



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

DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO

Luis Gerardo Ramírez López

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS GERARDO RAMÍREZ LÓPEZ

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Daniel Alfredo Cruz Pineda
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí López de 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 UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de mayo 2016.



Luis Gerardo Ramírez López



Guatemala, 01 de agosto de 2018
REF.EPS.DOC.617.08.2018

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Gerardo Ramírez López, Registro Académico 200915705 y CUI 2691 17113 2201**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO.**

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 Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MRGSdS/ra



Guatemala, 15 de octubre de 2018
Ref.EPS.D.846.10.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

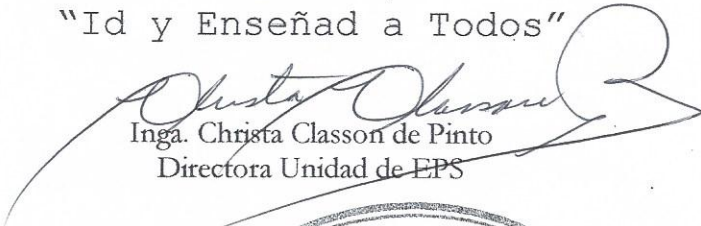
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Gerardo Ramírez López, Registro Académico 200915705 y CUI 2691 17113 2201**, quien fue debidamente asesorado y supervisado 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 del Asesor-Supervisor, como Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
08 de octubre de 2018

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

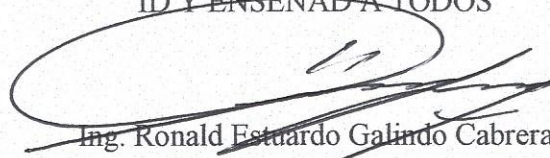
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Gerardo Ramírez López, con Registro Estudiantil No. 200915705, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra García de Sierra.

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 ENSEÑADA TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



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 de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Luis Gerardo Ramírez López titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2019

/mrrm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

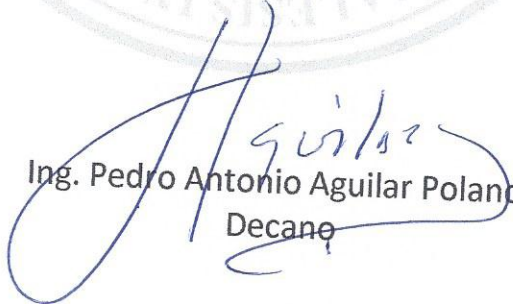




DTG. 058.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE 2 NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA, JORNADA VESPERTINA, ADSCRITO A LA ESCUELA NORMAL RURAL DR. PEDRO MOLINA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Gerardo Ramírez López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por hacer posible todos mis sueños y ser la luz de mi camino en todo momento.
- Mi abuela** Francisca Flores Cruz, (q. e. p. d.), por ser más que una abuela para mí, una verdadera madre y que siempre estuvo conmigo en toda etapa de mi vida con amor.
- Mi mamá** Francisca Isabel López Flores por todo su amor y cariño y por colaborar con Dios para traerme al mundo.
- Mi prima** Nidia Aparicio por ser un gran apoyo en mi vida.
- Mi amigo** Francisco Muralles por ser un gran amigo a lo largo de mi carrera y por su apoyo incondicional brindado.
- Mis hermanos** Mynor, Manuel, Mauricio y Miriam Ramírez López, porque hemos pasado juntos muchos retos de la vida y los amo.
- Mis tíos y tías** Con gran amor en especial a mi tía Hilda Judith Flores por ser más que una tía, una madre para mi.

Mi familia

En general con todo amor y respeto.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme la vida, salud y la inteligencia para llegar a esta etapa y cumplir mis sueños, por ser el dueño de todo en este mundo y por tanta bendición derramada en mi vida y de mis seres queridos.
- Mi abuela** Por todo su apoyo incondicional, por estar siempre en todo momento de mi vida y ser una madre que lo dio todo por mí y por inculcar principios valiosos en mi persona, que Dios la tenga en su santo seno.
- Mi madre** Por su gran amor y consejos brindados, por estar siempre ahí cumpliendo su deber de madre.
- Mi tía** Hilda Judith Flores, por ser también una madre para mí, por cuidar de mí y mis hermanos siempre, que nunca nos descuidó y siempre ha sido un amor de persona.
- Mis hermanos** A cada uno por brindarme siempre su amistad y por esos momentos que hemos pasado juntos a lo largo de nuestras vidas, en especial en esos

momentos que más hemos necesitado uno del otro.

Mi prima

Por todo ese apoyo económico brindado, no solo a mí sino a toda mi familia, que Dios la bendiga por esa gran labor, desde el fondo de mi corazón muchas gracias.

Mi amigo

Por todos sus sabios consejos y apoyo incondicional, por esa paciencia y sobre todo por esa mano amiga que nunca me hizo falta.

Mis compañeros

Por esos momentos compartidos a lo largo de la carrera y por esas jornadas de desvelo y esmero, en especial a mi amigo Christian Galicia Garrido, por su amistad incondicional.

Mi asesora

Inga. Mayra García de Sierra por su gran apoyo, dedicación y paciencia durante mi período de supervisión de mi tesis, Dios la bendiga y que siga teniendo éxitos en sus labores.

**La Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por la formación académica brindada de la cual me siento orgulloso de formar parte.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Chimaltenango y Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina.....	1
1.1.1. Generalidades	2
1.1.1.1. Ubicación y localización.....	2
1.1.1.2. Límites y colindancia	4
1.1.1.3. Topografía	4
1.1.1.4. Clima	6
1.1.1.5. Servicios	8
1.1.1.6. Transportes.....	8
1.1.2. Aspectos sociales	9
1.1.2.1. Demografía.....	9
1.1.2.2. Religión.....	12
1.1.2.3. Educación.....	12
1.1.3. Diagnóstico de necesidades de infraestructura y servicios básicos del Instituto de Educación Básica (INEB) adscrito a la Escuela Normal Dr. Pedro Molina y municipio de Chimaltenango.....	14

1.1.3.1.	Descripción de las necesidades	14
1.1.3.1.1.	Cubrir la sobrepoblación estudiantil	14
1.1.3.1.2.	Diseño arquitectónico de nueva infraestructura	14
1.1.3.2.	Evaluación y priorización.....	15
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	17
2.1.	Diseño de un edificio escolar de 2 niveles para el instituto de Educación Básica (INEB)	17
2.1.1.	Descripción del proyecto	17
2.1.2.	Parámetros tomados en cuenta del MINEDUC para la construcción de escuelas	22
2.1.3.	Levantamiento topográfico	22
2.1.4.	Estudio de suelos	24
2.1.4.1.	Ensayo de compresión triaxial.....	25
2.1.4.2.	Determinación de valor soporte.....	28
2.1.5.	Diseño arquitectónico	31
2.1.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	32
2.1.5.2.	Distribución de ambientes	34
2.1.6.	Análisis estructural	38
2.1.6.1.	Predimensionamiento estructural	38
2.1.6.2.	Cargas de diseño	64
2.1.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos según AGIES	64

2.1.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos	81
2.1.6.2.3.	Fuerza sísmica según AGIES	86
2.1.6.2.4.	Cálculo de Fuerzas de Torsión	93
2.1.6.2.5.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos	110
2.1.6.2.6.	Análisis de marcos dúctiles por métodos de análisis numéricos y comprobación por medio de software	112
2.1.6.2.7.	Comparación entre los métodos de análisis aplicados.	135
2.1.6.2.8.	Momentos últimos por envolventes de momentos.....	142
2.1.6.3.	Diagrama de corte y momento.....	151
2.1.6.4.	Diseño de elementos estructurales....	158
2.1.6.4.1.	Diseño de losas	158
2.1.6.4.2.	Diseño de vigas	173
2.1.6.4.3.	Diseño de nudo sísmico	199
2.1.6.4.4.	Diseño de columnas ...	207
2.1.6.4.5.	Diseño de gradas	229

2.1.6.4.6.	Diseño de cimientos	235
2.1.6.4.7.	Diseño de muros tabiques.....	261
2.1.6.5.	Diseño de instalaciones hidráulicas sanitarias	266
2.1.6.5.1.	Instalaciones hidráulicas	266
2.1.6.5.2.	Instalaciones sanitarias.....	272
2.1.6.6.	Diseño de instalaciones eléctricas	275
2.1.7.	Junta entre módulos	279
2.1.8.	Elaboración de planos.....	279
2.1.9.	Elaboración de presupuesto.....	280
2.1.10.	Cronograma de ejecución	281
2.1.11.	Evaluación de impacto ambiental.....	283
CONCLUSIONES.....		289
RECOMENDACIONES		291
BIBLIOGRAFÍA.....		293
APÉNDICE		295
ANEXOS.....		297

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Departamento de Chimaltenango	1
2.	Ubicación Escuela Rural Dr. Pedro Molina	3
3.	Población por sexo del municipio de Chimaltenango	9
4.	Crecimiento poblacional, Chimaltenango, Chimaltenango, 2002 – 2020	10
5.	Levantamiento topográfico, definición del terreno	24
6.	Distribución de módulos	33
7.	Planta módulo 1	39
8.	Planta módulo 2	40
9.	Vigas críticas, módulo 1	42
10.	Dimensiones iniciales de la viga crítica 1	43
11.	Dimensiones iniciales de la viga crítica 2	44
12.	Vigas Críticas, módulo 2	45
13.	Dimensiones iniciales de la viga crítica 1	46
14.	Dimensiones iniciales de las vigas críticas 2.....	47
15.	Columna crítica, módulo 1.....	48
16.	Áreas tributarias, módulo 1	50
17.	Columna crítica, módulo 1.....	53
18.	Columna crítica, módulo 2.....	54
19.	Áreas tributarias, módulo 2	56
20.	Columna crítica, módulo 2.....	59
21.	Integración de cargas vivas y muertas eje crítico b, módulo 1.	76
22.	Integración de cargas vivas y muertas eje crítico c, módulo 2	80

23.	Distribución de fuerzas por piso, módulo 1.	89
24.	Distribución de fuerzas por piso, módulo 2.	90
25.	Distribución fuerzas por marco, módulo 1, primero nivel	91
26.	Distribución fuerzas por marco, módulo 1, segundo nivel.....	92
27.	Distribución fuerzas por marco, módulo 2, primer nivel	92
28.	Distribución fuerzas por marco, módulo 2, segundo nivel.....	93
29.	Modelo matemático, marco típico, eje B, módulo 1.	110
30.	Modelo matemático, marco típico, eje C, modulo 2	111
31.	Momentos fijos.....	112
32.	Método de Kani hasta la 12 iteración carga muerta, modulo 1	121
33.	Método de Kani hasta la 12 iteración carga sísmica, módulo 1	125
34.	Método de Kani hasta la 12 iteración carga muerta, módulo 2	127
35.	Método de Kani hasta la 12 iteración carga sísmica, módulo 2	133
36.	Diagrama de momento respecto carga muerta, módulo 1, eje B.....	152
37.	Diagrama de momento respecto carga viva, módulo 1, eje B.....	153
38.	Diagrama de momento respecto carga sísmica, módulo 1, eje B.....	153
39.	Diagrama de cargas axial, módulo 1, eje B	154
40.	Envolvente de momentos, módulo 1, eje B.....	154
41.	Diagrama de momento respecto carga muerta, módulo 2, eje C.....	155
42.	Diagrama de momento respecto carga viva, módulo 2, eje C	155
43.	Diagrama de momento respecto carga sísmica, módulo 2, eje C.....	156
44.	Diagrama de cargas axial, módulo 2, eje C	156
45.	Envolvente de momentos, módulo 2, eje C	157
46.	Diagrama incluyendo los efectos del módulo de reacción vertical, módulo 1, eje B.....	158
47.	Tipos de losas, módulo 1	159
48.	Planta de momentos (kg-m) actuantes en el módulo 1	164
49.	Momentos balanceados, módulo 1	166
50.	Tipos de losas, módulo 2	170

51.	Relación de demanda capacidad general	174
52.	Cortes actuantes a rostros, módulo 1, eje C, tramo 2-3	179
53.	Confinamiento de viga en ambos extremos	180
54.	Cortante actuante a una distancia 2H	183
55.	Detalle de armado de viga 30x60, módulo 1	184
56.	Detalle transversal de viga 30x60 A-A', módulo 1	185
57.	Detalle transversal de viga 30x60 B-B', módulo 1	185
58.	Relación de demanda capacidad general	187
59.	Cortes actuantes a rostros, módulo 2, eje B, tramo 7-8	191
60.	Confinamiento de viga en ambos extremos	192
61.	Cortante actuante a una distancia 2H	194
62.	Detalle de armado de viga 30x60, módulo 2	196
63.	Detalle transversal de viga A-A', módulo 2	196
64.	Detalle transversal de viga B-B', módulo 2	197
65.	Capacidad cortante en nodos, módulo 1, eje B	199
66.	Tensión y compresión en viga	200
67.	Diseño de cortante en viga F-E	201
68.	Corte y momento en viga E-F	202
69.	Diseño de cortante en viga E-D	203
70.	Corte y momento en viga E-D	204
71.	Fuerzas actuantes en nudos	204
72.	Viga concéntrica	205
73.	Capacidad cortante en nodos, módulo 2, eje C	206
74.	Corte y momento en viga P-O	206
75.	Fuerzas actuantes en nudos	207
76.	Armado final columna 50x50, módulo 1	224
77.	Detalle transversal, sección A-A', columna 50x50, módulo 1	225
78.	Armado final columna 50x50, módulo 2	227
79.	Detalle transversal, sección A-A', columna 50x50, módulo 2	228

80.	Diagrama de momento flexionante transversal en tramo de escaleras	232
81.	Detalle de gradas, para ambos módulos	235
82.	Distancia donde ocurre corte simple, zapata tipo 1	241
83.	Área de punzonamiento, zapata tipo 1	242
84.	Armado final de zapata 1, elevación	245
85.	Armado final de Zapata 1, planta	245
86.	Armado final de Zapata 1, elevación.....	247
87.	Armado final de zapata 1, planta	247
88.	Dimensiones de zapata excéntrica	249
89.	Esfuerzo en el terreno.....	250
90.	Análisis de zapata excéntrica	252
91.	Armado final de zapata 2, sección B-B'	258
92.	Armado final de zapata 2, planta	258
93.	Armado final de zapata 2, sección B-B'	260
94.	Armado final de zapata 2, planta	260
95.	Muro tabique crítico	261
96.	Distribución de pernos en muro, segundo nivel	263
97.	Detalle de pernos.....	264
98.	Detalle pernos para primer nivel, anclado al cimiento corrido.....	265
99.	Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)	267
100.	Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (l/s).....	269
101.	Diámetro de tubería de acuerdo a gasto probable.....	271
102.	Unidades de descarga y diámetro mínimo de derivación	273
103.	Diámetro de las derivaciones en colecto	274
104.	Tapajuntas entre módulos	279
105.	Formulario para análisis para la reducción de Impacto ambiental	284

TABLAS

I.	Población por grupo de edad del municipio de Chimaltenango, Chimaltenango	11
II.	Personal docente	13
III.	Estudiantes	13
IV.	Factores de capacidad de carga de Terzaghi.	30
V.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo.....	31
VI.	Alturas mínimas de vigas	41
VII.	Espesor mínimo en losas	62
VIII.	Marco más crítico, eje B, módulo 1	67
IX.	Cargas muertas distribuidas ejes numéricos, módulo 1	68
X.	Cargas muertas y vivas distribuidas ejes alfabéticos, módulo 1	69
XI.	Marco más crítico, eje C, módulo 2	70
XII.	Cargas muertas distribuidas ejes alfabéticos, módulo 2	71
XIII.	Cargas vivas y muertas distribuidas, ejes numéricos, módulo 2	72
XIV.	Cargas vivas distribuidas ejes numéricos, módulo 1.....	75
XV.	Cargas vivas distribuidas ejes alfabéticos, módulo 2	79
XVI.	Peso carga muerta, módulo 1	82
XVII.	Peso carga viva, módulo 1.	83
XVIII.	Peso carga muerta, módulo 2	84
XIX.	Peso carga viva, modulo 2	85
XX.	Datos generales para el cálculo del corte basal	86
XXI.	Nivel mínimo de protección sísmica	86
XXII.	Estudio de suelos y geológico	86
XXIII.	Sistema estructural.....	87
XXIV.	Escala de Sismo	87
XXV.	Corte basal.....	87
XXVI.	Distribución de fuerzas por piso (Fx), Módulo 1	88

XXVII.	Distribución de fuerzas por piso (F_x), modulo 2.....	89
XXVIII.	Distribución de fuerza por marco módulo 1	90
XXIX.	Distribución de fuerza por marco módulo 2	91
XXX.	Centro de masa módulo 1.....	94
XXXI.	Centro de masa módulo 2.....	95
XXXII.	Centro de rigidez en el eje X.....	95
XXXIII.	Centro de rigidez en el eje Y.....	96
XXXIV.	Centro de rigidez en el eje X.....	96
XXXV.	Centro de rigidez en el eje Y.....	97
XXXVI.	Excentricidad real módulo 1.....	97
XXXVII.	Excentricidad real módulo 2.....	98
XXXVIII.	Excentricidades según códigos, modulo 1	98
XXXIX.	Excentricidades según códigos, módulo 2.....	98
XL.	Comparación de excentricidades reales, modulo 1	99
XLI.	Comparación de excentricidades reales, módulo 2	99
XLII.	Excentricidad de diseño módulo 1	99
XLIII.	Excentricidad de diseño módulo 2	100
XLIV.	cortante resultante	100
XLV.	Combinaciones para encontrar corte de torsión máximo.....	101
XLVI.	Cortante resultante	101
XLVII.	Combinaciones para encontrar corta de torsión máximo.....	102
XLVIII.	Momento polar equivalente eje Y.....	102
XLIX.	Momento polar equivalente eje X.....	103
L.	Momento polar equivalente eje Y.....	103
LI.	Momento polar equivalente eje X.....	104
LII.	Derivas por torsión, eje Y.....	105
LIII.	Derivas por torsión, eje X.....	105
LIV.	Porcentaje de derivas	106
LV.	Cargas finales, nivel 1 módulo 1	106

LVI.	Cargas finales, nivel 2 modulo 1	107
LVII.	Derivas por torsión, eje Y	107
LVIII.	Derivas por torsión, eje X	108
LIX.	Porcentaje de derivas.....	108
LX.	Cargas finales, nivel 1 módulo 2	109
LXI.	Cargas finales, nivel 2 módulo 2	109
LXII.	Momentos fijos, eje B	116
LXIII.	Momentos de sujeción, eje B	116
LXIV.	Inercia en elementos, eje B.....	117
LXV.	Rigideces en elementos, eje B.....	117
LXVI.	Factor de Giro o Coeficiente de reparto	118
LXVII.	Momentos finales carga muerta, modulo 1, eje critico B.....	122
LXVIII.	Momentos finales carga viva, modulo 1, eje critico B.....	123
LXIX.	Factores de corrimiento en columnas	123
LXX.	Fuerza cortante por piso (Q_r)	124
LXXI.	Momento por piso (M_r)	124
LXXII.	Momentos finales carga sísmica, modulo 1, eje critico B.....	126
LXXIII.	Momentos finales carga muerta, modulo 2, eje critico C, 2do nivel ...	128
LXXIV.	Momentos finales carga muerta, modulo 2, eje critico C, 1er nivel	129
LXXV.	Momentos finales carga viva, modulo 2, eje critico C, 2do nivel	130
LXXVI.	Momentos finales carga viva, modulo 2, eje critico C, 1er nivel	131
LXXVII.	Factores de corrimiento en columnas	132
LXXVIII.	Fuerza cortante por piso (Q_r)	132
LXXIX.	Momento por piso (M_r)	132
LXXX.	Momentos finales carga sísmica, modulo 2, eje critico C, 2do nivel ..	134
LXXXI.	Momentos finales carga sísmica, módulo 2, eje critico C, 1er nivel ...	135
LXXXII.	Comparación CM vigas Midas Gen 2018 vs. Kani	136
LXXXIII.	Comparación CM columnas Midas Gen 2018 vs. Kani	136
LXXXIV.	Comparación CV vigas Midas Gen 2018 vs. Kani.....	137

LXXXV.	Comparación CV columnas Midas Gen 2018 vs. Kani	137
LXXXVI.	Comparación CM vigas Midas Gen 2018 vs. Kani.....	138
LXXXVII.	Comparación CM columnas Midas Gen 2018 vs. Kani.....	139
LXXXVIII.	Comparación CV vigas Midas Gen 2018 vs. Kani	140
LXXXIX.	Comparación CV columnas Midas Gen 2018 vs. Kani	141
XC.	Momentos de vigas en losa final, módulo 1, eje crítico B.	144
XCI.	Momentos de vigas primer nivel, módulo 1, eje crítico B	145
XCII.	Momentos de columnas en losa final, módulo 1, eje crítico B	146
XCIII.	Momentos de columnas primer nivel, módulo 1, eje crítico B	147
XCIV.	Momentos de vigas en losa final, módulo 2, eje crítico C	148
XCV.	Momentos de vigas en primer nivel, módulo 2, eje crítico C	149
XCVI.	Momentos de columnas en losa final, módulo 2, eje crítico C	150
XCVII.	Momentos de columnas en primer nivel, módulo 2, eje crítico C	151
XCVIII.	Losas según su continuidad, módulo 1	159
XCIX.	Cargas Últimas, losa crítica, módulo 1	160
C.	Momentos actuantes, losa crítica, módulo 1	160
CI.	Tabla de momentos balanceados, módulo 1	165
CII.	Peralte efectivo losa crítica, módulo 1	167
CIII.	Acero mínimo losa crítica, módulo 1	167
CIV.	Espaciamiento máximo para losas críticas	168
CV.	Momento que resiste el área de acero mínimo	169
CVI.	Áreas de acero para losas módulo 1	170
CVII.	Losas según su continuidad, módulo 2	171
CVIII.	Cargas últimas, losa crítica, módulo 2	171
CIX.	Momentos actuantes, losa crítica, módulo 2	172
CX.	Áreas de acero para losas módulo 2	173
CXI.	Detalle armado resto de vigas en módulo 1	186
CXII.	Detalle armado resto de vigas módulo 2	198
CXIII.	Detalle armado columna 2, módulo 1	226

CXIV.	Detalle armado columna 2, módulo 2.....	229
CXV.	Demanda por aparataos sanitarios, módulo 1.....	268
CXVI.	Demanda por aparataos sanitarios, módulo 2.....	268
CXVII.	Demanda de consumo módulo 1	273
CXVIII.	Demanda de consumo módulo 2	273
CXIX.	Iluminación módulo 1	276
CXX.	Iluminación módulo 2	277
CXXI.	Fuerza módulo 1	278
CXXII.	Fuerza módulo 2	278
CXXIII.	Resumen presupuesto diseño de la escuela para básicos	280
CXXIV.	Cronograma de ejecución de la escuela para básicos	282

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ϕ	Ángulo de fricción interna
β	Ángulo de inclinación de la carga sobre zapatas
A_s	Área de acero
A_v	Área de acero del refuerzo cortante
A_{smax}	Área de acero máximo
A_{smin}	Área de acero mínimo
A	Área de un elemento
A_g	Área gruesa de un elemento
A_T	Área tributaria de un elemento
A_z	Área de zapata
B	Base de la sección de un elemento
P	Carga puntual axial
$P_{m\acute{a}x}$	Carga puntual máxima axial del elemento
Q_{adm}	Carga admisible del suelo
C_u	Carga axial última
W	Carga distribuida
SISMO	Carga inducida por sismo
CM	Carga muerta
Q_u	Carga última en suelo
CV	Carga viva
Cm	Centro de masa
Cr	Centro de rigidez
cm	Centímetros

cm²	Centímetros cuadrados
cm³	Centímetros cúbicos
PVC	Cloruro de polivinilo
C_a	Coeficiente de carga en losa lado corto
C_b	Coeficiente de carga en losa lado largo
C_u	Cohesión del suelo
C	Contra huella
V_{Act}	Cortante actuante
V	Corta basal
V_C	Cortante del concreto
V_{Col}	Cortante de columna
T	Corte de torsión máximo
ρ	Cuantía de refuerzo
ρ_{bal}	Cuantía de refuerzo balanceada
ρ_{máx}	Cuantía de refuerzo máximo
ρ_{min}	Cuantía de refuerzo mínimo
D_f	Desplante de cimentación
Δ_v	Derivas por torsión
X_{cm}	Distancia al centro de masa sobre el eje X
Y_{cm}	Distancia al centro de masa sobre el eje Y
X_{cr}	Distancia al centro de rigidez sobre el eje X
Y_{cr}	Distancia al centro de rigidez sobre el eje Y
E	Esbeltez en columnas
S	Espaciamiento de estribos o eslabones en elementos
t	Espesor de losa o zapatas
e	Excentricidad
e_x	Excentricidad en el eje X
e_y	Excentricidad en el eje Y
F_{cu}	Factor de carga última

μ	Factor de giro o de reparto
Υ	Factor de corrimiento en columnas
F_s	Factor de seguridad
I	Inercia del elemento
ACI	Instituto Americano del Concreto
Kg-m	Kilogramo metro
Kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
Kg	Kilogramos
Km	Kilometro
L_a	Lado corto de losas
L_b	Lado largo de losas
L	Longitud del elemento
Lbs	Libras
PSI	Libras por pulgada cuadrada
δ	Magnificador de momentos en columnas
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
Q_r	Momento de piso
M_s	Momento de sujeción
M_x	Momento en el eje X
M_y	Momento en el eje Y
M_F	Momento fijo del elemento
$M_{(-)}$	Momento negativo
J	Momento polar equivalente
$M_{(+)}$	Momento positivo

M_u	Momento último
d	Peralte efectivo del elemento
B_o	Perímetro crítico de la zapata
T	Periodo natural de vibración de una estructura
Y_c	Peso específico del concreto
Y_s	Peso específico del suelo
plg	Pulgadas
R	Recubrimiento en columnas, vigas, losas y zapatas
f'_c	Resistencia específica a la compresión del concreto
f_y	Resistencia específica a la fluencia del acero
Ton	Toneladas
U.H.	Unidades Hunter
V_s	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Acabados	Partes y componentes de una edificación que se colocan sobre una superficie de obra negra para darle terminación a las obras, quedando con un aspecto habitable y que no hacen parte de la estructura o de su cimentación.
Acero	Material en el que el hierro es predominante con pequeñas cantidades de carbono, generalmente, inferior al 2 % y contiene otros elementos, adquiere con el temple gran dureza y elasticidad.
ACI 318S-14	Instituto Americano del Concreto (siglas en ingles). Comité 318: Reglamento Estructural para Edificaciones. Edición en español: 2014.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (siglas en inglés).
Agua potable	Agua sanitariamente segura, agradable a los sentidos y libre de microorganismos patógenos.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.

Análisis estructural	Uso de ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente.
Área tributaria	Área de carga que afecta a un elemento estructural, llámese viga, muro o columna.
Axial	Del eje o relativo a él.
Capacidad de carga	Máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.
Cargas	Son las fuerzas externas aplicadas a los elementos resistentes, también fuerzas resultantes de su propio peso, ocupantes y sus pertenencias.
Cargas mayoradas	Cargas de servicio multiplicadas por un coeficiente para aumentar su valor proporcionado por las Normas AGIES y ACI. En el diseño y análisis de las estructuras se utiliza para hacer el diseño de las cargas vivas y muertas.
Columna	Elemento estructural vertical y de forma alargada que transmiten las cargas de las losas hacia los cimientos, los principales esfuerzos que soporta son de compresión y pandeo, pero en conjunto

estructural también soporta esfuerzos flexionantes, por lo cual se deben reforzar con acero que soporte dichos esfuerzos.

Concreto

Material compuesto empleado en construcción, formado por cemento Portland, agregados finos y gruesos, agua y aditivos específicos.

Corte basal

Fuerza cortante en la base de un edificio debido al efecto sísmico, se encuentra por medio del espectro de diseño (aceleración de respuesta de la edificación según periodo de vibración) y el peso total de la edificación.

Deriva de piso

Es la relación entre los desplazamientos relativos de cada piso de una edificación para la altura de entrepiso de cada uno de estos.

Dimensionamiento

Proceso para determinar la dimensión de los elementos que componen una estructura.

Diseño

Metodología de investigación acerca de la estabilidad, la resistencia y la rigidez de las estructuras, cuyo objetivo es producir una estructura capaz de resistir todas las cargas aplicadas sobre sí, sin fallas durante su vida de uso.

Ductilidad	Propiedad que presentan algunos materiales, como aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse, permitiendo obtener alambres o hilos de dicho material.
Envolvente	Es la superposición de las gráficas que representa los momentos y cortes máximos y mínimos sobre un elemento estructural.
Esbeltez	Relación entre la longitud de un elemento y su sección transversal que provoca la reducción de resistencia de un elemento sujeto a compresión axial o a flexo-compresión.
Estribo	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
Estructura	Ordenamiento de un conjunto de elementos encargados de resistir los efectos de las fuerzas de un cuerpo físico.
Excentricidad	Parámetro que determina el grado de desviación entre el centro de masa y centro de rigidez de una estructura.

Losa	Estructura plana horizontal de concreto reforzado que separa un nivel de la edificación de otro o que puede servir de cubierta.
Momento	Fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un elemento mecánico flexionado que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.
Rigidez	Medida cualitativa de la resistencia de las deformaciones elásticas producidas por un material, que contempla la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones.
Sismo	Serie de vibraciones de la superficie terrestre generadas por un movimiento brusco y repentino de las capas internas (corteza y manto).
Tabique	Pared delgada, en especial la pared interior de una estructura que no soporta cargas y sirve como muro divisorio entre ambientes.
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o relieve de un terreno.
Valor soporte	Capacidad de carga del suelo. En unidades de fuerza por unidad de área.

Viga	Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.
Voladizo	Elemento estructural rígido, como una viga, que está apoyado solo por un lado a un elemento.
Zapata	Cimentación superficial que transmite al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

RESUMEN

La Escuela Normal Dr. Pedro Molina, posee edificaciones escolares que son compartidas entre jornadas de estudio, lo cual provoca una sobre población estudiantil y limitaciones al uso de las instalaciones existentes, tal es el caso del instituto de Educación Básica que se encuentra adscrito a la Escuela Normal Dr. Pedro Molina.

Como solución a este problema tomando en cuenta todas las opiniones manifestadas por las autoridades y estudiantes y que es necesario la independencia de dichas jornadas, se propone el diseño de un edificio escolar de 2 niveles, el cual fue dividido en 2 módulos, debido a que el terreno destinado a ese edificio fue cambiado, y en el terreno actual se dio la necesidad de dividirlo en dos para que dicho edificio cupiera en el terreno, dichos módulos cumplen con las necesidades para los estudiantes y poseen el espacio necesario para su educación con las instalaciones adecuadas y equipadas ya que es necesario que se tome como prioridad la problemática de la sobrepoblación y que mejore la convivencia de los estudiantes y docentes.

Este edificio escolar constará con 18 ambientes que incluyen 9 salones de clase, un salón de maestros, un salón de audiovisuales, una dirección general, una secretaria, un laboratorio de cómputo, una bodega, un salón para artes industriales, un salón educación para el hogar y una enfermería. Con un área de 209,78 m² para el módulo 1 y 530 m² para el módulo 2. Beneficiando a una población estudiantil de 360 alumnos. Tomando en cuenta el reglamento que del Ministerio de Educación para el diseño de escuelas y que cumpla con los

códigos de diseño ACI y AGIES que rigen el diseño de edificios estructurales.
Se realizará un estudio topográfico de suelos.

OBJETIVOS

General

Diseño de un edificio escolar de 2 niveles para el instituto nacional de Educación Básica jornada vespertina adscrito a la escuela normal rural Dr. Pedro Molina, la Alameda Chimaltenango, Chimaltenango.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura.
2. Diseñar ambientes suficientes y amplios que satisfagan con las necesidades de la población estudiantil.
3. Elaborar un diseño que cumpla con las especificaciones del Ministerio de Educación para edificios escolares con la capacidad de cubrir la demanda de estudiantes de la jornada vespertina.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es el diseño de un edificio escolar de 2 niveles (que consta de 2 módulos) para educación básica jornada vespertina del Instituto de Educación Básica adscrito al Complejo Educativo Regional, Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina ubicado en la finca Alameda en Chimaltenango, debido a la problemática de la sobrepoblación estudiantil y escasas de la infraestructura.

La importancia de este radica en diseñar instalaciones que satisfagan las necesidades de la institución de la jornada vespertina, debido a la sobrepoblación estudiantil, a las limitantes del uso de las instalaciones existentes y así mejorar la convivencia de los docentes y estudiantes con el uso de nuevas instalaciones capaces de cumplir con sus necesidades.

El cual consiste en un diseño estructural basado en los códigos de construcción nacional e internacional que cumplan con las especificaciones técnicas de dicha edificación y cumpliendo con el reglamento del Ministerio de Educación donde brindan algunas sugerencias para la realización de escuelas.

Debido a las dimensiones del terreno y necesidades de los estudiantes el proyecto comprenderá áreas educativas como salones de clase con un área de 54 m^2 cada uno con capacidad de 40 alumnos, salón de maestros con un área de 42 m^2 , salón de audiovisuales con un área de 54 m^2 con capacidad de 40 alumnos, dirección general con un área de 42 m^2 , laboratorio de cómputo con un área de 54 m^2 con capacidad de 40 alumnos y enfermería con un área de 27 m^2 .

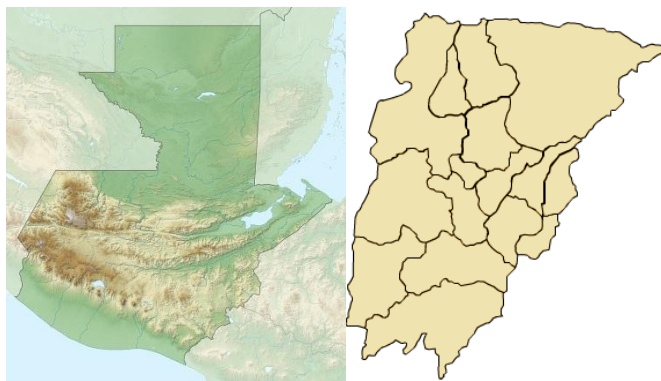
1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Chimaltenango y Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina

- Localización y ubicación departamento de Chimaltenango

El departamento de Chimaltenango se encuentra situado en la región Central de Guatemala. Limita al norte con los departamentos de El Quiché y Baja Verapaz; al este con Guatemala y Sacatepéquez; al sur con Escuintla y Suchitepéquez, y al oeste con Sololá. La cabecera departamental es Chimaltenango, está a una distancia de aproximada de 54 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala.

Figura 1. **Departamento de Chimaltenango**



Fuente: elaboración propia.

Propiedad del Estado adscrita al Ministerio de Educación de Guatemala, Registro núm. Finca 19 538, Folio 82, libro 9 de Guatemala.

El terreno está circundado por terrenos de uso mixto donde predomina la vivienda de clase popular y área de uso agrícola, alejado de centros generadores de ruidos, malos olores, hospitales, basureros y cementerios. Complementariamente se encuentra cercano a vías de transporte principal y secundario, centros de recreación como el parque Los Aposentos, también se encuentran áreas arborizadas.

1.1.1. Generalidades

A continuación, se presentan las generalidades donde se encuentra ubicada la escuela.

1.1.1.1. Ubicación y localización

- Ubicación Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina

Departamento de Chimaltenango, municipio del mismo nombre, en el parcelamiento La Alameda, dista aproximadamente 2 kilómetros del centro urbano hacia el sur sobre la ruta nacional RN-14.

- Localización Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina

Las coordenadas geográficas son las siguientes: latitud 14 grados, 38 minutos y 24 segundos, longitud 90 grados 33 minutos. (14° 38" 24" N, -90° 48" 33" W).

Figura 2. Ubicación Escuela Rural Dr. Pedro Molina



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

1.1.1.2. Límites y colindancia

- Chimaltenango

El departamento de Chimaltenango limita al norte con los departamentos de El Quiché y Baja Verapaz; al este con Guatemala y Sacatepéquez; al sur con Escuintla y Suchitepéquez, y al oeste con Sololá.

El municipio de Chimaltenango limita al norte con San Martín Jilotepeque (Chimaltenango), al sur con San Andrés Itzapa (Chimaltenango), Parramos (Chimaltenango) y Pastores (Sacatepéquez), al este con El Tejar (Chimaltenango) y al oeste con Zaragoza, Comalapa y San Martín Jilotepeque (Chimaltenango).

- Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina

La escuela Normal rural Dr. Pedro Molina se encuentra en la finca La Alameda en el municipio de Chimaltenango, la cual limita al sur con San Andrés Itzapa y Parramos, al oriente El Tejar, al norte y al poniente con el municipio de Chimaltenango.

1.1.1.3. Topografía

El departamento completo se desarrolla sobre la Cordillera de los Andes, la cual le da un aspecto quebrado, lleno de profundos barrancos, montañas y valles pequeños y fértiles.

Los principales ríos de Chimaltenango son: El Coyolate, Madre Vieja, Pixcayá y el río Grande o Motagua.

Está comunicado con la capital por medio de la carretera interamericana que lo cruza en su totalidad, además tiene carreteras de terracería a todos sus municipios.

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales; (planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana (geoméricamente), mientras que para la geodesia no lo es.

- Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve; solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie media de la Tierra. La Planimetría considera la proyección del terreno sobre un plano horizontal, esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se habla del área de un terreno. Las distancias se toman sobre la proyección.

- Altimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura; también llamada cota, de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia. Con la

Altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, entre otros. En la Altimetría se tienen en cuenta las diferencias de nivel existentes entre los diferentes puntos del terreno.

Tanto en Planimetría como en Altimetría necesario medir ángulos y longitudes, además, se calculan superficies y volúmenes. Para la elaboración de un plano topográfico propiamente dicho, es necesario conocer estas dos partes de la Topografía para poder determinar la posición y elevación de cada punto.

1.1.1.4. Clima

- Cabecera municipal

La Cabecera Municipal se encuentra a una altura de 1,849.44 metros sobre el nivel del mar (MSNM), con un clima templado, aunque se torna frío en los meses de diciembre, enero y febrero; se marcan dos estaciones en el año, invierno que comprende los meses de mayo a octubre y verano que abarca los meses de noviembre a abril; la precipitación pluvial promedio es de 1,300 milímetros anuales.

- Temperatura: Templada con medias anuales de 23,7°.
- Precipitación pluvial: 90 días al año con una media anual de 1 587 milímetros.
- Vientos: relativamente moderados, la velocidad promedio anual presenta una intensidad de 18 kilómetros por hora; en los meses de diciembre, febrero y marzo el viento es un poco más fuerte, alcanzando velocidad de 23 kilómetros por hora, la dirección predominante es la del sentido nor-noreste.

- Escuela Normal Rural Dr. Pedro Molina
 - Vientos:
Principales del nor-noreste a sur-suroeste y secundarios de sur-suroeste a nor-noreste con una velocidad variable entre 1,1 a 14,3 Km/h.

 - Lluvia:
970,4 milímetros en 116 días de precipitación media.

 - Nubosidad:
En promedio 5 octas al año.

 - Humedad relativa:
Variable de 69 a 78 % al año.

 - Temperatura media anual:
16,6 °C en 2007, con máximas de 22,3 y mínimas de 11 °C con valores absolutos de 28 a 2,8° C.

 - Dirección del Sol:
El Sol nace al este y se pone al oeste, con variaciones máximas de 18° 48" entre el solsticio de verano y 40° 12" en el de invierno.

 - Altura sobre el nivel del mar:
Para el Banco de Marca de Chimaltenango 1 800 metros sobre el nivel del mar.

Dadas las condiciones climáticas del lugar que son las representativas para el municipio de Chimaltenango, se concluye que su clasificación climática corresponde al clima templado.

1.1.1.5. Servicios

A las cercanías de la escuela se encuentra ubicado el Hospital Nacional y el centro de salud aproximadamente a unos 1,5 km.

Además, en todo su territorio cuenta con sistema propio de agua potable que es alimentado por pozos y tanques de distribución ubicados en distintos puntos debido a los nacimientos existentes dentro del área de la escuela Dr. Pedro Molina.

También cuenta con servicio de alcantarillado para evacuar las aguas negras hacia el sistema sanitario municipal.

Cuentan con alumbrado público en toda su área.

1.1.1.6. Transportes

El acceso principal es por medio de la Ruta Nacional RN-14, tanto desde el norte lo que incluye el centro de Chimaltenango y todos los municipios conectados a éste por medio de la vía principal CA-1; así como desde el sur para los municipios de San Andrés Itzapa, Parramos y los municipios de Pastores, Jocotenango, Antigua Guatemala del departamento de Sacatepéquez. Hay accesos secundarios por medio de vías de terracería que conducen principalmente a la carretera CA-1 y al municipio de El Tejar.

1.1.2. Aspectos sociales

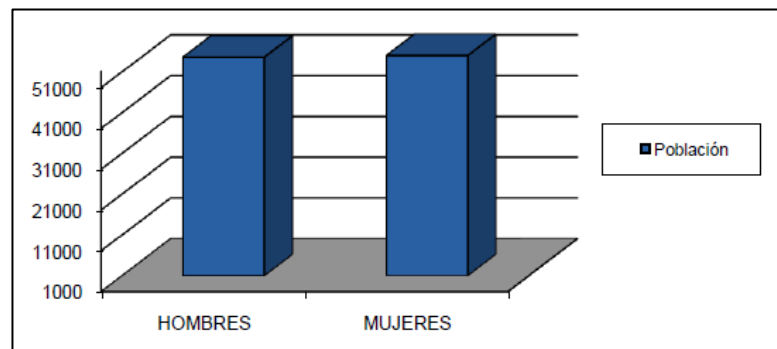
En los aspectos sociales cabe destacar los siguientes:

1.1.2.1. Demografía

Chimaltenango tiene una población de 74 077 habitantes, de los cuales 36 652 son hombres y 37 425 son mujeres. Un total de 62 917 viven en área urbana y 11 160 en el área rural (Instituto Nacional de Estadística de Guatemala, 2006).

Para el 2009 según proyecciones del INE, la población total de la cabecera departamental de Chimaltenango es de 109 656 habitantes, siendo el 50,19 % mujeres y 49,81% hombres. A continuación, se muestra la población por sexo dentro del municipio:

Figura 3. **Población por sexo del municipio de Chimaltenango**

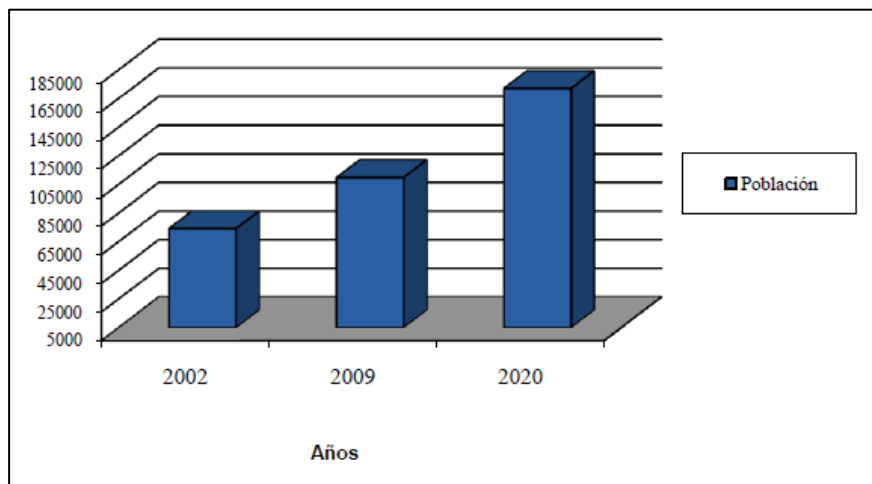


Fuente: INE, *proyecciones 2009*.

- **Crecimiento poblacional:**

El crecimiento poblacional a partir del 2002 al 2009 registra una tasa de crecimiento de 5,76, mientras que del 2009 para el 2020 se proyecta un crecimiento del 4.17 por año, lo que dará una población de 172 038 habitantes en el 2020, la cual sobrepasa la tasa departamental que es 2,77 crecimiento anual del 2009 al 2020.

Figura 4. **Crecimiento poblacional, Chimaltenango, Chimaltenango, 2002 – 2020**



Fuente: INE, *proyecciones 2009*.

- **Población por grupos de edad:**

Chimaltenango muestra una mayoría de población de niños y jóvenes, siendo el 65,5 % del total de la población menores de 24 años, lo que es un indicador de la capacidad de reemplazo del segmento de la población económicamente activa –PEA–. A la vez, la alta presencia de población joven

en el municipio genera mayores demandas de servicios como salud, educación, empleo, recreación, entre otros.

Con el objeto de planificar con datos que se acerquen más a la realidad, se presenta en cuadro la población por grupo de edad con proyección de población al 2009, según Censo 2002 del INE.

Cabe mencionar en este punto, que debido a que el único dato oficial para estos temas lo proporciona solamente el Instituto de Estadística Nacional –INE–, existen otros estudios locales realizados por organismos nacionales e internacionales que, aunque no sean oficiales, pueden utilizarse como referencia. A continuación, se muestra la población por grupo de edad.

Tabla I. Población por grupo de edad del municipio de Chimaltenango, Chimaltenango

Grupos de Edad	Total	Hombres	Mujeres
Total	109656	54610	55046
0- 4	18879	9765	9114
5- 9	16881	8685	8196
10-14	14097	7159	6938
15-19	12184	6160	6024
20-24	9817	4871	4946
25-29	7832	3868	3964
Grupos de Edad	Total	Hombres	Mujeres
30-34	6472	3082	3390
35-39	5086	2337	2749
40-44	4141	1922	2219
45-49	3323	1562	1761
50-54	2655	1255	1400
55-59	2330	1111	1219
60-64	1834	886	948
65-69	1433	684	749
70-74	1101	528	573
75-79	867	399	468
80+	724	336	388

Fuente: INE, *proyecciones 2009*.

1.1.2.2. Religión

El idioma maya predominante en este departamento es el cakchiquel, pero, además, gran parte de sus pobladores hablan el castellano.

1.1.2.3. Educación

El municipio de Chimaltenango, cuenta con suficientes centros educativos en todas las áreas, tanto nacionales, privados y por cooperativa, así mismo con extensiones universitarias con el único fin de promover la transformación del sistema educativo nacional mediante el consenso y el compromiso de la sociedad local.

Como problema latente en la educación se encuentra el analfabetismo, ya que viene a constituirse en un problema que se agudiza principalmente en países pobres, convirtiéndose en una barrera para su desarrollo, contando con una cantidad de 855 personas en el municipio de Chimaltenango, dividiéndolas en 158 hombres y 697 mujeres.

- Cobertura educativa: el municipio de Chimaltenango cuenta con el siguiente personal docente:

Tabla II. **Personal docente**

DOCENTES *Fuente 2009-2010	CANTIDAD
Pre-primaria Bilingüe	8
Párvulos	81
Primaria	447
Primaria de Adultos	5
Básico	71
Diversificado	90
TOTAL	702

Fuente: Ministerio de Educación.

Asimismo, cuenta con una población estudiantil de acuerdo a la siguiente tabla III:

Tabla III. **Estudiantes**

Estudiantes *Fuente 2009-2010	CANTIDAD
Pre-primaria Bilingüe	177
Párvulos	2,750
Primaria	14,443
Primaria de Adultos	240
Básico	1,383
Diversificado	1,784
TOTAL	20,777

Fuente: Ministerio de Educación.

1.1.3. Diagnóstico de necesidades de infraestructura y servicios básicos del Instituto de Educación Básica (INEB) adscrito a la Escuela Normal Dr. Pedro Molina y municipio de Chimaltenango.

A continuación, se presenta el Diagnóstico de necesidades de infraestructura y servicios básicos del Instituto de Educación Básica (INEB) adscrito a la Escuela Normal Dr. Pedro Molina y municipio de Chimaltenango.

1.1.3.1. Descripción de las necesidades

Según la información brindada por el Instituto de Educación Básica inscrita en la Escuela Dr. Pedro Molina, se clasifican las necesidades en dos prioridades: cubrir la sobrepoblación estudiantil y el diseño arquitectónico de nueva infraestructura.

1.1.3.1.1. Cubrir la sobrepoblación estudiantil

Se desea cubrir la sobrepoblación que actualmente existe en el instituto, motivo por el cual se solicitó ayuda a EPS, de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el diseño de las nuevas instalaciones.

1.1.3.1.2. Diseño arquitectónico de nueva infraestructura

Se diseñarán dos módulos para cubrir la sobrepoblación del instituto, y así mejorar la convivencia y comodidad de los docentes y estudiantes, un módulo para el área administrativa (módulo 1) para independizar el instituto nacional de

educación básica de la Escuela Normal Dr. Pedro Molina, que cuente con su propia dirección general, secretaria, contabilidad, salón para educación para el hogar, salón para artes industriales, salón de maestros y otro módulo (módulo 2) para los salones educativos teóricos, laboratorio de cómputo, enfermería, salón de audiovisuales y bodega, los cuales serán diseñados con base en códigos internacionales de construcción y tomando en cuenta el reglamento del MINEDUC para la realización de escuelas.

1.1.3.2. Evaluación y priorización

El ingreso a la Escuela Normal Dr. Pedro Molina cuenta con una carretera en excelente estado, lo cual facilita su acceso, además ya cuenta con servicios de abastecimiento de agua potable y drenajes sanitarios, de dichas instalaciones se tomarán para abastecer a las nuevas instalaciones del instituto, en el diseño se propondrán los dos módulos, administrativo y de salones educativos, una cancha polideportiva, áreas verdes para su movilización, un salón de usos múltiples y parqueos. Pero como prioridad del proyecto, solo se realizará el diseño de los módulos de la escuela, ya que son los de mayor importancia para cubrir la sobrepoblación del instituto nacional de educación básica. El resto de ambientes solo se propondrá su posible ubicación, y ya quedar a criterio de las autoridades del instituto la posterior realización de los mismos.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de un edificio escolar de 2 niveles para el instituto de Educación Básica (INEB)

A continuación, se describe el diseño de un edificio escolar de 2 niveles para el instituto de Educación Básica (INEB).

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de edificio escolar de 2 niveles para el instituto nacional de educación básica (INEB) adscrito a la escuela normal rural Dr. Pedro Molina, ubicado en la finca Alameda en el municipio de Chimaltenango, Chimaltenango, el cual consta de dos módulos, un módulo para salones de clases y el otro para asuntos administrativos, cada uno con su respectivo módulo de gradas y una parte de jardinería y recreación.

Criterios:

- Espacios: determinados de acuerdo a las necesidades, alcance del proyecto, población a servir, cultura del medio, entre otros.
- Espacios educativos: destinados al ejercicio de la acción educativa por medio de actividades tendientes al desarrollo psicomotor, socioemocional.

- Aulas teóricas: aquí los alumnos pueden permanecer sentados en sitios fijos de trabajo en forma de auditorio, manteniendo la atención hacia el maestro, o modificar la ubicación del mobiliario.
- Aulas de audiovisuales: aquí los alumnos permanecen sentados en sitios fijos dispuestos en forma de auditorio, manteniendo su atención hacia la zona de proyección.
- Aulas múltiples: las actividades que los alumnos realizarán en estas aulas serán muy variadas.
- Laboratorios: es un espacio con instalaciones y materiales especiales para la realización de experimentos dentro de un centro educativo. También debe considerarse laboratorios para el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación.
 - Talleres de artes industriales: espacio para actividades prácticas de todos los niveles educativos, principalmente en los básicos con orientación industrial.
 - Talleres de educación para el hogar: aquí se desarrollan actividades teórico-prácticas relacionadas con alimentos, costura, manualidades, etc. entre otros.
- Espacios administrativos: acá estarán situados los encargados de coordinar al personal, la actividad y el uso del instituto de educación básica y de ejecutar acciones de refuerzo o complemento a las diversas actividades que se realizan en el instituto.
 - Dirección general: espacio para el desarrollo de las funciones técnico administrativas. Debe ser accesible, con posibilidad de

vinculación con todas las áreas del edificio y con comodidad para espera de público.

- Sala de espera: servirá de antesala a servicios administrativos, que tengan mayor relación con la comunidad estudiantil.
 - Enfermería: se destinará para dar primeros auxilios y consulta médica. Se debe localizar en áreas poco ruidosas y de fácil ingreso.
 - Salón de maestros: permite realizar trabajos individuales y grupales, actividades de planificación conjunta, de elaboración de material de aprendizaje, para la atención personalizada a estudiantes con necesidades especiales y también como lugar de descanso para el claustro docente.
 - Secretaria y contabilidad: relacionado con la dirección y la bodega del establecimiento, así como el área de atención al público.
 - Administración: deberá mantener estrecha relación con el área administrativa (dirección, secretario contador) y con el área de servicio (bodegas, conserjería, guardianía, cuarto de máquinas).
 - Bodegas: servirá para guardar documentos, materiales y equipo de oficina.
- Espacios complementarios: estos permiten realizar actividades de apoyo orientadas a contribuir a la formación, aprendizaje y entretenimiento de los educandos.
 - Salón de usos múltiples: se dejará indicado como sugerencia y su ubicación y las actividades que se realizarán aquí son muy variadas, apta para actividades artísticas múltiples, gimnasia, entre otros. Debe contener espacios de recreación cubiertos.

- Servicios: la localización y capacidad del área de servicios deberá estudiarse a fin de lograr la mayor economía tanto en instalaciones sanitarias e hidráulicas, como áreas de circulación. Se ubicará para que funcione eficientemente al instituto. Los ambientes a considerar son:
 - Sanitarios: deben contar con inodoros y lavamanos acordes a la edad de los estudiantes, contar con ambientes separados por sexo, evitar el uso de material deslizante en el suelo colocando uno que facilite su limpieza.
 - Vestuarios: esta área obedece a la necesidad de cambio de vestimenta para la participación del alumnado y profesorado en ciertas actividades, como gimnasia y natación, deberá considerarse en su ubicación: próximos a una batería de sanitarios, contiguos a un área de duchas, facilidad de acceso desde el salón de usos múltiples y espacios deportivos.
 - Tienda escolar: su función es el expendio de golosinas o alimentos para el consumo de los alumnos durante horas de recreo.
 - Conserjería: aquí se almacenará el material y equipo necesario para mantener el instituto, en condiciones adecuadas de funcionamiento, al mismo tiempo proporcionar un lugar adecuado al personal encargado.

- Circulaciones: elementos de articulación que vinculan todos y cada uno de los sectores que constituyen el centro escolar, principalmente la peatonal.
 - Peatonales: entre las funciones educativas que las áreas de circulación peatonal pueden cumplir, se pueden citar; la de

información (carteles, boletines, periódicos murales, entre otros) y las de descanso y recreación.

- Espacios exteriores: estos tienen dos finalidades básicas, permitir por una parte el desarrollo de actividades educativas y deportivas y por otra la recreación y juegos.
 - Patios: servirán para la práctica de ejercicio en forma ordenada y sistemática. Deberán tener una relación funcional directa con los espacios educativos y con los servicios sanitarios, podrán servir también como áreas de amortiguamiento de ruido.
 - Canchas deportivas: se dejará indicado como sugerencia y su ubicación y se utilizarán para entrenamientos y competencias que contribuyen a la formación escolar. Deben respetarse las dimensiones establecidas para cada caso.

- Instalaciones: deberá garantizarse la Seguridad de operación para los estudiantes, capacidad adecuada para prestar el servicio específico, duración razonable y economía de mantenimiento, servicio ininterrumpido de sus funciones y protección contra la humedad y corrosión por elementos climáticos.
 - Agua potable: la fuente de abastecimiento deberá proporcionar el total del consumo promedio diario del plantel.
 - Sanitaria: deberán considerar: ubicación, diámetro, profundidad, pendientes, flujo de agua, registros cercanos y conexiones a colectores municipales, sistema separativo de drenajes (aguas negras y pluviales).

- Eléctrica: cumple con dos funciones, la iluminación artificial y la dotación de energía para el funcionamiento de diversos aparatos y equipos.
- Mobiliario y equipo: conjunto de elementos complementarios del complejo educativo, tanto fijos como móviles, para el buen desarrollo de las diversas actividades.

2.1.2. Parámetros tomados en cuenta del MINEDUC para la construcción de escuelas

- Área construida por educando:

El Ministerio de Educación sugiere áreas mínimas por educando y número de educandos máximo por nivel educativo:

- Área mínima a construir por educando es de 7 m²/educando para nivel básico.
- El número máximo de educando por nivel educativo es de 1 000 estudiantes para nivel básico con un número de aulas máximas de 25.

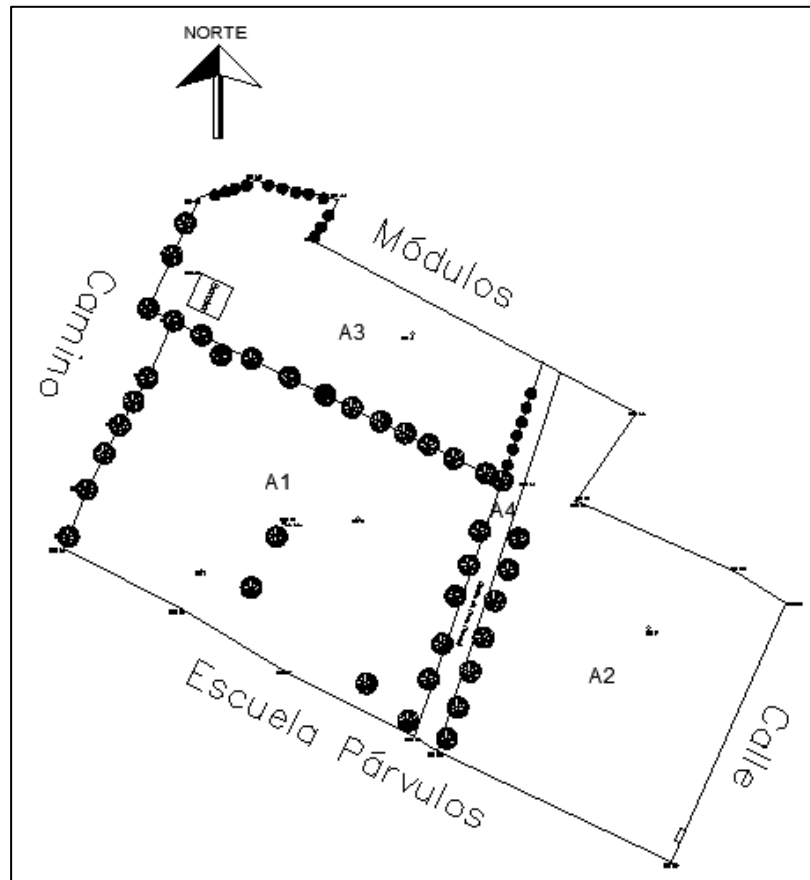
2.1.3. Levantamiento topográfico

Se llama levantamiento topográfico al conjunto de operaciones ejecutadas sobre el terreno, con los instrumentos adecuados, el levantamiento topográfico necesita una serie de mediciones y triangulaciones, que luego permitirá la elaboración del plano.

Cuando se habla de un levantamiento topográfico en un proyecto de construcción, se trata de una operación que puede originarse como consecuencia o durante una negociación de la adquisición del solar, y que lógicamente origina un coste, en general, de pequeña proporción respecto al precio de adquisición del solar donde se planea construir.

La topografía fue realizada por el estudiante epesista interesado con ayuda del equipo brindado por EPS de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El levantamiento topográfico fue realizado tomando en cuenta el terreno que la escuela normal rural Dr. Pedro Molina le brindo al instituto nacional de educación básica para la realización de dicho proyecto, el cual posee un área aproximada de 5 660,973 m² que equivalen a 0,566 Ha, tomando en cuenta los datos necesarios para la planimetría y altimetría del terreno y poder así determinar la ubicación más exacta de la edificación, con dicha medición topográfica se obtuvo lo siguiente:

Figura 5. Levantamiento topográfico, definición del terreno



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.4. Estudio de suelos

El Departamento de Chimaltenango está ubicado dentro de la zona geológica denominada tierra volcánica, por lo que sus suelos tienen como característica la presencia de materiales volcánicos. Las características que se encuentran pertenecen a la serie Tecpán, Cauqué área frágosa, Poaquil, Zacualpa y Quiriguá.

El municipio de Chimaltenango está comprendido dentro de la provincia fisiográfica denominada Tierras Altas Volcánicas; y el relieve local está representado por áreas escarpadas, barrancos profundos con paredes casi verticales y montañas muy quebradas. Predominan el basalto y las riocitas, desarrolladas sobre el basamento cristalino sedimentario que se encuentra hacia la parte norte. La formación volcánica de esta región fue seguida por fallas causadas por tensión local, la cual quebró y movió el material de la superficie.

2.1.4.1. Ensayo de compresión triaxial

La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante.

En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, que se conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar el espécimen. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua.

El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara.

La presión que se ejerce con el agua que llena la cámara es hidrostática y produce, por lo tanto, esfuerzos principales sobre el espécimen, iguales en todas las direcciones, tanto lateral como axialmente. En las bases del espécimen actuará además de la presión del agua, el efecto transmitido por el vástago de la cámara desde el exterior.

Es usual llamar σ_1 , σ_2 y σ_3 a los esfuerzos principales mayor, intermedio y mínimo, respectivamente. En una prueba de compresión, la presión axial siempre es el esfuerzo principal mayor, σ_1 ; los esfuerzos intermedios y menor son iguales ($\sigma_2 = \sigma_3$) y son iguales a la presión lateral.

La prueba triaxial se puede desarrollar en tres modalidades:

- Aumentando el esfuerzo principal mayor y manteniendo el esfuerzo principal menor constante.
- Conservando el esfuerzo principal mayor constante y disminuyendo el esfuerzo principal menor.
- Aumentando el esfuerzo principal mayor y disminuyendo gradualmente el esfuerzo principal menor de manera simultánea.

Los tipos de pruebas triaxiales son:

- Prueba lenta - prueba con consolidación y con drenaje (CD): la característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. Primeramente, se aplica al suelo una presión hidrostática, manteniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya consolidación completa bajo la presión actuante. Cuando el equilibrio estático interno se haya restablecido, todas las fuerzas exteriores estarán

actuando sobre la fase sólida del suelo, es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática. La muestra se lleva a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión en el agua, en exceso de la hidrostática, se reduzca a cero.

Los ensayos consolidados drenados se utilizan esencialmente en suelos granulares (arenas), sin embargo, se puede aplicar en suelos finos, pero los ensayos requieren tiempos prolongados del orden de semanas.

- Prueba rápida – prueba con consolidación y sin drenaje (CU): en este tipo de prueba, el espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática; así el esfuerzo llega a ser efectivo, actuando sobre la fase sólida del suelo. Enseguida, la muestra se lleva a la falla por un rápido incremento de la carga axial, de manera que no se permita cambio de volumen. El hecho esencial de este tipo de prueba es el no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de falla, de aplicación de la carga axial. Esto se logra fácilmente en una cámara de compresión triaxial cerrando la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta.

En la segunda etapa de una prueba rápida consolidada podría pensarse que todo el esfuerzo desviador fuera tomado por el agua de los vacíos del suelo en forma de presión neutral, ello no ocurre así y se sabe que parte de esa presión axial es tomada por la fase sólida del suelo, sin que, hasta la fecha, se hayan dilucidado por completo ni la distribución de esfuerzos, ni las razones que lo gobiernan. De hecho, no hay ninguna razón en principio para que el esfuerzo desviador sea íntegramente

tomado por el agua en forma de presión neutral, si la muestra estuviese lateralmente confinada, como el caso de una prueba de consolidación.

El ensayo CU (consolidado-no drenado) se realiza generalmente con medición de la presión de poros o neutra con el fin de determinar los parámetros de C y ϕ en términos de esfuerzos totales y esfuerzos efectivos.

- Prueba rápida - prueba sin consolidación y sin drenaje (UU): en este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien.

El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan los resultados en términos de esfuerzos totales. La envolvente de falla para los criterios de Mohr del esfuerzo total se convierte en una línea horizontal, con una condición de $\phi = 0^\circ$ (ángulo de fricción) y $\tau_r = C_u$, siendo C_u la resistencia al cortante no drenada, la cual es igual al radio de los círculos de Mohr.

2.1.4.2. Determinación de valor soporte

Para el diseño del edificio escolar de 2 niveles se realizó un ensayo de suelos a compresión triaxial (UU), dando los siguientes resultados:

Tipo de ensayo: no consolidado – no drenado (UU)

Descripción del suelo: limo arcilloso con presencia de arena fina color café.

Ángulo de fricción interna: $\phi = 23,11^\circ$

Cohesión: $C_u = 2,27 \text{ Ton/m}^2$

Desplante de cimentación: 1,80 m

Peso específico: $\gamma_s = 1,77 \text{ T/m}^3$

Con estos valores se podrá determinar el valor soporte del suelo para el diseño de la cimentación del edificio escolar de 2 niveles.

Para la determinación del valor soporte del suelo según Terzaghi para cimentaciones cuadradas o circulares para la superficie de falla en el suelo bajo la carga ultima, utilizando los datos obtenidos en el ensayo realizado al suelo.

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Donde:

c' = cohesión del suelo

γ = Peso específico del suelo

q = γD_f

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del Angulo ϕ' de fricción del suelo.

Los factores de capacidad de carga se pueden obtener mediante la tabla IV:

Tabla IV. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.

Tabla 3.1 Factores de capacidad de carga de Terzaghi; ecuaciones (3.4), (3.5) y (3.6)

ϕ'	N_c	N_q	N_γ^a	ϕ'	N_c	N_q	N_γ^a
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1 072.80
25	25.13	12.72	8.34				

^aSegún Kumbhojkar (1993)

Fuente: BRAJA M, Das. *Principios de Ingeniería de Cimentaciones* de pág 126.

Con estos datos obtenemos los valores de N_c , N_q , N_γ en la tabla:

$$N_c = 21,75$$

$$N_q = 10,23$$

$$N_\gamma = 6,00$$

Sustituyendo los valores en la ecuación de Terzaghi se tiene la capacidad de carga Última:

$$q_u = 1,3(2,27)(21,75) + (1,77)(1,80)(10,23) + 0,4(1,77)(1)(6)$$

$$q_u = 115,20 \text{ Ton/m}^2$$

Se procede a calcular el esfuerzo admisible o de diseño, tomando un factor de seguridad $F_s = 4$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s}$$

$$q_{adm} = \frac{115.20 \text{ Ton/m}^2}{4}$$

$$q_{adm} = 28.92 \text{ Ton/m}^2$$

Como se puede observar en la tabla V, el valor soporte de diseño obtenido comparado con los valores de la tabla, vemos que si está dentro del rango permitido.

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

Material del suelo	ton/m ²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CABRERA, Jadenon Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1.*

2.1.5. Diseño arquitectónico

Define toda la distribución arquitectónica y visual de la edificación, satisfaciendo las necesidades de los espacios habitables por los estudiantes y de acuerdo a los requerimientos del Mineduc.

Las aulas deben cumplir con las características constructivas y condiciones específicas como: capacidad, área y superficie total, forma y especificaciones, confort (Clima), mobiliario, equipo, instalaciones, acabados y seguridad (incluyendo a usuarios con necesidades educativas especiales) que permitan la realización de diferentes actividades propias del nivel.

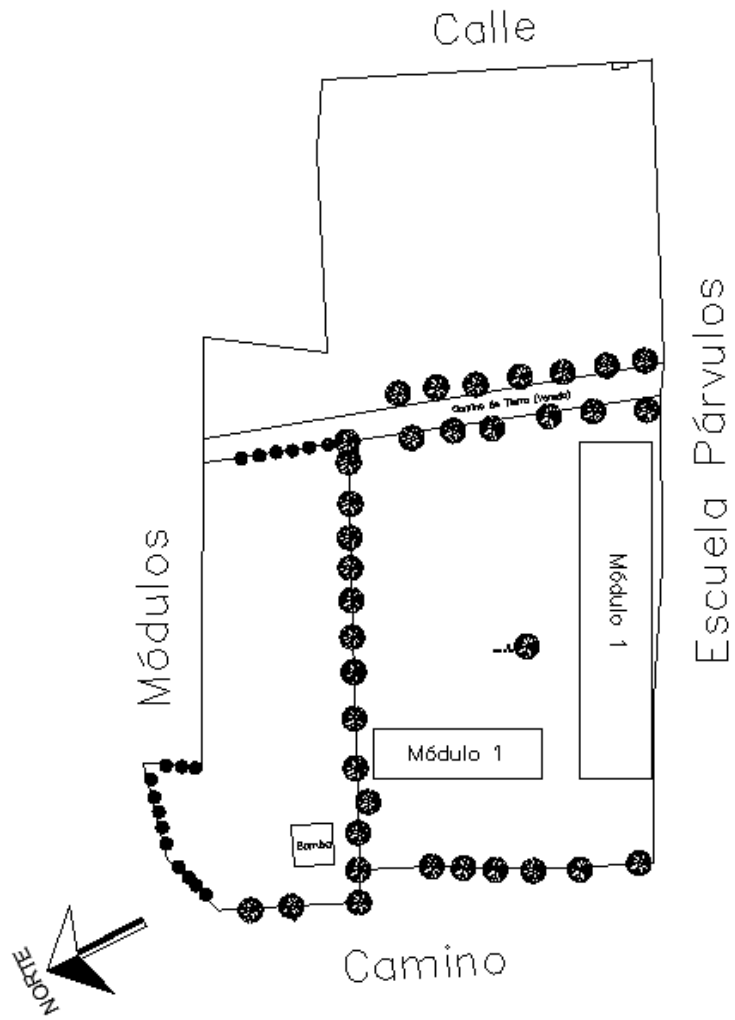
Para un aula de calidad las medidas ideales son de 1,30 m² de ocupación por alumno. En climas fríos la altura mínima interior es de 2,80 sobre el nivel de piso, si el clima es cálido debe agregarse dos hileras más de blocks.

Los servicios sanitarios deben estar diseñados según cantidad de aulas y estudiantes y deben estar ubicados fuera del salón de clase y separados por género.

2.1.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

Ambos módulos ubicados forman una L, el módulo 1 situado en el eje de las X y el módulo 2 situado en el eje de las Y, tal como se puede visualizar a continuación:

Figura 6. **Distribución de módulos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

De esta forma quedará distribuidos los módulos para el edificio escolar, quedando entre los dos módulos área de recreación y jardinería.

2.1.5.2. Distribución de ambientes

En el edificio escolar el cual consta de 2 módulos, uno educativo y otro administrativo se deben distribuir los ambientes para poder prestar un servicio adecuado a las necesidades de los estudiantes y de acuerdo a los requerimientos del Ministerio de Educación. Su funcionamiento depende del aspecto del edificio tales como: dimensión de ventanas, ventilación y acabados.

El módulo 1 es el módulo administrativo en la planta baja se encuentra la dirección, secretaría, contabilidad y baños para caballeros y damas, en la planta alta se ubicará el salón de maestros y aulas para educación para el hogar y artes industriales.

El módulo 2 es el módulo de salones de clases, en la planta baja se encuentran la enfermería, la bodega, 3 salones para primero básico, el salón de audiovisuales, laboratorio de cómputo y baños para caballeros y damas, en la planta alta se ubicarán 3 salones para segundo básico y 3 salones para tercero básico y baños para caballeros y damas.

Criterios de conjunto: estos criterios deben de cumplir con los requisitos del Mineduc para su correcta funcionalidad y atender a los alumnos para garantizar su desarrollo intelectual, mental y físico.

- Emplazamiento: este se logra cuando la planta baja no excede el 40 % del área total del terreno. Deben incluirse también áreas verdes y áreas recreativas.
- Orientación del edificio: de la correcta orientación del edificio depende la ventilación e iluminación de todos los ambientes que conforman el edificio.

- Iluminación y ventilación:

La iluminación debe obtenerse el mayor rendimiento posible de la luz natural, siempre que sea posible, para el ahorro energético, así como la necesidad del contacto visual con el mundo exterior. Pero normalmente la luz solar no es suficiente para iluminar las zonas más alejadas de las ventanas, ni para satisfacer las necesidades a cualquier hora del día, por lo que se es necesario un sistema de iluminación artificial complementario, que debe dar una iluminación general suficiente en las condiciones más desfavorables y debe permitir realizar apropiadamente las actividades realizadas en las aulas, como son la escritura, la lectura de libros y de pizarra.

Estas medidas se pueden completar con la utilización de persianas, cortinas, toldos, entre otros. para evitar la radiación solar directa y los posibles deslumbramientos.

Las lámparas deben estar colocadas en luminarias que las oculten a la visión directa, estas luminarias deben distribuir una cierta cantidad de luz sobre el techo, y es aconsejable que la parte superior de las paredes sea de color claro, lo cual contribuye a difundir convenientemente la luz.

Los criterios de iluminación brindados por el Ministerio de Educación para los edificios escolares son los siguientes:

- Iluminación artificial: debe proporcionarse una luz pareja y será únicamente utilizada por las noches y como apoyo de alguna actividad en el día.
- Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser del 25 % al 30 % del piso. Siendo los muros y el techo de colores

claros para brindar un mayor reflejo de la luz natural y no debe estar a una distancia de 2,5 veces la altura del muro donde están las ventanas.

- Iluminación natural bilateral: las ventanas en los muros del fondo ayudaran a mejorar las condiciones de iluminación siempre y cuando éstas den al exterior. Este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula.

Respecto a la ventilación del edificio escolar, deben ser altas, constantes, cruzadas y sin corriente de aire, debido a que la presencia de aire en el salón depende el desarrollo de los alumnos.

- Instalaciones:

Debido a la importancia en las escuelas deben colocarse materiales de excelente calidad para garantizar la integridad del edificio, las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios escolares son los hidráulicos (agua potable), sanitarias y eléctricos, en su diseño y su colocación debe garantizarse lo siguiente:

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

- Agua potable:

Las instalaciones de agua potable deben ser diseñadas, construidas y autorizadas para abastecer de agua potable a la edificación, con materiales que

cumplan con las normas establecidas para su uso, tales como las normas Coguanor y ASTM, garantizando que no existan fugas en toda la tubería y accesorios.

- Sanitarias:

Las instalaciones, sanitarias, deben proyectarse y principalmente construirse, procurando sacar el máximo provecho de las cualidades de los materiales empleados, e instalarse en la forma más práctica posible, de modo que se eviten reparaciones constantes e injustificadas, previendo un mínimo mantenimiento, el cual consistirá en condiciones normales de funcionamiento, en dar la limpieza periódica requerida a través de los registros. Considerando la tubería ya colocada, revisándola para verificar que no posea tapones u obstrucciones que afecten su funcionalidad. En Guatemala aun no existen normas que regulen la tubería para drenaje, ya queda a criterio del supervisor garantizar la compra de materiales de buena calidad y aseguro su total funcionamiento.

- Eléctricas:

Algunos de estos materiales deberán cumplir con las normas Coguanor o ASTM de acuerdo a su clasificación para poder así garantizar la calidad del material.

2.1.6. Análisis estructural

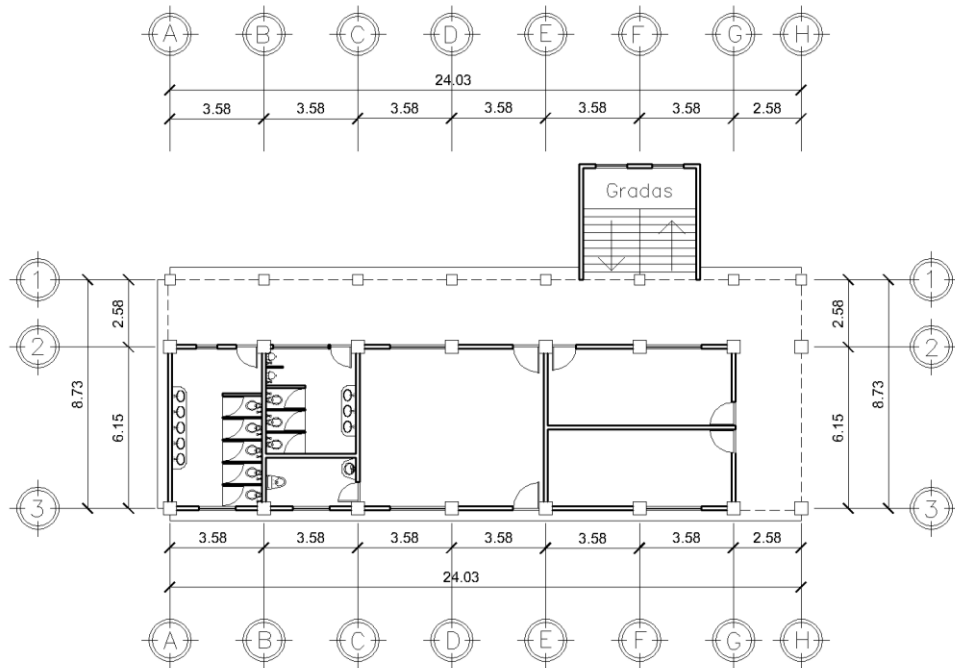
A continuación, se describe el análisis estructural del edificio escolar de 2 niveles para el instituto de Educación Básica (INEB).

2.1.6.1. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento estructural se refiere a las técnicas que permiten calcular elementos de ingeniería de manera preliminar con la finalidad de encontrar magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones o características del elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño y soportar las cargas a las cuales serán sometidos, que, finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo según la disciplina.

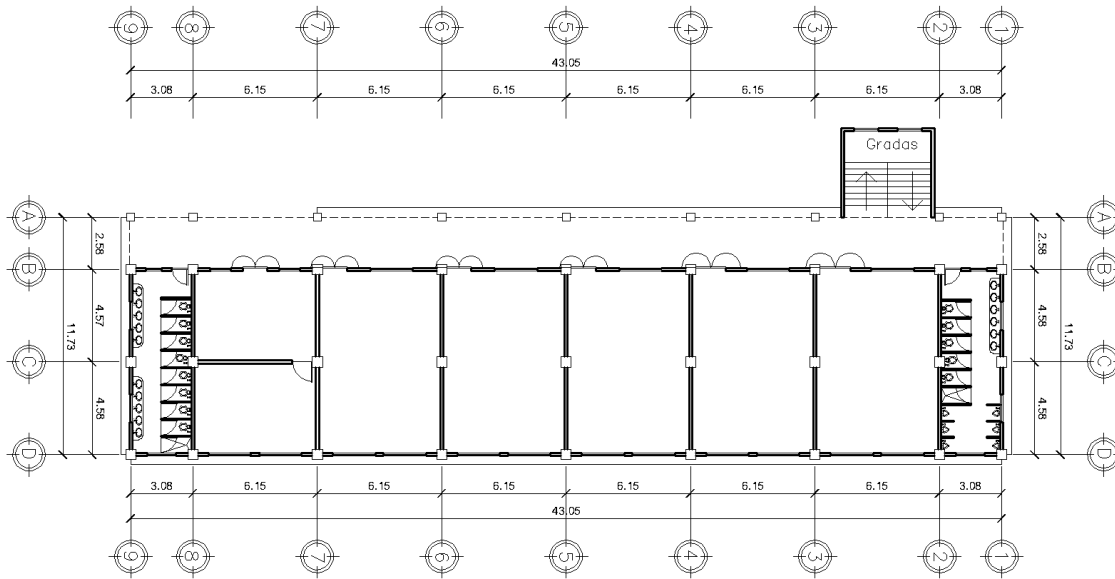
Para esto se aplicarán los métodos del ACI 318S-14, los cuales se desarrollan a continuación:

Figura 7. **Planta módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 8. Planta módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Vigas

Una viga es un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. El esfuerzo a flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en la cara inferior y superior respectivamente, también puede producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un marco.

Las vigas se dimensionan generalmente calculando el peralte o altura de la viga de acuerdo a la luz que esta cubrirá y de sus apoyos, cumpliendo con las siguientes condiciones:

- La luz libre del elemento, L_n , no debe ser menor que cuatro veces su altura útil. $L_n > 4h$ (ACI 318S-14, capítulo 18, sección 18.6.2.1 (a), p. 291).
- El ancho del elemento, b_w , no debe ser menor que el más pequeño de $0,3h$ y 250 mm. (ACI 318S-14, capítulo 18, sección 18.6.2.1 (b), pág. 292)
- La longitud máxima de una viga entre apoyos no debe ser mayor a 50 veces su base. (ACI 318S-14, capítulo 9, sección 9.2.3.1 (a), p. 137).
- De acuerdo a la tabla 9.3.1.1 del código ACI 318S-14, capítulo 9, sección 9.3, p. 138.

Tabla VI. **Alturas mínimas de vigas**

Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas	
Condición de apoyo	Altura mínima, h ^[1]
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

Fuente: American Concrete Institute (ACI 318S-14), cap. 9, p. 138.

Para el módulo 1, se tomará en cuenta para encontrar el valor de “d” $L/21$ para viga 2 (Ver fig. 9) y $L/18,5$ para VIGA 1 (Ver. fig. 9).

