacorrientes por ambiente segundo nivel**

Ambiente	Cantidad de tomacorrientes (120V)	Cantidad de tomacorrientes (240V)
Clínica médica 6	3	
Odontología	4	1
Psicología	3	
Clínica de la mujer	3	1
Ecografía y ultrasonido	1	1
Fisioterapia	5	
Bodega de limpieza	2	
Almacén medico	1	
Cocina	2	1
Almacén alimentos	1	
Cafetería	3	
Salón de capacitaciones	6	1
Área de estar de médicos	4	
Servicio sanitario médicos hombres	1	
Servicio sanitario médicos mujeres	1	
Comedor y cocina para médicos	3	1
Oficina doctor residente	2	
Oficina director de salud	2	
Dormitorio médicos mujeres	3	
Dormitorio médicos hombres	3	
Contabilidad	3	
Trabajo social	2	
Recepción administrativa	2	
Secretaría	2	
Director general	2	
Sala de juntas médicas	2	
Sala de juntas médicas II	2	
Bodega	1	
Servicio sanitario mujeres admón.	1	
Servicio sanitario hombres admón.	1	
Auditoría	2	
Pasillos	13	
Rampa	4	1

Fuente: elaboración propia.

Además, todos los circuitos eléctricos se conectan a un sistema de emergencia en caso de no haber electricidad, en especial el área de quirófano, se recomienda hacer la instalación especial hacia una planta eléctrica. La distribución de los circuitos eléctricos se presenta en planos adjuntos en anexos.

#### **2.1.16.4. Diseño de instalaciones especiales**

En función del uso para el que se destine una edificación deberá contar con instalaciones que provean los suministros y servicios especiales para el desarrollo de sus actividades, dentro de estas instalaciones serán las de aire acondicionado, rutas de evacuación, audio, instalación de gases, telefonía, seguridad, entre otros.

- Instalación de aire acondicionado

Para mantener un ambiente térmico apropiado considerando la temperatura y humedad del aire, la temperatura de paredes y objetos, y la velocidad del aire. Se puede tomar en consideración que en los ambientes en los cuales el trabajo es generalmente de tipo sedentario como lo son las oficinas, sin esfuerzo físico importante, se debe mantener una temperatura entre 19-21 °C en invierno y 20-24 °C en verano. Se debe mantener un ambiente térmico apropiado en un centro quirúrgico, unidad de cuidados especiales, hospitalización, clínicas médicas, entre otros.

Los sistemas de aire acondicionado que se recomiendan instalar en áreas de administración, quirófano, sala de partos y área de incubadoras.

- Instalación del sistema eléctrico de emergencia

Se debe instalar como mínimo una planta eléctrica para el sistema de emergencia, ubicadas en un espacio físico contiguo al sistema eléctrico central del hospital. Se recomienda utilizar tuberías y conexiones del suministro de las plantas eléctricas mangueras o conectores flexibles que eviten una ruptura de

las tuberías y producir colapsos en cuanto al suministro de combustible para la planta.

- Sistema de seguridad

En adición a las medidas generales de seguridad aplicables a todo tipo de edificaciones, para el caso de los hospitales se debe considerar protección de la propiedad y bienes del hospital, incluyendo medicamentos y drogas, protección de pacientes y personal del hospital, medidas de seguridad ante ataques terroristas o amenazas tecnológicas. Se debe considerar la instalación de cámaras de seguridad y alarmas, por lo cual se recomienda realizar el cableado e instalación de aparatos necesarios para la correcta función.

- Instalación de gases

En un hospital se debe contar con red de vacío, este es funcional solamente para el área quirúrgica, este equipo se puede localizar en un cuarto de máquinas, deben tener anclajes a una base, poseer tuberías de distribución hacia el interior del quirófano y no implicar riesgo de rotura.

- Sistema de comunicaciones

Las comunicaciones son fundamentales también para mantener contacto con el exterior y con otros hospitales de referencia, por esta razón es necesario tener en cuenta las recomendaciones y especificaciones de anclaje suministradas por las casas productoras para la sujeción de los equipos.

Los equipos deben estar asegurados de tal manera que no se desplacen y, en consecuencia, de desconecten dejando temporalmente incomunicado el

hospital. Los sistemas de altavoces del hospital se deben encontrar operando en todo momento.

- Salidas de emergencia

En todo lugar se debe facilitar el ingreso y salida del personal, pacientes y visitantes, especialmente de aquellas personas con algún grado de discapacidad. Los pasos y contrapasos de las escaleras deben ser cómodos, los pasillos deben ser suficientemente anchos para permitir el fácil desplazamiento de dos sillas de ruedas y camillas, además se deben incluir rampas para pacientes con discapacidad.

Las rutas de desplazamiento de los pacientes ambulatorios deben ser simples y estar claramente definidas, las rutas de desplazamiento de los visitantes deben ser simples directas hacia las zonas de internamiento sin ingresar a otras áreas del hospital.

Todas las rutas de evacuación deben estar correctamente señaladas y visibles a los pacientes, personal y visitantes.

#### **2.1.17. Planos constructivos**

Se elaboraron planos, divididos en áreas de: arquitectura, estructuras e instalaciones. Se presenta a continuación el listado de los planos que se realizaron del proyecto:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados

- Elevaciones y secciones
- Planta cimentaciones
- Planta de losas de entrepiso
- Planta de losas de techo
- Detalles de vigas
- Detalles de gradas y rampa
- Planos de instalaciones hidráulicas
- Planos de instalaciones de drenaje sanitario
- Planos de instalaciones eléctricas iluminación
- Planos de instalaciones eléctricas fuerza
- Planos de instalaciones especiales
- Planos de instalación de drenaje pluvial

#### **2.1.18. Elaboración de presupuesto**

A continuación, se presenta el renglón denominado muros tabique 0,14x0,19x0,39, el cual servirá de ejemplo para el cálculo de los renglones unitarios.

Tabla CIII. Ejemplo de renglón unitario

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Muros tabiques 0,14x0,19x0,39m	m2	3892.22	Q 346.62	Q 1,349,133.92
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Block 35kg/cm3 0,14x0,19x0,39	unidad	12.50	Q 4.95	Q 61.88
Cemento	saco	0.28	Q 79.00	Q 22.12
Arena	m3	0.05	Q 110.00	Q 5.50
<b>Total de materiales con IVA</b>				<b>Q 89.50</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Albañil	hora	5	Q 9.35	Q 46.75
Ayudante	hora	3	Q 7.25	Q 21.75
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 68.50</b>
FACTOR DE AYUDANTE	%	46%		Q 31.51
PRESTACIONES	%	66.33%		Q 45.44
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 145.45</b>
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>				
HERAMIENTA Y EQUIPO	%	15%		Q 21.82
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles +</b>				<b>256.76</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de o				Q 256.76
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILI			35.00%	Q 89.87
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos)				<b>Q 346.62</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 346.62</b>

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el resumen de los renglones unitarios, y costo total del proyecto

Tabla CIV. Resumen cantidades de trabajo

CANTIDADES DE TRABAJO HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.1	Replanteo topográfico del terreno	global	1.00	Q 2,711.01	Q 2,711.01
1.2	Replanteo topográfico del edificio	global	1.00	Q 2,757.42	Q 2,757.42
1.3	Chapeo y limpieza	global	1.00	Q 1,896.34	Q 1,896.34
1.4	Nivelación y trazo	m2	1,136.44	Q 21.14	Q 24,021.30
<b>2</b>	<b>OBRA GRIS</b>				
	Excavación para cimentación	m3	1,704.66	Q 182.87	Q 311,739.38
2.01	Losa de cimentación	m2	1,136.44	Q 604.49	Q 686,964.59
2.02	Muros tabiques 0,14x0,19x0,39m	m2	3,892.22	Q 346.62	Q 1,349,133.92
2.03	Columnas C-1 0,35mx0,35m	m1	603.00	Q 625.66	Q 377,271.39
2.04	Viga V-1, 0,30x0,60m (7 metros)	unidad	50.00	Q 3,956.18	Q 197,808.85
2.05	Viga V-2, 0,25x0,50m (4,45 metros)	unidad	4.00	Q 2,432.39	Q 9,729.55
2.06	Viga V-3, 0,25x0,50m (3,50 metros)	unidad	50.00	Q 2,194.08	Q 109,704.14
2.07	Viga V-4, 0,25x0,50m (2,55 metros)	unidad	4.00	Q 1,903.16	Q 7,612.66
2.08	Viga V-5 0,30x0,60m (7 metros)	unidad	50.00	Q 3,544.49	Q 177,224.73
2.09	Viga V-6 0,25x0,45m (4,45 metros)	unidad	4.00	Q 2,214.27	Q 8,857.08
2.1	Viga V-7 0,25x0,45m (3,50 metros)	unidad	50.00	Q 1,895.29	Q 94,764.50
2.11	Viga V-8 0,25x0,45m (2,55 metros)	unidad	4.00	Q 1,620.32	Q 6,481.30
2.12	Losa de entrepiso	m2	1,136.44	Q 853.64	Q 970,109.90
2.13	Losa de techo	m2	1,136.44	Q 853.64	Q 970,109.90
2.14	Modulo de gradas	unidad	3.00	Q 96,809.78	Q 290,429.33
2.15	Rampa	unidad	1.00	Q 163,871.03	Q 163,871.03
<b>3</b>	<b>ACABADOS</b>				
3.1	Acabados en muro	m2	6,372.40	Q 258.44	Q 1,646,902.19
3.2	Acabados en cielo	m2	2,272.88	Q 271.48	Q 617,042.27
3.3	Acabado en piso	m2	2,106.76	Q 312.68	Q 658,736.06
3.4	Acabado en piso de sanitarios	m2	166.12	Q 312.68	Q 51,941.96
3.5	Acabado en pared de sanitarios	m2	1,412.04	Q 285.81	Q 403,578.42
3.6	Pintura en muros	m2	6,372.40	Q 57.88	Q 368,859.04
3.7	Pintura en cielo	m2	2,159.24	Q 57.88	Q 124,984.89
<b>4</b>	<b>PUERTAS, VENTANERÍA Y BALCONES</b>				
4.1	Puertas de primer nivel	Global	1.00	Q 47,711.94	Q 47,711.94
4.2	Ventanería de primer nivel	m2	94.36	Q 937.14	Q 88,428.75
4.3	Balcones primer nivel	m2	94.36	Q 802.14	Q 75,690.15
4.4	Puertas de segundo nivel	Global	1.00	Q 50,219.62	Q 50,219.62
4.5	Ventanería de segundo nivel	m2	165.47	Q 937.14	Q 155,068.94
4.6	Balcones segundo nivel	m2	165.47	Q 802.14	Q 132,730.49
<b>5</b>	<b>INSTALACIONES</b>				
5.1	Instalación eléctrica	Global	1.00	Q 243,697.97	Q 243,697.97
5.2	Instalación hidráulica	Global	1.00	Q 234,048.13	Q 234,048.13
5.3	Instalación de drenajes	Global	1.00	Q 102,785.10	Q 102,785.10
5.4	Instalación de drenajes pluviales	Global	1.00	Q 34,711.23	Q 34,711.23
5.5	Instalaciones especiales	Global	1.00	Q 84,456.19	Q 84,456.19
5.6	Instalación de cielo falso	m2	1,062.22	Q 136.85	Q 145,368.44
				<b>TOTAL</b>	Q 11,030,160.10

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.19. Estudio de impacto ambiental inicial**

A continuación, se presentan los aspectos por tomar en cuenta en la evaluación de impacto ambiental y las medidas para mitigarlo.

#### **2.1.19.1. 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.

#### **2.1.19.2. Fines y aspectos cubiertos por estudio de impacto ambiental**

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los afluentes, 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, históricos y en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

#### **2.1.19.3. Consideraciones técnicas**

Desde el punto de vista global, las componentes unitarias de un edificio para hospital, que potencialmente pudiera provocar en mayor medida la generación de algún tipo de impacto sobre el ambiente, corresponden a una de las siguientes:

- Disposición de residuos provenientes de zona hospitalaria.
- Desfogue de las aguas negras provenientes del hospital, hacia una planta de tratamiento.

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.

#### **2.1.19.4. Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto**

Las actividades relevantes por considerar para la determinación de los impactos ambientales deben ser establecidas tanto para la etapa de habilitación y construcción como de operación del hospital. En forma global, se deberá considerar, al menos, las siguientes variables:

- Etapa de operación

En la etapa de operación, el impacto ambiental producido será el manejo de desechos provenientes de áreas rojas del hospital, desechos de basura común, así como el tratamiento de las aguas residuales provenientes del hospital.

- Etapa de construcción

El impacto ambiental generado por la construcción del edificio de dos niveles para hospital será de por residuos de polvo, aumento de flujo vehicular por el transporte de materiales, ruidos, entre otros, es en algún sentido inevitable. Algo que debe considerarse en el momento de la construcción es el lugar donde se depositará el suelo removido debido a la cimentación, ya que genera impacto ambiental en el municipio.

Los requisitos y formularios para una evaluación de impacto ambiental se presentan en los anexos.

## 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. El diseño realizado contribuirá con el desarrollo del municipio de Santa María Visitación, presentando soluciones en algunas de las necesidades y ayudando al mejoramiento en la atención de salud en este municipio y de los municipios aledaños.
3. El edificio para hospital fue diseñado con base en las características que 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 prestar especial atención en los problemas y necesidades básicas que posee cada comunidad. Se debe consultar a los COCODE para tener referencias reales sobre cuáles son las necesidades prioritarias y qué solución es la adecuada para cada caso.



## RECOMENDACIONES

1. Durante el proyecto se debe proveer una supervisión técnica permanente, debe estar a cargo de un profesional de la ingeniería civil, de manera que se respete y cumpla lo establecido en los planos constructivos.
2. Antes de la ejecución del proyecto, se deberá actualizar el presupuesto; 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.
3. Mantener un control de calidad en los materiales de construcción que se utilizarán durante la construcción del proyecto. Se recomienda tener control de laboratorio en campo, realizando muestreos periódicamente, garantizando así la calidad de cada uno de los materiales por utilizar.
4. Realizar un mantenimiento periódico (cada 3 meses) en las instalaciones hidráulicas, drenajes, eléctricas y especiales. Para asegurar el 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. 28 p.
2. BAMBARÉN ALATRISTA, Celso y ALATRISTA DE BAMBARÉM, Socorro. *Programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales seguros*. Lima, Perú: SINCO, 2008. 49 p.
3. DAS, Braja. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2012. 138p.
4. Instituto Americano de Concreto. *Requisitos del reglamento para concreto estructural*. Estados Unidos: ACI, 2008. 518 p.
5. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12 ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1999. 722 p.
6. RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 157 p.



# APÉNDICES

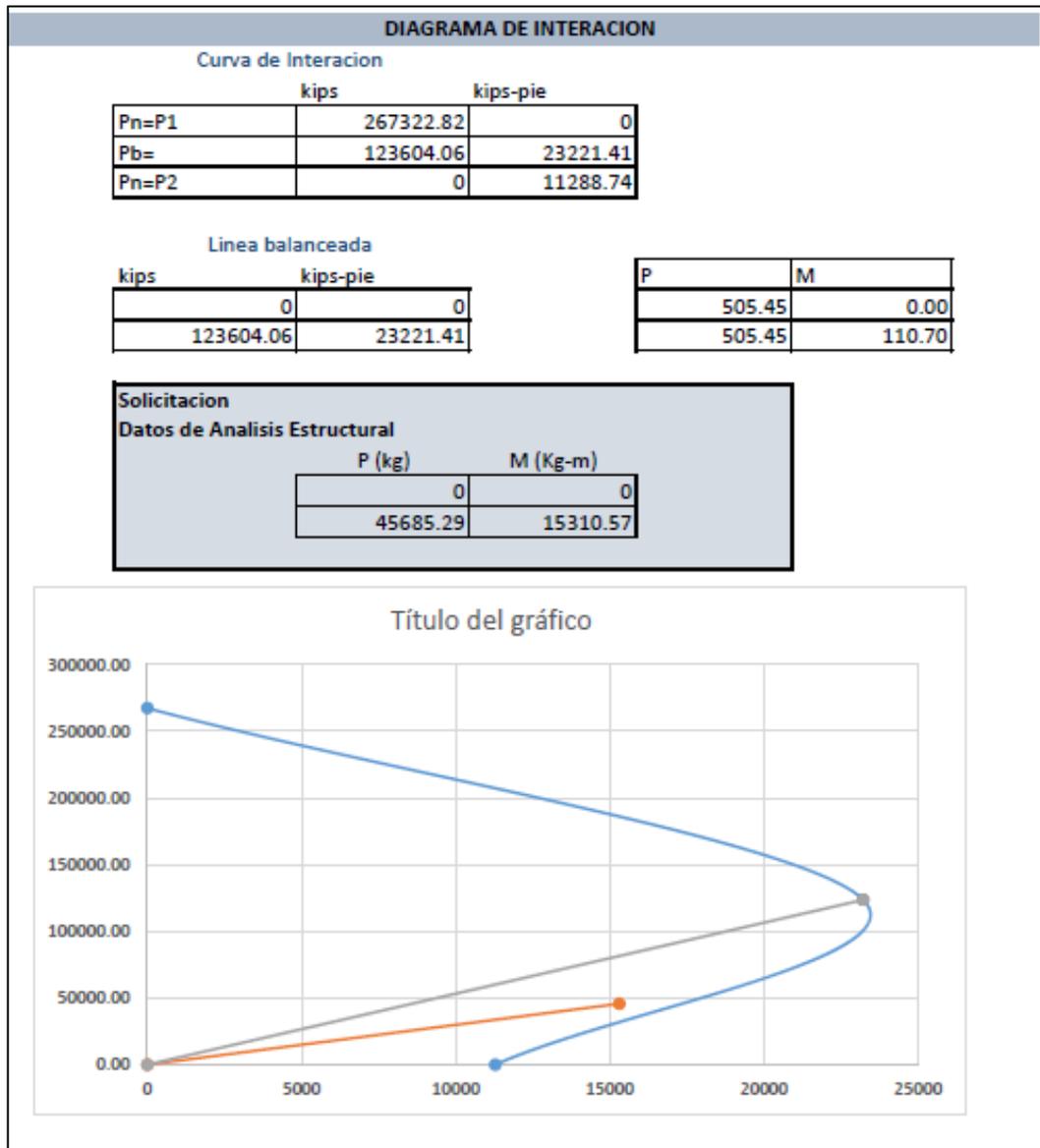
## Apéndice 1. Diagrama de interacción de columna sentido XX

CALCULO DEL DIAGRAMA DE INTERACION XX				
<b>DATOS</b>	b=	35.00	cm	
	h=	35.00	cm	
	rec=	4.00	cm	
	$\phi_{col}$	0.70		
	$\phi_{viga}$	0.90		
	F'c	280	kg/cm <sup>2</sup>	
	fy	4200		
	Ref. usar No.	6		0.441786467 plg <sup>2</sup>
	Cantidad varillas x1	3		1.325359401 plg <sup>2</sup>
	Cantidad varillas x2	2		0.883572934 plg <sup>2</sup>
	Cantidad varillas x3	3		1.325359401 plg <sup>2</sup>
				Ast= 3.53 plg <sup>2</sup>
				Ast'= 1.77 plg <sup>2</sup>
<b>Peralte estimado</b>	d=hc-rec-3/8- $\phi$ estimado			
No. De Estribo	3	3/8	plg	0.375 plg
recubrimiento	4.00	cm		1.575 plg
Ref varilla estimada	6	3/4		0.750 plg
				d=hc-rec-3/8- $\phi$ estimado 11.45 plg
<b>1 Calculo de Pn=P1=carga maxima y Mn=0</b>				
usando la formula	El valor de Ast=al area total de todas las varillas			
	El valor de $\phi=0.70$ col con estribos			
	$Pn= \phi (Ast*fy+0.85*fc((b*h)-Ast))$			
	Pn=	589,180.15	lbs	
	<b>Pn=P1</b>	<b>267322.82</b>	<b>Kg</b>	<b>Mn= 0</b>
<b>2 Calculo de Mn=M2=momento maximo y Pn=0</b>				
usando la formula	El valor de Ast=al area total de todas las varillas/2			
	El valor de $\phi=0.90$ por flexion			
	$Mn= \phi (Ast*fy*(d-Ast*fy/1.7*fc*b))$			
	Mn=	980,516.6	lbs-plg	
	<b>Mn=M2</b>	<b>11288.74</b>	<b>Kg-m</b>	<b>Pn= 0</b>
<b>3 Calculo de Pb y Mb, en balance de cargas</b>				
usando la deduccion de compatibilidad de deformaciones				
Ast'= acero a tension				
en la mayoria de las veces Ast'=Ast/2				
	Ast'=Ast/2	1.77	plg <sup>2</sup>	
<b>3.1 Calculo de Condicion Balanceada</b>				
donde: Cb= C balanceado, distancia del EN a fibra extrema superior en compresion				
eu= Deformacion unitaria del concreto	0.003 plg/plg			
es=fy/Es Deformacion unitaria del refuerzo	0.002 plg/plg			
Es= Modulo de E refuerzo	29,000,000.00 lbs/plg <sup>2</sup>			
	2039477.763 kg/cm <sup>2</sup>			

Continuación del apéndice 1.

<b>Datos</b>	<b>cm</b>	<b>plg</b>	
b=	35.00	13.78	
h=	35.00	13.78	
$\phi_{col}$ =	0.70	0.00	
$\phi_{viga}$ =	0.90	0.00	
$d=h-rec-3/8-\phi_{est}$	29.10	11.45	
$F'_c$	280.00	3981.40	kg/cm <sup>2</sup> -lb/plg <sup>2</sup>
$f_y$	4200.00	59721.06	kg/cm <sup>2</sup> -lb/plg <sup>3</sup>
<b>Calculo de Cb</b>			
	$d'=h-d$	2.32 plg	
	$d'=rec+3/8+\phi_{estimado}$	2.32 plg	si, cumple
	$C_b=d(e_u/(e_u+e_s))$	6.87 plg	
		17.46 cm	
	$a=0.85C_b$	5.84 plg	
		14.84 cm	
<b>Por definicion la condicion de falla balanceada <math>f_s=f_y</math></b>			
	$f_s=e_u \cdot E_s(C_b-d)/C_b$	58,000 lb/plg <sup>2</sup>	
	entonces si $f_s > f_y$		
<b>3.2 Calculo de Pb, Mb y ebal</b>			
Geometria de Cargas:	$A_{st}'=$	1.77 plg <sup>2</sup>	
$C_s=A_{st}'f_y$		102,494.46 lbs	
$C_c=0.85 \cdot F'_c \cdot b \cdot a$		272,423.35 lbs	
$T_s=A_{st}'f_y$		102494.4603 lbs	
<b>Calculo de Pb</b>			
$\sum F_y=0 \uparrow +$	$F_{ext.}=F_{interior}$		
	$P_b=C_s+C_c-T_s$	272,423.35 lbs	
	<b><math>P_b=</math></b>	<b>272.42 kips</b>	
		123604.0568 Kg	
<b>Calculo de Mb</b>			
$\sum M_{cp}=0 \downarrow +$	$M_{ext.}=M_{interior}$		
	$M_b=C_s \cdot \text{brazo} + C_c \cdot \text{brazo} + T_s \cdot \text{brazo}$		
$\sum M$ respecto al centro geometrico	$M_b=C_s \cdot (h/2-d) + C_c(h/2-a/2) + T_s(d-h/2)$		
		plg	cm
	h=	13.78	35.00
	a=	5.84	14.84
	d=	11.45	29.10
	d'=	2.32	5.91
	h/2-d'	4.56	11.60
	h/2-a/2	3.97	10.08
	d-h/2	4.56	11.60
	<b><math>M_b=</math></b>	<b>2,016,962.60 lbs-plg</b>	
		168,080.22 lbs-pie	
		2016.96 kip-plg	
	<b><math>M_b=</math></b>	<b>168.08 kip-pie</b>	
		23221.41 Kg-m	
Calculo de $\epsilon_b=M_b/P_b$	7.40	plg	

Continuación del apéndice 1.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de interacción de columna sentido XX

CALCULO DEL DIAGRAMA DE INTERACION YY					
<b>DATOS</b>					
	b=	35.00	cm		
	h=	35.00	cm		
	rec=	4.00	cm		
	$\phi_{col}$	0.70			
	$\phi_{viga}$	0.90			
	F'c	280			
	fy	4200			
	Ref. usar No.	6		0.441786467	plg <sup>2</sup>
	Cantidad varillas x1	3		1.325359401	plg <sup>2</sup>
	Cantidad varillas x2	2		0.883572934	plg <sup>2</sup>
	Cantidad varillas x3	3		1.325359401	plg <sup>2</sup>
				Ast=	3.53 plg <sup>2</sup>
				Ast'=	1.77 plg <sup>2</sup>
<b>Peralte estimado d=hc-rec-3/8-<math>\phi</math>estimado</b>					
	No. De Estribo	3	3/8"	plg	0.375 plg
	recubrimiento	4	cm		1.575 plg
	Ref varilla estimada	6	3/4"		0.750 plg
				d=hc-rec-3/8- $\phi$ estimado	11.45 plg
<b>1 Calculo de Pn=P1=carga maxima y Mn=0</b>					
usando la formula		El valor de Ast=al area total de todas las varillas			
		El valor de $\phi=0.70$ col con estribos			
$Pn= \phi(Ast*fy+0.85*fc*((b*h)-Ast))$					
Pn=	589,180.15	lbs			
Pn=P1	267322.82	Kg		Mn= 0	
<b>2 Calculo de Mn=M2=momento maximo y Pn=0</b>					
usando la formula		El valor de Ast'=al area total de todas las varillas/2			
		El valor de $\phi=0.90$ por flexion			
$Mn= \phi(Ast'*fy*(d-Ast'*fy/1.7*fc*b))$					
Mn=	980,516.6	lbs-plg			
Mn=M2	11288.74	Kg-m		Pn= 0	
<b>3 Calculo de Pb y Mb, en balance de cargas</b>					
usando la deducción de compatibilidad de deformaciones					
Ast'= acero a tension					
en la mayoría de las veces Ast'=Ast/2					
	Ast'=Ast/2	1.77			plg <sup>2</sup>
<b>3.1 Calculo de Condicion Balanceada</b>					
donde:	Cb= C balanceado, distancia del EN a fibra extrema superior en compresion				
	eu= Deformacion unitaria del concreto				0.003 plg/plg
	es=fy/Es Deformacion unitaria del refuerzo				0.002 plg/plg
	Es= Modulo de E refuerzo				29,000,000.00 lbs/plg <sup>2</sup>
					2039477.763 kg/cm <sup>2</sup>

Continuación del apéndice 2.

Datos	cm	plg	
b=	35.00	13.78	
h=	35.00	13.78	
$\phi_{col}$ =	0.70	0.00	
$\phi_{viga}$ =	0.90	0.00	
$d=h-rec-3/8-\phi_{est}$	29.10	11.45	
$F'c$	280.00	3981.40	kg/cm <sup>2</sup> --lb/plg <sup>2</sup>
$f_y$	4200.00	59721.06	kg/cm <sup>2</sup> --lb/plg <sup>3</sup>

Calculo de Cb			
$d'=h-d$	2.32	plg	
$d'=rec+3/8+\phi_{estimado}$	2.32	plg	sip, chequea
$Cb=d(eu/(eu+es))$	6.87	plg	11.11
	17.46	cm	
$a=0.85Cb$	5.84	plg	9.4435
	14.84	cm	
Por definicion la condicion de falla balanceada $f_s=f_y$			
$f_s=eu*Es(Cb-d)/Cb$	58,000	lb/plg <sup>2</sup>	
entonces si $f_s > f_y$			
3.2 Calculo de Pb, Mb y ebal			
Geometria de Cargas:			
	$Ast'=$	1.77	plg <sup>2</sup>
$Cs=Ast*f_y$	102,494.46	lbs	
$Cc=0.85*F'c*b*a$	272,423.35	lbs	
$Ts=Ast*f_y$	102494.4603	lbs	
Calculo de Pb			
$\sum F_y=0 \uparrow +$	$F_{ext.}=F_{interior}$		
$Pb=Cs+Cc-Ts$	272,423.35	lbs	
$Pb=$	272.42	kips	
	123604.0568	Kg	
Calculo de Mb			
$\sum M_{cp}=0 \downarrow +$	$M_{ext.}=M_{interior}$		
	$Mb=Cs*brazo+Cc*brazo+Ts*brazo$		
$\sum M$ respecto al centro geometrico	$Mb=Cs*(h/2-d)+Cc*(h/2-a/2)+Ts*(d-h/2)$		
	plg	cm	
h=	13.78	35.00	
a=	5.84	14.84	
d=	11.45	29.10	
d'=	2.32	5.91	
h/2-d'	4.56	11.60	
h/2-a/2	3.97	10.08	
d-h/2	4.56	11.60	
	$Mb=$	2,016,962.60	lbs-plg
		168,080.22	lbs-pie
		2016.96	kip-plg

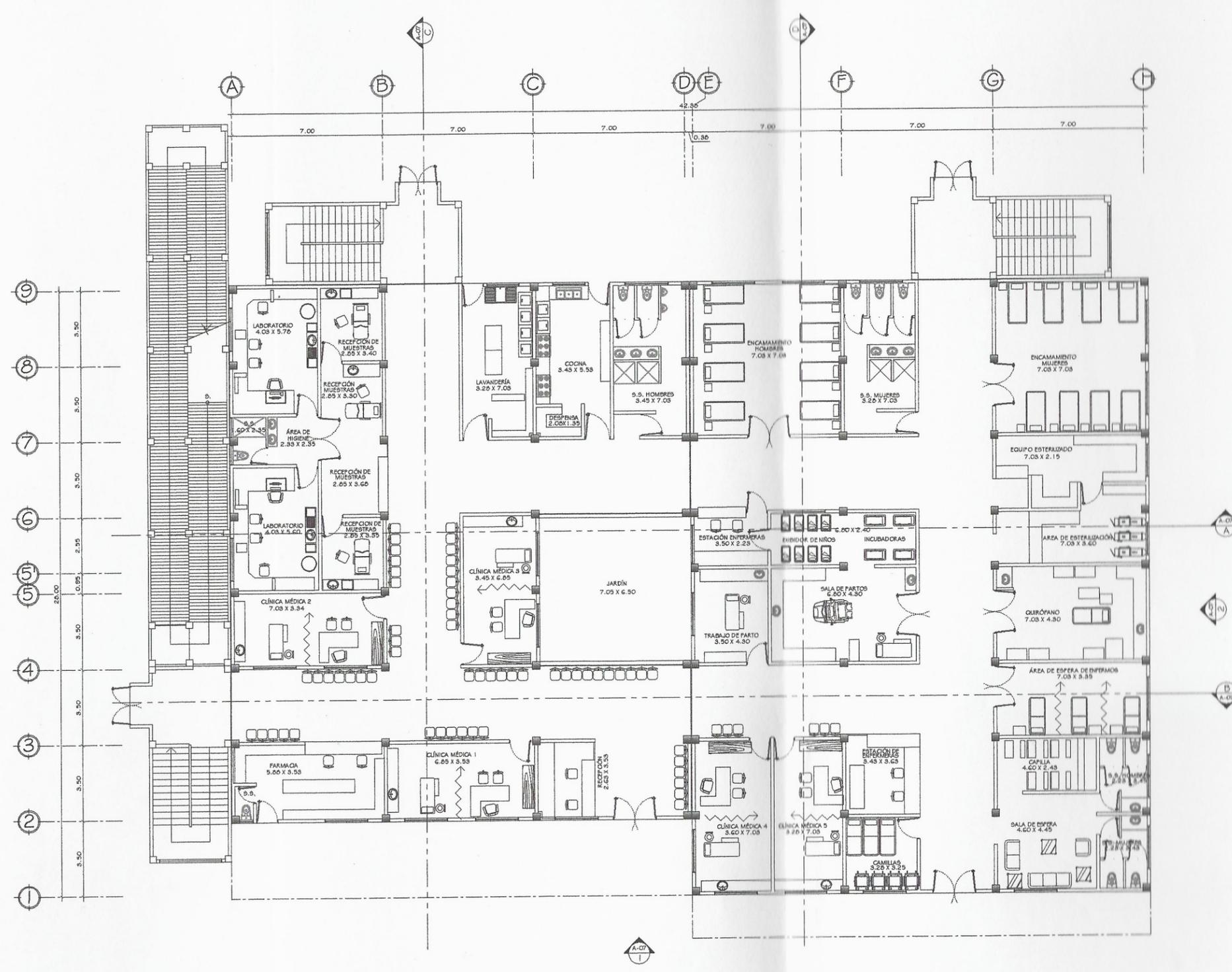


### Apéndice 3. **Planos constructivos**

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 de losa de entepiso
10. (E-03) Planta de losa de techo
11. (E-04) Detalle de vigas
12. (E-05) Detalle de vigas
13. (E-06) Detalle de gradas y rampa
14. (I-01) Planta de instalación hidráulica primer nivel
15. (I-02) Planta de instalación hidráulica segundo nivel
16. (I-03) Planta de instalación de drenaje sanitario primer nivel
17. (I-04) Planta de instalación de drenaje sanitario segundo nivel
18. (I-05) Planta de instalación eléctrica iluminación primer nivel
19. (I-06) Planta de instalación eléctrica iluminación segundo nivel
20. (I-07) Planta de instalación eléctrica fuerza primer nivel
21. (I-08) Planta de instalación eléctrica fuerza segundo nivel
22. (I-09) Planta de instalaciones especiales primer nivel
23. (I-010) Planta de instalaciones especiales segundo nivel
24. (I-011) Planta de instalación de drenaje pluvial primer nivel
25. (I-012) Planta de instalación de drenaje pluvial segundo nivel

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.





### AMBIENTES EN PRIMER NIVEL

- RECEPCIÓN
- CLÍNICA MÉDICA 1
- FARMACIA
- CLÍNICA MÉDICA 2
- CLÍNICA MÉDICA 3
- LABORATORIOS
- RECEPCIÓN DE MUESTRAS PARA LABORATORIO
- ÁREA DE LAVANDERÍA
- COCINA
- SERVICIO SANITARIO HOMBRES
- ÁREA DE ENCAMAMIENTO HOMBRES
- SERVICIO SANITARIO MUJERES
- ENCAMAMIENTO MUJERES
- ÁREA DE ESTERILIZACIÓN DE EQUIPO
- ESTACIÓN DE ENFERMERAS
- ÁREA DE EXHIBIDOR DE NIÑOS E INCUBADORAS
- TRABAJO DE PARTO
- SALA DE PARTO
- QUIRÓFANO
- CLÍNICA MÉDICA 4
- CLÍNICA MÉDICA 5
- ESTACIÓN DE ENFERMERAS (EMERGENCIA)
- BODEGA DE CAMILLAS Y SILLAS DE RUEDAS
- ÁREA DE ESPERA DE ENFERMOS
- CAPILLA
- SALA DE ESPERA
- SERVICIO SANITARIO PARA VISITAS

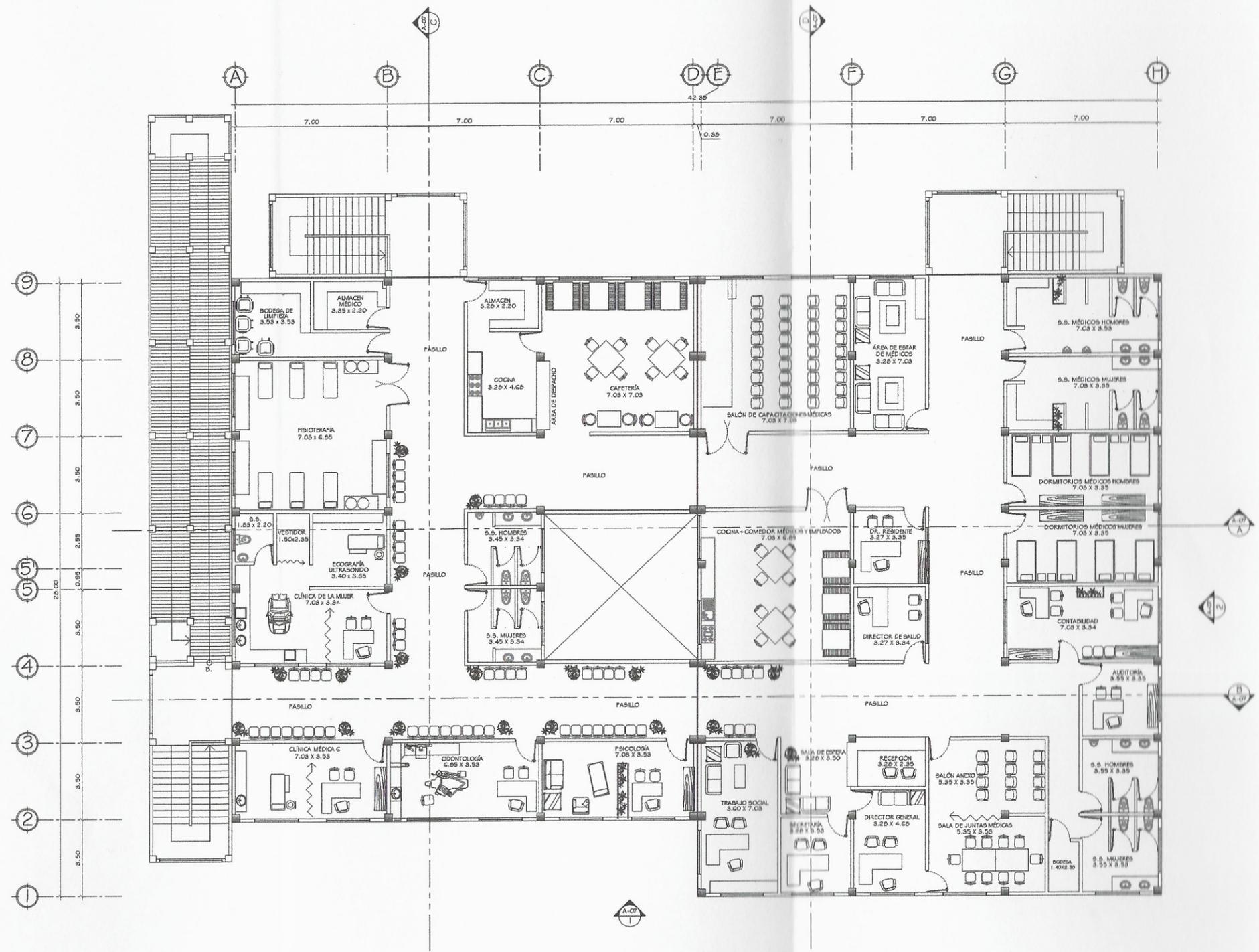
PLANTA AMUEBLADA DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1 A-01



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOCLOLA			
Universidad de San Carlos de Guatemala			
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL			
UBICACIÓN: SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOCLOLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUIRRE	ESCALA: 1:100	
CÁLCULO: LILIAN IRENE YOC AGUIRRE	FECHA: FEBRERO 2019	GRUPO DE DISEÑO: A-01	
ASESORA: <i>[Firma]</i> Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS		HOJA: A-01	
Vº Bº: ALCALDE MUNICIPAL			



PLANTA AMUEBLADA DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1 A-02

### AMBIENTES EN PRIMER NIVEL

- CLÍNICA MÉDICA G (NUTRICIÓN)
- ODONTOLOGÍA
- PSICOLOGÍA
- CLÍNICA DE LA MUJER
- SERVICIO SANITARIO MUJERES
- SERVICIO SANITARIO HOMBRES
- FISIOTERAPIA
- BODEGA DE LIMPIEZA
- ALMACEN MÉDICO
- COCINA
- CAFETERÍA
- SALÓN DE CAPACITACIONES MÉDICAS
- ÁREA DE ESTAR DE MÉDICOS
- SERVICIO SANITARIO MÉDICO HOMBRES
- SERVICIO SANITARIO MÉDICO MUJERES
- DORMITORIO MÉDICO HOMBRES
- DORMITORIO MÉDICO MUJERES
- COCINA Y COMEDOR PARA MÉDICOS Y EMPLEADOS
- OFICINA DOCTOR RESIDENTE
- OFICINA DIRECTOR DE SALUD
- CONTABILIDAD
- AUDITORIA
- TRABAJO SOCIAL
- SALA DE ESPERA Y RECEPCIÓN ADMINISTRATIVA
- SECRETARÍA
- OFICINA DIRECTOR GENERAL
- SALA DE JUNTAS MÉDICAS
- SALA DE JUNTAS MÉDICAS (ANEXO)
- BODEGA
- SERVICIO SANITARIO HOMBRES
- SERVICIO SANITARIO MUJERES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE BOLAÑA

CONTIENE: PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

UBICACIÓN: SANTA MARIA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE BOLAÑA

PROYECTISTA: LILIAN IRENE YOC ANGLAR

ELABORADO POR: LILIAN IRENE YOC ANGLAR

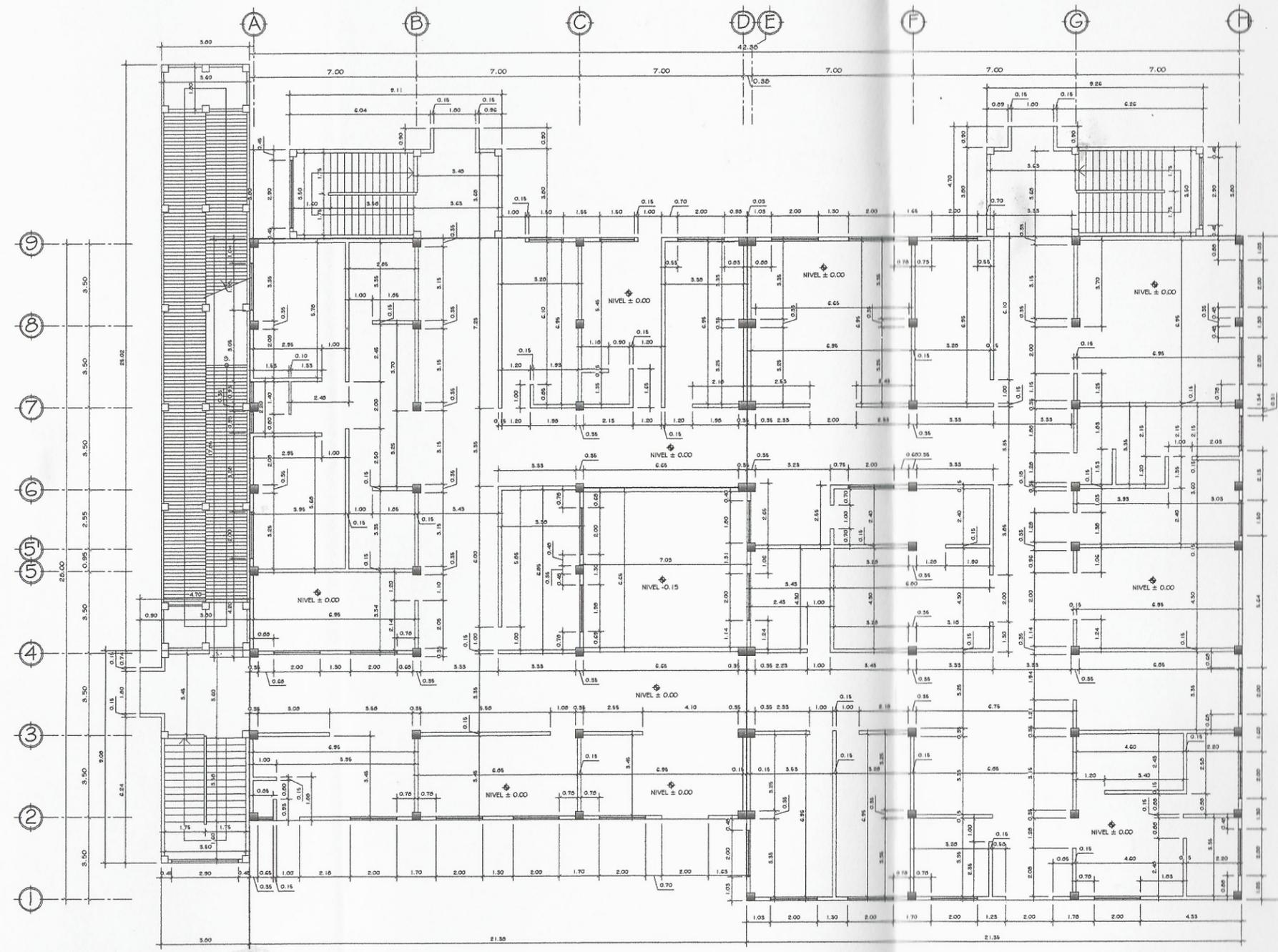
REVISADO POR: Inga Mayra Rebeca Torres Soriano