En los avances de la construcción en el diseño de vigas se ha llegado a demostrar que por cada metro lineal de longitud de la viga el peralte aumenta 8 cm y su base es dividida a 1,5 del peralte, por lo que se tiene:

$$d = 8\% * L_u$$

Dónde:

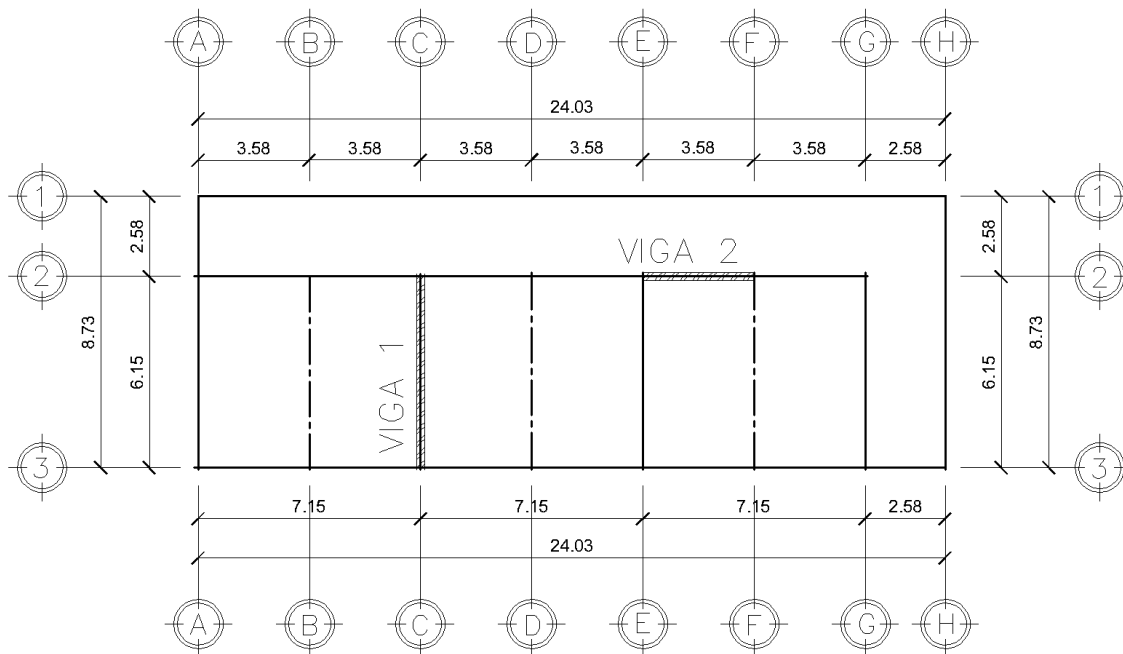
d = peralte efectivo

L_u = luz peralte entre columnas

Por razones de simetría para ambos módulos, se analizará las vigas más críticas y de mayor longitud.

Módulo 1:

Figura 9. Vigas críticas, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Viga 1:

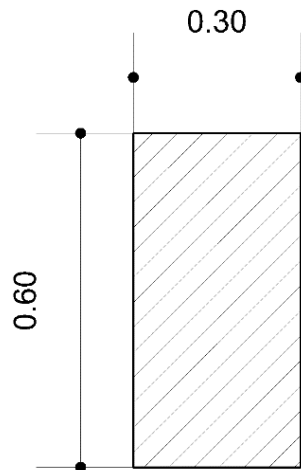
$$L_{crítica} = 6 \text{ m}$$

$$d = 0,08 * 6,00 = 0,48 \approx 0,50 \text{ m}$$

$$t = \frac{6}{18,50} = 0,3243 \approx 0,35 \text{ m}$$

Con base en el resultado se adopta para la viga 1 una base de 0.35, por lo cual las dimensiones iniciales de la viga crítica 1 serían: 0.30 m por 0.60 m.

Figura 10. **Dimensiones iniciales de la viga crítica 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Viga 2:

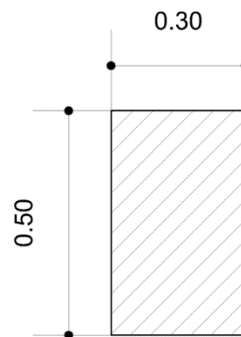
$$L_{crítica} = 3.5 \text{ m}$$

$$d = 0,08 * 3,5 = 0,28 \approx 0,40 \text{ m}$$

$$t = \frac{3,5}{21} = 0,1667 \approx 0,25 \text{ m}$$

Con base en el resultado se adopta para la viga 2 una base de 0,25 m ya que es la base mínima que el código permite, por lo cual las dimensiones iniciales de la viga crítica 2 serían: 0,30 m por 0,50 m.

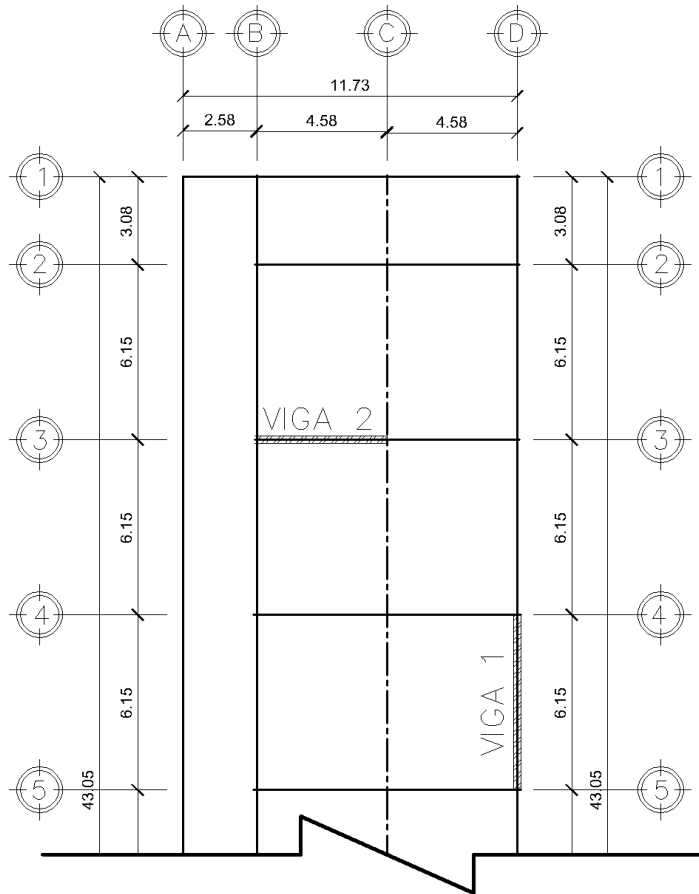
Figura 11. **Dimensiones iniciales de la viga crítica 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Módulo 2:

Figura 12. Vigas Críticas, módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Viga 1:

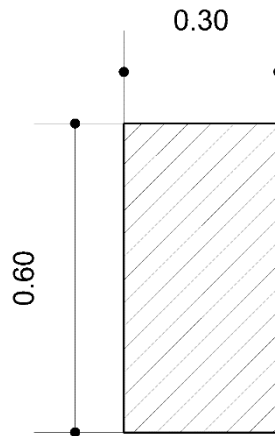
$$L_{\text{crítica}} = 6 \text{ m}$$

$$d = 0,08 * 6 = 0,48 \approx 0,50 \text{ m}$$

$$t = \frac{6}{21} = 0,2857 \approx 0,30 \text{ m}$$

Con base en el resultado se adopta para la viga 1 una base de 0,30 m, por lo cual las dimensiones iniciales de la viga crítica 1 serían: 0,30 m por 0,60 m.

Figura 13. **Dimensiones iniciales de la viga crítica 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Viga 2:

$$L_{crítica} = 4.50 \text{ m}$$

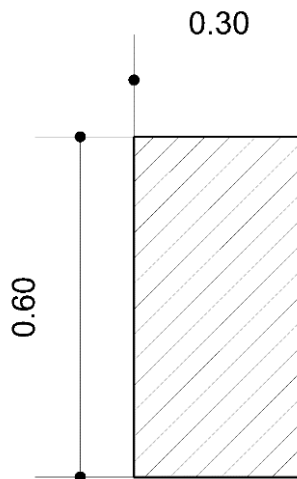
$$d = 0,08 * 4,50 = 0,36 \approx 0,40 \text{ m}$$

$$t = \frac{4.50}{21} = 0,2143 \approx 0,25 \text{ m}$$

Con base en el resultado se adopta para la viga 2 una base de 0,25 m, por lo cual las dimensiones iniciales de las vigas críticas 2 serían: 0,30 m por 0,60 m.

Unificando los criterios de ambos módulos, se tomarán dos tipos de viga, Viga 1 (VIG-1) de 0,30 m X 0,60 m y Viga 2 (VIG-2) de 0,30 m X 0,50 m.

Figura 14. **Dimensiones iniciales de las vigas críticas 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- **Columnas**

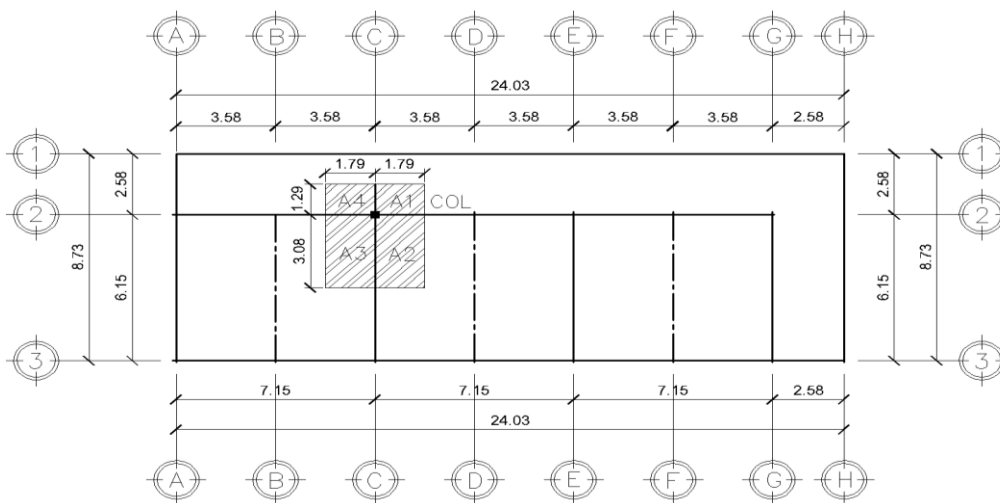
Una columna es un soporte vertical de forma alargada que permite sostener el peso de una estructura, transmitiendo las cargas hacia los cimientos, al ser sometidas a cargas axiales y momento flector, tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos simultáneamente, tratando de evaluar cuál de las dos es el que gobierna en forma más influyente en dimensionamiento. Se deben diseñar para resistir las fuerzas axiales que provienen de las cargas mayoradas de todos los pisos o cubierta.

Con base en todo lo indicado se puede recomendar el siguiente criterio de dimensionamiento:

- La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm (ACI 318S-14, capítulo 18, sección 18.7.2.1 (a), p. 297).
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,40 (ACI 318S-14, capítulo 18, sección 18.7.2.1 (b), p. 297).
- El área de refuerzo longitudinal en zonas sísmicas, A_{st} , no debe ser menor que $0,01A_g$ ni mayor que $0,06A_g$ (ACI 318S-14, capítulo 18, sección 18.7.4.1, p. 298).
- El área de refuerzo longitudinal en zonas no sísmicas, A_{st} , no debe ser menor que $0,01A_g$ ni mayor que $0,08A_g$ (ACI 318S-14, capítulo 10, sección 10.6.1.1, p. 166).

Predimensionamiento columna crítica módulo 1:

Figura 15. **Columna crítica, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$t_{\text{losa}} = 0,12 \text{ m}$$

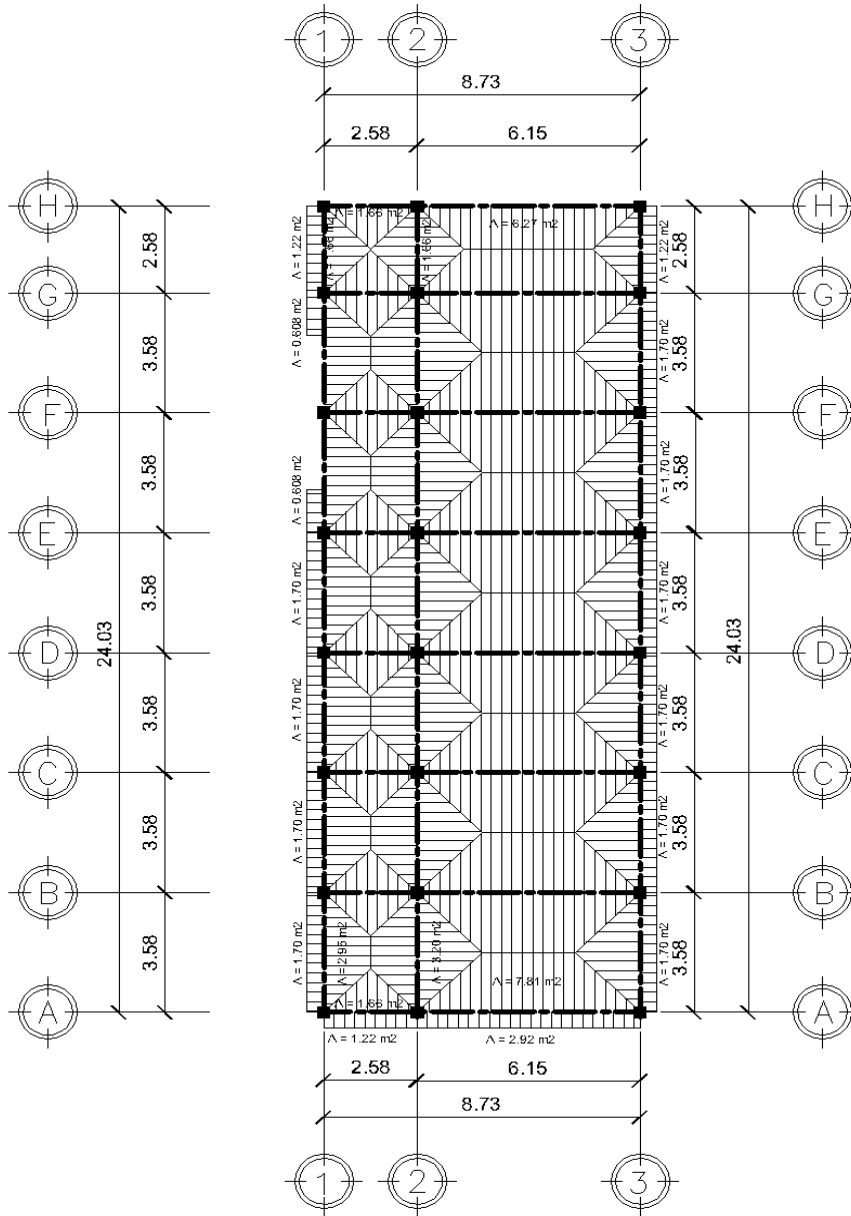
$$\gamma_c = 2\,400 \text{ Kg/m}^3$$

Datos de cargas:

- Aulas:
 - CV = 200 Kg/m² (AGIES NSE 2-10, Tabla 3-1, p. 6)
 - CM = W_{Losa} + sobrecarga
 - CM = (0,12*2 400 kg/m³)_{Losa} + (60 Kg/m²)_{Piso} + (26 Kg/m²)_{Acabados} + (5 Kg/m²)_{Lámparas} + (6.50 Kg/m²)_{CieloFalso}
 - CM = 385,50 kg/m²
- Pasillos:
 - CV = 500 Kg/m² (AGIES NSE 2-10, tabla 3-1, p. 6)
 - CM = Losa + sobrecarga
 - CM = (0.12*2 400 kg/m³)_{Losa} + (60 Kg/m²)_{Piso} + (26 Kg/m²)_{Acabados} + (5 Kg/m²)_{Lámparas} + (6,50 Kg/m²)_{CieloFalso}
 - CM = 385,50 kg/m²
- Vigas:
 - CM = W_{Viga1} + W_{Viga2}
 - CM = (0,30*2 400 kg/m³)_{Viga1} + (0,25*2 400 Kg/m³)_{Viga2}
 - CM = 1 320 Kg/m²
- Tabiques y acabados:
 - CM = W_{Tabique} + W_{Repello} + W_{Puertas}
 - CM = (270 kg/m²)_{Tabique} + (26 Kg/m²)_{Repello} + (25 Kg/m²)_{Puertas}
 - CM = 321 Kg/m²
- Ventanas:
 - CM = W_{Vidrio} + W_{Ventanal}
 - CM = 25 Kg/m²

Áreas tributarias:

Figura 16. Áreas tributarias, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleada AutoCAD 2016.

$$A_1 = A_4 = (1,79\text{m} \cdot 1,29\text{m}) = 2,3091 \text{ m}^2$$

$$A_2 = A_3 = (1,79\text{m} \cdot 3,08\text{m}) = 5,5132 \text{ m}^2$$

$$\text{Área tributaria total } (A_T) = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_T = 2,3091 \text{ m}^2 + 5,5132 \text{ m}^2 + 5,5132 \text{ m}^2 + 2,3091 \text{ m}^2$$

$$A_T = 15,6446 \text{ m}^2$$

Cargas totales mayoradas: (AGIES, capítulo 8, sección 8.1.1, p. 37)

$$P_u = 1,3CM + 1,6CV \text{ ó } P_u = 1,4CM$$

- Aulas:

$$P_u = 1,3(385,50 \text{ Kg/m}^2 \cdot 11,0264\text{m}^2) + 1,6(200\text{Kg/m}^2 \cdot 11,0264 \text{ m}^2)$$

$$P_u = 9054,33 \text{ Kg}$$

- Pasillos:

$$P_u = 1,3(385,50 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4,6182\text{m}^2) + 1,6(500\text{Kg/m}^2 \cdot 4,6182\text{m}^2)$$

$$P_u = 6008,97 \text{ Kg}$$

- Vigas:

$$P_u = 1,4(0,25 \cdot 0,40 \cdot 1,29 \cdot 2 \cdot 400 \text{ Kg/m}^3)_{\text{Viga } 25 \times 40} = 433,44 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(0,30 \cdot 0,50 \cdot 3,58 \cdot 2 \cdot 400 \text{ Kg/m}^3)_{\text{Viga } 30 \times 50} = 1 \ 804,32 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(0,30 \cdot 0,60 \cdot 3,08 \cdot 2 \cdot 400 \text{ Kg/m}^3)_{\text{Viga } 30 \times 60} = 1 \ 862,78 \text{ Kg}$$

$$P_u = 4 \ 100,54 \text{ Kg}$$

- Tabiques y acabados:

$$P_u = 1,4(3,20 \cdot (1,79 + 1,79 + 3,08) \cdot 270 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Tabique}} = 8 \ 055,94 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(3,20 \cdot (1,79 + 1,79 + 3,08) \cdot 26 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Acabados}} = 775,76 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(1,20 \cdot 2,10 \cdot 25 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Puertas}} = 88,20 \text{ Kg}$$

$$P_u = 8 \ 919,90 \text{ Kg}$$

- Ventanas:

$$P_u = 1,4(1,20 \cdot 1,65 \cdot 25 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Salón Maestros}} = 69,30 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(1,20 \cdot 0,45 \cdot 25 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Artes Industriales}} = 18,90 \text{ Kg}$$

$$P_u = 88,20 \text{ Kg}$$

- Peso total que soportara la columna:

P_{uT} : aulas + pasillos + vigas + tabiques y acabados + ventanas + puertas

P_{uT} : 9 054,33 Kg + 6 008,97 Kg + 4 100,54 Kg + 8 919,90 Kg + 88,20 Kg

P_{uT} : 28 171,94 Kg

Con el peso que la columna soportara se determina su sección, de acuerdo con el código ACI 318S-14, Capitulo 22, sección 22.4.2.2, p. 373 mediante la fórmula siguiente:

$$P_{m\acute{a}x} = 0,80[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

- Utilizando los valores siguientes:

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2 \approx 4\,000 \text{ Psi}$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2 \approx 6\,000 \text{ Psi}$$

$$A_{st} = 0,01 A_g$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$28\,171,94 \text{ Kg} = 0,80 \left[0,85(280 \text{ Kg/cm}^2)(0,99A_g) + 0,01(4\,200 \text{ Kg/cm}^2)A_g \right]$$

Despejando A_g en la ecuación:

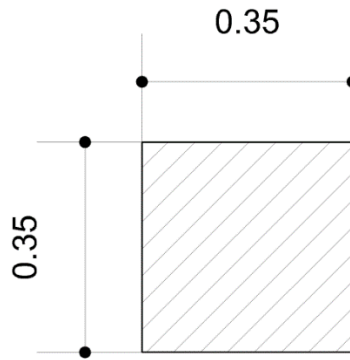
$$A_g = \frac{P_{max}}{0,67f'_c + 0,008f_y}$$

$$A_g = \frac{28171,94 \text{ Kg}}{(0,67)(280 \text{ Kg/cm}^2) + (0,008)(4\,200 \text{ Kg/cm}^2)}$$

$$A_g = 132,57 \text{ cm}^2$$

Se propone una columna de 35 x 35 cm ($1\,225\text{ cm}^2$) para 2do nivel que supera el área gruesa requerida y todas las limitantes y 50 x 50 cm para el 1er nivel para evitar así el piso suave.

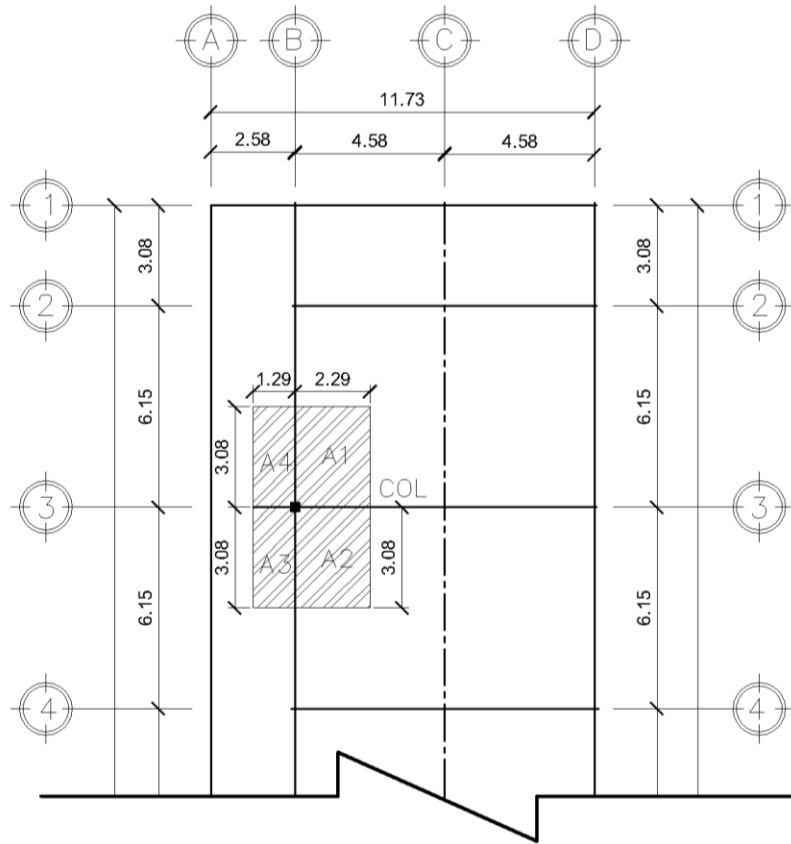
Figura 17. **Columna crítica, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Predimensionamiento columna crítica módulo 2:

Figura 18. **Columna crítica, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$t_{\text{losa}} = 0,12 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

Datos de cargas:

- Aulas:
 $CV = 200 \text{ Kg/m}^2$ (AGIES NSE 2-10, tabla 3-1, p. 6)
 $CM = W_{\text{Losas}} + \text{sobrecarga}$

$$CM = (0,12*2 \text{ 400 kg/m}^3)_{\text{Losa}} + (60 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Piso}} + (26 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Acabados}} + (5 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Lámparas}} + (6,50 \text{ Kg/m}^2)_{\text{CieloFalso}}$$

$$CM = 385,50 \text{ Kg/m}^2$$

- Pasillos:

$$CV = 500 \text{ Kg/m}^2 \text{ (AGIES NSE 2-10, Tabla 3-1, pág. 6)}$$

$$CM = \text{Losa} + \text{Sobre Carga}$$

$$CM = (0,12*2 \text{ 400 kg/m}^3)_{\text{Losa}} + (60 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Piso}} + (26 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Acabados}} + (5 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Lámparas}} + (6,50 \text{ Kg/m}^2)_{\text{CieloFalso}}$$

$$CM = 385,50 \text{ kg/m}^2$$

- Vigas:

$$CM = W_{\text{Viga30x60}}$$

$$CM = (0,30*2 \text{ 400 kg/m}^3)_{\text{Viga30x60}}$$

$$CM = 720 \text{ Kg/m}^2$$

- Tabiques y acabados:

$$CM = W_{\text{Tabique}} + W_{\text{Repello}}$$

$$CM = (270 \text{ kg/m}^2)_{\text{Tabique}} + (26 \text{ Kg/m}^3)_{\text{Repello}} + (25 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Puertas}}$$

$$CM = 321 \text{ Kg/m}^2$$

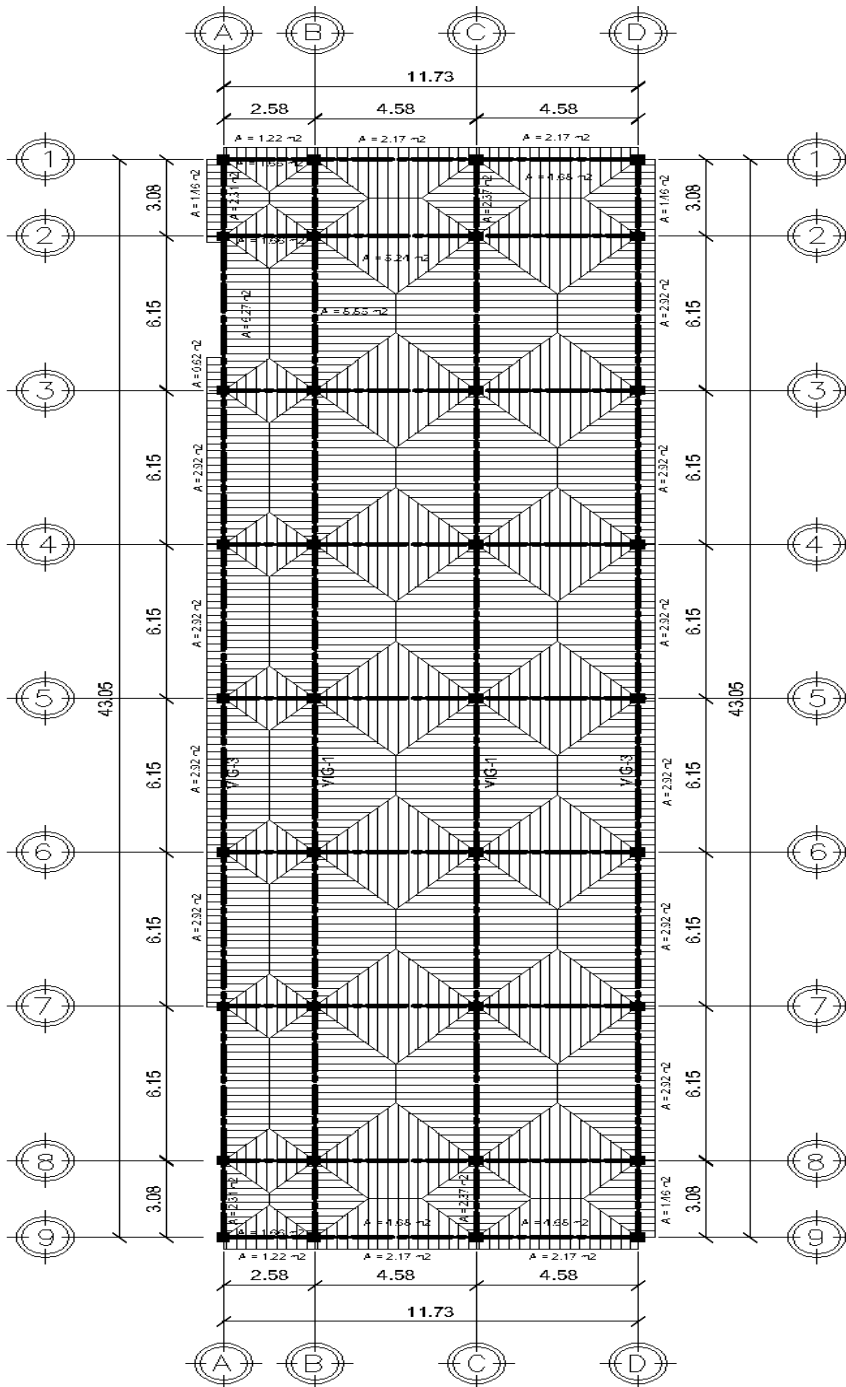
- Ventanas:

$$CM = W_{\text{Vidrio}} + W_{\text{Ventanal}}$$

$$CM = 25 \text{ Kg/m}^2$$

Áreas tributarias:

Figura 19. Áreas tributarias, módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$A_1 = A_2 = (2,29\text{m} \cdot 3,08\text{m}) = 7,0532 \text{ m}^2$$

$$A_3 = A_4 = (1,29\text{m} \cdot 3,08\text{m}) = 3,9732 \text{ m}^2$$

$$\text{Área tributaria total } (A_T) = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_T = 7,0532 \text{ m}^2 + 7,0532 \text{ m}^2 + 3,9732 \text{ m}^2 + 3,9732 \text{ m}^2$$

$$A_T = 22,0528 \text{ m}^2$$

Cargas totales mayoradas: (AGIES, capítulo 8, sección 8.1.1, p. 37)

$$P_u = 1,3CM + 1,6CV \text{ ó } P_u = 1,4CM$$

- Aulas:

$$P_u = 1,3(385,50\text{Kg/m}^2 \cdot 14,1064\text{m}^2) + 1,6(200\text{Kg/m}^2 \cdot 14,1064 \text{ m}^2)$$

$$P_u = 11\,583,47 \text{ Kg}$$

- Pasillos:

$$P_u = 1,3(385,50\text{Kg/m}^2 \cdot 7,9464\text{m}^2) + 1,6(500\text{Kg/m}^2 \cdot 7,9464\text{m}^2)$$

$$P_u = 10\,339,46 \text{ Kg}$$

- Vigas:

$$P_u = 1,4(0,3 \cdot 0,60 \cdot 9,74 \cdot 2 \cdot 400 \text{ Kg/m}^3)_{\text{Viga } 30 \times 60} = 5890,75 \text{ Kg}$$

- Tabiques y acabados:

$$P_u = 1,4(3,20 \cdot (3,08 + 3,08 + 2,29) \cdot 270 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Tabique}} = 10221,12 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(3,20 \cdot (3,08 + 3,08 + 2,29) \cdot 26 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Acabados}} = 984,26 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(1,20 \cdot 2,10 \cdot 25 \text{ Kg/m}^2)_{\text{Puertas}} = 88,20 \text{ Kg}$$

$$P_u = 11293,58 \text{ Kg}$$

- Ventanas:

$$P_u = 1,4(1,20 \cdot 1,65 \cdot 25 \text{ Kg/m}^2)_{3\text{basico der}} = 69,30 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,4(1,20 \cdot 0,45 \cdot 25 \text{ Kg/m}^2)_{3\text{basico izq}} = 18,90 \text{ Kg}$$

$$P_u = 88,20 \text{ Kg}$$

Peso total que soportara la columna:

P_{uT} : aulas + pasillos + vigas + tabiques y acabados + ventanas + puertas

$P_{uT}: 11583,47 \text{ Kg} + 10339,46 \text{ Kg} + 5890,75 \text{ Kg} + 11293,58 \text{ Kg} + 88,20 \text{ Kg}$

$P_{uT}: 39195,46 \text{ K}$

Con el peso que la columna soportará se determina su sección, de acuerdo con el código ACI 318S-14, Capítulo 22, sección 22.4.2.2, p. 373 mediante la fórmula siguiente:

$$P_{\text{máx}} = 0,80[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Utilizando los valores siguientes:

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2 \approx 4\,000 \text{ Psi}$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2 \approx 60\,000 \text{ Psi}$$

$$A_{st} = 0,01 A_g$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$39195,46 \text{ Kg} = 0,80 \left[0,85(280 \text{ Kg/cm}^2)(0,99A_g) + 0,01(4\,200 \text{ Kg/cm}^2)A_g \right]$$

Despejando A_g en la ecuación:

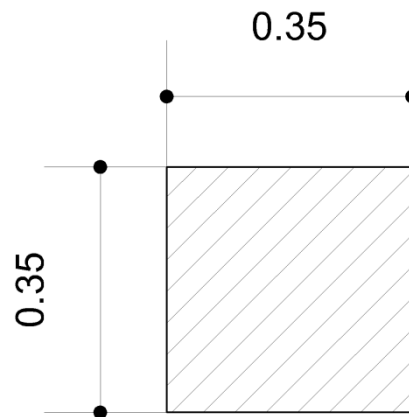
$$A_g = \frac{P_{\text{máx}}}{(0,67f'_c + 0,008f_y)}$$

$$A_g = \frac{39195,46 \text{ Kg}}{\left(0,67(280 \text{ Kg/cm}^2) + 0,008(4\,200 \text{ Kg/cm}^2) \right)}$$

$$A_g = 415,21 \text{ cm}^2$$

se propone una columna de 35 x 35 cm (1225 cm^2) para 2do nivel que supera el área gruesa requerida y todas las limitantes y 50 x 50 cm para el 1er nivel para evitar así el piso suave.

Figura 20. **Columna crítica, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleado AutoCAD 2016.

- Determinación de piso suave: cálculo en la predimensión de de una columna de suma importancia que muestran una reducción significativa en la rigidez lateral respecto a los demás pisos de la estructura. Evitando así:
 - Falta de rigidez en la estructura
 - Planificación en la columna al momento de fallar la viga

Un piso blando o suave es aquel cuya rigidez lateral es menor del 70 % de la rigidez del piso superior o menor del 80 % de la rigidez promedio de los 3 pisos superiores al piso blando, en tal caso se considera irregular. (AGIES NSE 3-10, tabla 1-3, p. 16).

A continuación, se describe el cálculo para evitar el piso suave en ambas estructuras:

Columna 1er nivel:

Sección de columnas (Bxl): 0,50 m por 0,50 m ó bien 19,69" por 19,69"

altura de columnas (h): 4,72 m ó bien 185,83"

calcula la rigidez lateral por medio de la fórmula:

$$K_{Lat} = \frac{EBL}{H * \left[\left(\frac{H}{L} \right)^2 + 3 \right]}$$

$$K_{Lat1} = \frac{E(19,69")(19,69")}{185,83" * \left[\left(\frac{185,83"}{19,69"} \right)^2 + 3 \right]}$$

$$K_{Lat0-1} = 0,02266 E$$

Columna 2do nivel:

Sección de columnas (Bxl): 0,40 m por 0,40 m ó bien 15,74" por 15,74"

altura de columnas (h): 2,92 m ó bien 114,96"

calculamos la rigidez lateral por medio de la fórmula:

$$K_{Lat} = \frac{EBL}{H * \left[\left(\frac{H}{L} \right)^2 + 3 \right]}$$

$$K_{Lat2} = \frac{E(15,74'')(15,74'')}{114,96'' * \left[\left(\frac{114,96''}{15,74''} \right)^2 + 3 \right]}$$

$$K_{Lat2} = 0,0382E$$

Confirmando piso suave: Si $K_{Lat0-1} \geq 70 \% K_{Lat2} \rightarrow OK$

$$70 \% K_{Lat2} = (0,70 * 0,0382E) = 0,022674E$$

Chequeo: $0,02266E = 0,02267E \rightarrow$ Sí cumple

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que se evita el piso suave en ambas estructuras, se rigidizan y se evita la planificación de la columna cuando falla la viga

- Losas

La losa es una estructura plana horizontal de concreto reforzado que separa un nivel de una edificación de otro o que puede servir de cubierta. Su función es la transmisión de las cargas gravitacionales a las vigas y columnas de la estructura.

Para el dimensionamiento de losas, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Si la relación de la losa L_1 (lado corto) dividido L_2 (lado largo) es menor que 0,5, losa en un sentido.
- Si la relación de la losa L_1 (lado corto) dividido L_2 (lado largo) es mayor que 0,5, losa en dos sentidos.

- El espesor de la losa (en dos sentidos) mínimo debe ser 90 mm (ACI 318S-14, capítulo 8, sección 8.3.1.1 p. 103).
- El ACI para losas en dos sentidos recomienda para calcular el espesor mínimo de la losa: $P = \text{perímetro}/180$.

Tabla VII. **Espesor mínimo en losas**

Tabla 8.3.1.1 — Espesor mínimo de losas no preesforzadas en dos direcciones sin vigas interiores (mm) ^[1]

f_y MPa ^[2]	Sin ábacos ^[3]			Con ábacos ^[3]		
	Paneles exteriores		Paneles interiores	Paneles exteriores		Paneles interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde ^[4]		Sin vigas de borde	Con vigas de borde ^[4]	
280	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{40}$	$\frac{\ell_n}{40}$
420	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$
520	$\frac{\ell_n}{28}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{34}$	$\frac{\ell_n}{34}$

^[1] ℓ_n es la luz libre en la dirección larga, medida entre caras de los apoyos (mm).

Fuente: American concrete institute (ACI 318S-14), p. 103.

Para las losas de los módulos utilizamos según la tabla paredes sin ábacos con $f_y = 420 \text{ MP}_a$ un espesor igual $L_n/33$

módulo 1:

$$L_1 = 3,50 \text{ m}$$

$$L_2 = 6 \text{ m}$$

$$\text{Relación} = \frac{L_1}{L_2}$$

$$\text{Relación} = \frac{3,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,58 > 0,5 \text{ (Losa en 2 sentidos)}$$

Espesor:

$$t = \frac{L_n}{33}$$

$$t = \frac{5650 \text{ mm}}{33}$$

$$t = 171,21 \text{ mm} \approx 17 \text{ cm}$$

O bien

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

$$t = \frac{2(3,5) + 2(6)}{180} = \frac{19}{180} = 0,1055 \approx 0,12 \text{ m}$$

Con base en el resultado se adopta un espesor de la losa de 0,12 m.

Módulo 2:

$$L_1 = 4,5 \text{ m}$$

$$L_2 = 6 \text{ m}$$

$$\text{Relación} = \frac{L_1}{L_2}$$

$$\text{Relación} = \frac{4,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,75 > 0,5 \text{ (Losa en 2 sentidos)}$$

Espesor:

$$t = \frac{L_n}{33}$$

$$t = \frac{5650 \text{ mm}}{33}$$

$$t = 171,21 \text{ mm} \approx 17 \text{ cm}$$

O bien

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

$$t = \frac{2(4,5) + 2(6)}{180} = \frac{21}{180} = 0,1167 \approx 0,12 \text{ m}$$

Con base en el resultado se adopta un espesor de la losa de 0,12 m. En el diseño de losa se realizará el chequeo por corte y deflexión para comprobar que la losa de 12 cm si resiste dichos parámetros.

2.1.6.2. Cargas de diseño

Al momento de diseñar elementos estructurales, los proyectistas deben utilizar los valores de carga especificados en los reglamentos/códigos de construcción locales e internacionales y las cargas máximas probables basados no solo en las condiciones locales presentes, sino que también en eventos futuros. Las cargas de magnitud incierta, o que pueden ser tratadas como variables estadísticas, se deben seleccionar basándose en una probabilidad estadística tal que las magnitudes escogidas no sean rebasadas durante la vida útil del edificio, o bien sobre la base del correspondiente intervalo promedio de recurrencia.

2.1.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos según AGIES

Ante cargas verticales, la restricción al giro de los extremos de las vigas, impuestas por su continuidad con las columnas, hace relativamente rígido el sistema.

En las columnas las cargas se transmiten esencialmente por fuerzas axiales, excepto cuando haya asimetrías importantes en la geometría de la estructura o en la distribución de las cargas verticales.

Para que el sistema funcione efectivamente como marco rígido es fundamental el diseño detallado de las conexiones para proporcionarles rigidez y capacidad de transmitir momentos.

- Cargas muertas

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

- Cargas muertas a considerar:

Datos generales:

- Peso específico del concreto: $2\,400\text{ Kg/m}^3$
- Viga 30x60: 720 Kg/m^2
- Viga 30x50: 720 Kg/m^2
- Viga 25x40: 600 Kg/m^2
- Losa: 288 Kg/m^2

Código estadounidense de normas de construcción. Cargas muertas mínimas de diseño, p. 58 y norma chilena oficial NCh1537.

- Peso acabados + relleno: 26 Kg/m^2
- Peso de tabiques (15 cm): 270 Kg/m^2
- Peso tabiques (10 cm): 160 Kg/m^2
- Peso piso granito + mezclon: 60 Kg/m^2
- Lámparas: 5 Kg/m^2
- Cielo falso: 6.5 Kg/m^2

- Lavamanos de porcelana: 15 Kg/m²
- Baño de porcelana: 30 Kg/m²
- Peso tejas: 41.6 Kg/m²
- Pañuelos: 100 Kg/m²

Código colombiano de construcción sismo resistente NSR-98 capítulo B.3.

- Ventanas, incluye marco y vidrio: 25 Kg/m²
- Puerta acero laminado: 25 Kg/m²
- Barandales: 16 Kg/m
- Lavamanos porcelana: 15 Kg/m²
- Baño porcelana: 30 Kg/m²
- Mingitorio porcelana: 20 Kg/m²
- Azulejo: 20 Kg/m²

Integración de cargas muertas:

Módulo 1:

Se utilizará el marco más crítico, que sería el eje B.

Tabla VIII. Marco más crítico, eje B, módulo 1

INTEGRACIÓN DE CARGA MUERTA MÓDULO 1, EJE CRÍTICO, EJE B				
Losa final	Peso (kg/m²)	Area (m²)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga 25 x 40 cm	600	3,32	2,58	240
Pañuelos	100	3,32	2,58	128,68
Losa de 0,12 m	288	3,32	2,58	370,6
Lámparas	5	3,32	2,58	6,43
Cielo falso	6,5	3,32	2,58	8,36
Acabados	26	3,32	2,58	33,46
TRAMO 1-2			Peso total	787,53
Losa final	Peso (kg/m²)	Area (m²)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga (30x50A) cm	720	15,62	6,15	360
Pañuelos	100	15,62	6,15	253,98
Losa de 0,12 m	288	15,62	6,15	731,47
Lámparas	5	15,62	6,15	12,7
Cielo falso	6,5	15,62	6,15	16,51
Acabados	26	15,62	6,15	66,04
TRAMO 2-3			Peso total	1 440,70
Entre piso	Peso (kg/m²)	Area (m²)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga (30x50A) cm	720	3,32	2,58	360
Losa de 0,12 m	288	3,32	2,58	370,6
Lámparas	5	3,32	2,58	6,43
Cielo falso	6,5	3,32	2,58	8,36
Acabados losa	26	3,32	2,58	33,46
Piso	60	3,32	2,58	77,21
TRAMO 1-2			Peso total	856,06
Entre piso	Peso (kg/m²)	Area (m²)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga (30x60A) cm	720	15,62	6,15	432
Piso	60	15,62	6,15	152,39
Losa de 0,12 m	288	15,62	6,15	731,47
Lámparas	5	15,62	6,15	12,7
Cielo falso	6,5	15,62	6,15	16,51
Acabados	26	15,62	6,15	66,04
TRAMO 2-3			Peso total	1 411,11

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Cargas muertas distribuidas ejes numéricos, módulo 1**

MÓDULO 1 EJES NUMERICOS							
CARGA MUERTA							
TRAMO							
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H
Eje 1	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	753,99	753,99	753,99	753,99	655,61	655,61	675,78
Entrepiso	730,83	730,83	730,83	730,83	632,45	632,45	659,89
Eje 2	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	971,98	971,98	971,98	971,98	971,98	971,98	787,54
Entrepiso	2 130,37	2 130,37	2 130,37	2 130,37	2 130,37	2 130,37	856,07
Eje 3	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	783,75	783,75	783,75	783,75	783,75	783,75	675,78
Entrepiso	1 888,99	1 888,99	1 768,99	1 768,99	1 768,99	1 888,99	779,89

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Cargas muertas y vivas distribuidas ejes alfabéticos, módulo 1**

MÓDULO 1 EJES ALFABÉTICOS				
	CARGA MUERTA		CARGA VIVA	
	TRAMO		TRAMO	
	1-2	2-3	1-2	2-3
Eje A	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	675,78	1062,99	64,34	126,99
Entrepiso	846,55	2033,25	321,71	253,98
Eje B	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	787,54	1440,7	128,68	253,98
Entrepiso	856,07	1411,1	643,41	507,97
Eje C	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	787,54	1440,7	128,68	253,98
Entrepiso	736,07	2358,3	643,41	507,97
Eje D	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	787,54	1440,7	128,68	253,98
Entrepiso	736,07	1411,1	643,41	507,97
Eje E	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	787,54	1440,7	128,68	253,98
Entrepiso	736,07	2358,3	643,41	507,97
Eje F	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	787,54	1440,7	128,68	253,98
Entrepiso	736,07	1411,1	643,41	507,97
Eje G	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	787,57	1334,16	128,68	228,94
Entrepiso	856,07	2261,78	643,41	763,74
Eje H	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	519,92	799,95	64,34	101,95
Entrepiso	608,03	753,02	321,71	509,76

Fuente: elaboración propia.

Integraciones de carga realizadas en las tablas VIII y IX.

Módulo 2:

Se utiliza el marco más crítico, que sería el "Eje C".

Tabla XI. Marco más crítico, eje C, módulo 2

INTEGRACIÓN DE CARGA MUERTA MÓDULO 2, EJE CRÍTICO, "EJE C"				
Losa Final	Peso (kg/m2)	Area (m2)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga 30 x 50 cm	720	17,7	6,15	360
Pañuelos	100	17,7	6,15	287,8
Losa de 0,12 m	288	17,7	6,15	828,88
Lamparas	5	17,7	6,15	14,39
Cielo falso	6,5	17,7	6,15	18,71
Acabados	26	17,7	6,15	74,83
TRAMO 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 =6-7 = 7-8			Peso total	1 584,61
Losa Final	Peso (kg/m2)	Area (m2)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga 25 x 40 cm	600	4,74	3,08	240
Pañuelos	100	4,74	3,08	153,9
Losa de 0,12 m	288	4,74	3,08	443,22
Lamparas	5	4,74	3,08	7,69
Cielo falso	6,5	4,74	3,08	10
Acabados	26	4,74	3,08	40,01
TRAMO 1-2 = 8-9			Peso total	894,82
Entre Piso	Peso (kg/m2)	Area (m2)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga (30x60B) cm	720	17,7	6,15	432
Losa de 0,12 m	288	17,7	6,15	828,88
Lamparas	5	17,7	6,15	14,39
Cielo falso	6,5	17,7	6,15	18,71
Acabados losa	26	17,7	6,15	74,83
Piso	60	17,7	6,15	172,68
TRAMO 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 =6-7 = 7-8			Peso total	1541,49
Entre Piso	Peso (kg/m2)	Area (m2)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)
Viga (30x60C) cm	720	4,74	3,08	432
Piso	60	4,74	3,08	92,34
Losa de 0,12 m	288	4,74	3,08	443,22
Lamparas	5	4,74	3,08	7,69
Cielo falso	6,5	4,74	3,08	10
Acabados losa	26	4,74	3,08	40,01
Tabiques de 10 cm	160	4,74	3,08	246,23
Baños	30	4,74	3,08	46,17
Lavamanos	15	4,74	3,08	23,08
TRAMO 1-2 = 8-9			Peso total	1 340,74

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Cargas muertas distribuidas ejes alfabéticos, módulo 2**

MÓDULO 2 EJES ALFABÉTICOS								
CARGA MUERTA								
TRAMO								
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
Eje A	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	721,52	913,72	836,44	836,44	836,44	836,44	679,95	565,28
Entrepiso	821,37	874,69	925,51	925,51	925,51	925,51	753,02	649,13
Eje B	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	886,54	1 406,11	1 406,11	1 406,11	1 406,11	1 406,11	1 406,11	886,54
Entrepiso	1 952,16	2 486,97	2 486,97	2 486,97	2 486,97	2 486,97	2 486,97	1 952,16
Eje C	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	894,83	1 584,61	1 584,61	1 584,61	1 584,61	1 584,61	1 584,61	894,83
Entrepiso	1 340,76	1 541,49	1 541,49	1 541,49	1 541,49	1 541,49	1 541,49	1 340,76
Eje D	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	729,80	1 134,95	1 134,95	1 134,95	1 134,95	1 134,95	1 134,95	729,80
Entrepiso	1 912,07	2 170,43	2 170,43	2 170,43	2 170,43	2 170,43	2 170,43	1 912,07

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Cargas vivas y muertas distribuidas, ejes numéricos, módulo 2

MÓDULO 2 EJES NUMÉRICOS						
	CARGA MUERTA			CARGA VIVA		
	TRAMO			TRAMO		
	A-B	B-C	C-D	A-B	B-C	C-D
Eje 1	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	675,78	837,75	837,75	64,34	102,30	102,30
Entrepiso	851,89	2 045,68	2 045,68	321,71	204,59	204,59
Eje 2	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 282,61	1 282,61	128,68	216,83	216,83
Entrepiso	928,07	2 914,15	2 914,15	643,41	433,66	433,66
Eje 3	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 334,69	1 334,69	128,68	229,07	229,07
Entrepiso	1 051,98	2 262,26	2 262,26	643,41	458,14	458,14
Eje 4	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 334,69	1 334,69	128,68	229,07	229,07
Entrepiso	1 051,98	2 262,26	2 262,26	643,41	458,14	458,14
Eje 5	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 334,69	1 334,69	128,68	229,07	229,07
Entrepiso	1 051,98	2 262,26	2 262,26	643,41	458,14	458,14
Eje 6	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 334,69	1 334,69	128,68	229,07	229,07
Entrepiso	1 051,98	2 262,26	2 262,26	643,41	458,14	458,14
Eje 7	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 334,69	1 334,69	128,68	229,07	229,07
Entrepiso	1 051,98	2 262,26	2 262,26	643,41	458,14	458,14
Eje 8	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	787,54	1 282,61	1 282,61	128,68	216,83	216,83
Entrepiso	928,07	2 914,15	2 914,15	643,41	433,66	433,66
Eje 9	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa Final	675,78	837,75	837,75	64,34	102,30	102,30
Entrepiso	851,89	2 045,68	2 045,68	321,71	204,59	204,59

Fuente: elaboración propia.

Integraciones de carga realizadas en las tablas XI y XII.

- Cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación (No debe incluirse cargas de viento y sismo). Las cargas vivas en las cubiertas no accesibles, son aquellas causadas por los materiales, equipos y trabajadores, utilizados en mantenimiento.

Cargas vivas a considerar: (AGIES NSE 2-10, tabla 3-1, p. 6 y 7).

- Aulas: 200 Kg/m²
- Pasillos y escaleras: 500 Kg/m²
- Techos: 100 Kg/m²

Módulo 1:

Se utilizará el marco más crítico, que sería el eje 2.

- Losa final, tramo A-B = B-C = C-D = D-E = E-F = F-G

Longitud de viga: 3,575 m

Área tributaria total de la viga: 6,15 m²

Cargas a considerar:

- Losa final (techo): 200 Kg/m²

$$CV = \frac{A_{\text{Tributaria}} * \sum \text{Carga viva}}{\text{Longitud viga}}$$

$$CV = W_{\text{Losa final}}$$

$$CV_{\text{Losa Final}}: (100 \text{ Kg/m}^2 * 6,15 \text{ m}^2) / (3,575 \text{ m}) = 172,03 \text{ Kg/m}$$

- Losa final, tramo G-H

Longitud de viga: 2,58 m

Área tributaria total de la viga: 3,32 m²

Cargas a considerar:

- Losa final (techo): 100 Kg/m²

$$CV = W_{\text{Losa final}}$$

$$CV_{\text{Losa Final}}: (100 \text{ Kg/m}^2 * 3,32 \text{ m}^2) / (2,58 \text{ m}) = 128,68 \text{ Kg/m}$$

- Entrepiso, tramo A-B = B-C = C-D = D-E = E-F = F-G

Longitud de viga: 3,575 m

Área tributaria de la viga lado del pasillo: 2,95 m²

Área tributaria de la viga lado de salón: 3,20 m²

Área tributaria total de la viga: 6,15 m²

Cargas a considerar:

- Salones: 200 Kg/m²
- Pasillos: 500 Kg/m²

$$CV = \frac{A_{\text{Tributaria}} * \sum \text{Carga viva}}{\text{Longitud viga}}$$

$$CV = W_{\text{Salones}} + W_{\text{Pasillos}}$$

$$\text{Salones: } (200 \text{ Kg/m}^2 \cdot 3,20 \text{ m}^2) / (3,575 \text{ m}) = 179,02 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Pasillos: } (500 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2,95 \text{ m}^2) / (3,575 \text{ m}) = 412,59 \text{ Kg/m}$$

$$CV = 179,02 \text{ Kg/m} + 412,59 \text{ Kg/m} = 591,61 \text{ Kg/m}$$

- Entrepiso, tramo G-H

Longitud de viga: 2,58 m

Área tributaria total de la viga: 3,32 m²

Cargas a considerar:

- Pasillos: 500 Kg/m²

$$CV = W_{\text{Pasillos}}$$

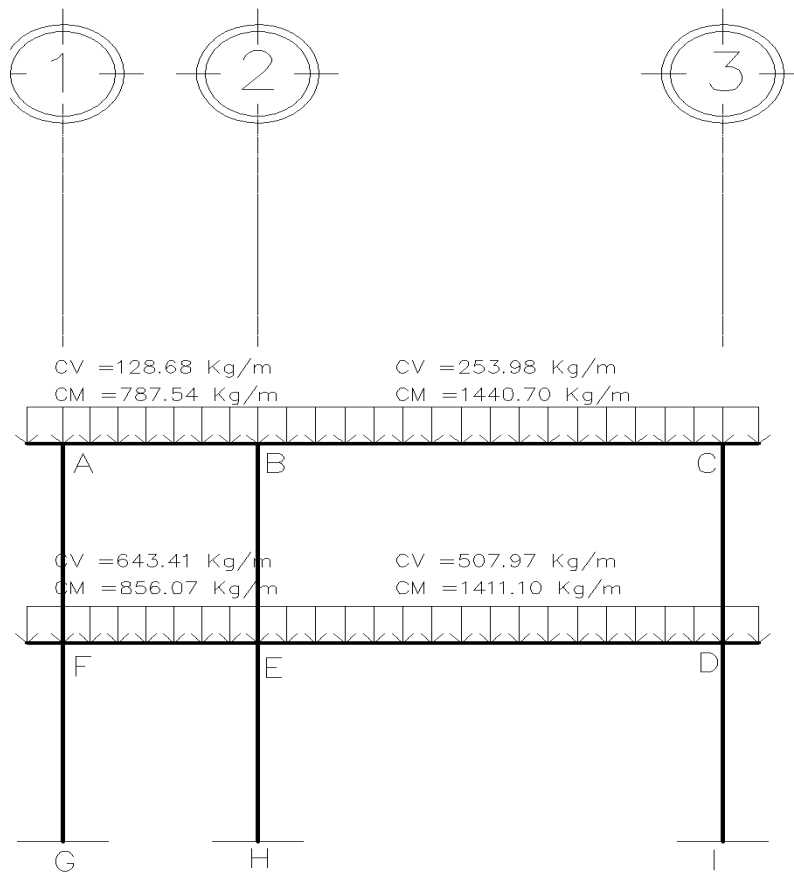
$$CV_{\text{Pasillos:}} (500 \text{ Kg/m}^2 \cdot 3,32 \text{ m}^2) / (2,58 \text{ m}) = 643,41 \text{ Kg/m}$$

Tabla XIV. Cargas vivas distribuidas ejes numéricos, módulo 1

MÓDULO 1 EJES NUMÉRICOS							
CARGA VIVA							
TRAMO							
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H
Eje 1	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	82,52	82,52	82,52	82,52	82,52	82,52	64,34
Entrepiso	412,59	412,59	412,59	412,59	412,59	412,59	321,71
Eje 2	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	172,03	172,03	172,03	172,03	172,03	172,03	128,68
Entrepiso	591,61	591,61	591,61	591,61	591,61	591,61	643,41
Eje 3	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	89,51	89,51	89,51	89,51	89,51	89,51	64,34
Entrepiso	179,02	179,02	179,02	179,02	179,02	179,02	321,71

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Integración de cargas vivas y muertas eje critico b, módulo 1**



Fuente: elaboración propia empleada de AutoCAD 2016.

Módulo 2:

Se utilizará el marco más crítico, que sería el eje C.

- Losa final, tramo 1-2 = 8-9

Longitud de viga: 3,08 m

Área tributaria total de la viga: 4,74 m²

Cargas a considerar:

- Losa final (techo): 200 Kg/m²

$$CV = \frac{A_{\text{Tributaria}} * \sum \text{Carga viva}}{\text{Longitud viga}}$$

$$CV = W_{\text{Losa final}}$$

$$CV_{\text{Losa Final}}: (100 \text{ Kg/m}^2 * 4,74 \text{ m}^2) / (3,08 \text{ m}) = 153,90 \text{ Kg/m}$$

- Losa final, tramo 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 = 6-7 = 7-8

Longitud de viga: 6,15 m

Área tributaria total de la viga: 17,70 m²

Cargas a considerar:

- Losa final (techo): 100 Kg/m²

$$CV = W_{\text{Losa final}}$$

$$CV_{\text{Losa Final}}: (100 \text{ Kg/m}^2 * 17,70 \text{ m}^2) / (6,15 \text{ m}) = 287,80 \text{ Kg/m}$$

- Entrepiso, tramo 1-2 = 8-9

Longitud de viga: 3,08 m

Área tributaria total de la viga: 4,74 m²

Cargas a considerar:

- Salones: 200 Kg/m²

$$CV = \frac{A_{\text{Tributaria}} * \sum \text{Carga viva}}{\text{Longitud viga}}$$

$$CV = W_{\text{Salones}}$$

$$CV_{\text{Salones}}: (200 \text{ Kg/m}^2 * 4,74 \text{ m}^2) / (3,08 \text{ m}) = 307,79 \text{ Kg/m}$$

Entrepiso, tramo 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 = 6-7 = 7-8

Longitud de viga: 6,15 m

Área tributaria total de la viga: 17,70 m²

Cargas a considerar:

- Pasillos: 200 Kg/m²

$$CV = W_{\text{Salones}}$$

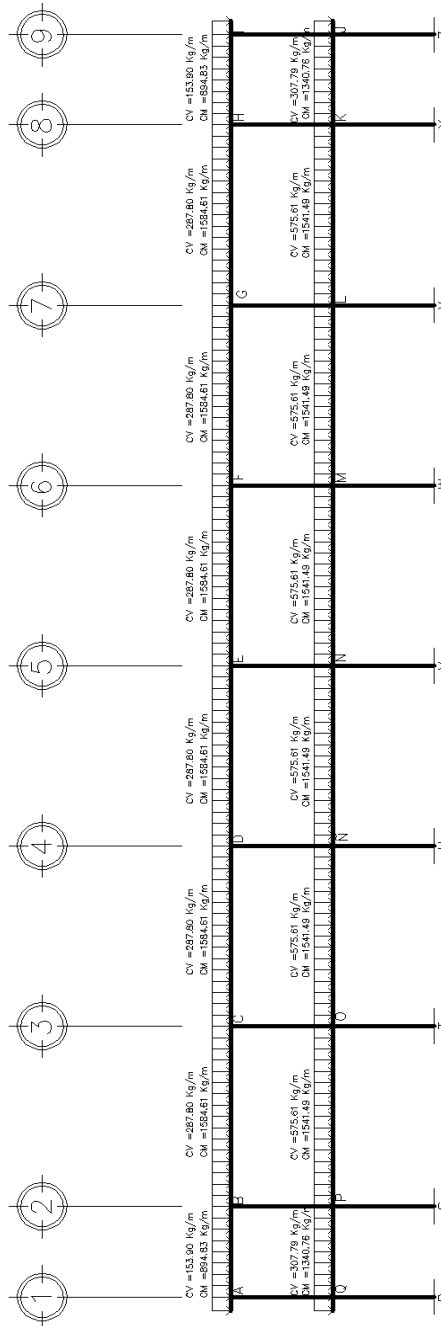
$$CV_{\text{Salones}}: (200 \text{ Kg/m}^2 * 17,70 \text{ m}^2) / (6,15 \text{ m}) = 575,61 \text{ Kg/m}$$

Tabla XV. Cargas vivas distribuidas ejes alfabéticos, módulo 2

MÓDULO 2 EJES ALFABÉTICOS								
CARGA VIVA								
TRAMO								
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Eje A	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	75	101,95	101,95	101,95	101,95	101,95	101,95	75
Entrepiso	375	509,76	509,76	509,76	509,76	509,76	509,76	375
Eje B	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	151,95	245,85	245,85	245,85	245,85	245,85	245,85	151,95
Entrepiso	528,9	797,56	797,56	797,56	797,56	797,56	797,56	528,9
Eje C	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	153,9	287,8	287,8	287,8	287,8	287,8	287,8	153,9
Entrepiso	307,79	575,61	575,61	575,61	575,61	575,61	575,61	307,79
Eje D	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)
Losa final	76,95	143,9	143,9	143,9	143,9	143,9	143,9	76,95
Entrepiso	153,9	287,8	287,8	287,8	287,8	287,8	287,8	153,9

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Integración de cargas vivas y muertas eje crítico c, módulo 2



Fuente: elaboración propia empleada AutoCAD 2016.

2.1.6.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Las cargas horizontales se resisten esencialmente por flexión tanto en las vigas como en las columnas, lo que hace que el control de las deformaciones sea un aspecto importante en el diseño de estructuras a base de marcos que deban resistir cargas laterales de cierta consideración, especialmente cuando se trate de marcos de varios niveles.

Para que el sistema funcione efectivamente como marco rígido es fundamental el diseño detallado de las conexiones para proporcionarles rigidez y capacidad de transmitir momentos.

Existen dos fuerzas horizontales, viento y sismo a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio. Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas al edificio se utilizará el método AGIES NSE 2-10 y AGIES NSE 3-10

Para cálculo del peso de la estructura se tomarán a la mitad de la estructura de la siguiente manera:

- Peso módulo 1, entrepiso (N1)

Carga muerta:

Tabla XVI. **Peso carga muerta, módulo 1**

PESO DEL MODULO 1							
ELEMENTO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	AREA (m2)	PESO (Kg)	TOTAL	PESO TOTAL (Ton)
COL 50x50	0.5	0.5	1.6	0.25	960	18	17.28
COL 40x40	0.4	0.4	1.6	0.16	614.4	30	18.43
LOSA AULAS	21.93	5.85	0.12	128.2905	36947.664	1	36.95
LOSA VOLAD.	52.19	0.4	0.12	20.876	6012.288	1	6.01
LOSA PASILLOS	22.13	2.305	0.12	51.00965	14690.7792	1	14.69
Viga 25x40	39.02	0.25	0.4	9.755	9364.8	1	9.36
Viga 30x50A	51.7	0.3	0.5	15.51	18612	1	18.61
Viga 30x60	33.9	0.3	0.6	10.17	14644.8	1	14.64
VENTANA 5 (0.60x0.80)		0.8	0.6	0.48	12	1	0.01
VENTANA 4 (0.60x1.40)		1.4	0.6	0.84	21	2	0.04
VENTANA 3 (0.60x2.10)		2.1	0.6	1.26	31.5	1	0.03
VENTANA 1 (1.20x2.10)		2.1	0.4	0.84	21	9	0.19
VENTANA 1 (1.20x2.10)		2.1	1.2	2.52	63	4	0.25
PUERTA 3 (1.20x2.10)		1.2	1.6	1.92	48	3	0.14
PUERTA 4 (1x2.10)		1	1.4	1.4	35	2	0.07
PUERTA 5 (0.90x2.10)		0.9	1.4	1.26	31.5	3	0.09
PUERTA 6 (0.80x2.10)		0.8	1.4	1.12	28	2	0.06
PUERTA 1 (2x2.10)		2	1.4	2.8	70	1	0.07
TABIQUES A1 15 cm				57.125	15423.75	1	15.42
TABIQUES A2 15 cm				66.325	17907.75	1	17.91
TABIQUES A3 15 cm				23.405	6319.35	1	6.32
TABIQUES A4 15 cm				20.885	5638.95	1	5.64
TABIQUES A5 15 cm				23.78	6420.6	2	12.84
TABIQUES 10 cm	12		1.8	21.6	3456	1	3.46
PISOS	23.5	8.5		199.75	11985	1	11.99
TEJA	52.19	0.4		20.876	868.4416	1	0.87
AZULEJO A 1.20 M	12	1.2		14.4	288	1	0.29
ACABADOS EN LOSA				200.17615	5204.5799	1	5.2
ACABADOS EN TABIQUES				279.1	7256.6	1	7.26
BARANDAS	25.5		1.2	30.6	407.9898	1	0.41
SOBRE CARGA				179.3	4482.5	1	4.48
SANITARIOS					30	9	0.27
LAVAMANOS					15	9	0.135

Fuente: elaboración propia.

El peso total de carga muerta del entrepiso módulo 1 está dado por la siguiente fórmula:

$$W_{CMN1} = W_{Col} + W_{Losa} + W_{Viga} + W_{Ventanas} + W_{Puertas} + W_{Muros} + W_{Piso} + W_{Teja} \\ + W_{Azulejos} + W_{Sanitarios} + W_{SobreCarga} + W_{Barandas} + W_{Acabados}$$

$$W_{CMN1} = 35\,710\text{ Kg} + 57\,650\text{ Kg} + 42\,610\text{ Kg} + 520\text{ Kg} + 430\text{ Kg} + 61\,590\text{ Kg} + \\ 11\,990\text{ Kg} + 870\text{ Kg} + 290\text{ Kg} + 12\,460\text{ Kg} + 5\,997.10\text{ Kg} + 410\text{ Kg} + 4\,480\text{ Kg} \\ + 405\text{ Kg} = 240824,456\text{ Kg} = 240,82\text{ Ton}$$

Carga viva:

Tabla XVII. **Peso carga viva, módulo 1**

PESO DEL M+ODULO 1					
ELEMENTO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (Kg)	PESO TOTAL (Ton)
LOSA PASILLOS	30,18	2,58	77,8644	38932,2	38,9322
LOSA SALONES	21,45	6,15	131,9175	26383,5	26,38

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos se calcularon el peso total del módulo 1 de acuerdo a AGIES NSE 10, tomando únicamente el 25 % de la CV de la siguiente manera:

$$W_{MODULO1} = W_{N1} + W_{AZOTEA} + 0,25[W_{CVN1} + W_{CVAZOTEA}]$$

$$W_{N1} = 240\,824,456\text{ Kg} = 240,82\text{ ton}$$

$$W_{AZOTEA} = 167\,247,085\text{ Kg} = 167,25\text{ ton}$$

$$W_{CVN1} = 65\,315,70\text{ Kg} = 65,32\text{ ton}$$

$$W_{CVAZOTEA} = 20\,978,19\text{ Kg} = 20,98\text{ ton}$$

$$W_{MODULO1} = 240,82\text{ ton} + 167,25\text{ ton} + 0,25*(65,32\text{ ton} + 20,98\text{ ton})$$

$W_{\text{MODULO1}} = 429,58 \text{ ton}$

- Peso módulo 2, entrepiso (N1)

Carga muerta:

Tabla XVIII. **Peso carga muerta, módulo 2**

PESO DEL MODULO 2							
ELEMENTO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	AREA (m2)	PESO (Kg)	TOTAL	PESO TOTAL (Ton)
COL 50x50	0.5	0.5	1.6	0.25	960	27	25.92
COL 40x40	0.4	0.4	1.6	0.16	614.4	45	27.65
LOSA AULAS	35.1	10.83	0.12	380.133	109478.304	1	109.48
LOSA PASILLOS	5.56	10.83	0.12	60.2148	17341.8624	1	17.34
VIG 30x50	39.86	0.3	0.5	11.958	14349.6	1	14.35
VIG 30x60	209.7	0.3	0.6	62.91	90590.4	1	90.59
VENTANA 5 (60x80)		0.8	0.6	0.48	12	2	0.02
VENTANA 4 (60x1.40)		1.4	0.6	0.84	21	6	0.13
VENTANA 1 (1.20x2.10)		2.1	1.6	3.36	84	17	1.43
VENTANA 2 (1x1.20)		1	1.6	1.6	40	2	0.08
PUERTA 2 (1.50x2.10)		1.5	1.4	2.1	52.5	2	0.11
PUERTA 3 (1.20x2.10)		1.2	3	3.6	90	6	0.54
PUERTA 6 (0.80x2.10)		0.8	3	2.4	60	2	0.12
PUERTA 1 (2x2.10)		2	1.4	2.8	70	1	0.07
TABIQUES A1 15 cm				114.665	30959.55	1	30.96
TABIQUES A2 15 cm				120.025	32406.75	1	32.41
TABIQUES A3 15 cm				66.83	18044.1	1	18.04
TABIQUES A4 15 cm				242.52	65480.4	1	65.48
TABIQUES A5 15 cm				15.375	4151.25	1	4.15
TABIQUES 10 cm	24		3	72	11520	1	11.52
PISOS	41.85	11.51		481.6935	28901.61	1	28.9
TEJA	95.76	0.4		38.304	1593.4464	1	1.59
AZULEJO A 1.20 M	12.24	1.2		14.688	293.76	1	0.29
AZULEJO A 2.10 M	7.36	2.1		15.456	309.12	1	0.31
ACABADOS EN LOSA				440.29	11447.54	1	11.45
ACABADOS EN TABIQUES				609.81	15855.06	1	15.86
BARANDAS	33.76		1.2	40.512	540.16	1	0.54
SOBRE CARGA	43.06	11.73		440.29	11007.25	1	11.01
SANITARIOS					30	19	0.57
LAVAMANOS					15	15	0.225

Fuente: elaboración propia.

El peso total de Carga Muerta del entrepiso Módulo 2 está dado por la siguiente fórmula:

$$W_{CMN1} = W_{Col} + W_{Losa} + W_{Viga} + W_{Ventanas} + W_{Puertas} + W_{Muros} + W_{Piso} + W_{Teja} \\ + W_{Azulejos} + W_{Sanitarios} + W_{SobreCarga} + W_{Barandas} + W_{Acabados}$$

$$W_{CMN1} = 53570 \text{ Kg} + 126820 \text{ Kg} + 104940 \text{ Kg} + 1660 \text{ Kg} + 840 \text{ Kg} + 162560 \text{ Kg} \\ + 28900 \text{ Kg} + 1590 \text{ Kg} + 600 \text{ Kg} + 27310 \text{ Kg} + 540 \text{ Kg} + 11010 \text{ Kg} + 795 \text{ Kg} = \\ 517667.78 \text{ Kg} = 517.67 \text{ Ton}$$

Carga viva:

Tabla XIX. **Peso carga viva, módulo 2**

PESO DEL MÓDULO 2					
ELEMENTO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ÁREA (m²)	PESO (Kg)	PESO TOTAL (Ton)
LOSA PASILLOS	43,05	2,58	111,069	55 534,5	55,5345
LOSA SALONES	43,05	9,15	393,9075	78 781,5	78,78

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos calculamos el peso total del módulo 2 de la siguiente manera:

$$W_{MODULO2} = W_{N1} + W_{AZOTEA} + 0.25[W_{CVN1} + W_{CVAZOTEA}]$$

$$W_{N1} = 517\ 667,78 \text{ Kg} = 517,67 \text{ ton}$$

$$W_{AZOTEA} = 375\ 488,501 \text{ Kg} = 375,49 \text{ ton}$$

$$W_{CVN1} = 134\ 316 \text{ Kg} = 134,32 \text{ Ton}$$

$$W_{CVAZOTEA} = 50\,497,65 \text{ Kg} = 50,50 \text{ ton}$$

$$W_{MODULO2} = 517\ 667,78 \text{ Kg} + 375\ 488,501 \text{ Kg} + 0,25*(134\ 316 \text{ Kg} + 50\ 497,65 \\ \text{Kg})$$

$W_{\text{MODULO2}} = 939\,359,69 \text{ Kg} = 939,36 \text{ ton}$

2.1.6.2.3. Fuerza sísmica según AGIES

Con los datos obtenidos en los cálculos en el inciso anterior procedentes a calcular el corte basal de cada módulo según AGIES NSE 2010.

Tabla XX. **Datos generales para el cálculo del corte basal**

Municipio	28 Chimaltenango, Chimaltenango
S_{cr}=	1,5
S_{1r}=	0,55
I_o=	4

Fuente: elaboración propia.

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

Nivel mínimo de protección sísmica	D	AGIES TABLA 4-1 PAG 11 NSE 2-10
F_a=	1	AGIES TABLA 4-2 PAG 15 NSE 2-10
F_v=	1,3	AGIES TABLA 4-3 PAG 15 NSE 2-10
Scs = Sc_r*F_a =	1,5	
S1s = S1_r*F_v =	0,72	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Estudio de suelos y geológico**

Tipo de fuente sísmica	A	AGIES TABLA 4-5 PAG 24 NSE 2-10
Distancia a la fuente	17,42	
N_a=	1	AGIES TABLA 4-6 PAG 24 NSE 2-10
N_v=	1	AGIES TABLA 4-7 PAG 25 NSE 2-10
Scs = Sc_r*F_a*N_a =	1,5	AGIES EC 4-1 a PAG 13 NSE 2-10
S1s = S1_r*F_v*N_v =	0.72	AGIES EC 4-2 a PAG 13 NSE 2-10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Sistema estructural**

Sistema estructural	E1-A Marcos tipo A de concreto reforzado	
hn=	8,32	
Kt=	0,047	AGIES INCISO 2.1.4 (a) PAG 23 NSE 3-10
X=	0,90	AGIES INCISO 2.1.4 (a) PAG 25 NSE 3-10
R=	8	AGIES TABLA 1-1 PAG 10 NSE 3-10
Ω=	3	AGIES TABLA 1-1 PAG 10 NSE 3-10
Cd=	5,5	AGIES TABLA 1-1 PAG 10 NSE 3-10
T = Kt*(hn^x) =	0,32	AGIES EC. 2-3 PAG 23 NSE 3-10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Escala de Sismo**

Factor de escala	sismo extremo	
Kd=	1	AGIES 4.3.4.1 PAG 16 NSE 2-10
Scd = Kd*Scs =	1,5	AGIES EC. 4-4 PAG 16 NSE 2-10
S1d = Kd*S1s=	0,72	AGIES EC. 4-4 PAG 16 NSE 2-10
Ts = S1d/Scd =	0,48	SEG
Sa(T) = Scd =	1,5	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Corte basal**

Cs = Sa(T)/R =	0,19	
Cs ≥ 0,044*Scd		AGIES SECC 2.1.2 PAG 22 NSE 3-10
Cs ≥ 0,044*1.5	0,066	
0,18 ≥ 0,066	OK	
Cs ≥ 0,75*Kd*(S1r/R)		
Cs ≥ 0,75*1*(0,55/8)	0,052	
0,18 ≥ 0,052	OK	

Continuación de la tabla XXV.

Corte basal V en toneladas (Módulo 1)	
V= Cs*Ws	
Ws =	429,58
v =	81,62
Corte basal V en toneladas (Módulo 2)	
V= Cs*Ws	
Ws =	939,36
v =	178,48

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos del corte basal según AGIES, se procede a calcular las fuerzas por piso para cada nivel, mediante la siguiente fórmula:

$$F_x = \frac{(V - F_t) * W_n * H_n}{\sum(W_n * H_n)}$$

Como TA (0,48) es menor que 0,70 (UBC-97 1 630,50). Considerar fuerza de tope (F_t) = 0

Tabla XXVI. **Distribución de fuerzas por piso (Fx), módulo 1**

Nivel	Wn [toneladas]	Hn [metros]	Wn*Hn	Fx (ton)
2	172,50	6,52	1124,70	46,77
1	257,08	3,26	838,08	34,85
		$\Sigma=$	1962,78	81,62

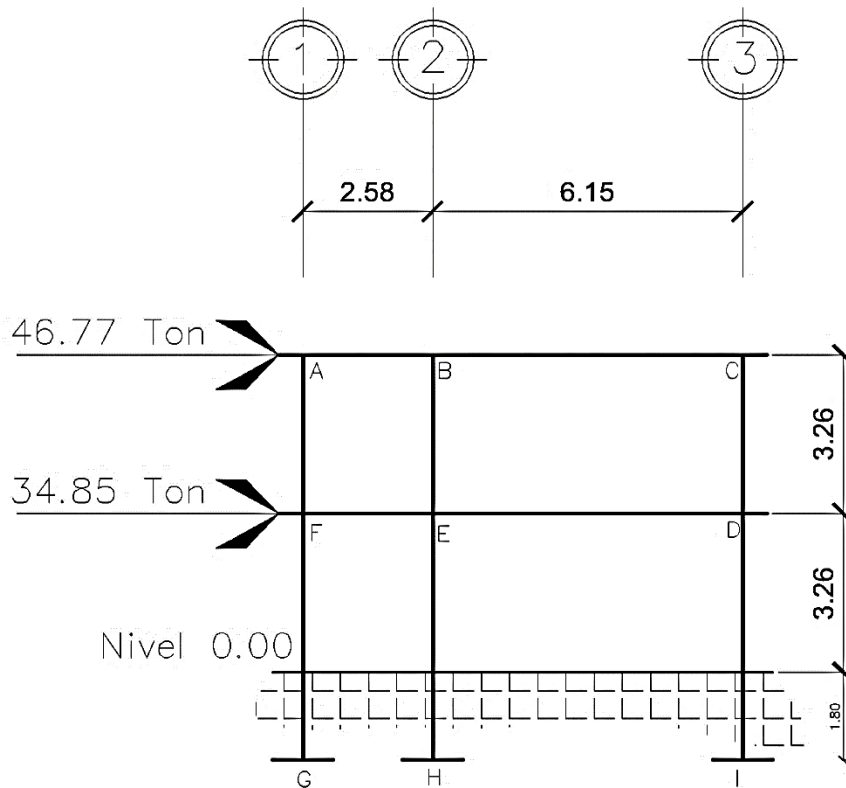
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Distribución de fuerzas por piso (Fx), módulo 2**

Nivel	Wn [toneladas]	Hn [metros]	Wn*Hn	Fx (Ton)
2	388,10	6,52	2 530,41	104,36
1	551,26	3,26	1 797,11	74,12
		$\Sigma=$	4 327,52	178,48

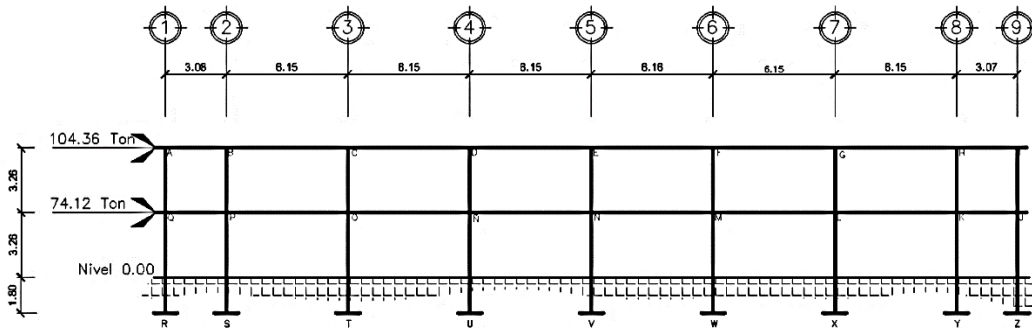
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Distribución de fuerzas por piso, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleada AutoCAD 2016.

Figura 24. **Distribución de fuerzas por piso, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleada AutoCAD.2016.