FECHA: MARZO 2019

ASESORA SUPERVISORA: [Firma]

Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS

Escalera: A-02



PLANTA ACOTADA DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

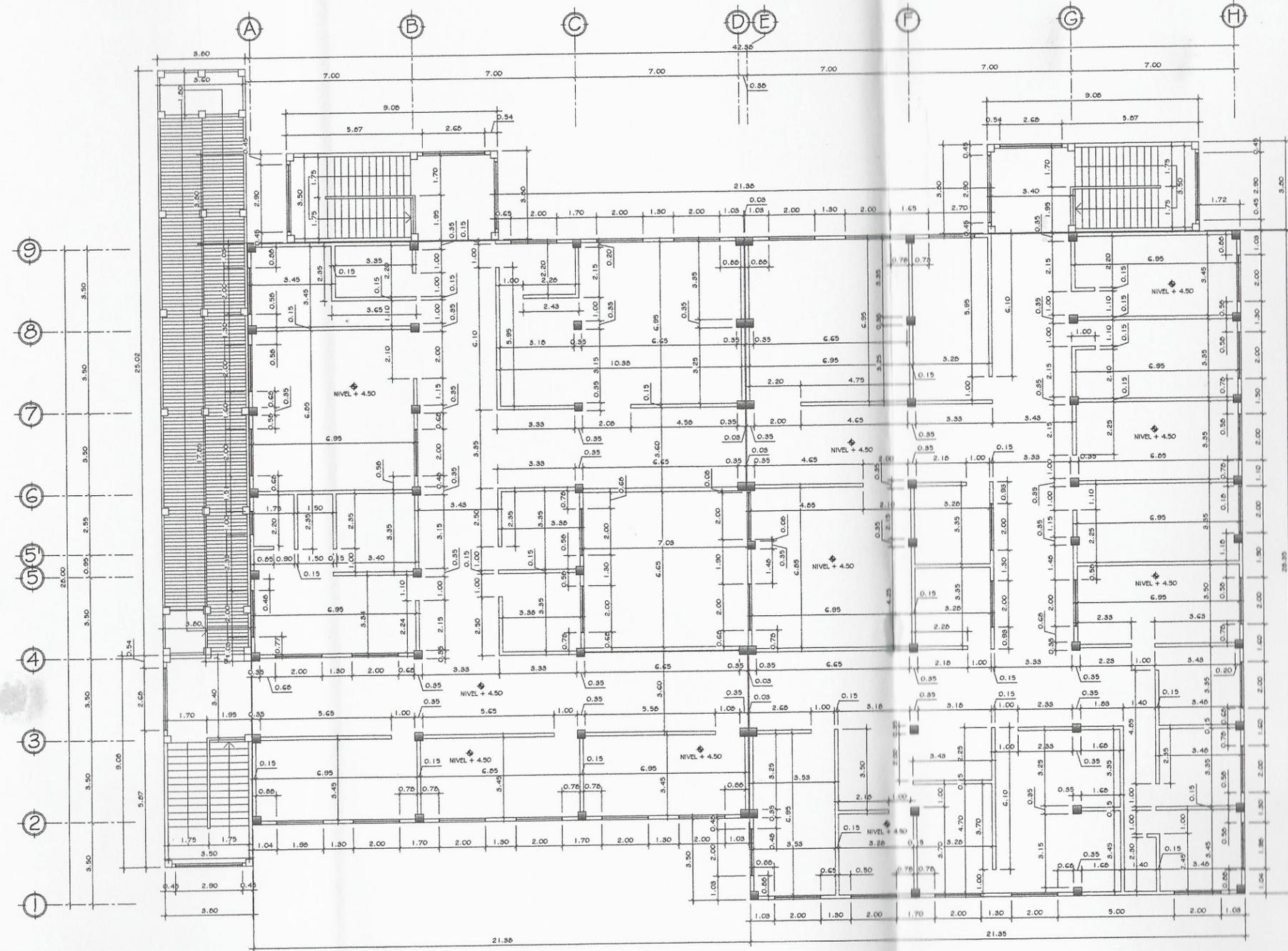
CONTIENE: PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLOLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	ESCALA: INDICADA
ELABORADO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	REVISADO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2019

ASESORA - SUPERVISORA DE OBRAS  
Unidad de Proyectos de Ingeniería EPS

Vo Do: ALCALDE MUNICIPAL

A-03



PLANTA ACOTADA DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1 A-04

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: PLANTA ACOTADA DE SEGUNDO NIVEL

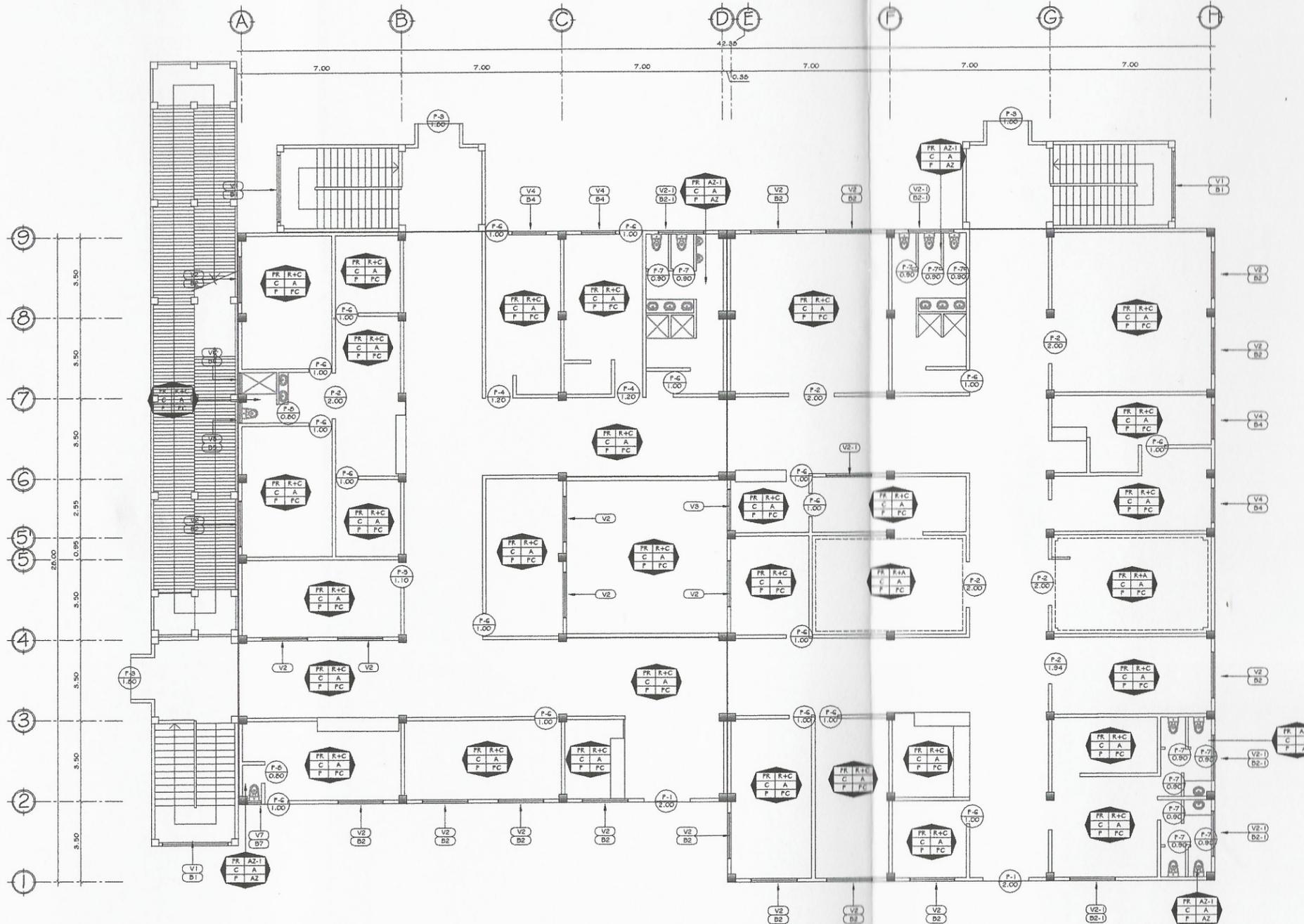
UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLOLA	DISEÑO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	EDIFICACION: [ ]
PROYECTO: [ ]	DIBUJO: [ ]	ESCALA: [ ]
PROYECTADO POR: [ ]	PROYECTADO POR: [ ]	PROYECTADO POR: [ ]

ASESORA SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Ingeniería y EPS

V. D. ALCALDE MUNICIPAL [ ] V. D. CONCEJAL [ ] V. D. CONCEJAL [ ]

17 de 11

A-04



PLANTA DE ACABADOS DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1 A-05

SIMBOLOGIA	
	ACABADO EN PARED
	ACABADO EN CIELO
	ACABADO EN PISO
R+C	REFEJO + CERNO
A	AUSADO
AZ	PISO DE AZULEJO (AMALF BEIG)
AA	AZULEJO ANTIDESLUZANTE (NAPOLI BONE)
FC	PISO CERAMICO (ONIX BEIGE 43cm x 43cm)
AZ-1	AZULEJO HASTA UNA ALTURA DE 1.80METROS (NAPOLI BONE) RESTO REFEJO + CERNO

PLANILLA DE BALCONES PRIMER NIVEL					
B1 → INDICA CLASIFICACION DE BALCONES					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	ANCHO	SILAR	DINTEL	ESPECIFICACIONES
B1	3	2.90	2.00	3.60	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA
B2	15	2.00	1.00	2.50	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA
B2-1	5	2.00	1.00	2.50	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA
B4	4	1.90	1.00	2.50	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA
B5	1	0.93	1.40	2.20	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA
B6	1	0.91	1.40	2.20	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA
B7	1	0.65	1.40	2.20	MARCO ANHUEAR DE 1 1/2" x 1 1/2" + HIERRO CUADRADO USO DE 1/2" + PINTURA

PLANILLA DE VENTANAS PRIMER NIVEL					
V1 → INDICA CLASIFICACION DE VENTANAS					
NOMENCLATURA	CANTIDAD	ANCHO	SILAR	DINTEL	ESPECIFICACIONES
V1	3	2.90	2.00	3.60	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V2	20	2.00	1.00	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V2-1	5	2.00	1.45	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V3	1	1.80	1.00	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V4	4	1.90	1.00	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V5	1	0.88	1.45	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR
V6	1	0.91	1.45	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO)
V7	1	0.65	1.45	2.10	MARCO DE ALUMINO + VIDRIO 4 mm DE ESPESOR (VIDRIO NEVADO)

PLANILLA DE PUERTAS PRIMER NIVEL				
F-1 → INDICA CLASIFICACION DE PUERTA				
T-05 → ANCHO DE PUERTA				
NOMENCLATURA	CANTIDAD	ANCHO	DINTEL	ESPECIFICACIONES
F-1	2	2.00	2.10	PUERTA METALICA
F2	6	2.00	2.10	PUERTA DE MADRA
F3	3	1.80	2.10	PUERTA METALICA
F4	2	1.20	2.10	PUERTA DE MADRA
F5	1	1.10	2.10	PUERTA DE MADRA
F6	18	1.00	2.10	PUERTA DE MADRA
F7	11	0.90	2.10	PUERTA DE MADRA
F8	2	0.60	2.10	PUERTA DE MADRA

ANOTACIONES

- LOS PISOS DEBERAN SER LAMABLES Y LISOS, DEBEN SER SEMICONDUCTIVOS.
- LAS PAREDES DE LOS QUIROFANOS PUEDEN ESTAR CUBIERTAS CON LAMINAS DE ACERO INOXIDABLE O CON PINTURAS ESPECIALES QUE FACILITEN SU LAVADO PERIODICO CON EL MINIMO DETERIORO. DEBEN SER IMPERMEABLES, LISAS Y LAVABLES.
- LAS PAREDES Y PUERTAS DEBEN SER ANTIFLAMA Y ESTAR REVESTIDAS CON MATERIAL IMPERMEABLE E INALTERABLE.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOCLA

CONTIENE: PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOCLA

PROYECTO: LILIAN IRINE YOC AGUIAR

ESCALA: INDICADA

FECHA: 15 DE MARZO DE 2018

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS: MARY REBECA GARCIA SORIE

Unidad de Asesoría y Supervisión EPS 05

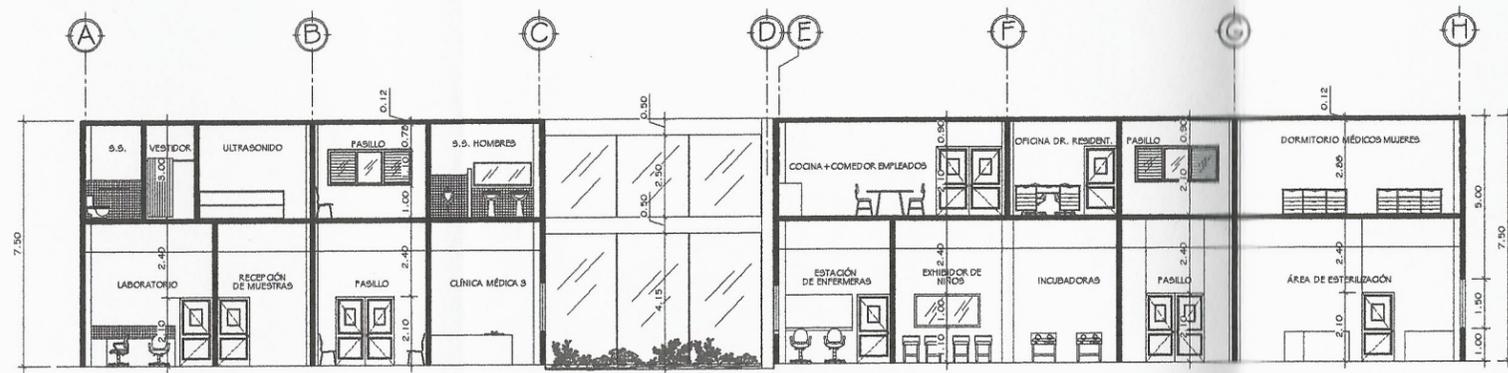
Va. Bn. ALCALDE MUNICIPAL

Va. Bn. LILIAN IRINE YOC AGUIAR

Va. Bn. MARY REBECA GARCIA SORIE

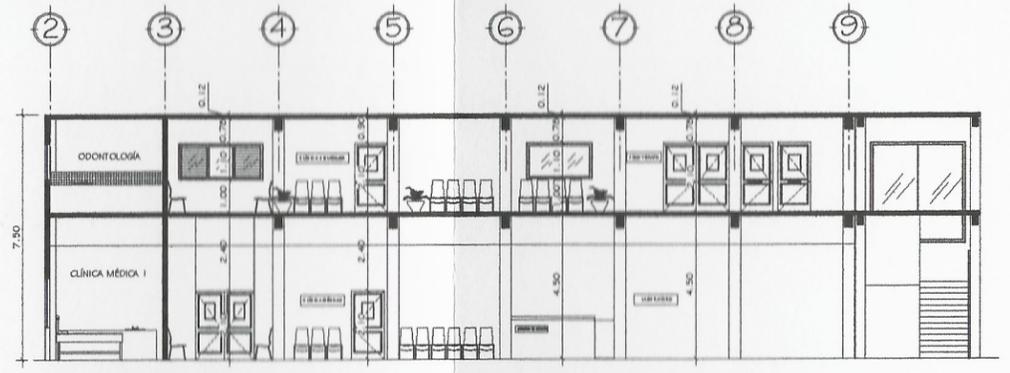
A-05





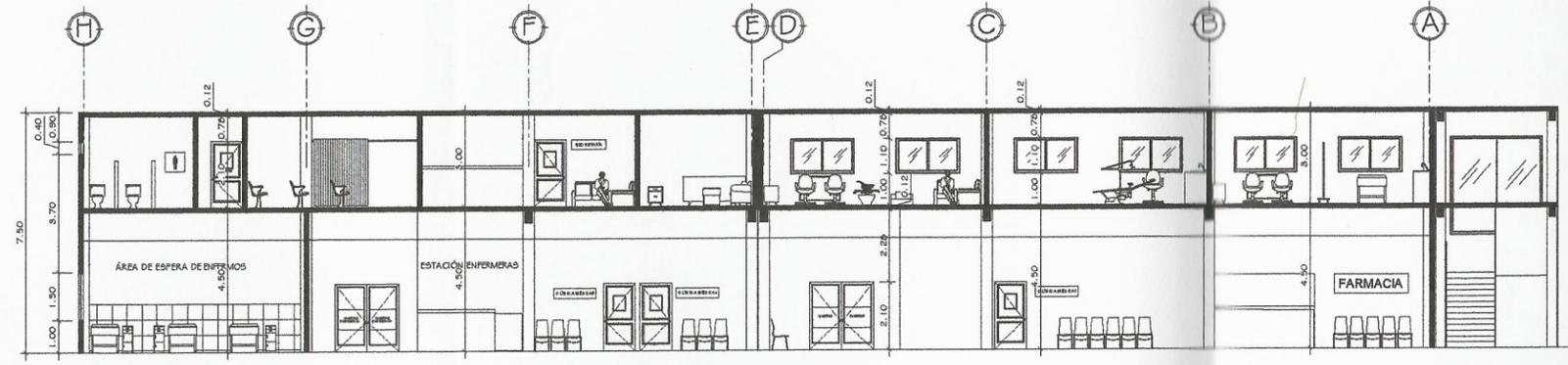
SECCIÓN A

ESCALA 1:100 A-07



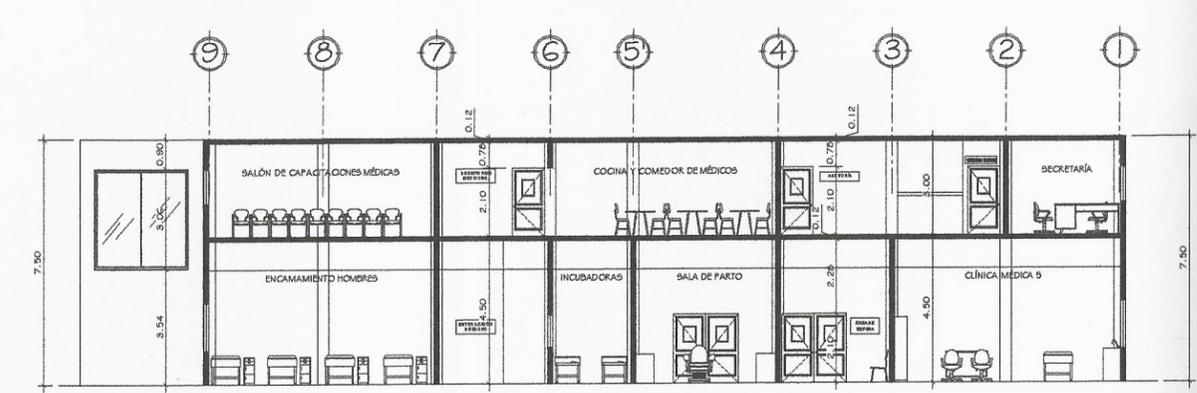
SECCIÓN C

ESCALA 1:100 C-A-07



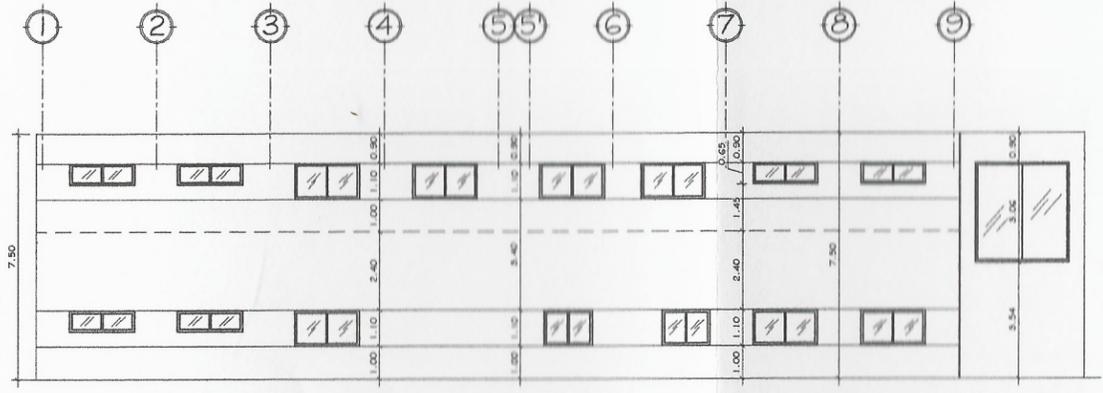
SECCIÓN B

ESCALA 1:100 B-A-07



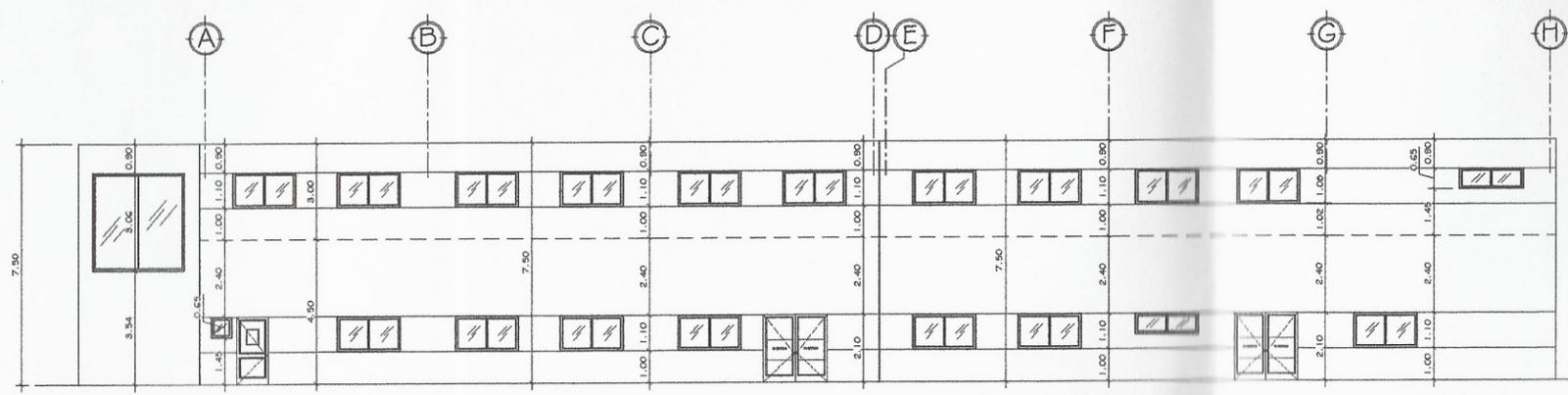
SECCIÓN D

ESCALA 1:100 D-A-07



ELEVACIÓN 2

ESCALA 1:100 2-A-07



ELEVACIÓN 1

ESCALA 1:100 1-A-07

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE BUENA VISTA

CONTENIDO: ELEVACIONES Y SECCIONES

UBICACIÓN: SANTA MARÍA VISITACIÓN, BUENA VISTA, DEPARTAMENTO DE BUENA VISTA

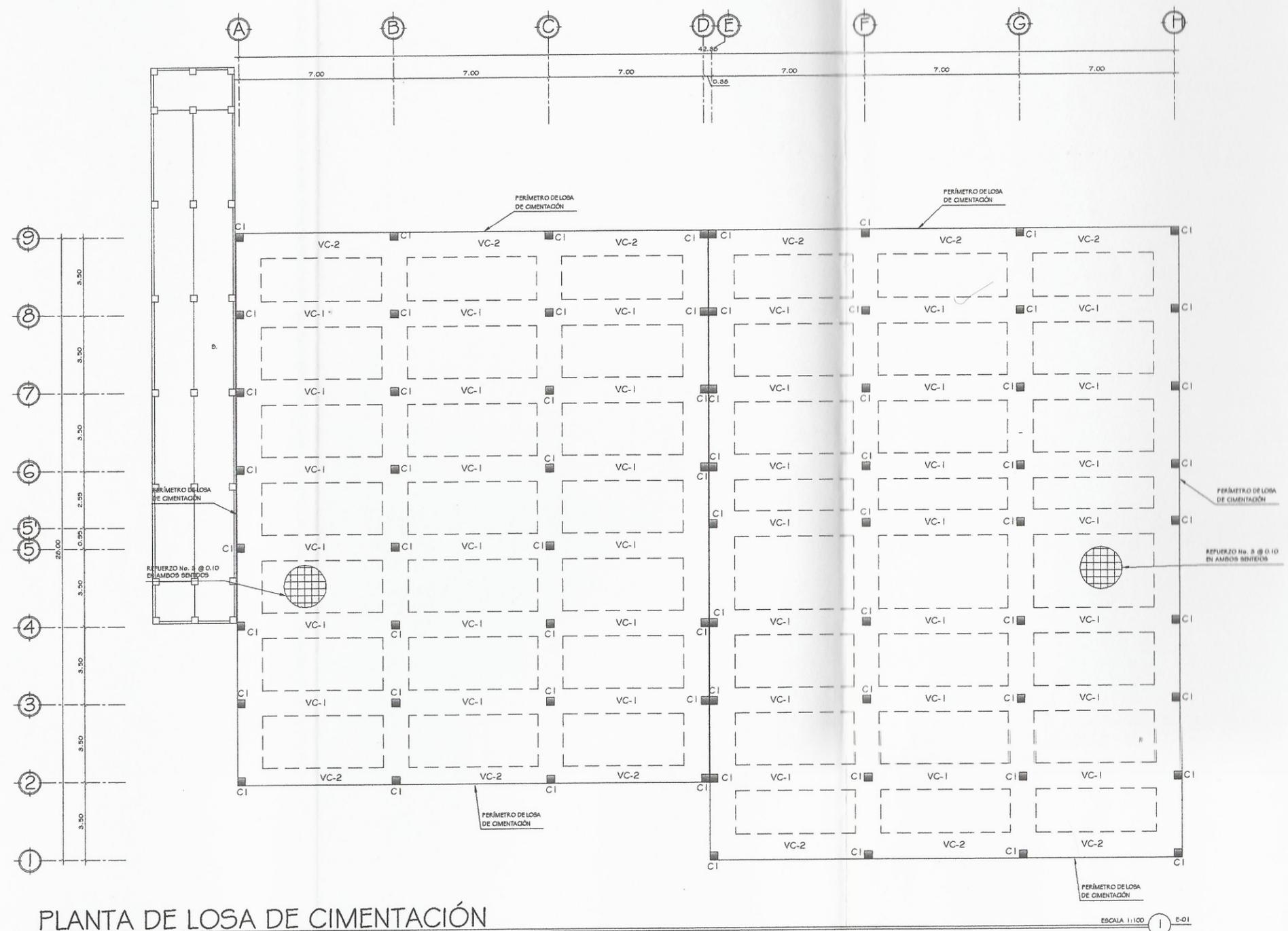
ELABORADO POR: LILIAN IRENE YOC ABUJUEC

FECHA: MARZO 2019

GRUPO: No. PLANO 07

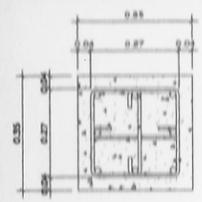
HOJA: A-07

Verbo: ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA DE LOSA DE CIMENTACIÓN

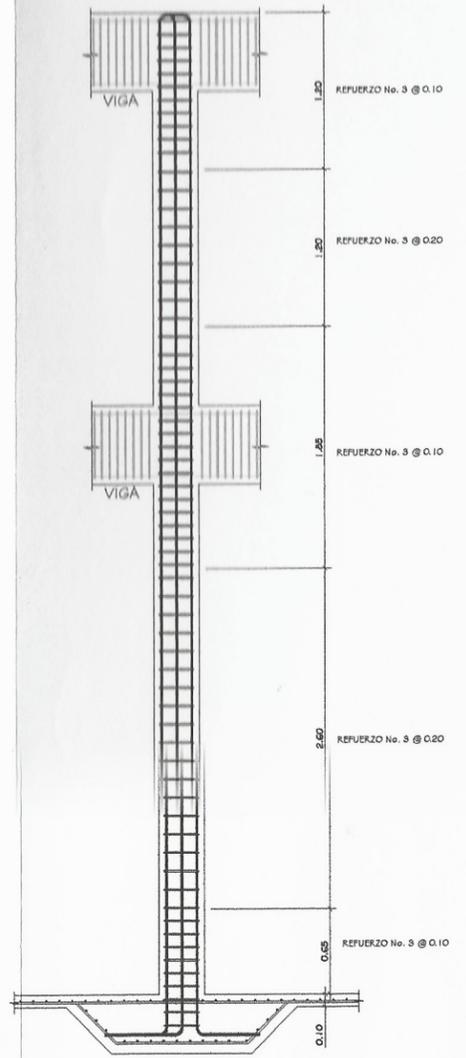
ESCALA 1:100 1 E-01



REFUERZO  
 5 No. 2  
 20 T. No. 3 + 2 DBL  
 No. 5 @ 0.10 EN  
 ÁREAS CONFINADAS,  
 RESTO @ 0.20

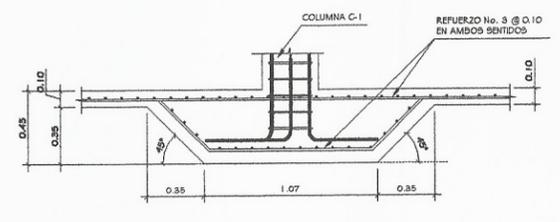
DETALLE DE COLUMNA

ESCALA 1:10 2 E-01



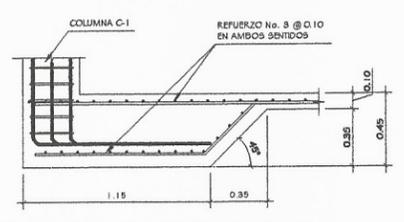
SECCIÓN DE COLUMNA

ESCALA 1:25 3 E-01



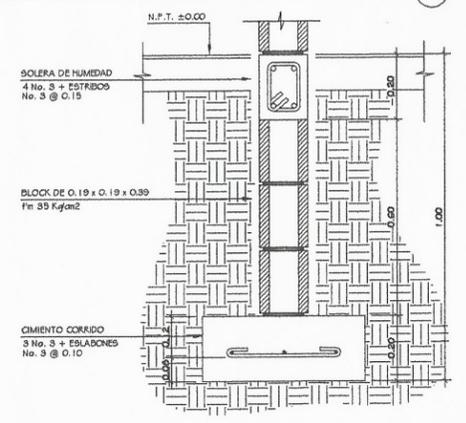
VIGA DE CIMENTACION VC-1

ESCALA 1:10 4 E-01



VIGA DE CIMENTACION VC-2

ESCALA 1:10 4 E-01



CIMIENTO CORRIDO

ESCALA 1:10 2 E-01

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: PLANTA LOSA DE CIMENTACIÓN

LUBRICACIÓN: SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOLOLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2009
CALCULO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	REVISOR: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2009

Ing. Mayra Roberto García Soriano  
 ASESORA ASOCIADA DE EPS  
 V. B. ALICIA VIANEY REBECA GARCÍA  
 SOCIA DE EPS (ASESORA EPS)

Escuela de Ingeniería y Arquitectura





SIMBOLOGIA	
	RIEL, REFUERZO No. 3 CORRIDO DEPARACIÓN INDICADA EN PLANOS
	BASTON, REFUERZO No. 3 DEPARACIÓN INDICADA EN PLANOS
	TENSIÓN, REFUERZO No. 3 DEPARACIÓN INDICADA EN PLANOS
	VIGA V-5 VER DETALLE 5 / HOJA E-04
	VIGA V-6 VER DETALLE 6 / HOJA E-04
	VIGA V-7 VER DETALLE 7 / HOJA E-04
	VIGA V-8 VER DETALLE 8 / HOJA E-04

PLANTA DE LOSAS DE TECHO

ESCALA 1:100 1 E-03

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VIBIACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOLCÁ

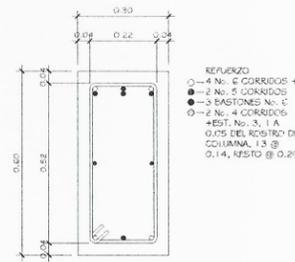
CONTIENE: PLANTA DE LOSAS DE TECHO

UBICACIÓN: SANTA MARIA VIBIACIÓN, SOLCÁ	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AQUILAR	PROYECTA: LILIAN IRENE YOC AQUILAR
CALLE: LILIAN IRENE YOC AQUILAR	TÍTULO: LILIAN IRENE YOC AQUILAR	FECHA: MARZO 2011

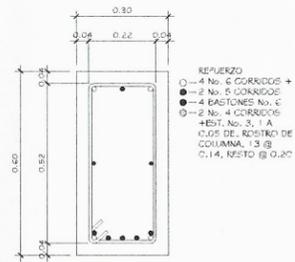
Inga. Mayra Rebeca Arechavala de Serrano  
ASESORA / SUPL. VIGILANTE DE EPS  
Unidad de Ingeniería y EPS

Vo. Bn. ALCALDE MUNICIPAL Vo. Bn. INGENIERA REBECA GARCIA  
SECRETARIA DE EPS (ASESORA EPS)

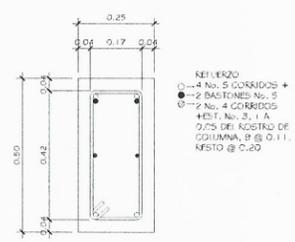
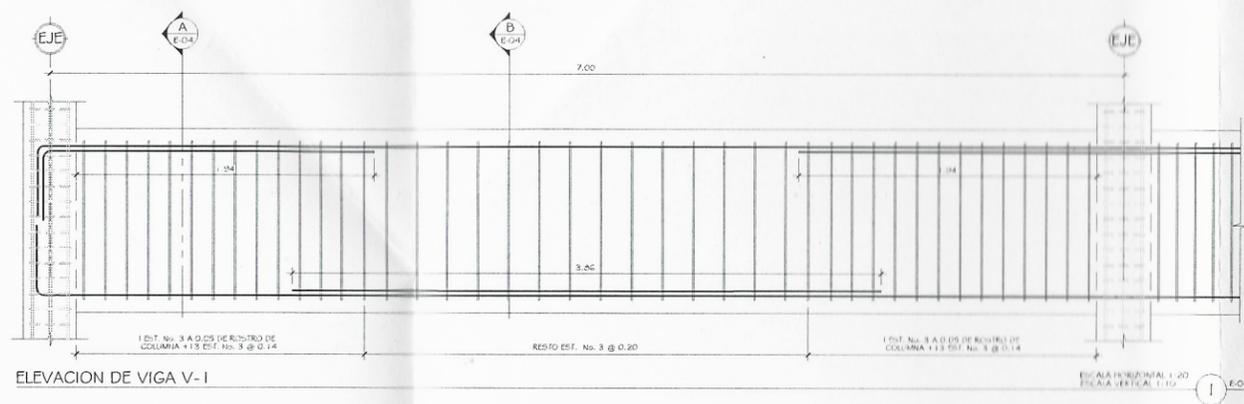
Escuela de Ingeniería E-03



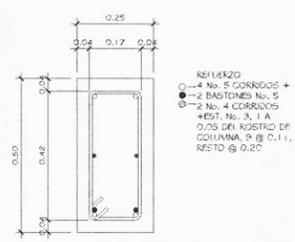
SECCIÓN A ESCALA 1:10 A E-04



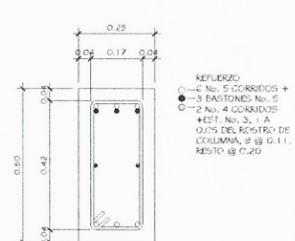
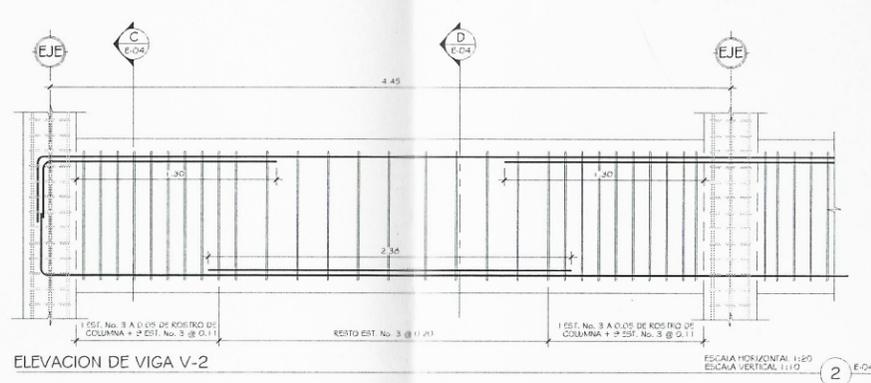
SECCIÓN B ESCALA 1:10 B E-04



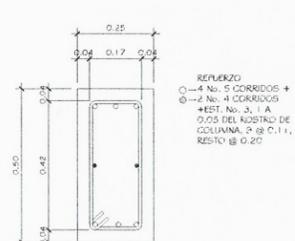
SECCION C ESCALA 1:10 C E-04



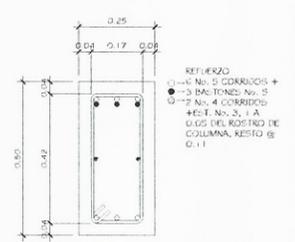
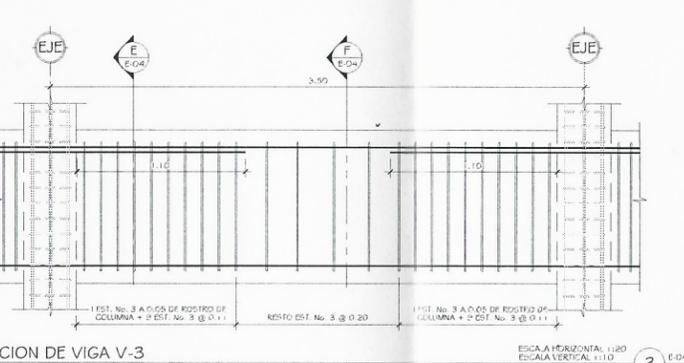
SECCION D ESCALA 1:10 D E-04



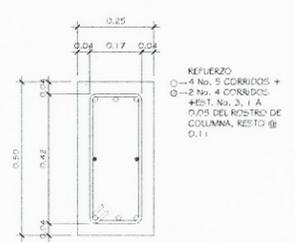
SECCION E ESCALA 1:10 E E-04



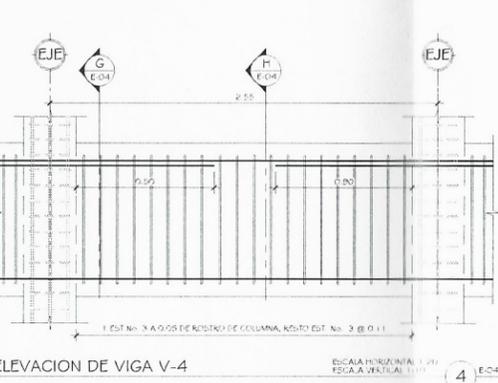
SECCION F ESCALA 1:10 F E-04



SECCION G ESCALA 1:10 G E-04



SECCION H ESCALA 1:10 H E-04



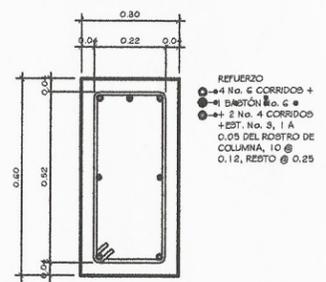
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: OFICINA DE DISEÑO PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VEUTACION, DEPARTAMENTO DE SUCUBA

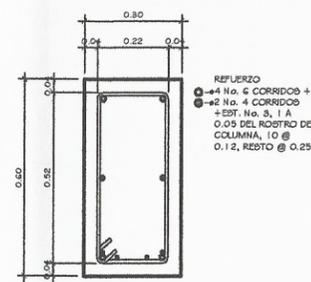
CONTIENE: **DETALLES DE VIGAS DE ENTREPISO**

UBICACIÓN: SANTA MARÍA VEUTACION, SUCUBA	USUARIO: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA: INDICADA
PROYECTISTA: JUAN BENE DÍAZ AGUIAR	REVISOR: JUAN BENE DÍAZ AGUIAR	FECHA: MAYO 2015
GRUPO: E 04		NO. PLANO: E-04

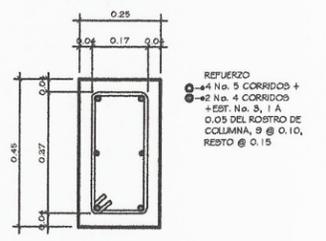
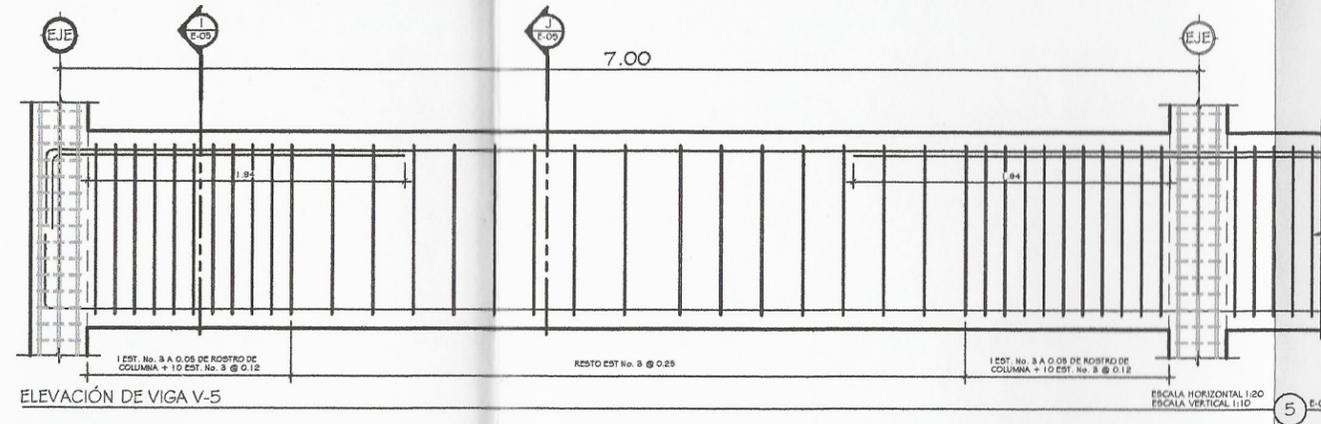
NO. DE REGISTRO MUNICIPAL: ... NO. DE REGISTRO NACIONAL: ...