Al tener ya las fuerzas por piso en cada módulo se procede al cálculo de fuerzas por marco mediante la siguiente fórmula:

$$F_{\text{Marco}} = \frac{K_{\text{LatMarco}} * F_{\text{Piso}}}{K_{\text{LatTotal}}}$$

Tabla XXVIII. **Distribución de fuerza por marco módulo 1**

DISTRIBUCIÓN FUERZAS POR MARCO MÓDULO 1			
MARCOS 1, 2 y 3			
Núm. columnas marco=	8	Núm. columnas total=	24
F[marco nivel 2]	15.59	toneladas	
F[marco nivel 1]	11.62	toneladas	
DISTRIBUCIÓN FUERZAS POR MARCO MÓDULO 1			
MARCOS A, B, C, D, E, F, G, H			
Núm. columnas marco=	3	Núm. columnas total=	24
F[marco nivel 2]	5,85	toneladas	
F[marco nivel 1]	4,36	toneladas	

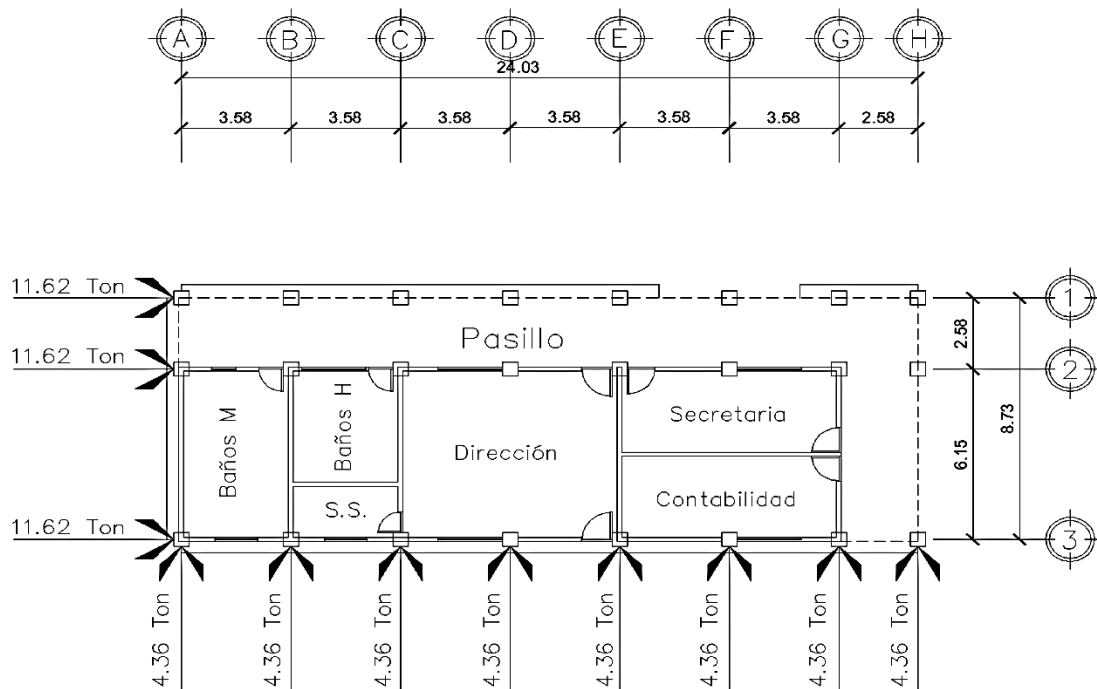
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Distribución de fuerza por marco módulo 2**

DISTRIBUCIÓN FUERZAS POR MARCO MÓDULO 2			
MARCOS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9			
Núm columnas marco=	4	Núm. columnas total=	36
F[marco nivel 2]	11,60	toneladas	
F[marco nivel 1]	8,24	toneladas	
DISTRIBUCIÓN FUERZAS POR MARCO MÓDULO 2			
MARCOS A, B, C y D			
Núm. columnas marco=	9	Núm. columnas total=	36
F[marco nivel 2]	26,09	toneladas	
F[marco nivel 1]	18,53	toneladas	

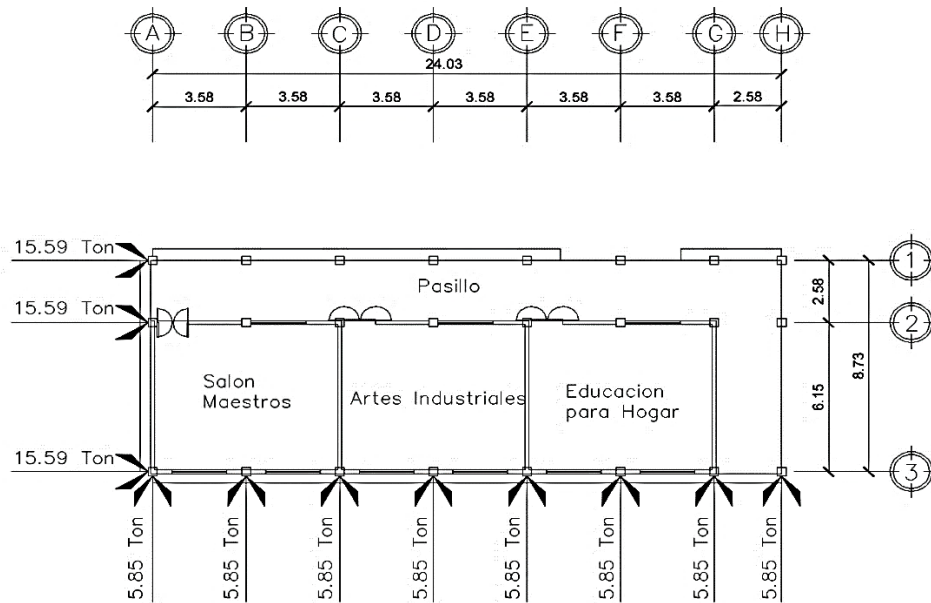
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Distribución fuerzas por marco, módulo 1, primero nivel**



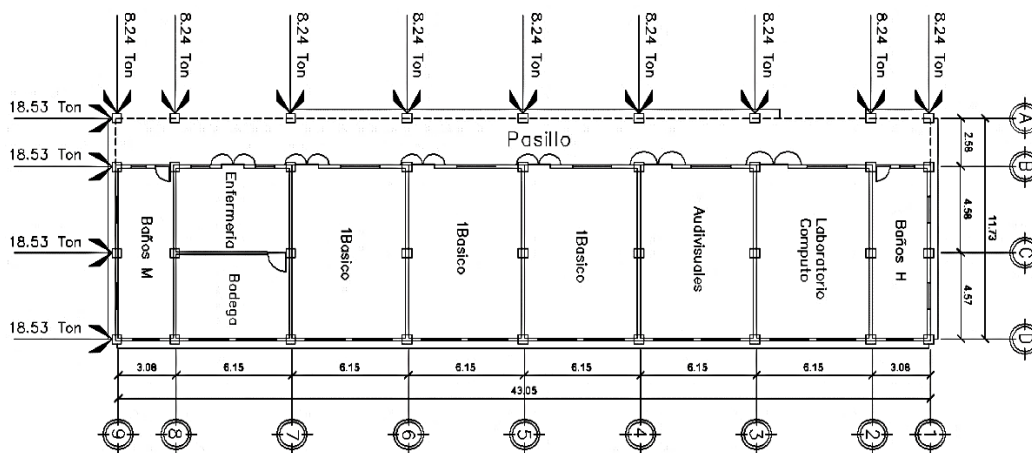
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 26. Distribución fuerzas por marco, módulo 1, segundo nivel



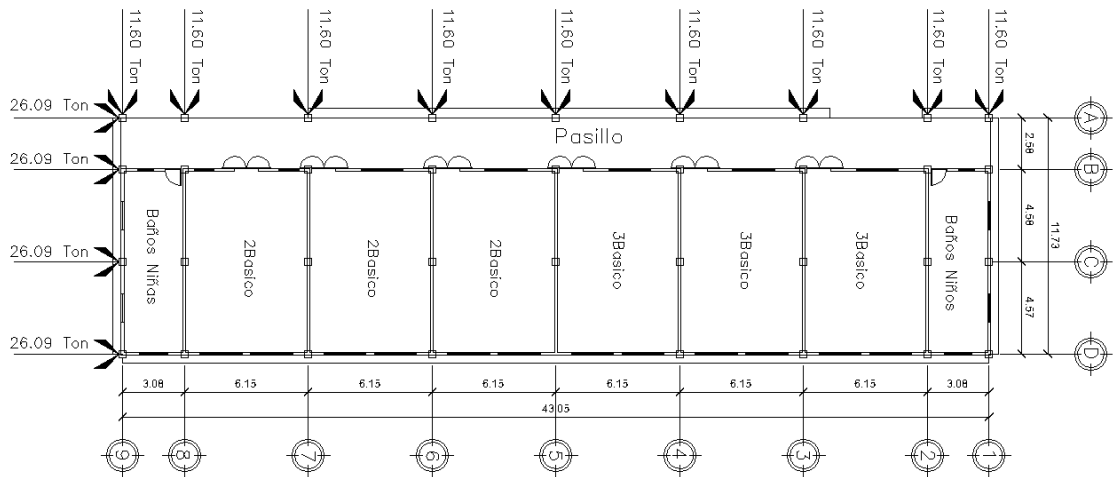
Fuente: elaboración propia, empleado AutoCAD.2016.

Figura 27. Distribución fuerzas por marco, módulo 2, primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleado AutoCAD.2016.

Figura 28. Distribución fuerzas por marco, módulo 2, segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleado AutoCAD.2016.

2.1.6.2.4. Cálculo de fuerzas de torsión

Se debe analizar el edificio a fuerzas torsionales que sufre la estructura portante de un edificio cuando es sometida a grandes esfuerzos horizontales. Verificando excentricidad real y de diseño, que en planta aparecen entre el centro de rigidez de un piso y el centro de masa de la carga que soportan, las cuales no deben diferir el porcentaje establecido por el AGIES NSE 2010, 2.3.2 inciso a), P. 26. Ya que este efecto es particularmente significativo en los sismos.

Centro de Masa:

Módulo 1:

Con base en todas las masas que conforman el módulo 1, muros, puertas, piso, paredes, columnas, entre otros. Y respecto a su distancia al centro de masas de dichos elementos, se obtiene el centro de masa del módulo 1 tanto en X como en Y mediante las fórmulas siguientes:

$$\bar{X} = \frac{W * X}{\sum W} \quad \bar{Y} = \frac{W * Y}{\sum W}$$

Obteniendo lo siguiente:

Tabla XXX. **Centro de masa módulo 1**

Xcm =	12,15
Ycm =	4,6

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Con base en todas las masas que conforman el módulo 2, muros, puertas, piso, paredes, columnas, entre otros. Y respecto a su distancia al centro de masas de dichos elementos, se obtiene el centro de masa del módulo 2 tanto en X como en Y mediante las fórmulas siguientes:

$$\bar{X} = \frac{W * X}{\sum W} \quad \bar{Y} = \frac{W * Y}{\sum W}$$

Obteniendo lo siguiente:

Tabla XXXI. **Centro de masa módulo 2**

X_{cm} =	22,04
Y_{cm} =	5,97

Fuente: elaboración propia.

Centro de rigidez:

El centro de rigideces de los módulos se obtiene calculando las rigideces de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$X_{Lat} = \frac{K_{Lat} * \bar{X}}{\sum K_{Lat} * Y} Y_{Lat} = \frac{K_{Lat} * \bar{Y}}{\sum K_{Lat} * X}$$

Módulo 1:

Tabla XXXII. **Centro de rigidez en el eje X**

EJE	KLat	#Col	X	KLat*#Col*X	∑KLatY
A	0,097 E	3	0,475	0,138225 E	0,291 E
B	0,097 E	3	4,055	1,180005 E	0,291 E
C	0,097 E	3	7,625	2,218875 E	0,291 E
D	0,097 E	3	11,205	3,260655 E	0,291 E
E	0,097 E	3	14,775	4,299525 E	0,291 E
F	0,097 E	3	18,355	5,341305 E	0,291 E
G	0,097 E	3	21,925	6,380175 E	0,291 E
H	0,097 E	3	24,505	7,130955 E	0,291 E
∑ =				29,95 E	2,328 E
X_{lat} = 12,87 m					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Centro de rigidez en el eje Y

EJE	KLat	#Col	Y	KLat*#Col*Y	Σ KLatX
1	0,097 E	8	9,205	7,14308 E	0,776 E
2	0,097 E	8	6,625	5,141 E	0,776 E
3	0,097 E	8	0,475	0,3686 E	0,776 E
			$\Sigma =$	12,653 E	2,328 E
Ylat = 5,44 m					

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Tabla XXXIV. Centro de rigidez en el eje X

EJE	KLat	#Col	X	KLat*#Col*X	Σ KLatY
9	0,097 E	4	0,475	0,1843 E	0,388 E
8	0,097 E	4	3,555	1,37934 E	0,388 E
7	0,097 E	4	9,705	3,76554 E	0,388 E
6	0,097 E	4	15,855	6,15174 E	0,388 E
5	0,097 E	4	22,005	8,53794 E	0,388 E
4	0,097 E	4	28,155	10,92414 E	0,388 E
3	0,097 E	4	34,305	13,31034 E	0,388 E
2	0,097 E	4	40,455	15,69654 E	0,388 E
1	0,097 E	4	43,525	16,8877 E	0,388 E
			$\Sigma =$	76,83758 E	3,492 E
Xlat = 22 m					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Centro de rigidez en el eje Y

EJE	KLat	#Col	Y	KLat*#Col*Y	ΣKLatX
D	0,097 E	9	0,475	0,414675 E	0,873 E
C	0,097 E	9	5,045	4,404285 E	0,873 E
B	0,097 E	9	9,625	8,402625 E	0,873 E
A	0,097 E	9	12,205	10,65497 E	0,873 E
				Σ =	23,87655 E 3,492 E
Ylat = 6,84 m					

Fuente: elaboración propia.

Excentricidad real:

Se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$e_{realX} = \bar{X}_{RIG} - \bar{X}_{MASA} \quad e_{realY} = \bar{Y}_{RIG} - \bar{Y}_{MASA}$$

Tabla XXXVI. Excentricidad real módulo 1

EXCENTRICIDAD REAL EJE X Y EJE Y					
Xlat =	12,87	m	Ylat =	5,44	
Xcm =	12,15	m	Ycm =	4,6	
exreal =	0,72	m	eyreal =	0,84	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Excentricidad real módulo 2**

EXCENTRICIDAD REAL EJE X Y EJE Y				
Xlat =	22	m	Ylat =	6,84
Xcm =	22,04	m	Ycm =	5,97
exreal =	-0,04	m	eyreal =	0,87

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Excentricidades según códigos, módulo 1**

REGLAMENTO UBC / AGIES (2.3.2 (a) PAG 26)				
e = 0,10 B				
bx =	24,18		metros	
by =	8,73		metros	
ex =	2,42		metros	
ey =	0,87		metros	

Fuente: elaboración.

Tabla XXXIX. **Excentricidades según códigos, módulo 2**

REGLAMENTO UBC / AGIES (2.3.2 (a) PAG 26)				
e = 0,10 B				
bx =	43,2		metros	
by =	11,88		metros	
ex =	4,32		metros	
ey =	1,19		metros	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Comparación de excentricidades reales, módulo 1**

COMPROBACIÓN:					
exreal	<	ex	OK		
0,72	<	2,42	OK	OK	29,75 %
eyreal	<	ey	OK		
0,84	<	0,87	OK	OK	96,22 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Comparación de excentricidades reales, módulo 2**

COMPROBACIÓN:					
exreal	<	ex	OK		
0,04	<	4,32	OK	OK	0,93 %
eyreal	<	ey	OK		
0,87	<	1,19	OK	OK	73,23 %

Fuente: elaboración propia.

Excentricidad de Diseño:

Tabla XLII. **Excentricidad de diseño módulo 1**

EXCENTRICIDAD DE DISEÑO

AGIES NSE 3-10 3.2.4 $e_{diseño} = 1.50e_{real} + 5\%B$

ex diseño:	2,29	metros
ey diseño:	1,70	metros

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Excentricidad de diseño módulo 2**

EXCENTRICIDAD DE DISEÑO

AGIES NSE 3-10 3.2.4 $e_{diseño} = 1.50e_{real} + 5\%B$

ex diseño:	2,10	metros
ey diseño:	1,90	metros

Fuente: elaboración propia.

- **Calculo de torsión:**

El cortante que sufre la estructura se debe distribuir a los marcos que resisten la fuerza lateral de acuerdo a las rigideces de los mismos.

Módulo 1:

Realizando el análisis en el nivel 2, el cortante resultante sería de:

Tabla XLIV. **Cortante resultante**

V2=	46,77	ton
VX =	46,77	ton
VY =	46,77	ton

Fuente: elaboración propia.

Para encontrar el cortante máximo de torsión en este módulo, realizamos 8 combinaciones:

Tabla XLV. **Combinaciones para encontrar corte de torsión máximo**

$T = V_x \cdot e_y + 0,3 \cdot V_y \cdot e_x$	111,46	ton*m
$T = V_x \cdot e_y - 0,3 \cdot V_y \cdot e_x$	47,23	ton*m
$T = -V_x \cdot e_y + 0,3 \cdot V_y \cdot e_x$	-47,23	ton*m
$T = -V_x \cdot e_y - 0,3 \cdot V_y \cdot e_x$	-111,46	ton*m

$T = 0,3 \cdot V_x \cdot e_y + V_y \cdot e_x$	130,86	ton*m
$T = 0,3 \cdot V_x \cdot e_y - V_y \cdot e_x$	-83,25	ton*m
$T = -0,3 \cdot V_x \cdot e_y + V_y \cdot e_x$	83,25	ton*m
$T = -0,3 \cdot V_x \cdot e_y - V_y \cdot e_x$	-130,86	ton*m

Fuente: elaboración propia.

Con estas combinaciones obtenemos el $T_{\text{máx.}} = 130,86$ ton-m

Módulo 2:

Realizando el análisis en el nivel 2, el cortante resultante sería de:

Tabla XLVI. **Cortante resultante**

$V_2 =$	104,36	ton
$V_x =$	104,36	ton
$V_y =$	104,36	ton

Fuente: elaboración propia.

Para encontrar el cortante máximo de torsión en este módulo, se realizan 8 combinaciones:

Tabla XLVII. **Combinaciones para encontrar corta de torsión máximo**

$T = VX \cdot eY + 0,3 \cdot VY \cdot eX$	263,93	ton*m
$T = VX \cdot eY - 0,3 \cdot VY \cdot eX$	132,43	ton*m
$T = -VX \cdot eY + 0,3 \cdot VY \cdot eX$	-132,43	ton*m
$T = -VX \cdot eY - 0,3 \cdot VY \cdot eX$	-263,93	ton*m
$T = 0,3 \cdot VX \cdot eY + VY \cdot eX$	278,61	ton*m
$T = 0,3 \cdot VX \cdot eY - VY \cdot eX$	-159,70	ton*m
$T = -0,3 \cdot VX \cdot eY + VY \cdot eX$	159,70	ton*m
$T = -0,3 \cdot VX \cdot eY - VY \cdot eX$	-278,61	ton*m

Fuente: elaboración propia.

Con estas combinaciones obtenemos el $T_{\text{máx.}} = 278,61$ ton-m

- Cálculo momento polar equivalente:

Para el cálculo polar equivalente se realiza usando la fórmula siguiente:

$$J = \sum (K_{LatX} \cdot Y^2 + K_{LatY} \cdot X^2)$$

Módulo 1:

Tabla XLVIII. **Momento polar equivalente eje Y**

EJE	Klat X	Y	Y ²	# Col	KlatX*#Col*Y ²
3	0,097 E	4,96	24,6	8	19,09 E
2	0,097 E	1,19	1,42	8	1,1 E
1	0,097 E	3,77	14,21	8	11,03 E

Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma = 31,22 \text{ E}$$

Tabla XLIX. **Momento polar equivalente eje X**

EJE	Klat Y	X	X ²	#Col	KlatY*#COL*X ²
A	0,097 E	12,39	153,51	3	44,67 E
B	0,097 E	8,82	77,79	3	22,64 E
C	0,097 E	5,24	27,46	3	7,99 E
D	0,097 E	1,67	2,79	3	0,81 E
E	0,097 E	1,91	3,65	3	1,06 E
F	0,097 E	5,49	30,14	3	8,77 E
G	0,097 E	9,06	82,08	3	23,89 E
H	0,097 E	11,64	135,49	3	39,43 E

Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma = 149,26 \text{ E}$$

Con los datos obtenidos se tiene:

$$J = 180,48 \text{ E} \quad [\text{ton} \cdot \text{m}^2 / \text{cm}]$$

Módulo 2:

Tabla L. **Momento polar equivalente eje Y**

EJE	Klat X	Y	Y ²	# Col	KlatX*#Col*Y ²
D	0,097 E	6,36	40,45	9	35,31 E
C	0,097 E	1,78	3,17	9	2,77 E
B	0,097 E	2,79	7,78	9	6,79 E
A	0,097 E	5,37	28,84	9	25,18 E

Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma = 70,05 \text{ E}$$

Tabla LI. **Momento polar equivalente eje X**

EJE	Klat Y	X	X^2	#Col	KlatY*#COL*X^2
1	0,097 E	21,52	463,11	4	179,69 E
2	0,097 E	18,44	340,03	4	131,93 E
3	0,097 E	12,29	151,04	4	58,6 E
4	0,097 E	6,14	37,7	4	14,63 E
5	0,097 E	0	0	4	0 E
6	0,097 E	6,14	37,7	4	14,63 E
7	0,097 E	12,29	151,04	4	58,6 E
8	0,097 E	18,44	340,03	4	131,93 E
9	0,097 E	21,52	463,11	4	179,69 E

Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma = 769,70 \text{ E}$$

Con los datos obtenidos se tiene:

$$J = 839,75 \text{ E} \quad [\text{ton} \cdot \text{m}^2 / \text{cm}]$$

- Cálculo de derivas por torsión:

Para el cálculo de las derivas por torsión se realiza usando la fórmula siguiente:

$$\Delta_v = \frac{T * (Dist_{[CR a Marco]}) * K_{[Marco]}}{J}$$

Módulo 1:

Tabla LII. **Derivas por torsión, eje Y**

EJE	Klat X	Y	T	# Col	AV
3	0,097 E	4,96	130,86	8	2,791
2	0,097 E	1,19	130,86	8	0,67
1	0,097 E	3,77	130,86	8	2,121

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Derivas por torsión, eje X**

EJE	Klat Y	X	T	#Col	AV
A	0,097 E	12,39	130,86	3	2,614
B	0,097 E	8,82	130,86	3	1,861
C	0,097 E	5,24	130,86	3	1,106
D	0,097 E	1,67	130,86	3	0,352
E	0,097 E	1,91	130,86	3	0,403
F	0,097 E	5,49	130,86	3	1,158
G	0,097 E	9,06	130,86	3	1,912
H	0,097 E	11,64	130,86	3	2,456

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Porcentaje de derivas**

PORCENTAJE DE DERIVAS				
Eje [marco]	ΔV [ton]	F _{MARCO} [ton]	$\Delta V/F$ [%]	$\Delta V/(0,3 \cdot F)$ [%]
1	2,12	15,59	13,60 %	45,35 %
2	0,67	15,59	4,30 %	14,33 %
3	2,79	15,59	17,90 %	59,68 %
A	2,61	5,47	47,81 %	159,37 %
B	1,86	5,47	34,04 %	113,46 %
C	1,106	5,47	20,23 %	67,43 %
D	0,352	5,47	6,44 %	21,46 %
E	0,40	5,47	7,37 %	24,57 %
F	1,16	5,47	21,18 %	70,60 %
G	1,91	5,47	34,97 %	116,57 %
H	2,46	5,47	44,92 %	149,73 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Cargas finales, nivel 1 módulo 1**

CARGAS LATERALES FINALES				
NIVEL	Eje [marco]	ΔV [ton]	F _{MARCO} [ton]	F[marco] total
1	1	1,34	9,85	11,19
	2	1,27	9,85	11,12
	3	5,29	9,85	15,14
	A	1,77	3,69	5,46
	B	1,26	3,69	4,95
	C	0,75	3,69	4,44
	D	0,24	3,69	3,93
	E	0,27	3,69	3,96
	F	0,78	3,69	4,47
	G	1,29	3,69	4,98
	H	1,66	3,69	5,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **Cargas finales, nivel 2 módulo 1**

CARGAS LATERALES FINALES				
NIVEL	Eje [Marco]	ΔV [Ton]	FMARCO [Ton]	F[marco] Total
2	1	1,98	14,58	16,56
	2	0,63	14,58	15,21
	3	2,61	14,58	17,19
	A	2,61	5,47	8,08
	B	1,86	5,47	7,33
	C	1,11	5,47	6,57
	D	0,35	5,47	5,82
	E	0,40	5,47	5,87
	F	1,16	5,47	6,63
	G	1,91	5,47	7,38
	H	2,46	5,47	7,92

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Tabla LVII. **Derivas por torsión, eje Y**

EJE	Klat X	Y	T	# Col	AV
D	0,097	E 6,36	278,61	9	1,842
C	0,097	E 1,78	278,61	9	0,516
B	0,097	E 2,79	278,61	9	0,808
A	0,097	E 5,37	278,61	9	1,555

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. Derivas por torsión, eje X

EJE	Klat Y	X	T	#Col	AV
1	0,097 E	21,52	278,61	4	2,77
2	0,097 E	18,44	278,61	4	2,374
3	0,097 E	12,29	278,61	4	1,582
4	0,097 E	6,14	278,61	4	0,79
5	0,097 E	0	278,61	4	0
6	0,097 E	6,14	278,61	4	0,79
7	0,097 E	12,29	278,61	4	1,582
8	0,097 E	18,44	278,61	4	2,374
9	0,097 E	21,52	278,61	4	2,77

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. Porcentaje de derivas

PORCENTAJE DE DERIVAS				
Eje [marco]	ΔV [ton]	F _{MARCO} [ton]	$\Delta V/F$ [%]	$\Delta V/(0,3 \cdot F)$ [%]
1	2,77	10,83	25,58 %	85,27 %
2	2,37	10,83	21,92 %	73,08 %
3	1,58	10,83	14,61 %	48,70 %
4	0,79	10,83	7,30 %	24,32 %
5	0,00	10,83	0,00 %	0,00 %
6	0,79	10,83	7,30 %	24,32 %
7	1,582	10,83	14,61 %	48,70 %
8	2,37	10,83	21,92 %	73,08 %
9	2,77	10,83	25,58 %	85,27 %
A	1,56	24,37	6,38 %	21,27 %
B	0,81	24,37	3,32 %	11,05 %
C	0,516	24,37	2,12 %	7,06 %
D	1,842	24,37	7,56 %	25,20 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Cargas finales, nivel 1 módulo 2**

CARGAS LATERALES FINALES				
NIVEL	Eje [marco]	ΔV [ton]	F_{MARCO} [ton]	F[marco] total
1	1	1,84	7,18	9,02
	2	1,57	7,18	8,76
	3	1,05	7,18	8,23
	4	0,52	7,18	7,70
	5	0,00	7,18	7,18
	6	0,52	7,18	7,70
	7	1,05	7,18	8,23
	8	1,57	7,18	8,76
	9	1,84	7,18	9,02
	A	1,03	16,16	17,19
	B	0,54	16,16	16,69
	C	0,34	16,16	16,50
	D	1,22	16,16	17,38

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Cargas finales, nivel 2 módulo 2**

CARGAS LATERALES FINALES				
NIVEL	Eje [marco]	ΔV [ton]	F_{MARCO} [ton]	F[marco] total
2	1	2,77	10,83	13,60
	2	2,37	10,83	13,20
	3	1,58	10,83	12,41
	4	0,79	10,83	11,62
	5	0,00	10,83	10,83
	6	0,79	10,83	11,62
	7	1,58	10,83	12,41
	8	2,37	10,83	13,20
	9	2,77	10,83	13,60
	A	1,56	24,37	25,92
	B	0,81	24,37	25,17
	C	0,52	24,37	24,88
	D	1,84	24,37	26,21

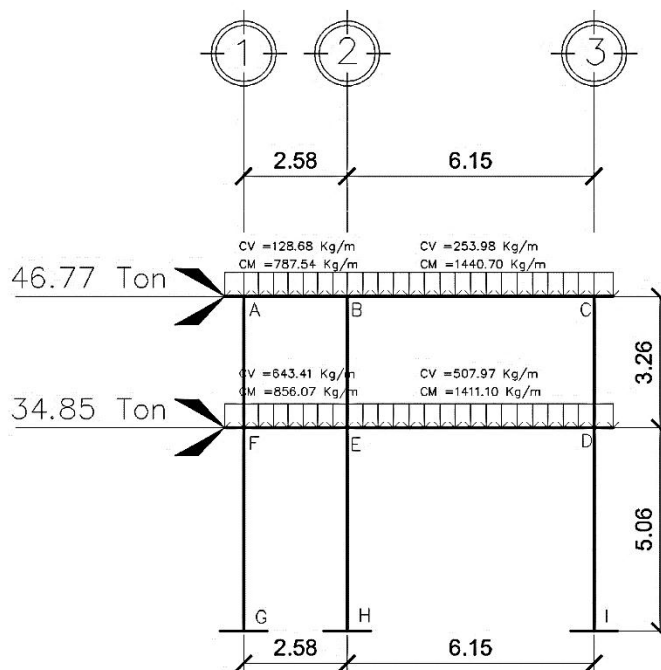
Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.5. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

El modelo matemático de un marco dúctil es una gráfica que representa la forma de las cargas y las mismas que soportan los marcos de la edificación, y que además sirve para realizar el análisis estructural del mismo.

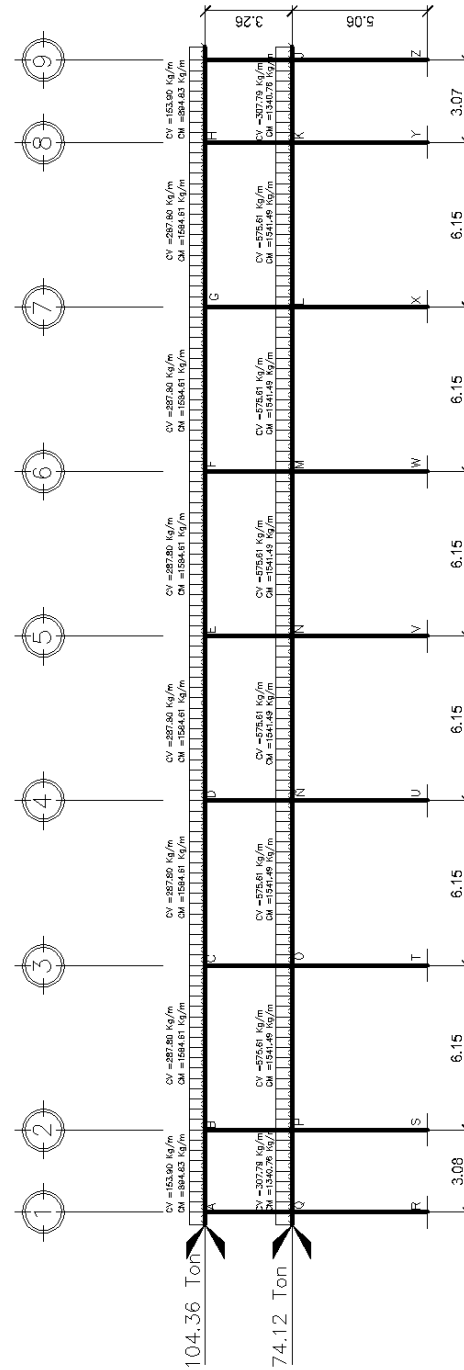
Para este caso se tomarán los ejes más críticos en ambos módulos, en el módulo 1 el eje B y en el módulo 2 el eje C, cuyas cargas se integraron en la sección 2.1.6.2.1.

Figura 29. Modelo matemático, marco típico, eje B, módulo 1.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 30. Modelo matemático, marco típico, eje C, módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Dónde:

CM = carga muerta

CV = carga viva

2.1.6.2.6. Análisis de marcos dúctiles por métodos de análisis numéricos y comprobación por medio de software

El método de Kani es una variante del método de Cross. Consiste en un método de aproximaciones sucesivas y, los resultados se logran con la exactitud que se desee. Este método conduce a una eliminación prácticamente automática de los errores ocasionales.

A continuación, se describe el procedimiento del método de Kani:

- Momentos fijos:

Figura 31. Momentos fijos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Se calculan cuando existen cargas verticales.

$$M_{F_{ik}} = \frac{+WL^2}{-12}$$

- Rigidez en los elementos:

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$$

Dónde:

- I = inercia del elemento
- L = longitud del elemento

- Factor de giro o factor de reparto:

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_{i=1}^m K_{ik}}$$

- Momentos de sujeción (M_s):

Se calcula cuando hay cargas verticales.

$$M_s = \sum M_{F_{ik}}$$

- Factores de corrimiento:

Se calcula cuando hay ladeo causado cuando la estructura no es simétrica o cuando se hace el análisis al marco rígido causado por las fuerzas horizontales a dicho marco.

$$\gamma_{ik} = -\frac{3}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_{i=1}^m K_{ik}}$$

- Fuerzas de sujeción (H):

Se calcula cuando se hace el análisis al marco rígido causado por las fuerzas horizontales a dicho marco.

$H = FM_{\text{Nivel } n}$ (Fuerza por marco del nivel n, tomado del análisis sísmico).

- Fuerza cortante en el piso (Q_r):

Se calcula cuando se hace el análisis al marco rígido causado por las fuerzas horizontales a dicho marco.

$$Q_r = \sum H$$

- Momento de piso (M_r):

Se calcula cuando se hace el análisis al marco rígido causado por las fuerzas horizontales a dicho marco.

$$M_r = \frac{Q_r * H_r}{3}$$

Dónde:

H_r = altura del piso en análisis

- Cálculo de Iteraciones, influencias de giro:

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \sum M'_{ri}) \rightarrow \text{sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \sum M'_{ri} + M''_{ri}) \rightarrow \text{con ladeo}$$

- Calculo de iteraciones, influencias de desplazamiento:

Se calcula cuando existe ladeo.

$$M''_{ik} = Y_{ik}(\sum M'_{ik} + \sum M'_{ki}) \rightarrow \text{sin ladeo}$$

$$M''_{ik} = Y_{ik}(M_r + \sum M'_{ik} + \sum M'_{ki}) \rightarrow \text{con ladeo}$$

- Cálculo de los momentos finales (negativos) en el extremo de la viga:

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \rightarrow \text{Sin ladeo}$$

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \rightarrow \text{Con ladeo}$$

- Cálculo de los momentos positivos en vigas:

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

Dónde:

$M_{i(-)}$ = momento negativo en la viga lado extremo izquierdo

$M_{k(-)}$ = momento negativo en la viga lado extremo derecho

Módulo 1:

Por motivos didácticos se presenta uno de los marcos (Eje B) que componen la escuela de educación básica. Para comparar posteriormente los resultados con el programa Midas Gen 2018.

Tabla LXII. **Momentos fijos, eje B**

NODO	W (ton/m)	L (m)	Momento (ton-m)
A-B	0,78754	2,58	-0,437
B-A	0,78754	2,58	0,437
B-C	1,4407	6,15	-4,541
C-B	1,4407	6,15	4,541
D-E	1,4111	6,15	4,448
E-D	1,4111	6,15	-4,448
E-F	0,85607	2,58	0,475
F-E	0,85607	2,58	-0,475

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Momentos de sujeción, eje B**

NODO	Momento (ton-m)
A-B	-0,437
B-A	-4,104
B-C	4,541
C-B	4,541
D-E	4,448
E-D	-3,973
E-F	-0,475
F-E	-0,475

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Inercia en elementos, eje B**

INERCIA EN VIGAS			
	ANCHO (m)	ALTO (m)	INERCIA
VIGA (25x40)	0,25	0,4	0,001333333
VIGA (30x50)	0,3	0,5	0,003125
Viga (30x60)	0,3	0,6	0,0054
INERCIA EN COLUMNAS			
	ANCHO (m)	ALTO (m)	INERCIA
COL (40x40)	0,4	0,4	0,002133333
COL (50X50)	0,5	0,5	0,005208333

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Rigideces en elementos, eje B**

RIGIDEZ EN VIGAS	
A-B	B-C
0,0005168	0,00050813
F-E	E-D
0,00121124	0,00087805

RIGIEZ EN COLUMNAS	
A-B	B-C
0,000654397	
F-E	E-D
0,001597648	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. Factor de giro o coeficiente de reparto

NODO	TRAMO	FACTOR	$\sum \mu_{ik} = 0,50$	CHEQUEO
A	A-B	-0,221	-0,5	OK
	A-F	-0,279		
B	B-A	-0,099	-0,5	OK
	B-C	-0,097		
	B-E	-0,305		
C	C-B	-0,219	-0,5	OK
	C-D	-0,281		
D	D-C	-0,105	-0,5	OK
	D-E	-0,14		
	D-I	-0,255		
E	E-D	-0,083	-0,5	OK
	E-B	-0,151		
	E-F	-0,115		
	E-H	-0,151		
F	F-E	-0,24	-0,5	OK
	F-A	-0,13		
	F-G	-0,13		

Fuente: elaboración propia.

1era Iteración para carga muerta gravitacional, eje B (eje critico) módulo 1.

NODO A:

$$M'_{AB} = (-0,437)(-0,221) = 0,096577$$

$$M'_{AF} = (-0,437)(-0,279) = 0,121923$$

NODO B:

$$M'_{BA} = (-0,099)(0,096577-4,104) = 0,396735$$

$$M'_{BC} = (-0,097)(0,096577-4,104) = 0,388720$$

$$M'_{BE} = (-0,305)(0,096577-4,104) = 1,222264$$

NODO C:

$$M'_{CB} = (-0,219)(0,388720+4,541) = -1,079609$$

$$M'_{CD} = (-0,281)(0,388720+4,541) = -1,385251$$

NODO D:

$$M'_{DC} = (-0,105)(-1,385251+4,448) = -0,321589$$

$$M'_{DE} = (-0,14)(-1,385251+4,448) = -0,428785$$

$$M'_{DI} = (-0,255)(-1,385251+4,448) = -0,7810$$

NODO E:

$$M'_{ED} = (-0,083)(-3,973+1,222264-0,428785) = 0,263900$$

$$M'_{EB} = (-0,151)(-3,973+1,222264-0,428785) = 0,480108$$

$$M'_{EF} = (-0,115)(-3,973+1,222264-0,428785) = 0,365645$$

$$M'_{EH} = (-0,151)(-3,973+1,222264-0,428785) = 0,480108$$

NODO F:

$$M'_{FE} = (-0,24)(-0,475+0,365645+0,121923) = -0,003016$$

$$M'_{FA} = (-0,13)(-0,475+0,365645+0,121923) = -0,001634$$

$$M'_{FG} = (-0,13)(-0,475+0,365645+0,121923) = -0,001634$$

Este procedimiento se repite hasta culminar con el ultimo nodo en la secuencia $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$

2da Iteración para carga muerta gravitacional, eje B (eje critico) módulo 1.

NODO A:

$$M'_{AB} = (-0,221)(-0,437+0,396735-0,001634) = 0,009260$$

$$M'_{AF} = (-0,279)(-0,437+0,396735-0,001634) = 0,011690$$

NODO B:

$$M'_{BA} = (-0,099)(-4,104+0,009260-1,079609+0,480108) = 0,464730$$

$$M'_{BC} = (-0,097)(-4,104+0,009260-1,079609+0,480108) = 0,455341$$

$$M'_{BE} = (-0,305)(-4,104+0,009260-1,079609+0,480108) = 1,431744$$

NODO C:

$$M'_{CB} = (-0,219)(4,541+0,455341-0,321589) = -1,023771$$

$$M'_{CD} = (-0,281)(4,541+0,455341-0,321589) = -1,313605$$

NODO D:

$$M'_{DC} = (-0,105)(4,448+0,263900-1,313605) = -0,356821$$

$$M'_{DE} = (-0,14)(4,448+0,263900-1,313605) = -0,475761$$

$$M'_{DI} = (-0,255)(4,448+0,263900-1,313605) = -0,866565$$

NODO E:

$$M'_{ED} = (-0,083)(-3,973-0,003016-0,475761+1,431744) = 0,250663$$

$$M'_{EB} = (-0,151)(-3,973-0,003016-0,475761+1,431744) = 0,456025$$

$$M'_{EF} = (-0,115)(-3,973-0,003016-0,475761+1,431744) = 0,347304$$

$$M'_{EH} = (-0,151)(-3,973-0,003016-0,475761+1,431744) = 0,456025$$

NODO F:

$$M'_{FE} = (-0,24)(-0,475+0,347304+0,011690) = 0,027841$$

$$M'_{FA} = (-0,13)(-0,475+0,347304+0,011690) = 0,015081$$

$$M'_{FG} = (-0,13)(-0,475+0,347304+0,011690) = 0,015081$$

Las iteraciones se realizaron hasta que los valores de influencia de giro obtenidos en todos los nodos, sean iguales o similares, el cual se logró hasta la 12 iteración, obteniendo lo siguiente:

Figura 32. Método de Kani hasta la 12 iteración carga muerta, módulo 1

A		B		C
-0,437	-0,221	-4,104	-0,097	4,541
0,096577	-0,437	0,388720031	-4,541	-1,07960869
0,00925967	0,096577	0,455341414	0,388720031	-1,02377086
-0,00946117	0,00925967	0,45407707	0,45407707	-1,01577809
0	-0,00946117	0,453748581	0,453748581	-1,01577472
0,121923	-0,00990751	1,22226402	0,453828224	-1,01584417
0,01168981	-0,00992621	1,43174362	1,42704171	-1,22899087
-0,01194419	-0,01005764	1,42776811	0,475095861	-1,02680483
-0,01255524	-0,01496119	1,42673523	0,456428264	-1,01682433
-0,01250768	-0,01073286	1,42698565	0,454182982	-1,01609923
-0,01253127	-0,01004655	1,42704171	0,453928517	-1,01590913
-0,0126972	-0,00995623	1,49385812	0,453865721	-1,01587445
-0,01888766	-0,00993711	1,43516104	0,453853078	-1,01586602
-0,01354963		1,42810113		-1,30376203
-0,0126832		1,42730101		-1,30351811
-0,01256917		1,42710356		-1,30347361
-0,01254504		1,4270638		-1,30346279
0,01873607		0,45092722		-0,356201
0,01874054		0,45091385		-0,35619545
0,01876294		0,4508373		-0,3561696
0,0189119		0,45047035		-0,35607404
0,01972584		0,44925841		-0,35546047
0,01980604		0,44032		-0,35439477
0,01930597		0,44515303		-0,32748934
0,01872945		0,45094509		-0,35621127
0,01872616		0,45104075		-0,35627039
0,01856137		0,45190286		-0,35650785
0,01508082		0,45602512		-0,35682094
-0,00163383		0,48010764		-0,32158861
F		E		D
-0,13	-0,24	-3,973	-0,083	-0,105
-0,475	-0,475	0,263900226	-4,448	4,448
0,03426714	-0,00301629	0,250662816	0,263900226	-0,42878481
0	0,02784151	0,248396937	0,248396937	-0,47576126
-0,00163383	0,03426714	0,247923059	0,247923059	-0,4753438
0,01508082	0,03457137	0,247870481	0,247870481	-0,47502718
0,01872616	0,03457744	0,244686764	0,244686764	-0,47494836
0,01872945	0,036565	0,242030196	0,242030196	-0,43665246
0,01930597	0,03641693	0,246943364	0,246943364	-0,47252637
0,01980604	0,03491429	0,247609528	0,247609528	-0,47394729
0,01972584	0,03463927	0,247811233	0,247811233	-0,47476539
0,0189119	0,03459791	0,247853309	0,247853309	-0,4748928
0,01876294	0,03458968	0,247860656	0,247860656	-0,47492727
0,01874054		0,45047035		-0,47493467
0,01873607		0,4508373		-0,86326114
		0,45091385		-0,86475124
		0,45092722		-0,86498331
				-0,86504609
				-0,86505958
0		0		0
G		H		I

Fuente: elaboración propia.

Con estas iteraciones procedemos al cálculo de los momentos finales, con las formulas descritas anteriormente en el procedimiento del Método de Kani.

Tabla LXVII. **Momentos finales carga muerta, modulo 1, eje crítico B**

A	MFAB =	0,01	ton-m
	MFAF =	-0,01	ton-m
B	MFBA =	1,353	ton-m
	MFBE =	3,31	ton-m
	MFBC =	-4,65	ton-m
C	MFCB =	2,963	ton-m
	MFCD =	-2,963	ton-m
D	MFDC =	-2,016	ton-m
	MFDI =	-1,73	ton-m
	MFDE =	3,75	ton-m
E	MFED =	-4,43	ton-m
	MFEB =	2,33	ton-m
	MFEF =	1,2	ton-m
	MFEH =	0,9	ton-m
F	MFFE =	-0,06	ton-m
	MFFA =	0,02	ton-m
	MFFG =	0,04	ton-m

Fuente: elaboración propia.

El mismo procedimiento realizamos para las cargas vivas, obteniendo lo siguiente:

Tabla LXVIII. **Momentos finales carga viva, modulo 1, eje crítico B**

A	MFAB =	-0,01	ton-m
	MFAF =	0,01	ton-m
B	MFBA =	0,206	ton-m
	MFBE =	0,61	ton-m
	MFBC =	-0,82	ton-m
C	MFCB =	0,558	ton-m
	MFCD =	-0,558	ton-m
D	MFDC =	-0,515	ton-m
	MFDI =	-0,76	ton-m
	MFDE =	1,28	ton-m
E	MFED =	-1,61	ton-m
	MFEB =	0,57	ton-m
	MFEF =	0,68	ton-m
	MFEH =	0,36	ton-m
F	MFFE =	-0,11	ton-m
	MFFA =	0,05	ton-m
	MFFG =	0,06	ton-m

Fuente: elaboración propia.

Para las cargas sísmicas calculamos lo que son los factores de corrimiento, fuerza cortante por piso (Q_r) y Momento por Piso (M_r), mediante las fórmulas descritas en el procedimiento del Método Kani:

Tabla LXIX. **Factores de corrimiento en columnas**

LOSA FINAL		
A-F	B-E	C-D
-0,338	-0,825	-0,338
1er NIVEL		
F-G	E-H	D-I
-0,255	-0,623	-0,623

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. **Fuerza cortante por piso (Q_r)**

FUERZA CORTANTE POR PISO (Q_r)		
Nivel 2	5,85 ton-m	5,85 ton-m
Nivel 1	4,36 ton-m	10,21 ton-m

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. **Momento por piso (M_r)**

PRIMERO NIVEL		LOSA FINAL	
Hr =	3,26 m	Hr =	3,26 m
Mr =	11,095 ton-m	Mr =	6,357 ton-m

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos obtenemos las siguientes iteraciones:

Figura 33. Método de Kani hasta la 12 iteración carga sísmica, módulo 1

MOMENTO DE PISO	6.357			11.095		
	TON-M	TON-M	TON-M	TON-M	TON-M	TON-M
	A-F	A	B-E	B	C-D	C
	-0,338	0	-0,825	0	-0,338	0
	-2,148666	0	-5,244525	0	-2,148666	0
	-3,97728276	0,59947781	-9,70786473	1,45474929	-3,97728276	0,60377515
	-4,80526945	0,85881372	-11,7288382	2,20244664	-4,80526945	0,67126391
	-5,18547816	0,94863466	-12,6568624	2,52242093	-5,18547816	0,72727321
	-5,35933474	0,99064253	-13,0812164	2,67050575	-5,35933474	0,8221934
	-5,43872157	1,00968312	-13,2749861	2,73864668	-5,43872157	0,84514515
	-5,47495429	1,01841914	-13,3634239	2,76981793	-5,47495429	0,85569743
	-5,49148676	1,02240815	-13,4037769	2,78404442	-5,49148676	0,86052993
	-5,49902924	1,02422948	-13,4221868	2,79053344	-5,49902924	0,86273839
	-5,50247008	1,02506082	-13,4305853	2,79349305	-5,50247008	0,86374663
	-5,50403974	1,02544019	-13,4344165	2,79484299	-5,50403974	0,86420672
	-5,50475578	1,02561328	-13,4361643	2,79545876	-5,50475578	0,86441663
		0,92106109		2,78364761		1,53906234
		0,92082795		2,78304697		1,53877642
		0,92031687		2,78173031		1,53814962
		0,91919643		2,77884413		1,53677543
		0,91673993		2,77251756		1,53376224
		0,91135328		2,75864904		1,5271528
		0,89953599		2,72823922		1,51264205
		0,87357894		2,66147799		1,48072132
		0,81639349		2,51421444		1,41021464
		0,6902527		2,18402227		1,25297428
		0,42690006		1,43721348		0,88799296
	F	F	E	E	D	D
	0	0	0	0	0	0
	-0,13	-0,13	-0,151	-0,151	-0,105	-0,105
	F-G	F	E-H	F	D-J	I
	-0,255	0	-0,623	0	-0,623	0
	-2,829225	0	-6,912185	0	-6,912185	0
	-3,85449531	0,42690006	-9,41706109	1,43721348	-9,41706109	2,15655434
	-4,33811419	0,6902527	-10,5986084	2,18402227	-10,5986084	3,04293755
	-4,5518558	0,81639349	-11,1208085	2,51421444	-11,1208085	3,42480697
	-4,64765408	0,87357894	-11,3548568	2,66147799	-11,3548568	3,5960375
	-4,69106529	0,89953599	-11,4609164	2,72823922	-11,4609164	3,67355928
	-4,7108195	0,91135328	-11,5091786	2,75864904	-11,5091786	3,70879965
	-4,71982271	0,91673993	-11,5311747	2,77251756	-11,5311747	3,72485117
	-4,72392841	0,91919643	-11,5412055	2,77884413	-11,5412055	3,7321689
	-4,72580111	0,92031687	-11,5457808	2,78173031	-11,5457808	3,73550621
	-4,72665536	0,92082795	-11,5478678	2,78304697	-11,5478678	3,73702846
	-4,72704504	0,92106109	-11,5488198	2,78364761	-11,5488198	3,73772284
	G	G	H	H	I	I
	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Con estas iteraciones procedemos al cálculo de los momentos finales, con las formulas descritas anteriormente en el procedimiento del Método de Kani.

Tabla LXXII. **Momentos finales carga sísmica, módulo 1, eje crítico B**

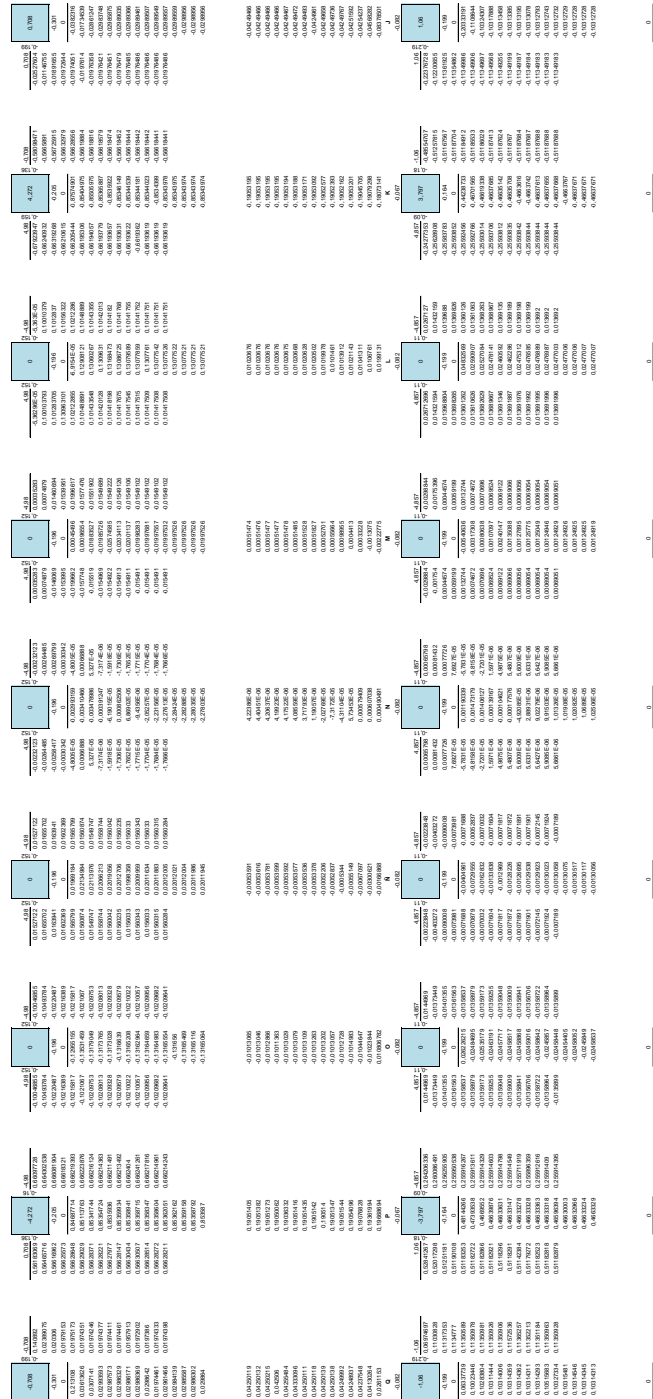
A	MFAB =	2,532	ton-m
	MFAF =	-2,532	ton-m
B	MFBA =	2,627	ton-m
	MFBE =	-5,062	ton-m
	MFBC =	2,452	ton-m
C	MFCB =	2,236	ton-m
	MFCD =	-2,237	ton-m
D	MFDC =	-1,562	ton-m
	MFDI =	-4,073	ton-m
	MFDE =	5,634	ton-m
E	MFED =	5,112	ton-m
	MFEB =	-5,073	ton-m
	MFEF =	5,94	ton-m
	MFEH =	-5,982	ton-m
F	MFFE =	5,521	ton-m
	MFFA =	-2,637	ton-m
	MFFG =	-2,885	ton-m

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Para este módulo, el procedimiento para el método de Kani es exactamente el mismo que se describió para el módulo 1, por tanto se obtuvo lo siguiente:

Figura 34. Método de Kani hasta la 12 iteración carga muerta, módulo 2



Fuente: elaboración propia.

Con estas iteraciones procedemos al cálculo de los momentos finales, con las formulas descritas anteriormente en el procedimiento del Método de Kani.

Tabla LXXIII. **Momentos finales carga muerta, módulo 2, eje crítico C, 2do nivel**

A	MFAB =	-0,1	ton-m
	MFAQ =	0,1	ton-m
B	MFBA =	1,86	ton-m
	MFBC =	-3,75	ton-m
	MFBP =	1,898	ton-m
C	MFCB =	5,442	ton-m
	MFCD =	-5,169	ton-m
	MFCO =	-0,273	ton-m
D	MFDC =	4,909	ton-m
	MFDÑ =	0,04	ton-m
	MFDE =	-4,949	ton-m
E	MFED =	4,996	ton-m
	MFEN =	0	ton-m
	MFEF =	-4,996	ton-m
F	MFFE =	4,949	ton-m
	MFFM =	-0,039	ton-m
	MFFG =	-4,91	ton-m
G	MFGF =	5,167	ton-m
	MFGL =	0,272	ton-m
	MFGH =	-5,439	ton-m
H	MFHG =	3,758	ton-m
	MFHK =	-1,897	ton-m
	MFHI =	-1,86	ton-m
I	MFIH =	0,1	ton-m
	MFIJ =	-0,1	ton-m

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Momentos finales carga muerta, módulo 2, eje crítico C, 1er nivel**

J	MFJI =	-0,11	ton-m
	MFJK =	0,32	ton-m
	MFJZ =	-0,21	ton-m
K	MFKJ =	-2,197	ton-m
	MFKH =	-1,235	ton-m
	MFKL =	4,359	ton-m
	MFKY =	-0,933	ton-m
L	MFLK =	-5,086	ton-m
	MFLG =	0,151	ton-m
	MFLM =	4,885	ton-m
	MFLX =	0,05	ton-m
M	MFML =	-4,842	ton-m
	MFMF =	-0,019	ton-m
	MFMN =	4,858	ton-m
	MFMW =	0,002	ton-m
N	MFNM =	-4,856	ton-m
	MFNE =	0	ton-m
	MFNÑ =	4,856	ton-m
	MFNV =	0	ton-m
Ñ	MFÑN =	-4,858	ton-m
	MFÑD =	0,019	ton-m
	MFÑO =	4,842	ton-m
	MFÑU =	-0,003	ton-m
O	MFOÑ =	-4,885	ton-m
	MFOC =	-0,152	ton-m
	MFOP =	5,086	ton-m
	MFOT =	-0,049	ton-m
P	MFPO =	-4,359	ton-m
	MFPB =	1,235	ton-m
	MFPQ =	2,197	ton-m
	MFPS =	0,933	ton-m
Q	MFQP =	-0,32	ton-m
	MFQA =	0,11	ton-m
	MFQR =	0,21	ton-m

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma se calcula para la carga viva, por lo que se obtiene lo siguiente:

Tabla LXXV. **Momentos finales carga viva, módulo 2, eje crítico C, 2do nivel**

A	MFAB =	-0,01	ton-m
	MFAQ =	0,01	ton-m
B	MFBA =	0,32	ton-m
	MFBC =	-0,704	ton-m
	MFBP =	0,386	ton-m
C	MFCB =	0,995	ton-m
	MFCD =	-0,944	ton-m
	MFCO =	-0,051	ton-m
D	MFDC =	0,903	ton-m
	MFDÑ =	0,007	ton-m
	MFDE =	-0,909	ton-m
E	MFED =	0,916	ton-m
	MFEN =	0	ton-m
	MFEF =	-0,916	ton-m
F	MFFE =	0,909	ton-m
	MFFM =	-0,007	ton-m
	MFFG =	-0,903	ton-m
G	MFGF =	0,944	ton-m
	MFGL =	0,05	ton-m
	MFGH =	-0,994	ton-m
H	MFHG =	0,706	ton-m
	MFHK =	-0,386	ton-m
	MFHI =	-0,32	ton-m
I	MFIH =	0,01	ton-m
	MFIJ =	-0,01	ton-m

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Momentos finales carga viva, módulo 2, eje crítico C, 1er nivel**

J	MFJI =	0	ton-m
	MFJK =	-0,01	ton-m
	MFJZ =	0,01	ton-m
K	MFKJ =	-0,758	ton-m
	MFKH =	-0,338	ton-m
	MFKL =	1,567	ton-m
	MFKY =	-0,474	ton-m
L	MFLK =	-1,921	ton-m
	MFLG =	0,039	ton-m
	MFLM =	1,838	ton-m
	MFLX =	0,044	ton-m
M	MFML =	-1,805	ton-m
	MFMF =	-0,004	ton-m
	MFMN =	1,813	ton-m
	MFMW =	-0,004	ton-m
N	MFNM =	-1,816	ton-m
	MFNE =	0	ton-m
	MFÑÑ =	1,816	ton-m
	MFNV =	0	ton-m
Ñ	MFÑN =	-1,813	ton-m
	MFÑD =	0,005	ton-m
	MFÑO =	1,805	ton-m
	MFÑU =	0,004	ton-m
O	MFOÑ =	-1,838	ton-m
	MFOC =	-0,039	ton-m
	MFOP =	1,921	ton-m
	MFOT =	-0,044	ton-m
P	MFPO =	-1,567	ton-m
	MFPB =	0,338	ton-m
	MFPQ =	0,758	ton-m
	MFPS =	0,474	ton-m
Q	MFQP =	0,01	ton-m
	MFQA =	0	ton-m
	MFQR =	-0,01	ton-m

Fuente: elaboración propia.

Para las cargas sísmicas calculamos lo que son los factores de corrimiento, fuerza cortante por piso (Q_r) y Momento por Piso (M_r), mediante las fórmulas descritas en el procedimiento del método Kani:

Tabla LXXVII. **Factores de corrimiento en columnas**

FACTOR DE CORRIMIENTO EN COLUMNAS LOSA FINAL								
A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J
-0,167								
FACTOR DE CORRIMIENTO EN COLUMNAS 1er NIVEL								
Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z
-0,167								

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Fuerza cortante por piso (Q_r)**

FUERZA CORTANTE POR PISO (Q_r)			
Nivel 2	26,09	Ton-m	26,09 Ton-m
Nivel 1	18,53	Ton-m	44,62 Ton-m

Fuente: elaboración propia.

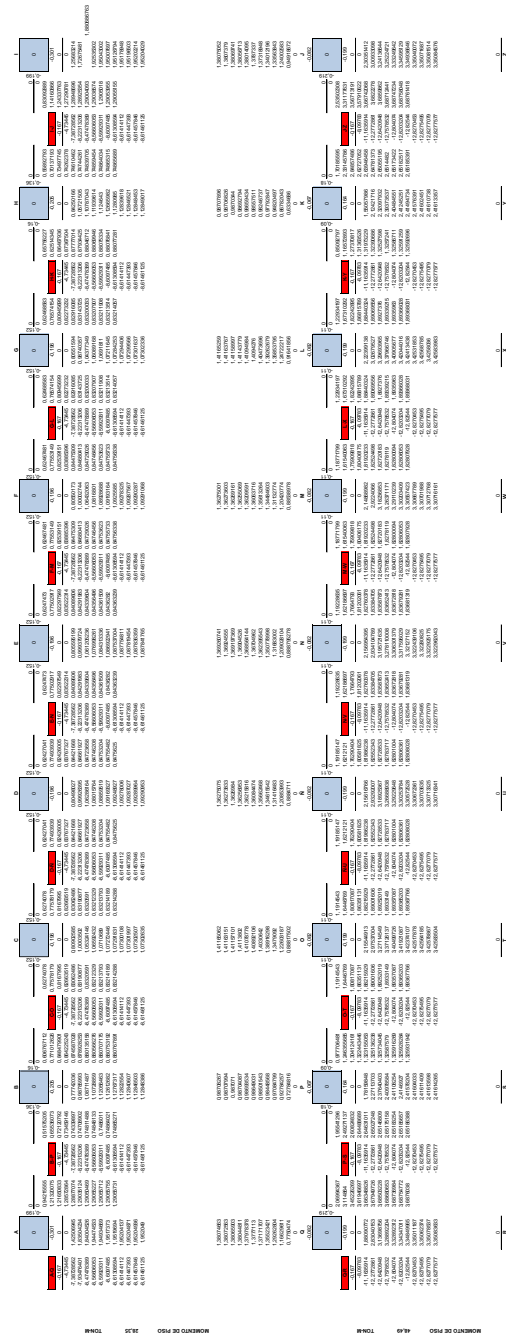
Tabla LXXIX. **Momento por piso (M_r)**

PRIMERO NIVEL		LOSA FINAL	
Hr =	3,26 m	Hr =	3,26 m
Mr =	48,487 Ton-m	Mr =	28,351 ton-m

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se obtienen las siguientes iteraciones:

Figura 35. Método de Kani hasta la 12 iteración carga sísmica, módulo 2



Fuente: elaboración propia.

Con estas iteraciones procedemos al cálculo de los momentos finales, con las fórmulas descritas anteriormente en el procedimiento del método de Kani.

Tabla LXXX. **Momentos finales carga sísmica, módulo 2, eje crítico C, 2do nivel**

A	MFAB =	3,33	ton-m
	MFAQ =	-3,33	ton-m
B	MFBA =	2,788	ton-m
	MFBC =	2,594	ton-m
	MFBP =	-5,371	ton-m
C	MFCB =	2,545	ton-m
	MFCD =	2,512	ton-m
	MFCO =	-5,057	ton-m
D	MFDC =	2,527	ton-m
	MFÑ =	-5,066	ton-m
	MFDE =	2,539	ton-m
E	MFED =	2,535	ton-m
	MFEN =	-5,07	ton-m
	MFEF =	2,535	ton-m
F	MFFE =	2,539	ton-m
	MFFM =	-5,066	ton-m
	MFFG =	2,527	ton-m
G	MFGF =	2,512	ton-m
	MFGL =	-5,057	ton-m
	MFGH =	2,545	ton-m
H	MFHG =	2,594	ton-m
	MFHK =	-5,371	ton-m
	MFHI =	2,788	ton-m
I	MFIH =	3,33	ton-m
	MFIJ =	-3,33	ton-m

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXI. **Momentos finales carga sísmica, módulo 2, eje crítico C, 1er nivel**

J	MFJI =	-3,901	ton-m
	MFJK =	10,027	ton-m
	MFJZ =	-6,126	ton-m
K	MFKJ =	8,991	ton-m
	MFKH =	-5,512	ton-m
	MFKL =	4,546	ton-m
	MFKY =	-7,995	ton-m
L	MFLK =	5,113	ton-m
	MFLG =	-4,718	ton-m
	MFLM =	5,615	ton-m
	MFLX =	-5,976	ton-m
M	MFML =	5,55	ton-m
	MFMF =	-4,796	ton-m
	MFMN =	5,493	ton-m
	MFMW =	-6,213	ton-m
N	MFNM =	5,502	ton-m
	MFNE =	-4,788	ton-m
	MFÑÑ =	5,502	ton-m
	MFNV =	-6,182	ton-m
Ñ	MFÑN =	5,493	ton-m
	MFÑD =	-4,796	ton-m
	MFÑO =	5,55	ton-m
	MFÑU =	-6,213	ton-m
O	MFOÑ =	5,615	ton-m
	MFOC =	-4,718	ton-m
	MFOP =	5,113	ton-m
	MFOT =	-5,976	ton-m
P	MFPO =	4,546	ton-m
	MFPB =	-5,512	ton-m
	MFPQ =	8,991	ton-m
	MFPS =	-7,995	ton-m
Q	MFQP =	10,027	ton-m
	MFQA =	-3,901	ton-m
	MFQR =	-6,126	ton-m

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.7. Comparación entre los métodos de análisis aplicados.

De los resultados obtenidos por el programa Midas Gen 2018 y el análisis numérico de Kani, realizamos una comparación entre estos dos métodos,

tomando como ejemplos los ejes más críticos en ambos módulos, en el módulo 1, se tomaron el eje B y en el caso del módulo 2 se tomó el eje C.

Módulo 1:

Tabla LXXXII. **Comparación CM vigas Midas Gen 2018 vs. Kani**

SA FINAL (NIVEL 2) MÓDULO 1, DE ACUERDO A CM EN VIG				
	NODO A	NODO B		NODO C
KANI	A-B	B-A	B-C	C-B
	0,01	1,353	-4,65	2,963
MIDAS GEN 18	A-B	B-A	B-C	C-B
	0	1,63	-4,2	2,73
DIF (%)	0 %	17 %	10 %	8 %
TRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 1, DE ACUERDO A CM EN VIG				
	NODO F	NODO E		NODO D
KANI	F-E	E-F	E-D	D-E
	-0,06	1,2	-4,43	3,75
MIDAS GEN 18	F-E	E-F	E-D	D-E
	0	1,26	-4,2	4,1
DIF (%)	0 %	5 %	5 %	9 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIII. **Comparación CM columnas Midas Gen 2018 vs. Kani**

OSA FINAL (NIVEL 2) MÓDULO 1, CM COLUMNA			
	NODO A	NODO B	NODO C
KANNI	A-F	B-E	C-D
	-0,01	3,31	-2,963
MIDAS GEN 18	A-F	B-E	C-D
	0	3,46	-3,16
DIF (%)	0 %	4 %	6 %
ENTRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 1 CM EN COLUMNAS			
	NODO F	NODO E	NODO D
KANNI	F-G	E-H	D-I
	0,04	0,9	-1,73
MIDAS GEN 18	F-G	E-H	D-I
	0	0,95	1,69
DIF (%)	0 %	5 %	2 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIV. **Comparación CV vigas Midas Gen 2018 vs. Kani**

LOSA FINAL (NIVEL 2) MÓDULO 1, DE ACUERDO A CV EN				
	NODO A	NODO B		NODO C
KANI	A-B	B-A	B-C	C-B
	-0,01	0,206	-0,82	0,558
MIDAS GEN 18	A-B	B-A	B-C	C-B
	0	0,2	-0,85	0,62
DIF (%)	0 %	3 %	4 %	10 %
ENTRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 1, DE ACUERDO A CV EN VIGA				
	NODO F	NODO E		NODO D
KANI	F-E	E-F	E-D	D-E
	-0,11	0,68	-1,61	1,28
MIDAS GEN 18	F-E	E-F	E-D	D-E
	-0,12	0,62	-1,54	1,31
DIF (%)	8 %	9 %	4 %	2 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXV. **Comparación CV columnas Midas Gen 2018 vs. Kani**

LOSA FINAL (NIVEL2) MÓDULO 1, CV COLUMNAS			
	NODO A	NODO B	NODO C
KANNI	A-F	B-E	C-D
	0,01	0,61	-0,558
MIDAS GEN 18	A-F	B-E	C-D
	0	0,62	0,53
DIF (%)	0 %	2 %	5 %
ENTRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 1 CV EN COLUMNAS			
	NODO F	NODO E	NODO D
KANNI	F-G	E-H	D-I
	0,06	0,36	-0,76
MIDAS GEN 18	F-G	E-H	D-I
	0	0,39	0,76
DIF (%)	0 %	8 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Tabla LXXXVI. Comparación CM vigas Midas Gen 2018 vs. Kani

LOSA FINAL (NIVEL 2) MODULO 2, DE ACUERDO A CM EN VIGAS																			
	NODO A		NODO B		NODO C		NODO D		NODO E		NODO F		NODO G		NODO H		NODO I		
	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	D-E	E-D	E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G	H-I	I-H			
KANI	-0,1	1,86	-3,75	5,442	-5,169	4,909	-4,949	4,996	-4,996	4,949	-4,91	5,167	-5,439	3,758	-1,86	0,1			
MIDAS GEN18	0	1,6	-3,96	5,5	-5,5	4,74	-4,74	5	-5	5	-5	5,5	-5,5	3,96	-1,6	0			
DIF (%)	0 %	14 %	5 %	1 %	6 %	3 %	4 %	0 %	0 %	1 %	2 %	6 %	1 %	5 %	14 %	0 %			
ENTRE PISO (NIVEL 1) MODULO 2, DE ACUERDO A CM																			
	NODO Q		NODO P		NODO O		NODO Ñ		NODO N		NODO M		NODO L		NODO K		NODO J		
	Q-P	P-Q	P-O	O-P	O-Ñ	Ñ-O	Ñ-N	N-Ñ	N-M	M-N	M-L	L-M	L-K	K-L	K-J	J-K			
KANI	-0,32	2,197	-4,359	5,086	-4,885	4,842	-4,858	4,856	-4,856	4,858	-4,842	4,885	-5,086	4,359	-2,197	0,32			
MIDAS GEN18	-0,3	2,38	-4,74	4,9	-4,9	4,9	-4,9	4,9	-4,9	4,9	-4,9	4,9	-4,9	4,9	-4,74	0,3			
DIF (%)	6 %	8 %	8 %	4 %	0 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	0 %	4 %	8 %	8 %	6 %			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVII.

Comparación CM columnas Midas Gen 2018 vs. Kani

LOSA FINAL (NIVEL 2) MÓDULO 2, DE ACUERDO A CM EN COLUMNAS													
	NODO A	NODO B	NODO C	NODO D	NODO E	NODO F	NODO G	NODO H	NODO I				
KANNI	A-Q	B-P	C-O	D-N	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J				
	0,1	1,898	-0,273	0,04	0	-0,04	0,272	-1,897	-0,1				
MIDAS GEN 18	A-Q	B-P	C-O	D-N	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J				
	0	1,55	-0,3	0	0	0	0,3	-1,55	0				
DIF (%)	0 %	18 %	9 %	0 %	0 %	0 %	9 %	18 %	0 %				
ENTRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 2, DE ACUERDO A CM EN COLUMNAS													
	NODO Q	NODO P	NODO O	NODO N	NODO M	NODO L	NODO K	NODO J					
KANNI	Q-R	P-S	O-T	N-U	M-W	L-X	K-Y	J-Z					
	0,21	0,933	-0,05	-0,003	0,002	0,05	-0,933	-0,21					
MIDAS GEN 18	Q-R	P-S	O-T	N-U	M-W	L-X	K-Y	J-Z					
	0,2	1	0	0	0	0	1	-0,2					
DIF (%)	5 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	7 %	5 %					

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVIII. Comparación CV vigas Midas Gen 2018 vs. Kani

LOSA FINAL (NIVEL 2) MÓDULO 2, DE ACUERDO A CV EN VIGAS															
	NODO A	NODO B	NODO C	NODO D	NODO E	NODO F	NODO G	NODO H	NODO I		NODO E	NODO F	NODO G	NODO H	NODO I
KANI	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	D-E	E-D	E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G	H-I
	-0,01	0,32	-0,704	0,995	-0,944	0,903	-0,909	0,916	-0,916	0,909	-0,903	0,944	-0,994	0,706	-0,32
MIDAS GEN 18	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	D-E	E-D	E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G	H-I
	0	0,3	-0,87	1	-1	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	1	-1	0,87	-0,3
DIF (%)	0 %	6 %	19 %	1 %	6 %	0 %	1 %	2 %	2 %	1 %	0 %	6 %	1 %	19 %	6 %
ENTRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 2, DE ACUERDO A CM EN VIGAS															
	NODO Q	NODO P	NODO O	NODO N	NODO M	NODO L	NODO K	NODO J		NODO N	NODO M	NODO L	NODO K	NODO J	NODO I
KANI	Q-P	P-Q	P-O	O-P	O-N	N-O	N-N	N-M	M-N	M-L	L-M	L-K	K-L	K-J	J-K
	0,01	0,758	-1,567	1,921	-1,838	1,805	-1,813	1,816	-1,816	1,813	-1,805	1,838	-1,921	1,567	-0,758
MIDAS GEN 18	Q-P	P-Q	P-O	O-P	O-N	N-O	N-N	N-M	M-N	M-L	L-M	L-K	K-L	K-J	J-K
	0	0,7	-1,67	1,8	-1,8	1,8	-1,8	1,8	-1,8	1,8	-1,8	1,8	-1,8	1,67	-0,7
DIF (%)	0 %	8 %	6 %	6 %	2 %	0 %	1 %	1 %	1 %	1 %	0 %	2 %	6 %	8 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIX.

Comparación CV columnas Midas Gen 2018 vs. Kani

LOSA FINAL (NIVEL 2) MÓDULO 2, DE ACUERDO A CV EN COLUMNAS												
	NODO A	NODO B	NODO C	NODO D	NODO E	NODO F	NODO G	NODO H	NODO I			
KANNI	A-Q	B-P	C-O	D-N	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J			
	0,01	0,388	-0,051	0,007	0	-0,007	0,05	-0,388	-0,01			
MIDAS GEN	A-Q	B-P	C-O	D-N	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J			
	0	0,3	0	0	0	0	0	-0,3	0			
DIF (%)	0 %	22 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	22 %	0 %			
ENTRE PISO (NIVEL 1) MÓDULO 2, DE ACUERDO A CV EN COLUMNAS												
	NODO Q	NODO P	NODO O	NODO N	NODO M	NODO L	NODO K	NODO J				
KANNI	Q-R	P-S	O-T	N-U	M-W	L-X	K-Y	J-Z				
	-0,01	0,474	-0,044	0,004	-0,004	0,044	-0,474	0,01				
MIDAS GEN	Q-R	P-S	O-T	N-U	M-W	L-X	K-Y	J-Z				
	0	0,5	0	0	0	0	-0,5	0				
DIF (%)	0 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %				

Fuente: elaboración propia.

En la comparación de los resultados en ambos módulos obtenemos un porcentaje de variación promedio entre el programa y el método de Kani, tomando en cuenta la variación mayor de un 6.75%. Dicha variación puede surgir por varios factores que el programa toma en cuenta debido a que el diseño lo hace en ambos sentidos, mientras que el método de Kani es un método lineal en un solo sentido, entre los cuales podemos mencionar los efectos de torsión y sismo tanto en X como en Y, entre otros. Debido a esto, nosotros determinamos que los resultados dados por el programa Midas Gen 2018 da valores más exactos, permitiendo así realizar mejor el diseño de los elementos estructurales.

2.1.6.2.8. Momentos últimos por envolventes de momentos

A la combinación de diferentes cargas aplicadas (Carga viva, carga muerta y carga sísmica) la estructura la conocemos como envolvente de momentos, nosotros utilizaremos las combinaciones de carga para diseñar por método de resistencia basándonos en AGIES NSE 2010.

La cual en su capítulo 8, sección 8.2, p. 37, nos da 7 combinaciones incluyendo cargas de gravedad y sismo.

$$C_1 = 1,4 \text{ CM}$$

$$C_2 = 1,3 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV}$$

$$C_3 = 1,3 \text{ CM} + \text{CV}$$

$$C_4 = 1,2 \text{ CM} + \text{CV} + S_v \pm S_h$$

Dónde:

$S_v \rightarrow$ Se toma del cap. 4 de AGIES NSE 2010, sección 4.1.2.2, p. 36.

$$S_v = 0.15 S_{cd} \text{ CM}$$

$S_{cd} \rightarrow$ Lo tomamos de la tabla 26, Escala de Sismos del cálculo de corte basal basado en AGIES.

$$S_v = 0.15(1.50)\text{CM} \rightarrow S_v = 0.225 \text{ CM}$$

$$C_4 = 1.2 \text{ CM} + CV + 0.225 \text{ CM} + S_h$$

$$C_4 = 1.425 \text{ CM} + CV + S_h$$

$$C_5 = 1.425 \text{ CM} + CV - S_h$$

$$C_6 = 0.90 \text{ CM} - S_v \pm S_h$$

$$C_6 = 0.90 \text{ CM} - 0.225 \text{ CM} + S_h$$

$$C_6 = 0.675 \text{ CM} + S_h$$

$$C_7 = 0.675 \text{ CM} - S_h$$

Para determinar la envolvente de momentos de los marcos se realizaron las combinaciones propuestas anteriormente, cuyos resultados se muestran a continuación:

Módulo 1:

Tabla XC. **Momentos de vigas en losa final, módulo 1, eje crítico B.**

COMBINACIONES	VIGAS		SENTIDO
	A-B	B-C	
1,4 CM	0,01	-6,51	Izquierdo
	1,89	4,15	Derecho
1,3 CM + 1,6 CV	0	-7,36	Izquierdo
	2,09	4,74	Derecho
1,3 CM + 1 CV	0	-6,87	Izquierdo
	1,96	4,41	Derecho
1,425 CM + CV + Sh	2,54	-4,99	Izquierdo
	4,76	7,02	Derecho
1,425 CM + CV - Sh	-2,53	-9,9	Izquierdo
	-0,49	2,54	Derecho
0,675 CM + Sh	2,54	-0,69	Izquierdo
	3,54	4,24	Derecho
0,675 CM - Sh	-2,53	-5,59	Izquierdo
	-1,71	-0,24	Derecho

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCl. Momentos de vigas primer nivel, módulo 1, eje crítico B

COMBINACIONES	VIGAS		SENTIDO
	F-E	E-D	
1,4 CM	-0,08	-6,2	Izquierdo
	1,68	5,25	Derecho
1,3 CM + 1.6 CV	-0,25	-8,34	Izquierdo
	2,65	6,92	Derecho
1,3 CM + 1 CV	-0,19	-7,37	Izquierdo
	2,24	6,16	Derecho
1,425 CM + CV + Sh	5,33	-2,81	Izquierdo
	8,33	12,26	Derecho
1,425 CM + CV - Sh	-5,72	-13,03	Izquierdo
	-3,55	0,99	Derecho
0,675 CM + Sh	5,48	2,12	Izquierdo
	6,75	8,17	Derecho
0,675 CM - Sh	-5,56	-8,1	Izquierdo
	-5,13	-3,1	Derecho

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCII. Momentos de columnas en losa final, módulo 1, eje crítico B

COMBINACIONES	COLUMNAS			SENTIDO
	A-F	B-E	C-D	
1,4 CM	-0,01	4,63	-4,15	Izquierdo
	F-A	E-B	D-C	Derecho
	0,03	3,26	-2,82	
1,3 CM + 1,6 CV	A-F	B-E	C-D	Izquierdo
	0	5,28	-4,74	Derecho
	F-A	E-B	D-C	
	0,11	3,94	-3,44	
1,3 CM + 1 CV	A-F	B-E	C-D	Izquierdo
	0	4,91	-4,41	Derecho
	F-A	E-B	D-C	
	0,08	3,6	-3,14	
1,425 CM + CV + Sh	A-F	B-E	C-D	Izquierdo
	-2,54	0,26	-7,02	Derecho
	F-A	E-B	D-C	
-2,56	-1,18	-4,95		
1,425 CM + CV - Sh	A-F	B-E	C-D	Izquierdo
	2,53	10,39	-5,9	Derecho
	F-A	E-B	D-C	
	2,72	8,96	-1,83	
0,675 CM + Sh	A-F	B-E	C-D	Izquierdo
	-2,54	-2,83	-4,24	Derecho
	F-A	E-B	D-C	
	-2,62	-3,5	-2,92	
0,675 CM - Sh	A-F	B-E	C-D	Izquierdo
	2,53	7,3	0,24	Derecho
	F-A	E-B	D-C	
	2,65	6,65	0,2	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCIII. Momentos de columnas primer nivel, módulo 1, eje crítico B

COMBINACIONES	COLUMNAS			SENTIDO
	F-G	E-H	D-I	
1,4 CM	0,06	1,26	-2,42	Izquierdo
	G-F	H-E	I-D	Derecho
	0	0	0	
1,3 CM + 1,6 CV	F-G	E-H	D-I	Izquierdo
	0,15	1,75	-3,47	Derecho
	G-F	H-E	I-D	
0	0	0		
1,3 CM + 1 CV	F-G	E-H	D-I	Izquierdo
	0,11	1,53	-3,01	Derecho
	G-F	H-E	I-D	
0	0	0		
1,425 CM + CV + Sh	F-G	E-H	D-I	Izquierdo
	-2,77	-4,34	-7,3	Derecho
	G-F	H-E	I-D	
0	0	0		
1,425 CM + CV - Sh	F-G	E-H	D-I	Izquierdo
	3	7,62	0,85	Derecho
	G-F	H-E	I-D	
0	0	0		
0,675 CM + Sh	F-G	E-H	D-I	Izquierdo
	-2,86	-5,37	-5,24	Derecho
	G-F	H-E	I-D	
0	0	0		
0,675 CM - Sh	F-G	E-H	D-I	Izquierdo
	2,91	6,59	2,91	Derecho
	G-F	H-E	I-D	
0	0	0		

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Tabla XCIV. **Momentos de vigas en losa final, módulo 2, eje crítico C**

COMBINACIONES	VIGAS								SENTIDO
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	
1,4 CM	-0,14	-5,25	-7,24	-6,93	-6,99	-6,87	-7,61	-2,6	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
1,3 CM + 1,6 CV	2,6	7,62	6,87	6,99	6,93	7,23	5,26	0,14	
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	Izquierdo
1,3 CM + 1 CV	-0,15	-6	-8,23	-7,89	-7,96	-7,83	-8,66	-2,93	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
1,3 CM + 1 CV	2,93	8,67	7,83	7,96	7,89	8,23	6,02	0,15	
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	Izquierdo
1,425 CM + CV + Sh	-0,14	-5,58	-7,66	-7,34	-7,41	-7,29	-8,06	-2,74	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
1,425 CM + CV + Sh	2,74	8,07	7,28	7,41	7,34	7,66	5,59	0,14	
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	Izquierdo
1,425 CM + CV - Sh	3,18	-3,45	-5,8	-5,42	-5,5	-5,37	-6,2	-0,18	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
1,425 CM + CV - Sh	5,76	11,29	10,43	10,57	10,5	10,82	8,66	3,48	
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	Izquierdo
0,675 CM + Sh	-3,48	-8,64	-10,82	-10,5	-10,57	-10,43	-11,29	-5,76	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
0,675 CM + Sh	0,18	6,2	5,37	5,5	5,42	5,79	3,47	-3,18	
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	Izquierdo
0,675 CM - Sh	3,26	0,06	-0,98	-0,8	-0,84	-0,79	-1,13	1,53	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
0,675 CM - Sh	4,04	6,22	5,84	5,91	5,88	6	5,13	3,4	
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	Izquierdo
0,675 CM - Sh	-3,4	-5,13	-6	-5,88	-5,91	-5,84	-6,22	-4,04	Izquierdo
	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H	Derecho
	-1,53	1,13	0,79	0,84	0,8	0,98	-0,06	-3,26	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCV. Momentos de vigas en primer nivel, módulo 2, eje crítico C

COMBINACIONES	VIGAS								SENTIDO
	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	
1,4 CM	-0,45	-6,1	-6,84	-6,84	-6,8	-6,78	-7,12	-3,08	Izquierdo
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	3,08	7,12	6,78	6,8	6,8	6,84	6,1	0,45	
1,3 CM + 1,6 CV	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	Izquierdo
	-0,4	-8,17	-9,29	-9,22	-9,22	-9,18	-9,69	-4,07	
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	4,07	9,69	9,18	9,22	9,22	9,29	8,17	0,4	
1,3 CM + 1 CV	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	Izquierdo
	-0,41	-7,23	-8,19	-8,13	-8,13	-8,1	-8,53	-3,61	
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	3,61	8,53	8,1	8,13	8,13	8,19	7,23	0,41	
1,425 CM + CV + Sh	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	Izquierdo
	9,58	-3,23	-3,18	-3,24	-3,23	-3,15	-4,06	5,1	
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	12,88	14,28	14,25	14,24	14,23	14,41	12,32	10,47	
1,425 CM + CV - Sh	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	Izquierdo
	-10,47	-12,32	-14,41	-14,23	-14,24	-14,25	-14,28	-12,88	
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	-5,1	4,06	3,15	3,23	3,24	3,18	3,23	-9,58	
0,675 CM + Sh	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	Izquierdo
	9,81	1,6	2,32	2,2	2,22	2,28	1,68	7,51	
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	10,47	8,55	8,82	8,78	8,77	8,91	7,49	10,24	
0,675 CM - Sh	Q-P	P-O	O-Ñ	Ñ-N	N-M	M-L	L-K	K-J	Izquierdo
	-10,24	-7,49	-8,91	-8,79	-8,78	-8,82	-8,55	-10,47	
	P-Q	O-P	Ñ-O	N-Ñ	M-N	L-M	K-L	J-K	Derecho
	-7,51	-1,68	-2,28	-2,22	-2,21	-2,32	-1,6	-9,81	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCVI. Momentos de columnas en losa final, módulo 2, eje crítico C

COMBINACIONES	COLUMNAS									SENTIDO
	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	
1,4 CM	0,14	2,66	-0,38	0,06	0	-0,05	0,38	-2,66	-0,14	Izquierdo
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
	0,15	0,17	-0,21	0,03	0	-0,03	0,21	-1,73	-0,15	
1,3 CM + 1,6 CV	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	Izquierdo
	0,15	3,09	-0,44	0,06	0	-0,06	0,27	-3,08	-0,15	
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
1,3 CM + 1 CV	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	Izquierdo
	0,14	2,85	-0,41	0,06	0	-0,06	0,3	-2,85	-0,14	
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
1,425 CM + CV + Sh	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	Izquierdo
	-3,18	-2,28	-5,5	-5	-5,07	-5,13	-4,72	-8,46	-3,48	
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
1,425 CM + CV - Sh	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	Izquierdo
	3,48	8,46	4,62	5,13	5,07	5	5,39	2,28	3,18	
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
0,675 CM + Sh	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	Izquierdo
	-3,26	-4,09	-5,24	-5,04	-5,07	-5,09	-4,87	-6,65	-3,4	
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
0,675 CM - Sh	A-Q	B-P	C-O	D-Ñ	E-N	F-M	G-L	H-K	I-J	Izquierdo
	3,4	6,65	4,87	5,09	5,07	5,04	5,24	4,09	3,26	
	Q-A	P-B	O-C	Ñ-D	N-E	M-F	L-G	K-H	J-I	Derecho
	3,98	5,6	4,62	4,81	4,79	4,78	4,82	4,68	3,83	

Fuente: elaboración propia con programa Excel.