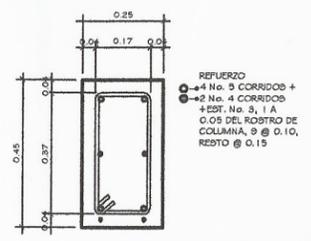
SECCIÓN I  
 ESCALA 1:10



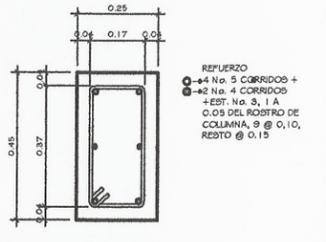
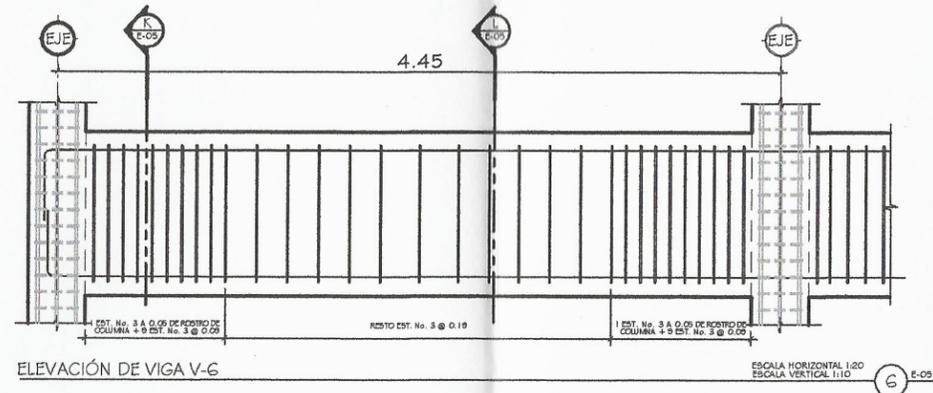
SECCIÓN J  
 ESCALA 1:10



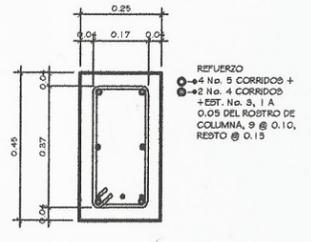
SECCIÓN K  
 ESCALA 1:10



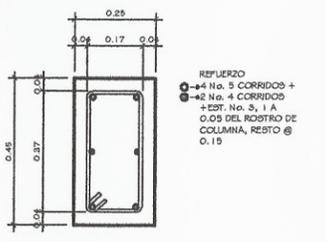
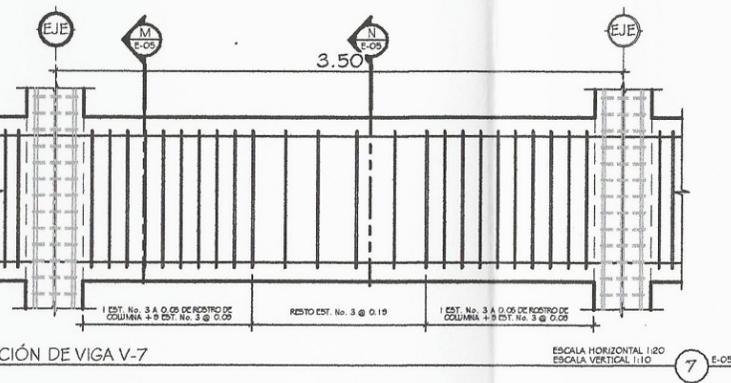
SECCIÓN L  
 ESCALA 1:10



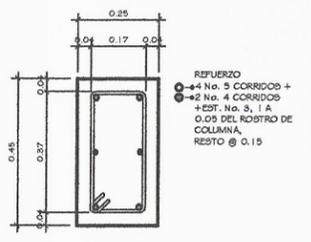
SECCIÓN M  
 ESCALA 1:10



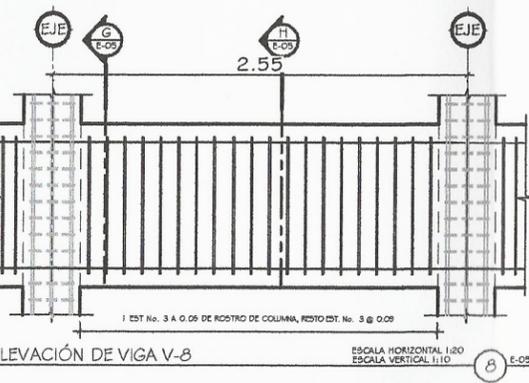
SECCIÓN N  
 ESCALA 1:10



SECCIÓN G  
 ESCALA 1:10



SECCIÓN H  
 ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

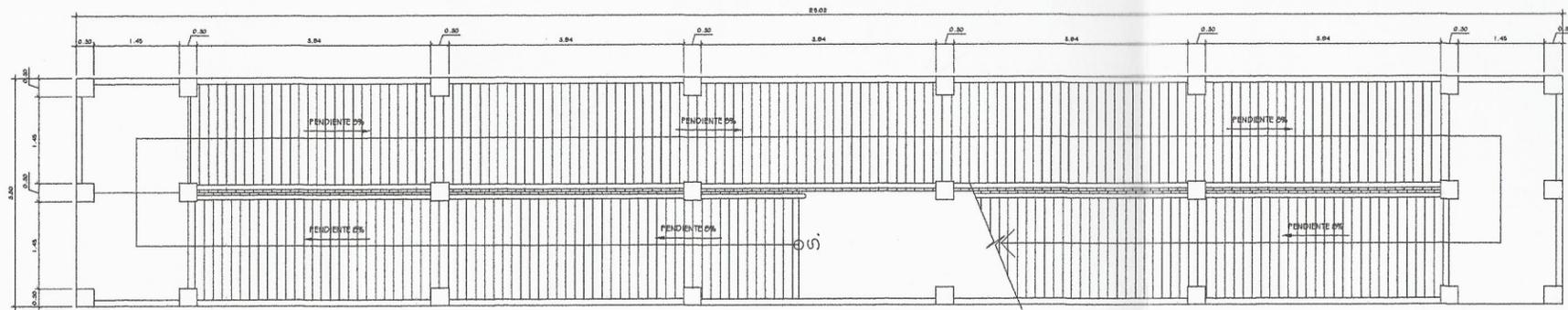
PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE BOQUEJA

CONTIENE: DETALLES DE VIGAS DE CEMENTO ARMADO

UBICACIÓN: SANTA MARIA VISITACION, BOQUEJA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2015
CALLEJO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	DIBUJO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	NO. PLANO: 05

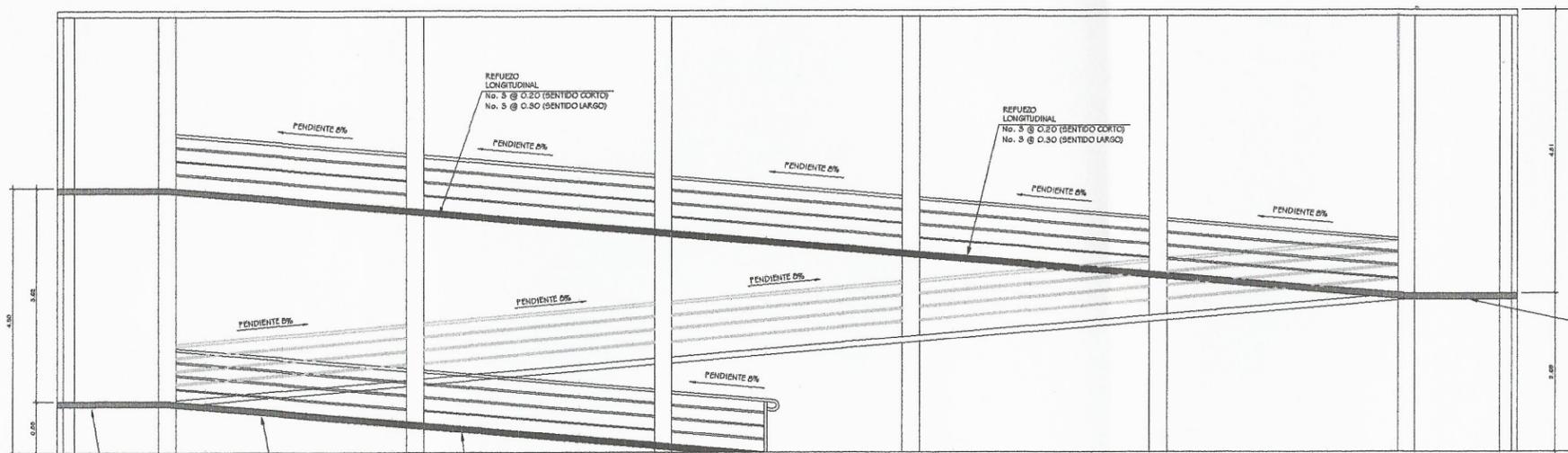
ASESORA EN INGENIERIA DE ESTRUCTURAS  
 Unidad Ejecutiva de Ingeniería y Tecnología  
 No. 501, AV. MARCELA RESECA GARCIA  
 ZONA DE SIEMPA (ADESORA EPS)  
 01001 GUATEMALA, GUATEMALA

Ve Do. ALCALDE MUNICIPAL



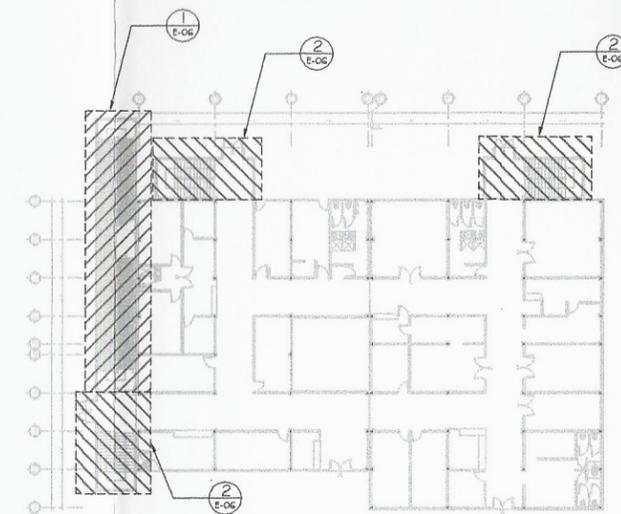
PLANTA DE RAMPA

ESCALA 1:300 1 E-06



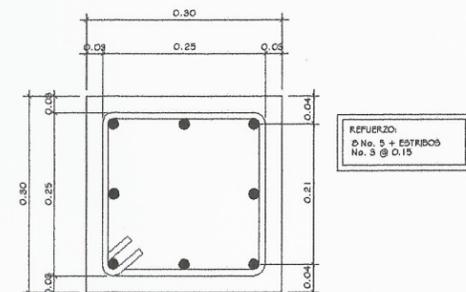
SECCIÓN LONGITUDINAL A

ESCALA 1:25 A E-06



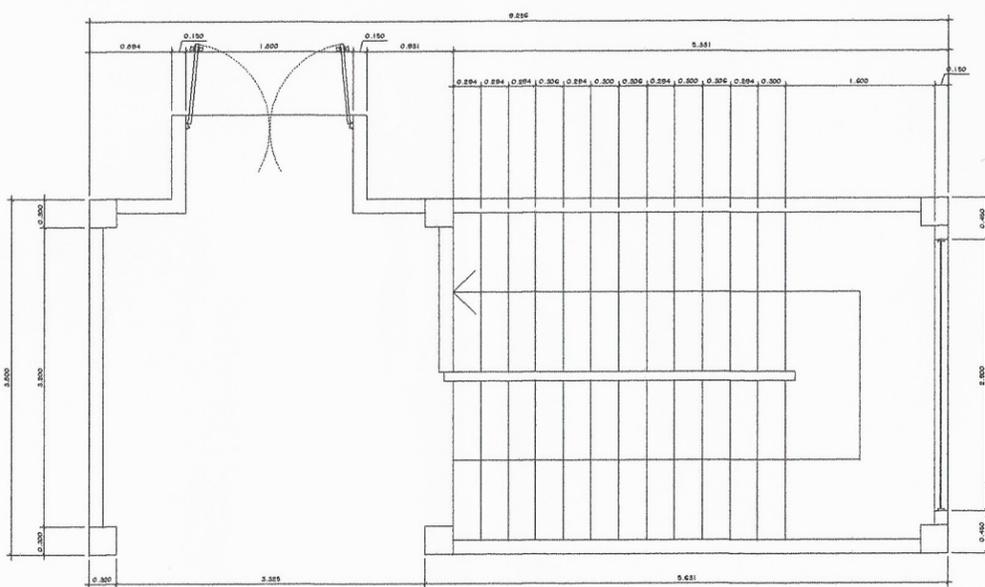
ESQUEMA UBICACIÓN DE GRADAS Y RAMPA

ESCALA 1:300 3 E-06



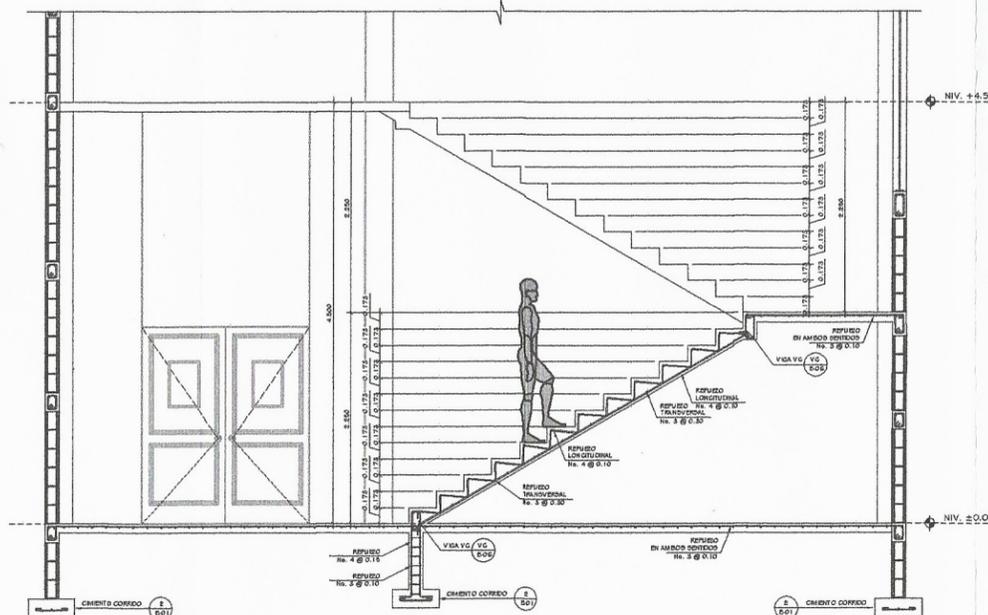
COLUMNA GRADAS-RAMPA

ESCALA 1:25 VG E-06



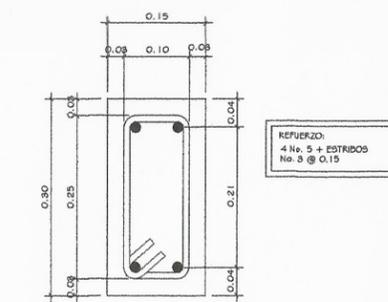
PLANTA TÍPICA DE GRADAS

ESCALA 1:35 2 E-06



SECCIÓN B

ESCALA 1:35 B E-06



VIGA VG

ESCALA 1:25 VG E-06

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: DETALLE DE RAMPA Y GRADAS

UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLOLA

CALCULO: LUJAN IRENE YOC AGUILAR

ESCALA: 1:300

FECHA: MARZO 2019

GRUPO: E-06

No. PLANO: 106

Vo. Bto. ALCALDE MUNICIPAL

Vo. Bto. INGENIERO EN ARQUITECTURA

Vo. Bto. INGENIERO EN MECANICA

Vo. Bto. INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES Y FRÍAS

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE VENTILACION Y CLIMATIZACION

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGIA RENOVABLE

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE SEGURIDAD

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE ALUMINADO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA SISMOS

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA RUIDO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA CONTAMINACION

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA POLUCION

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CLIMA

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL AGUA

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL AIRE

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL SUELO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL ENTORNO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL ECOSISTEMA

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO HISTORICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO NATURAL

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO BIOTICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO ABIOLOGICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL

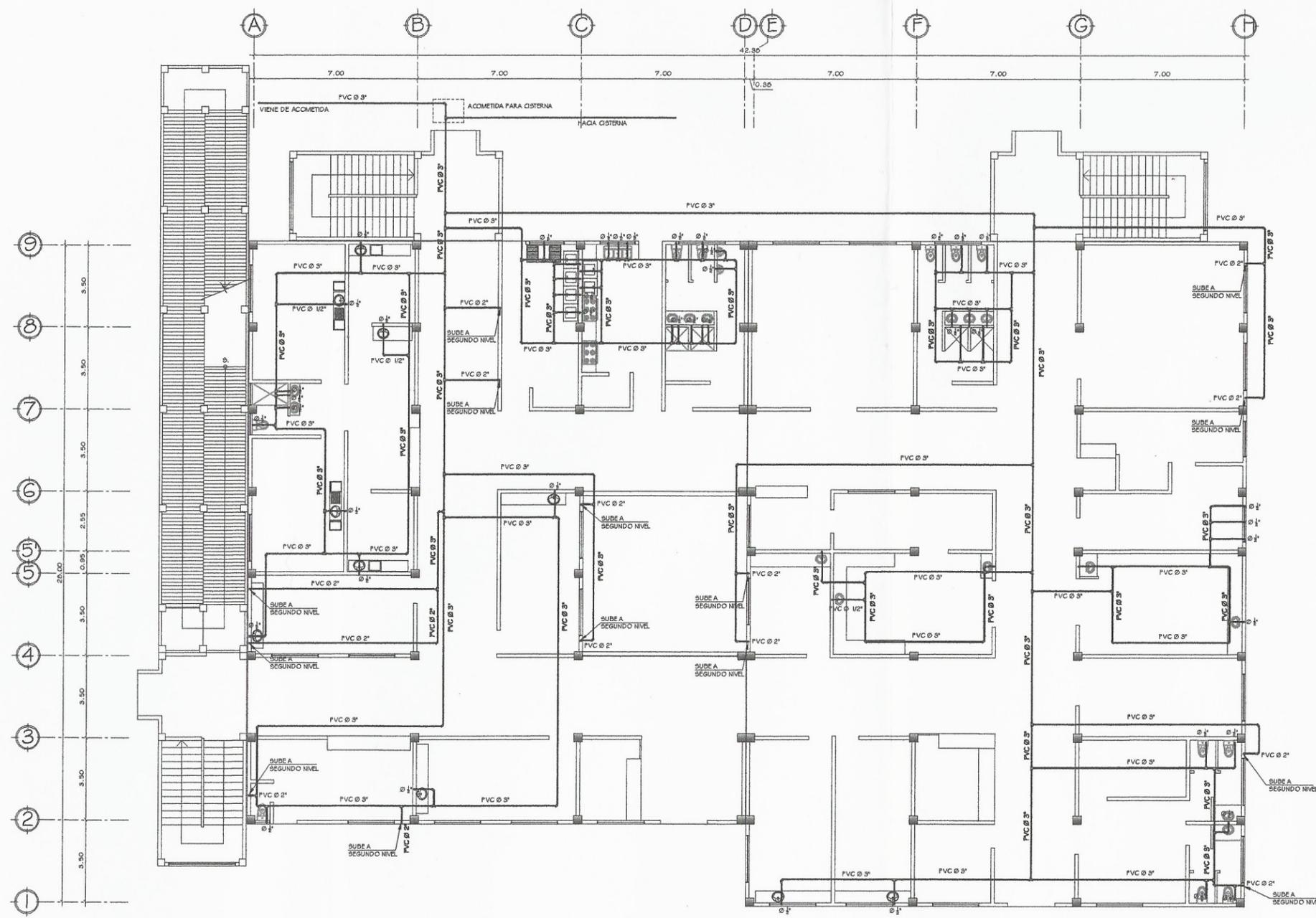
Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL Y BIOTICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL Y ABIOLOGICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL Y BIOTICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL Y ABIOLOGICO

Vo. Bto. INGENIERO EN SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL Y BIOTICO Y ABIOLOGICO



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	TEE HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	CODO HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	REDUCIDOR PVC
	TEE VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)

PLANTA DE INSTALACIÓN HIDRAULICA DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100

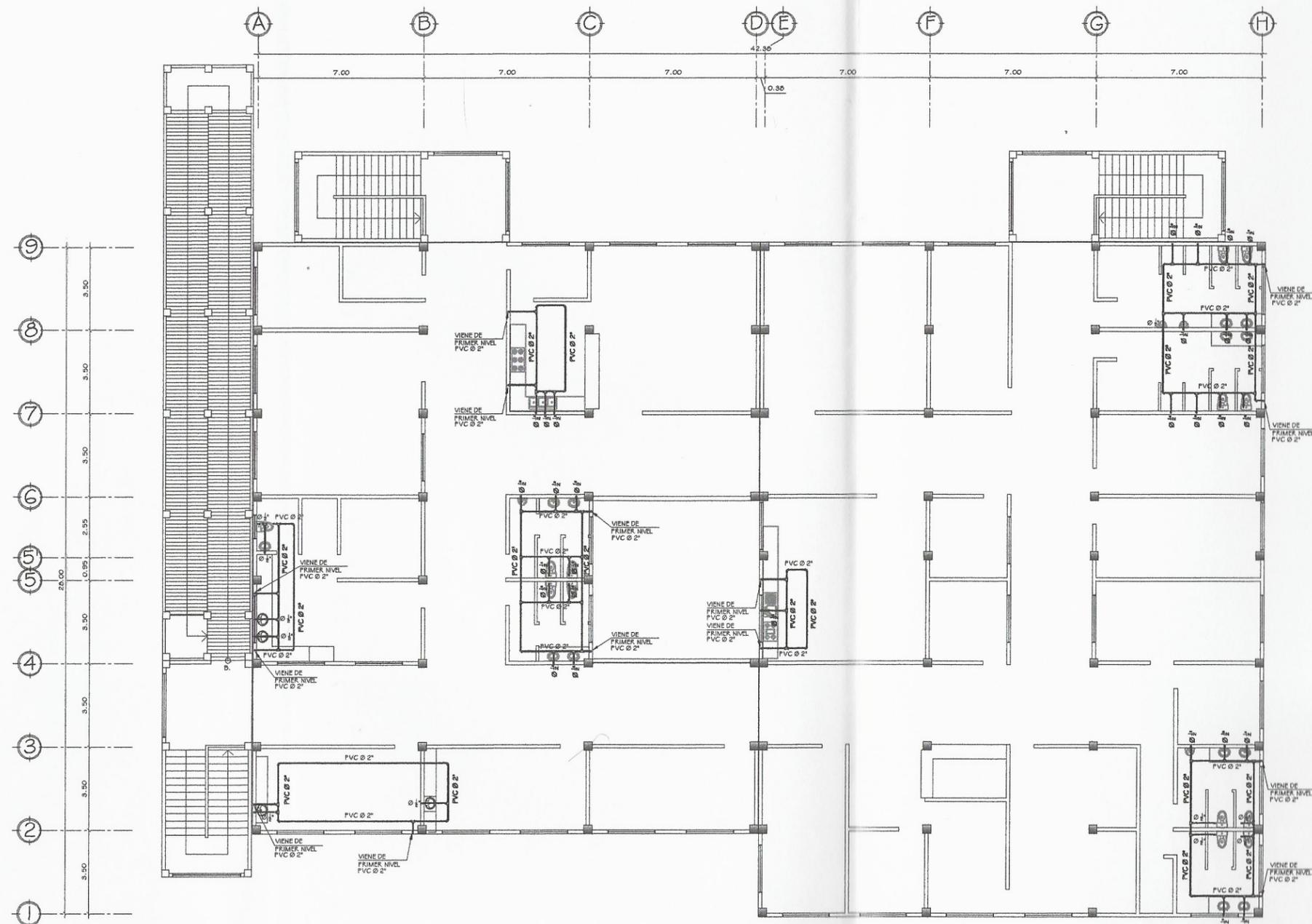
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOCLA

CONTIENE: PLANTA INSTALACIÓN HIDRAULICA PRIMER NIVEL

UBICACIÓN: SANTA MARIA VISITACIÓN, SOCLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	EDIFICIO: INCESPA
CALCULO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2019	

*Inga. Mayra Bebere García Soriano*  
 ASESORA SUPERVISORA DE EPS OI  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 ESCUELA DE INGENIERIA DE EPS  
 Vo. Bo. ALCALDE MUNICIPAL  
 Soledad de Beberé (ASESORA EPS)



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	TEE HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	CODO HORIZONTAL (DIAMETRO INDICADO)
	REDUCIDOR PVC
	TEE VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)

PLANTA INSTALACIÓN HIDRAULICA DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE BOQUÍA

CONTIENE: PLANTA DE INSTALACIÓN HIDRAULICA SEGUNDO NIVEL

UBICACIÓN: SANTA MARIA VISITACIÓN, BOQUÍA

PROYECTISTA: LILIAN IRENE YOC AGUILAR

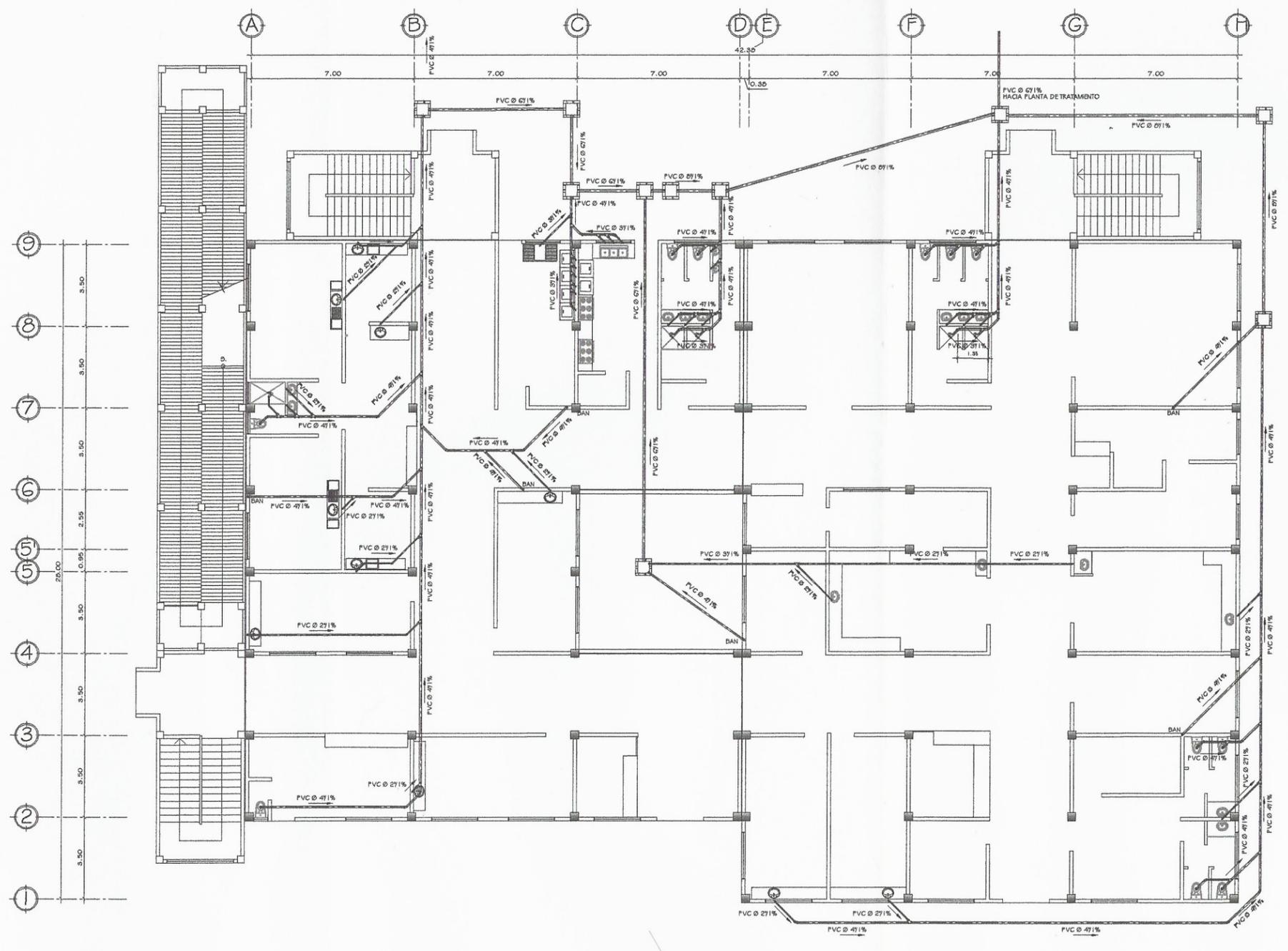
FECHA: MARZO 2019

ING. MAYRA ROSCO LARTE SORIA DE SIERRA  
 ASESORA EN INGENIERIA DE EPS

UNIDAD DE INGENIERIA Y EPS

ALCALDE MUNICIPAL: LILIAN IRENE YOC AGUILAR

BOQUÍA, GUATEMALA



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	COO A 90 GRADOS, VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)
	SIFON (DIAMETRO INDICADO)
	COO A 45 (DIAMETRO SEGUN TUBERIA)
	REDUCIDOR DE PVC (DIAMETROS SEGUN TUBERIA)
	YEE A 45 (DIAMETRO SEGUN TUBERIA)
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS

ANOTACIONES:  
 LAS DERIVACIONES PARA LOS ARTEFACTOS SERAN LOS SIGUIENTES:  
 INODOROS DIAMETRO DE 4"  
 LAVAMANOS DIAMETRO DE 2"  
 LAVABOS DIAMETRO DE 2"  
 DUCHAS DIAMETRO DE 3" CON SIFÓN

PLANTA DE INSTALACIÓN DRENAJE SANITARIO DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100

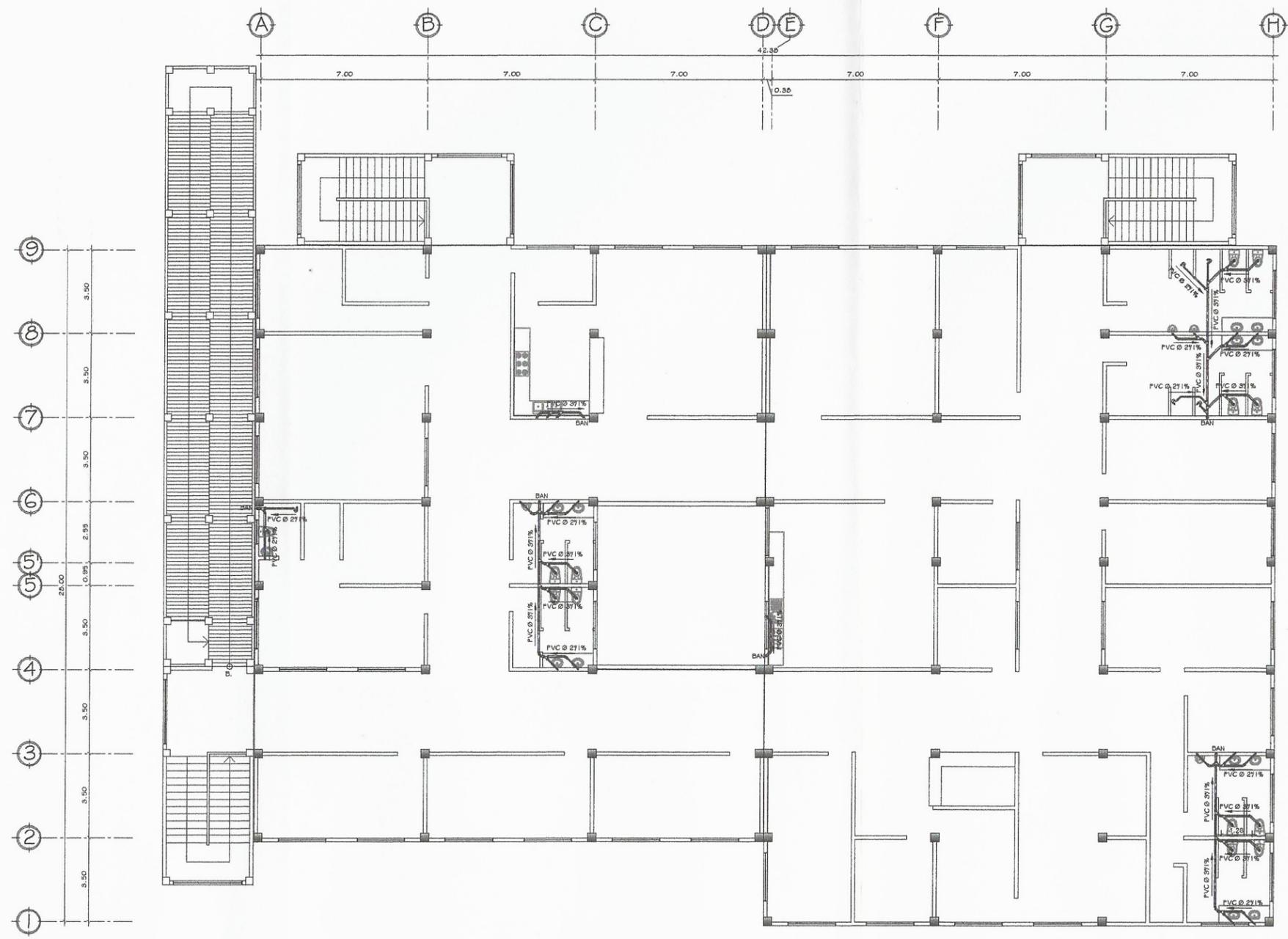
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOLELA

CONTIENE: PLANTA INSTALACION DRENAJE SANITARIO PRIMER NIVEL

UBICACION: SANTA MARIA VISITACIÓN, SOLELA	DISEÑO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: 14 MARZO 2013
CALCULO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	REVISOR: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	SECCION: I.C. FRANCO

ASESORA SUPLENTORA DE EPS  
 Unidad de Ingeniería y EPS  
 Vo. Bo. ALCALDE MUNICIPAL: REBECA GARCIA  
 INGENIERO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	CODO A 90 GRADOS, VERTICAL (DIAMETRO INDICADO)
	SIFON (DIAMETRO INDICADO)
	CODO A 45 (DIAMETRO SEGUN TUBERIA)
	TEE A 45 (DIAMETRO SEGUN TUBERIA)
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS

ANOTACIONES:  
 LAS DERIVACIONES PARA LOS ARTEFACTOS SERAN LOS SIGUIENTES:  
 INODOROS DIAMETRO DE 3"  
 LAVAMANOS DIAMETRO DE 2"  
 MISTORIOS DIAMETRO DE 2"  
 LAVABASTOS DIAMETRO DE 3"  
 DUCHAS DIAMETRO DE 2" CON SIFON

PLANTA INSTALACIÓN DRENAJE SANITARIO DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1-04

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

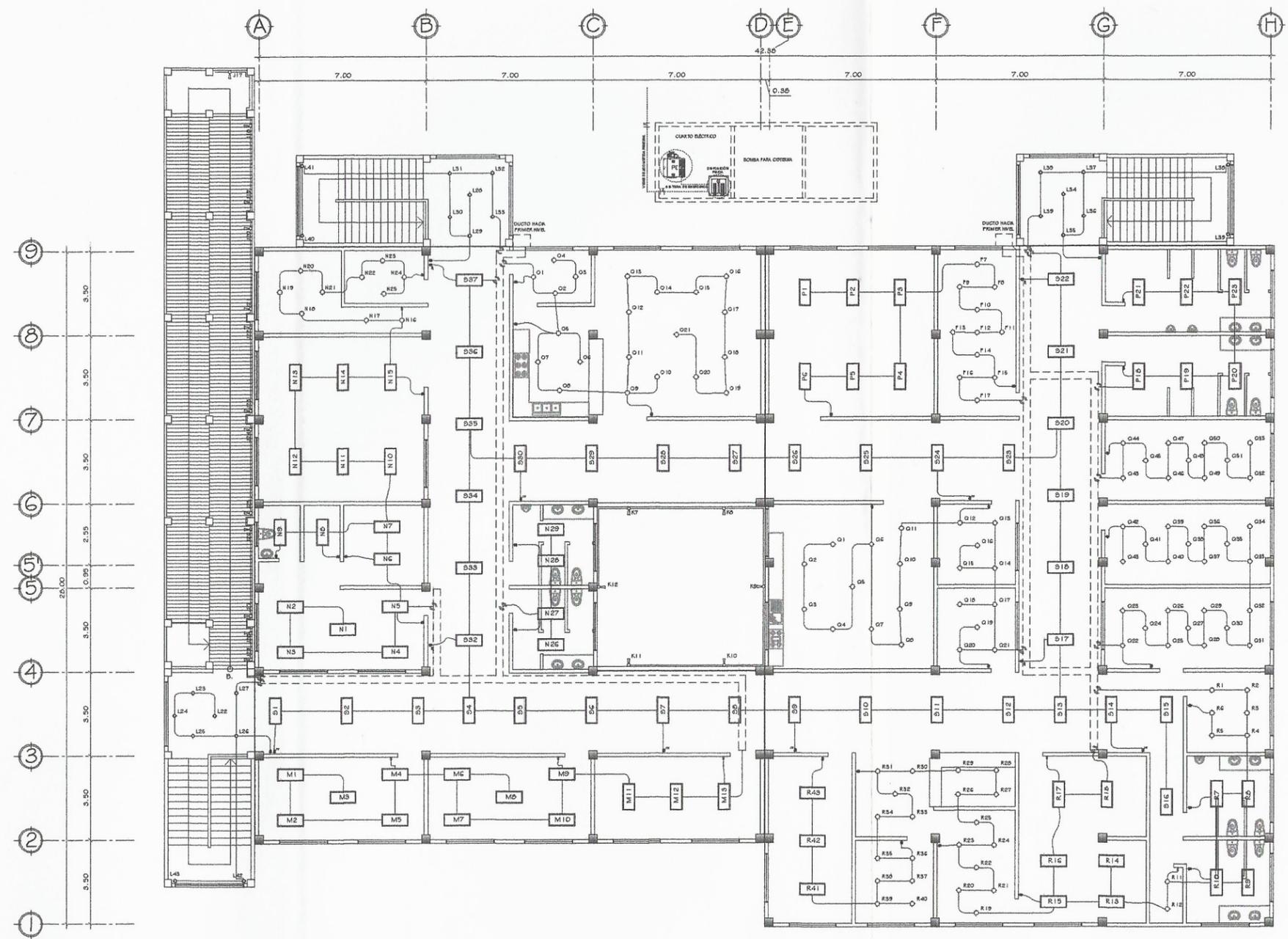
PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: PLANTA DE INSTALACION DRENAJE SANITARIO 2DO N

UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLOLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	REVISOR: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: 4 JUNIO 2019
DRAWING: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	DRAWING: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2019	PLANO: 04

Inga. Mayra Rebeca Garcia Soria  
 ASSESORA SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Ingeniería y EPS  
 Vo. Bo. ALCALDE MUNICIPAL  
 Vo. Bo. TITULAR REBECA GARCIA  
 BOCA DE BIEN (ASESORA EPS)  
 Facultad de Ingeniería 1-04





SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
---	DUCTO PVC ELÉCTRICO 1" EN CIELO FALSO
---	DUCTO PVC ELÉCTRICO EN PISO
---	LINEA VIVA CABLE THHN
---	LINEA NEUTRO CABLE THHN
⊕	INTERRUPTOR SIMPLE H = 1.20 m
⊕	INTERRUPTOR DOBLE H = 1.20 m
⊕	INTERRUPTOR THREE WAY H = 1.20 m
⊕	LÁMPARA LED EN CIELO CULO DE BUEY
⊕	LÁMPARA FLUORESCENTE EN CIELO
⊕	LÁMPARA TUBULAR FLUORESCENTE EN CIELO
⊕	REFLECTOR EXTERIOR EN PARED CON SISTEMA DE EMERGENCIA
⊕	CANASTILLA ELÉCTRICA EN CIELO
PE	PLANTA ELÉCTRICA EMERGENCIA
Q	GABINETE DISPOSICIÓN FÍSICA

CIRCUITOS PRIMER NIVEL				
CABLEADO	CIRCUITO	CANTIDAD LAMPARAS	INTERRUPTOR TENSIOAMPERICO	AMBIENTE
---	J	30	15 A	RANFA
---	K	12	15 A	JARDÍN INTERNO
---	L	43	15 A	MÓDULO DE GRANAS (CONTIENE VENTILADOR)
---	M	18	15 A	CLÍNICA MÉDICA E, ODONTOLÓGICA, PSICOLOGÍA
---	N	29	15 A	CLÍNICA DE LA MUJER, ECOGRAFÍA, ULTRA SONIDO, SINTESIS MUSCULAR, SINTESIS RENAL, SINTESIS, QUÍMICA, PEDIATRÍA, FISIOLÓGICA, ALMACÉN MÉDICO
---	O	21	15 A	COCINA, ALMACÉN DE ALIMENTOS, CANTINA
---	P	23	15 A	SALÓN DE OPTOMETRÍA, ÁREA DE ESTAR DE MÉDICOS, SANITARIO DE MÉDICOS/HOMBRES Y MÉDICOS/MUJERES
---	Q	58	15 A	COMEDOR ESCOLAR PARA NIÑOS, OFICINA DE RESERVA, OFICINA DIRECTOR DE SALUD, LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIO DE NIÑOS CON TUBERCULOSIS
---	R	43	20 A	TRAYECTORIA DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS, OFICINA DIRECTOR GENERAL, SALA DE JUNTA DIRECTIVA, COCINA, SANITARIO ESPECIAL, LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIO DE NIÑOS Y MUJERES, RESTAURANTE
---	S	37	30 A	PASILLOS SEGUNDO NIVEL

ANOTACIONES:  
 EN CADA CIRCUITO SE CONECTARÁN A UNA LINEA VIVA Y UNA LINEA MUERTA DE LA RED PRINCIPAL.  
 EN CADA INTERRUPTOR SE CONECTARÁN LOS RETORNOS NECESARIOS PARA EL CIRCUITO CON INTERRUPTOR SIMPLE, INTERRUPTOR DOBLE E INTERRUPTOR TREE WAY.  
 LÁMPARAS TIPO CULO DE BUEY BLANCA CON 1100 LÚMENES  
 LÁMPARAS FLUORESCENTE TIPO REDONDA BLANCA CON 1300 LÚMENES  
 LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULAR BLANCA CON 2355 LÚMENES  
 LÁMPARAS LED TIPO REFLECTOR PARA EXTERIOR CON SISTEMA DE EMERGENCIA

CANASTILLA INSTALADA EN LOSA TIPO RECTANGULAR PARA INTERIOR TIPO RECTANGULAR PARA EXTERIOR SEGÚN SEA EL CASO.  
 CIMENTA DE CONCRETO REFORZADO, CON UNA PROFUNDIDAD DE 0.80M ANCHO DE 0.40M Y LONGITUD HACIA CUARTO ELÉCTRICO, CON RESPECTIVA TAPADERAS DE CONCRETO

LA DISPOSICIÓN FÍSICA DEL GABINETE CONTARÁ CON ACTIVADOR PARA PLANTA ELÉCTRICA EN CASO DE FALTA DE ENERGÍA, CON DISPARADOR MANUAL Y CONEXIONES AL SISTEMA DE LUCES DE EMERGENCIA, ALARMA Y SONIDO, PRIORIZANDO EL ÁREA DE QUIRÓFANO

TODA LA INSTALACIÓN SE RECOMIENDA REALIZARLA CON CABLE CALIBRE N.º 12 COMO MÍNIMO, PARA LA ACOMETA DE RECOMIENDA UTILIZAR CABLE CALIBRE N.º 10 COMO MÍNIMO.

PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA (ILUMINACIÓN) DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOCLÁ

CORTINA: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA SEGUNDO NIVEL

UBICACIÓN: SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOCLÁ

DISEÑO: JULIAN IRINE YOC AGUILAR

ESCALA: INDICADA

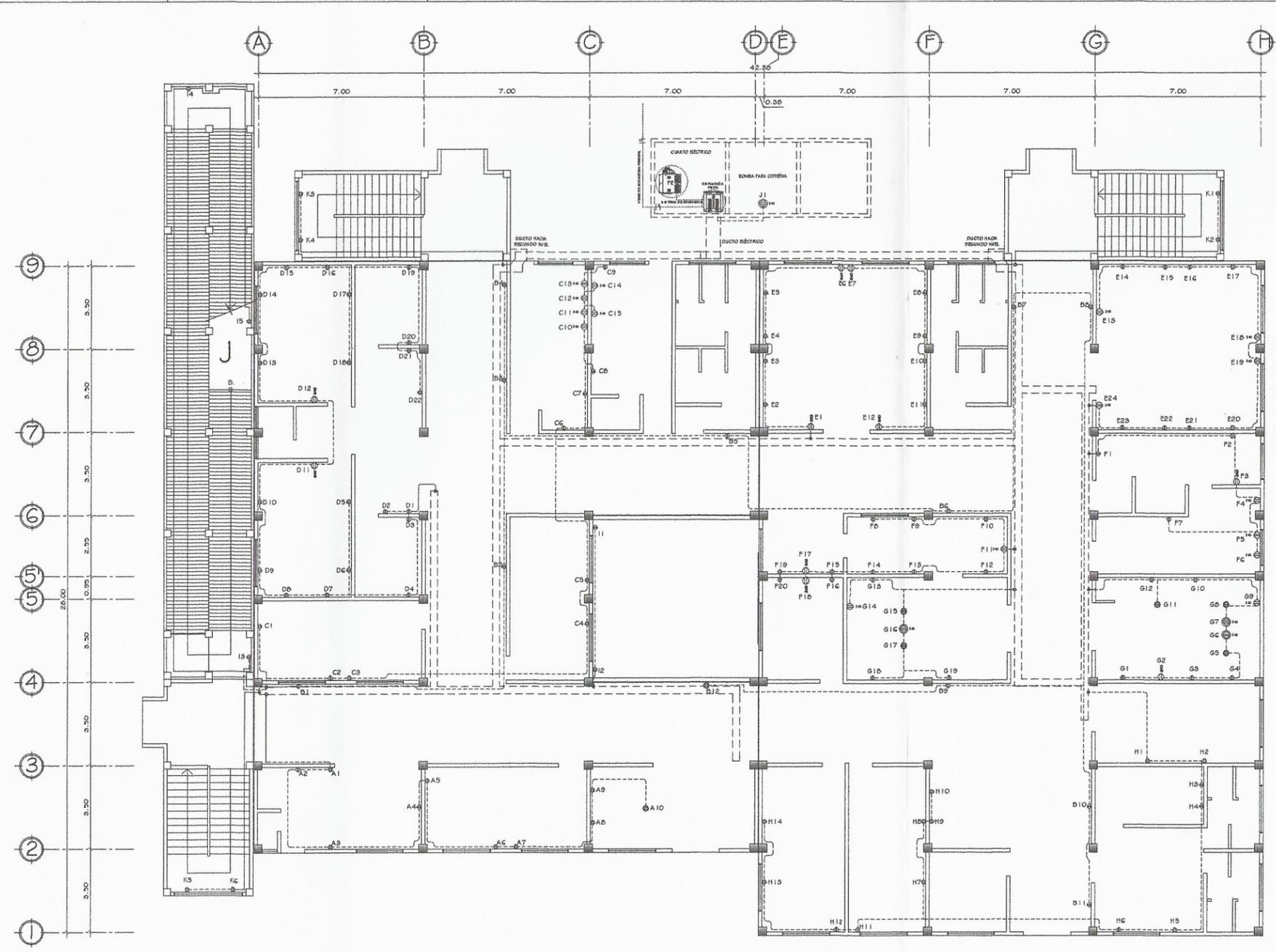
FECHA: MARZO 2018

ASISTENTE: SUPERVISORA DE OBRAS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Vo. Bo. ALCALDE MUNICIPAL

1-06



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
---	DUCTO PVC ELÉCTRICO EXPUESTO EN CIELO FALSO
---	DUCTO PVC ELÉCTRICO EN FIBO
●	TOMACORRIENTE 110V EN FIBO
○	TOMACORRIENTE 110V EN PARED
⊕	TOMACORRIENTE 240V EN PARED
⊕	TOMACORRIENTE 240V EN FIBO
---	CANASTILLA ELÉCTRICA EN CIELO
PE	PLANTA ELÉCTRICA EMERGENCIA
G	GABINETE DE DISPOSICIÓN FÍSICA

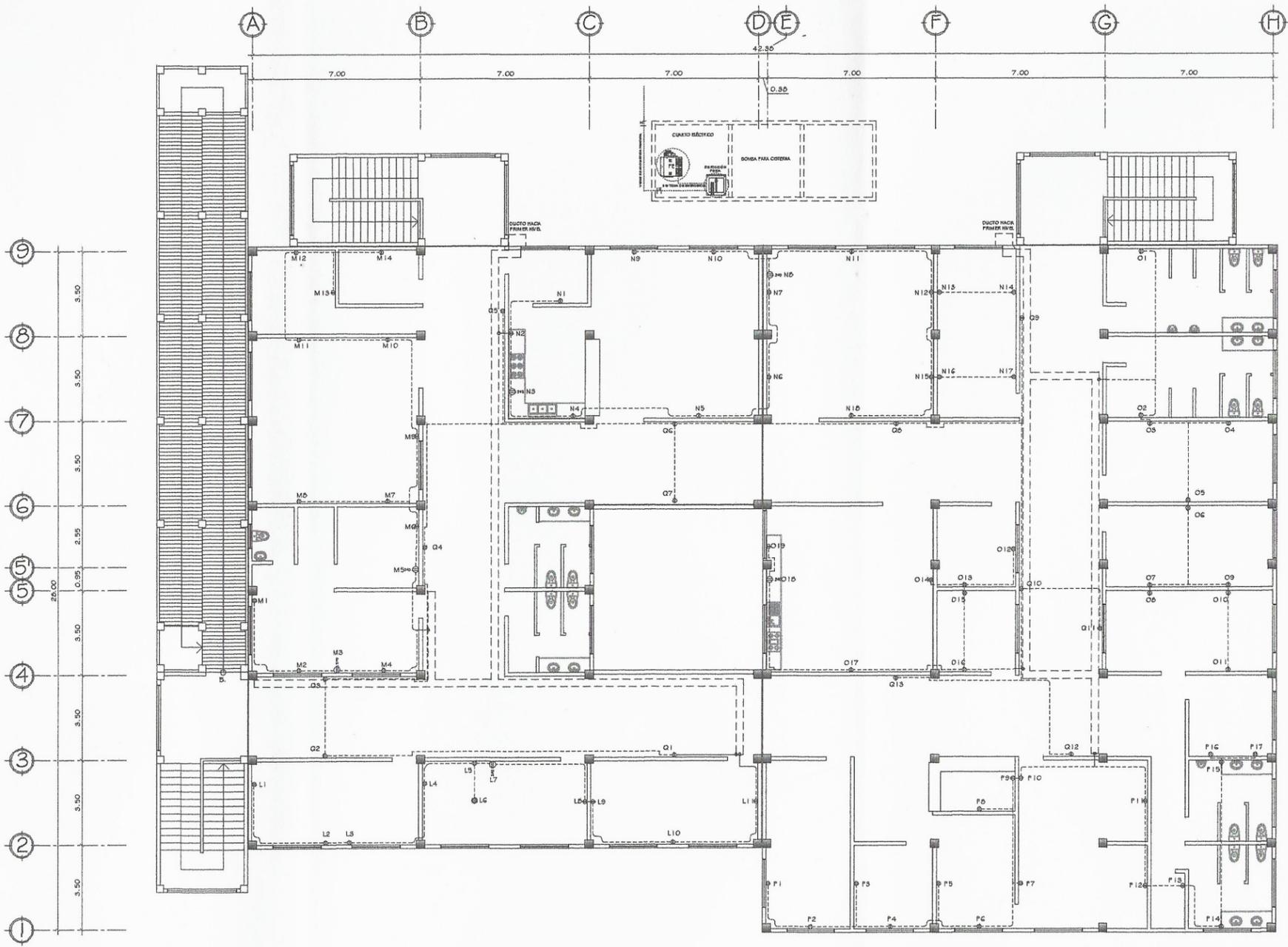
DISTRIBUCIÓN PRIMER NIVEL			
DUCTERÍA	DISTRIBUCIÓN	CANTIDAD UNIDADES	AMBIENTE
---	A	10	PASADIZA, CURSOS MÉDICA 1, RECEPCIÓN
---	B	12	PASADIZO PRIMER NIVEL
---	C	15	CLÍNICA MÉDICA 2, CLÍNICA MÉDICA 3, LAVADERÍA, DE ESTENDA Y COCINA
---	D	22	RECEPCIÓN DE MUESTRAS, LABORATORIO 1, LABORATORIO 2, ÁREA DE HUBO, CUARTO DE LABORATORIOS
---	E	24	ENCAMAMIENTO HOMEBRO
---	F	20	ESTERILIZACIÓN, ESTACIÓN DE ENTRENAMIENTO, FARMACIA DE MEDICAMENTOS, SALA DE PREPARACIÓN DE FARMACOS
---	G	19	GUARDAFRANCO Y SALA DE PARTO
---	H	14	SALA DE ESPERA DE ENFERMOS, CAJILLA, SALA DE ESPERA VESTIB, SANITARIO HOMBRES Y MUJERES, ESTACIÓN DE ENTRENAMIENTO E INFORMACIÓN, CLÍNICA MÉDICA 4 Y 5
---	I	05	JARDÍN INTERIO YRAMPA
---	J	01	BOMBA PARA OXIGENO
---	K	06	MÓDULO DE GRADOS

ANOTACIONES:  
 TODOS LOS TOMACORRIENTES SON DOBLES PARA VOLTAJE 110V  
 LOS TOMACORRIENTES 240V SON SIMPLES  
 CANASTILLA INSTALADA ENTRE CIELO FALSO Y LOBA  
 TIPO RECTANGULAR PARA INTERIOR, SEGÚN SEA EL CASO.  
 TIPO RECTANGULAR PARA EXTERIOR, SEGÚN SEA EL CASO.  
 CAJILLA DE CONCRETO REFORZADO, CON UNA PROFUNDIDAD DE 0.20M  
 ANCHO DE 0.40M Y LENGÜETAS HACIA CUARTO ELÉCTRICO.  
 CON RESPECTIVA TAPADERAS DE CONCRETO  
 LA DISPOSICIÓN FÍSICA DEL GABINETE CONTARÁ CON ACTIVADOR PARA PLANTA ELÉCTRICA  
 EN CASO DE AUSENCIA DE ENERGÍA, CON DISPARADOR MANUAL Y CONEXIONES AL SISTEMA  
 DE TOMACORRIENTES DE EMERGENCIA, ALARMA Y SONIDO, PRIORIZANDO EL ÁREA DE GUARDAFRANCO  
 SE RECOMIENDA REALIZAR TODA LA INSTALACIÓN CON CABLE CALIBRE NO. 12 COMO MÍNIMO  
 EN INSTALACIONES A CÍRCULOS, DE CIRCUITOS HACIA GABINETE DE DISPOSICIÓN FÍSICA SE  
 RECOMIENDA UTILIZAR CABLE CALIBRE NO. 10, COMO MÍNIMO.

PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (FUERZA) DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1-07


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARÍA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOCLA  
 CONTIENE: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRIMER NIVEL  
 UBICACIÓN: SANTA MARÍA VISITACIÓN, SOCLA DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR  
 CALCULO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR FECHA: 07 MARZO 2019  
 ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Ingeniería y EPS  
 Vo Bo. ALCALDE MUNICIPAL Vo Bo. INGENIERA REBECA GARCÍA  
 1-07



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
—	DUCTO PVC ELÉCTRICO EXPUESTO EN CIELO FALSO
- - -	DUCTO PVC ELÉCTRICO EN PISO
⊙	TOMACORRIENTE 110V EN PISO
⊙	TOMACORRIENTE 110V EN PARED
⊙	TOMACORRIENTE 240V EN PARED
⊙	TOMACORRIENTE 240V EN PISO
⊠	CANASTILLA ELÉCTRICA EN CIELO
⊙	PLANTA ELÉCTRICA EMERGENCIA
⊙	GABINETE DISPOSICIÓN FÍSICA

DISTRIBUCIÓN SEGUNDO NIVEL			
DUCTERÍA	DISTRIBUCIÓN	CANTIDAD UNIDADES	AMBIENTE
—	L	11	CLÍNICA MÉDICA 4, ODONTOLÓGIA, FISIOTERAPIA
—	M	14	CLÍNICA DE LA MUJER, ECOGRAFÍA, ULTRASONIDO, FISIOTERAPIA, SOPORTE VITAL, ALMACÉN MEDICINA
—	N	18	COCINA, ALMACÉN DE ALIMENTOS, CAFETERIA, SALÓN DE CAPACITACIÓN, ÁREA DE ESPERAR DE MÉDICOS
—	O	18	COMEDOR DE COCINA PARA MÉDICOS, OFICINA DE RESPONDE OPORTUNIDAD, DE ANÁLISIS, CONSULTORIO MÉDICO PARA NIÑOS Y MUJERES, CONSULTORIO
—	P	17	TRABAJO SOCIAL, HERRAMIENTAS, COCINA PARA PACIENTES, COCINA PARA PACIENTES
—	Q	FABRILLO DE DECORADO NIVEL	

NOTACIONES:  
 TODOS LOS TOMACORRIENTES SON DOBLES PARA VOLTAJE 110V  
 LOS TOMACORRIENTES 240V SON SIMPLES  
 CANASTILLA INSTALADA ENTRE CIELO FALSO Y LOSA  
 TIPO RECTANGULAR PARA INTERIOR SEGUN SEA EL CASO.  
 LA DISPOSICIÓN FÍSICA DEL GABINETE CONTARÁ CON ACTIVADOR PARA PLANTA ELÉCTRICA EN CASO DE ALIENANCIA DE ENERGÍA, CON DISPARADOR MANUAL Y CONEXIONES AL SISTEMA DE TOMACORRIENTES DE EMERGENCIA, ALARMA Y SONIDO. PRIORIZANDO EL ÁREA DE QUIROFANO  
 SE RECOMIENDA REALIZAR TODA LA INSTALACIÓN CON CABLE CAIBRE NO. 12 COMO MÍNIMO EN INSTALACIONES A CÍRCULOS, DE CÍRCULOS HACIA GABINETE DE DISPOSICIÓN FÍSICA SE RECOMIENDA UTILIZAR CABLE CAIBRE NO. 10 COMO MÍNIMO.

PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA (FUERZA) DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1-08

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

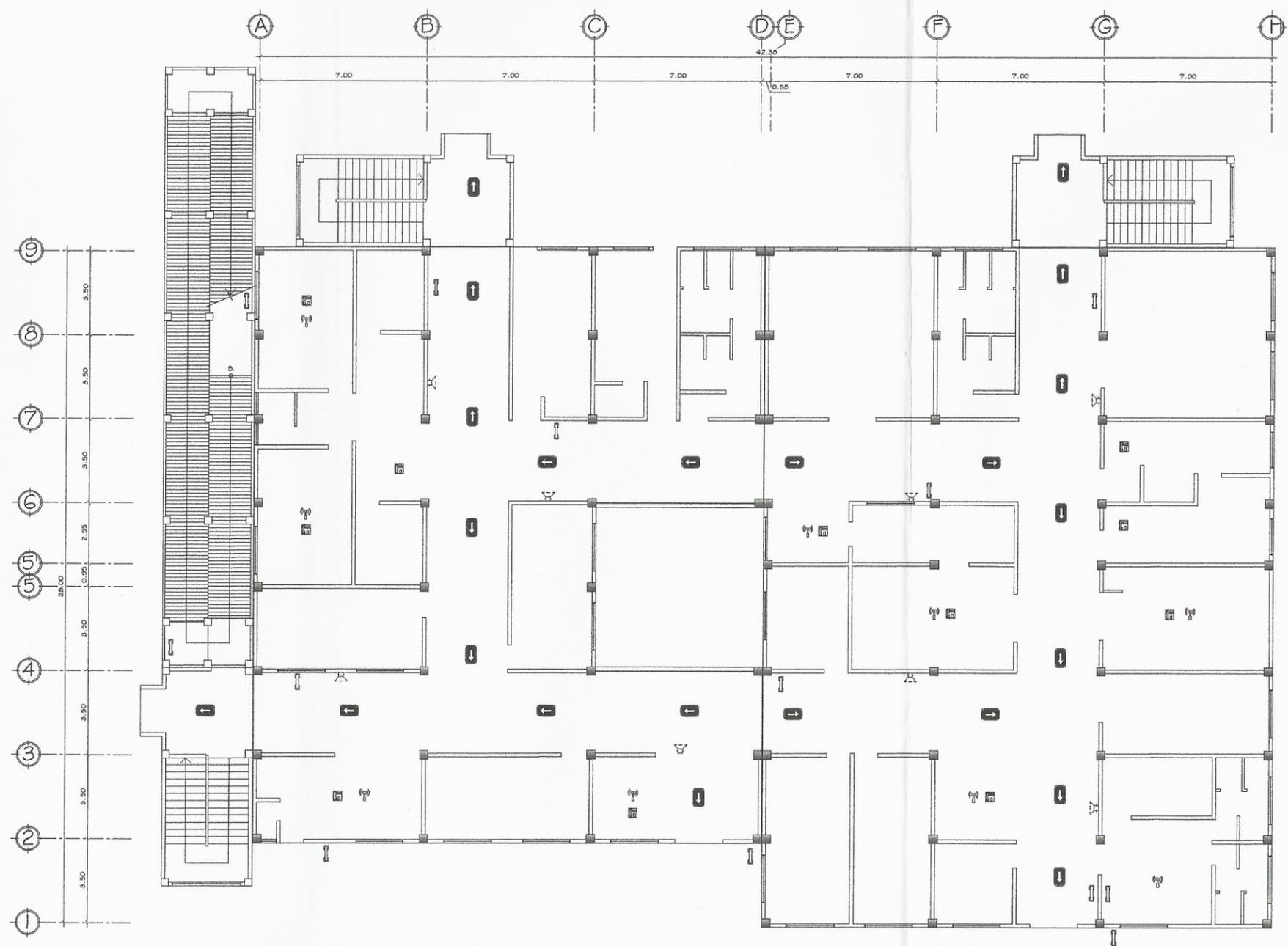
PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VIBIACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOLCÁ

CORTINE: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA SEGUNDO NIVEL

UBICACIÓN: SANTA MARIA VIBIACIÓN, SOLCÁ	DISEÑO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	ESCALA: INDICADA
CÁLCULO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	DIBUJO: JULIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: 08/02/2019

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Ingeniería y EPS

Vo Bo. ALCALDE MUNICIPAL... Vo Bo. PRESIDENTA COMISIÓN DE VERIFICACIÓN... Vo Bo. PRESIDENTA COMISIÓN DE VERIFICACIÓN...  
 1-08



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	BOCINA O ALTA VOZ
	INTERNET
	TELÉFONO LOCAL
	TELÉFONO PÚBLICO
	SALIDA DE EMERGENCIA

PLANTA DE INSTALACIONES ESPECIALES DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1-09

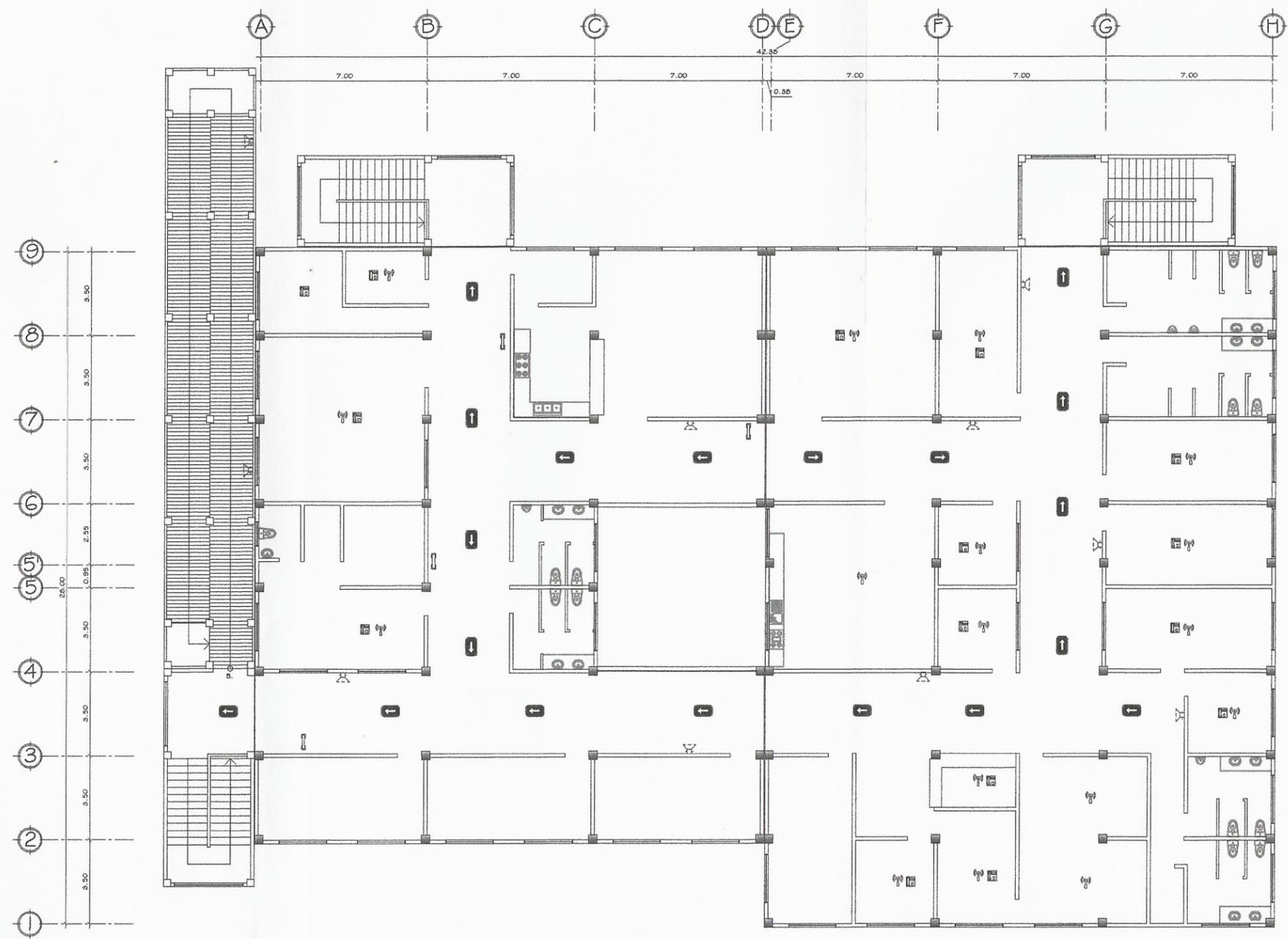
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CORTINE: PLANTA INSTALACIONES ESPECIALES PRIMER NIVEL

UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLOLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	ESCALA: 1:100
PROYECTO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	DIBUJO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2019
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS		
Unidad de Ingeniería y EPS		
Vº Bº: ALCALDE MUNICIPAL	Vº Bº: ING. MAYRA REBECA GARCIA	HOJA 09

Ing. Mayra Rebeca García  
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Ingeniería y EPS



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	BOCINA O ALTA VOZ
	INTERNET
	TELÉFONO LOCAL
	TELÉFONO PÚBLICO
	SALIDA DE EMERGENCIA

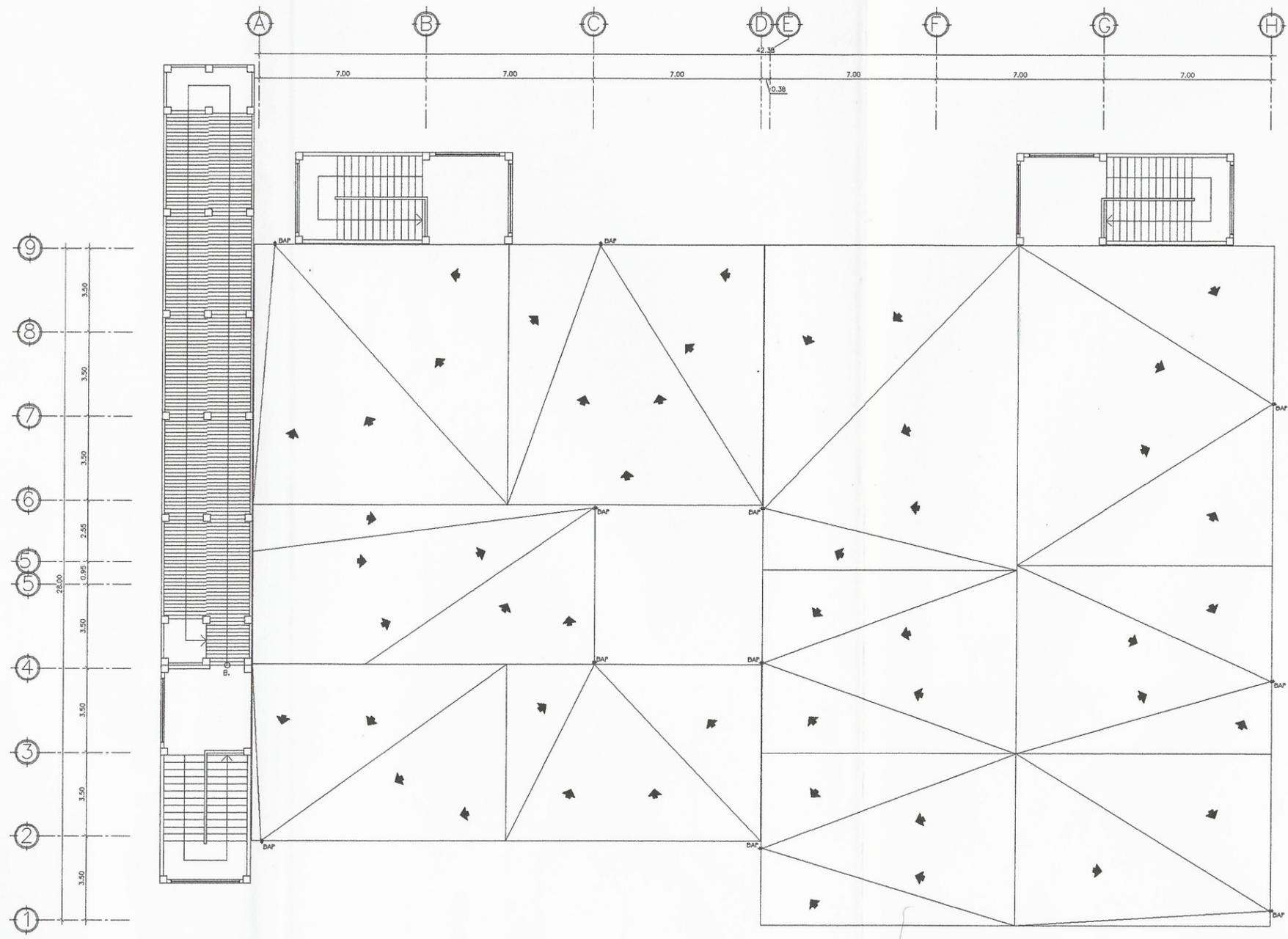
PLANTA INSTALACIONES ESPECIALES DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1-010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLCJA

CONTIENE: PLANTA DE INSTALACIONES ESPECIALES SEGUNDO NIVEL		
LUBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLCJA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	ESCALA: 1:100
ELABORADO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	DIBUJO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2019
Inga Mayra Nebesa García de Sierra ASESORA SUPLENTE DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS		010 1:100
Vo Bo. ALCALDE MUNICIPAL	Vo Bo. INGENIERA REBECA GARCIA BOZA DE SIERRA (ASESORA EPS)	1:100



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO 4")
	COO D A 90 GRADOS, VERTICAL (DIAMETRO 4")
	DIRECCION DE ESCORRINTA HACIA BAJADA DE AGUA PLUVIAL

PLANTA INSTALACIÓN DRENAJE PLUVIAL DE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100 1-11

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

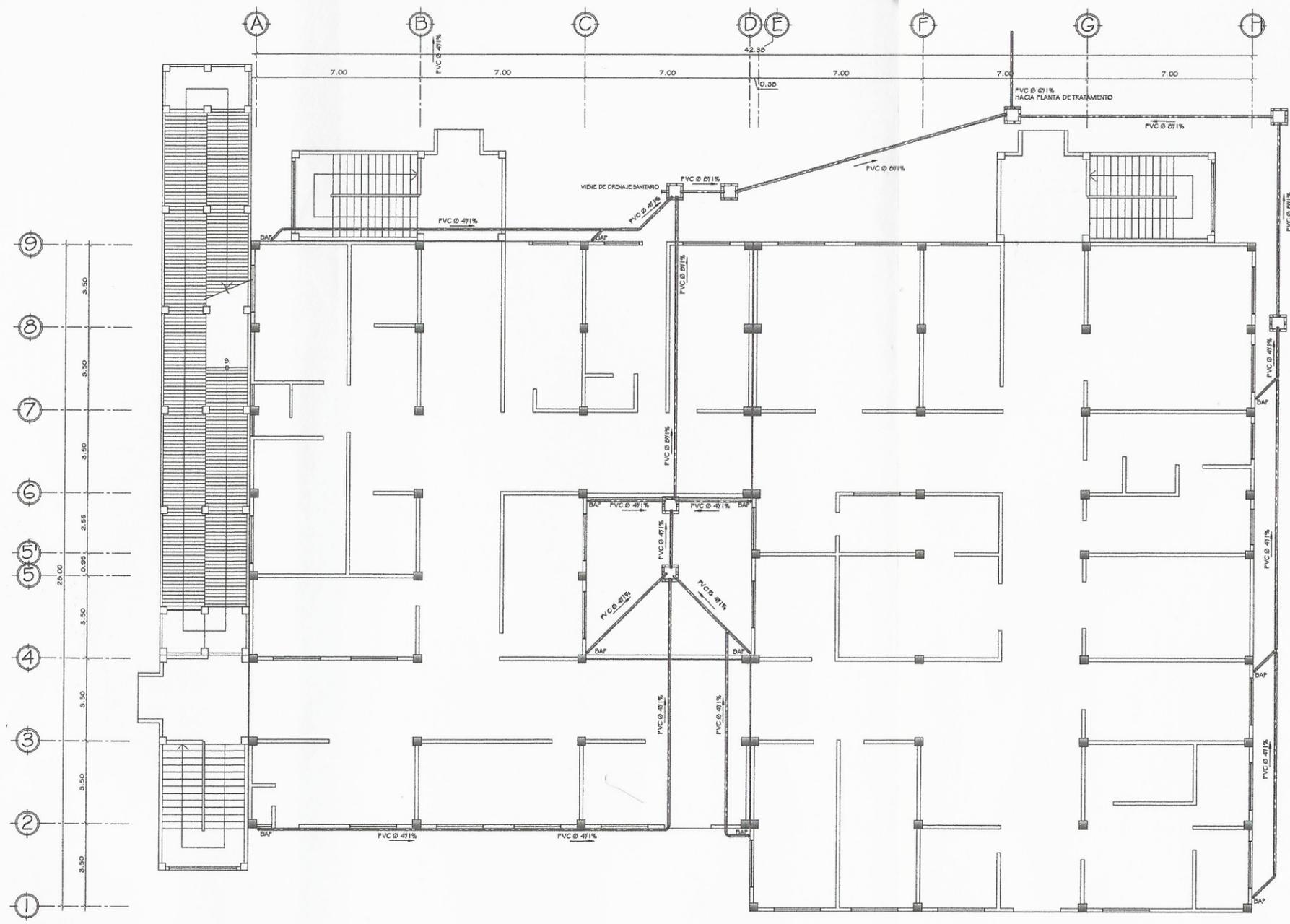
PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACION, DEPARTAMENTO DE SOLOLA

CONTIENE: PLANTA DE INSTALACION DRENAJE PLUVIAL 2DO NIVEL

UBICACION: SANTA MARIA VISITACION, SOLOLA	DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	ESCALA: INDICADA
CALCELOS: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	DIBUJO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR	FECHA: MARZO 2018

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Ingeniería y EPS

Vo. de. ALCALDE MUNICIPAL: REBECA GARCIA  
Vo. de. INGENIERO (ASESORA EPS):



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	INDICA TUBERIA PVC (DIAMETRO INDICADO)
	CODO A 90 GRADOS, VERTICAL (DIAMETRO 47)
	CODO A 45 (DIAMETRO 47)
	YEE A 45 (DIAMETRO 47)

PLANTA DE INSTALACIÓN DRENAJE PLUVIAL DE PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100 1-12

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA HOSPITAL DE SANTA MARIA VISITACIÓN, DEPARTAMENTO DE SOCLA

CONTIENE: PLANTA INSTALACIÓN DRENAJE PLUVIAL PRIMER NIVEL

UBICACIÓN: SANTA MARIA VISITACIÓN, SOCLA

DISEÑO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR

ESCALA: 1:100

CALCULO: LILIAN IRENE YOC AGUILAR

FECHA: MARZO 2008

ASISTENTE SUPERVISORA DE EPS: [Signature]

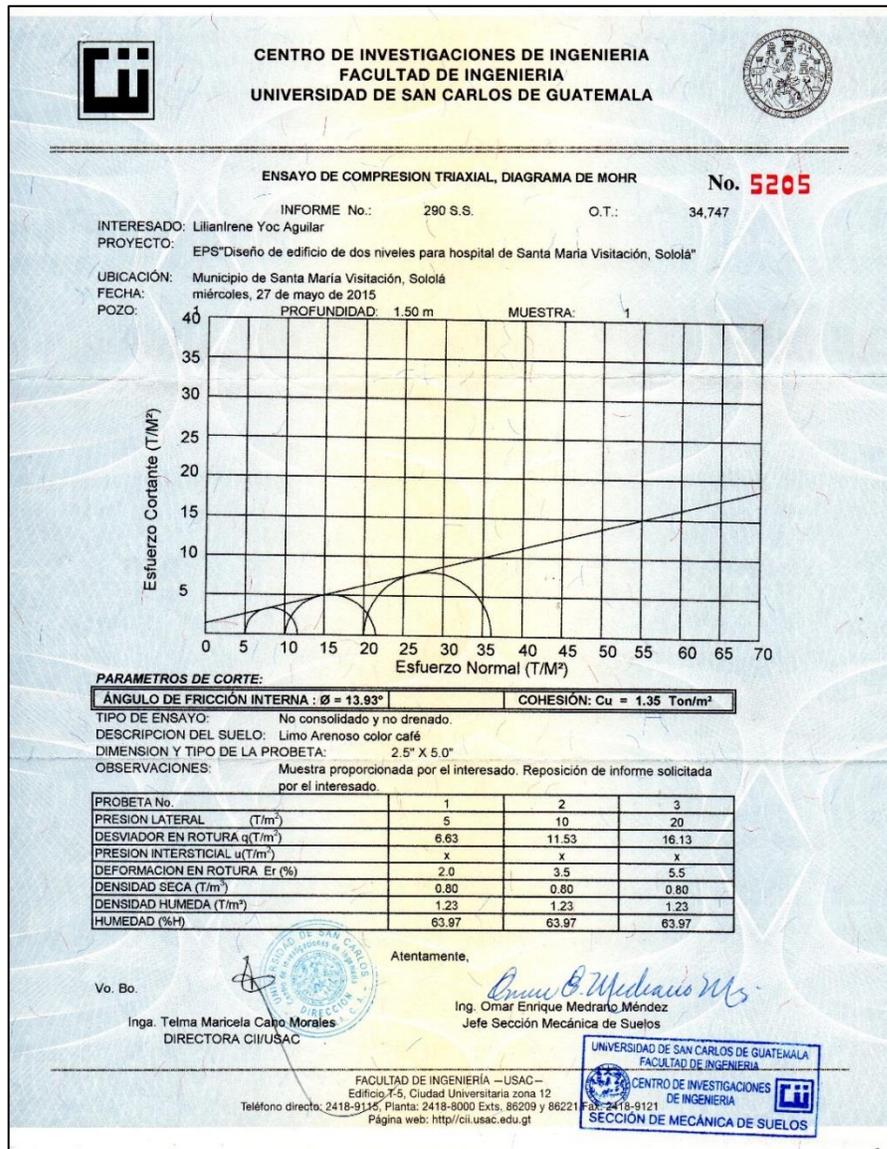
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

Vo Bo. ALCALDE MUNICIPAL: [Signature]

1-12

# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo de compresión triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

Anexo 2. **Amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipios**

No.	Municipio	Departamento	Amenaza sísmica			Velocidad básica del viento (kph)
			I <sub>o</sub>	S <sub>cr</sub>	S <sub>1r</sub>	
282	Santa Cruz Barillas	Huehuetenango	3.2	1.10 g	0.43 g	100
283	Santa Cruz del Quiché	Quiché	4.2	1.50 g	0.55 g	100
284	Santa Cruz el Chol	Baja Verapaz	4.1	1.30 g	0.50 g	100
285	Santa Cruz La Laguna	Sololá	4.2	1.50 g	0.55 g	100
286	Santa Cruz Muluá	Retalhuleu	4.3	1.65 g	0.60 g	110
287	Santa Cruz Naranjo	Santa Rosa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
288	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	4.1	1.30 g	0.50 g	100
289	Santa Eulalia	Huehuetenango	3.2	1.10 g	0.43 g	100
290	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	4.3	1.65 g	0.60 g	100
291	Santa Lucía La Reforma	Totonicapán	4.2	1.50 g	0.55 g	100
292	Santa Lucía Milpas Altas	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100
293	Santa Lucía Utatlán	Sololá	4.2	1.50 g	0.55 g	100
294	Santa María Cahabón	Alta Verapaz	3.2	1.10 g	0.43 g	110
295	Santa María Chiquimula	Totonicapán	4.2	1.50 g	0.55 g	100
296	Santa María de Jesús	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100
297	Santa María Ixhuatán	Santa Rosa	4.3	1.65 g	0.60 g	100
298	Santa María Visitación	Sololá	4.2	1.50 g	0.55 g	100
299	Santa Rosa de Lima	Santa Rosa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
300	Santiago Atitlán	Sololá	4.2	1.50 g	0.55 g	100
301	Santiago Chimaltenango	Huehuetenango	4.1	1.30 g	0.50 g	100
302	Santiago Sacatepéquez	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100
303	Santo Domingo Suchitepéquez	Suchitepéquez	4.3	1.65 g	0.60 g	110
304	Santo Domingo Xenacoj	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100

Fuente: AGIES NSE 2- 2018. *Demandas estructurales y condiciones de sitio, anexo A. p. 89.*

### Anexo 3. Formulario de estudios de evaluación de impacto ambiental



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

FORMATO	DVGA-GA-010
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**  
**VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

**ESTUDIOS DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL**

**REQUISITOS BASICOS PARA LA PRESENTACIÓN DE**  
**ACTIVIDADES NUEVAS.**  
(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,  
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

No.	INFORMACION Y DOCUMENTOS REQUERIDOS	SI	NO	NO APLICA
<b>1</b>	<b>CARTA DE PRESENTACIÓN</b>			
1.1	Dirigida al Director de Gestión Ambiental y Recursos Naturales (debe ser firmada por el Representante Legal)			
1.2	Nombre o razón social de la entidad			
1.3	Nombre del Propietario o Representante Legal			
1.4	Dirección, lugar, teléfono, e-mail y fax para recibir notificaciones.			
1.5	Documento Foliado (de adelante hacia atrás)			
1.6	Dirección completa del proyecto			
<b>2</b>	<b>COPIAS DE DOCUMENTOS DEBIDAMENTE AUTENTICADOS.</b>			
2.1	Constancia del Registro Tributario Unificado —RTU— vigente			
2.2	Fotocopia del nombramiento del Representante Legal, si el proponente es persona jurídica			
2.3	Fotocopia del Documento Personal de Identificación (DPI) del Representante Legal o propietario del proyecto			
2.4	Fotocopia de Patente de Comercio de Empresa y Patente de Comercio de Sociedad.			
2.5	Fotocopia de la Licencia de Registro (Consultor Individual o Empresa Consultora) autorizada por el MARN.			
2.6	Declaración Jurada del Consultor debidamente firmada			
2.7	Declaración Jurada del Proponente debidamente firmada			
2.8	Certificación del Registro de la Propiedad del predio en donde se desarrollará el proyecto o actividad económica.			
2.8.1	Si la empresa o el interesado no es propietario del terreno donde se desarrollará el proyecto, debe incluirse el contrato legal que aplique a su proyecto.			
	• Contrato de arrendamiento			
	• Contrato o Promesa de compra venta			
	• Unificación de Bienes			
	• Inmueble del Estado			

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

www.mam.gob.gt

Síguenos etc.

Continuación del anexo 3.



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

<b>FORMATO</b>	<b>DVGA-GA-010</b>
----------------	--------------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

No.	INFORMACION Y DOCUMENTOS REQUERIDOS	SI	NO	NO APLICA
2.8.2	Certificación de Colegiado Activo del consultor o consultores que participaron en la elaboración del Instrumento de Gestión Ambiental			
<b>3</b>	<b>TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-INDUSTRIALES O DOMESTICAS</b>			
3.1	Sistema de tratamiento de aguas residuales, industriales o domésticas firmado por un Ingeniero Sanitarista.			
3.2	Memoria Descriptiva del Sistema de aguas negras, firmado por un Ingeniero Sanitarista.			
<b>4</b>	<b>COPIA DIGITAL DEL EXPEDIENTE</b>			
4.1	2 Copias digitales del Instrumento completo en CD en un solo archivo PDF, que incluya planos y Edicto, y 1 CD con la publicación de prensa (EDICTO) en pdf. Se deberán presentar tres CDS cuando el proyecto se encuentre fuera del departamento de Guatemala.			
	1 Copia digital que contenga la cuña radial en formato MP3, para todos los proyectos Categoría "A"			
<b>5</b>	<b>DOCUMENTOS ORIGINALES</b>			
5.1	Publicación original en Diario de mayor circulación EDICTO DE AVISO PUBLICO (cuando el proyecto se encuentre en el departamento de Guatemala) 2 x 4 pulgadas). Págs. completas			
5.2	Publicación original en Diario de mayor circulación EDICTO DE AVISO PUBLICO A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL (cuando el proyecto se encuentre fuera del departamento de Guatemala) 1 en idioma español y 1 en el idioma que predomine en el área donde se ubique el proyecto, sin embargo cuando el proyecto abarque varios municipios, la publicación deberá llevarse a cabo en idioma español y el idioma que predomine en cada uno de ellos (cuando aplique), 2 x 4 pulgadas). Págs. Completas			
5.3	Fotocopia de Factura de cancelación de la cuña radial para todos los proyectos Categoría "A"			
<b>6</b>	<b>PRESENTACION DE PLANOS OBLIGATORIOS</b>			
6.1	Plano de Ubicación y de Localización (identificando colindancias, acceso al sitio y coordenadas Geográficas)			
6.2	Plano de sistemas de tratamiento de aguas residuales-industriales o domésticas			
6.3	Planos de conjunto y de Planta (cuando se trate de urbanizaciones y edificaciones).			
6.4	Tamaño Carta, Oficio, Doble Carta (únicas opciones)			
6.5	Planos timbrados, sellados y firmados por el profesional que los elaboró			
<b>7</b>	<b>PLANOS ESPECIFICOS SEGÚN TIPO DE PROYECTOS</b>			
7.1	✓ Plano Topográfico para la construcción de carreteras, urbanizaciones, lotificaciones, hidroeléctricas y otros categoría A (cuando aplique)			
7.2	✓ Plano de Curvas de nivel, de planta de nichos, número de nichos/ superficiales o subterráneos; elevaciones, cortes principales e identificación de áreas verdes cuando se trate de Cementerios (deberán localizarse como mínimo a 100 metros de la construcción más cercana)			

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

www.mamr.gob.gt      Síguenos en:    

Continuación del anexo 3.

 <p>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE <b>GUATEMALA</b> MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>		<b>FORMATO</b> DVGA-GA-010
<b>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES</b> <b>VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</b>		
	7.3	✓ Plano de instalaciones y estructura, cuando se trate de torres eléctricas y de telefonía celular
<b>❖ <u>DECLARACION JURADA PARA INSTRUMENTOS AMBIENTALES UNICAMENTE EL FORMATO DEL MARN</u></b>		
✓	ENTIDADES PRIVADAS	<input type="checkbox"/>
✓	ENTIDADES PUBLICAS	<input type="checkbox"/>
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500		
<a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a> Siguenos en:    		

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales.