Tabla XCVII. **Momentos de columnas en primer nivel, módulo 2, eje crítico C**

COMBINACIONES	COLUMNAS									SENTIDO
	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	
1,4 CM	0,29	1,31	-0,07	0	0	0	0,07	-1,31	-0,29	Izquierdo
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	Derecho
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,3 CM + 1,6 CV	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	Izquierdo
	0,26	1,97	-0,14	0	0	0	0,14	-1,97	-0,26	Derecho
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,3 CM + 1 CV	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	Izquierdo
	0,26	1,69	-0,11	0	0	0	0,11	-1,69	-0,26	Derecho
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,425 CM + CV + Sh	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	Izquierdo
	-5,84	-6,19	-6,09	-6,21	-6,18	-6,21	-5,86	-9,8	-6,42	Derecho
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,425 CM + CV - Sh	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	Izquierdo
	6,42	9,8	5,86	6,21	6,18	6,21	6,09	6,19	5,84	Derecho
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,675 CM + Sh	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	Izquierdo
	-5,98	-7,37	-6,01	-6,22	-6,18	-6,21	-5,94	-8,62	-6,27	Derecho
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,675 CM - Sh	Q-R	P-S	O-T	Ñ-U	N-V	M-W	L-X	K-Y	J-Z	Izquierdo
	6,27	8,62	5,94	6,21	6,18	6,21	6,01	7,37	5,98	Derecho
	R-Q	S-P	T-O	U-Ñ	V-N	W-M	X-L	Y-K	Z-J	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: elaboración propia.

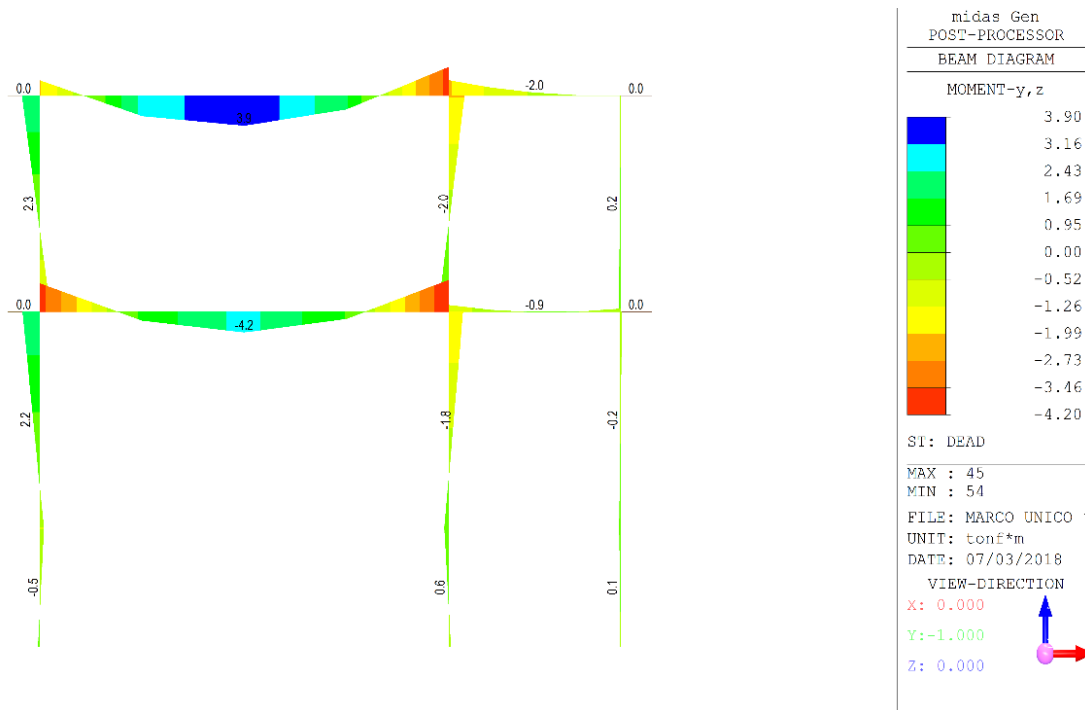
De los resultados obtenidos a partir de las diferentes combinaciones, se toman los valores mayores tanto en vigas como columnas.

2.1.6.3. Diagrama de corte y momento

Estos diagramas se toman de acuerdo directamente del análisis que dio el programa Midas Gen 2018, de los ejes más críticos en ambos módulos. Los cuales son los siguientes:

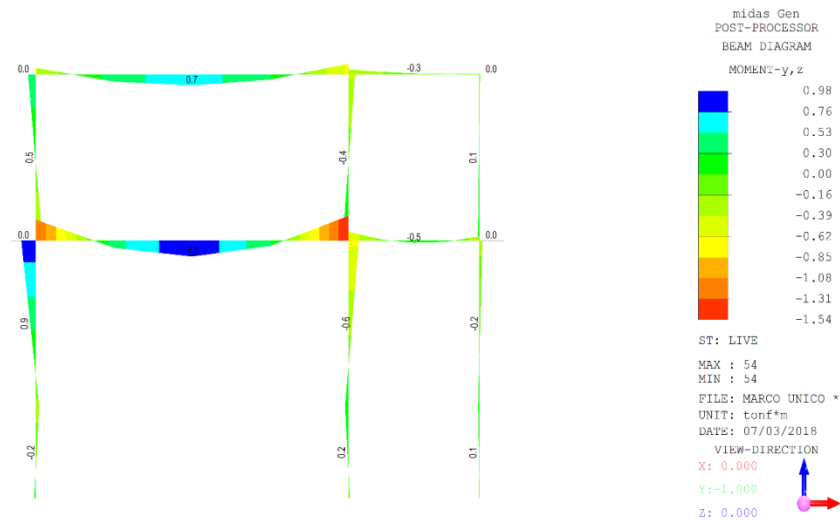
Módulo 1:

Figura 36. Diagrama de momento respecto carga muerta, módulo 1, eje B



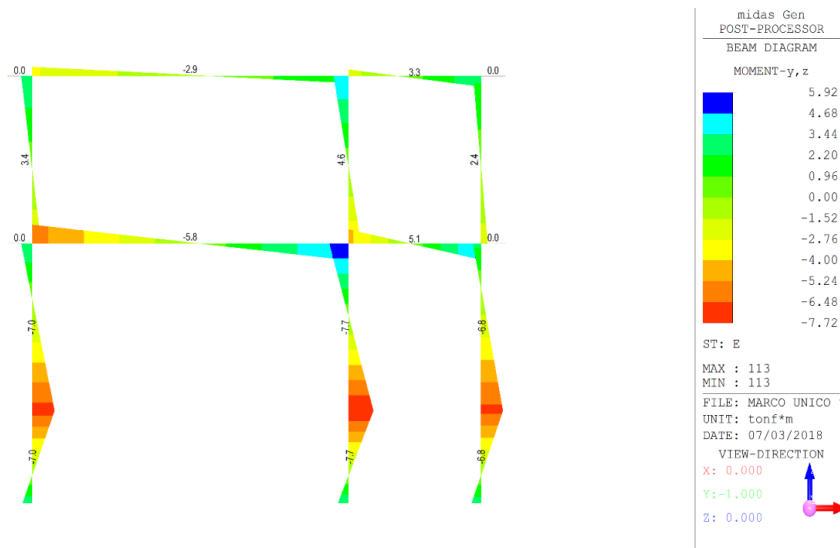
Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 37. Diagrama de momento respecto carga viva, módulo 1, eje B



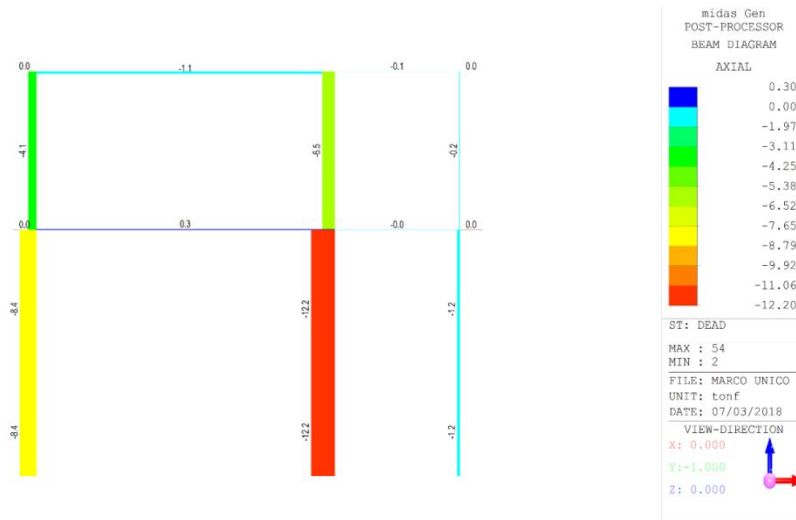
Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 38. Diagrama de momento respecto carga sísmica, módulo 1, eje B



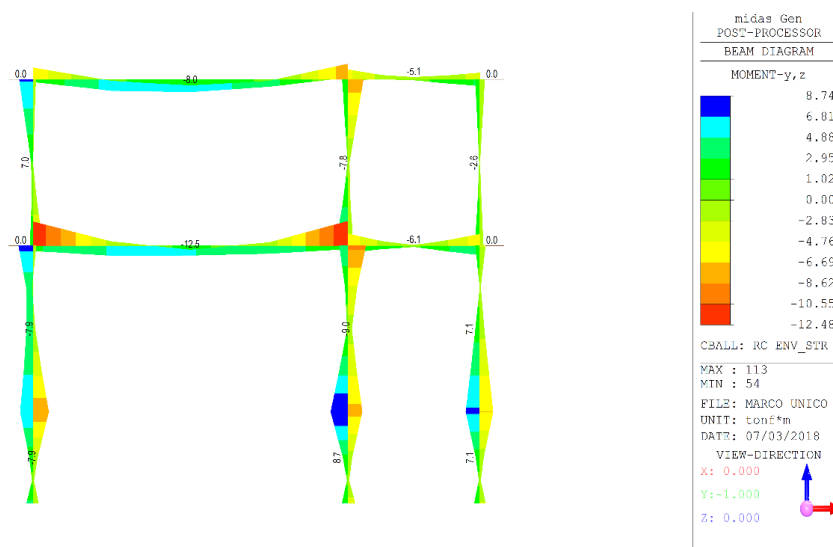
Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 39. Diagrama de cargas axial, módulo 1, eje B



Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

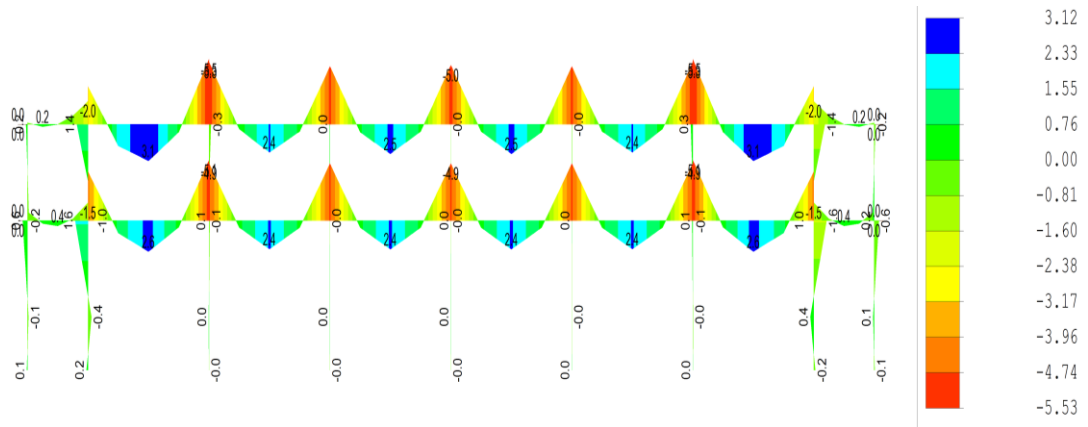
Figura 40. Envoltente de momentos, módulo 1, eje B



Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

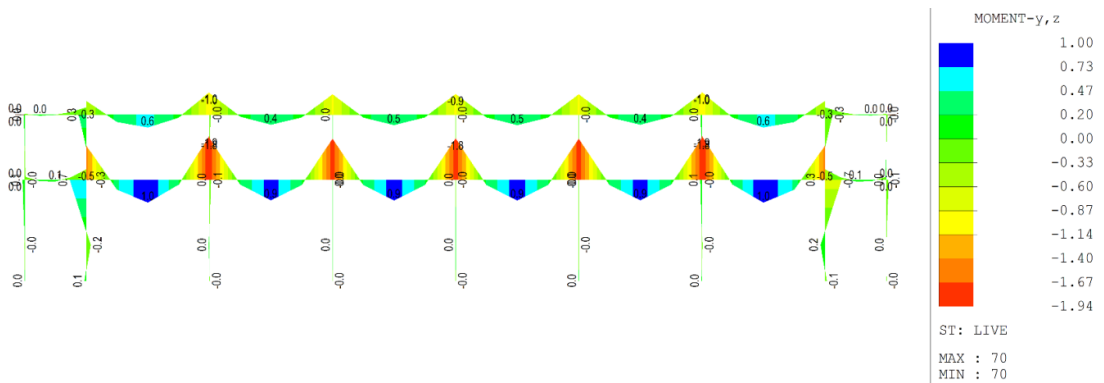
Módulo 2:

Figura 41. Diagrama de momento respecto carga muerta, módulo 2, eje C



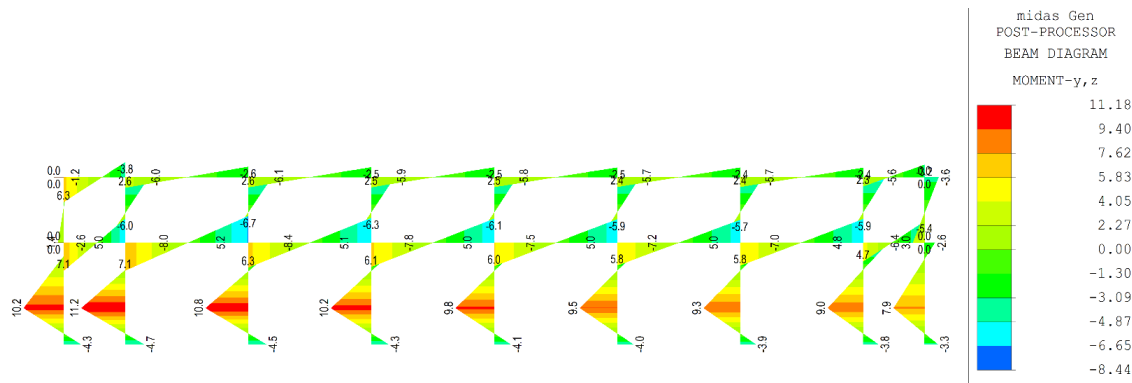
Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 42. Diagrama de momento respecto carga viva, módulo 2, eje C



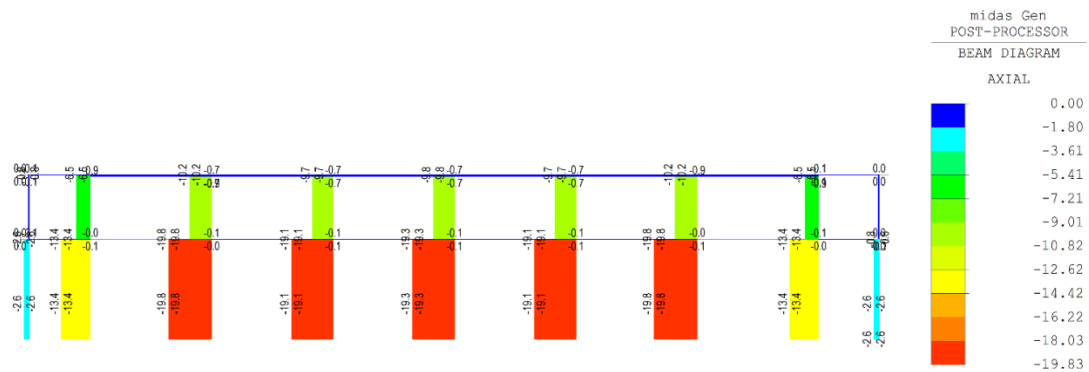
Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 43. Diagrama de momento respecto carga sísmica, módulo 2, eje C



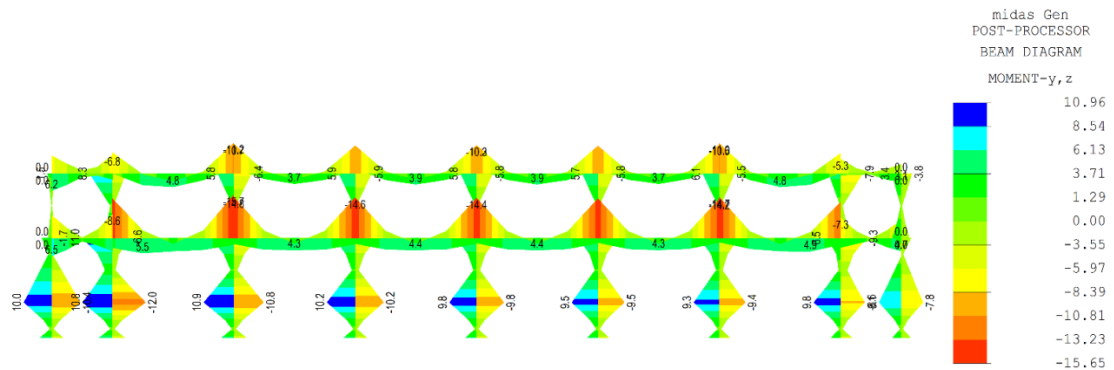
Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 44. Diagrama de cargas axial, módulo 2, eje C



Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Figura 45. **Envolvente de momentos, módulo 2, eje C**



Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

Según la idealización del diseño estructural de una super estructura y la cimentación, combinada con la interacción suelo estructura, las columnas deberán ir confinadas por el suelo y sujetos a los efectos del mismo.

De acuerdo a la tabla 12-27, página 594 del libro de McGregor, se puede determinar el módulo de reacción vertical y considerar el mismo valor para los módulos laterales, esto con el fin de proveerle un confinamiento y restricción del desplazamiento lateral en la zona de las columnas enterradas en el suelo.

Al realizar los analisis se consideró la carga sismica en función de la masa, desde el nivel 0,00 hasta el nivel superior, no se consideró la parte empotrada de las columnas en el suelo, debido a que menor altura hay menor desplazamiento y mayor rigidez.

A continuacion se presenta un ejemplo de la aplicación del módulo de reacción vertical o módulo de balasto:

Figura 46. Diagrama incluyendo los efectos del módulo de reacción vertical, módulo 1, eje B



Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

2.1.6.4. Diseño de elementos estructurales

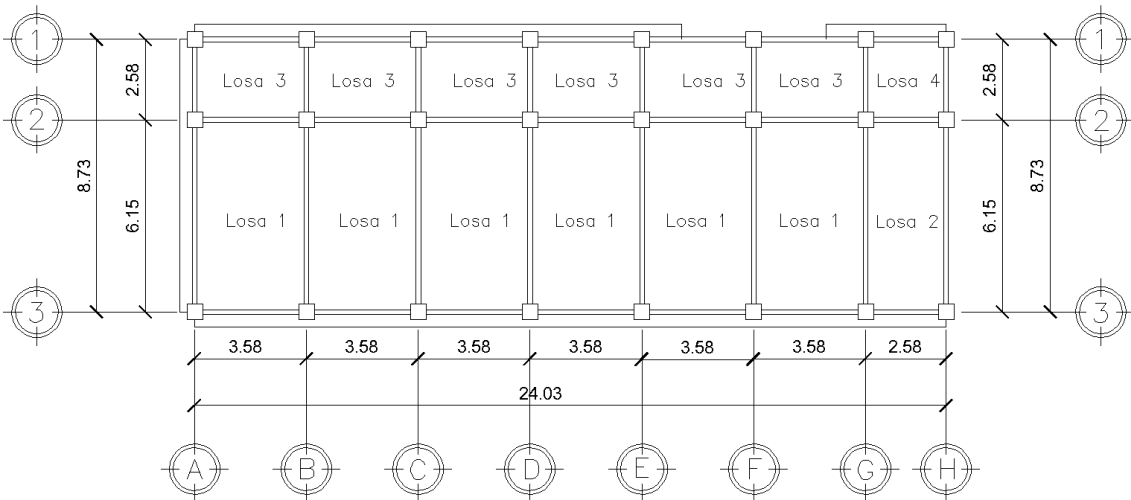
A continuación, se presenta el diseño de elementos estructurales.

2.1.6.4.1. Diseño de losas

Se diseñó la losa más crítica en cada módulo, de acuerdo al método 3 del Código ACI.

- Losa más crítica módulo 1:

Figura 47. Tipos de losas, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para el diseño de losas según sea el caso se toma en cuenta los coeficientes para momentos tanto positivos como negativos de Nilson, las cuales se presentan a continuación:

Tabla XCVIII. Losas según su continuidad, módulo 1

LOSA	CASO	DESCIPCIÓN
3 y 4 extremos	4	Continua en 2 lados
3 interiores	9	Continua en 3 lados
1 y 2 extremos	9	Continua en 3 lados
1 interiores	9	Continua en 3 lados

Fuente: elaboración propia.

Como se observa la losa más crítica del módulo 1 es la losa 1, la cual se diseña a continuación:

Tabla XCIX. Cargas últimas, losa crítica, módulo 1

DISEÑO LOSA 1 ENTRE PISO (2 SENTIDOS)							
DATOS							
f'c =	280	Kg/cm ²					
fy =	4 200	Kg/cm ²					
Yc =	2 400	Kg/cm ³					
r =	2	cm					
t =	12	cm					
Lb =	6,15	m	CM =	441	Kg/m ²		
La =	3,575	m	CV =	200	Kg/m ²		
DETERMINACIÓN CARGAS ÚLTIMAS (AGIES CAP. 8 SECC 8.1.1)							
$C_U T = 1.3CM + 1.6CV$							
CMU =	1,30CM	Kg/m ²	CMU =	573,3	Kg/m ²		
CVU =	1,60CV	Kg/m ²	CVU =	320	Kg/m ²		
			CUT =	893,3	Kg/m ²		

Fuente: elaboración propia.

Tabla C. Momentos actuantes, losa crítica, módulo 1

MOMENTOS ACTUANTES NEGATIVOS (Caso 9)					
Lado corto			Lado largo		
$M_a^- = C_a^- * C_U T * a^2$			$M_b^- = C_b^- * C_U T * b^2$		
Relación La/Lb =			0,581	Nilson Tab. 12.30 Pág 378	
Ca =	0,085		Cb =	0,006	
Ma(-) =	970,44	Kg-m	Mb(-) =	202,72	Kg-m
MOMENTOS ACTUANTES POSITIVOS (Caso 9)					
Lado corto			Lado largo		
$M_a^+ = C_a^+ * C_V U * a^2 + C_a^+ * C_M U * a^2$			$M_b^+ = C_b^+ * C_V U * b^2 + C_b^+ * C_M U * b^2$		
Ca =	0,036	CM	Cb =	0,004	CM
Ca =	0,061	CV	Cb =	0,007	CV
Ma(+) =	513,25	Kg-m	Mb(+) =	171,46	Kg-m

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por corte: se puede realizar utilizando las Cargas requeridas mayoradas o bien utilizando el momento actuante máximo sobre la losa, en este caso la losa crítica (losa 1) mediante las ecuaciones:

Mediante cargas requeridas mayoradas:

Corte lado largo (6.15 m):

$$V_{ActB} = \frac{C_{UT} * L_a * C_a}{2}$$

Corte lado corto (3,575 m):

$$V_{ActA} = \frac{C_{UT} * L_b * C_b}{2}$$

Dónde:

$C_a \rightarrow 0,94$ } Nilson tabla 12.60, p. 381 para cortante en losas.
 $C_b \rightarrow 0,06$ }

$$V_{ActB} = \frac{(893.30 \text{ Kg/m}) * (3.575 \text{ m}) * (0.94)}{2}$$

$$V_{ActB} = 1\,500,97 \text{ Kg}$$

$$V_{ActA} = \frac{(893,30 \text{ Kg/m}) * (6,15 \text{ m}) * (0,06)}{2}$$

$$V_{ActA} = 164,81 \text{ Kg}$$

Mediante Momentos Actuantes:

$$V_a = 0,88\lambda\sqrt{f'_c} * hd + \frac{N_u * d}{4 * l}$$

$$V_a = 0,88(1)\sqrt{280\text{Kg/m}^2} * (12 \text{ cm})(9,52 \text{ cm}) + \frac{(97\ 044\text{Kg} - \text{cm}) * 9,52 \text{ cm}}{4 * (615\text{cm})}$$

$$V_a = 2\ 057,76 \text{ Kg}$$

Calculando el cortante del concreto V_c para elementos sometidos a cortante y flexión, ACI 318S-14, Cap. 22, sección 22.5.5.1, p. 376 mediante la fórmula:

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} * b_w d$$

$$V_c = 0,53(1)\sqrt{280 \text{ Kg/m}^2} * 100\text{cm} * 9,52\text{cm}$$

$$V_c = 8\ 442,90 \text{ Kg}$$

Chequeos:

$$V_c > V_a \rightarrow \text{Sí chequea}$$

Cortante del concreto > cortante actuante

Por lo que se puede comprobar que la reducción de la losa a 12 cm si es capaz de soportar los momentos actuantes generados por los momentos en dicha Losa.

- Chequeo por deflexiones: se hace este chequeo debido a que usaremos un espesor menor a la que permite el código en el Cap. 8 en la sección: 8.3.1, p. 103

Se calculará esta deflexión de acuerdo al AGIES NSE 10, mediante la fórmula:

$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{\text{Carga positiva}} + \Delta_{\text{Largo plazo}}$$

$$\Delta_{\text{Total}} = \frac{L_a * L}{4800} = \frac{3,575 * 6,15}{4800} = 0,004580 \text{ m} = 0,4580 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{Carga positiva}} = \frac{3}{32} * \frac{M_s * \ell^2}{E_C * I_e}$$

$$\Delta_{\text{Carga positiva}} = \frac{3}{32} * \frac{(51325 \text{ Kg} - \text{cm}) * (615 \text{ cm})^2}{(2,10 * 10^6 \text{ Kg/cm}^2) \left(\frac{1}{12} * 615 * 12^3 \text{ cm}^4 \right)} = 0,00978574 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{Largo plazo}} = \frac{\rho'}{1 + 50\xi} = \frac{2,96 \text{ cm}^2}{1 + 50(1 \text{ cm/ano})} = 0,06 \text{ cm}$$

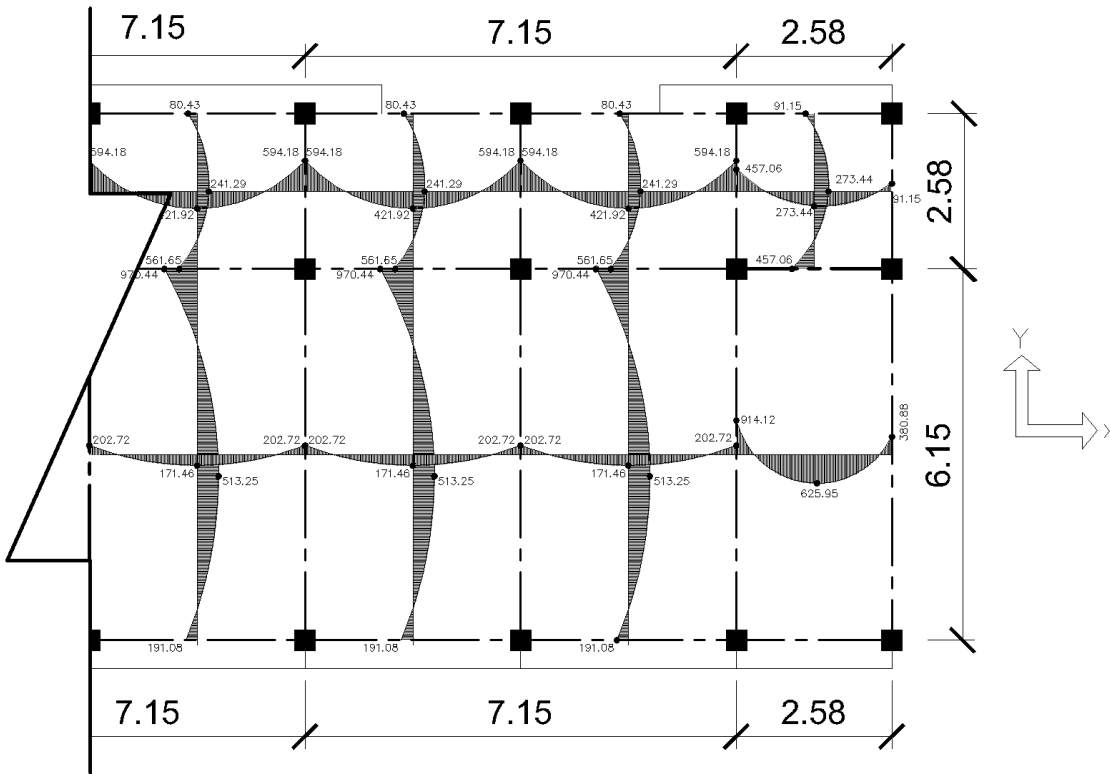
$$\Delta_{\text{Total}} \geq \Delta_{\text{Carga positiva}} + \Delta_{\text{Largo plazo}}$$

$$0,4580 \text{ cm} \geq 0,0098 + 0,06$$

$$0,4580 \text{ cm} \geq 0,0698$$

De acuerdo al límite que establece la deflexión máxima admisible según el código AGIES NSE 10, comparado con las deflexiones de diseño, se considera como satisfactorio el espesor de la losa de 12 cm. Ya que este espesor es capaz de soportar el cortante y las deflexiones producidas por las cargas.

Figura 48. **Planta de momentos (kg-m) actuantes en el módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- **Balace de momentos**

El balace de momentos en losas se da cuando las losas son continuas y los momentos son distintos y se balacean para que se puede obtener un armado uniforme.

Se hace el análisis de las losas para el balaceo de los momentos como se muestra a continuación:

Tabla CI. **Tabla de momentos balanceados, módulo 1**

BALANCE DE MOMENTOS MÓDULO 1							
MÉTODO PROMEDIO				MÉTODO DE RIGIDECES			
Si: $80\%M_{Mayor} \leq M_{Menor}$				Si: $80\%M_{Mayor} > M_{Menor}$			
Momento Mayor (M+)		Momento Menor (M-)		80% M+	MÉTODO	MOMENTO BALANCEADO	
Losa		Losa					
914,12	Kg-m	202,72	Kg-m	731,296	RIGIDECES	501,51	Kg-m
970,44	Kg-m	561,65	Kg-m	776,352	RIGIDECES	851,89	Kg-m
0	Kg-m	0	Kg-m	0	PROMEDIO	132,55	Kg-m
594,18	Kg-m	457,06	Kg-m	475,344	RIGIDECES	536,59	Kg-m

Fuente: elaboración propia.

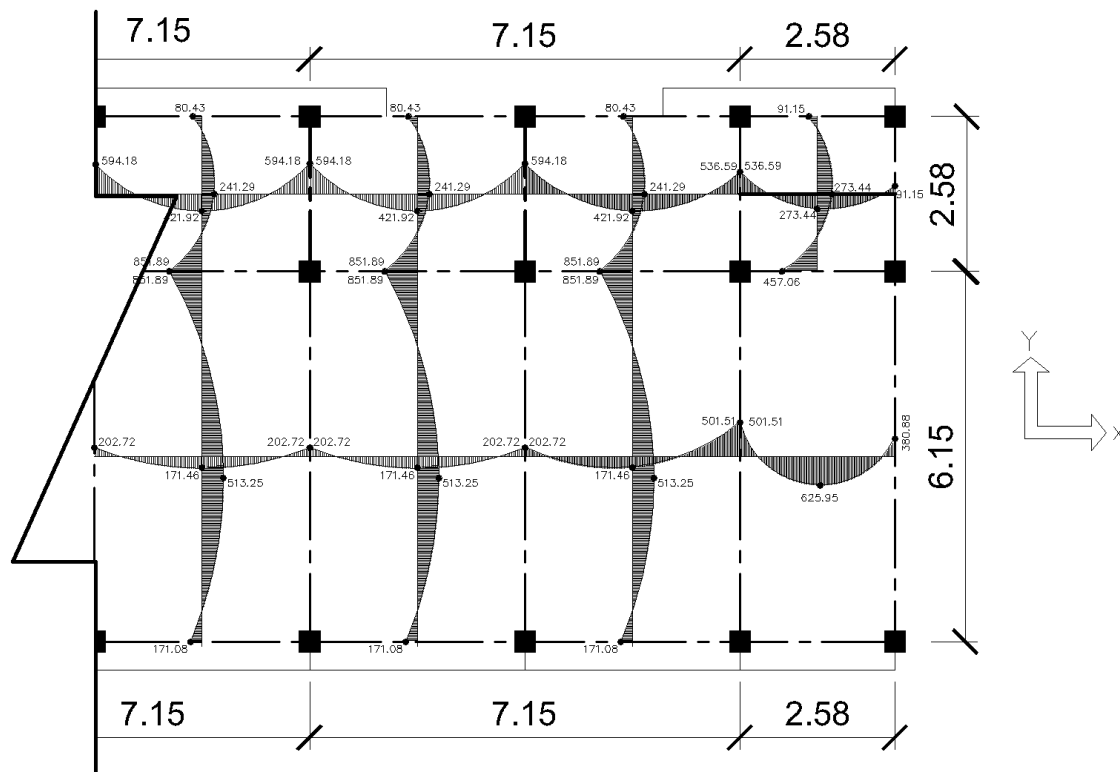
Como se observa el balanceo se hizo mediante el Método de Rigideces según las condiciones cuyo método se realiza de la siguiente manera:

- Método de rigideces
 - Se calcula la rigidez de cada losa por medio de la fórmula: $K_x = I/L_x$, donde I es la inercia del elemento y L_x es la longitud de la losa en análisis.
 - Se calcula el factor D de cada losa por medio de la fórmula: $D_1 = K_1/K_1+K_2$ o bien $D_2 = K_2/K_1+K_2$
 - Se definen los momentos, donde M_1 es igual al momento menor y M_2 al momento mayor
 - Teniendo los datos anteriores se procede a balancear los momentos de la siguiente forma:

D1	D2
$M_1+D_1(M_2-M_1)$	$M_2-D_2(M_2-M_1)$
Mb	Mb

De esta forma se los momentos balanceados por medio del método de rigideces.

Figura 49. **Momentos balanceados, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Diseño para el acero de refuerzo en la losa crítica, módulo 1

El diseño para cálculo de acero de refuerzo para una losa se realiza para una franja unitaria de 100 cm (1 m) el cual se describe a continuación:

Tabla CII. **Peralte efectivo losa crítica, módulo 1**

CÁLCULO PERALTE EFECTIVO			
$d = t - rec - \frac{\phi_{varilla}}{2}$			
r =	2	cm	
t =	12	cm	
∅ =	0,38	pulg	
d =	9,52	cm	

Fuente: elaboración propia.

El recubrimiento mínimo para losas según en el Código ACI 318S-14 en la sección 20.6.1.3, p. 356.

Se procede al cálculo del acero mínimo, Código ACI 318S-14, Sección 8.6, Pág. 112

Tabla CIII. **Acero mínimo losa crítica, módulo 1**

CÁLCULO DE ACERO MÍNIMO (ACI 10.5)			
$A_{smin} = 0.40 * \frac{14.10}{f_y} * b * d$			
fy =	4 200	Kg/cm2	
b =	100	cm	
d =	9,52	cm	
Asmin =	1,28	cm2	

Fuente: elaboración propia.

Como manda el ACI, se toma el mayor de los dos para el diseño correspondiente, por tanto tomamos $A_{smin} = 1,28 \text{ cm}^2$

Sabiendo el área de acero mínimo se calcula el espaciamiento que requiere el $A_{s_{min}}$ por medio de una regla de tres para una franja de 1 m:

$$\left. \begin{array}{l} 1,28 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow X \end{array} \right\} X = 55,47 \text{ cm}$$

De acuerdo al Código ACI 318S-14 en el capítulo 8, Sección 8.7.2.2 p. 115, para losas críticas el espaciamiento máximo no debe exceder:

$$S_{m\acute{a}x} = 2t \text{ ó}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 450 \text{ mm}$$

Y para las demás losas en esa misma sección, el espaciamiento máximo no debe exceder:

$$S_{m\acute{a}x} = 3t \text{ ó}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 450 \text{ mm}$$

Tabla CIV. **Espaciamiento máximo para losas críticas**

ESPACIAMIENTO MAXIMO			
$S_{m\acute{a}x} = 2t$			
t =	12	cm	
Smax =	24	cm	

Fuente: elaboración propia.

El espaciamiento encontrado para el $A_{s_{min}}$ es mayor al máximo permitido, por lo cual procedemos a calcular el $A_{s_{min}}$ nuevo con el espaciamiento máximo permitido para una losa crítica:

$$\left. \begin{array}{l} A_{s_{\min}} \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow 24 \text{ cm} \end{array} \right\} A_{s_{\min}} = 2,96 \text{ cm}^2$$

Con esto se tiene un $A_{s_{\min}}$ nuevo de 2.96 cm^2 con un espaciamiento de 24 cm. A continuación, calculamos el Momento que resiste el nuevo $A_{s_{\min}}$.

Tabla CV. **Momento que resiste el área de acero mínimo**

MOMENTO QUE RESISTE $A_{s_{\min}}$	
$M_{A_{s_{\min}}} = \phi * A_{s_{\min}} * f_y * \left[d - \frac{A_{s_{\min}} * f_y}{1.7 * f'_c * b} \right]$	
$\phi =$	0,9
$A_{s_{\min}} =$	2,96 cm ²
$f_y =$	4 200 Kg/cm ²
$d =$	9,52 cm
$f'_c =$	280 Kg/cm ²
$b =$	100 cm
$M_{s_{\min}} =$	1 035,95 Kg-m

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar el $A_{s_{\min}}$ nueva cubre todos los momentos en esta losa, por lo tanto, se usa el $A_{s_{\min}}$ y su espaciamiento respectivo, lo cual indica que el acero a flexión que necesita la losa es significativamente menor al acero mínimo.

Cuando los momentos son mayores al momento que resiste el acero mínimo, calculamos el área de acero que ese momento requiere con la fórmula siguiente:

$$A_s = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right] * \left(\frac{0.85f'_c}{f_y} \right)$$

Con los datos obtenidos se procede a calcular las áreas de acero requeridas de acuerdo a los momentos actuantes en las losas, cuyos resultados se presentan en la tabla CVI:

Tabla CVI. **Áreas de acero para losas módulo 1**

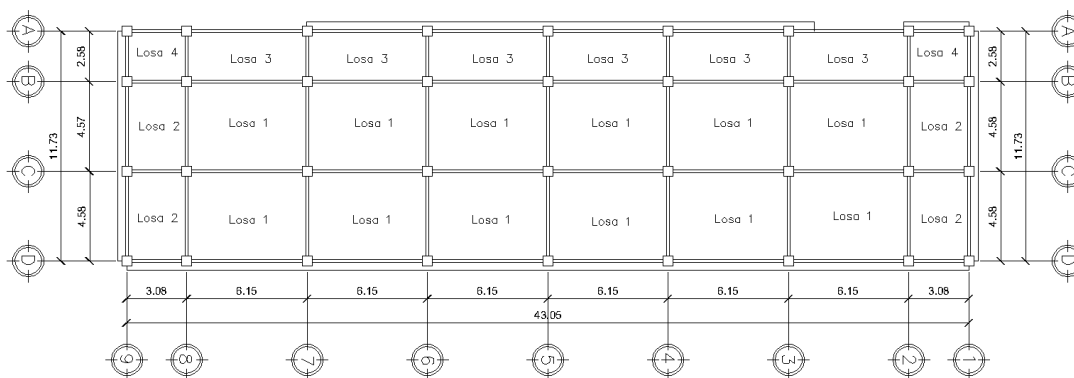
		1er Nivel			Losa final		
Eje X	As (cm ²)	S (cm)	Varillas #	As (cm ²)	S (cm)	Varillas #	
Losa 1	2,96	25	3	2,96	25	3	
Losa 2	1,97	35	3	1,97	35	3	
Losa 3	1,97	35	3	1,97	35	3	
Losa 4	1,97	35	3	1,97	35	3	

		1er Nivel			Losa Final		
Eje Y	As (cm ²)	S (cm)	Varillas #	As (cm ²)	S (cm)	Varillas #	
Losa 1	2,96	25	3	2,96	25	3	
Losa 2	1,97	35	3	1,97	35	3	
Losa 3	2,42	30	3	1,97	35	3	
Losa 4	1,97	35	3	1,97	35	3	

Fuente: elaboración propia.

- Losa más crítica módulo 2:

Figura 50. **Tipos de losas, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para el diseño de losas según sea el caso se toman en cuenta los coeficientes para momentos tanto positivos como negativos de Nilson, las cuales se presentan a continuación:

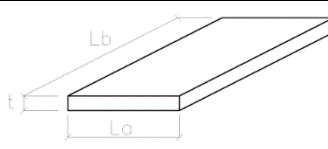
Tabla CVII. Losas según su continuidad, módulo 2

LOSA	CASO	DESCRIPCION
4	4	Continua en 2 lados
3 interiores	9	continua en 3 lados
2 Eje B y C	9	continua en 3 lados
1 Eje B y C	2	continua en 4 lados
2 Eje C y D	4	continua en 2 lados
1 Eje C y D	9	continua en 3 lados

Fuente: elaboración propia.

Como se observa la losa más crítica del módulo 2 es la Losa 1 al igual que el módulo 1, los cálculos son de la misma forma como se mostró en el módulo 1, la cual se diseña a continuación:

Tabla CVIII. Cargas últimas, losa crítica, módulo 2

DISEÑO LOSA 1 ENTRE PISO (2 SENTIDOS)								
DATOS								
f'c =	280	Kg/cm ²						
fy =	4 200	Kg/cm ²						
Yc =	2 400	Kg/cm ³						
r =	2	cm						
t =	12	cm						
Lb =	6.15	m	CM =	385,5	Kg/m ²			
La =	4.575	m	CV =	200	Kg/m ²			
DETERMINACIÓN CARGAS ÚLTIMAS (AGIES CAP. 8 SECC 8.1.1)								
$C_U T = 1.3CM + 1.6CV$								
CMU =	1,30CM	Kg/m ²	CMU =	573,3	Kg/m ²			
CVU =	1,60CV	Kg/m ²	CVU =	320	Kg/m ²			
			CUT =	893.3	Kg/m ²			

Fuente: elaboración propia.

Tabla CIX. **Momentos actuantes, losa crítica, módulo 2**

MOMENTOS ACTUANTES NEGATIVOS (Caso 2)					
Lado corto			Lado largo		
$M_a^- = C_a^- * C_{UT} * a^2$			$M_b^- = C_b^- * C_{UT} * b^2$		
Relación La/Lb =			0,744 Nilson Tabla 12.30 Pág 378		
Ca =	0,07		Cb =	0,021	
Ma(-) =	1 308,81	Kg-m	Mb(-) =	709,52	Kg-m
MOMENTOS ACTUANTES POSITIVOS (Caso 2)					
Lado corto			Lado largo		
$M_a^+ = C_a^+ * C_V U * a^2 + C_a^+ * C_M U * a^2$			$M_b^+ = C_b^+ * C_V U * b^2 + C_b^+ * C_M U * b^2$		
Ca =	0,028	CM	Cb =	0,009	CM
Ca =	0,046	CV	Cb =	0,014	CV
Ma(+) =	644,09	Kg-m	Mb(+) =	364,6	Kg-m

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por corte: como se observa, los datos de esta losa son similares a los calculados para la losa crítica del módulo 1, por tanto, se observa que el $V_c > V_a$.

Por lo que se puede comprobar que la reducción de la losa a 12 cm si es capaz de soportar los momentos actuantes generados por los momentos en dicha losa.

Con respecto al balance de momentos, peralte efectivo, espaciamiento máximo en losas, $A_{s_{min}}$ y $A_{s_{máx}}$, se toman los mismos criterios utilizados en el módulo 1, por lo cual se obtiene el armado de losas para este módulo en la siguiente tabla CX:

Tabla CX. **Áreas de acero para losas módulo 2**

	1er Nivel			Losa Final		
Eje X	As (cm2)	S (cm)	Varillas #	As (cm2)	S (cm)	Varillas #
Losa 1	3,77	18	3	3,12	22	3
Losa 2	2,96	25	3	2,46	30	3
Losa 3	1,97	35	3	1,97	35	3
Losa 4	1,97	35	3	1,97	35	3
	1er Nivel			Losa Final		
Eje Y	As (cm2)	S (cm)	Varillas #	As (cm2)	S (cm)	Varillas #
Losa 1	2,96	25	3	2,96	25	3
Losa 2	1,97	35	3	1,97	35	3
Losa 3	2,39	30	3	1,97	35	3
Losa 4	1,97	35	3	1,97	35	3

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4.2. Diseño de vigas

Módulo 1:

Diseñaremos la viga crítica con base en el capítulo 18 del ACI 318S-14.

Datos:

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

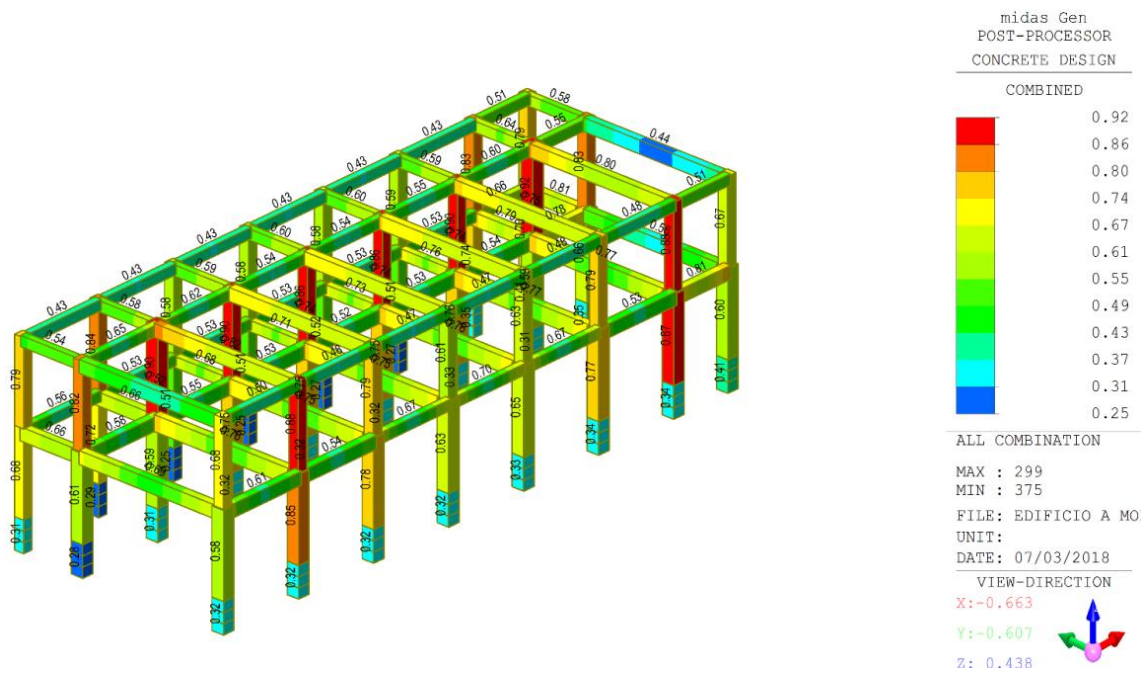
$$\gamma_{\text{Concreto}} = 2\,400 \text{ Kg/cm}^3$$

Rec = 4 cm (ACI 318S-14, Cap. 20, sección: 20.6.1.3.1, p: 356)

Dimensiones de la viga: 30 cm x 60 cm

A continuación, se presenta una gráfica de demanda-capacidad general en vigas y columnas del módulo 1, en el cual se diseñó la viga 30x60 cm cuyo elemento crítico posee una relación de demanda capacidad del orden de 83 % en la parte crítica.

Figura 51. **Relación de demanda capacidad general**



Fuente: elaboración propia, empleando Midas Gen 2018.

La viga a analizar será con el orden 83 %, siendo esta la más crítica.

$$M_{(-)lq.} = -19,0414 \text{ ton-m}$$

$$M_{(-)Der.} = -18,5491 \text{ ton-m}$$

$$M_{(+)} = 7,7457 \text{ ton-m}$$

Calculo de acero máximo y mínimo:

Calculo de cuantía de acero, mínima, balanceada y máxima.

$$\rho_{\min} = \frac{14,10}{f_y} = \frac{14,10}{4\ 200} = 0,003357$$

$$\rho_b = 0,85 \frac{\beta_1 * f'_c}{f_y} \left(\frac{6\ 090}{6\ 090 + f_y} \right)$$

Dónde: $\beta_1 = 0,85$ para $f'_c \leq 280 \text{ Kg/cm}^2$ (ACI 318S-14, cap. 22, sección: 22.2.2.4.3, p.: 371)

$$\rho_b = 0,85 \frac{0,85 * 280}{4\ 200} \left(\frac{6\ 090}{6\ 090 + 4200} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{\max} = 0,50 * \rho_b \rightarrow \text{Para zonas sísmicas}$$

$$\rho_{\max} = 0,50 * 0,0285 = 0,01425$$

Cálculo del peralte efectivo:

$$d = h - \text{Rec} - \phi_{\text{Estribo}} - \phi_{\text{Varilla No.9}}/2$$

$$d = 60 - 4 - 0,95 - 1,43 = 53,62 \text{ cm}$$

Cálculo de acero mínimo y máximo:

$$A_{S_{\min 1}} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

$$A_{S_{\min 1}} = (0,003357) * (30) * (53,62) = 5,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\min 2}} = 0,80 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min 2}} = 0,80 * \frac{\sqrt{280}}{4200} * (30) * (53,62) = 5,13 \text{ cm}^2$$

Como lo indica el ACI 318S-14, cap.9, Sección: 9.6.1.2, inciso a) y b) Pág.: 145. Tomar el mayor de los dos, por tanto se toma $A_{s_{\min 1}} = 5,40 \text{ cm}^2$

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = (0,01425) * (30) * (53,62) = 22,9226 \text{ cm}^2$$

Cálculo del momento que resiste el acero máximo:

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b} = \frac{(22,9226 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ Kg/cm}^2)}{0,85 * 280 \text{ Kg/cm}^2 * 30 \text{ cm}} = 13,4839 \text{ cm}$$

$$M_u = 0,90 * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_u = 0,90 * (22,9226 \text{ cm}^2) * (4200) * \left(53,62 - \frac{13,4839}{2} \right)$$

$$M_u = 4061862,462 \text{ Kg - cm}$$

$$M_u = 40,6186 \text{ Ton - m}$$

El M_u calculado es mayor a los momentos que actúan en análisis en la viga 30x60 en el módulo 1, Tramo 2 – 3, por tanto es una viga simplemente reforzada, por tanto procedemos al cálculo de acero necesario para los momentos en análisis en esta viga, mediante la ecuación:

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

$$M_{(-)Izq.} = -19,0414 \text{ ton-m} \quad \rightarrow \quad A_s = 9,936 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)Der.} = -18,5491 \text{ ton-m} \quad \rightarrow \quad A_s = 9,664 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 7,7457 \text{ ton-m} \quad \rightarrow \quad A_s = 3,095 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 5,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 22,92 \text{ cm}^2$$

Diseño por flexión:

Después del cálculo de las áreas de acero para los momentos negativos y positivos se debe considerar los siguientes requisitos mínimos sísmicos según código ACI 318S-14, Cap.18, Sección: 18.6.3.1, Pág.: 292 y Sección: 18.6.3.2, Pág.: 293 para $A_{sCorrido}$ mínimo.

Para la cama superior: se deben tomar en cuenta el mayor de los siguientes valores: a) A_{smin} b) 2 barras continuas c) $\frac{1}{4} A_{s(-)}$ máximo

Cama Superior:

a) $A_{smin} = 5,4 \text{ cm}^2$

b) 2 Varillas = 2#5 = 3,96 cm^2

c) $\frac{1}{4} A_{(-) Max} = 0,25 * 9,936 = 2,484 \text{ cm}^2$

Usar $A_s = 5,40 \text{ cm}^2$

= 3 Núm. 5

= 5,94 cm^2 corridos

Para la cama Inferior: se deben tomar en cuenta el mayor de los siguientes valores: a) A_{smin} b) 2 barras continuas c) $\frac{1}{2} A_{s(-)}$ máximo d) $\frac{1}{2} A_{s(+)}$.

Cama Inferior:

a) $A_{smin} = 5,40 \text{ cm}^2$

b) 2 Varillas = 2#5 = 3,96 cm^2

c) $\frac{1}{2} A_{(-) Max} = 0,5 * 9,936 = 4,968 \text{ cm}^2$

d) $\frac{1}{2} A_{(+)} = 0,5 * 3,095 = 1,55 \text{ cm}^2$

Usar $A_s = 5,40 \text{ cm}^2$

= 3 Núm. 5

= 5,94 cm^2 corridos

El área faltante tanto en la cama superior como inferior, se coloca como bastón mediante la siguiente fórmula:

$$A_s(\text{bastón}) = A_{s\text{Req}} - A_{s\text{Corrido}}$$

Cama Superior:

$$A_{s\text{Bastón}} = (9,936 \text{ cm}^2) - (5,94 \text{ cm}^2) = 3,996 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{Bastón}} = 3 \text{ núm. } 6 = 5,94 \text{ cm}^2$$

Cama inferior:

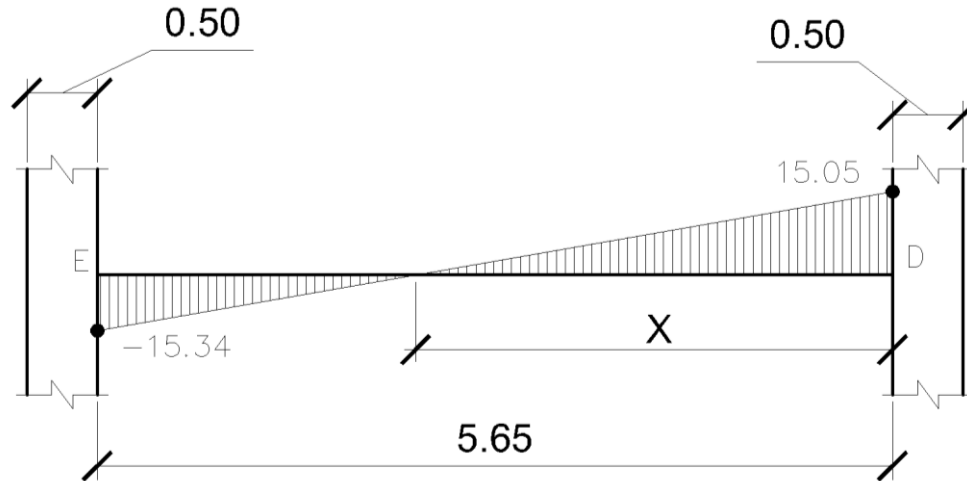
Como se observa el acero corrido mínimo es capaz de soportar el área de acero que el momento actuante requiere en ese punto, por tanto no hay necesidad de rieles.

Diseño por corte:

Después de calcular el acero longitudinal, se procede a realizar el cálculo de acero a transversal (estribos), con el objetivo de contrarrestar los esfuerzos cortantes.

A continuación, se presentan los esfuerzos cortantes a rostros obtenidos del análisis obtenido en el programa Midas Gen 2018, tramo 2-3:

Figura 52. Cortes actuantes a rostros, módulo 1, eje C, tramo 2-3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para el cálculo de la distancia donde el cortante (V_a) es cero lo hacemos por medio de semejanza de triángulos de la siguiente manera:

$$X = (15,05)/(30,39/5,65) = 2,80 \text{ m}$$

Calculando el cortante del concreto V_c para elementos sometidos a cortante y flexión, ACI 318S-14, cap. 22, sección 22.5.5.1, p. 376 mediante la fórmula:

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} * b_w d$$

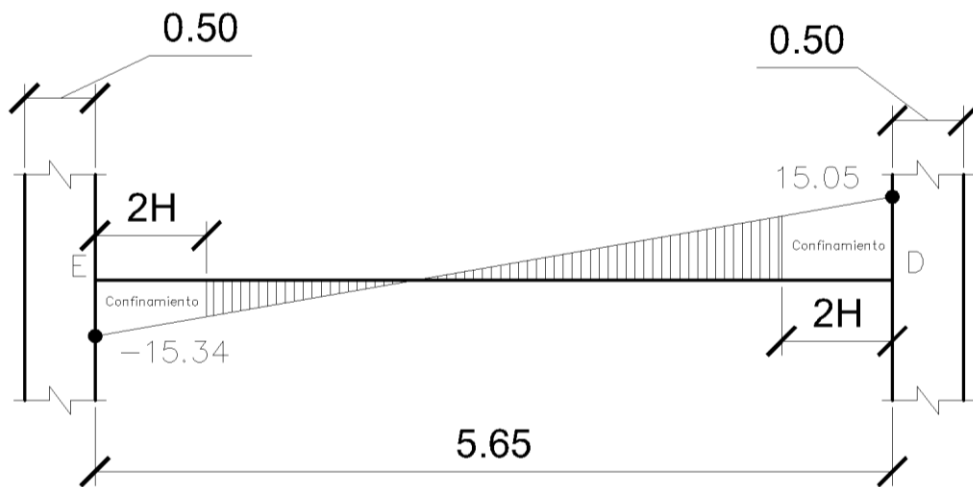
$$V_c = 0,53(0,85)\sqrt{280 \text{ Kg/m}^2} * 30 \text{ cm} * 53,62 \text{ cm}$$

$$V_c = 12\,126,12 \text{ Kg} \approx 12,13 \text{ ton}$$

Como se puede observar el esfuerzo cortante mayor (V_a) en la viga es mayor al esfuerzo cortante del concreto (V_c), por tanto, se procede a confirmar

ambos extremos de la viga, según el ACI 318S-14, Cap. 18, sección 18.6.4.1, Pág. 294 a una longitud $2H$ (L_o).

Figura 53. **Confinamiento de viga en ambos extremos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En los lugares de confinamiento se deben diseñar para resistir cortante suponiendo $V_c = 0$, según ACI 318S-14, cap. 18, sección: 18.6.5.2, p. 295.

$$L_o = 2H = (2 \cdot 60 \text{ cm}) = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m en ambos extremos.}$$

Para efectos de simetría, se diseña el lado con el cortante mayor, cuyo diseño aplica para ambos extremos.

El espaciamiento en el área de confinamiento se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{\phi A_v f_y}{V_s b}$$

Dónde:

ϕ = factor de reducción de resistencia (0,75)

A_v = área del estribo

f_y = fluencia del acero

V_s = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo cortante

b = base del elemento

Donde V_s está dado por el ACI 318S-14, cap. 22, sección: 22.5.1.1, p. 374 mediante la fórmula:

$$V_s = V_n - V_c$$

Dónde:

V_s = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo cortante

V_n = resistencia nominal a cortante

V_c = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo concreto

Donde V_n está dado por:

$$V_n = \frac{V_u}{bd}$$

$$V_n = (15\,340 \text{ Kg}) / (30 \text{ cm} \times 53.62 \text{ cm}) = 9,54 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_s = V_n = 9,54 \text{ Kg/cm}^2$$

Propondremos estribos núm. 3, con un área de 0,71 cm².

$$S = \frac{0,75 * 2 * 0,71 * 4 * 200}{9,54 * 30} = \approx 15 \text{ cm}$$

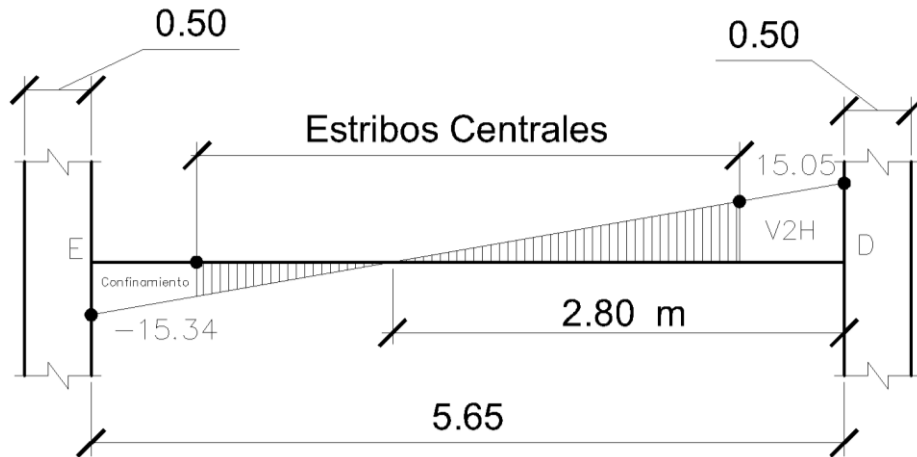
Pero este espaciamiento de confinamiento debe cumplir con los requisitos que en el ACI 318S-14, c. 18, sección: 18.6.4.4, Pág. 294 y 295, colocando el primero estribo de confinamiento a 5 cm de la cara de la columna de apoyo y sin exceder el menor de:

- $d/4 = 53,62/4 = 13,405 \text{ cm}$
- $6\phi_{AsCorrido} = 6 * 1,59 = 10 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

Por lo que se puede observar, en esta área de confinamiento los estribos deben ir a cada 10 cm hasta una longitud 2H.

Se procede a calcular el espaciamiento de los estribos en el centro de la viga, de la misma forma que los estribos de confinamiento, primero calculamos el cortante actuante a una distancia 2H por medio de una relación de triángulos:

Figura 54. Cortante actuante a una distancia 2H



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$V_{2H} = (1,65 \text{ m})(15,34 \text{ ton}) / (2,85 \text{ m}) = 8,88 \text{ ton}$$

$$V_n = (8881,05 \text{ Kg}) / (30 \text{ cm} \times 53,62 \text{ cm}) = 5,52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_c = (0,53) * (0,85) * (280)^{1/2} = 7,538 \text{ Kg/cm}^2$$

Como se puede observar el V_c es capaz de soportar el cortante actuante en la viga, por tanto:

$$V_s = V_c = 7,538 \text{ Kg/cm}^2$$

Se propone estribos núm. 3, con un área de $0,71 \text{ cm}^2$.

$$S = \frac{0,75 * 2 * 0,71 * 4200}{7,538 * 30} = 19,78 \approx 20 \text{ cm}$$

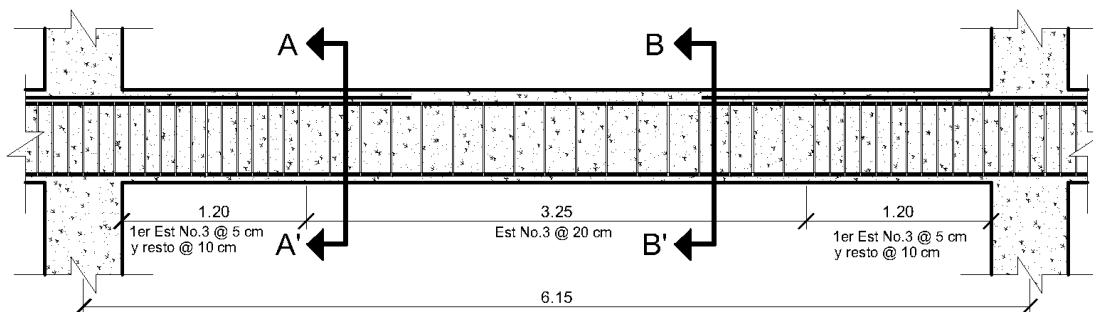
Cuando no se requieren estribos de confinamiento, deben cumplir con los requisitos que en el ACI 318S-14, Cap. 18, sección: 18.6.4.6, p. 295, espaciados como máximo a $d/2$ en toda la longitud de la viga.

$$d/2 = 26,81 \text{ cm}$$

Por lo que se puede observar, en esta área central donde no se requieren estribos de confinamiento deben ir a cada 20 cm, que cubre el espaciamiento que requiere el esfuerzo a corte del concreto y no excede el espaciamiento máximo especificado por el código ACI en toda la longitud central de la viga.

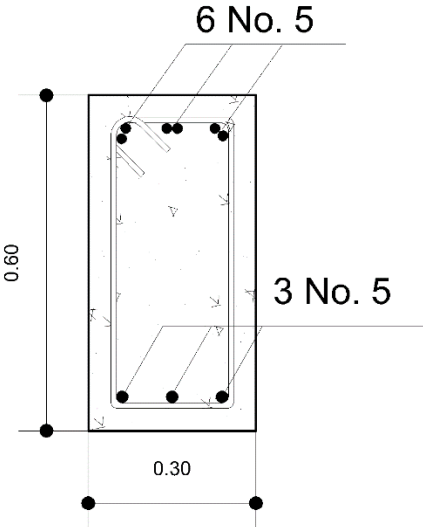
El detalle de la viga queda de la siguiente manera:

Figura 55. **Detalle de armado de viga 30x60, módulo 1**



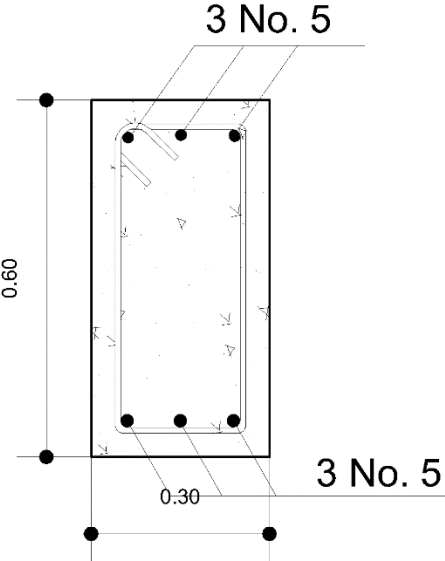
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 56. **Detalle transversal de viga 30x60 A-A', módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 57. **Detalle transversal de viga 30x60 B-B', módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

A continuación, se presenta detalle del armado de las vigas de diferente longitud en el módulo 1:

Tabla CXI. Detalle armado resto de vigas en módulo 1.

MÓDULO 1						
VIGA 30x60	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM2)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 5.65 m EJE Y, 1er nivel	19,0414	9,936	3 núm. 5	3 núm. 5	1 @ 0.05 m + 12 @ 0.10 m	Resto @ 0,20 m
	7,7457	3,905	3 núm. 5	0		
	18,5491	9,664	3 núm. 5	3 núm. 5		
VIGA 30x50	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM2)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 5.65 m EJE Y, 1er y 2do nivel	12,19	7,804	4 núm. 4	3 núm. 4	1 @ 0.05 m + 10 @ 0.10 m	Resto @ 0,20 m
	6,58	4,104	4 núm. 4	0		
	11,49	7,331	4 núm. 4	3 núm. 4		
VIGA 30x50	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM2)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 3.08 m EJE X, 1er nivel	12,19	7,804	4 núm. 4	3 núm. 4	1 @ 0.05 m + 10 @ 0.10 m	Resto @ 0,20 m
	6,58	4,104	4 núm. 4	0		
	11,49	7,331	4 núm. 4	3 núm. 4		
VIGA 30x50	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM2)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 2.13 m EJE Y, 1er nivel	12,19	7,804	4 núm. 4	3 núm. 4	1 @ 0.05 m + 10 @ 0.10 m	Resto @ 0,20 m
	6,58	4,104	4 núm. 4	0		
	11,49	7,331	4 núm. 4	3 núm. 4		
VIGA 25x40	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM2)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 3.18 m EJE X y Y, 1er y 2do nivel	6,4	5,335	3 núm. 4	3 núm. 4	1 @ 0.05 m + 10 @ 0.08 m	Resto @ 0,15 m
	2,69	2,166	3 núm. 4	0		
	6,08	5,052	3 núm. 4	3 núm. 4		
VIGA 25x40	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM2)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 2.18 m EJE X y Y, 1er y 2do nivel	6,4	5,335	3 núm. 4	3 núm. 4	1 @ 0.05 m + 10 @ 0.08 m	Resto @ 0,15 m
	2,69	2,166	3 núm. 4	0		
	6,08	5,052	3 núm. 4	3 núm. 4		

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Se diseña la viga crítica en base al capítulo 18 del ACI 318S-14.

Datos:

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

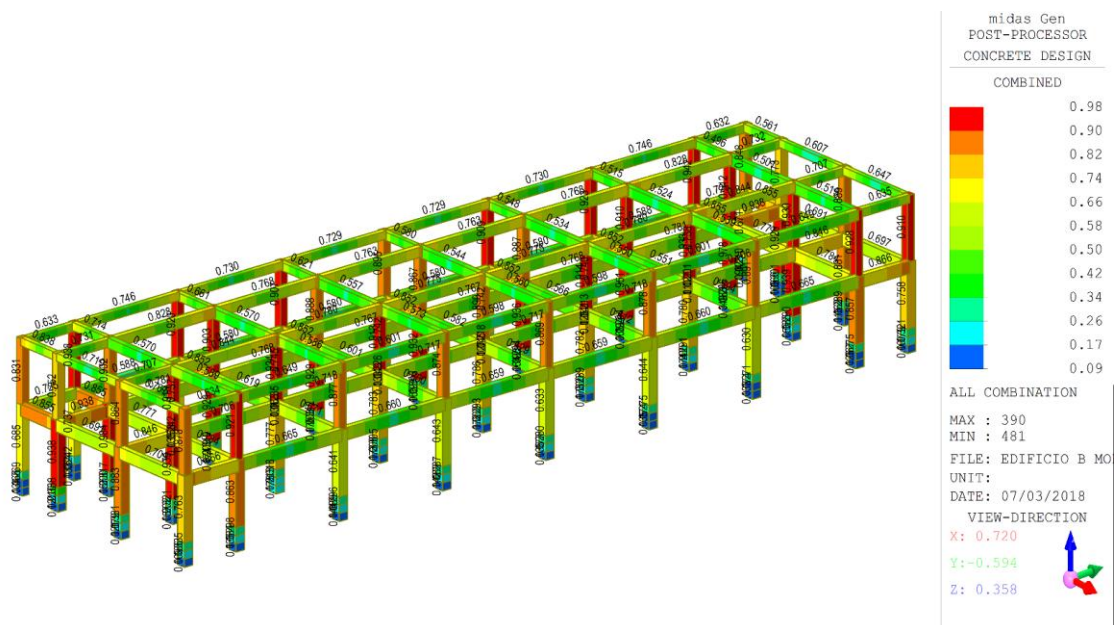
$$Y_c = 2\,400 \text{ Kg/cm}^3$$

Rec = 4 cm (ACI 318S-14, cap.20, sección: 20.6.1.3.1, p.: 356)

Dimensiones de la viga: 30 cm x 60 cm

A continuación, se presenta una gráfica de demanda-capacidad general en vigas y columnas del módulo 2, en el cual se diseñara la viga 30x60 cm cuyo elemento crítico posee una relación de demanda capacidad del orden de 74 % en la parte crítica.

Figura 58. Relación de demanda capacidad general



Fuente: elaboración propia, Midas Gen 2018.

La viga a analizar será con el orden 74 %, siendo esta la más crítica.

$$M_{(-)Izq.} = -17,12 \text{ ton-m}$$

$$M_{(-)Der.} = -15,16 \text{ ton-m}$$

$$M_{(+)} = 6,75 \text{ ton-m}$$

Calculo de acero máximo y mínimo:

El cálculo del área de acero máximo y mínimo es el mismo que el calculado en el módulo 1, por tanto, tenemos:

$$A_{smin} = 5.40 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 22.9226 \text{ cm}^2$$

Calculo del Momento que resiste el acero máximo:

Es el mismo calculado en el módulo 1, por tanto, se tiene que el momento que resiste el A_{smax} es el siguiente:

$$M_{Asmax} = 40,6186 \text{ ton-m}$$

El M_u calculado es mayor a los momentos que actúan en análisis en la viga 30x60 en el módulo 2, por tanto, es una viga simplemente reforzada, por tanto se procede al cálculo de acero necesario para los momentos en análisis en esta viga:

$$M_{(-)Izq.} = -17,12 \text{ ton-m} \quad \rightarrow \quad A_s = 8,879 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)Der.} = -15,16 \text{ ton-m} \quad \rightarrow \quad A_s = 7,815 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 6,75 \text{ ton-m} \quad \rightarrow \quad A_s = 3,393 \text{ cm}^2$$

Diseño por flexión:

Después del cálculo de las áreas de acero para los momentos negativos y positivos se deben considerar los siguientes requisitos mínimos sismos según código ACI 318S-14, c.18, Sección: 18.6.3.1, Pág.: 292 y Sección: 18.6.3.2, p.: 293 para $A_{s\text{Corrido}}$ mínimo.

Para la cama Superior: se deben tomar en cuenta el mayor de los siguientes valores: a) $A_{s\text{min}}$ b) **2 barras continuas** c) $\frac{1}{4} A_{s(-)}$ máximo

Cama superior:

d) $A_{s\text{min}} = 5,40 \text{ cm}^2$	} Usar $A_s = 5,40 \text{ cm}^2$ = 3 núm. 5 = $5,94 \text{ cm}^2$ corridos
e) 2 Varillas = 2#5 = $3,96 \text{ cm}^2$	
f) $\frac{1}{4} A_{(-)\text{Max}} = 0,25 * 8,879 = 2,22 \text{ cm}^2$	

Para la cama Inferior: se deben tomar en cuenta el mayor de los siguientes valores: a) $A_{s\text{min}}$ b) **2 barras continuas** c) $\frac{1}{2} A_{s(-)}$ máximo d) $\frac{1}{2} A_{s(+)}$.

Cama inferior:

e) $A_{s\text{min}} = 5,40 \text{ cm}^2$	} Usar $A_s = 5,40 \text{ cm}^2$ = 3 núm. 5 = $5,94 \text{ cm}^2$ corridos
f) 2 Varillas = 2#5 = $3,96 \text{ cm}^2$	
g) $\frac{1}{2} A_{(-)\text{Max}} = 0,5 * 8,879 = 4,44 \text{ cm}^2$	
h) $\frac{1}{2} A_{(+)} = 0,5 * 3,393 = 1,70 \text{ cm}^2$	

El área faltante tanto en la cama superior como inferior, se coloca como bastón mediante la siguiente fórmula:

$$A_s(\text{bastón}) = A_{s\text{Req}} - A_{s\text{Corrido}}$$

Cama superior:

$$A_{s\text{Bastón}} = (8,879 \text{ cm}^2) - (5.94 \text{ cm}^2) = 2,94 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{Bastón}} = 2 \text{ No. 5} = 3,96 \text{ cm}^2$$

Cama inferior:

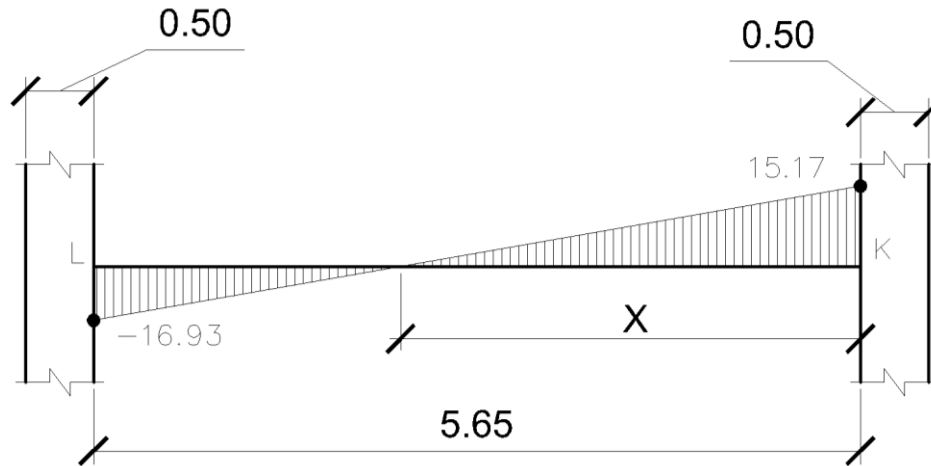
Como se puede observar el acero corrido es capaz de soportar el área de acero que el momento actuante requiere en ese punto, por tanto no hay necesidad de rieles.

Diseño por Corte:

Después de calcular el acero longitudinal, se procede a realizar el cálculo de acero a transversal (estribos), con el objetivo de contrarrestar los esfuerzos cortantes.

A continuación, se presentan los esfuerzos cortantes a rostros obtenidos del análisis obtenido en el programa Midas Gen 2018, eje B Tramo 7-8:

Figura 59. Cortes actuantes a rostros, módulo 2, eje B, tramo 7-8



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para el cálculo de la distancia donde el cortante (V_a) es cero lo se hace por medio de semejanza de triángulos de la siguiente manera:

$$X = (15,17)/(32,10/5,65) = 2,67 \text{ m}$$

Calculando el cortante del concreto V_c para elementos sometidos a cortante y flexión, ACI 318S-14, Cap. 22, sección 22.5.5.1, p. 376 mediante la fórmula:

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} * b_w d$$

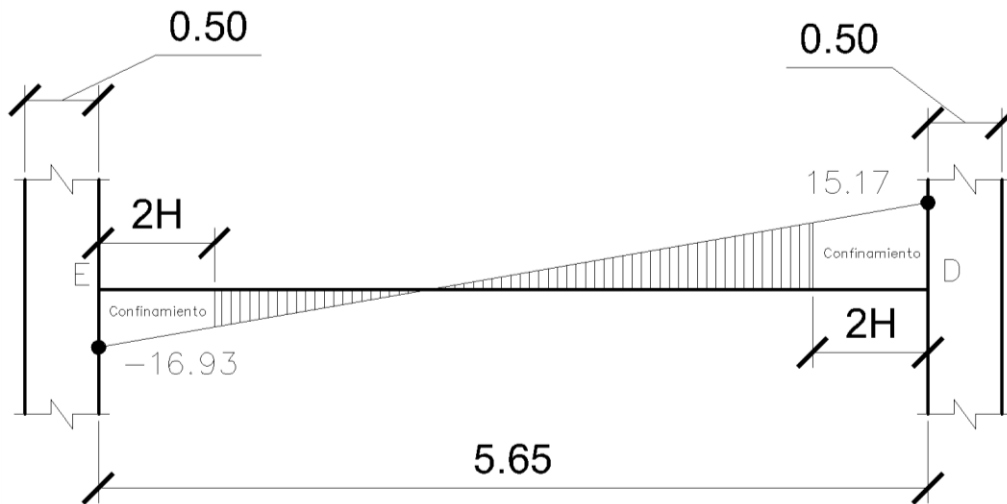
$$V_c = 0,53(0,85)\sqrt{280 \text{ Kg/m}^2} * 30\text{cm} * 53,62\text{cm}$$

$$V_c = 12\ 126,12 \text{ Kg} = 12,13 \text{ ton}$$

Como se puede observar el esfuerzo cortante mayor (V_a) en la viga es mayor al esfuerzo cortante del concreto (V_c), por tanto, procedemos a confirmar

ambos extremos de la viga, según el ACI 318S-14, c. 18, sección 18.6.4.1, p. 294 a una longitud $2H$ (L_o).

Figura 60. **Confinamiento de viga en ambos extremos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En los lugares de confinamiento se debe diseñar para resistir cortante suponiendo $V_c = 0$, según ACI 318S-14, cap. 18, sección: 18.6.5.2, p. 295.

$$L_o = 2H = (2 \cdot 60 \text{ cm}) = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m en ambos extremos.}$$

Para efectos de simetría, se diseña el lado con el cortante mayor, cuyo diseño aplica para ambos extremos.

El espaciamiento en el área de confinamiento se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{\phi A_v f_y}{V_s b}$$

Dónde:

ϕ = factor de reducción de resistencia (0,75)

A_v = área del estribo

f_y = fluencia del acero

V_s = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo cortante

b = base del elemento

Donde V_s está dado por el ACI 318S-14, cap. 22, sección: 22.5.1.1, p. 374 mediante la fórmula:

$$V_s = V_n - V_c$$

Dónde:

V_s = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo cortante

V_n = resistencia nominal a cortante

V_c = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo concreto

Donde V_n está dado por:

$$V_n = \frac{V_u}{bd}$$

$$V_n = (16\,930 \text{ Kg}) / (30 \text{ cm} \times 53,62 \text{ cm}) = 10,53 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_s = V_n = 10,53 \text{ Kg/cm}^2$$

Propondremos estribos Núm. 3, con un área de 0,71 cm².

$$S = \frac{0,75 * 2 * 0,71 * 4\,200}{10,53 * 30} = 14,16 \approx 14 \text{ cm}$$

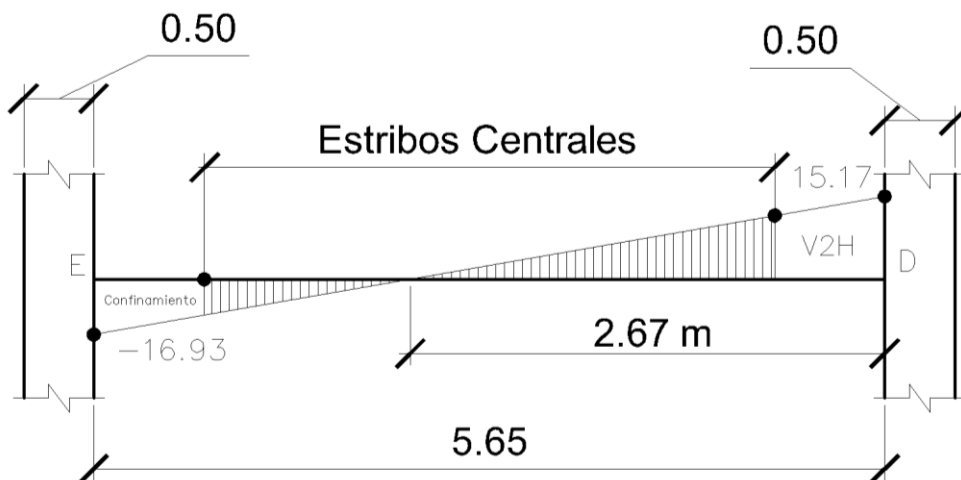
Pero este espaciamiento de confinamiento debe cumplir con los requisitos que en el ACI 318S-14, cap. 18, sección: 18.6.4.4, p. 294 y 295, colocando el primero estribo de confinamiento a 5 cm de la cara de la columna de apoyo y sin exceder el menor de:

- $d/4 = 53.62/4 = 13,405 \text{ cm}$
- $6\phi_{AsCorrido} = 6*1,588 = 9,53 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

Por lo que se puede observar, en esta área de confinamiento los estribos deben ir a cada 10 cm hasta una longitud $2H$.

Se procede a calcular el espaciamiento de los estribos en el centro de la viga, de la misma forma que los estribos de confinamiento, primero se calcula el cortante actuante a una distancia $2H$ por medio de una relación de triángulos:

Figura 61. **Cortante actuante a una distancia $2H$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$V_{2H} = (1,78)((16,93 \text{ ton})/(2,98)) = 10,11 \text{ ton}$$

$$V_n = (10\ 112,55 \text{ Kg})/(30 \text{ cm} \times 53,62 \text{ cm}) = 6,29 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_c = (0,53) \cdot (0,85) \cdot (280)^{1/2} = 7,538 \text{ Kg/cm}^2$$

Como se puede observar el V_c es capaz de soportar el cortante actuante en la viga, por tanto:

$$V_s = V_c = 7,538 \text{ Kg/cm}^2$$

Propondremos estribos No. 3, con un área de $0,71 \text{ cm}^2$.

$$S = \frac{0,75 \cdot 2 \cdot 0,71 \cdot 4\ 200}{7,538 \cdot 30} = 16,95 \approx 19,78 \text{ cm}$$

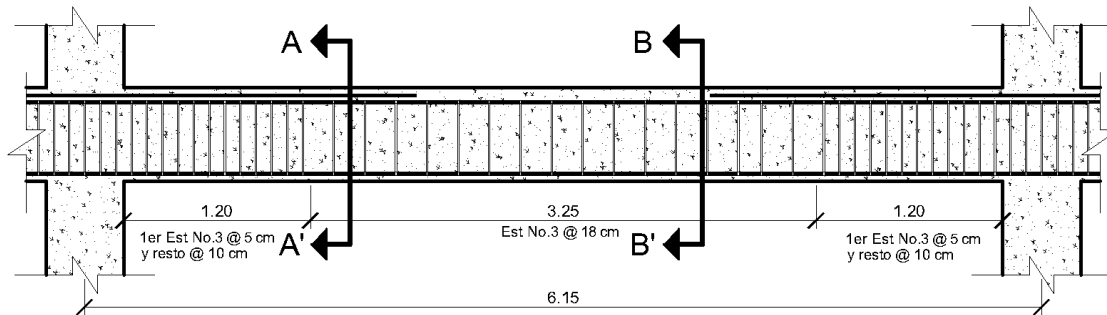
Cuando no se requieren estribos de confinamiento, estos deben cumplir con los requisitos que en el ACI 318S-14, cap. 18, sección: 18.6.4.6, p. 295, espaciados como máximo a $d/2$ en toda la longitud de la viga.

$$d/2 = 26,81 \text{ cm}$$

Por lo que se puede observar, en esta área central donde no se requieren estribos de confinamiento deben ir a cada 18 cm, que cubre el espaciamiento que requiere el esfuerzo a corte del concreto y no excede el espaciamiento máximo especificado por el código ACI en toda la longitud central de la viga.

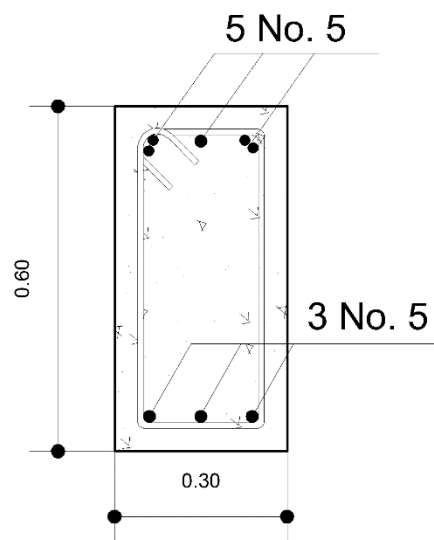
El detalle de la viga queda de la siguiente manera:

Figura 62. **Detalle de armado de viga 30x60, módulo 2**



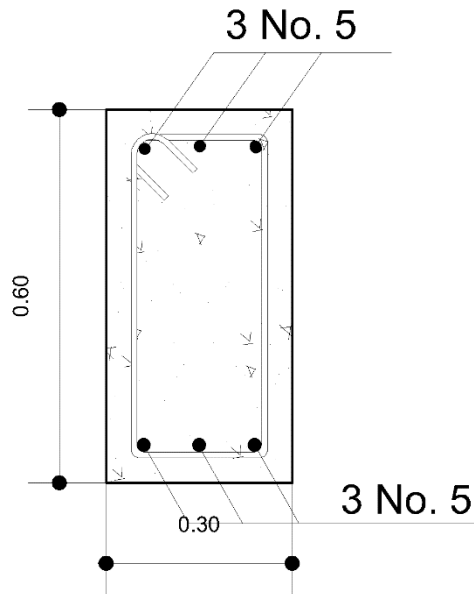
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 63. **Detalle transversal de viga A-A', módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 64. **Detalle transversal de viga B-B', módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

A continuación, se presenta detalle del armado de las vigas de diferente longitud en el módulo 2:

Tabla CXII. Detalle armado resto de vigas módulo 2.

MÓDULO 2						
VIGA 30x60	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
			CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
Longitud = 5,65 m	17,12	8,879	3 núm. 5	2 núm. 5	1 @ 0,05 m + 12 @ 0,10 m	Resto @ 0,18 m
EJE Y, 1er nivel	6,75	3,393	3 núm. 5	0		
	15,16	7,815	3 núm. 5	2 núm. 5		
VIGA 30x60	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 4,08 m	17,12	8,879	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE X, 1er nivel	6,75	3,393	3 núm. 5	2 núm. 5	1 @ 0,05 m + 12 @ 0,10 m	Resto @ 0,18 m
	15,16	7,815	3 núm. 5	0		
			3 núm. 5	2 núm. 5		
VIGA 30x60	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 2,58 m	17,12	8,879	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE Y, 1er nivel	6,75	3,393	3 núm. 5	2 núm. 5	1 @ 0,05 m + 12 @ 0,10 m	Resto @ 0,18 m
	15,16	7,815	3 núm. 5	0		
			3 núm. 5	2 núm. 5		
VIGA 30x50	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 5,75 m	13,59	8,76	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE X y Y, 1er y 2do nivel	6,16	3,84	4 núm. 4	4 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,10 m	Resto @ 0,20 m
	10,95	6,97	4 núm. 4	0		
			4 núm. 4	4 núm. 4		
VIGA 30x50	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 4,18 m	13,59	8,76	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE X, 2do nivel	6,16	3,84	4 núm. 4	4 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,10 m	Resto @ 0,20 m
	10,95	6,97	4 núm. 4	0		
			4 núm. 4	4 núm. 4		
VIGA 30x50	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 2,68 m	13,59	8,76	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE Y, 1er nivel	6,16	3,84	4 núm. 4	4 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,10 m	Resto @ 0,20 m
	10,95	6,97	4 núm. 4	0		
			4 núm. 4	4 núm. 4		
VIGA 25x40	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 5,75 m	5,57	4,606	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE Y, 2do nivel	2,19	1,756	3 núm. 4	2 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,08 m	Resto @ 0,15 m
	3,75	3,048	3 núm. 4	0		
			3 núm. 4	2 núm. 4		
VIGA 25x40	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 4,18 m	5,57	4,606	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE X, 2do nivel	2,19	1,756	3 núm. 4	2 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,08 m	Resto @ 0,15 m
	3,75	3,048	3 núm. 4	0		
			3 núm. 4	2 núm. 4		
VIGA 25x40	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 2,68 m	5,57	4,606	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE Y, 2do nivel	2,19	1,756	3 núm. 4	2 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,08 m	Resto @ 0,15 m
	3,75	3,048	3 núm. 4	0		
			3 núm. 4	2 núm. 4		
VIGA 25x40	MOMENTO (TON-M)	ÁREA DE ACERO (CM ²)	ARMADO		REFUERZO TRANSVERSAL (núm. 3)	
Longitud = 2,18 m	5,57	4,606	CORRIDO	BASTONES	CONFINADOS	CENTRO
EJE X, 2do nivel	2,19	1,756	3 núm. 4	2 núm. 4	1 @ 0,05 m + 10 @ 0,08 m	Resto @ 0,15 m
	3,75	3,048	3 núm. 4	0		
			3 núm. 4	2 núm. 4		

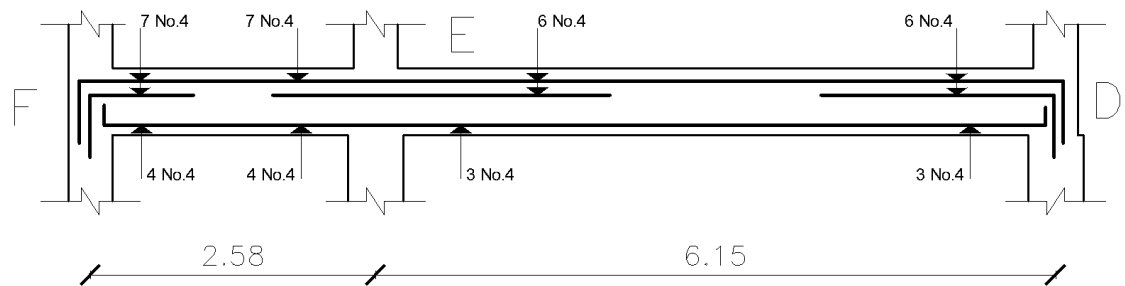
Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4.3. Diseño de nudo sísmico

Los nodos deben soportar las fuerzas cortantes que se le son aplicadas por las vigas y columnas. Por eso a continuación se presenta el chequeo de la capacidad cortante del nodo en el módulo 1 y en el módulo 2, como se pudo observar los datos son muy similares, y las variaciones son mínimas podemos asumir que de igual forma soportaran los nudos las fuerzas cortantes actuantes.

Módulo 1:

Figura 65. Capacidad cortante en nodos, módulo 1, eje B



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2016.

En este caso las vigas son simplemente reforzadas, debido a que ninguna sobrepasa el A_{smax} , por tanto, hacemos el análisis sobre una viga simplemente reforzada.

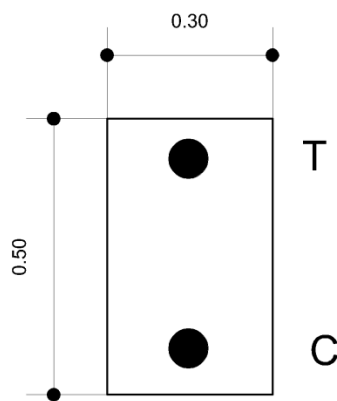
Calculo M_{PR} para la viga simplemente reforzada F-E:

$$M_{PR} = 1,25 * f_y * A_s * (d - a/2)$$

Dónde:

$$a_{F-E} = (1,25 \cdot A_s \cdot f_y) / (0,85 \cdot f'_c \cdot b)$$

Figura 66. Tensión y compresión en viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

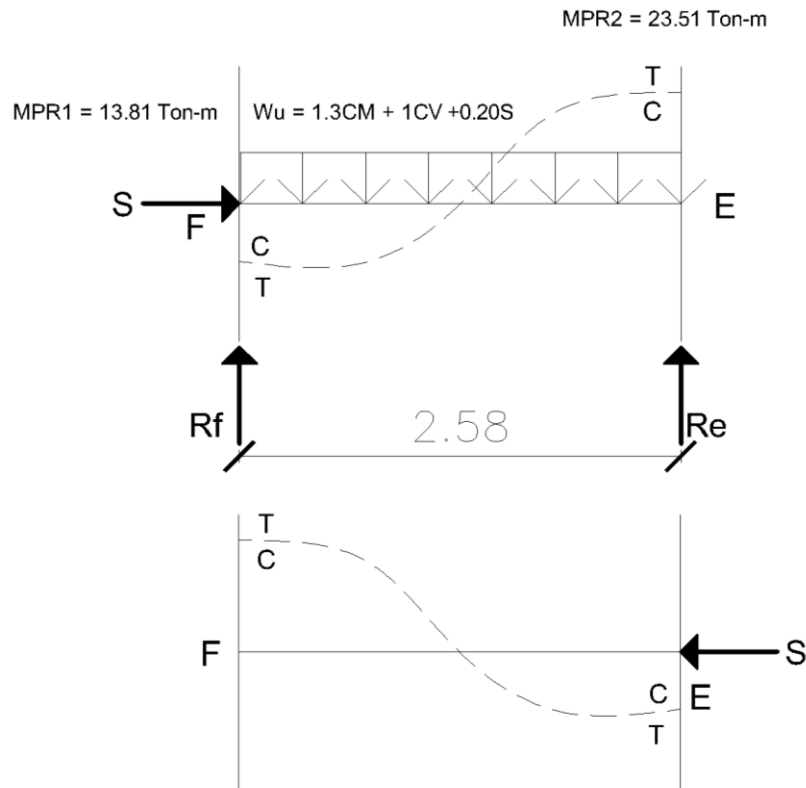
$$a_{F-E} = (1,25 \cdot 8,89 \text{ cm}^2 \cdot 4 \cdot 200) / (0,85 \cdot 280 \cdot 30) = 6,53 \text{ cm}$$

$$M_{PRF2} = 1,25 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 8,89 \cdot (43,62 - 6,53/2) = 2 \cdot 350 \cdot 193,74 \text{ Kg-cm} = 23,52 \text{ ton-m}$$

$$a_{E-F} = (1,25 \cdot 5,08 \text{ cm}^2 \cdot 4 \cdot 200) / (0,85 \cdot 280 \cdot 30) = 3,74 \text{ cm}$$

$$M_{PRF1} = 1,25 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 5,08 \cdot (43,62 - 3,74/2) = 1 \cdot 380 \cdot 172,50 \text{ Kg-cm} = 13,81 \text{ ton-m}$$

Figura 67. Diseño de cortante en viga F-E



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$W_u = (1,30 \cdot 0,856 \text{ ton/m}) + (1 \cdot 0,643 \text{ ton/m}) + (0,20 \cdot (0,856 + 0,643))$$

$$W_u = 2,06 \text{ ton/m}$$

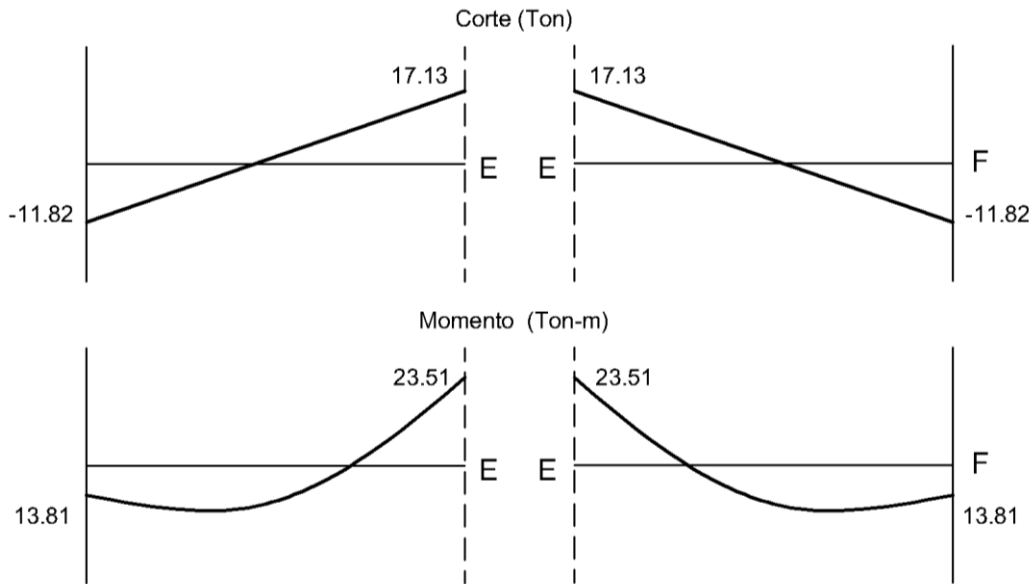
$$\sum MF = 0$$

$$-13,81 - 23,51 - (2,06) \cdot (2,58)^2 / 2 + Re(2,58) = 0 \rightarrow Re = 17,13 \text{ ton}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$-(2,06 \cdot 2,58) + 17,13 + Rf = 0 \rightarrow Rf = -11,82 \text{ ton}$$

Figura 68. Corte y momento en viga E-F



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Calculo M_{PR} para la viga simplemente reforzada E-D:

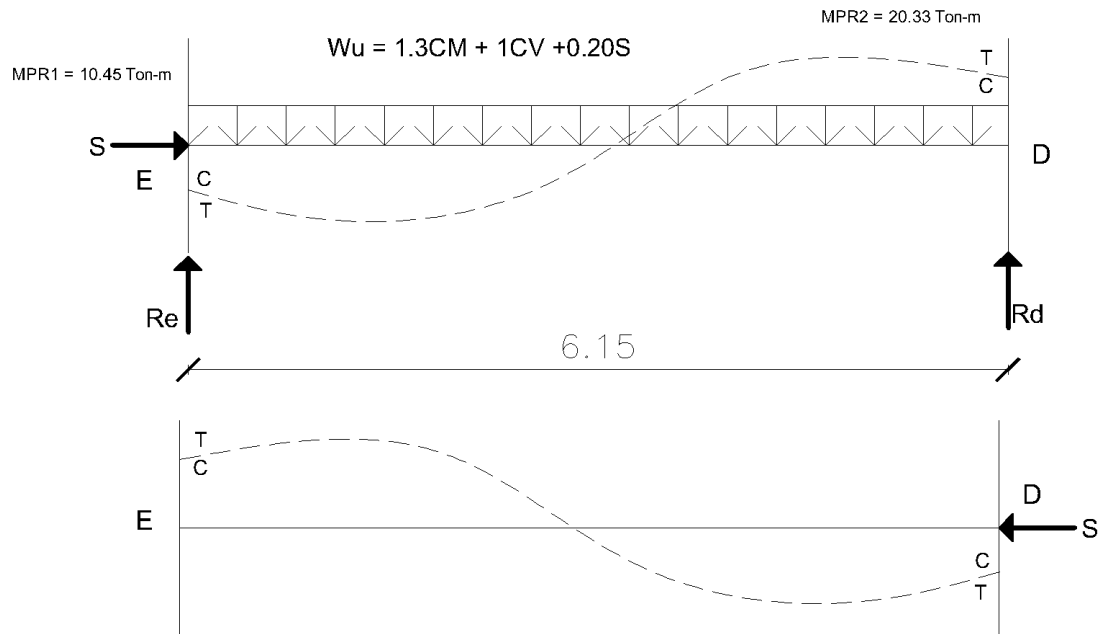
$$a_{E-D} = (1,25 \cdot 3,81 \text{ cm}^2 \cdot 4 \cdot 200) / (0,85 \cdot 280 \cdot 30) = 2,80 \text{ cm}$$

$$M_{PRF1} = 1,25 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 3,81 \cdot (53,62 - 2,80/2) = 1 \ 044 \ 530,55 \text{ Kg-cm} = 10,45 \text{ ton-m}$$

$$a_{D-E} = (1,25 \cdot 7,62 \text{ cm}^2 \cdot 4 \cdot 200) / (0,85 \cdot 280 \cdot 30) = 5,60 \text{ cm}$$

$$M_{PRF12} = 1,25 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 7,62 \cdot (53,62 - 5,60/2) = 2 \ 033 \ 054,10 \text{ Kg-cm} = 20,33 \text{ ton-m}$$

Figura 69. Diseño de cortante en viga E-D



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$W_u = (1,30 \cdot 1,41 \text{ ton/m}) + (1 \cdot 0,508 \text{ ton/m}) + (0,20 \cdot (1,41 + 0,508))$$

$$W_u = 2,72 \text{ ton/m}$$

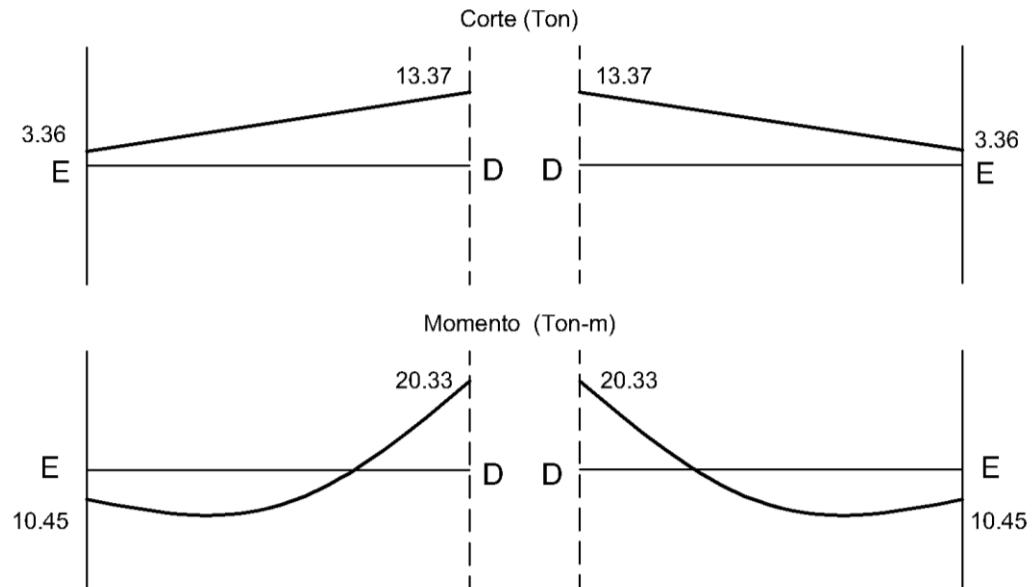
$$\sum M_E = 0$$

$$-10,45 - 20,33 - (2,72) \cdot (6,15)^2 / 2 + R_d(6,15) = 0 \rightarrow R_d = 13,37 \text{ ton}$$

$$\sum F_y = 0$$

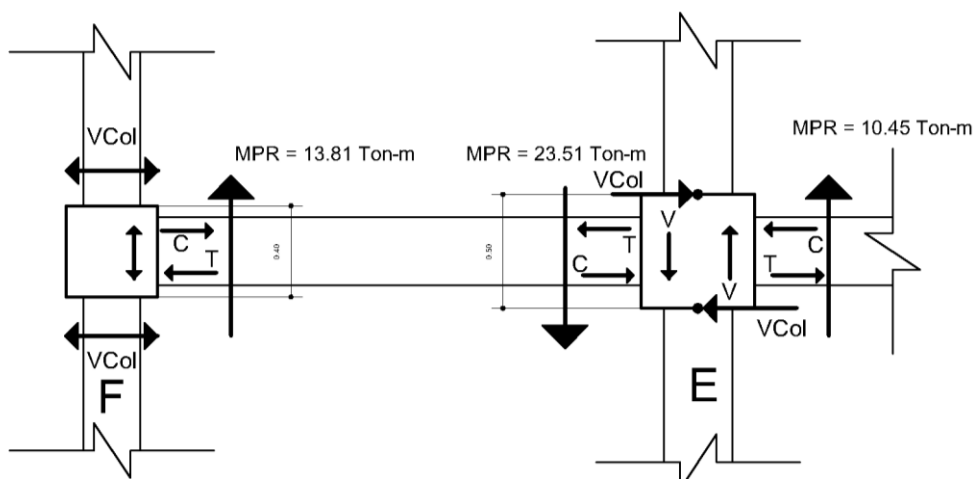
$$-(2,72 \cdot 6,15) + 13,37 + R_e = 0 \rightarrow R_e = 3,36 \text{ ton}$$

Figura 70. Corte y momento en viga E-D



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 71. Fuerzas actuantes en nudos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Acá es importante aplicar todas las fuerzas que provienen de la viga hacia la columna. Se realiza sumatoria de fuerzas para encontrar el corte actuante sobre el nudo y verificar que este lo soporte.

$$\sum ME = 0$$

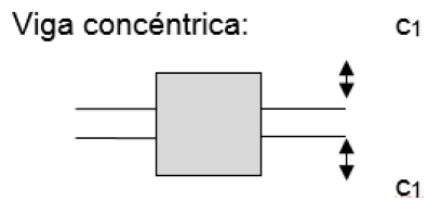
$$23,51+10,5+17,13(0,25)+3,36(0,25) - V_{col}(H_1+H_2) = 0$$

$$V_{Col} = 39,13/(1,63+1,63) = 12 \text{ ton}$$

$$V_{nudo} = T + C - V_{Col}$$

$$V_{nudo} = 1,25*7,62*4 - 12 = 28 \text{ ton} \rightarrow \text{Actuante}$$

Figura 72. **Viga concéntrica**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a ACI 318S-14, capítulo 18, sección 18.8.4.1, pág. 304 la resistencia nominal del nudo a cortante confinado por vigas en sus cuatro caras, está dado por:

$$V_{nudo} = 1,7 * \lambda * \sqrt{f'_c} * A_j$$

Dónde:

$\lambda = 1$ para concreto de peso normal.

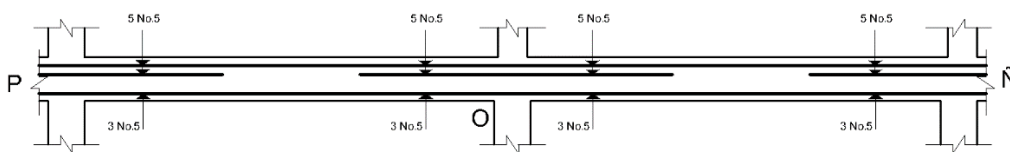
$$V_{nudo} = 1,70*1*(280)^{1/2}*50*50 = 71\ 116,10 \text{ Kg} = 71,12 \text{ ton} \rightarrow \text{Resistente}$$

Como se puede observar, $V_{Resistente} > V_{Actuante}$ por tanto se puede garantizar que los nudos soportaran el cortante provocado por el sismo.

Módulo 2:

El procedimiento es el mismo usado en el módulo 1, por tanto se obtienen los siguientes datos:

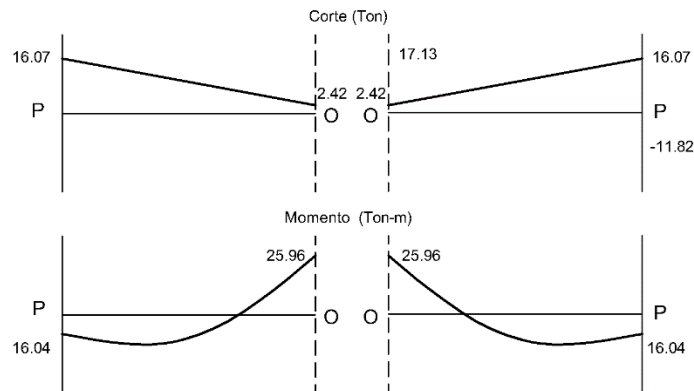
Figura 73. Capacidad cortante en nudos, módulo 2, eje C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

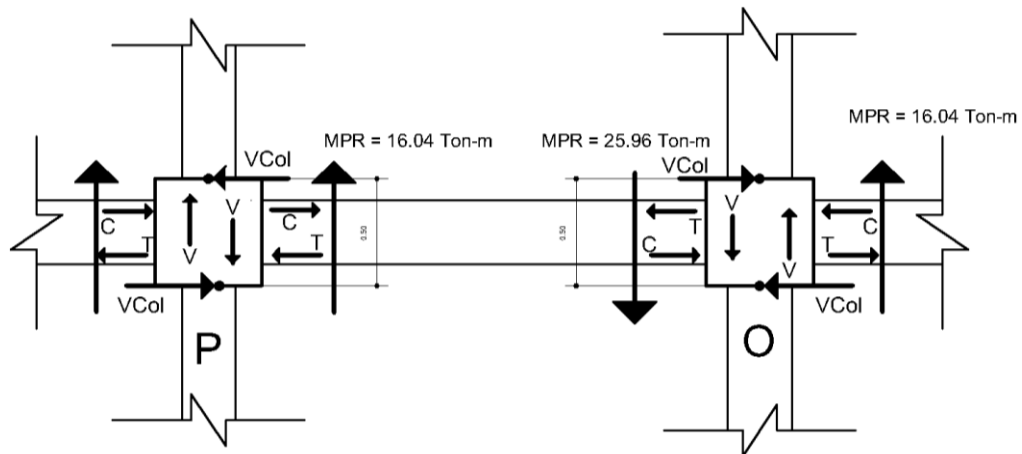
Se calcula M_{PR} y cortantes de la viga p-o que es igual a los de la viga O-Ñ.

Figura 74. Corte y momento en viga P-O



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Figura 75. **Fuerzas actuantes en nudos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD2016.

$$\sum MO = 0$$

$$25,96 + 16,04 + 2,42(0,25) + 16,07(0,25) - V_{col}(H_1 + H_2) = 0$$

$$V_{Col} = 46,62 / (1,63 + 1,63) = 14,30 \text{ ton}$$

$$V_{nudo} = T + C - V_{Col}$$

$$V_{nudo} = 1,25 * 9,9 * 4 \cdot 200 - 14301,38 = 37,67 \text{ Ton} \rightarrow \text{Actuante}$$

$$V_{nudo} = 1,70 * 1 * (280)^{1/2} * 50 * 50 = 71116,10 \text{ Kg} = 71,12 \text{ ton} \rightarrow \text{Resistente}$$

Como se puede observar, $V_{Resistente} > V_{Actuante}$ por tanto se puede garantizar que los nudos soportaran el cortante provocado por el sismo.

2.1.6.4.4. **Diseño de columnas**

Para el diseño de columnas se necesitan los siguientes datos:

- Momentos flexionantes obtenidos por el análisis estructural, el cual se tomaron del programa Midas Gen 2018.
- Carga Axial, que se obtiene por áreas tributarias.

Módulo 1:

Datos para diseño:

Los datos que utilizaremos para el diseño de la columna 1, 1er Nivel serán los siguientes:

Sección = 50 cm x 50 cm

M_x = Momento crítico en el eje X = 15,003 Kg - m

M_y = Momento crítico en el eje Y = 18 632,74 Kg - m

V_a = Cortante actuante critico = 20 915,86 Kg

L_u = Luz efectiva = 3,20 m

Determinación de carga axial:

Cargas axial: (AGIES, capítulo 8, sección 8.1.1, p. 37)

$$C_u = 1,3CM + 1,6CV$$

$$C_{U2Nivel} = 1,30*(0,12*2400 + 137,50) + 1,60*(100) = 713,15 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_{U1Nivel} = 1,30*(0,12*2\ 400 + 97,50) + 1,60*(200) = 821,15 \text{ Kg/m}^2$$

La carga última total que resiste la columna del 1er nivel está dada por la carga axial que resiste la columna del 2do nivel + la carga axial que resiste la columna 1er nivel:

$$C_{U\text{Total}} = C_{U1\text{Nivel}} + C_{U2\text{Nivel}}$$

$$C_{U\text{Total}} = 713,15 \text{ Kg/m}^2 + 821,15 \text{ Kg/m}^2 = 1534,30 \text{ Kg/m}^2$$

Factor de carga última:

$$F_{CU} = C_{U\text{Total}} / (C_M + C_V)$$

$$F_{CU} = (1,534.30 \text{ Kg/m}^2) / (811 + 300) = 1.38$$

Calculo carga axial (P_u):

$$P_u = (A_{\text{Losas}} * C_U) + (P_{\text{Viga}} * F_{CU})$$

$$A_{\text{Losas}} = 15,6446 \text{ m}^2 \text{ (ver figura Núm. 10)}$$

$$P_{\text{Vigas}} = 4100,97 \text{ Kg (Calculada en Predimensionamiento de columnas)}$$

$$P_u = (15,6446 \text{ m}^2 * 1534,30 \text{ Kg/m}^2) + (4100,97 \text{ Kg} * 1,38) = 29662,85 \text{ Kg}$$

Esbeltez (E) en columnas:

Se considera una columna esbelta cuando los diámetros de su sección transversal son pequeños en relación a su longitud.

Según el código ACI, clasifica las columnas según su esbeltez en:

- | | |
|----------------|-------------------------|
| a) Cortas | Si $E < 22$ |
| b) Intermedias | Si $22 \leq E \leq 100$ |
| c) Largas | Si $E > 100$ |

El código ACI recomienda que si las columnas son cortas se diseñen con los momentos últimos, si las columnas son intermedias se deben magnificar los

momentos últimos, y si son columnas largas no se recomienda diseñar porque puede fallar por pandeo.

La esbeltez de una columna está dada por siguiente ecuación según el código ACI 318S-14, cap. 6, sección: 6.2.5, p. 70.

$$E = \frac{KL_u}{r}$$

Dónde:

E = esbeltez

K = factor de pandeo

L_u = longitud entre apoyos.

R = radio de giro

Se toma el radio de giro = 0,30 la dimensión de la sección en la dirección en la cual se está considerando la estabilidad para columnas rectangulares, según ACI 318S-14, Cap. 6, sección: 6.2.5.1, inciso b), Pág. 71.

El factor de pandeo está dado por la siguiente formula:

$$K = \left(\frac{20 - \Psi_{\text{promedio}}}{20} \right) * \sqrt{1 + \Psi_{\text{promedio}}} \quad \text{para } \Psi_{\text{promedio}} < 2$$

$$K = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_{\text{promedio}}} \quad \text{para } \Psi_{\text{promedio}} \geq 2$$

Sentido X: (Eje B)

Sección vigas en ambos sentidos: 30 cm x 50 cm

Longitud vigas en ambos sentidos: 3,08 m = 308 cm

Sección columna 1 (1er Nivel): 50 cm x 50 cm

Sección columna 2 (2do Nivel): 50 cm x 50 cm

Longitud ambas columnas 1 y 2 entre apoyos: 3,20 m = 320 cm

Cálculos de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación (Ψ) por medio de la ecuación de Jackson:

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{E_m * I}{L} \right)_{\text{Columnas}}}{\sum \left(\frac{E_m * I}{L} \right)_{\text{Vigas}}}$$

Dónde:

$E_m = 1$ (como el material en todo el marco es el mismo)

I = Inercias de cada elemento estructural

L = Longitud de cada elemento estructural

Inercia de los elementos:

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

$$I_{\text{Vigas } 30 \times 50} = (30 \text{ cm}) * (50 \text{ cm})^3 / 12 = 312\,500 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{Columna } 50 \times 50} = (50 \text{ cm}) * (50 \text{ cm})^3 / 12 = 520\,833,33 \text{ cm}^4$$

Extremo superior (A):

$$\psi_a = \frac{\frac{1 * 520\,833,33}{320} + \frac{1 * 52\,833,33}{320}}{\frac{1 * 312\,500}{308} + \frac{1 * 312\,500}{308}}$$
$$\psi_a = 1,604$$

Extremo inferior (B): empotramiento en la base.

$$\psi_b = 0$$

Cálculo de Ψ_{promedio} :

$$\psi_{\text{promedio}} = \frac{\psi_a + \psi_b}{2}$$

$$\Psi_{\text{promedio}} = (1,604 + 0)/2 = 0,80$$

Factor de Pandeo (K):

$$K = \left(\frac{20 - 0,80}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,80}$$

$$K = 1,288$$

Esbeltez:

$$E = \frac{(1,288) * (3,20)}{(0,30 * 0,50)} = 27,477$$

Como se puede observar $22 < E < 100$ por tanto es considerada una columna intermedia y se diseña por medio de cargas actuantes magnificadas.

Sentido Y: (eje B)

Sección viga tramo 1-2: 30 cm x 50 cm

Sección viga tramo 2-3: 30 cm x 60 cm

Longitud viga tramo 1-2: 2,13 m = 213 cm

Longitud viga tramo 2-3: 5,65 m = 565 cm

Sección columna 1 (1er Nivel): 50 cm x 50 cm

Sección columna 2 (2do Nivel): 50 cm x 50 cm

Longitud ambas columnas 1 y 2 entre apoyos: 3,20 m = 320 cm

Inercia de los elementos:

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

Dónde:

b = Base del elemento

h = Altura del elemento

$$I_{Vigas30x50} = (30 \text{ cm}) * (50 \text{ cm})^3 / 12 = 312\,500 \text{ cm}^4$$

$$I_{Vigas30x60} = (30 \text{ cm}) * (60 \text{ cm})^3 / 12 = 540\,000 \text{ cm}^4$$

$$I_{Columna50x50} = (50 \text{ cm}) * (50 \text{ cm})^3 / 12 = 520\,833,33 \text{ cm}^4$$

Extremo superior (A):

$$\psi_a = \frac{\frac{1 * 5208\,33,33}{320} + \frac{1 * 520\,833,33}{320}}{\frac{1 * 312\,500}{213} + \frac{1 * 540\,000}{565}}$$
$$\psi_a = 1,34$$

Extremo inferior (B): empotramiento en la base.

$$\psi_b = 0$$

Calculo de $\Psi_{promedio}$:

$$\Psi_{promedio} = \frac{\psi_a + \psi_b}{2}$$
$$\Psi_{promedio} = (1,34 + 0) / 2 = 0,67$$

Factor de Pandeo (**K**):

$$K = \left(\frac{20 - 0,67}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,67}$$
$$K = 1,25$$

Esbeltez:

$$E = \frac{(1,25) * (3,20)}{(0,30 * 0,50)} = 26,67$$

Como se puede observar $22 < E < 100$ por tanto es considerada una columna intermedia y se diseña por medio de cargas actuantes magnificadas.

En ambos sentidos (X y Y) la columna clasifica como intermedia, por lo que magnificaremos los momentos.

Magnificación de momentos (**δ**):

Se usa utilizando las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de los desplazamientos laterales de los miembros, por lo que es necesario modificar los valores calculados con el fin de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento y evitar el pandeo, por eso usamos el código ACI 318S-14, Cap. 6, sección: 6.6.4.5.2, Pág. 82 de magnificación de momentos descrito a continuación:

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{P_u}{\phi P_{cr}} \right)} \geq 1$$

}	$\phi = 0,70$ si se usan estribos
}	$\phi = 0,75$ si se usan zunchos

Dónde:

δ = magnificador de momentos

P_U = carga axial

P_{cr} = carga crítica

Carga crítica:

Calculada de acuerdo a la ecuación de la carga crítica de pandeo ACI 318S-14, cap. 6, sección: 6.6.4.4.2, p. 81:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * (EI)}{(K * L_u)^2}$$

Dónde:

E = módulo de elasticidad del concreto

I = momento de inercia de la sección

β_d = factor de flujo plástico del concreto.

ACI 318S-14, cap. 6, sección: 6.6.4.4.4, inciso c), p. 81.

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5 * (1 + \beta_d)}$$

$$\beta_d = \frac{CM_U}{C_U}$$

Sentido X:

$$\beta_d = (1,40 * 811) / (1534,30) = 0,74$$

$$E_c = 15,100 * (280)^{1/2} = 253\,122,12 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I = (1/12) * (50) * (50^3) = 520\,833,33 \text{ cm}^4$$

$$EI = (253\,122,12 * 520833,33) / (2,50 * (1 + 0,74)) = 3,04 * 10^{10} \text{ Kg-cm}^2$$

$$P_{cr} = (\pi^2 * 3,04 * 10^{10}) / (1,29 * 320)^2 = 1\,760\,734,82 \text{ Kg} = 1\,760,735 \text{ ton}$$

Magnificador de momentos:

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \left(\frac{29\,662,85}{0,70 * 1\,760\,734,82} \right)} \geq 1$$

$$\delta = 1,02 \geq 1$$

Momento Magnificado en el eje X (M_{gx}):

$$M_{gx} = M_{dx} * \delta = (15\,003 \text{ Kg-m}) * 1,02 = 15\,303,06 \text{ Kg-m} = 15,30 \text{ ton-m}$$

Sentido Y:

Como se puede observar los datos en el sentido Y son los mismos al sentido X, por lo cual el procedimiento es el mismo al sentido X, entonces procedemos solo a calcular el momento magnificado en Y:

Momento Magnificado en el eje Y (M_{gy}):

$$M_{gy} = M_{dy} * \delta = (18\,632,86 \text{ Kg-m}) * 1,02 = 19\,005,39 \text{ Kg-m} = 19,01 \text{ ton-m}$$

Refuerzo longitudinal:

Existen varios métodos de calcular el acero longitudinal para columnas, que se aplican dependiendo el tipo de carga que soporta la columna, algunas soportan carga axial, carga axial y momento uniaxial, carga axial y momento biaxial y carga axial y momento triaxial.

En este caso se usó el método de carga inversa, que es un método desarrollado por Bresler.

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_0}$$

Dónde:

P'_u = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes.

P'_x = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje X.

P'_y = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje Y.

P'_0 = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad cero

Datos de considerar para columna de 50 cm x 50 cm:

$$M_{dx} = 15\,303,06 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = 19\,005,39 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$P_u = 26\,662,85 \text{ Kg}$$

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Rec} = 4 \text{ cm (ACI 318S-14, cap. 20, sección: 20.6.1.3.1, p.356)}$$

Según el Código ACI 318S-14 el mínimo de barras longitudinales debe cumplir con 4 dentro de estribos rectangulares, cap. 10, sección: 10.7.3.1, inciso b), p. 167.

Según el Código ACI 318S-14 Cap. 18, sección: 18.7.4.1, p. 298. El área de acero longitudinal A_{st} debe ser al menos $0,01A_g$ y no debe exceder $0,06A_g$ en zonas sísmicas. Por lo cual proponemos utilizar un $A_{st} = 0,02A_g$

$$A_{stmin} = 0,01A_g = 0,01(50*50) = 25 \text{ cm}^2$$

$$A_{stmax} = 0,06A_g = 0,06(50*50) = 150 \text{ cm}^2$$

Se propone para el área de acero propuesta:

16 varillas núm. 5 (5 varillas en cada lado)

$$A_{st} = 16*(1,98 \text{ cm}^2) = 31,68 \text{ cm}^2$$

Para el diseño de columnas, el método de Bresler utiliza los diagramas de iteración. Los valores a utilizar en el diagrama son:

- Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{H_{nucleo}}{H_{Columna}} = \frac{b - 2 * Rec}{h}$$

$$Y_y = (0,50 - 2*0,04)/(0,50) = 0,84$$

$$Y_x = (0,50 - 2*0,04)/(0,50) = 0,84$$

- Valores de la curva:

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

$$\rho_{tu} = (31,68*4200)/(50*50*0,85*280) = 0,224$$

- Excentricidades:

$$e_x = M_{dx} / P_u = 15\,303,06 \text{ Kg-m} / 29\,662,85 \text{ Kg} = 0,52 \text{ m}$$

$$e_y = M_{dy} / P_u = 19\,005,39 \text{ Kg-m} / 29\,662,85 \text{ Kg} = 0,64 \text{ m}$$

- Valor de las diagonales:

$$e_x / h_x = 0,52 / 0,50 = 1,04$$

$$e_y / h_y = 0,64 / 0,50 = 1,28$$

Con los datos obtenidos anteriormente, buscamos los valores de K_x y K_y en el diagrama de iteraciones, dando los siguientes valores:

$$K_x = 0,29$$

$$K_y = 0,16$$

Con estos datos procedemos a calcular las resistencias de la columna a una excentricidad dada:

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_x = K_x * \phi * f'_c * b * h$$

$$P'_x = (0,29) * (0,70) * (280) * (50) * (50) = 142\,100 \text{ Kg}$$

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_y = K_y * \phi * f'_c * b * h$$

$$P'_y = (0,16) * (0,70) * (280) * (50) * (50) = 78\,400 \text{ Kg}$$

- Carga axial de resistencia de la columna:

ACI 318S-14, capítulo 22, sección 22.4.2.2, p. 373 mediante la fórmula siguiente:

$$P'_0 = 0,70[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$$P'_0 = (0,70)*[0,85*280*(2\ 500 - 31,68) + (4\ 200)*(31,68)]$$

$$P'_0 = 504\ 361,31\ \text{Kg} = 504,36\ \text{ton}$$

Calculo de P'_u :

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{142\ 100} + \frac{1}{78\ 400} - \frac{1}{504\ 361,31}$$

$$P'_u = 56\ 149,20\ \text{Kg} \approx 56,15\ \text{ton}$$

Por lo que podemos observar $P'_u > P_u$ (56149,20 Kg > 29662,85 Kg) por lo que el área de acero propuesta si es capaz de soportar los esfuerzos a los que está sometida la columna, en caso contrario se debe proponer nueva área de acero.

Refuerzo transversal (estribos):

El objetivo de este refuerzo es resistir los esfuerzos a corte actuantes en la columna, por tanto, el cortante actuante mayor obtenido del análisis estructural por medio de ETABS es:

$$V_a = 20915,86\ \text{Kg}$$

En primer punto se calcula el cortante del concreto V_{cu} mediante la fórmula siguiente:

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} * b_w d$$

Dónde:

$$d = 50_{\text{base}} - 4_{\text{rec}} - 1,27_{\text{Est}} - 0,79_{\text{Corrido}} = 43,94 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$V_c = (0,53) * (0,85) * (280)^{1/2} * (50) * (43,94) = 16\,561,66 \text{ Kg}$$

Como podemos observar $V_c < V_a$ ($16561,66 < 20915,86$) por tanto es necesario diseñar estribos a corte en áreas no confinadas, se hace de la siguiente manera:

El espaciamiento en el área de para estribos a corte en el área central la calculamos de la siguiente manera:

$$S = \frac{\phi A_v f_y}{V_s b}$$

Dónde:

ϕ = factor de reducción de resistencia (0,75)

A_v = área del estribo

f_y = fluencia del acero

V_s = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo cortante

b = base del elemento

Donde V_s está dado por el ACI 318S-14, cap. 22, sección: 22.5.1.1, p. 374 mediante la fórmula:

$$V_s = V_n - V_c$$

Dónde:

V_s = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo cortante

V_n = resistencia nominal a cortante

V_c = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo concreto

Donde V_n está dado por:

$$V_n = \frac{V_u}{bd}$$

$$V_n = (20\,915,86 \text{ Kg}) / (50 \text{ cm} \times 43,94 \text{ cm}) = 9,52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_c = (0,53) * (0,85) * (280)^{1/2} = 7,54 \text{ Kg}$$

Como $V_a \rightarrow V_c$ se considera $V_c = 0$

Se propone estribos Núm. 4, con un área de $1,27 \text{ cm}^2$.

$$S = \frac{0,75 * 2 * 1,27 * 4\,200}{9,52 * 50} = \approx 18,80 \text{ cm}$$

El espaciamiento en el centro sera a 20 cm, pero de igual forma verificamos de acuerdo con el ACI.

El código ACI 318S-14 para áreas no confinadas se puede colocar los estribos a $d/2$ cuando no es necesario diseñar estribos a corte, utilizando varillas núm. 3 para estribos cerrados.

$$S = d/2 = 44,26/2 = 22,13 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}.$$

Refuerzo en área confinada:

El código ACI 318S-14 cap. 18, sección: 18.7.5.1, p. 298, define la longitud de confinamiento para columnas (L_o):

- $H_{\text{columna}} = 50 \text{ cm}$
- $\text{Luz Libre}_{\text{Col}}/6 = 320/6 = 53 \text{ m}$
- $450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$

Se tomará el mayor de los 3 valores encontrados, usando $L_o = 0,55 \text{ m}$

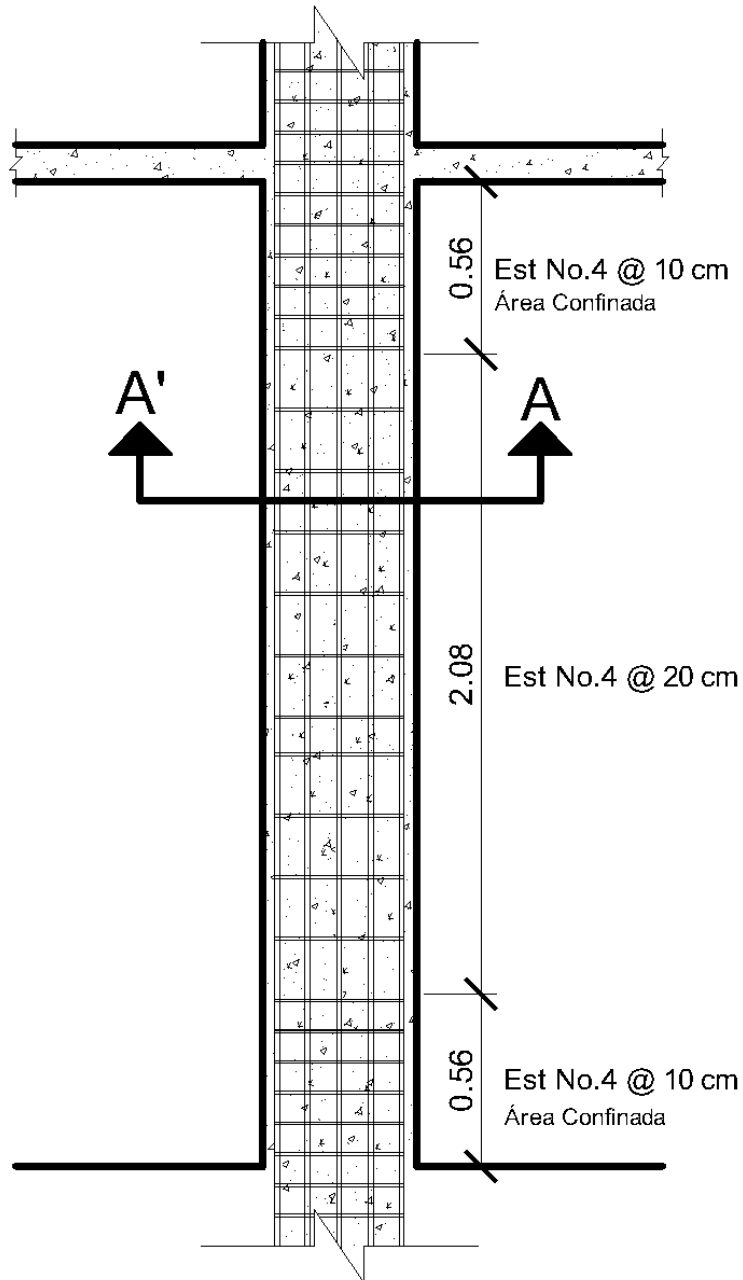
Espaciamiento de estribos en área confinada:

El Código ACI 318S-14, cap. 18, sección: 18.7.5.3, p. 300 determina la separación máxima en áreas confinadas para columnas, la cual no debe exceder el menor de los 3 valores:

- $B_{\text{Col}}/4 = 50/4 = 12,50 \text{ cm}$
- $6\phi_{\text{MenorAsLong}} = 6*1,59 = 9,53 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

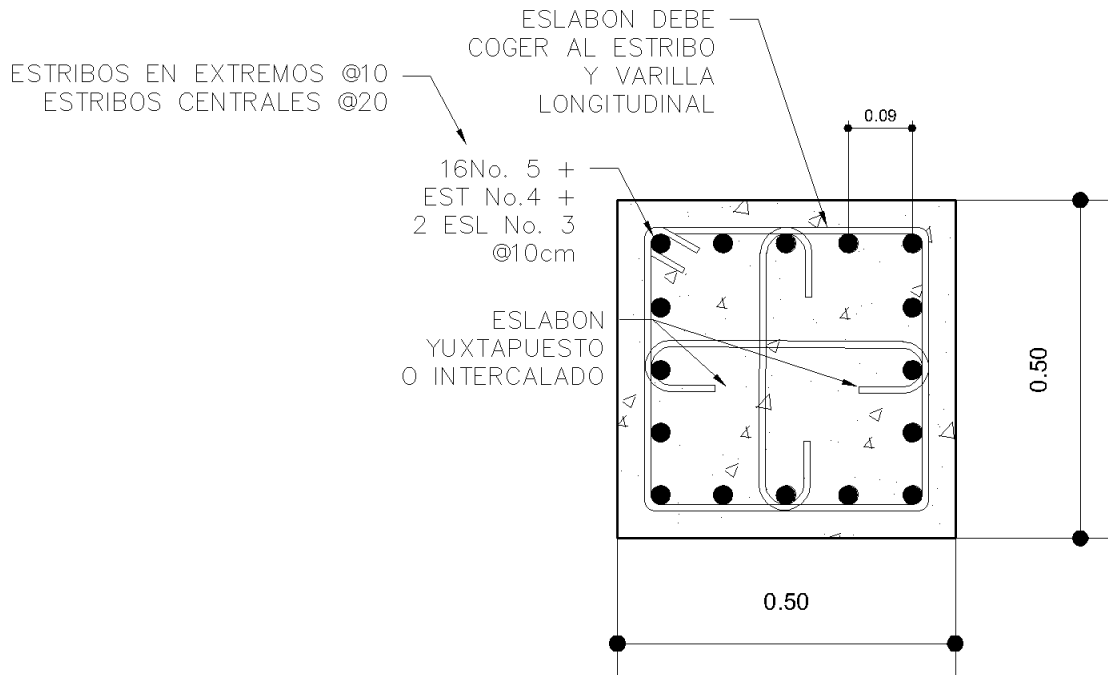
Como se puede observar el espaciamiento **S** que se requiere en el área confinada no excede ninguno de los valores que el ACI permite, por tanto en el área confinada se colocarán estribos a cada 10 cm.

Figura 76. Armado final columna 50x50, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 77. **Detalle transversal, sección A-A', columna 50x50, módulo 1**



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2016.

Según el código ACI 318S-14, cap. 25, sección: 25.2.3, p. 435 determina la distancia libre entre las barras de refuerzo longitudinal en columnas la cual debe ser al menos el mayor de $1,5d_b$, 40 mm y $(4/3) d_{agg}$

Dónde:

d_b = diámetro nominal de una barra en mm.

d_{agg} = tamaño nominal máximo del agregado grueso en mm.

Usando barra núm. 5 y tamaño máximo nominal del agregado 3/8"

$$1,5d_b = 1,50*(5/8)*(2,54 \text{ cm})*10 = 23,8 \text{ mm} \approx 2,38 \text{ cm}$$

$$(4/3)d_{agg} = (4/3)*(3/8)*(2,54 \text{ cm})*10 = 12,7 \text{ mm} \approx 1,27 \text{ cm}$$

Por lo se puede observar lo 9 cm de separación (figura. 72) están por encima de la separación que el código ACI permite, por tanto se puede ver que si cumple con dicho requisito.

Tabla CXIII. **Detalle armado columna 2, módulo 1**

Columna	Refuerzo Longitudinal	Área Confinada	Estribos Área Confinada	Estribos Resto Columna	
No. 2 (40x40)	12 No. 5	55 cm	No. 4 @ 10 cm	Varilla No.	S (cm)
				No. 4	20

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Datos para diseño:

Los datos que se utilizan para el diseño de la columna 1, 1er nivel serán los siguientes:

Sección = 50 cm x 50 cm

M_x = momento crítico en el eje X = 20 829,65 Kg - m

M_y = momento crítico en el eje Y = 25 132,32 Kg - m

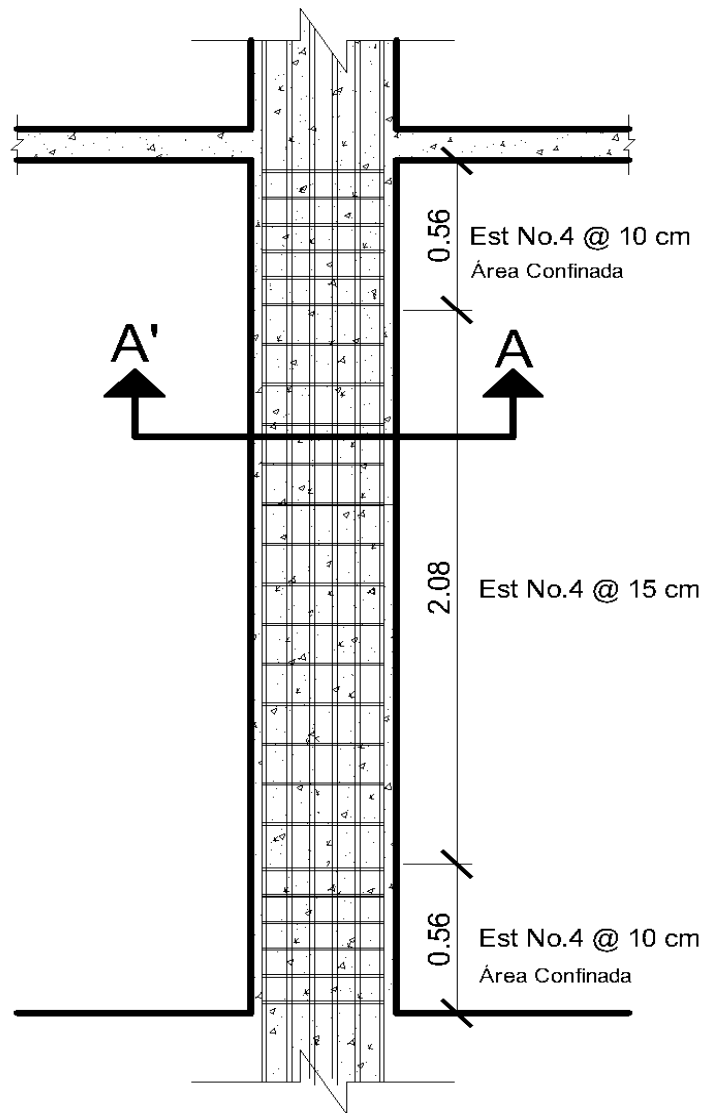
V_a = cortante actuante critico = 27 030,25 Kg

L_u = luz efectiva = 3,20 m

Basándose en estos datos tomados del análisis de Midas Gen 2018 y con el mismo procedimiento realizado en el módulo 1, verificando que todos los

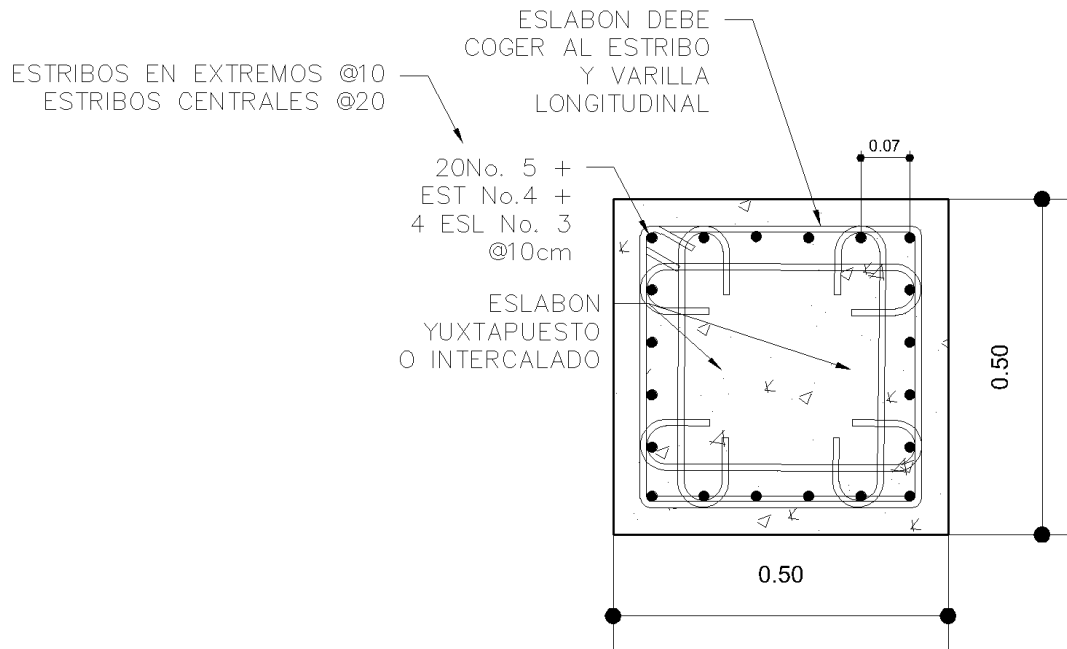
chequeos cumplan, se obtiene el siguiente armado para columna del primer nivel del módulo 2, quedando de la siguiente manera:

Figura 78. Armado final columna 50x50, módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Figura 79. **Detalle transversal, sección A-A', columna 50x50, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Usando barra núm. 5 y tamaño máximo nominal del agregado 3/8"

$$1,5d_b = 1,50 * (5/8) * (2,54 \text{ cm}) * 10 = 23,8 \text{ mm} \approx 2,38 \text{ cm}$$

$$(4/3)d_{agg} = (4/3) * (3/8) * (2,54 \text{ cm}) * 10 = 12,7 \text{ mm} \approx 1,27 \text{ cm}$$

Por lo que podemos observar lo 7 cm de separación (figura 74) están por encima de la separación que el código ACI permite, por tanto se puede ver que si cumple con dicho requisito.

Tabla CXIV. **Detalle armado columna 2, módulo 2**

Columna	Refuerzo Longitudinal	Área Confinada		Estribos Área Confinada	Estribos Resto Columna	
		Varilla No.	S (cm)		Varilla No.	S (cm)
No. 2 (40x40)	20 No. 5	55	cm	No. 4 @ 10 cm	No. 4	18

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4.5. **Diseño de gradas**

Las escaleras se diseñan para comunicar varios espacios situados a diferentes alturas, conformadas por escalones (peldaños) y pueden disponer de varios tramos separados que pueden utilizarse principalmente como descansos.

Estos módulos de gradas se diseñan de acuerdo algunos requerimientos, tales como:

- Todo módulo de escalera de evacuación debe ser ubicada de tal manera que permita a los usuarios en caso de emergencia, salir del edificio de manera rápida y segura.
- Deben diseñarse con un ancho igual o mayor a los pasillos de las plantas que comunica.
- La ubicación del módulo de gradas según el MINEDUC debe ser a una distancia máxima de 30 metros, medidos desde el escritorio del educando más alejado del módulo.
- Se deben diseñar módulos de gradas por cada 160 alumnos por planta.

Para el diseño de gradas se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Contra Huella (C) < 0,20 m
- Huella (H) > Contra Huella (C)
- $2C + H \leq 0,64$ m
- $C + H = 0,45$ a $0,48$ m
- $C \cdot H = 480 \text{ cm}^2$ a 500 cm^2
- Relaciones de Comodidad:

Se calcula el número de escalones, proponiendo una contrahuella de 18 cm y una huella de 30 cm.

$$\# \text{ de escalones mínimo} = (3,20 \text{ m}) / (0,165 \text{ m}) = 19,39 \approx 20 \text{ escalones.}$$

Procedemos a realizar los chequeos previstos anteriormente:

- $C = 0,165 < 0,20$ → Sí cumple.
- $30 \text{ cm} > 16,5 \text{ cm}$ → Sí cumple.
- $2 \cdot 16,5 + 30 = 63 \text{ cm}$ → Sí cumple.
- $16,5 + 30 = 46,50 \text{ cm}$ → Sí cumple.
- $16,50 \cdot 30 = 495 \text{ cm}^2$ → Sí cumple.

Habiendo realizado los chequeos, observamos que tenemos 20 contrahuellas de 16,50 cm y 20 huellas de 30 cm.

- Espesor de losa para gradas:

Para esto se utilizará el espesor dado según el código ACI 318S-14 para losas en una dirección en el cap. 7, sección 7.3.1.1, p. 92.

$$h = \frac{l}{30} = \frac{430}{30} = 0,14 \text{ cm}$$

- Integración de cargas:
 - Carga muerta (CM):

$$P_p = \gamma_c * \left(t + \frac{C}{2} \right)$$

$$P_p = (2\,400) * (0,14 + 0,165/2) = 534 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_{\text{Acabados}} = 26 \text{ Kg/m}^2$$

$$CM = 534 \text{ Kg/m}^2 + 26 \text{ Kg/m}^2 = 560 \text{ Kg/m}^2$$

- Carga viva (CV):

$$CV = 500 \text{ Kg/m}^2 \quad \rightarrow \text{AGIES NSE 2-10, Tabla 3-1, pág. 6}$$

$$CU = 1,3CM + 1,6CV \rightarrow \text{AGIES, Cap. 8, sección 8.1.2, Pág. 37}$$

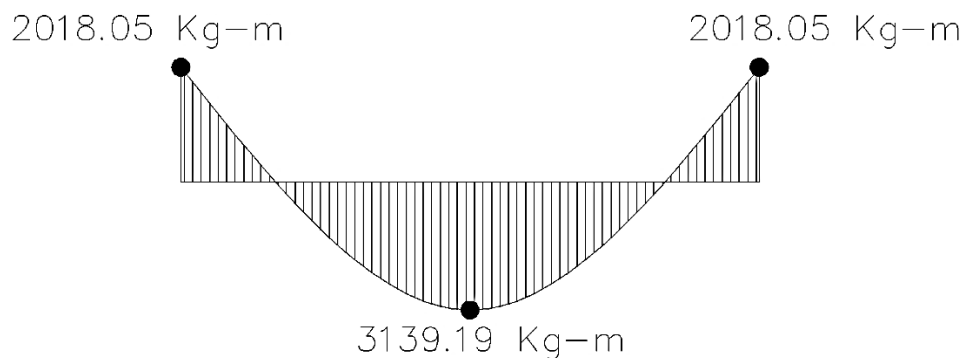
$$CU = 1,3(560 \text{ Kg/m}^2) + 1,6(500 \text{ Kg/m}^2) = 1,528 \text{ Kg/m}^2$$

Para cálculo de momentos actuantes en Losas según el código ACI son los siguientes:

$$M_{(+)} = \frac{WL^2}{9} \rightarrow \frac{1\,528 * 4,3^2}{9} \rightarrow 3\,139,19 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{(-)} = \frac{WL^2}{14} \rightarrow \frac{1\,528 * 4,3^2}{14} \rightarrow 2\,018,05 \text{ Kg} - \text{m}$$

Figura 80. **Diagrama de momento flexionante transversal en tramo de escaleras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Acero de refuerzo:

Para el diseño del refuerzo para la losa de las gradas, se usara una franja unitaria de 1 m = 100 cm, con un espesor (t) de 14 cm, calculamos las áreas de acero requeridas para los momentos actuantes de acuerdo a la siguiente formula:

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

Límites de acero:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$\text{rec} = 2 \text{ cm} \rightarrow \text{ACI 318S} - 14, \text{ cap. 20, sección 20.6.1.3, p. 356.}$$

$$d = 14 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4\ 200} * 100 * 12 = 4,03 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\max}} = 0,5 * \rho_b * b * d = 0,5 * 0,0285 * 100 * 12 = 17,10 \text{ cm}^2$$

Límites de espaciamiento:

Según Código ACI 318S – 14 se toman en cuenta los siguientes:

$$S_{\min} = 18 \text{ cm} \rightarrow \text{De acuerdo al } A_{S_{\min}}$$

$$S_{\max} = 45 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 3h = 3 * 12 = 36 \text{ cm}$$

Área de Acero Momento Positivo:

$$A_{S(+)} = \left[(100 * 12) - \sqrt{(100 * 12)^2 - \frac{3139,19 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \left(\frac{0,85 * 280}{4\ 200} \right) = 7,31 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento requerido para esta área de acero:

$$\left. \begin{array}{l} 7,31 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow X \end{array} \right\} X = 10 \text{ cm} \rightarrow 18 \text{ cm} \rightarrow S_{\min}$$

Para este momento se colocara varilla Núm. 3 @ 18 cm

Área de Acero Momento Negativo:

$$A_{S(-)} = \left[(100 * 12) - \sqrt{(100 * 12)^2 - \frac{2\ 018,05 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \left(\frac{0,85 * 280}{4\ 200} \right) = 4,60 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento requerido para esta área de acero:

$$\left. \begin{array}{l} 4,60 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow X \end{array} \right\} X = 15,44 \text{ cm} \rightarrow 18 \text{ cm} \rightarrow S_{\min}$$

Para este momento se colocará varilla Núm. 3 @ 18 cm

$$\text{Si } A_{s\min} \leq A_{s\text{req}} \leq A_{s\max} \rightarrow \text{Usar } A_{s\text{req}}$$

Como se puede observar el $A_{s\text{req}}$ está dentro de los límites de diseño, no es menor al $A_{s\min}$ pero tampoco es mayor que $A_{s\max}$, por tanto se usará el $A_{s\text{req}}$ para el diseño de la losa para las gradas.

Refuerzo a temperatura:

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d \rightarrow \rho = 0,0018 \text{ para } f_y \geq 420 \text{ MPa según ACI.}$$

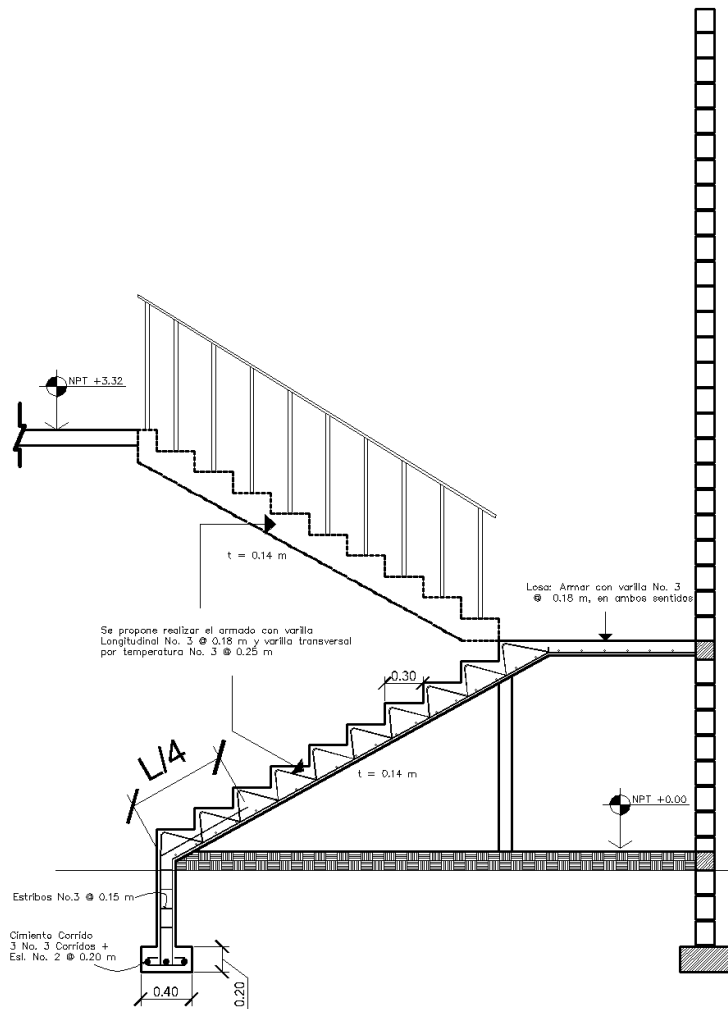
$$A_{st} = 0,0018 \cdot 100 \cdot 14 = 2,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento requerido para esta área de acero:

$$\left. \begin{array}{l} 2,52 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow X \end{array} \right\} X = 28,17 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

Para este momento se colocará varilla Núm. 3 @ 25 cm

Figura 81. Detalle de gradas, para ambos módulos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

2.1.6.4.6. Diseño de cimientos

La cimentación es el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni

produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados.

- Tipos de cimentación:

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes. A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación.

Hay dos tipos fundamentales de cimentación: directas y profundas.

- Cimentaciones directas:

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. En este tipo de cimentación, la carga se reparte en un plano de apoyo horizontal.

Siempre que es posible se emplean cimentaciones superficiales, ya que son el tipo de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar, estas se clasifican en:

- Zapatas aisladas
- Zapatas combinadas o corridas

- Losas de cimentación
- Cimentaciones profundas:

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son Los Pilotes.

Módulo 2:

- Zapata Tipo 1 (concéntrica):

Del análisis estructural elaborado por el programa Midas Gen 2018 y estudio de suelos, utilizando la sección más crítica para zapata tipo 1 (zapatas centrales), se obtiene los siguientes datos para el diseño de zapatas:

$$P_u = 66722.20 \text{ Kg} \approx 66,72 \text{ ton}$$

$$F_{CU} = 1,38$$

$$Y_{\text{Suelo}} = 1,77 \text{ ton/m}^3 = 1\,770 \text{ Kg/m}^3$$

$$M_x = 1\,017,53 \text{ Kg-m} = 1\,018 \text{ ton-m}$$

$$M_y = -3\,648,30 \text{ Kg-m} = -3,65 \text{ Ton-m}$$

$$V_s = 28,92 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Sección Col} = 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$$

$$D_f = 1,80 \text{ m}$$

$$Y_C = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$r = 75 \text{ mm} \rightarrow \text{ACI 318S} - 14, \text{ cap. 20, sección 20.6.1.3, p. 356.}$

- Cálculo del área de la zapata:
 - Cálculo de cargas de trabajo:

$$P' = P_u/F_{CU} = 66\,722,20 \text{ Kg}/1,38 = 48\,349,42 \text{ Kg}$$

$$M'_x = M_x/F_{CU} = 1\,017,53 \text{ Kg-m}/1,38 = 737,34 \text{ Kg-m}$$

$$M'_y = M_y/F_{CU} = 3\,648,30 \text{ kg-m}/1,38 = 2\,643,70 \text{ Kg-m}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata:

$$\sigma_{\text{axial}} = 1,50 * \frac{P'}{A_z} = \rho_{\text{suelo}} \rightarrow A_z = 1,50 * \frac{P'}{\rho_{\text{suelo}}}$$

$$A_z = 1,50 * (48\,349,42/28,920) = 2,50 \text{ m}^2$$

$$b_{\text{zap}} = \sqrt{2,5 \text{ m}^2}$$

$b_{\text{zap}} = 1,58 \text{ m} \rightarrow$ se propone una base de 1,75 m por las dimensiones del edificio.

Como los momentos actuantes son muy similares se propone una zapata cuadrada de 1,75 m x 1,75 m ($A_z = 3,06 \text{ m}^2$) para cubrir un área de zapatas de $2,50 \text{ m}^2$.

- Chequeo de presión del suelo:

La zapata transmite al suelo verticalmente las cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con esta, El Código ACI 318S-14, cap. 13, sección: 13.3.1.1, p. 203, permite calcular las presiones del suelo mediante la siguiente fórmula:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_x}{S_x} \pm \frac{M'_y}{S_y}$$

Para utilizar esta fórmula se debe cumplir la siguiente condición:

$e > \frac{B}{6} \rightarrow$ de lo contrario se debe aplicar otra fórmula para calcular $q_{\text{máx}}$

Otra consideración para la comprobación de la presión de suelo es:

$$q_{\text{máx}} < V_s \rightarrow \text{Ok}$$

$$q_{\text{min}} > 0 \rightarrow \text{Ok}$$

S_x y S_y están dados por la siguiente fórmula:

$$S_x = S_y = \frac{1}{6}bh^2 \rightarrow \text{por ser una zapata cuadrada.}$$

$$P = P' + P_{\text{Col}} + P_{\text{Suelo}} + P_{\text{Cimiento}}$$

$$P_{\text{Col}} = (0,50*0,50*5*2\ 400) + (0,40*0,40*3,20*2\ 400) = 4\ 228,8\ \text{Kg}$$

$$P_{\text{Suelo}} = (1,80*1,75*1,75*1\ 770) = 9757,13\ \text{Kg}$$

$$P_{\text{Cimiento}} = (1,75*1,75*0,40*2\ 400) = 2940\ \text{Kg}$$

$$P = 48349,2\ \text{Kg} + 4,228,80\ \text{Kg} + 9757,13\ \text{Kg} + 2940\ \text{Kg}$$

$$P = 65275,13\ \text{Kg}$$

$$S_x = S_y = (1/6)*(1,75)*(1,75)^2 = 0,89\ \text{m}$$

$$q_{\text{max}} = \frac{65275,13}{1,75 * 1,75} + \frac{737,34}{0,89} + \frac{2643,70}{0,89}$$

$$q_{\text{max}} = 25113,25\ \text{Kg/m}^2$$

Vemos que $q_{\text{max}} < V_s$ ($24873,25 < 28,920$) \rightarrow Si cumple.

$$q_{\text{min}} = \frac{64540,13}{1,75 * 1,75} - \frac{737,34}{0,89} - \frac{2643,70}{0,89}$$

$$q_{\min} = 17\,515,41 \text{ Kg/m}^2$$

Se observa que $q_{\min} > 0$ ($17\,275,41 > 0$) → Sí cumple.

- Chequeo por Corte:
 - Chequeo Presión del Suelo:

Se toma en cuenta que la presión que la presión debajo de la zapata en un punto, es distinta a la localizada en cualquier otro punto, por eso mismo se trabaja con una presión constante debajo de la misma cuyo valor este entre q_{\min} y q_{\max} .

$$\text{Presión última} = q_{\text{diseño}} = q_{\max} * F_{cu}$$

$$q_{\text{diseño}} = (25113,25 \text{ Kg/m}^2)(1,38) = 34\,656,29 \text{ Kg/m}^2$$

- Espesor de la zapata:

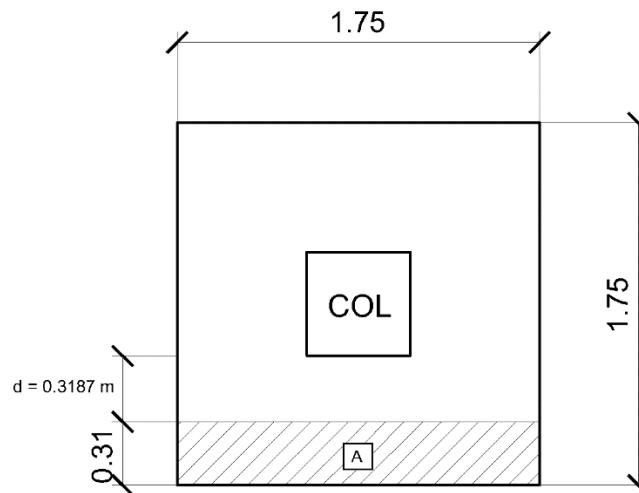
Para determinar el espesor de la zapata es necesario analizar si este es capaz de soportar el corte simple y corte punzonante causado por la columna y cargas actuantes. Para este caso se propone un espesor $t = 40$ cm.

La sección crítica de cortante en las zapatas ocurre a una distancia **d** (peralte efectivo), medido desde el rostro de la columna, por lo cual es necesario chequear si el espesor asumido es capaz de soportar los cortes actuantes.

$$d = t - \text{rec} - \phi_{\text{varilla}}/2$$

$$d = 40 \text{ cm} - 7,5 \text{ cm} - 1,27/2 = 31,87 \text{ cm}$$

Figura 82. **Distancia donde ocurre corte simple, zapata tipo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

$$V_a = \text{cortante actuante} = A \cdot q_{\text{diseño}}$$

$$A = (0,31 \text{ m})(1,75 \text{ m}) = 0,54 \text{ m}^2$$

$$V_a = (0,54 \text{ m}^2)(34\ 656,29 \text{ Kg/m}^2) = 18\ 714,39 \text{ Kg}$$

$$V_R = \text{cortante que resiste el concreto} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot (280)^{1/2} \cdot (1,75)(31,87)$$

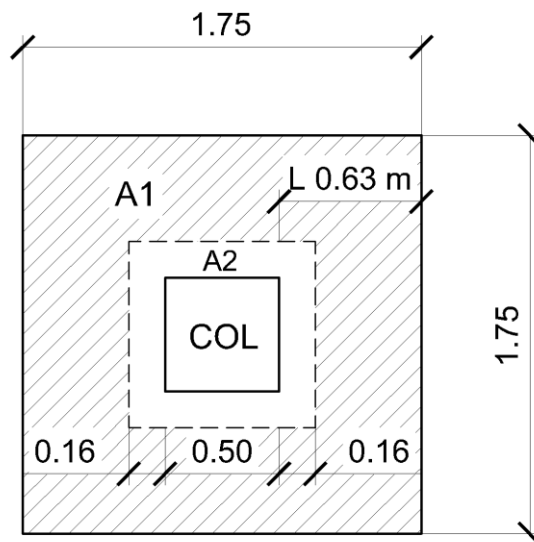
$$V_R = 42043,02 \text{ Kg}$$

Como se puede observar $V_a < V_R$, por tanto, si chequea por corte el espesor propuesto.

- Chequeo por Punzonamiento:

Este corte se da por el efecto que provoca la columna al intentar traslapar la zapata. La sección crítica de cortante en las zapatas ocurre a una distancia $d/2$ (peralte efectivo), medido desde el rostro de la columna.

Figura 83. Área de punzonamiento, zapata tipo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Dónde:

$$V_a = \text{cortante Actuante} = (A_1 - A_2) \cdot q_{\text{diseño}}$$

$$V_a = (1,75 \cdot 1,75 \text{ m}^2 - 0,82 \cdot 0,82 \text{ m}^2) \cdot (34\ 656,29 \text{ Kg/m}^2) = 82\ 832 \text{ Kg}$$

$$V_R = \text{cortante que resiste el concreto} = 1,06 \cdot 0,85 \cdot (280)^{1/2} \cdot b_o \cdot d$$

$$b_o = 4(b_{\text{Col}} + d) = 4(50 + 31,87) = 327,48 \text{ cm}$$

$$V_R = 1,06 \cdot 0,85 \cdot (280)^{1/2} \cdot (327,48 \text{ cm}) \cdot (31,87 \text{ cm}) = 157\ 351,41 \text{ Kg}$$

Como podemos observar $V_a < V_R$, por tanto, si chequea por punzonamiento.

- Diseño de Refuerzo por Flexión:

El refuerzo se calcula para cubrir el momento flector (M_u) en la zapata, como efecto del empuje hacia arriba del suelo. El momento está dado por la siguiente formula:

$$M_u = q_{\text{diseño}} * L^2 / 2$$

L = distancia medida desde el rostro de la columna hacia el borde de la zapata.

$$M_u = (34\ 656,29 \text{ Kg/m}^2) * (0,63\text{m})^2 / 2 = 6\ 877,54 \text{ Kg-m}$$

Para el sentido X se tiene:

$$f_y = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 31,87 \text{ cm}$$

A_s requerido por M_u :

$$A_s = \left[100 * 31,87 - \sqrt{(100 * 31,87)^2 - \frac{6\ 877,54 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\ 200} = 5,80 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = 14,1 / f_y * b * d = (14,1 / 4\ 200) (100) (31,87) = 10,70 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{usar } A_{s\text{min}}$$

$$A_v = \text{Área de varilla No. 4} = 1,27 \text{ cm}^2$$

S = espaciamiento de varillas

$$S = A_v / A_{s\text{min}} = 1,27 \text{ cm}^2 / 10,70 \text{ cm}^2 = 0,12 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$$

Para el sentido Y se tiene:

Acá lo que varía es el peralte efectivo d, dado de la siguiente manera:

$$d_y = d_x - \phi_x/2 - \phi_y/2$$

Usando varillas. 4 se obtiene:

$$d_y = 31,87 - 1,27/2 - 1,27/2 = 30,60$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

A_s requerido por M_u :

$$A_s = \left[100 * 30,60 - \sqrt{(100 * 30,60)^2 - \frac{6\,877,54 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\,200} = 6,05 \text{ cm}^2$$

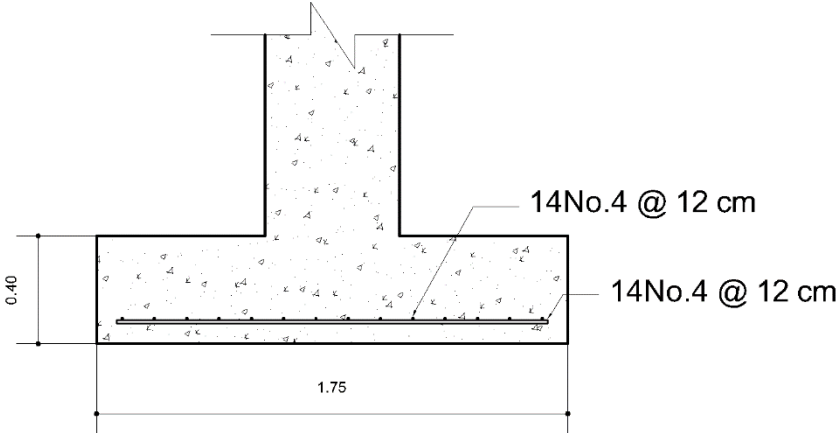
$$A_{s_{\min}} = 14,1/f_y * b * d = (14,1/4\,200)(100)(30,60) = 10,27 \text{ cm}^2$$

$$A_v = \text{Área de varilla Núm. 4} = 1,27 \text{ cm}^2$$

S = espaciamiento de varillas

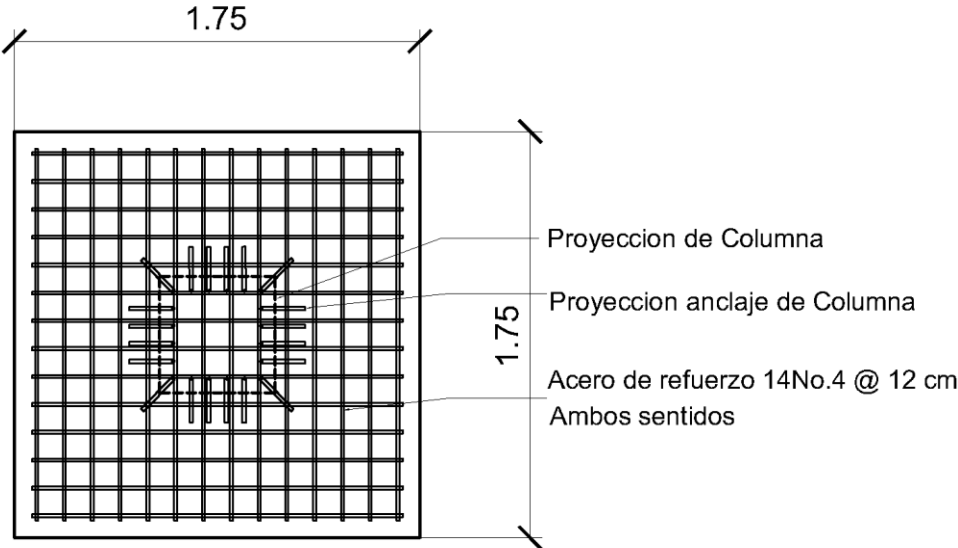
$$S = A_v/A_{s_{\min}} = 1,27\text{cm}^2/10,27\text{cm}^2 = 0,12 \text{ m}$$

Figura 84. Armado final de zapata 1, elevación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Figura 85. Armado final de Zapata 1, planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Módulo 1:

- Zapata tipo 1 (concéntrica):

Del análisis estructural elaborado por el programa Midas Gen 2018 y estudio de Suelos, utilizando la sección más crítica para zapata tipo 1 (Zapatas centrales), se obtiene los siguientes datos para el diseño de zapatas:

$$P_u = 45,4 \text{ Kg Ton}$$

$$F_{CU} = 1,38$$

$$Y_{\text{Suelo}} = 1,77 \text{ ton/m}^3 = 1\,770 \text{ Kg/m}^3$$

$$M_x = 4,92 \text{ ton-m}$$

$$M_y = -10,34 \text{ ton-m}$$

$$V_s = 28,92 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Sección Col} = 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$$

$$D_f = 1,80 \text{ m}$$

$$Y_C = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

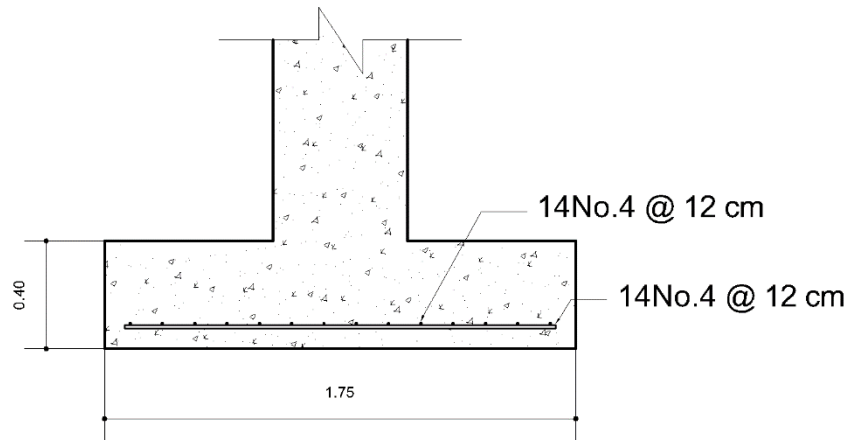
$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$r = 75 \text{ mm} \rightarrow \text{ACI 318S} - 14, \text{ cap. 20, sección 20.6.1.3, p. 356}$$

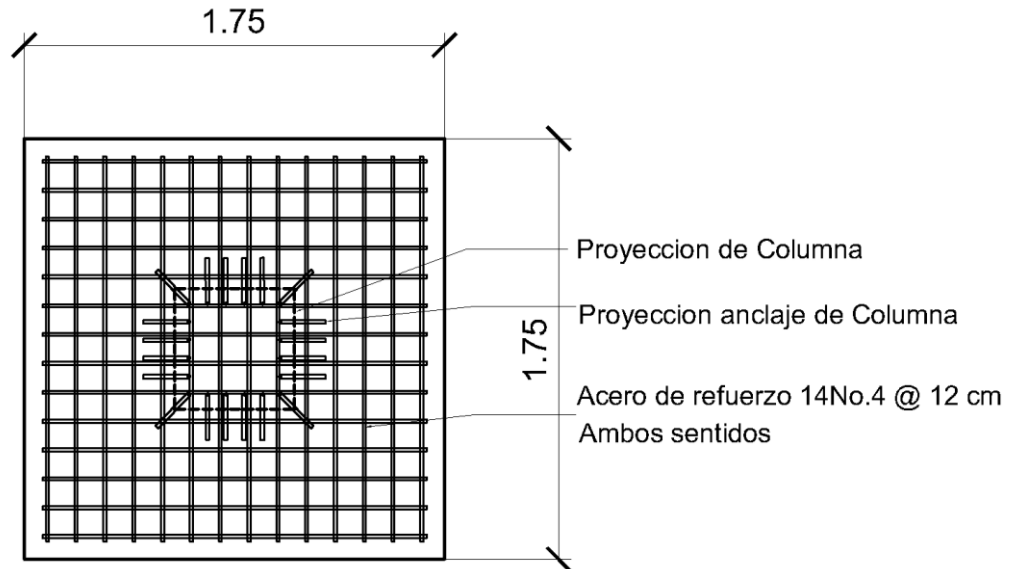
Realizando los mismos cálculos que en el módulo 2, se obtiene el detalle del armado de zapata para el módulo 1, zapata tipo 1.

Figura 86. Armado final de Zapata 1, elevación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Figura 87. Armado final de zapata 1, planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Módulo 1:

- Zapata tipo 2 (excéntrica):

Del análisis estructural elaborado por el programa Midas Gen 2018 y estudio de suelos, utilizando la sección más crítica para zapata tipo 2 (zapatas excéntricas, de borde), cuyas zapatas se diseñan para contrarrestar el momento de volteo, que se produce debido a que las cargas que sobre esta actúan, no reaccionan en su centro de masa, la solución que se plantea para este proyecto, es una zapata de base rectangular, con un diamante sobre ella, se obtiene los siguientes datos para el diseño de zapatas:

$$P_u = 39\,097,6 \text{ Kg} \approx 39,10 \text{ ton}$$

$$F_{CU} = 1,38$$

$$Y_{\text{Suelo}} = 1,77 \text{ ton/m}^3 = 1\,770 \text{ Kg/m}^3$$

$$M_x = -11\,789 \text{ Kg-m} = -11,789 \text{ ton-m}$$

$$V_s = 28,92 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Sección Col} = 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$$

$$D_f = 1,80 \text{ m}$$

$$Y_C = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

- Cargas de trabajo:

$$P' = P_u/F_{CU} = 39,10 \text{ ton}/1,38 = 28,33 \text{ ton}$$

$$Mt_x = M_x/F_{CU} = 11,789 \text{ ton-m}/1,38 = -8,54 \text{ ton-m}$$

$$Mt_y = M_y/F_{CU} = 3,46557 \text{ ton-m}/1,38 = 2,51 \text{ ton-m}$$

- Área de Zapata:

$$P't = 28,33 + (28,33 \cdot 0,05) = 29,75 \text{ ton}$$

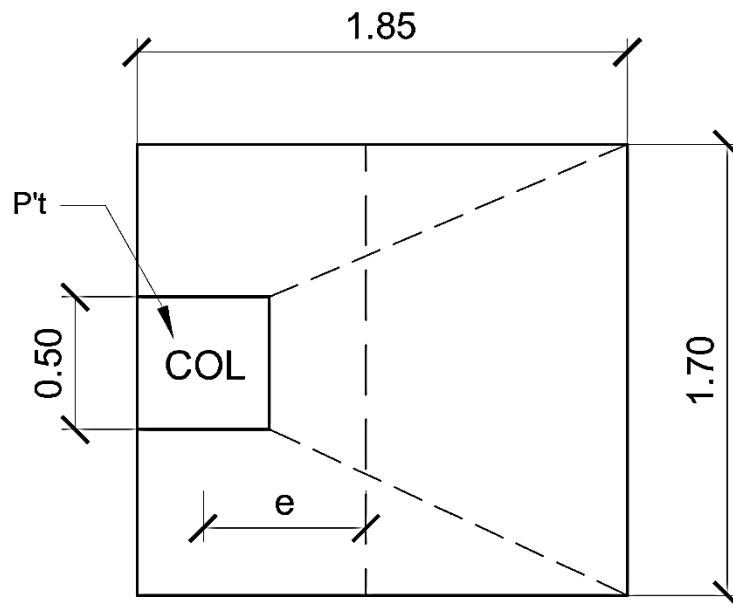
$$A_z = 1,50 \cdot (29,75 / 28,92) = 1,54 \text{ m}^2$$

$$b_{Zap} = \sqrt{1,54 \text{ m}^2}$$

$b_{Zap} = 1,24 \text{ m} \rightarrow$ se propone una base de 1,70 m y la Longitud de 1,85 m por las dimensiones del edificio.

Se propone una zapata rectangular de 1,70 m x 1,85 m ($A_z = 3,15 \text{ m}^2$) para cubrir un área de zapatas de 1,54 m².

Figura 88. Dimensiones de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

La carga P'_t , centrada en la columna, se encuentra a una distancia del centro de:

$$e = \frac{1,85 - 0,52}{2} = 0,675 \text{ m}$$

Si se aplican dos fuerzas iguales a P'_t , de sentido contrario en el centro de gravedad de la base, ellas, combinadas, con P'_t de la columna, provocan los esfuerzos siguientes en el terreno. Ver figura 84.

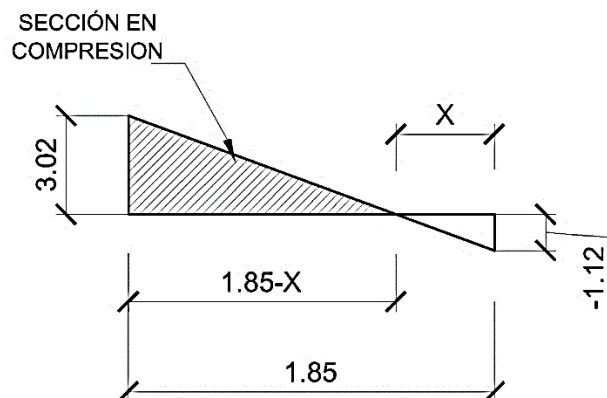
- Compresión máxima:

$$\sigma_c = \frac{P'_t}{A} \left[1 + \frac{6 * e}{L} \right] = \frac{29\,746,50}{31\,450} \left[1 + \frac{6 * 67,5}{185} \right] = 3,02 \text{ Kg/cm}^2$$

- Tensión máxima:

$$\sigma_c = \frac{P'_t}{A} \left[1 - \frac{6 * e}{L} \right] = \frac{29\,746,50}{31\,450} \left[1 - \frac{6 * 67,5}{185} \right] = -1,12 \text{ Kg/cm}^2$$

Figura 89. **Esfuerzo en el terreno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Punto donde cambia el esfuerzo de compresión al de tensión, el cual se encuentra a una distancia X, aplicando triángulos semejantes. (figura 84).

$$\frac{3,02}{1,85 - x} = \frac{1,12}{x}$$

Despejando X = 0,50 m

Para efectuar el cálculo de la zapata, se tendrá que considerar la parte del diagrama que se encuentra a compresión. Ver Figura 85.

- Esfuerzo en el eje neutro:

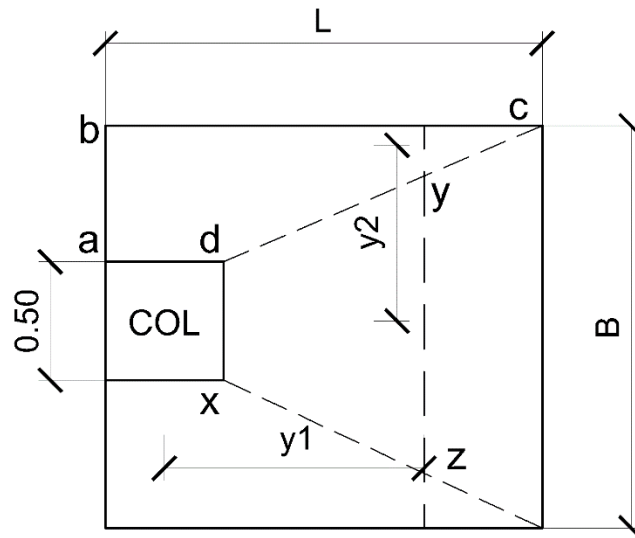
$$\sigma_{\text{neutro}} = \frac{\sigma_c * \left(\frac{L}{2} - X\right)}{L - X} = \frac{3,02 * \left(\frac{1,85}{2} - 0,50\right)}{1,85 - 0,50} = 0,96 \text{ Kg/cm}^2$$

- Altura del diamante:

Se asume una inclinación de 15 grados.

$$h = \tan(\varnothing) * (L - \text{Col}) = \tan(15^\circ) * (1,85 - 0,50) = 0,37 \text{ cm}$$

Figura 90. **Análisis de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

- Fuerza resultante en el trapecio xdyz:

$$P_1 = \sigma_{\text{neutro}} * \left[\frac{xd + yz}{2} \right] * h = 0,96 * \left[\frac{50 + 126}{2} \right] * 37 = 3\ 125,76 \text{ Kg}$$

La fuerza es aplicada al centro de gravedad del trapecio xdyz, cuya distancia a la sección xd es:

$$y_1 = \frac{h}{3} * \left[\frac{(2 * yz) + (xd)}{yz + xd} \right] = \frac{37}{3} * \left[\frac{(2 * 126) + 50}{126 + 50} \right] = 21,17 \text{ cm} \approx 0,21 \text{ m}$$

- Momento M_1 respecto al centro de la columna:

$$M_1 = P_1 * y_1 = 3\ 125,76 * 0,21 = 656,41 \text{ Kg-m}$$

- Esfuerzo en dirección perpendicular a y_1 :

$$\sigma = \frac{3,02}{2} = 1,51 \text{ Kg/cm}^2$$

- Este esfuerzo se reparte en el área adcb:

$$A = ad * \left[\frac{B - dx}{2} \right] + \left[\frac{(B - dx) + (B - yz)}{4} \right] * h$$

$$A = 50 * \left[\frac{170 - 50}{2} \right] + \left[\frac{(170 - 50) + (170 - 126)}{4} \right] * 37 = 4 517 \text{ cm}^2$$

- La resultante P_2 se aplica sobre el centro de gravedad de la superficie abcd:

$$P_2 = \sigma * A = 1,51 * 4517 = 6820,67 \text{ Kg}$$

$$y_2 = \left(\frac{ab}{3} \right) * \left(\frac{2 * B + ad}{B + ad} \right) = \left(\frac{60}{3} \right) * \left(\frac{2 * 170 + 50}{170 + 50} \right) = 35,46 \approx 0,35 \text{ m}$$

- Momento M_2 provocado por la fuerza será:

$$M_2 = P_2 * y_2 = 6 820,67 * 0,35 = 2 387,24 \text{ Kg-m}$$

El esfuerzo de acero en la base de la zapata con diamante, se calcula con la diferencia de los momentos de análisis estructural y los momentos obtenidos en el diamante.

Datos:

$$F_{CU} = 1,38$$

$$P_u = 39,10 \text{ T} \quad \rightarrow 28,33 \text{ T}$$

$$M_x = 11,789 - 0,656 = 11,13 \text{ T-m} \quad \rightarrow 8,07 \text{ T-m}$$

$$M_y = 3,466 - 2,39 = 1,08 \text{ T-m} \quad \rightarrow 0,78 \text{ T-m}$$

- Carga sobre la zapata:

$$P_{cg} = P' + P_{Col} + P_{Suelo} + P_{Cimiento}$$

$$P_{Col} = (0,50 \cdot 0,50 \cdot 3,2 \cdot 2,4) + (0,40 \cdot 0,40 \cdot 3,20 \cdot 2,4) = 4,23 \text{ ton}$$

$$P_{Suelo} = (1,80 \cdot 1,70 \cdot 1,85 \cdot 1,77) = 10,02 \text{ ton}$$

$$P_{Cimiento} = (1,70 \cdot 1,85 \cdot 0,40 \cdot 2,4) = 3,02 \text{ Kg}$$

$$P_{cg} = 28,33 \text{ ton} + 4,23 \text{ ton} + 10,02 \text{ ton} + 3,02 \text{ ton}$$

$$P_{cg} = 45,60 \text{ ton}$$

- Comprobación de $e < k$:

$$k = \frac{1,85}{6} = 0,31 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{8,07}{45,60} = 0,18 < k \quad \rightarrow \quad \text{Si Cumple}$$

$$e_y = \frac{0,78}{45,60} = 0,02 < k \quad \rightarrow \quad \text{Si Cumple}$$

- Valor de q_{max} y q_{min} está dado por la siguiente expresión:

$$q_{max}/q_{min} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_{tx}}{S_x} \pm \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Dónde:

$$S_x = \frac{b * h^2}{6}; S_y = \frac{h * b^2}{6}$$

$$S_x = \frac{(1,85) * (1,70^2)}{6} = 0,89$$

$$S_y = \frac{(1,70) * (1,85^2)}{6} = 0,97$$

$$q_{\max}/q_{\min} = \frac{45,60}{3\ 145} \pm \frac{8,07}{0,89} \pm \frac{0,78}{0,97}$$

$$q_{\max} = \frac{45,60}{3\ 145} + \frac{8,07}{0,89} + \frac{0,78}{0,97} = 24,37 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{45,60}{3\ 145} - \frac{8,07}{0,89} - \frac{0,78}{0,97} = 4,63 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\max} = 24,37 \text{ Ton/m}^2 < 28,92 \text{ Ton/m}^2 \quad \rightarrow \text{ Si cumple}$$

$$q_{\min} = 4,63 \text{ Ton/m}^2 < 0 \quad \rightarrow \text{ Si cumple}$$

- Presión última de diseño:

$$\text{Presión ultima} = q_{\text{diseño}} = q_{\max} * F_{cu}$$

$$q_{\text{diseño}} = (28,68 \text{ Ton/m}^2)(1,38) = 39,57 \text{ Ton/m}^2$$

Calculamos d mediante la ecuación siguiente:

$$d = t - \text{rec} - \phi_{\text{Varilla}}/2$$

$$d = 40 \text{ cm} - 7,5 \text{ cm} - 1,27/2 = 31,87 \text{ cm}$$

- Chequeo por Corte Simple:

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{170}{2} - \frac{40}{2} - 31,87 = 33,13 \approx 33 \text{ cm}$$

- Corte actuante:

$$V_{act} = L * X * q_{disU} \rightarrow V_{act} = 1,85 * 0,33 * 39,57 = 24,16 \text{ Ton}$$

- Corte resistente:

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 170 * 31.87}{1\ 000} = 40,91 \text{ ton}$$

Como $V_{act} < V_c$ vemos que si cumple, el peralte resiste el concreto simple.

- Chequeo por Corte Punzonante:

- Área punzonante:

$$A_p = (b+d)^2 = (0.50+0.3187)^2 = 0,67 \text{ m}^2$$

- Corte actuante:

$$V_{act} = q_{disU} * (A_z - A_p) \rightarrow V_{act} = 39.57 * (3.145 - 0.67) = 97,94 \text{ Ton}$$

- Corte resistente:

$$VR = 1,06 * 0,85 * (280)^{1/2} b_o d$$

$$b_o = 4 * (b + d) = 4 * (50 + 31,87) = 327,48 \text{ cm}$$

$$VR = [1,06 * 0,85 * (280)^{1/2} (327,48 \text{ cm})(31,87 \text{ cm})] / 1\ 000 = 157,35 \text{ Ton}$$

Como se puede observar $V_{act} < VR$, por tanto si chequea por punzonamiento.

- Diseño del Refuerzo por Flexion:

$$M_{\text{FlectorX,Y}} = \frac{q_{\text{disU}} * L^2}{2}$$

$$M_{\text{FlectorX}} = \frac{(39,57) * (0,93)^2}{2} = 17,11 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{FlectorY}} = \frac{(39,57) * \left(\frac{1,70}{2} - \frac{0,50}{2}\right)^2}{2} = 7.13 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$A_{\text{smin}} = 14,1/f_y * b * d = (14,1/4200)(100)(31,87) = 10,70 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{sTemp}} = 0,002 * b * d = (0,002)(100)(31,87) = 6,37 \text{ cm}^2$$

Calculamos las áreas de acero mediante los siguientes datos:

$$f_y = 4\ 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 31,87 \text{ cm}$$

A_s requerido por M mayor:

$$A_{\text{Sx}} = \left[100 * 31,87 - \sqrt{(100 * 31,87)^2 - \frac{17\ 110 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4200} = 14,81 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sy}} = \left[100 * 31,87 - \sqrt{(100 * 31,87)^2 - \frac{7\ 130 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\ 200} = 6,02 \text{ cm}^2$$

- Calculo de espaciamiento requerido en la cama inferior longitudinal:

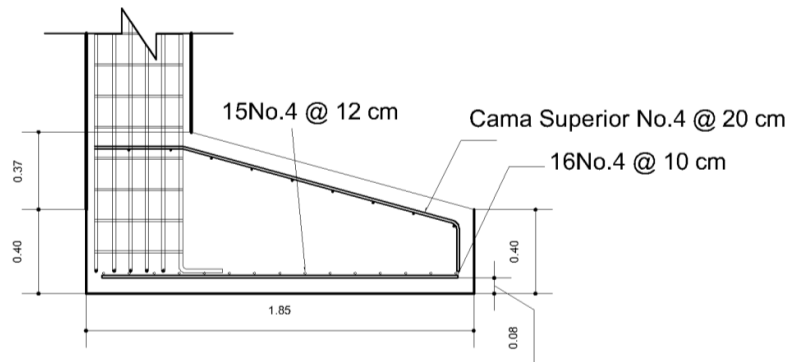
$$A_v = \text{Área de varilla núm. 4} = 1.27 \text{ cm}^2$$

S = espaciamiento de varillas

$$S = A_v / A_{\text{smin}} = 1,27 \text{ cm}^2 / 14,81 \text{ cm}^2 = 0,092 \text{ m} \approx 0,10 \text{ m}$$

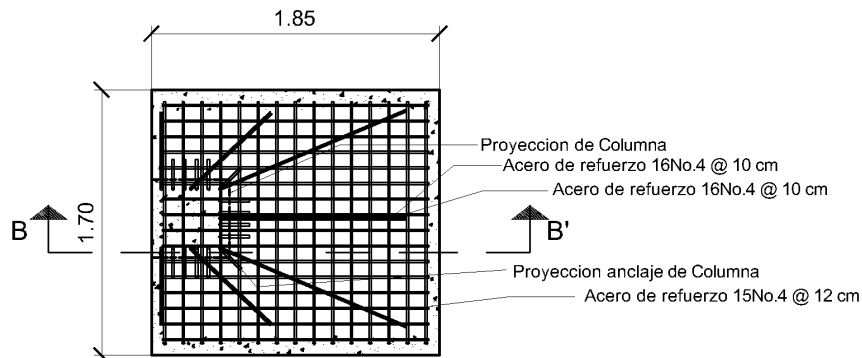
- Calculo de Espaciamiento requerido en la cama inferior transversal:
 $S = A_v/A_{smin} = 1,27\text{cm}^2/10,70 \text{ cm}^2 = 0,118 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$
- Calculo de Espaciamiento requerido en la cama superior:
 $S = A_v/A_{smin} = 1,27\text{cm}^2/6,37 \text{ cm}^2 = 0,199 \text{ m} \approx 0,20 \text{ m}$

Figura 91. **Armado final de zapata 2, sección B-B'**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Figura 92. **Armado final de zapata 2, planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Módulo 2:

Del análisis estructural elaborado por el programa Midas Gen 2018 y estudio de Suelos, utilizando la sección más crítica para zapata tipo 2 (zapatas excéntricas), se obtiene los siguientes datos para el diseño de zapatas:

$$P_u = 50\,270 \text{ Kg} \approx 50,27 \text{ Ton}$$

$$F_{CU} = 1,38$$

$$Y_{\text{Suelo}} = 1,77 \text{ Ton/m}^3 = 1\,770 \text{ Kg/m}^3$$

$$M_x = -11\,290 \text{ Kg-m} = -1.1290 \text{ Ton-m}$$

$$M_y = 3537,80 \text{ Kg-m} = 3,5378 \text{ Ton-m}$$

$$V_s = 28,92 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Sección Col} = 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$$

$$D_f = 1,80 \text{ m}$$

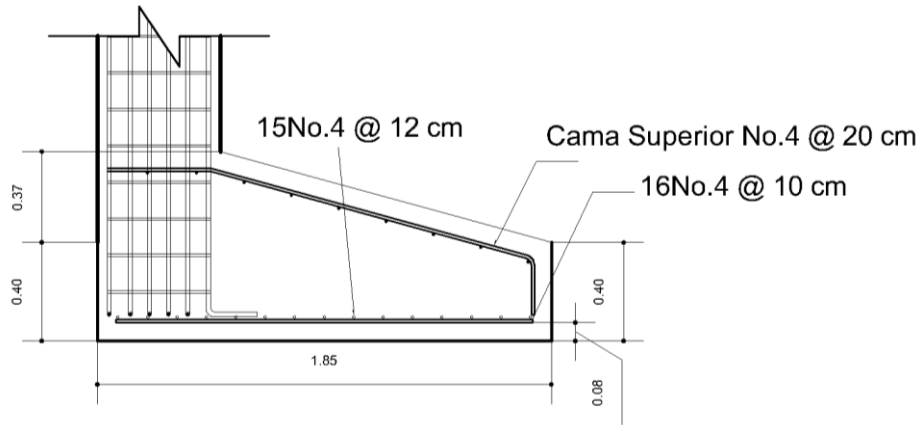
$$Y_C = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

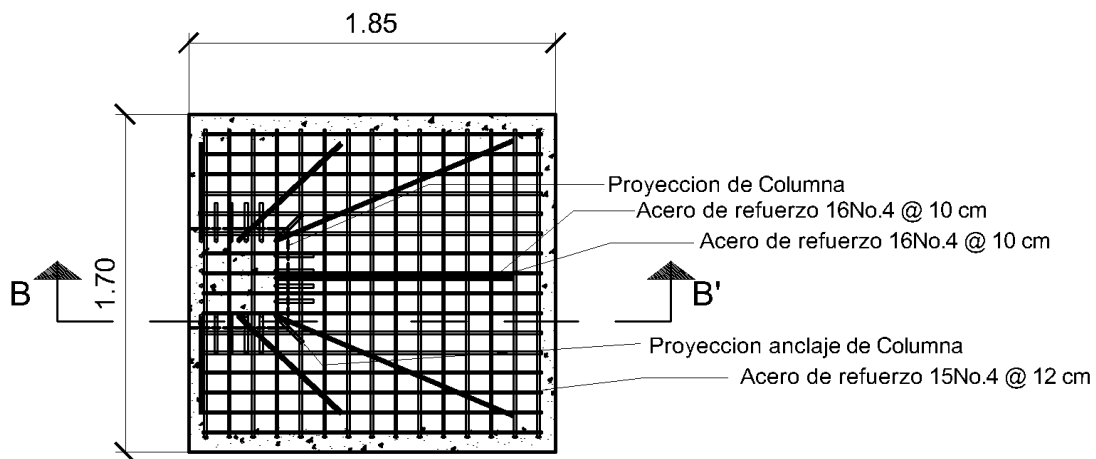
Como se puede observar los datos de las columnas de borde del módulo 2, menores a los del módulo 1, por tanto, se puede decidir que las zapatas tipo 2 para este módulo son iguales que las del módulo 1.

Figura 93. Armado final de zapata 2, sección B-B'



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Figura 94. Armado final de zapata 2, planta

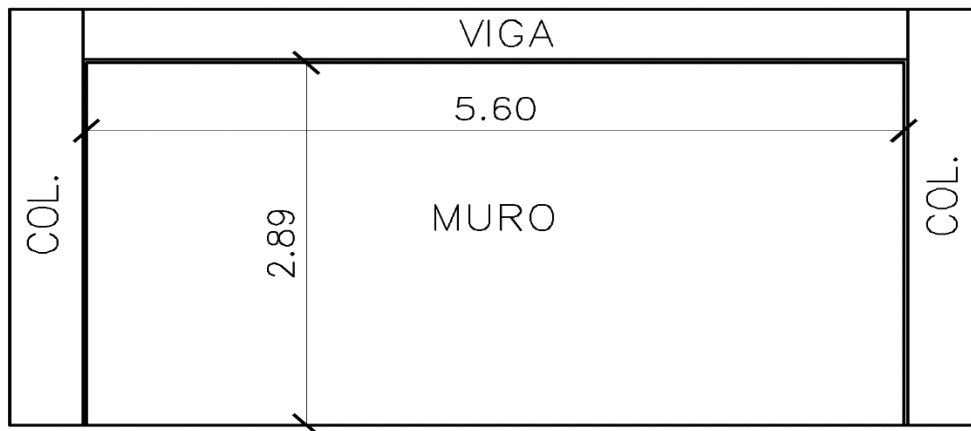


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

2.1.6.4.7. Diseño de muros tabiques

Para el diseño de estos muros tabiques usaremos las referencias del AGIES NSE 7.4 p. 17 a la 22. Se toma un muro tabique más crítico para poder diseñarlo, en este caso tomaremos del módulo 2, del eje D, tramo 2-3.

Figura 95. Muro tabique crítico



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Calculando el espesor del muro mediante:

$$t = h/20$$

$$t = 2,92/20 = 0,146 \approx 15 \text{ cm}$$

Usando:

$$\text{Peso mampostería} = 1\,800 \text{ kg/m}^3$$

$$t = 15 \text{ cm}$$

Calculando peso del muro:

$$C = (1\,800 \text{ Kg/m}^3) * (0,15 \text{ m}) = 270 \text{ Kg/m}^2$$

Usando el 100% del peso del muro nos queda

$$F_c = 1 \cdot (270 \text{ Kg/m}^2) \cdot (2.89 \text{ m} \cdot 5.60 \text{ m}) = 4\,369.68 \text{ Kg}$$

Aplicando F_c al centro del muro y haciendo sumatoria de momentos respecto al empotramiento (B) encontramos la fuerza de reacción F_r :

$$F_r = (2.89 \cdot 4\,369.68 / 2) / (2.89) = 2\,184.84 \text{ Kg}$$

$$F_r = 2\,184.84 \text{ Kg}$$

$$F_r = 2\,184.84 \text{ Kg} / 1000 = 2.18 \text{ Ton}$$

Obteniendo esta fuerza reacción calculamos la fuerza cortante V_d mediante la fórmula:

$$V_d = (4b_d / 3\pi) \cdot (A_s \cdot f_y / L)$$

Dónde:

L = junta sísmica igual 1"

B_d = diámetro varilla en pulg

$$V_d = (4 \cdot 3/8 / 3\pi) \cdot (0.11 \cdot 60 / 1)$$

$$V_d = 1.05 \text{ Kips} = 0.48 \text{ Ton/varilla}$$

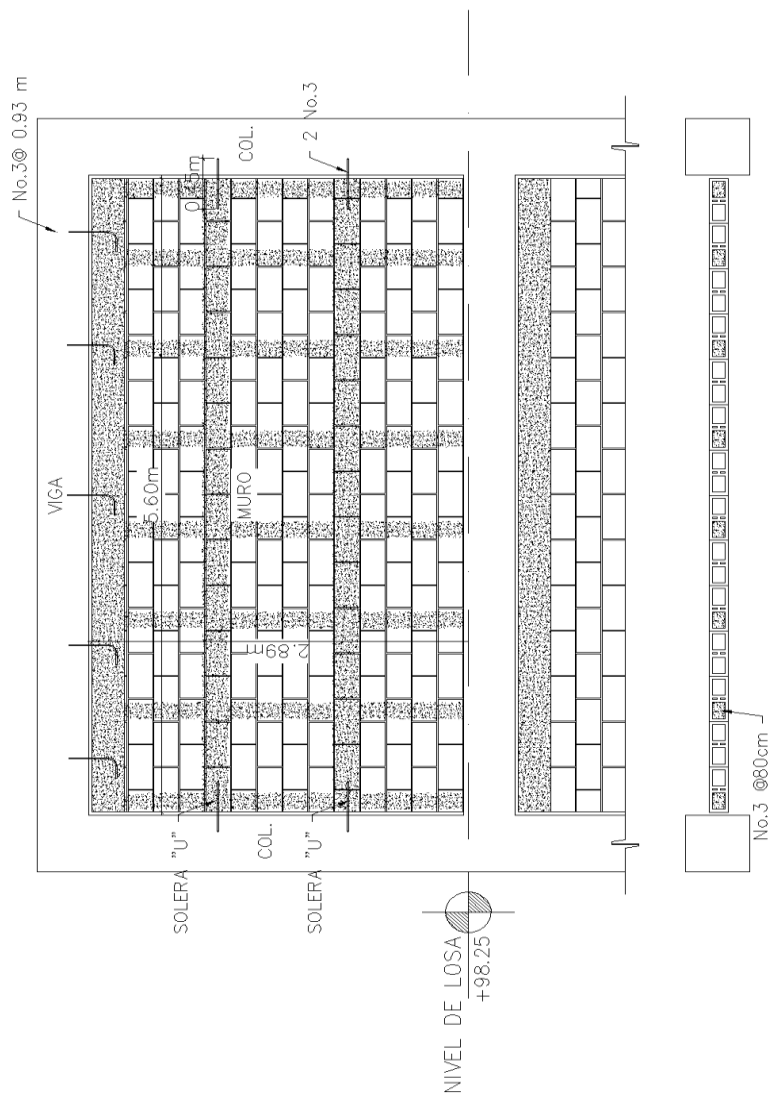
Se procede a calcular las unidades de pernos que se necesitan para distribuirlos a lo largo del perímetro del muro.

$$\# \text{Unidades} = (2.18 \text{ Ton} / 0.48 \text{ Ton/Varilla}) = 4.54 \approx 5 \text{ Unidades}$$

$$\text{Pernos eje horizontal} = 5.60 / 6 = 0.93 \text{ m}$$

Para el eje de horizontal se colocaran los pernos Núm. 3 @ 0,93 m que van anclados a las vigas y para el eje vertical se colocaran pernos Núm. 3 @ que saldrán de las soleras intermedias tipo U que van anclados a las columnas, quedando distribuido de la siguiente manera.

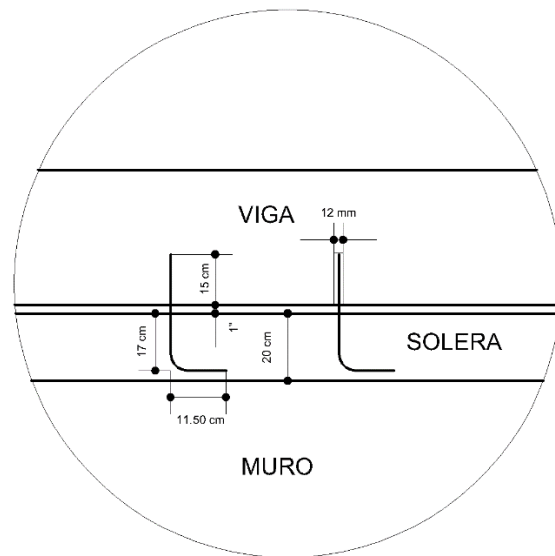
Figura 96. **Distribución de pernos en muro, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

El de detalle de como ira cada perno se da a continuación:

Figura 97. **Detalle de pernos**

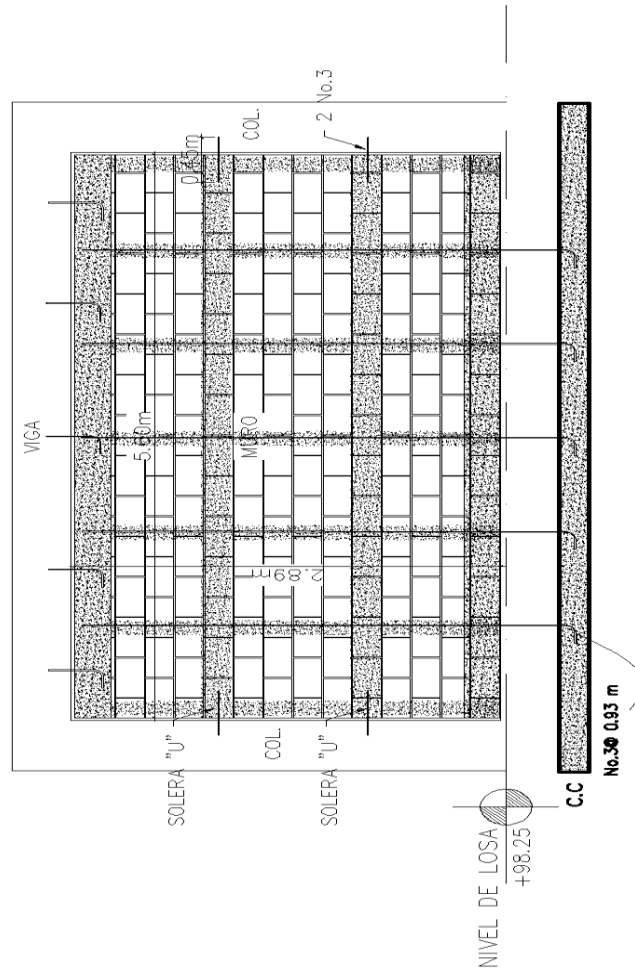


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Estos datos de cuánto debe ser el diámetro de la perforación y la longitud efectiva de anclaje son dados por el fabricante del adhesivo epóxico Sika.

Los muros para primer nivel llevarán una solera de corona, dos soleras intermedias y una solera hidrófuga, en el segundo nivel llevarán una solera de corona y dos intermedias según el AGIES en su capítulo 4 del NSE 7.4, p. 17, la solera de corona e hidrófuga serán armadas con 4 Núm. 3 y estribos Núm. 2 @ 20 cm y las soleras intermedias serán con block tipo U con 2 Núm. 3 y estribos Núm. 2 @ 20 cm. Con recubrimiento de 15 mm (1,50 cm). Quedando el muro de la siguiente manera:

Figura 98. **Detalle pernos para primer nivel, anclado al cemento corrido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

Para el primer nivel el muro va anclado al cemento corrido en la parte inferior, cuyos pernos se distribuyen igual que en el segundo nivel. Por tanto serian pernos anclados al cemento corrido en el primer nivel Núm. 3 @ 93 cm en el eje horizontal y eje vertical saldrán de las soleras intermedias tipo U que van anclados columnas.

2.1.6.5. Diseño de instalaciones hidráulicas sanitarias

El diseño de las instalaciones hidráulicas de un edificio se realiza en función del uso para el cual este destinado, con el fin de garantizar los suministros o servicios necesarios para el desarrollo de sus actividades.

2.1.6.5.1. Instalaciones hidráulicas

El principal objetivo del diseño de instalaciones de agua potable para proveerles a los habitantes de la escuela es para mantener la presión del agua dentro del circuito, así como proporcionar el caudal necesario de agua y los diámetros de la tubería adecuados para que el sistema diseñado funcione de una forma segura en el momento que se requiera de su uso.

Para este diseño se utiliza el Método de Hunter el cual consiste en asignar a cada aparato sanitario o grupo de aparatos sanitarios, un número de unidades de gasto o peso determinado experimentalmente.

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. Para estimar la máxima demanda de agua de un edificio o sección de él, debe tenerse en cuenta si el tipo de servicio que prestarán los aparatos es público o privado.

Para determinar la máxima demanda de agua de un edificio o sección de él, se tendrá en consideración el tipo de servicio que prestarán los aparatos (si es público o privado).

El tipo de material a utilizar será tubería PVC para el diseño de estas instalaciones, debido a las ventajas que este material ofrece en su instalación, manejo, resistencia, durabilidad y costo.

Figura 99. **Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de Ropa		8	4.50	4.50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	---
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	---
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	---
Bebedero	Múltiple	1*	1*	---
Lavatorio	Corriente	2	1.50	1.50
Lavatorio	Múltiple	2*	1.50	1.50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	---

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 48.

Aplicando la figura 30 se obtiene la demanda para cada aparato sanitario dentro de la escuela.

Módulo 1:

Tabla CXV. **Demanda por aparataos sanitarios, módulo 1.**

Aparato Sanitario	Cantidad (U)	Demanda U.H	Demanda Total U.H
Indoros	9	5	45
Urinarios	2	3	6
Lavamanos	9	2	18
Duchas	0	3	0
Total =			69

Fuente: elaboración propia.

Módulo 2:

Tabla CXVI. **Demanda por aparataos sanitarios, módulo 2.**

Aparato Sanitario	Cantidad (U)	Demanda U.H	Demanda Total U.H
Indoros	26	5	130
Urinarios	12	3	36
Lavamanos	32	2	64
Duchas	4	3	12
Total =			242

Fuente: elaboración propia.

Gastos probables, método de Hunter (l/s).

Figura 100. **Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (l/s)**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 50.

Para considerar la probabilidad de uso simultáneo se utiliza la ecuación siguiente:

$$K = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

Dónde:

K = probabilidad de uso probable

N = número de salida de agua de los accesorios del sistema

Números de salida módulo 1:

$$\# \text{ Salidas} = (9 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 9 \cdot 2) = 29$$

Números de Salida Módulo 2:

$$\# \text{ Salidas} = (26 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 32 \cdot 2 + 4 \cdot 2) = 110$$

Para determinar el caudal que circulara en el sistema de cada módulo, determina la probabilidad de uso simultáneo.

$$K_{\text{Mod1}} = \frac{1}{\sqrt{29 - 1}} = 0,189$$

$$UH_{\text{diseñoMódulo1}} = (69)(0,189) = 13,04$$

$$K_{\text{Mod2}} = \frac{1}{\sqrt{110 - 1}} = 0,10$$

$$UH_{\text{diseñoMódulo2}} = (242)(0,10) = 24,2$$

De la figura 31 se puede observar que el gasto probable para los aparatos sanitarios para módulo 1 es de 0,40 litros por segundo y para módulo 2 es de 0.61 litros por segundo.

Figura 101. **Diámetro de tubería de acuerdo a gasto probable**

Gastos de bombeo en litros por segundo	Diámetro interior de la tubería de impulsión
Hasta 0.5	3/4"
Hasta 1.00	1"
Hasta 1.60	1 1/4"
Hasta 3.00	1 1/2"
Hasta 5.00	2"
Hasta 8.00	2 1/2"
Hasta 15.00	3"
Hasta 25.00	4"

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 83.

Con base en la figura 32 se propone una tubería de 3/4" PVC para el módulo 1 y una tubería de 1" PVC para el módulo 2, se basa en el Gasto probable aplicando método Hunter.

Velocidad a la que circulara el agua en cada módulo es:

$$\frac{\text{Gasto Probable}}{\frac{\pi}{4}d^2} = V$$

Módulo 1:

$$V_{Mod1} = \frac{(0,40/1\ 000) m^3/s}{\frac{\pi}{4}(0,75 * 0,0254)^2} = 1.40 m/s$$

Módulo 2:

$$V_{Mod2} = \frac{(0,61/1\ 000) m^3/s}{\frac{\pi}{4} (1 * 0,0254)^2} = 1,20 m/s$$

2.1.6.5.2. Instalaciones sanitarias

Las instalaciones sanitarias son de suma importancia ya que su mayor objetivo es la recolección de aguas residuales provenientes de los aparatos sanitarios (aguas jabonosas y aguas negras).

Para el diseño se determinarán los diámetros necesarios de la tubería para las descargas y pendiente necesaria para el traslado de las mismas. El material a utilizar será tubería de PVC por las ventajas descritas anteriormente.

Para el diseño de esta tubería de drenaje debemos definir un concepto conocido como Unidad de Descarga, que es la referencia para estimar las descargas de todos los demás muebles, accesorios y aparatos sanitarios.

Según el uso de las instalaciones sanitarias se puede clasificar en 3 clases:

- 1era clase: de uso privado en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles de uso familiar de pocas personas.
- 2da clase: de uso semipúblico, utilizado en oficinas, fábricas, entre otros, donde el uso es únicamente para las personas que ocupan el edificio.
- 3era clase: de uso público, donde no hay límite del número de personas que puedan usarlo.

Figura 102. **Unidades de descarga y diámetro mínimo de derivación**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1era	2da	3era	1era	2da	3era
Lavamanos	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Indoro	4	5	6	3	3	3
Urinario	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Ducha	2	3	3	1 ¼	2	2

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.
p. 71.

En nuestro caso una escuela es de uso público, por lo tanto tomamos la tercera clase.

Tabla CXVII. **Demanda de consumo módulo 1**

Aparato Sanitario	Cantidad (U)	Demanda U.H	Demanda Total U.H
Indoros	9	6	54
Urinarios	2	2	4
Lavamanos	9	2	18
Duchas	0	3	0
Total =			76

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXVIII. **Demanda de consumo módulo 2**

Aparato Sanitario	Cantidad (U)	Demanda U.H	Demanda Total U.H
Indoros	26	6	156
Urinarios	12	2	24
Lavamanos	32	2	64
Duchas	4	3	12
Total =			256

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el diámetro de la tubería para ambos módulos, se deben comparar los valores obtenidos en la tabla XXII y tabla XXIII con los valores recomendados por la cantidad de descarga y la pendiente que tendrá dicha tubería.

Figura 103. **Diámetro de las derivaciones en colecto**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	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	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	135000

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 72.

Con los datos obtenidos, comprándolo en la figura 34, se obtiene los siguientes datos:

Módulo 1:

Para este módulo se propone una tubería de 4 pulgadas con una pendiente del 1 %.

Módulo 2:

Para este módulo se propone una tubería de 5 pulgadas con una pendiente del 3 %.

2.1.6.6. Diseño de instalaciones eléctricas

Se toman en cuenta los requerimientos establecidos por el MINEDUC para la construcción de escuelas, donde indica la intensidad en amperios para los conductores según calibre, para calibre AWG Núm. 12, 20 amperios y para calibre AWG Núm. 14, 15 amperios. Cada circuito debe diseñarse con capacidad adicional del 15 al 40 % de lo que se requiere, para que los flipones garanticen una capacidad adecuada. En este caso se diseñarán con un 25 %. Cada circuito de iluminación admite un máximo de carga de 1 000 vatios y cada circuito de fuerza admite un máximo de carga de 1 500 vatios.

- Calculando circuitos de iluminación:

Módulo 1:

En este módulo se realizarán dos circuitos, circuito A para el primer nivel y circuito B para el segundo nivel, por lo que colocara un flipon de 15 Amperios para ambos circuitos, el circuito A cuenta con 12 lámparas de cielo con tubos led de 18 watts y el circuito B cuenta con 14 lámparas de cielo con tubos led de 18 watts.

El sistema será monofásico para ambos circuitos A y B, de 120 voltios, el cableado del sistema eléctrico estará protegido por tubería PVC $\frac{3}{4}$ " en paredes y losa. Se utilizará un alambre de cobre calibre 12 AWG, THHN.

El amperaje está dado por la siguiente ecuación:

$$I = P/V$$

Dónde:

I = corriente (amperios)

P = potencia (watts)

V = voltaje (voltios)

Tabla CXIX. Iluminación módulo 1

CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN, MÓDULO 1							
Circuit o	Lámpara s	Nive l	Tubos Led (18W)	Potencia Total	Voltaj e	Corriente (I)	1.25* I
A	12	1	30	540	120	4.5	5.63
B	14	2	48	864	120	7.2	9

Fuente: elaboración propia.

- Módulo 2:

En este módulo se realizarán cuatro circuitos, circuito A y B para el primer nivel y circuito C y D para el segundo nivel, por lo que colocara dos flipones de 20 amperios cada uno para los circuitos A, B, C y D, el circuito A y B cuentan con 14 lámparas de cielo con tubos led de 18 watts cada uno, el circuito C y D cuentan con 13 lámparas de cielo con tubos led de 18 watts.

El sistema será monofásico para los circuitos, de 120 voltios, el cableado del sistema eléctrico estará protegido por tubería PVC 3/4" en paredes y losa. Se utilizará un alambre de cobre calibre 12 AWG, THHN.

Tabla CXX. Iluminación módulo 2

CIRCUITOS DE ILUMINACION, MÓDULO 2							
Circuito	Lamparas	Nivel	Tubos Led (18W)	Potencia Total	Voltaje	Corriente (I)	1.25* I
A	14	1	44	792	120	6.6	8.25
B	14	1	50	900	120	7.5	9.38
C	13	2	44	792	120	6.6	8.25
D	13	2	43	774	120	6.45	8.06

Fuente: elaboración propia.

- Calculando Circuitos de Fuerza:

Módulo 1:

En este módulo se realizarán 4 circuitos, circuito A y B para el primer nivel, circuito C para el primer y segundo nivel y D y E para el segundo nivel, por lo que colocarán dos flipones de 30 amperios y uno de 15 amperios para los circuitos, el circuito A y B cuenta con 8 tomacorrientes dobles cada uno de 180 watts, el circuito C cuenta con 6 tomacorrientes dobles de 180 watts y los circuito D y E cuenta con 7 tomacorrientes dobles cada uno de 180 watts.

Todos los circuitos son de 120 voltios, el cableado del sistema eléctrico estará protegido por tubería PVC ½" en paredes y losa. Se utilizará un alambre de cobre calibre 14 AWG, THHN. Todos los circuitos llevarán sistema de tierra 12 AWG.

Tabla CXXI. **Fuerza módulo 1**

CIRCUITOS DE FUERZA, MÓDULO 1						
Circuito	NIVEL	Tomacorriente (180W)	Potencia Total	Voltaje	Corriente (I)	1.25*I
A, B	1	8	1440	120	12	15
C	1 y 2	6	1080	120	9	11.25
D, E	2	8	1440	120	12	15

Fuente: elaboración propia.

- **Módulo 2:**

En este módulo se realizarán 9 circuitos, circuito A, B, C, D y E para el primer nivel y Circuito F, G, H e I para el segundo nivel, por lo que colocarán cuatro flipones 30 y uno de 15 amperios para los circuitos, los circuitos A, B, C, D, E, F, G, y H cuenta con 8 tomacorrientes dobles cada uno de 180 watts y el circuito I cuenta con 6 tomacorrientes dobles cada uno de 180 watts.

Todos los circuitos son de 120 voltios, el cableado del sistema eléctrico estará protegido por tubería PVC ½" en paredes y losa. Se utilizará un alambre de cobre calibre 14 AWG, THNN. Todos los circuitos llevaran sistema de tierra 12 AWG.

Tabla CXXII. **Fuerza módulo 2**

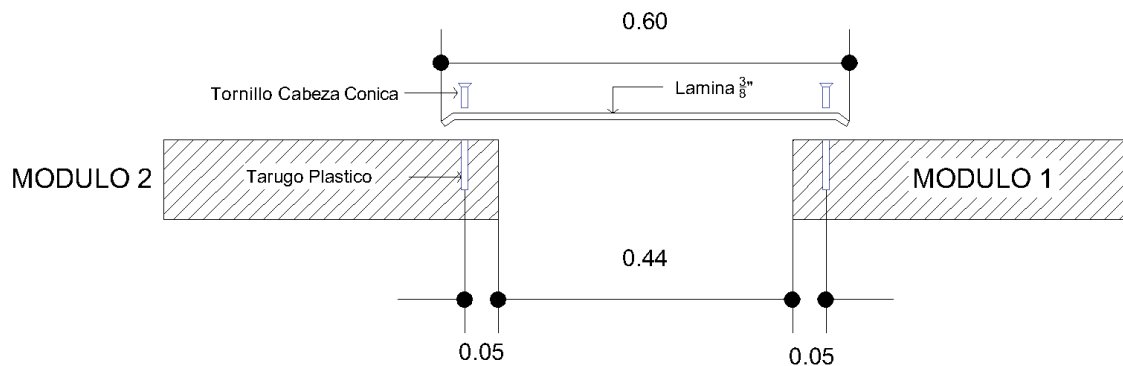
CIRCUITOS DE FUERZA, MÓDULO 2						
Circuito	NIVEL	Tomacorriente (180W)	Potencia Total	Voltaje	Corriente (I)	1.25*I
A, B, C, D y E	1	8	1440	120	12	15
F, G, H	2	8	1440	120	12	15
I	2	6	1080	120	9	11.25

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Junta entre módulos

Entre módulos se colocará un tapajuntas de acero inoxidable de 0.60 m de ancho por 8,82 m de largo. Conformado de 4 piezas de lámina de acero inoxidable serie 430 de 3,0 mm de grosor con bisel en ambos extremos a lo largo de la pieza para proporcionar mayor rigidez. Instalación con tornillo cabeza cónica a tarugos plásticos a cada 12 pulgadas aproximadamente. Tal como se muestra a continuación:

Figura 104. Tapajuntas entre módulos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.2016.

2.1.8. Elaboración de planos

De acuerdo a los estudios realizados con anterioridad, cálculos y diseños se procedió a la realización de planos la escuela para básicos, inscrita en la escuela Dr. Pedro Molina, la cual consta de dos módulos en forma de L cada uno independiente.

Dichos juegos de planos se dividen en 3 grupos: planos arquitectónicos, de instalaciones y estructurales. En dichos planos se encuentran especificaciones técnicas y detalles.

(Ver anexos planos 1/37 al 37/37)

2.1.9. Elaboración de presupuesto

Este debe incluirse para dar a conocer a las partes interesadas, tanto ejecutor como contratante, el precio aproximado de la obra, a continuación, se presenta un resumen del presupuesto de la obra en general:

Tabla CXXIII. Resumen presupuesto diseño de la escuela para básicos

LISTADO DE RENGLONES DE TRABAJO					
RENLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB-TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza del terreno	m ²	2 260,03	Q 4,00	Q 9 040,12
2	CIMENTACIÓN				
2,1	Zapata Z-1 (1.75x1.75)	Unidad	45	Q 3 951,79	Q 177 830,56
2,2	Zapata Z-2 (1.85x1.70)	Unidad	15	Q 3 890,01	Q 58 350,22
3	COLUMNAS				
3,1	Columna C-1 (50x50)	Global	1	Q 292 181,81	Q 292 181,81
3,2	Columna C-2 (40x40)	Global	1	Q 295 155,45	Q 295 155,45
4	VIGAS				
4,1	Viga VIG-1 (30x60)	Global	1	Q 202 255,23	Q 202 255,23
4,2	Viga VIG-2 (30x50)	Global	1	Q 229 228,73	Q 229 228,73
4,3	Viga VIG-3 (25x40)	Global	1	Q 147 340,79	Q 147 340,79
5	LOSAS				
5,1	Losa Tradicional	Global	1	Q 631 550,80	Q 631 550,80
6	MUROS				
6,1	Muro de Block 0.15 + C.C ambos módulos	Global	1	Q 434 642,40	Q 979 089,05
6,2	Muros divisorios de tabla yeso	m2	48,7	Q 135,00	Q 6 579,36
7	MODULO DE GRADAS				
7,1	Gradas	Global	2	Q 27 613,72	Q 55 227,44
8	PISO				
8,1	Piso	Global	1	Q 273 916,72	Q 273 916,72
9	PUERTAS Y VENTANAS				
9,1	Puertas	Global	1	Q 51 700,00	Q 51 700,00
9,2	Ventanas	Global	1	Q 74 190,00	Q 74 190,00
9,3	Barandal metálico h= 1.20 m	ml	52,99	Q 450,00	Q 23 845,50
10	INSTALACION AGUA POTABLE				
10,1	Acometida de agua	Global	1	Q 1 977,57	Q 1 977,57
10,2	Tubería y accesorios	Global	1	Q 24 980,97	Q 24 980,97
10,3	Extintores de fuego tipo ABD de 10 lbs	global	22	Q 1 556,75	Q 34 248,50

Continuación de la tabla CXXIII.

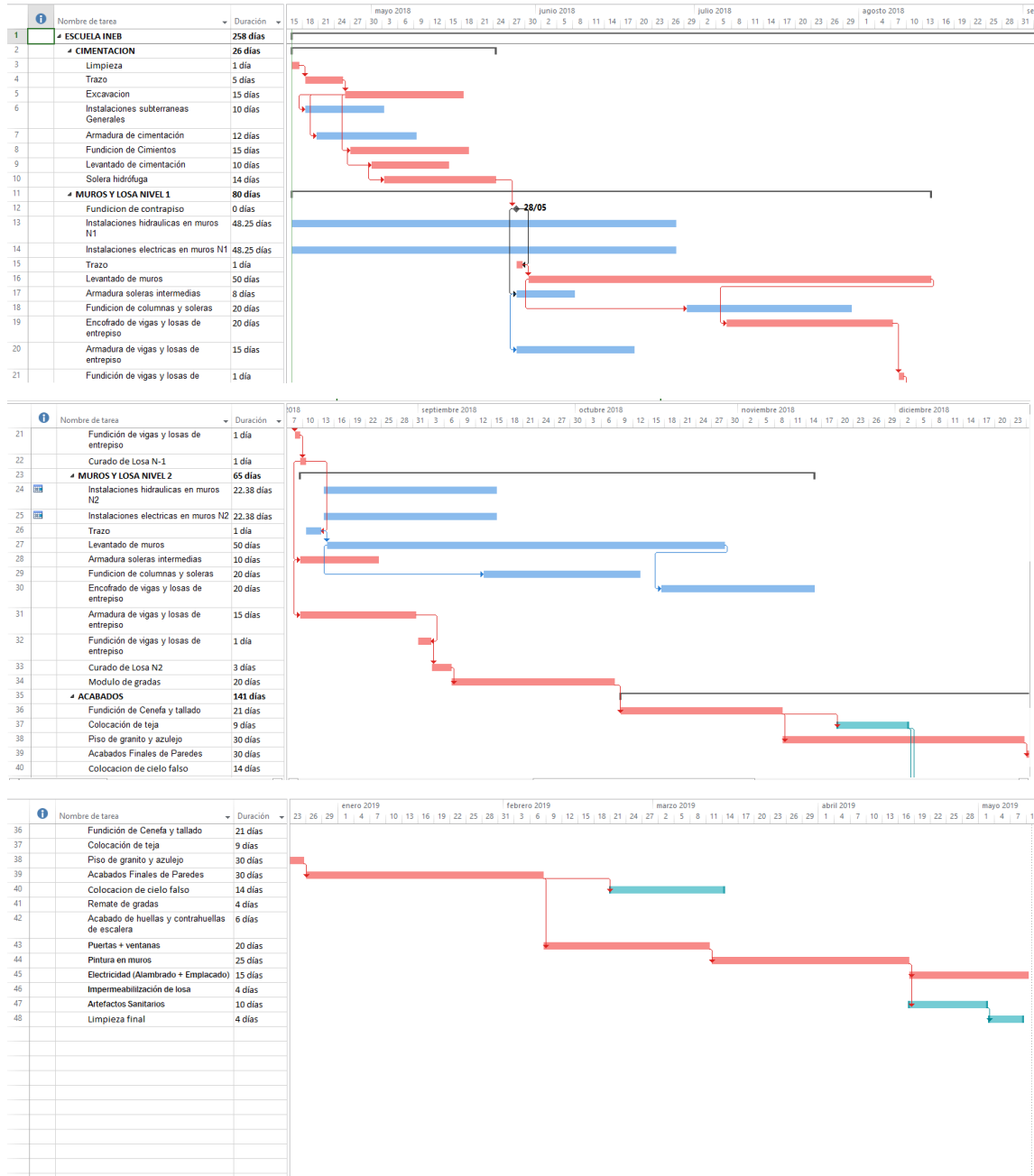
11	INSTALACION AGUAS NEGRAS				
11,1	Tubería y accesorios	Global	1	Q 148477,20	Q 148 477,20
11,2	Instalación artefactos sanitarios	Global	1	Q 94899,65	Q 94 899,65
11,3	Divisiones de baños en HPL	Global	1	Q 77647,00	Q 77 647,00
12	ELECTRICIDAD				
12,1	Acometida	Global	1	Q 541,75	Q 541,75
12,2	Instalación y materiales Iluminación	Global	1	Q 126 735,49	Q 126 735,49
12,3	Instalación y materiales fuerza	Global	1	Q 111 985,08	Q 111 985,08
13	CIELO FALSO				
13,1	Cielo falso en toda la construcción	Global	1	Q 167 683,18	Q 167 683,18
14	SILLAR PARTE FINAL DE LOS MODULOS				
14,1	Sillar de 0.15 m en losa final módulos	Global	1	Q 9 013,68	Q 9 013,68
15	TAPAJUNTAS DE ACERO INOXIDABLE				
15,1	Tapajuntas de 0,60 m por 8,82 m de acero inoxidable	Global	1	Q 5 170,00	Q 5 170,00
16	TEJA				
16,1	Teja tipo romana	Global	1	Q 54 819,92	Q 54 819,92
17	PINTURA				
17,1	Pintura impermeabilizante	Global	1	Q 38 889,83	Q 38 889,83
18	MAQUINARIA				
18,1	BOCAT limpieza general	día	1	Q 1 500,00	Q 1 500,00
18,2	Retroexcavadora	día	15	Q 2 800,00	Q 42 000,00
19	LIMPIEZA GENERAL				
19,1	Limpieza y entrega	Global	1	Q 450,00	Q 450,00
TOTAL					Q 4 448 501,58

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Cronograma de ejecución

Esta estima el tiempo de la construcción de la obra ingenieril, presentando un orden lógico de ejecución en los procesos constructivos, aunque no se lleve acorde a este cronograma, el cual varía dependiendo la gente que realizara el mismo.

Tabla CXXIV. Cronograma de ejecución de la escuela para básicos



Fuente: elaboración propia.

2.1.11. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación del estudio de impacto ambiental que se le debe hacer a la escuela de educación básica inscrita en la Escuela Dr. Pedro Molina, es un prerrequisito que debe realizarse antes de la ejecución de la construcción de dicha escuela por parte de entidad interesada y encargadas por velar por el bien del medio ambiente, con el fin de afectar lo menos posible el área donde se realizara dicha construcción.

Para ello es necesario llenar un formulario para el análisis con el fin de ver la factibilidad del proyecto que se va a construir, considerando varios criterios como: antecedentes de riesgo y amenaza, la frecuencia y la intensidad con la que ocurren los fenómenos naturales, la vulnerabilidad, fragilidad y resiliencia. Como se presente a continuación el siguiente formulario:

Figura 105. **Formulario para análisis para la reducción de Impacto ambiental**

FRAGILIDAD	1.43	Proyecto con Mediana Fragilidad	
RESILIENCIA	2.20	Proyecto con Baja Resiliencia	
Amenazas		NIVEL DE AMENAZA EN MEDIANA	DESCRIBA LAS MEDIDAS DE MITIGACION / PREVENCIÓN DE ACUERDO A LOS RESULTADOS DEL ANALISIS Y LOS CRITERIOS DE CALIFICACION (si no es suficiente el espacio, agregar hoja anexa)
Naturales	Terremotos (sismos)	3	
	Tsunamis (maremotos)	--	
	Erupciones Volcánicas (ceniza, piroclásticos, lahares, lava, gases, etc)	--	
	Deslizamientos	--	
	Derrumbes	--	
	Hundimientos	--	
	Inundaciones	--	
	Huracanes y/o depresiones tropicales	--	
	Olas ciclónicas (mareas altas)	--	
	Sequías	--	
	Desertificación	--	
	Heladas (congelación)	--	
	Onda de frío (masas de aire frío)	--	
	Ola de calor (Temperaturas altas fuera del promedio normal)	--	
Otra (especifique)	--		
Socio-Naturales	Incendios forestales	--	
	Erosión (hídrica o eólica)	--	
	Deforestación	3	
	Agotamiento acuíferos	3.5	
Otra (especifique)	--		
Antrópicas	Incendios estructurales	--	
	Derrames hidrocarburos	--	
	Contaminación por uso agroquímicos	--	
	Contaminación del aire	--	
	Contaminación por ruido	--	
	Contaminación eléctrica (alta tensión) y electromagnética (antenas telefónicas)	--	
	Contaminación por desechos sólidos	3	
	Contaminación por desechos líquidos	3	
	Epidemias	--	
	Plagas que afectan a humanos y/o procesos productivos	--	
	Aglomeraciones	--	
	Explosiones	--	
	Hundimientos por colapso de drenajes y/o acción del hombre.	--	
	Manifestaciones Violentas	--	
Grupos delincuenciales	--		
Linchamientos	--		
Conflictos sociales	--		
Accidentes (terrestres, aéreos, marítimos)	--		
Otras (especifique)	--		
			FIRMA Y SELLO FORMULADOR: _____
			REVISION / EVALUACION
			NOMBRE DEL EVALUADOR: LUIS GERARDO RAMIREZ LOPEZ _____
			CARGO: PRACTICANTE EPS _____
			INSTITUCION: ESCUELA RURAL DR. PEDRO MOLINA _____
			SE CONSIDERARON LAS MEDIDAS ADECUADAS Y RECOMENDADAS DE REDUCCION DE RIESGO EN EL PRESENTE PROYECTO: (si es necesario adjuntar reporte adjunto)
			SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
			RECOMENDACIONES DEL EVALUADOR: _____

			FIRMA: _____
			SELLO: _____
			LUGAR Y FECHA: CHIMALTENANGO, ABRIL 2018 : _____
			FECHA: _____

Continuación de la figura 105.

ANEXO: matriz de exposicion			
Departamento:	Chimaltenango		
Municipio:	Chimaltenango		
zona:	La Alameda		
Nombre del Proyecto:	Diseño de Escuela para Basicos INEB		
Nombre del formulador:	Luis Gerardo Ramirez Lopez		
Fecha:	Abril 2018		
	Tema/componente/variable	Calificación	Peso relativo
2.1	Exposición del sitio	0.91	0.46
2.1.1	Componente bioclimático	1	0.02
1	Confort higrotérmico	0	
2	Orientación	0	
3	Viento	0	
4	Precipitación	1	
5	Ruido	0	
6	Calidad del aire	0	
2.1.2	Componente de geología	1.25	0.32
7	Sismicidad	2	
8	Erosión	0	
9	Deslizamientos	0.5	
10	Vulcanismo	0	
11	Rangos de pendiente	0	
12	Calidad del suelo	2	
13	Uso del suelo	0.5	
14	Formación geológica	0	
2.1.3	Componente de ecosistema	0.5	0.25
15	Suelos agrícolas	0	
16	Hidrología superficial	0.5	
17	Hidrología subterránea	0.5	
18	Lagos	0	
19	Áreas frágiles	0	
20	Sedimentación	0	
2.1.4	Componente de medio construido	1	0.21
21	Radio de acción	1	
22	Accesibilidad	1	
23	Acceso a servicios	1	
24	Consideraciones urbanísticas	1	
25	Usos del suelo y fuentes contaminantes	1	
26	Normas urbanas	2	
27	Áreas comunales	0	
28	Facilidades de tratamiento de desechos	0.5	
29	dimensionalidad del proyecto	2	
2.1.5	Componente de contaminación	0	0.10
30	Desechos sólidos y líquidos	0	
31	Industrias contaminantes	0	
32	Líneas de alta tensión	0	
33	Peligro de explosiones e incendios	0	
34	Lugares de vicio	0	
35	Servicios de recolección de desechos	0	
2.1.6	Componente institucional y social	1.5	0.10
36	Conflictos territoriales	0	
37	Seguridad ciudadana	0	
38	Marco legal	1	
39	Participación ciudadana	0	
40	Importancia socioeconómica	2	
41	Calidad de vida	2	

Continuación de la figura 105.

	Tema/componente/variable	Calificación	Peso relativo
	Vulnerabilidad por fragilidad		
2.2	Componente de sistema estructural	1.4325	0.23
2.2.1	Uso de normas estructurales adecuadas	1.5	0.64
44	seguridad de los cimientos	2	
45	Distribución en planta	3	
46	Arriostamiento adecuado	3	
47	Redundancia estructural	0	
48	Forma en planta de la edificación	0	
49	Relación longitud/ancho	2	
50	Forma en elevación	0	
51	Trayectoria de fuerzas verticales	2	
52	Pisos superiores salientes	3	
53	Concentraciones de masa en el piso superior	0	
54	Interacción elementos no estructurales	2	
55	Columnas cortas	0	
56	Viga fuerte/columna débil	1	
57	Pisos suaves	1	
58	Proximidad entre edificios	4	
59	Componente de materiales construcción	0	
2.2.2	Disponibilidad de materiales	0.5	0.10
60	Renovabilidad de las fuentes	1	
61	Agresividad del proceso	0	
62	Calidad y durabilidad del material	3	
63	Protección/prevenición	3	
64	Facilidad de sustitución o reparación	0	
65	Componente de adaptación del proyecto	0	
2.2.3	Adaptación del proyecto al medio	2.5	0.11
66	Adaptación del proyecto a la cultura local	3	
67	Funcionalidad del proyecto	3	
68	Confort ambiental del proyecto	3	
69	Mano de obra para la ejecución del proyecto	2	
70	Equipo para la ejecución del proyecto	3	
71	Generación desechos durante ejecución	3	
72	Eliminación de desechos del proyecto	1	
73	Control de la ejecución del proyecto	1	
74	Externalidades del proyecto	1	
75	Componente de seguridad no estructural	0	
2.2.4	Seguridad instalaciones eléctricas	1	0.15
76	Sistema iluminación interna y externa	1	
77	Ubicación y seguridad cilindros de gas	1	
78	Abatimiento y ancho adecuado de las puertas	1	
79	Condiciones de seguridad de ventanales	1	
80	Condiciones de seguridad muros cerramiento	1	
81	Condiciones de seguridad techos y cubiertas	0	
82	Condiciones de seguridad pisos	0	
83	Condiciones elementos ornamentales	0	
85	Condiciones de seguridad cielos falsos	0	
87	Otros elementos arquitectónicos	4	
88	Condiciones seguridad circulación horizontal	0	
89	Condiciones de seguridad gradas y rampas	1	
90	Condiciones de seguridad vías de acceso	3	
91	Ancho de corredores	1	
92	Ancho y dimensiones de las gradas	0	
93	Ubicación y capacidad gradas y rampas	1	
94		1	

Continuación de la figura 105.

ANEXO: matriz de vulnerabilidad por resiliencia			
Departamento:	Chimaltenango		
Municipio:	Chimaltenango		
Zona:	La Alameda		
Nombre del Proyecto:	Diseño de Escuela para Básicos INEB		
Nombre del formulador:	Luis Gerardo Ramirez Lopez		
Fecha:	Abril 2018		
Cuadro 9			
ESTRUCTURA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR RESILIENCIA			
Tema/componente/variable			
	Vulnerabilidad por falta de resiliencia	Calificación	Peso relativo
2.3	Componente mantenimiento y recuperación	2.2	0.31
2.3.1	Planes de mantenimiento continuo	3	
95	Planes de mantenimiento preventivo	3	
96	Planes de mantenimiento correctivo	3	
97	Seguros ante catástrofes	2	
98	Tiempo para reparar la infraestructura	5	
99	Componente de organización para la emergencia	3	
2.3.2	Comité formalmente establecido	1	0.33
100	Puntos de reunión protegidos y seguros	1	
101	Procedimientos activación del plan	1	
102	Procedimientos para evacuación del edificio	1	
103	Rutas de emergencia y salida accesibles	2	
104	Componente de capacitación e investigación	3	
2.3.3	Programas de capacitación	1	
105	Programas de difusión	1	
106	Instrumentos para medición	2	
107	Trabajos de investigación sobre desastres	0	
108		1	

Fuente: Municipalidad de Chimaltenango, Chimaltenango.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó la escuela para educación básica (INEB) adscrito adscrito a la escuela normal rural Dr. Pedro Molina, la Alameda Chimaltenango, Chimaltenango solicitada por la directora de dicho establecimiento.
2. Con base en la investigación monográfica y diagnóstica la infraestructura diseñada satisface las necesidades y demanda del alumnado, con mejores condiciones a las anteriores con ambientes más amplios dignos para el desarrollo escolar de los estudiantes.
3. El diseño incluye ambientes amplios por cada nivel educativo con ventilación e iluminación adecuada tomando en cuenta todas las medidas de seguridad para un centro educativo, en cuyo diseño se tomó en cuenta las recomendaciones del MINEDUC.
4. La escuela se diseñó bajo los códigos de construcción establecidos como ACI y AGIES, tomando también en cuenta los parámetros para la construcción de escuelas que ofrece el MINEDUC.

RECOMENDACIONES

1. Se debe gestionar el estudio de impacto ambiental para la ejecución de las edificaciones, para evaluar el impacto al área donde se construirá.
2. Para la duración y funcionamiento adecuado de las edificaciones se deben respetar las especificaciones indicadas en los planos, especialmente la de los materiales, que sean de buena calidad y que cumplan con las normas establecidas y requeridas en la obra.
3. La infraestructura se diseñó para un centro educativo por lo cual se recomienda darle ese uso y así garantizar una duración adecuada de la misma y evitar un fallo en la estructura.
4. Dar el mantenimiento adecuado a las estructuras e instalaciones de la escuela para educación básica y así prolongar su tiempo de vida útil y su durabilidad.
5. Al momento de la ejecución de las edificaciones se debe actualizar los precios del presupuesto, debido a la variación de los precios de materiales en el mercado.

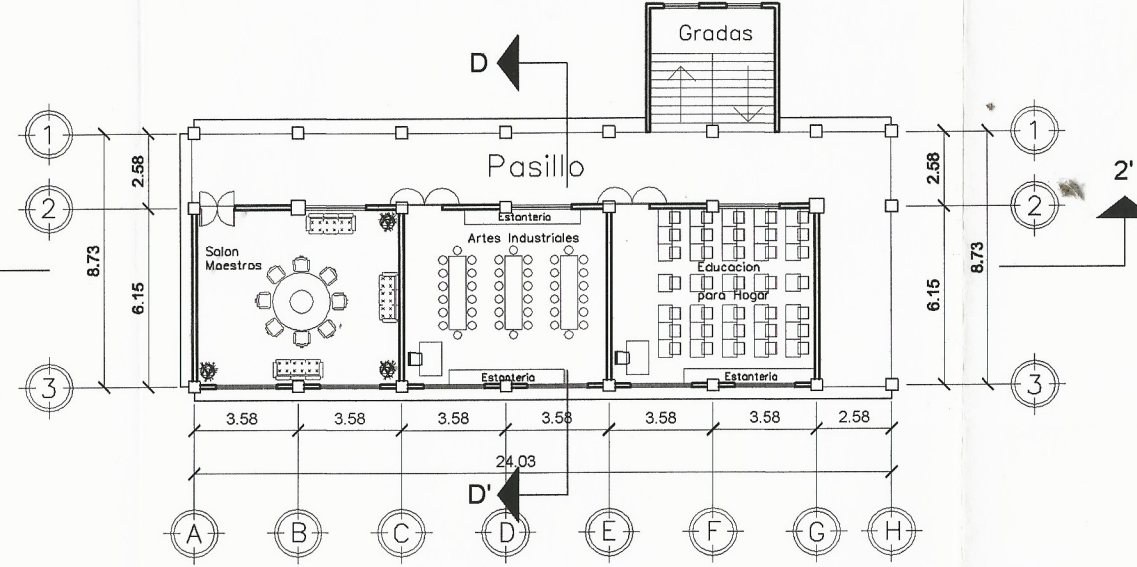
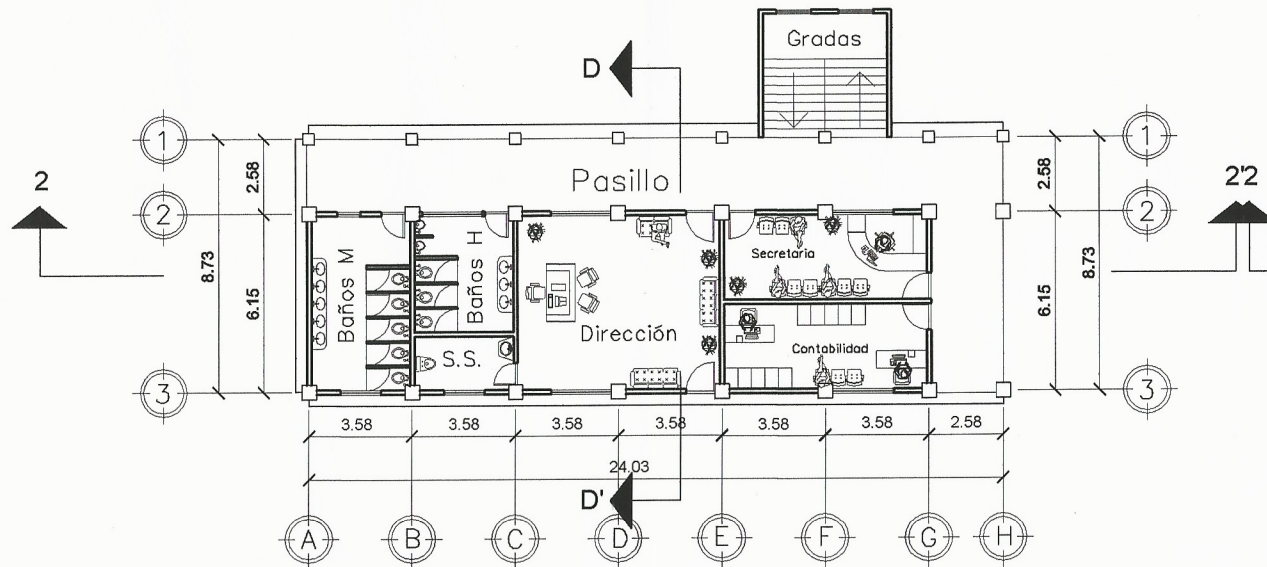
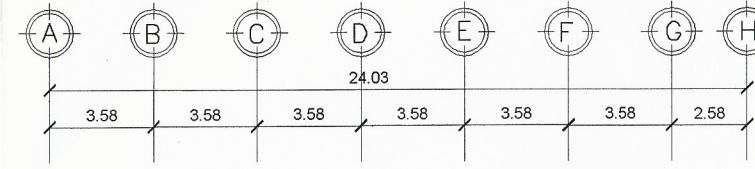
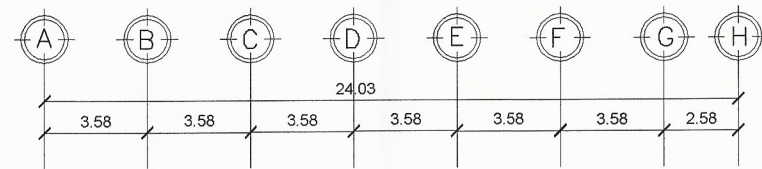
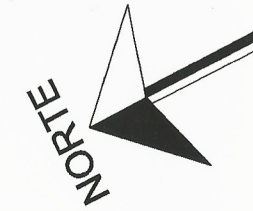
BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala NSE-2, NSE-3 y NSE-7.4*. Guatemala: AGIES, 2010. 50 p.
2. Asociación del Concreto Americano. *Requisitos de reglamento para para concreto estructural (ACI 318S-14)*. México: Comité ACI 318, 2014. 587 p.
3. Código Uniforme de la Edificación. *Normativa de la construcción*. Estados Unidos: International Conference of Building Officials, 1997. 548 p.
4. McCORMAC, Jack. *Diseño de concreto reforzado*. 4a ed. México: AlfaOmega Grupo Editor, S.A., 2002. 728 p.
5. NILSON, ARTHUR. *Diseño de estructuras de concreto*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 289 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Planos**

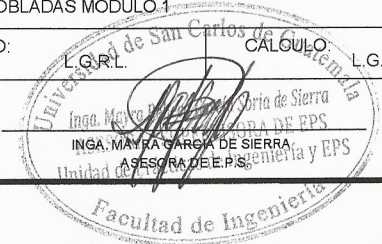
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

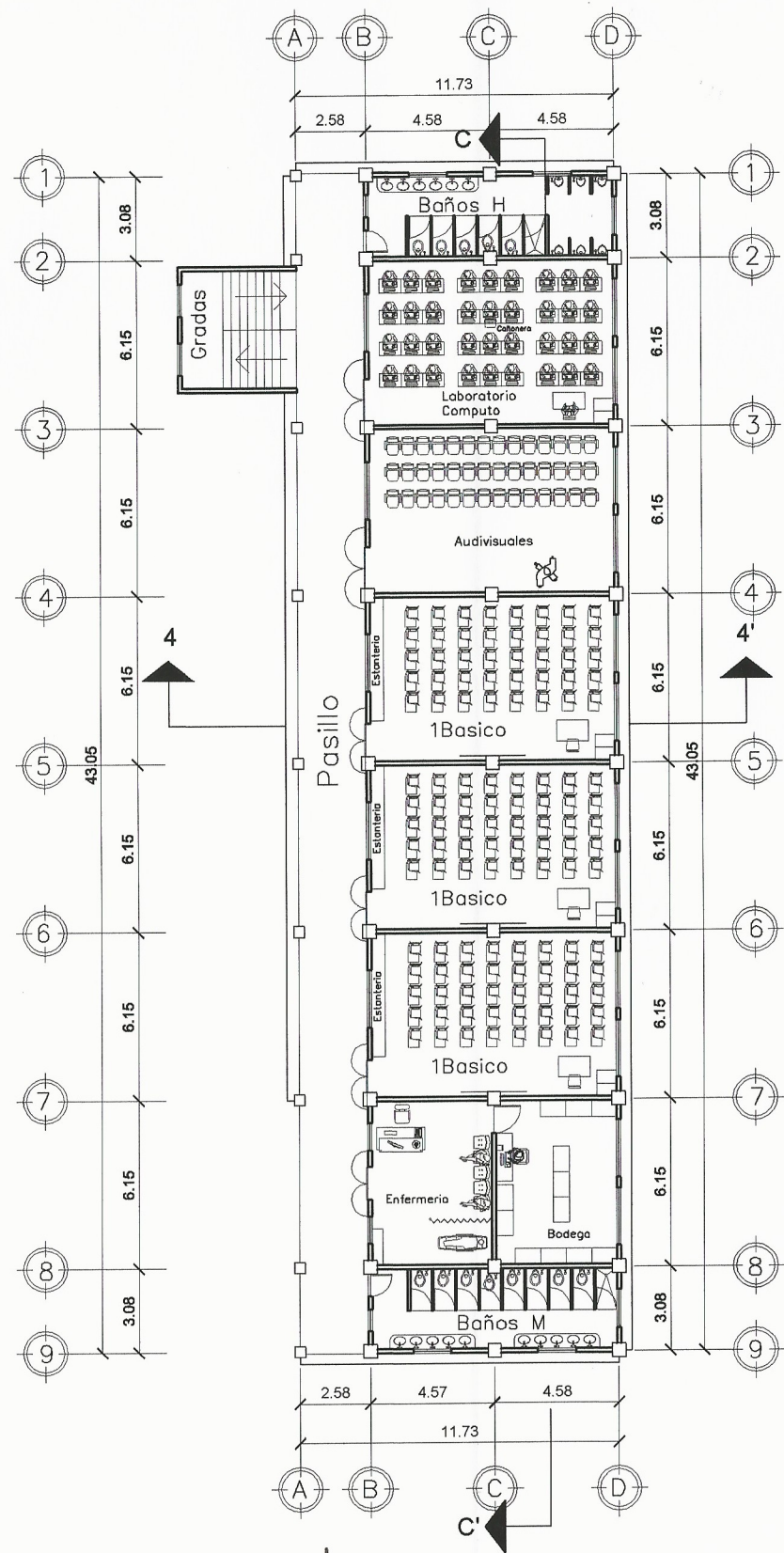


PLANTA AMOBLADA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250

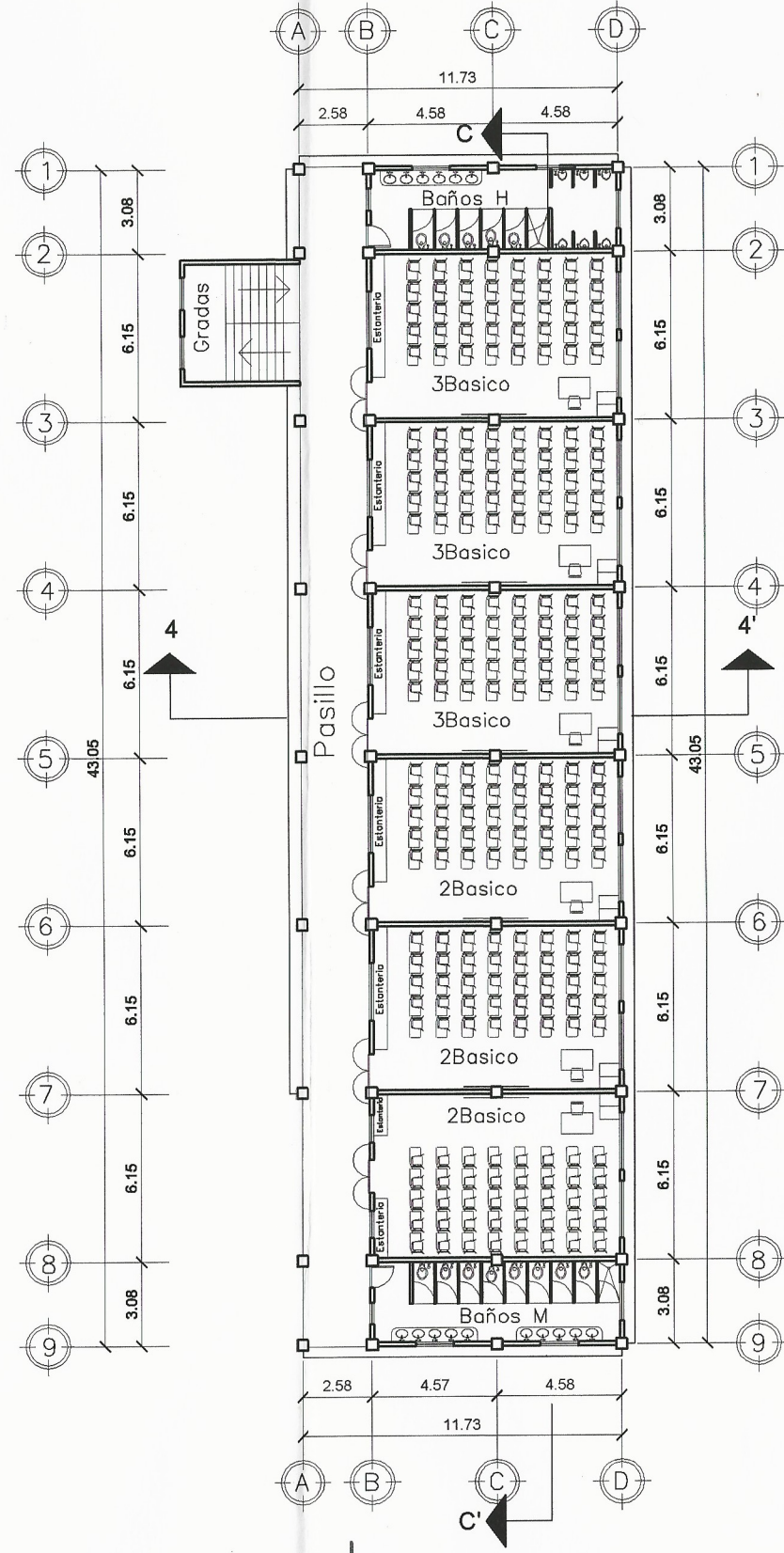
PLANTA AMOBLADA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS AMOBLADAS MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALGULO L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	

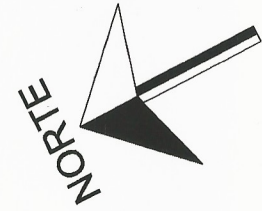




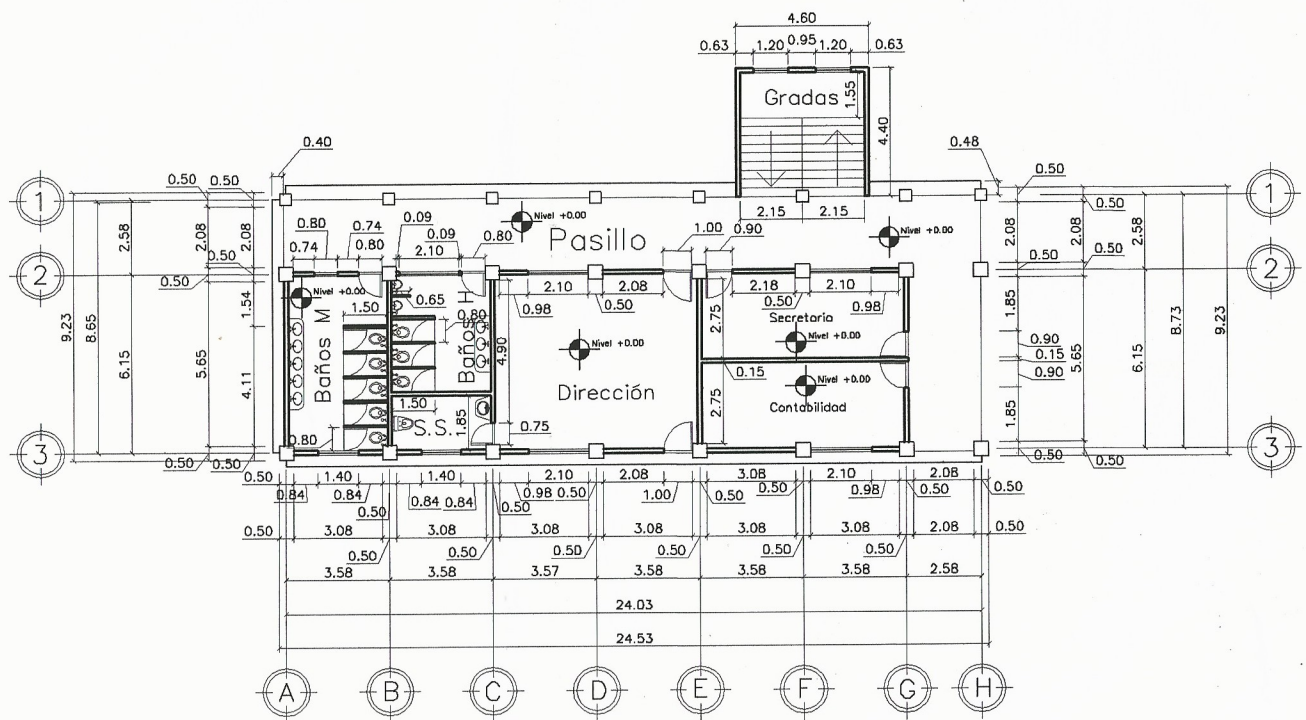
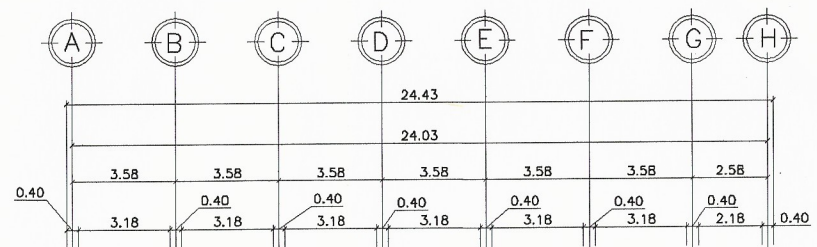
PLANTA AMOBLADA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250



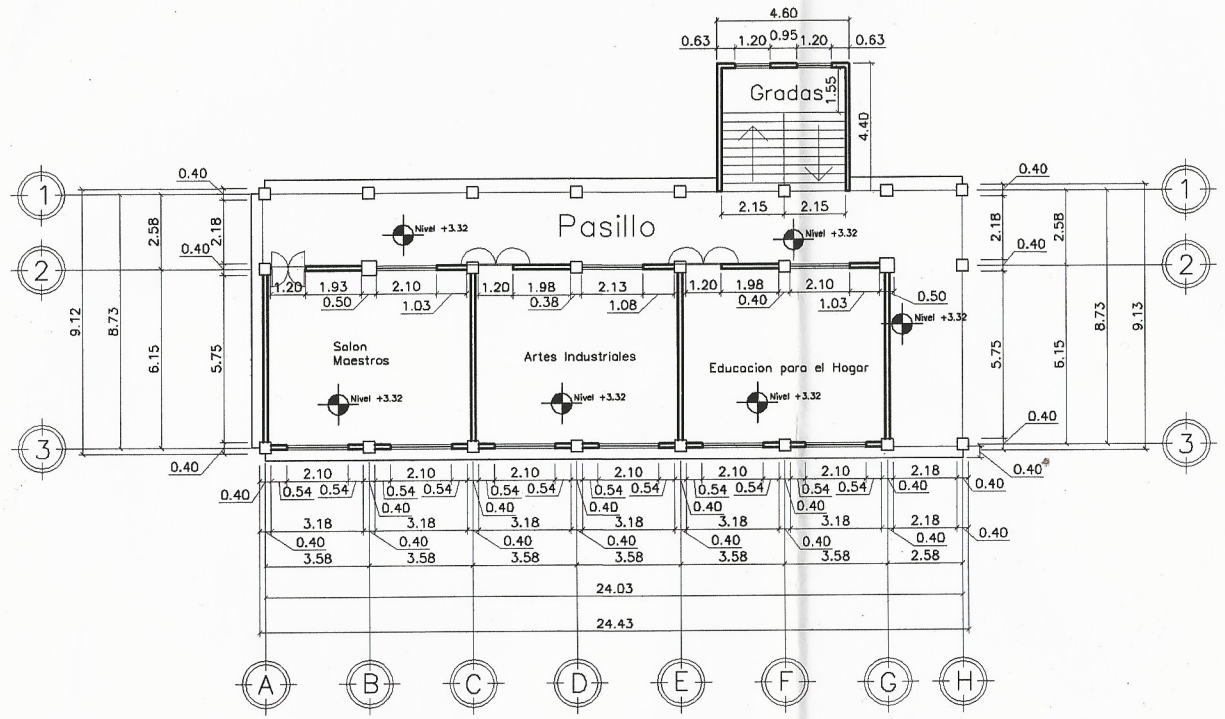
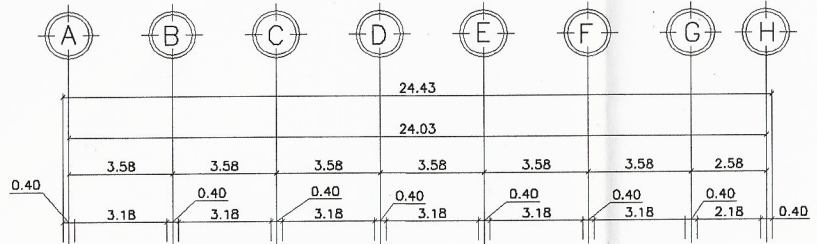
PLANTA AMOBLADA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS AMOBLADAS MODULO 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	



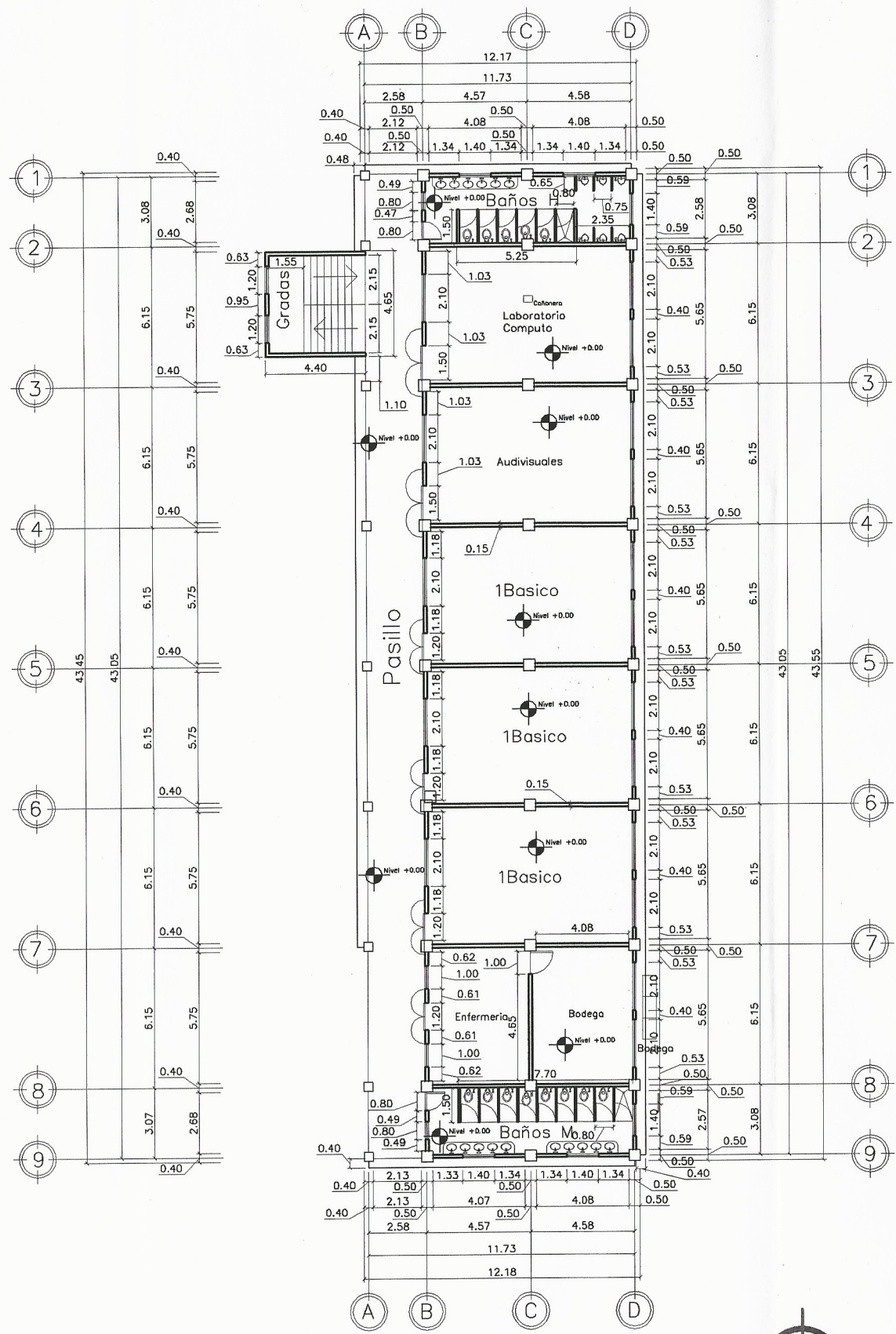
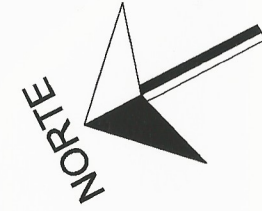
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

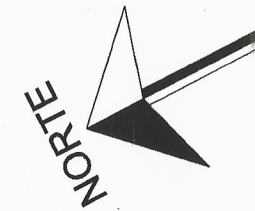
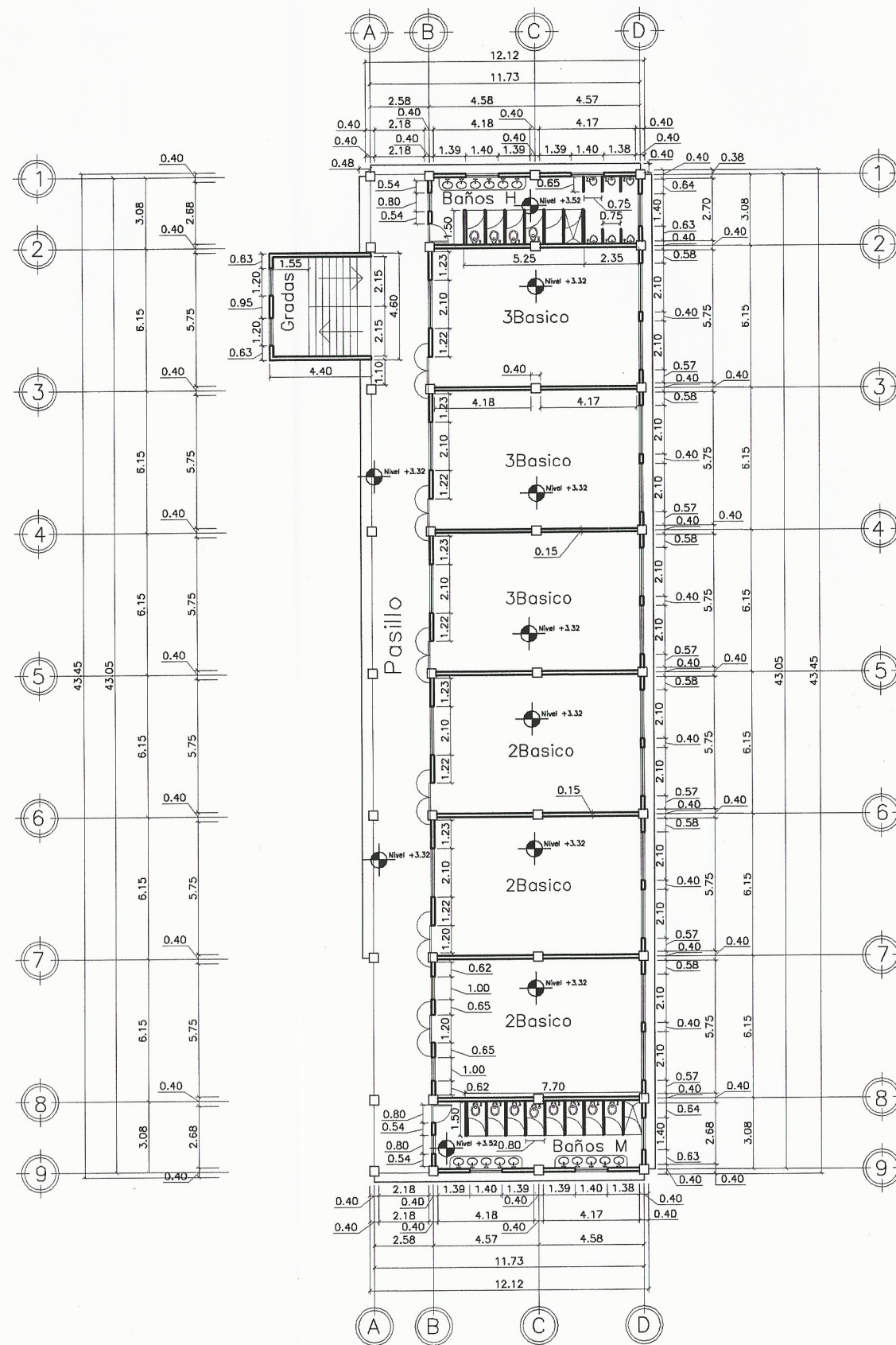
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS ACOTADAS MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	





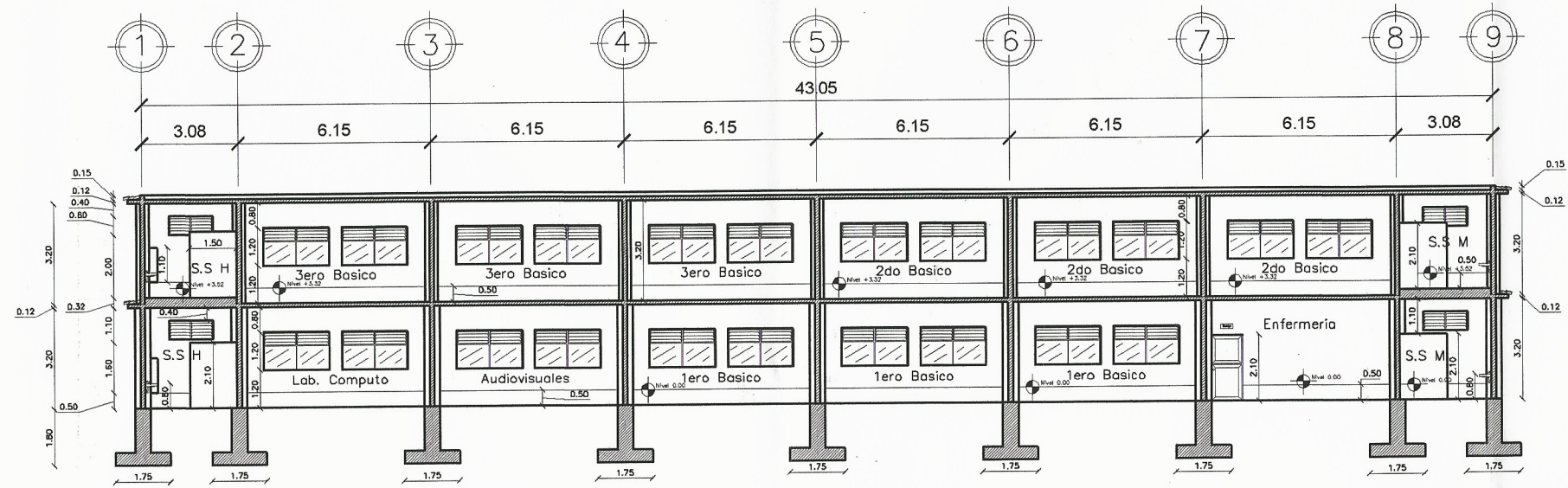
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL
 ESCALA: 1/250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		PLANTA ACOTADA MODULO 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018		
			4 / 37

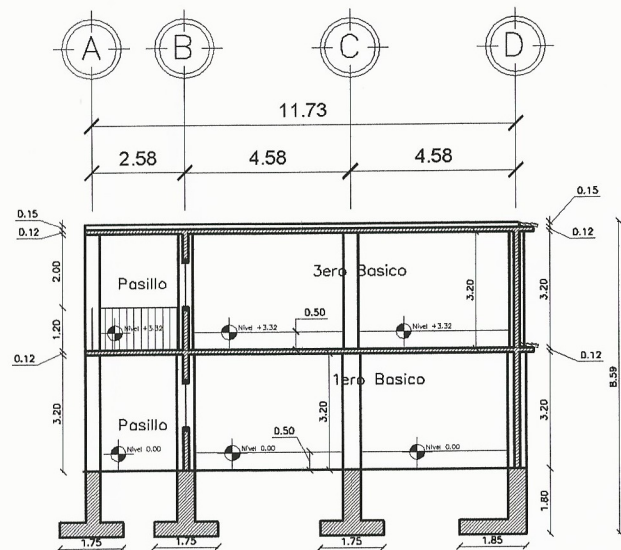


PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL
 ESCALA: 1/250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:	PLANTA ACOTADA MODULO 2	
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.	
ESCALA: INDICADA		5
FECHA: AGOSTO 2018		37

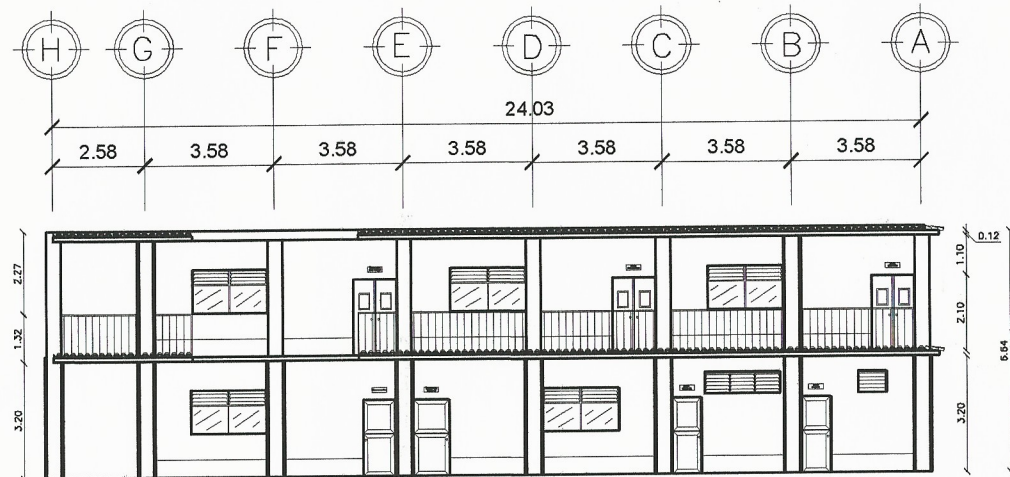


SECCION LONGITUDINAL C-C' MODULO 2
ESCALA: 1/200

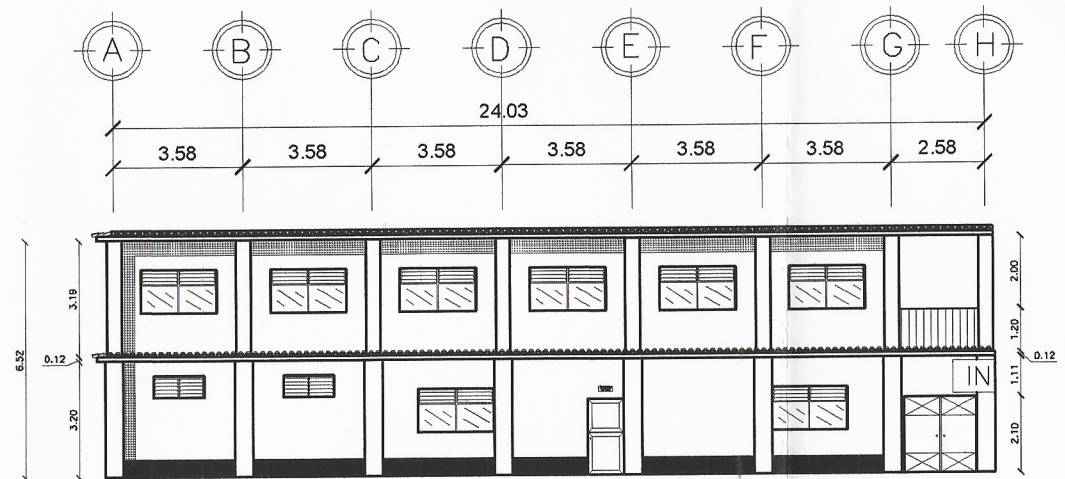


SECCION LONGITUDINAL 4-4' MODULO 2
ESCALA: 1/200

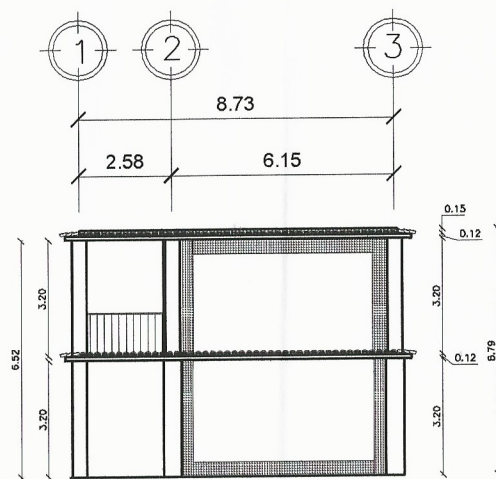
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		PLANOS DE CORTES MODULO 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018		



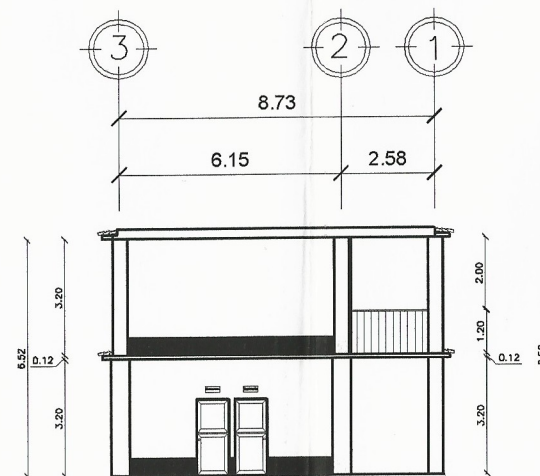
ELEVACIÓN LONGITUDINAL FRONTAL MODULO 1
ESCALA: 1/200



ELEVACIÓN LONGITUDINAL TRASERA MODULO 1
ESCALA: 1/200

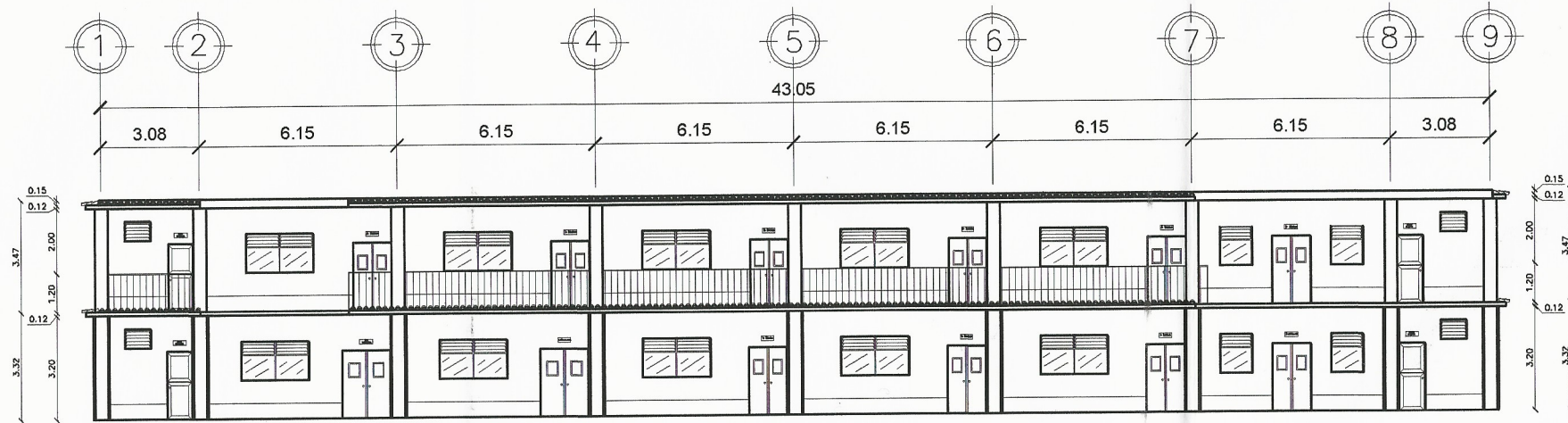


ELEVACIÓN TRANSVERSAL DERECHA MODULO 1
ESCALA: 1/200

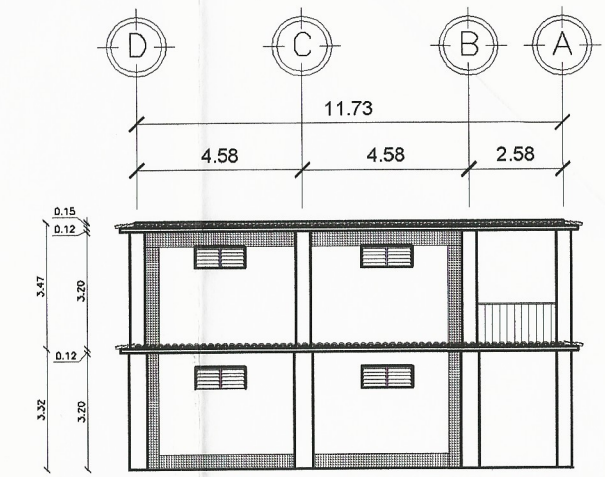


ELEVACIÓN TRANSVERSAL IZQUIERDA MODULO 1
ESCALA: 1/200

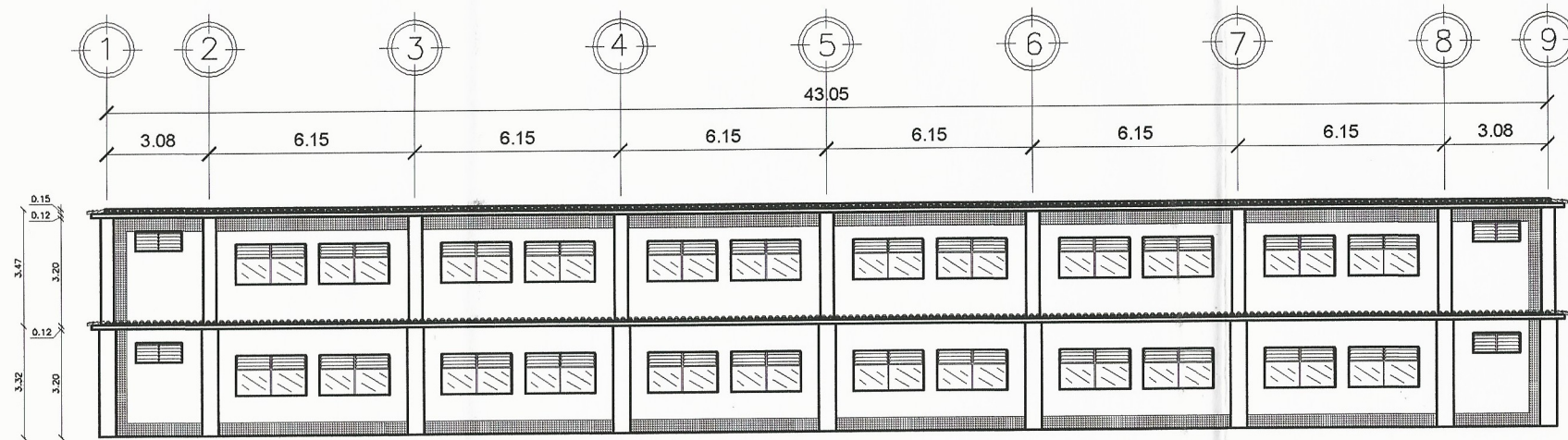
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANO DE ELEVACIONES MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	



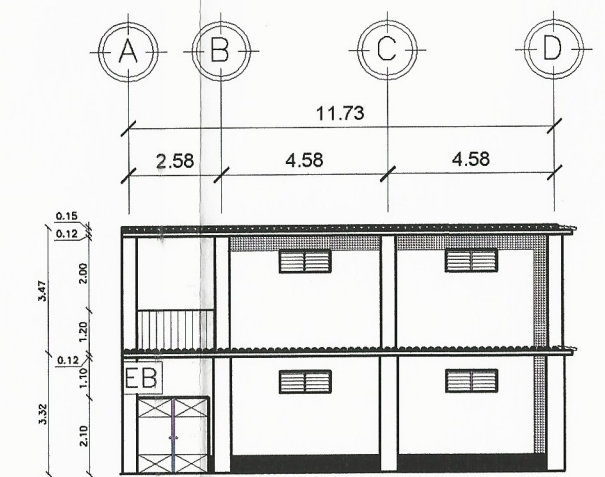
ELEVACIÓN LONGITUDINAL FRONTAL MODULO 2
ESCALA: 1/200



ELEVACIÓN TRANSVERSAL IZQUIERDA MODULO 2
ESCALA: 1/200

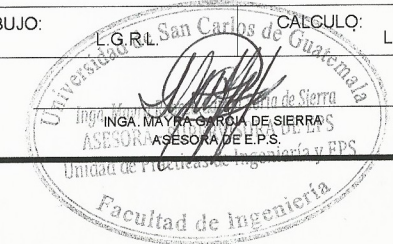


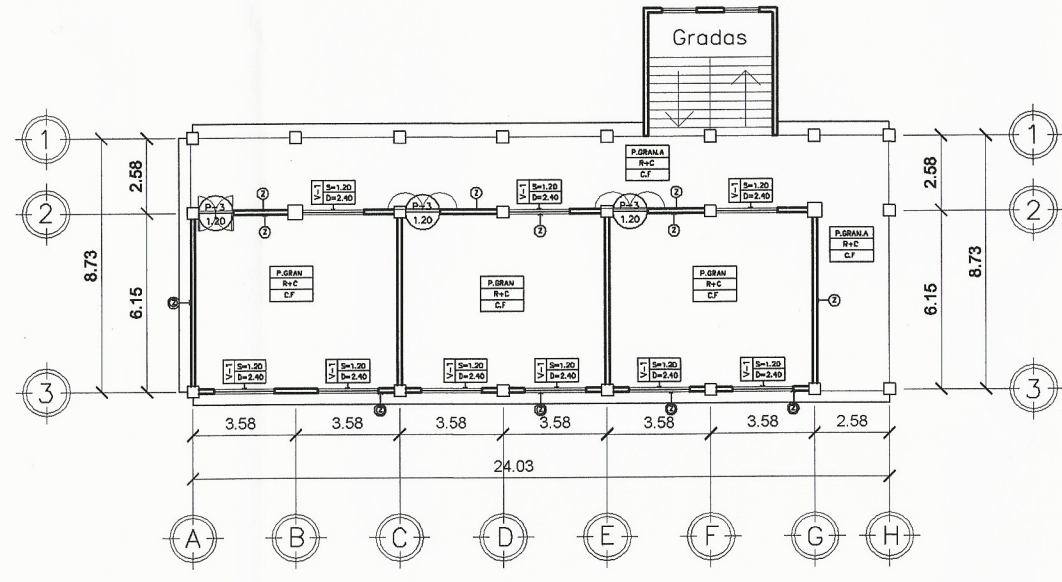
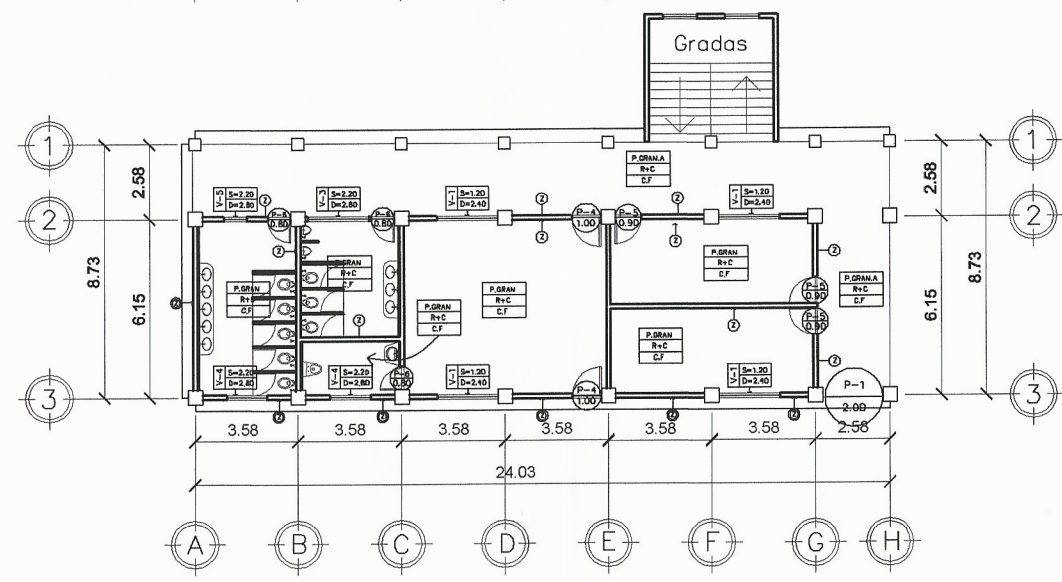
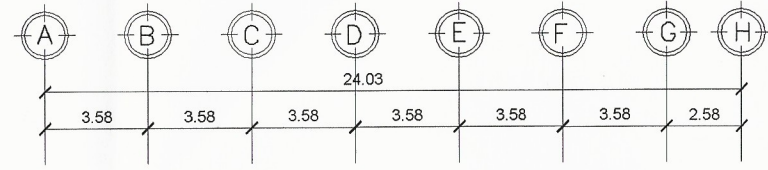
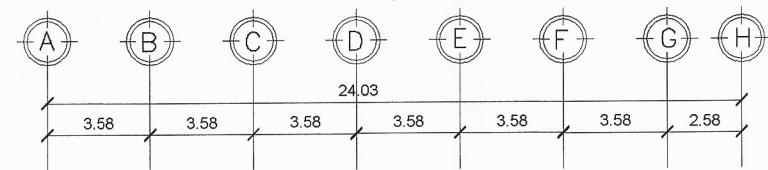
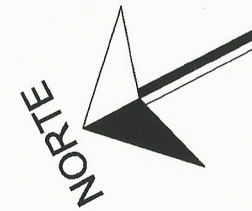
ELEVACIÓN LONGITUDINAL TRASERA MODULO 2
ESCALA: 1/200



ELEVACIÓN TRANSVERSAL DERECHA MODULO 2
ESCALA: 1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANO DE ELEVACIONES MODULO 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. San Carlos de Guatemala
ESCALA: INDICADA	CALCULO: L.G.R.L.
FECHA: AGOSTO 2018	





PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250

PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

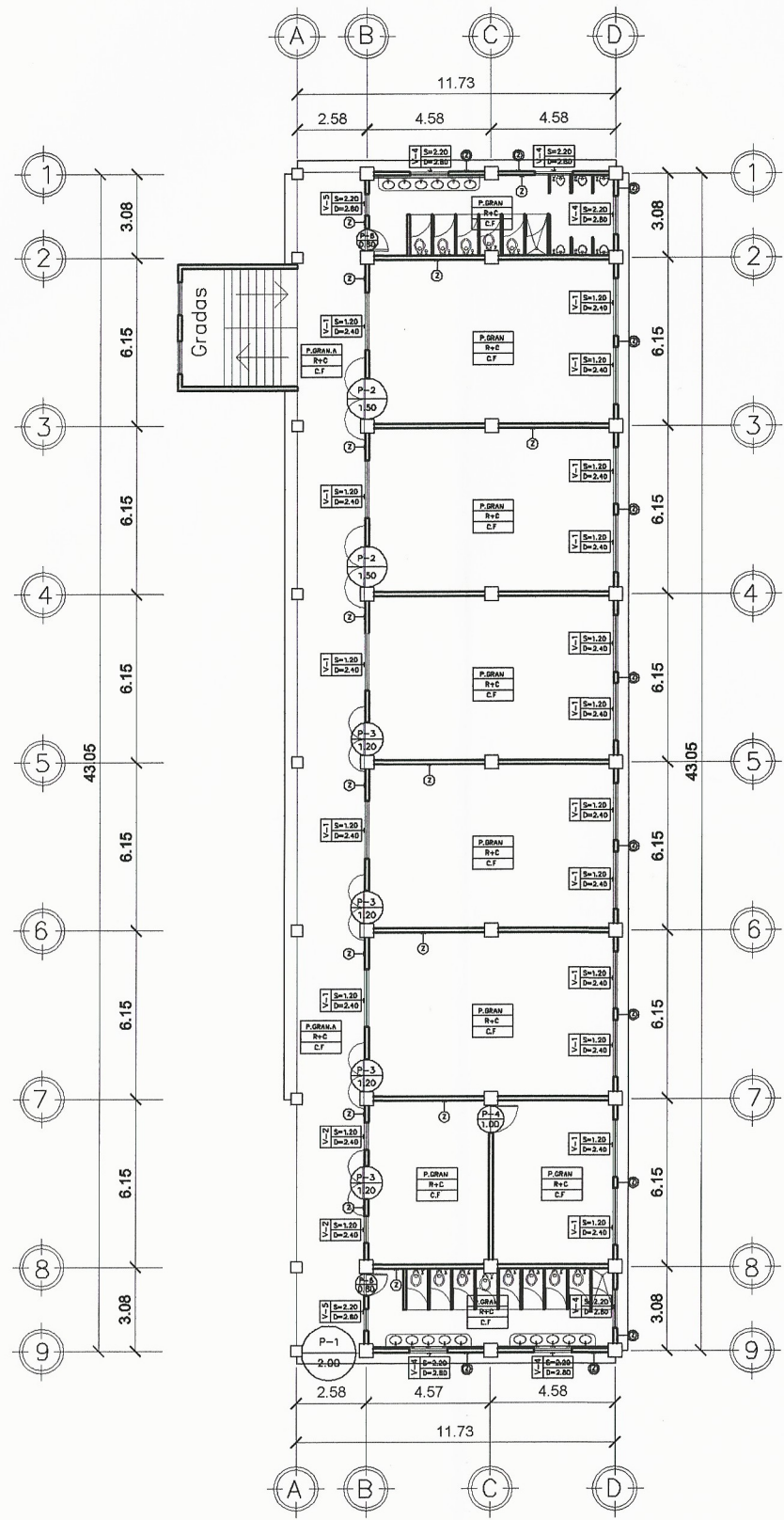
NOMENCLATURA DE ACABADOS	
P-1	INDICA EL TIPO DE PUERTA
V-1	INDICA EL TIPO DE VENTANA
S:	INDICA ALTURA DE SILLAR
D:	INDICA ALTURA DE DINTEL
P.GRAN.A	PISO DE GRANITO ATDEZUZANTE
P.GRAN	PISO DE GRANITO
R+C	REPELLO MAS CERNIDO
C.F	CIELO FALSO
—	INDICA AZULEJO A 1.20 m
—	INDICA AZULEJO A 2.10 m
⊙	ZCALO PINTADO A 0.50 m
⊙	ZCALO PINTADO A 0.40 m

PLANILLAS DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	#HOJAS	CANTIDAD
P-1	2	2.10	METAL	2	2
P-2	1.5	2.10	METAL	2	2
P-3	1.2	2.10	METAL	2	13
P-4	1	2.10	METAL	1	3
P-5	0.90	2.10	METAL	1	3
P-6	0.80	2.10	METAL	1	7

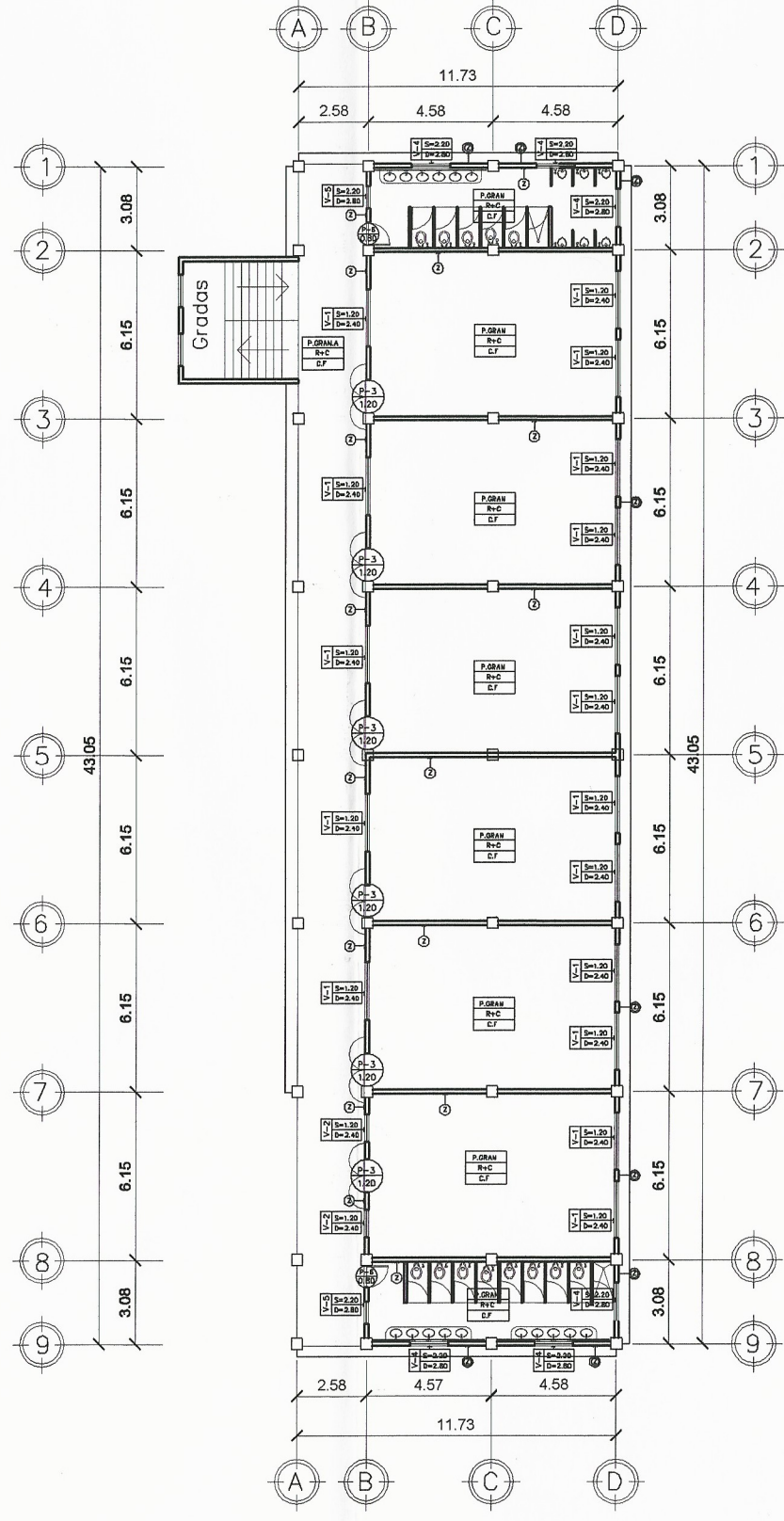
PLANILLAS DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	CANTIDAD	
V-1	2.10	1.2	VIDRIO	47	
V-2	1	1.20	VIDRIO	4	
V-3	2.10	0.60	VIDRIO	1	
V-4	1.40	0.60	VIDRIO	12	
V-5	0.80	0.60	VIDRIO	5	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO		
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA		
CONTENIDO:	PLANTAS DE ACABADOS MODULO 1		
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA		
FECHA:	AGOSTO 2018		
			10/37

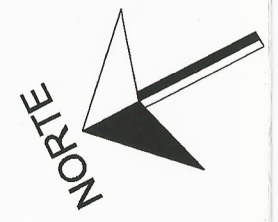




PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250



PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

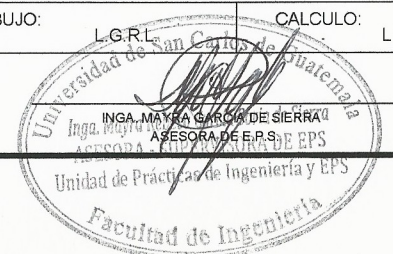


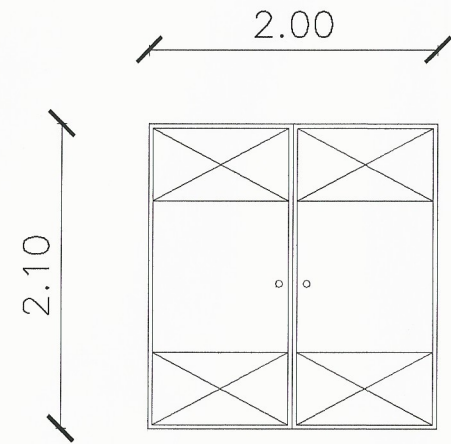
NOMENCLATURA DE ACABADOS	
P-1	INDICA EL TIPO DE PUERTA
V-1	INDICA EL TIPO DE VENTANA
S:	INDICA ALTURA DE SILLAR
D:	INDICA ALTURA DE DINTEL
P.GRANLA	PISO DE GRANITO ATIDEZULANTE
P.GRAN	PISO DE GRANITO
R+C	REPELLO MAS CERNIDO
C.F.	CIELO FALSO
—	INDICA AZULEJO A 1.20 m
—	INDICA AZULEJO A 2.10 m
⊙	ZOCALO PINTADO A 0.50 m
⊙	ZOCALO PINTADO A 0.40 m

PLANILLAS DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	#HOJAS	CANTIDAD
P-1	2	2.10	METAL	2	2
P-2	1.5	2.10	METAL	2	2
P-3	1.2	2.10	METAL	2	13
P-4	1	2.10	METAL	1	3
P-5	0.90	2.10	METAL	1	3
P-6	0.80	2.10	METAL	1	7

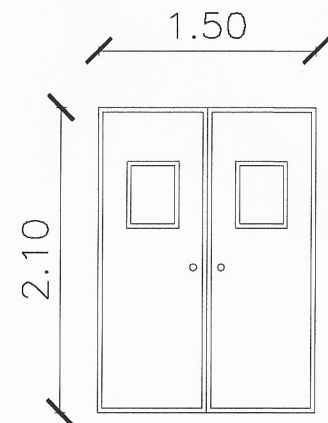
PLANILLAS DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	CANTIDAD
V-1	2.10	1.2	VIDRIO	47
V-2	1	1.20	VIDRIO	4
V-3	2.10	0.60	VIDRIO	1
V-4	1.40	0.60	VIDRIO	12
V-5	0.80	0.60	VIDRIO	5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE ACABADOS MODULO 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	

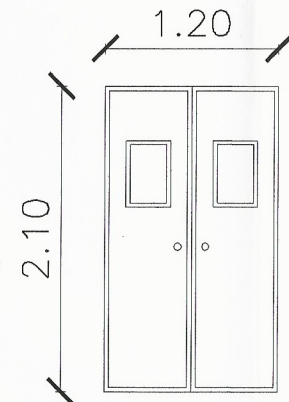




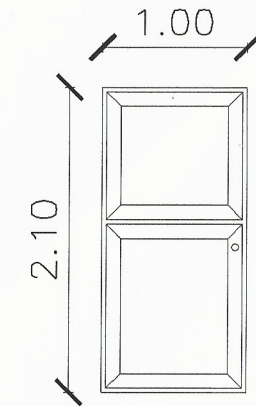
DETALLE PUERTA 1
ESCALA: 1/50



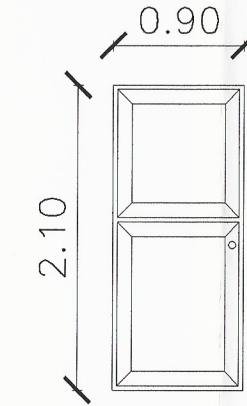
DETALLE PUERTA 2
ESCALA: 1/50



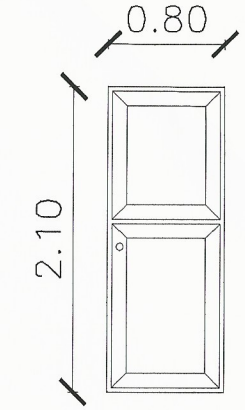
DETALLE PUERTA 3
ESCALA: 1/50



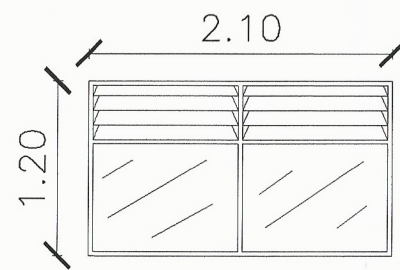
DETALLE PUERTA 4
ESCALA: 1/50



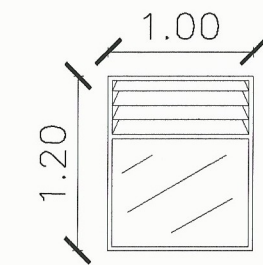
DETALLE PUERTA 5
ESCALA: 1/50



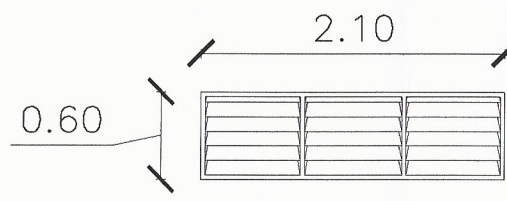
DETALLE PUERTA 6
ESCALA: 1/50



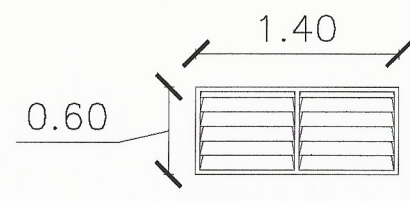
DETALLE VENTANA 1
ESCALA: 1/50



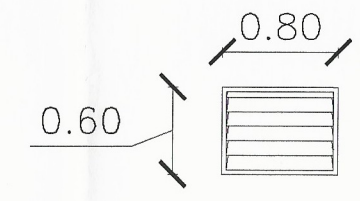
DETALLE VENTANA 2
ESCALA: 1/50



DETALLE VENTANA 3
ESCALA: 1/50



DETALLE VENTANA 4
ESCALA: 1/50



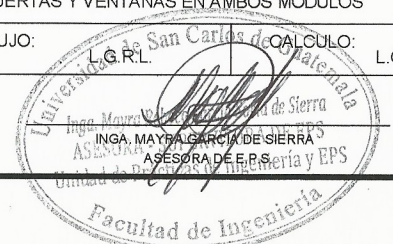
DETALLE VENTANA 5
ESCALA: 1/50

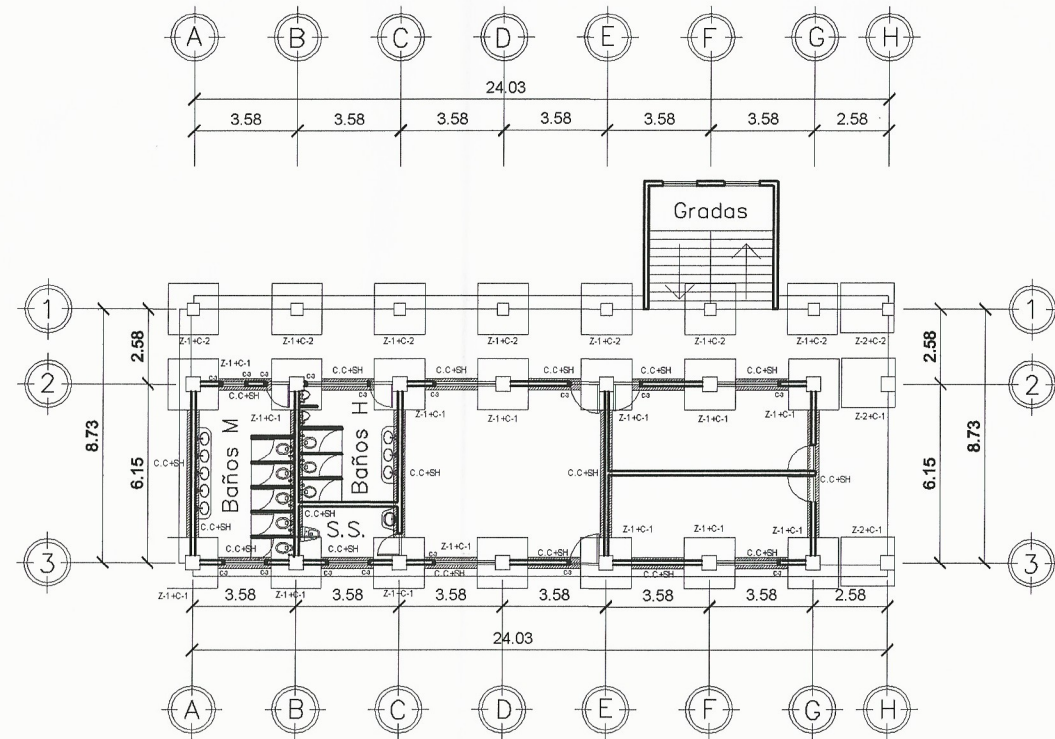
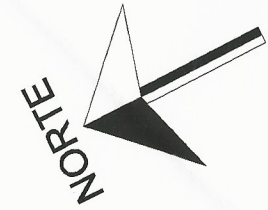
NOTA:

LAS PUERTAS A COLOCARSE DEBEN SER DE METAL Y DE BUENA CALIDAD, UNIFORME Y SIN DAÑOS A PLOMO Y ESCUADRA, NO ACEPTANDOSE NINGUNA QUE NO CUMPLA CON ESTE REQUISITO

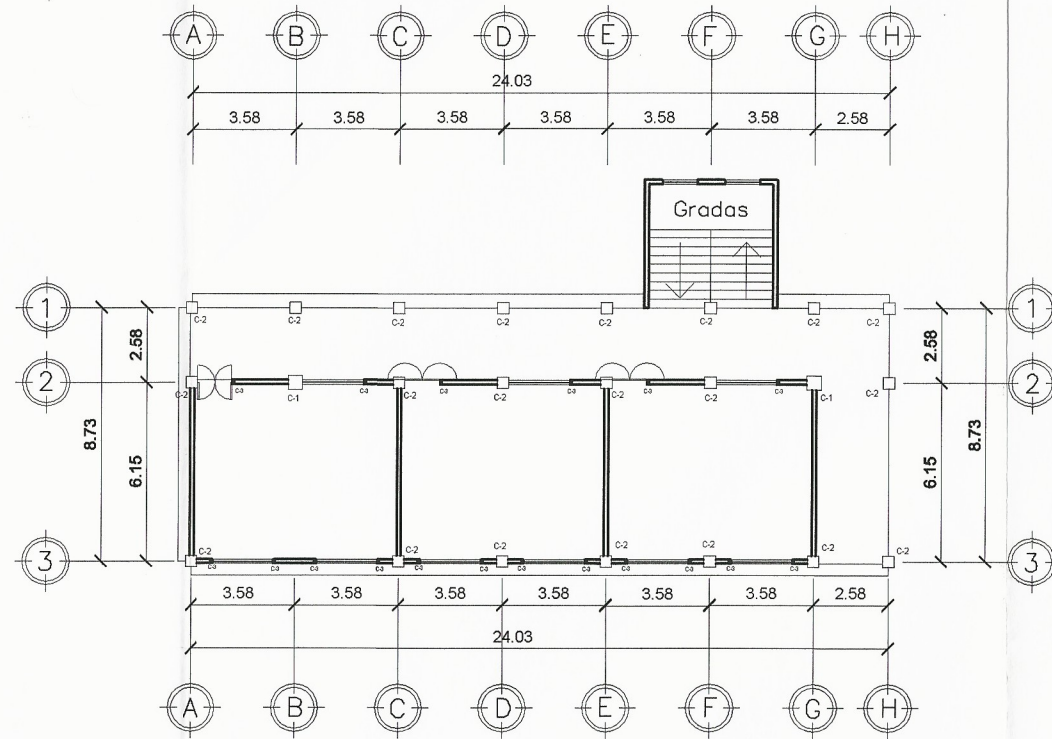
LAS VENTANAS DEBEN SER DE ALUMINIO CON VIDRIO DE 5 MM DE LA MEJOR CALIDAD

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:	DETALLE DE DE PUERTAS Y VENTANAS EN AMBOS MODULOS	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. / CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	AGOSTO 2018	





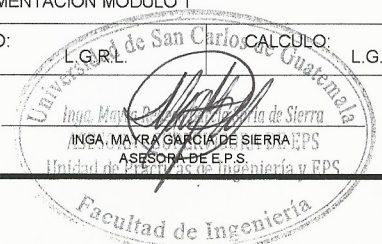
PLANTA DE CIMENTACION PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250

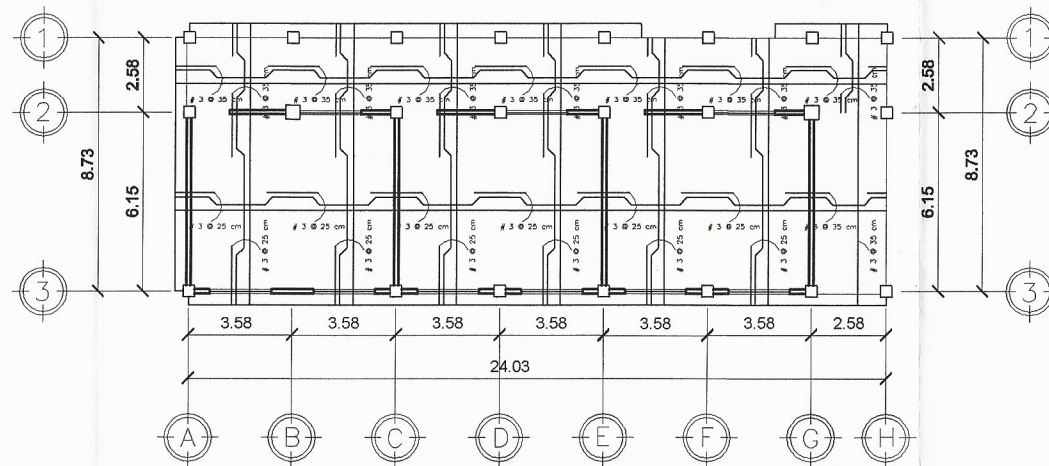
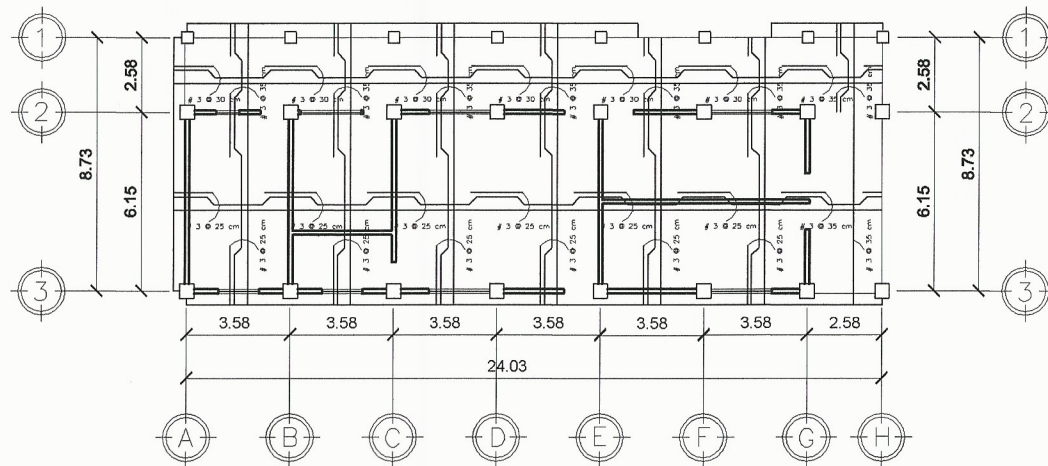
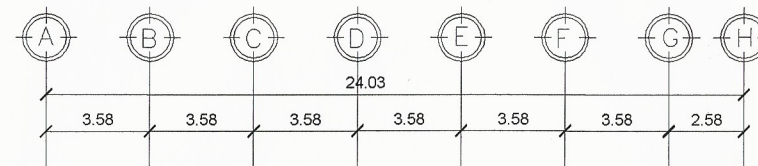
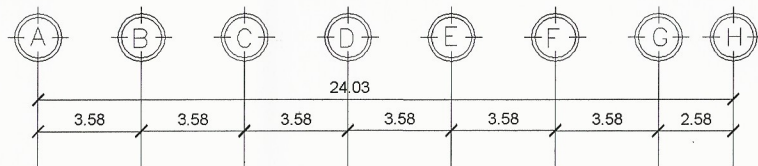
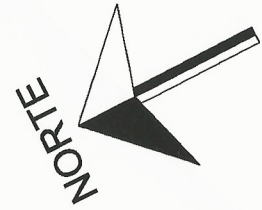


PLANTA DE CIMENTACION SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

NOMENCLATURA DE CIMENTACION	
C-1	COLUMNA DE 50X50 CM
C-2	COLUMNA DE 40X40 CM
C-3	COLUMNA DE 10X15 CM
Z-1	ZAPATA TIPO 1 DE 1.75X1.75 M
Z-2	ZAPATA TIPO 2 DE 1.70X1.85 M

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE CIMENTACION MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	



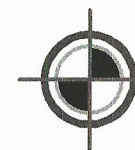


SIMBOLOGIA

- INDICA BASTON
- INDICA TENSION
- INDICA RIEL
- INDICA VIGA

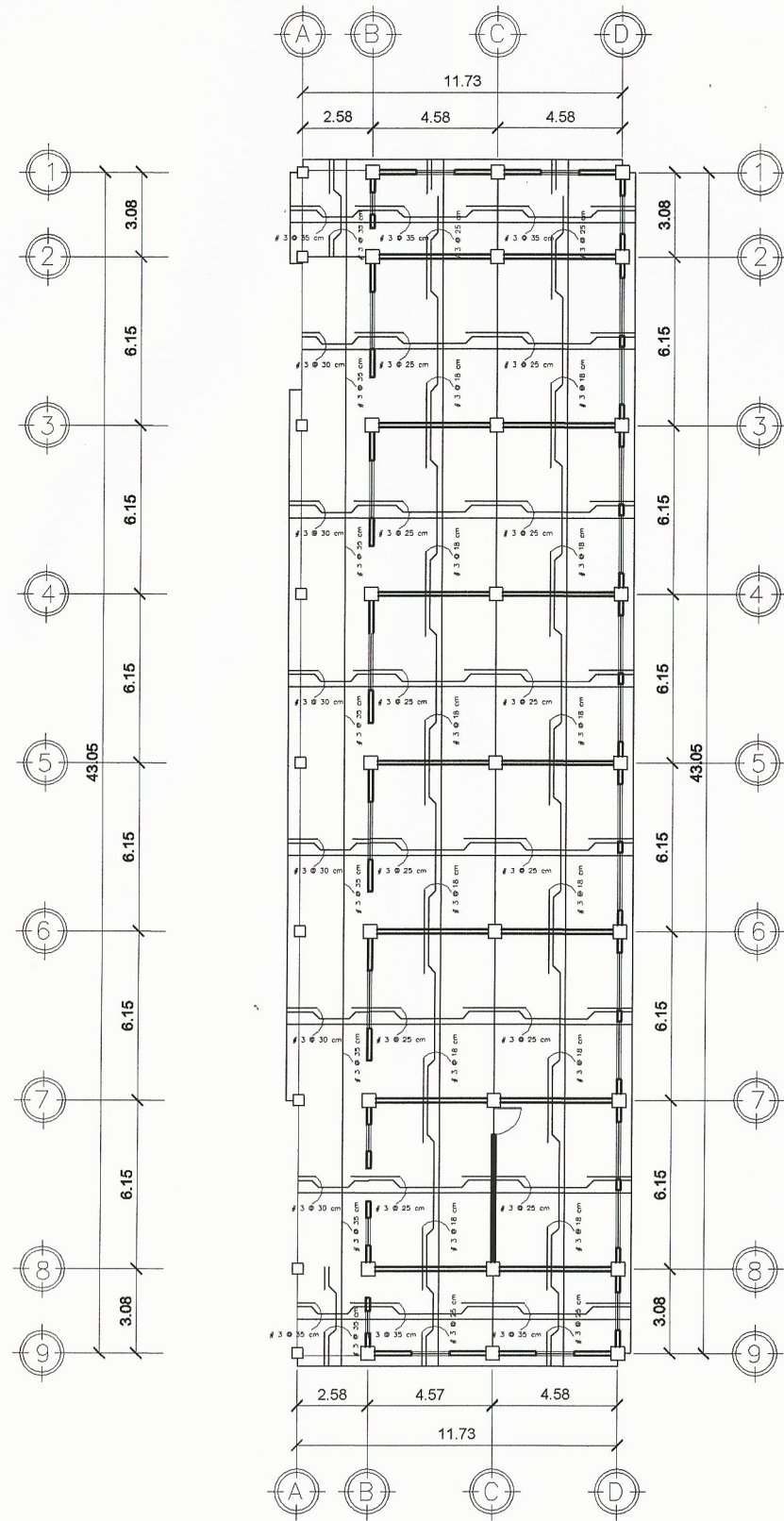


PLANTA DE ARMADO LOSA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250



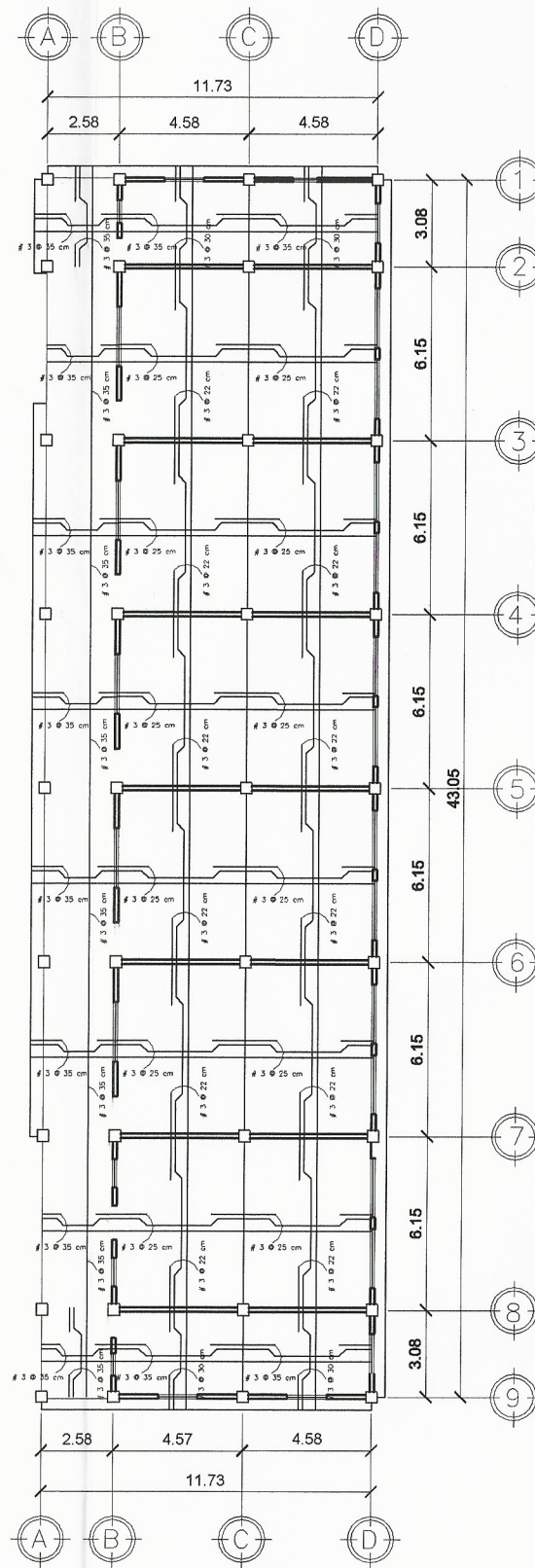
PLANTA DE ARMADO LOSA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		PLANTAS DE ARMADO DE LOSA MODULO 1	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L. / CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA		
FECHA:	AGOSTO 2018		



PLANTA ARMADO LOSA PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/250



PLANTA ARMADO LOSA SEGUNDO NIVEL

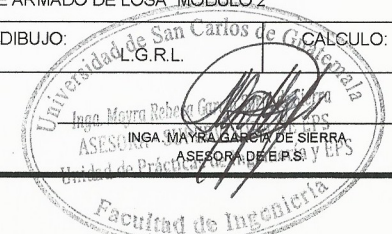
ESCALA: 1/250

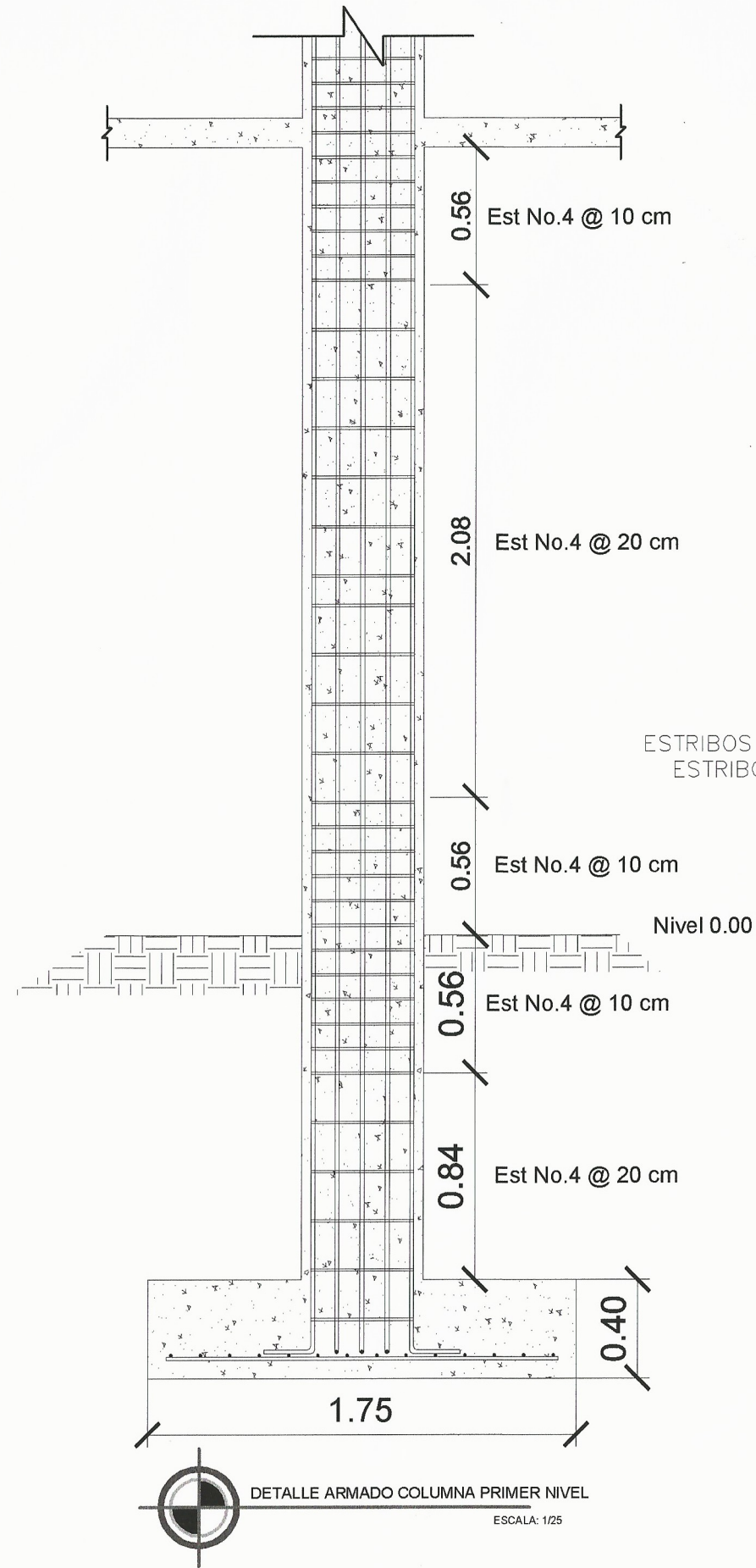


SIMBOLOGIA

-  INDICA BASTON
-  INDICA TENSION
-  INDICA RIEL
-  INDICA VIGA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:		PLANTAS DE ARMADO DE LOSA MODULO 2
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. / CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	AGOSTO 2018	



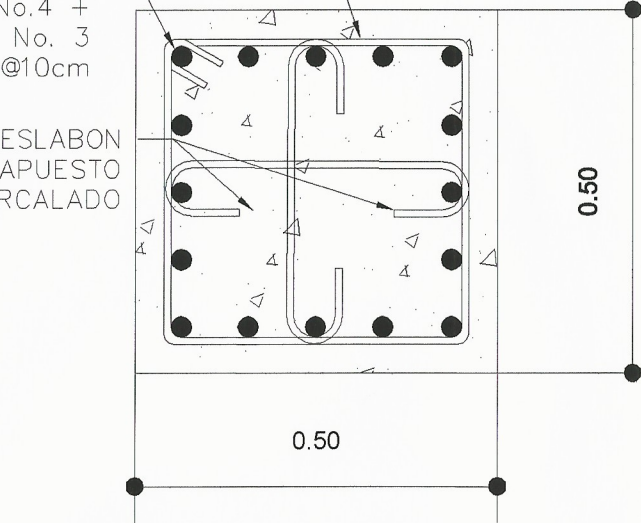


ESTRIBOS EN EXTREMOS @10
ESTRIBOS CENTRALES @20

ESLABON DEBE
COGER AL ESTRIBO
Y VARILLA
LONGITUDINAL

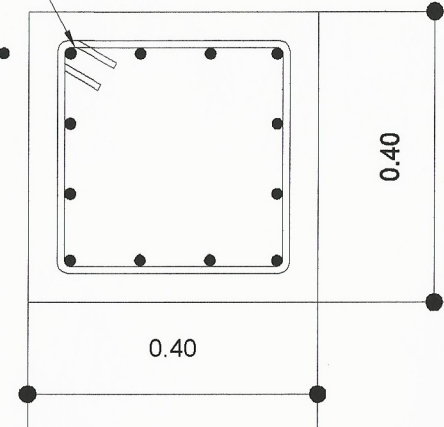
16No. 5 +
EST No.4 +
2 ESL No. 3
@10cm

ESLABON
YUXTAPUESTO
O INTERCALADO

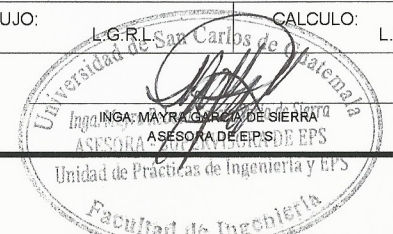


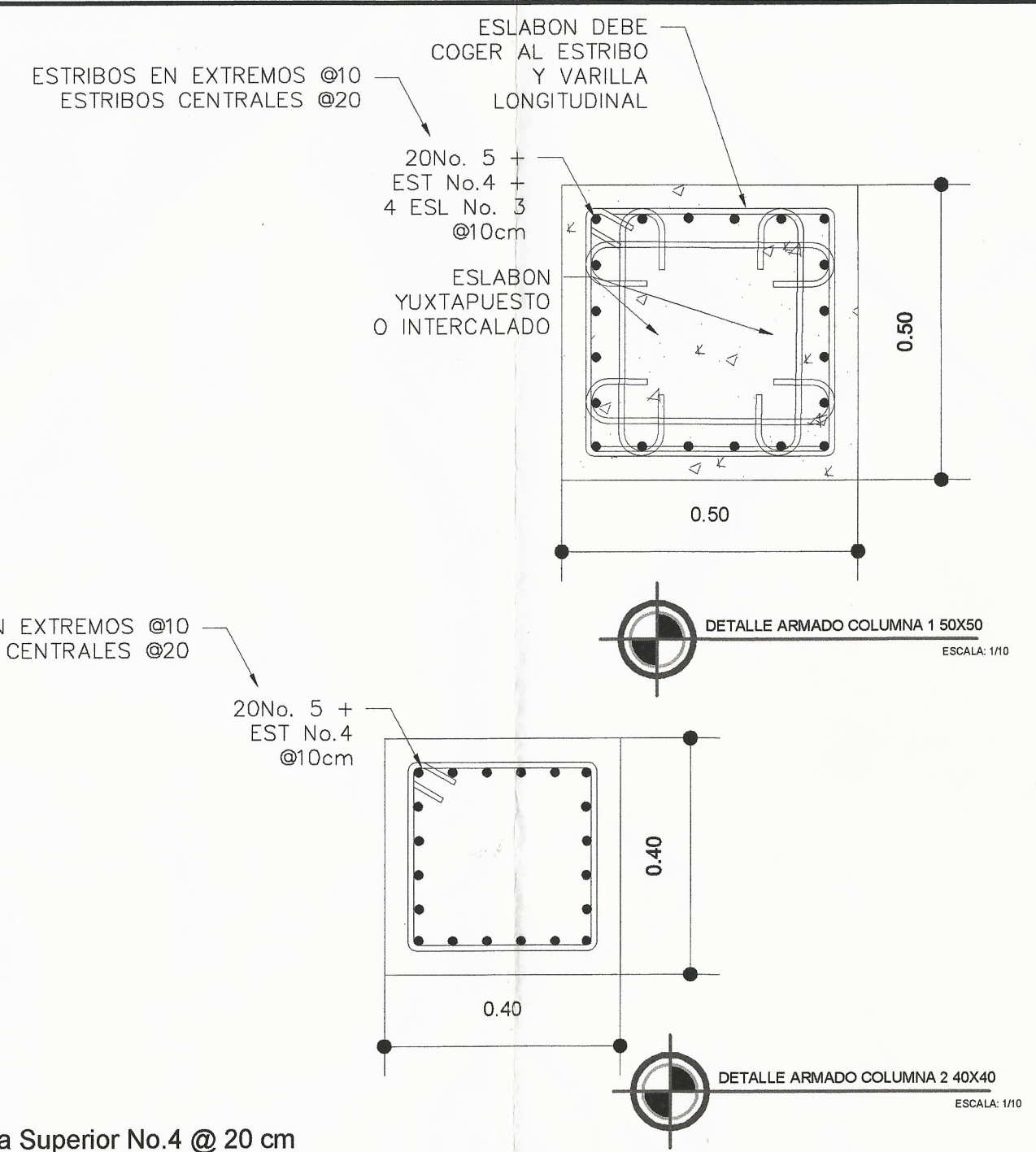
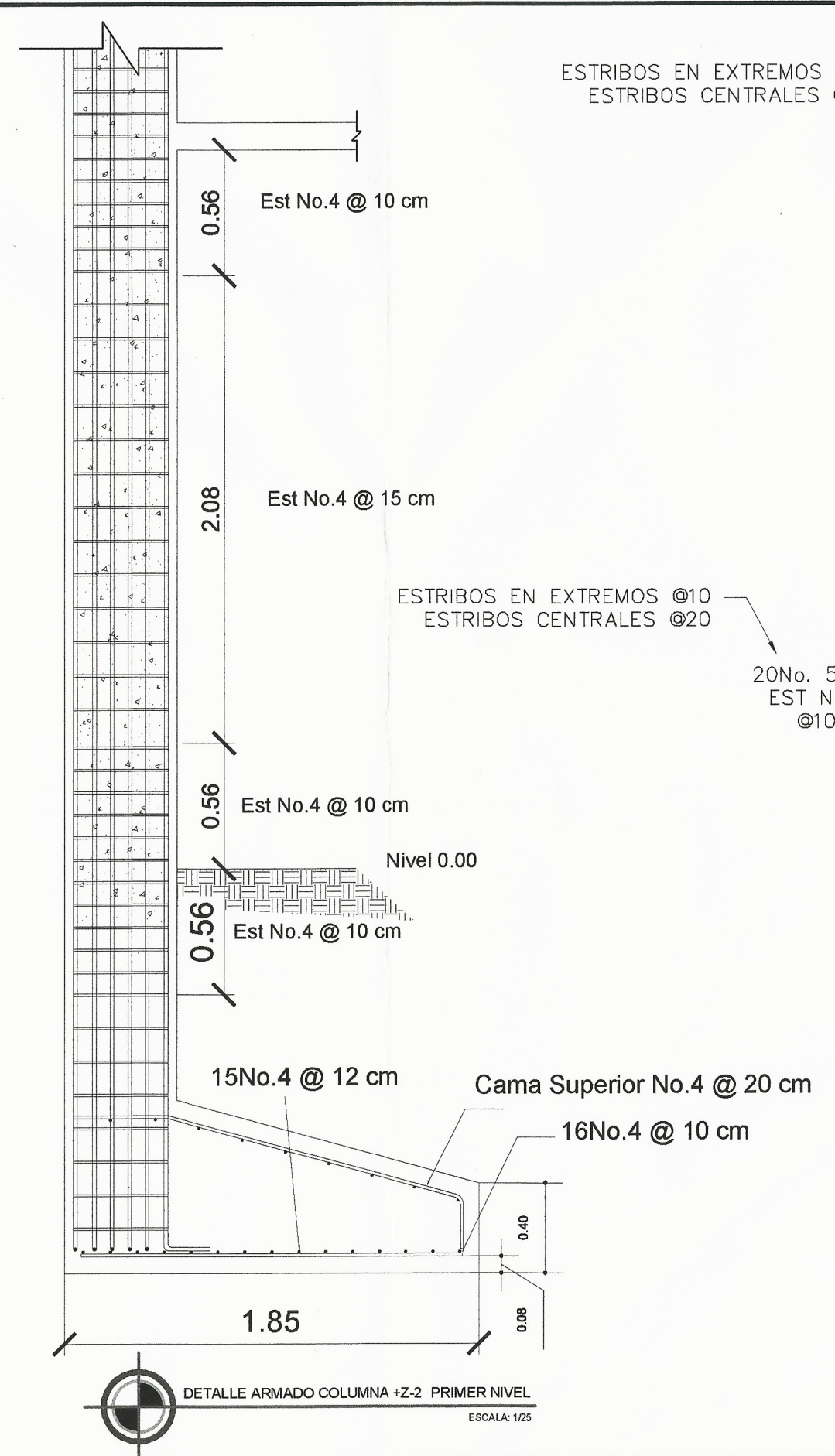
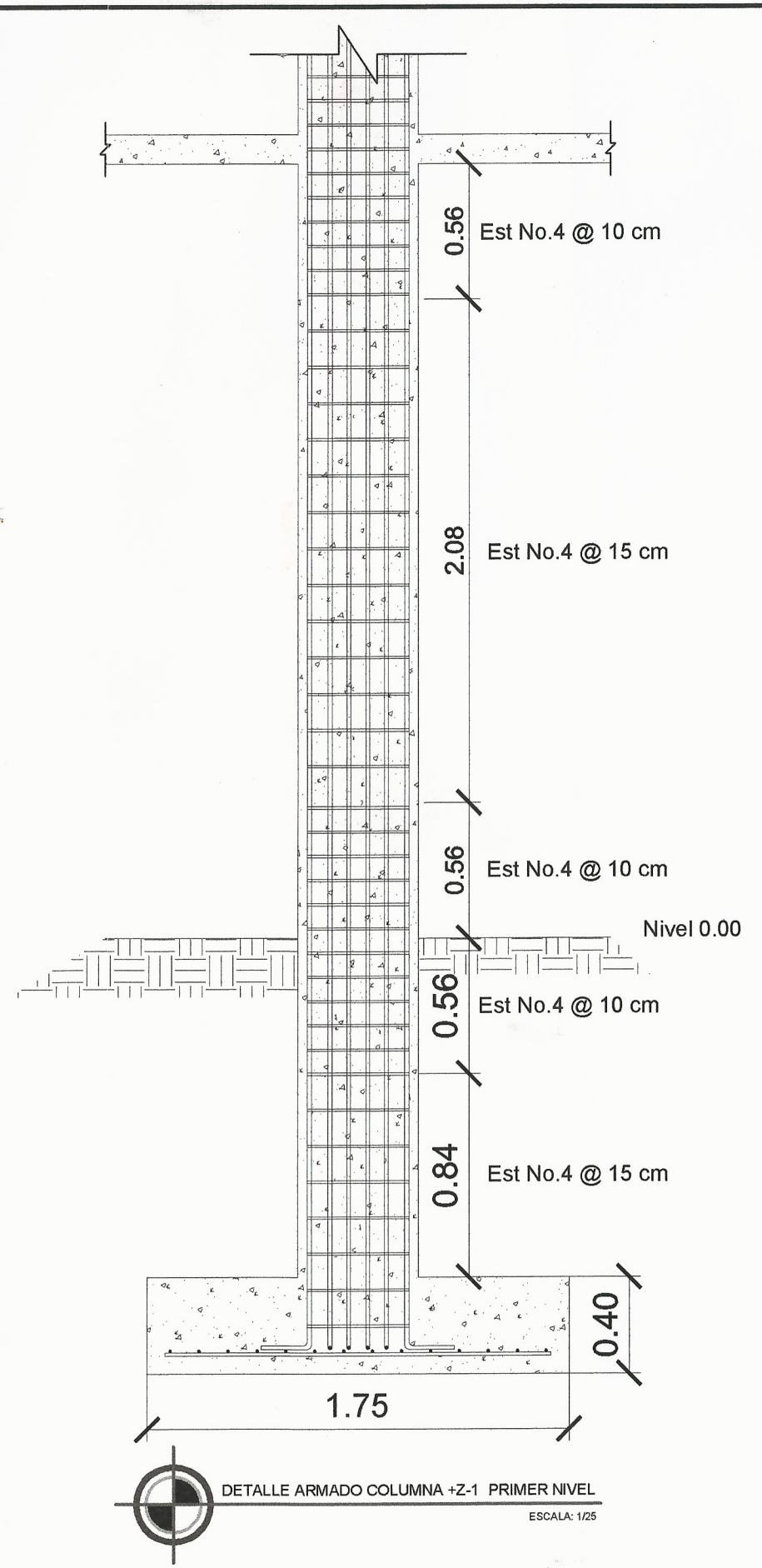
ESTRIBOS EN EXTREMOS @10
ESTRIBOS CENTRALES @20

12No. 5 +
EST No.4
@10cm



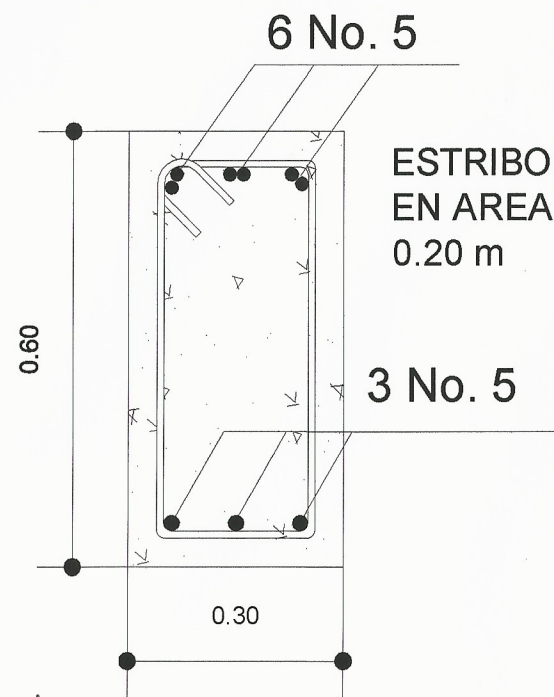
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO		
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA		
CONTENIDO:	DETALLE ARMADO DE COLUMNA MODULO 1		
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA		
FECHA:	AGOSTO 2018		





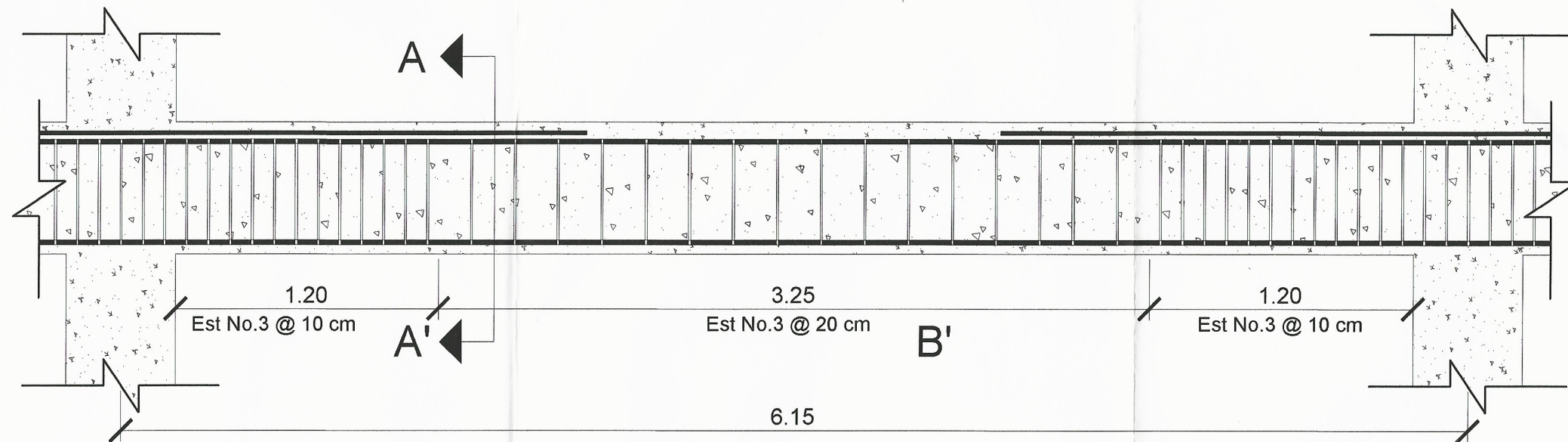
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	DETALLE ARMADO DE COLUMNA MODULO 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Inga. Mayra García de Sierra
 SUPERVISORA DE EPS
 ASESORA DE E.P.S.
 18
 37

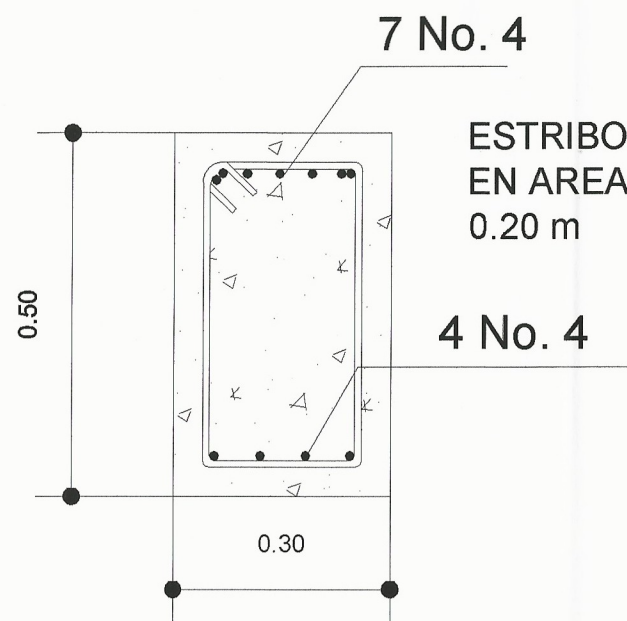


ESTRIBOS No. 3 @ 0.10 m
EN AREA CONFINADA Y RESTO
0.20 m

DETALLE ARMADO VIGA 30X60 A-A'
ESCALA: 1/10

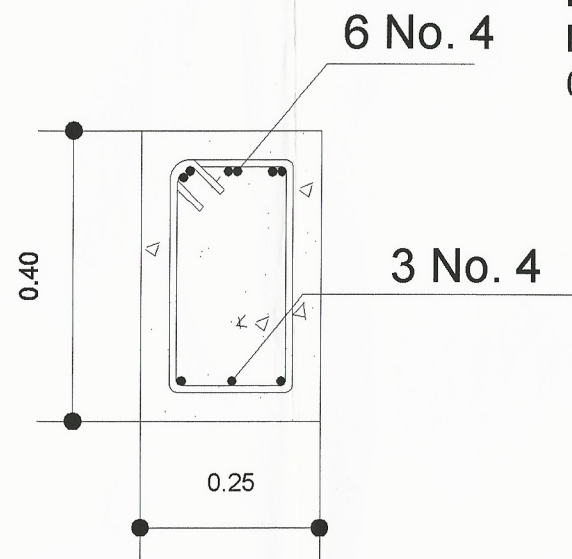


DETALLE ARMADO VIGA 30X60
ESCALA: 1/25



ESTRIBOS No. 3 @ 0.10 m
EN AREA CONFINADA Y RESTO
0.20 m

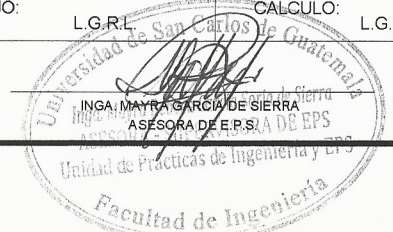
DETALLE ARMADO VIGA 30X50
ESCALA: 1/10

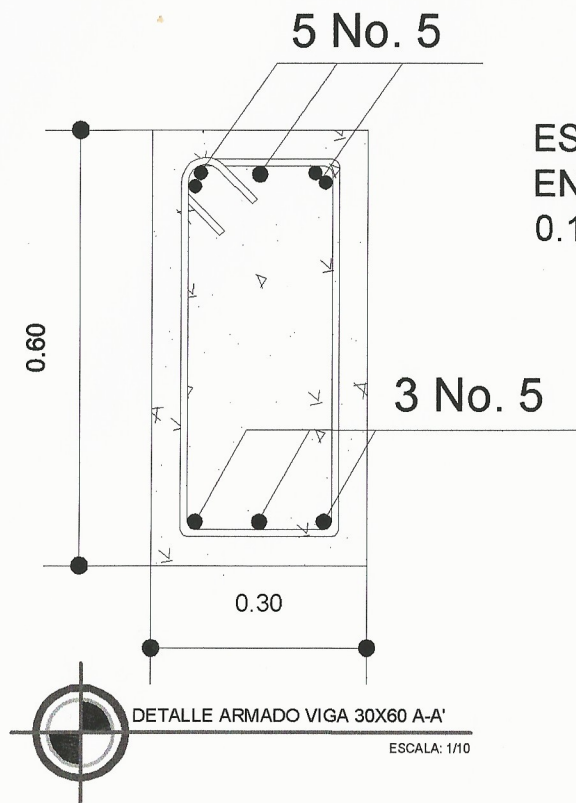


ESTRIBOS No. 3 @ 0.08 m
EN AREA CONFINADA Y RESTO
0.15 m

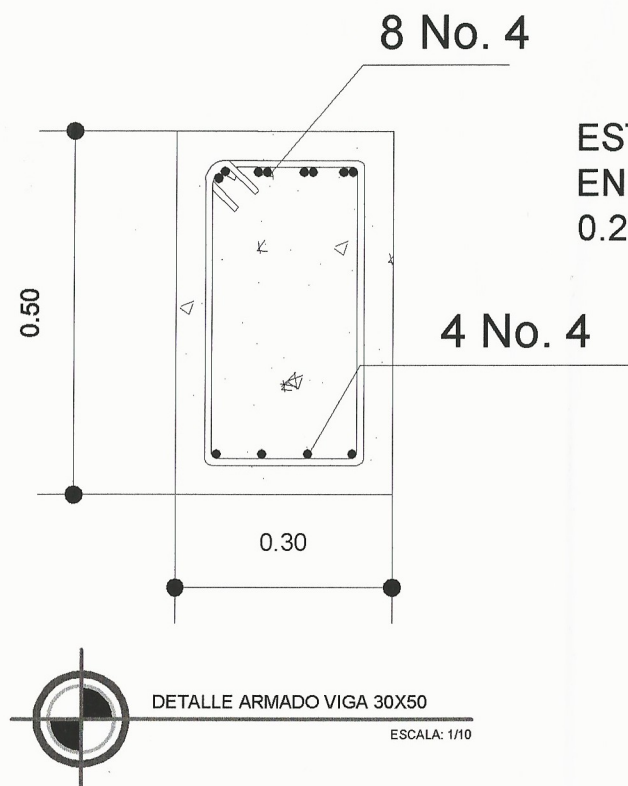
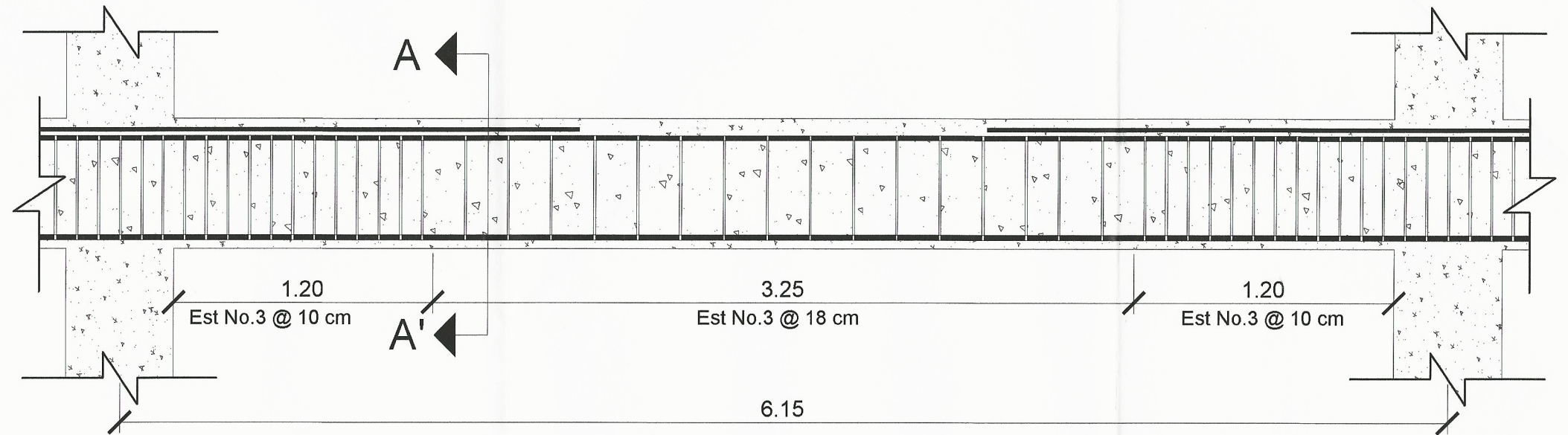
DETALLE ARMADO VIGA 25X40
ESCALA: 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	DETALLE ARMADO DE VIGAS MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	

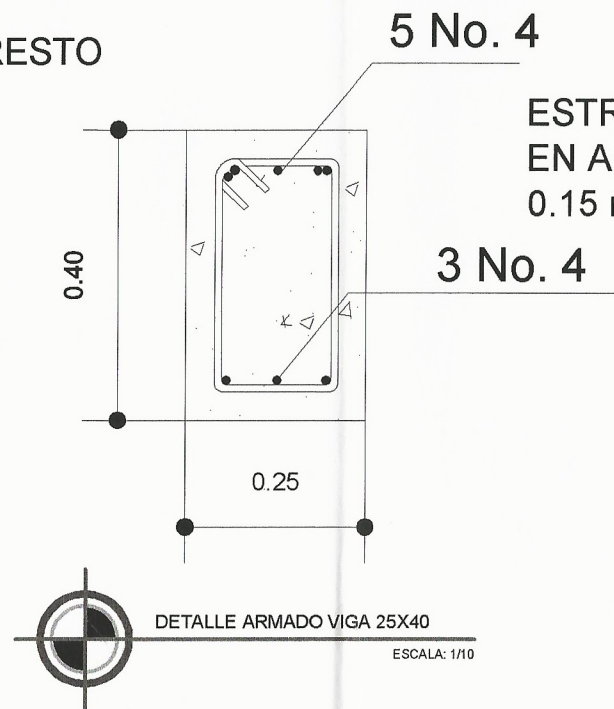




ESTRIBOS No. 3 @ 0.10 m
EN AREA CONFINADA Y RESTO
0.18 m

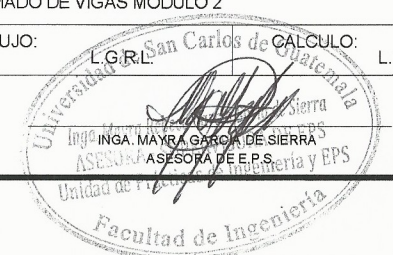


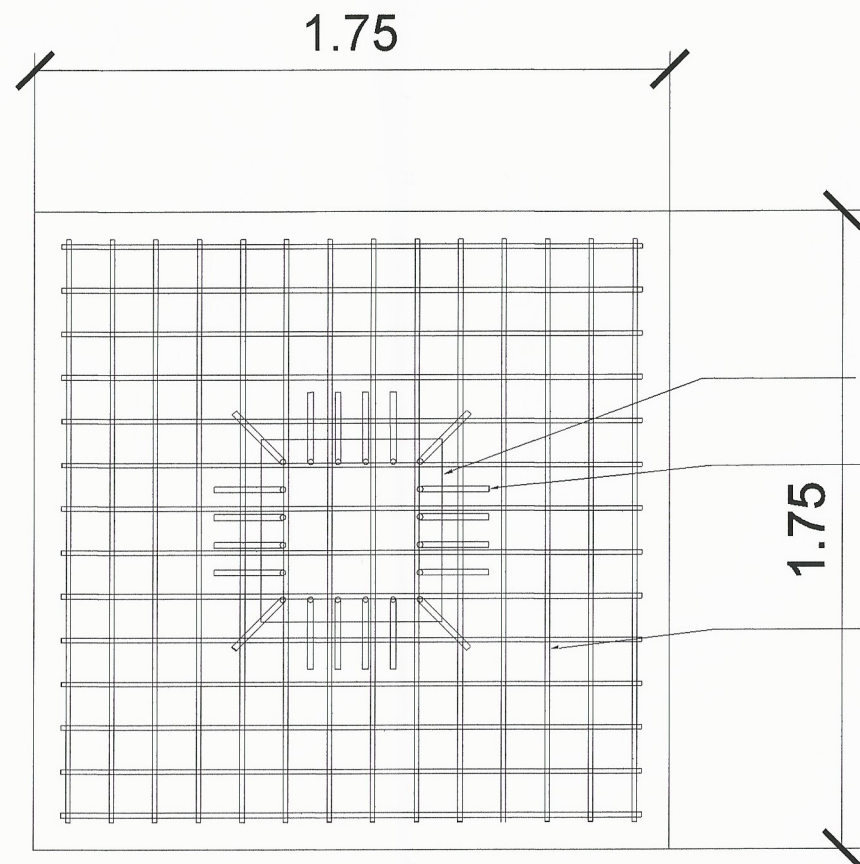
ESTRIBOS No. 3 @ 0.10 m
EN AREA CONFINADA Y RESTO
0.20 m



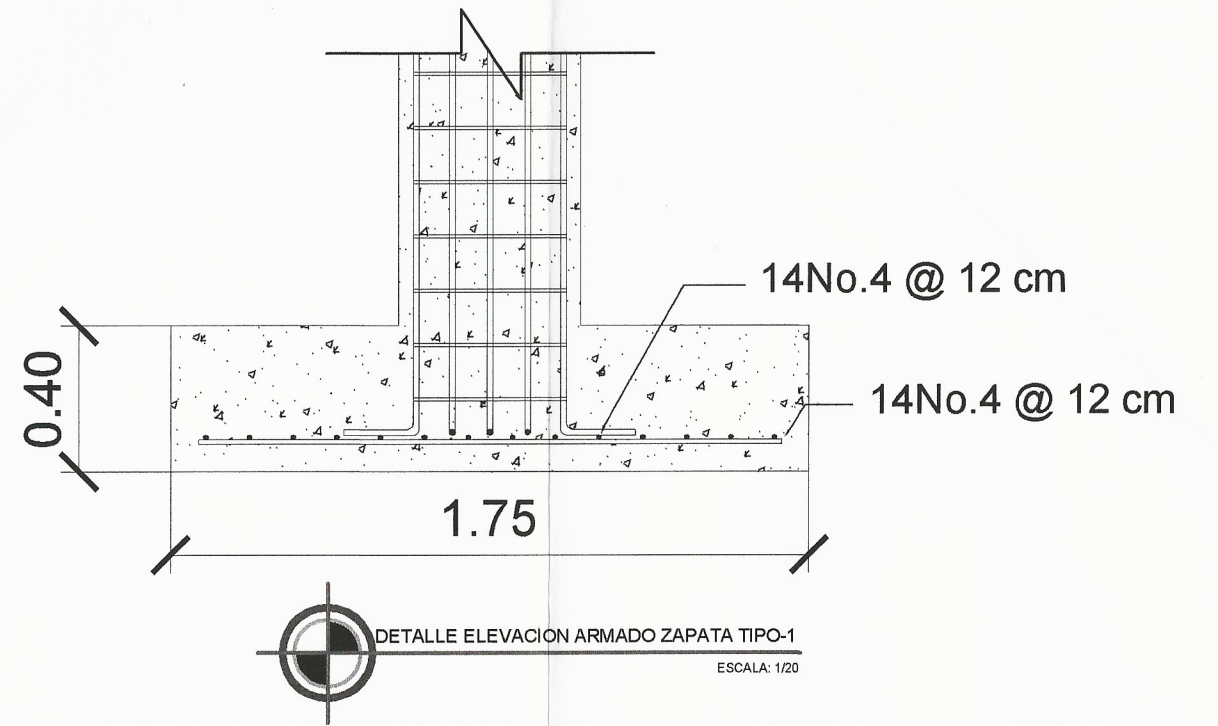
ESTRIBOS No. 3 @ 0.08 m
EN AREA CONFINADA Y RESTO
0.15 m


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	DETALLE ARMADO DE VIGAS MODULO 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	



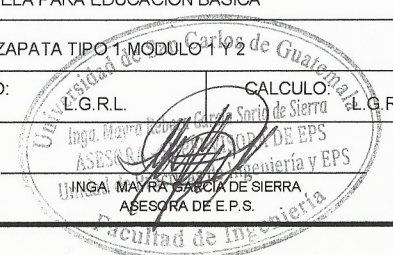


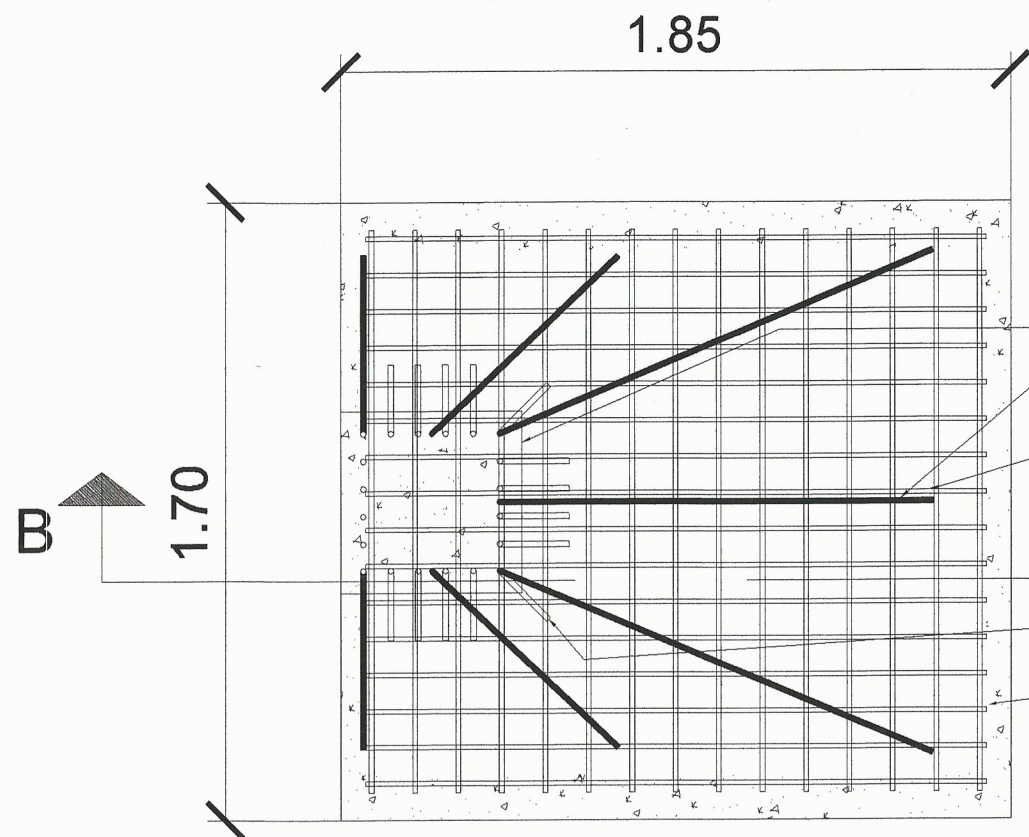

DETALLE PLANTA ARMADO ZAPATA TIPO-1
 ESCALA: 1/20




DETALLE ELEVACION ARMADO ZAPATA TIPO-1
 ESCALA: 1/20

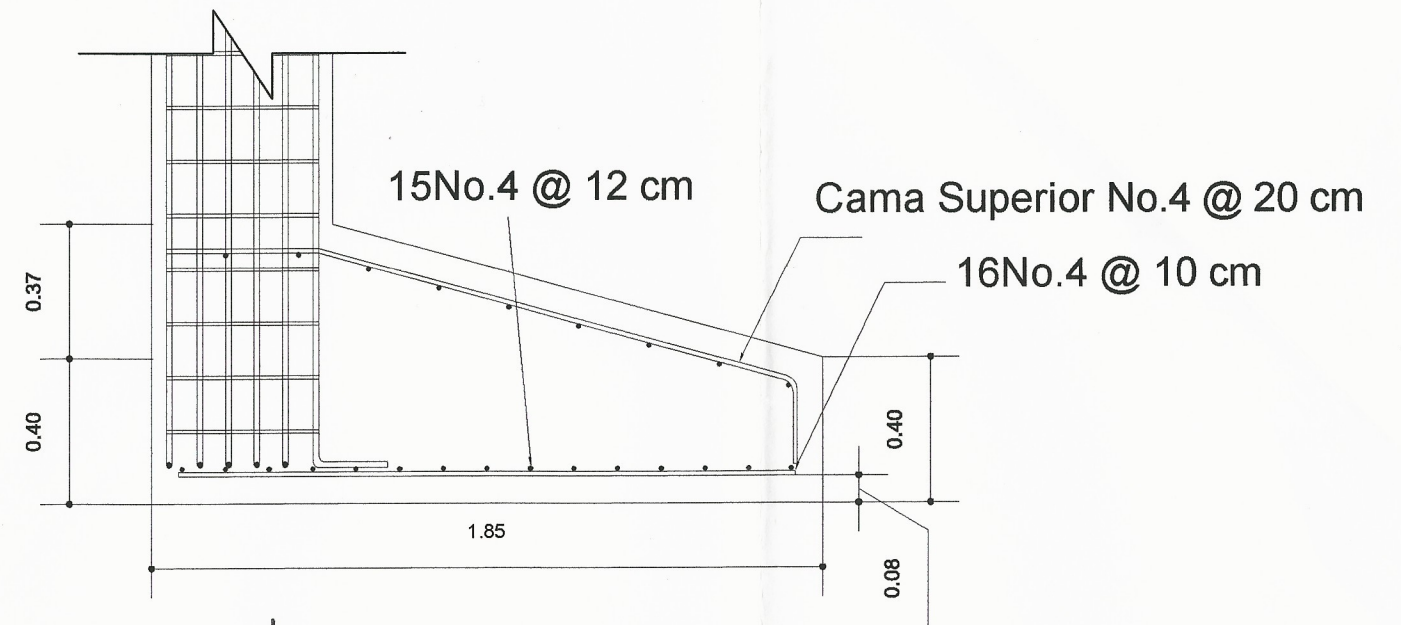
Proyeccion de Columna
 Proyeccion anclaje de Columna
 Acero de refuerzo 14No.4 @ 12 cm
 Ambos sentidos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		DETALLE ARMADO DE ZAPATA TIPO 1 MODULO 1 Y 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018		
			21
			37



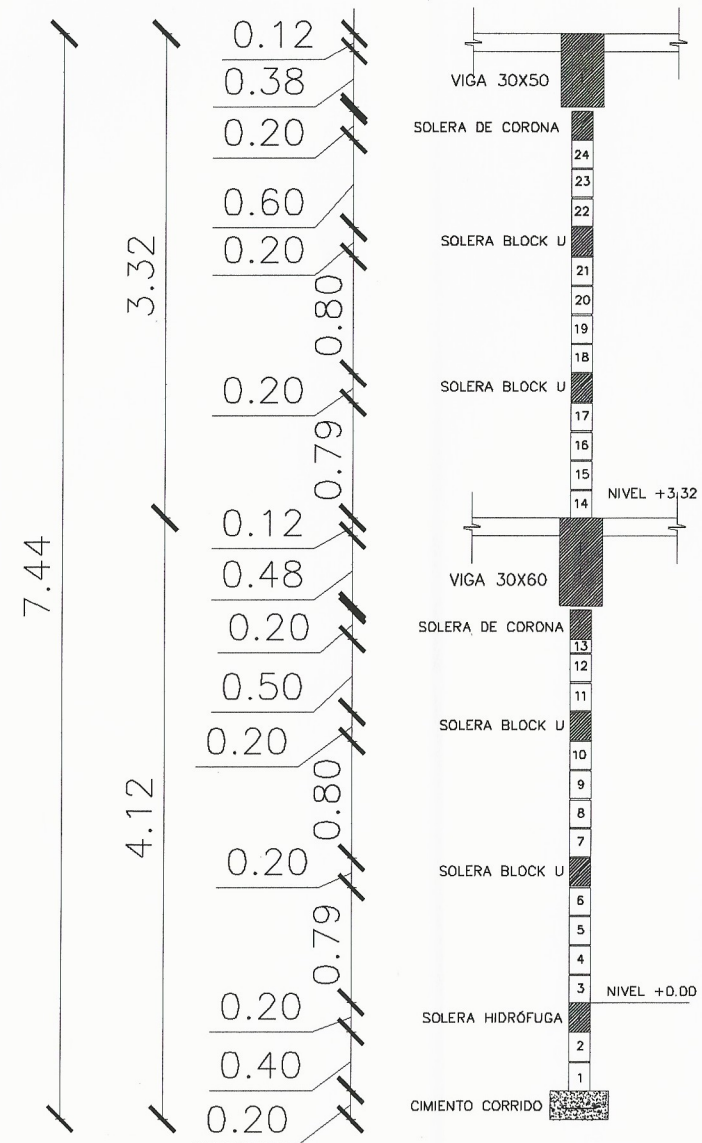
DETALLE PLANTA ARMADO ZAPATA TIPO-2
ESCALA: 1/20

- Proyeccion de Columna
- Acero de refuerzo 16No.4 @ 10 cm
- Acero de refuerzo 16No.4 @ 10 cm
- Proyeccion anclaje de Columna
- Acero de refuerzo 15No.4 @ 12 cm

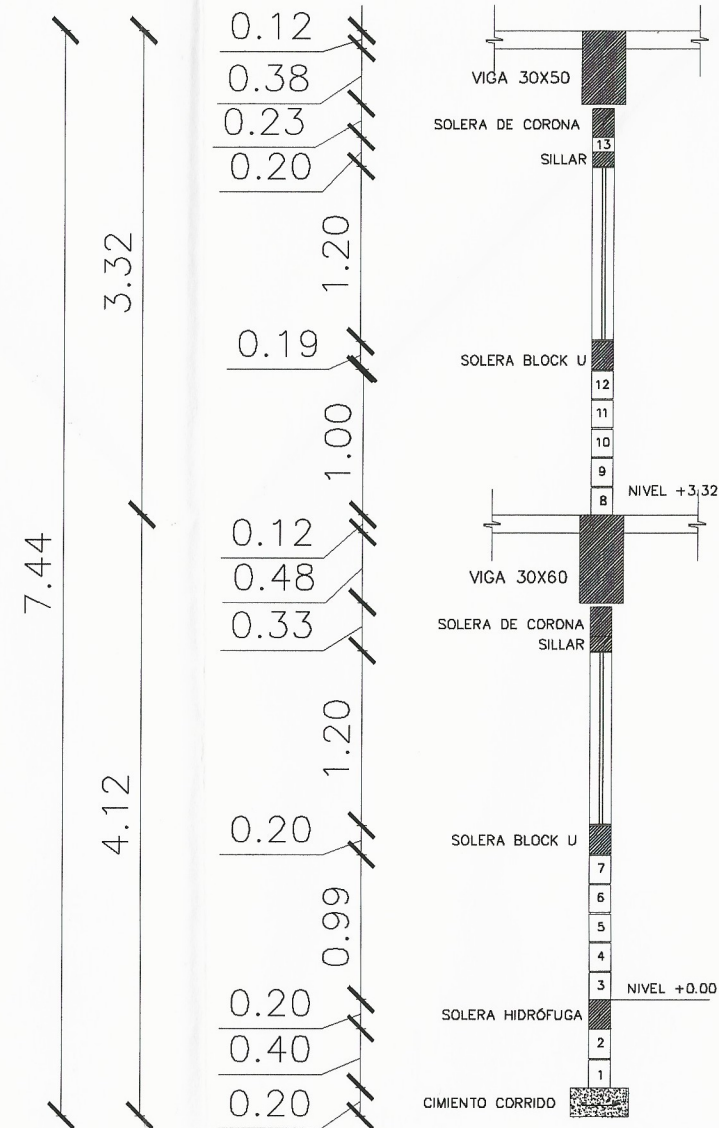



DETALLE ELEVACION ARMADO ZAPATA TIPO-1
ESCALA: 1/20

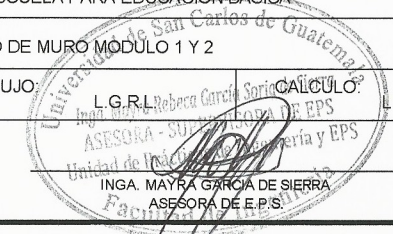
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	DETALLE ARMADO DE ZAPATA TIPO 2 MODULO 1 Y 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	CALCULO: Inga. Mayra Rebeca Garcia Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Escuela Normal de Practicas de Ingenieria y EPS
FECHA: AGOSTO 2018	INGA. MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE EPS UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

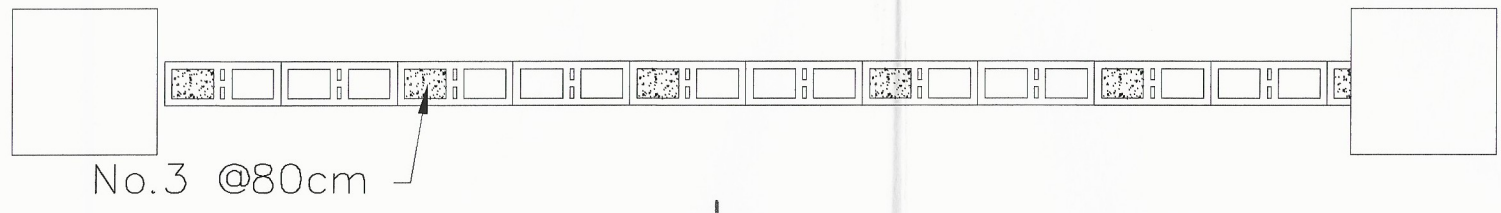
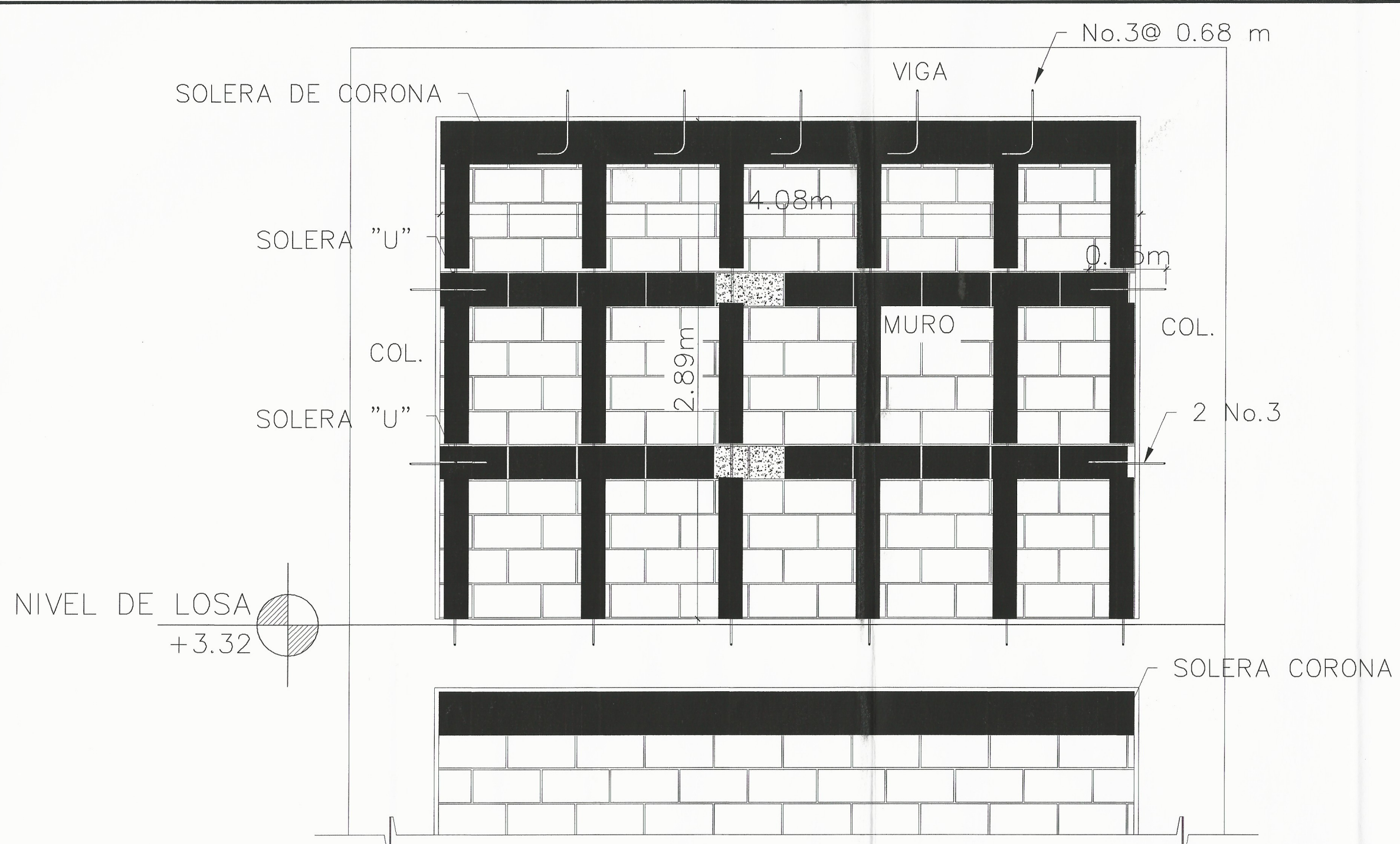


 CORTE TIPO DE MURO SIN VENTANA
ESCALA: 1/50



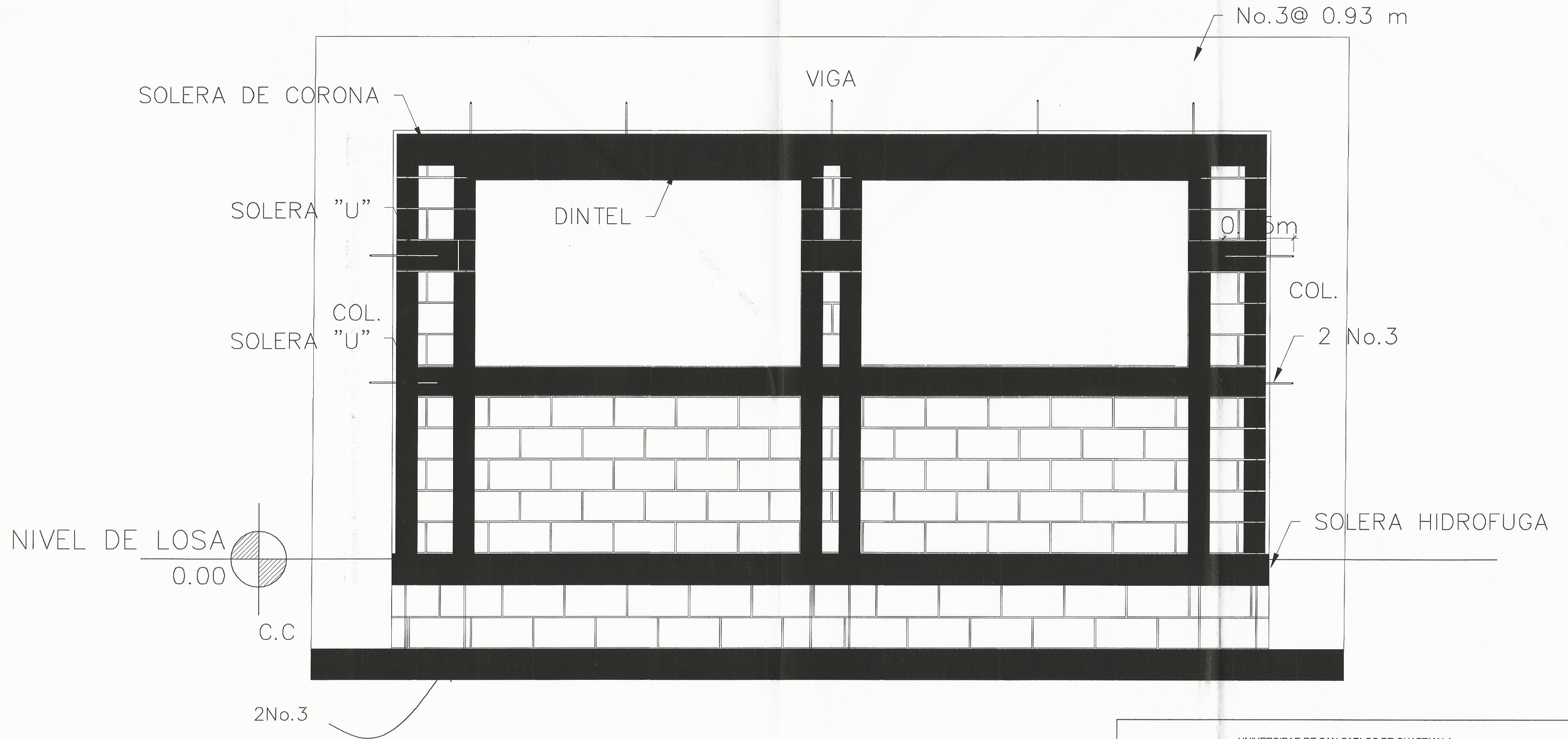
 CORTE TIPO DE MURO CON VENTANA
ESCALA: 1/50


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	CORTE TIPO DE MURO MODULO 1 Y 2
DISEÑO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	AGOSTO 2018
DIBUJO:	L.G.R.L. Rebeca Garcia Sierra
CALCULO:	L.G.R.L.
	
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS INGA MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S.	
	22/37



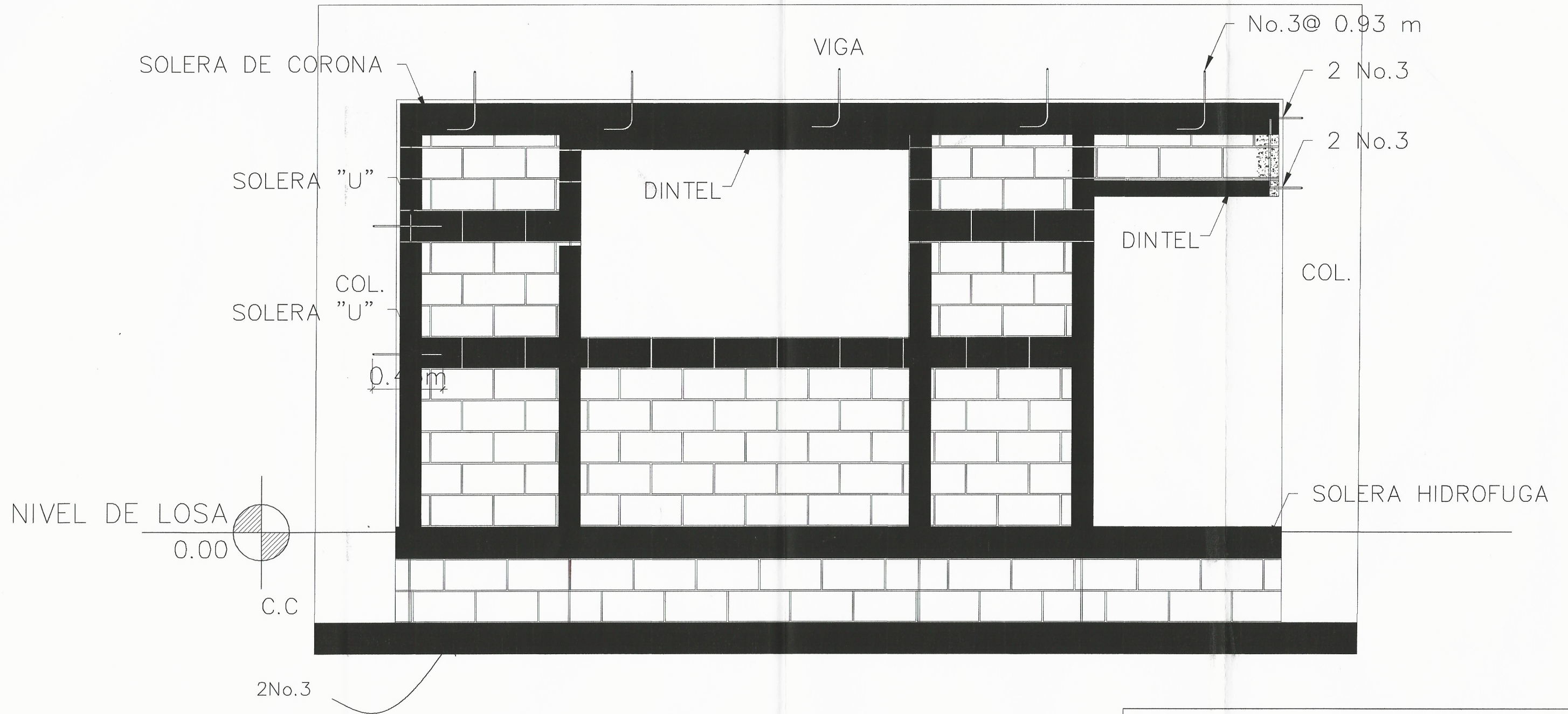
DETALLE MURO SIN VANOS SEGUNDO NIVEL
 ESCALA: 1/25


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	DETALLE DE MUROS SIN VANOS MODULO 1 Y 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: Inga. Mayra Gabriela de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE E.P.S. Unidad de Prácticas de Ingeniería
ESCALA: INDICADA	CALCULO: L.G.R.L.
FECHA: AGOSTO 2018	

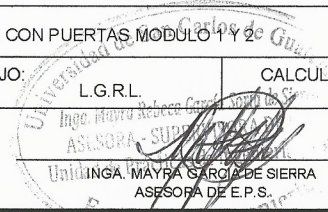


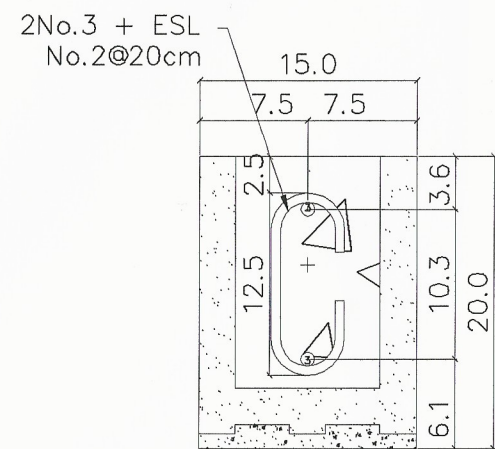

DETALLE MURO CON VENTANAS PRIMER NIVEL
 ESCALA: 1/25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		DETALLE DE MUROS CON VENTANAS, MODULO 1 Y 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018		
			24/37

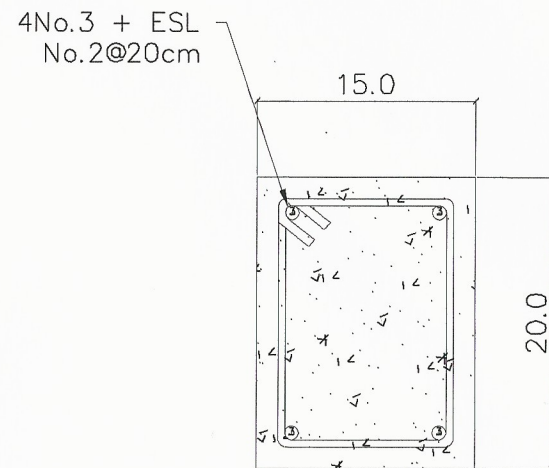



DETALLE MURO CON PUERTAS PRIMER NIVEL
 ESCALA: 1/25

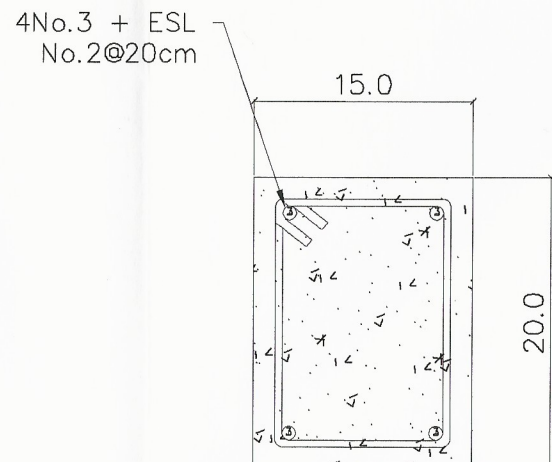
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:		DETALLE DE MUROS CON PUERTAS MODULO 1 Y 2
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	 Inge. MAYRA REBECCA GARCÍA DE SIERRA ASESORA - SUPLENTE UNIDAD MAYRA GARCÍA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S. Guatemala
FECHA:	AGOSTO 2018	
		25 / 37



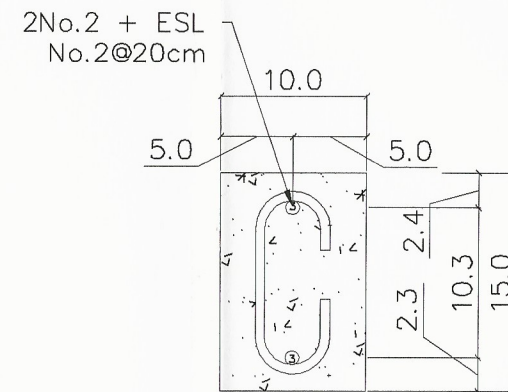
DETALLE SOLERA TIPO U
ESCALA: 1/5



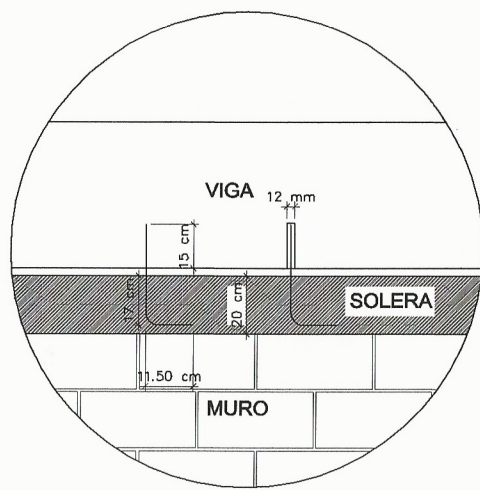
DETALLE SOLERA DE CORONA
ESCALA: 1/5



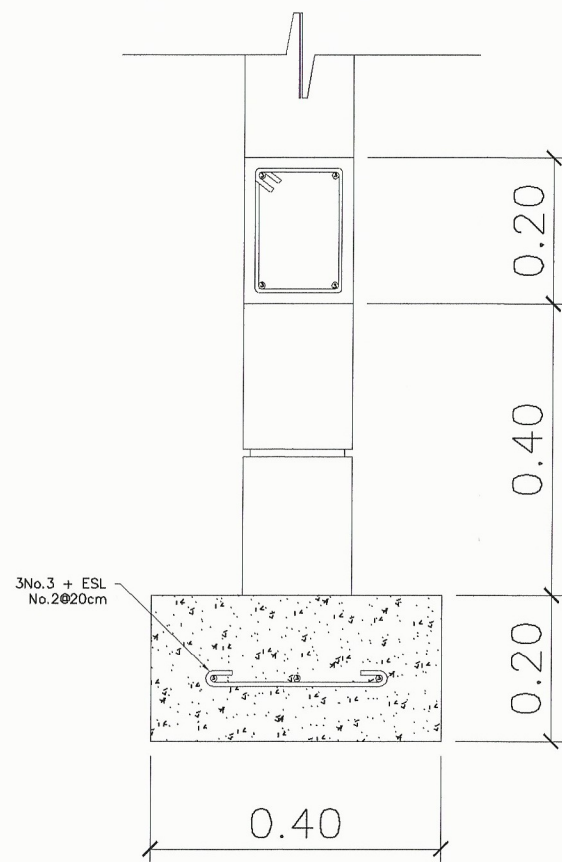
DETALLE SOLERA HIDROFUGA
ESCALA: 1/5



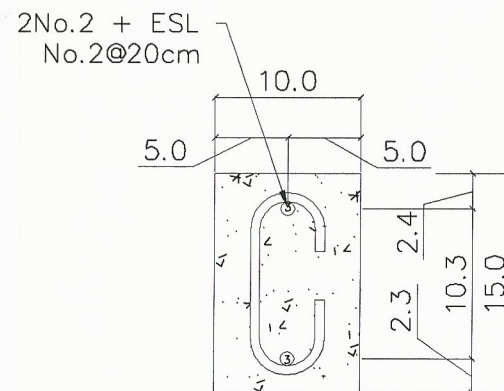
DETALLE DE DINTEL
ESCALA: 1/5



DETALLE DE PINES EN MUROS
ESCALA: 1/25

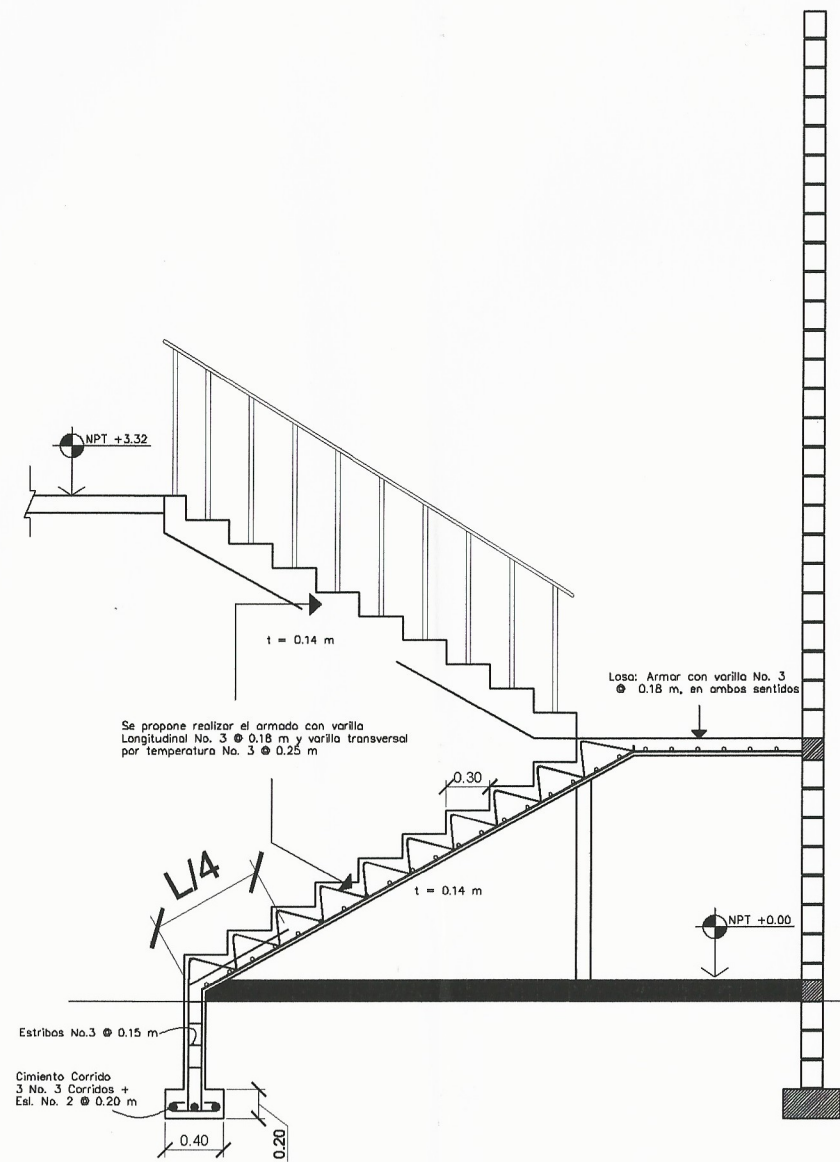



DETALLE DE CIMENTO CORRIDO
ESCALA: 1/10

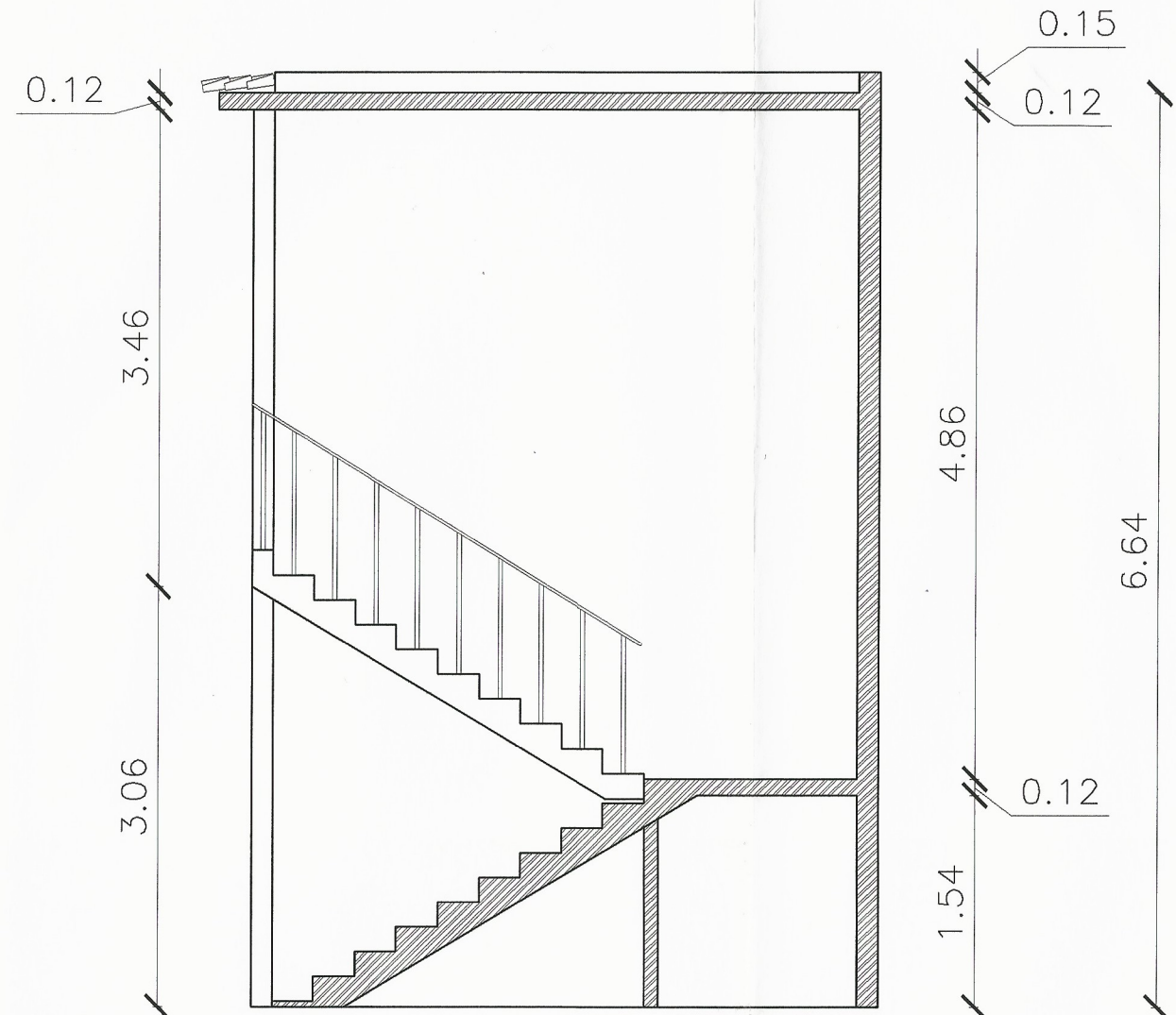


DETALLE DE SILLAR
ESCALA: 1/5

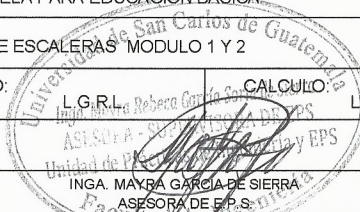
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		DETALLE DE SOLERAS Y CIMENTO CORRIDO, MODULO 1 Y 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018		
			26
			37

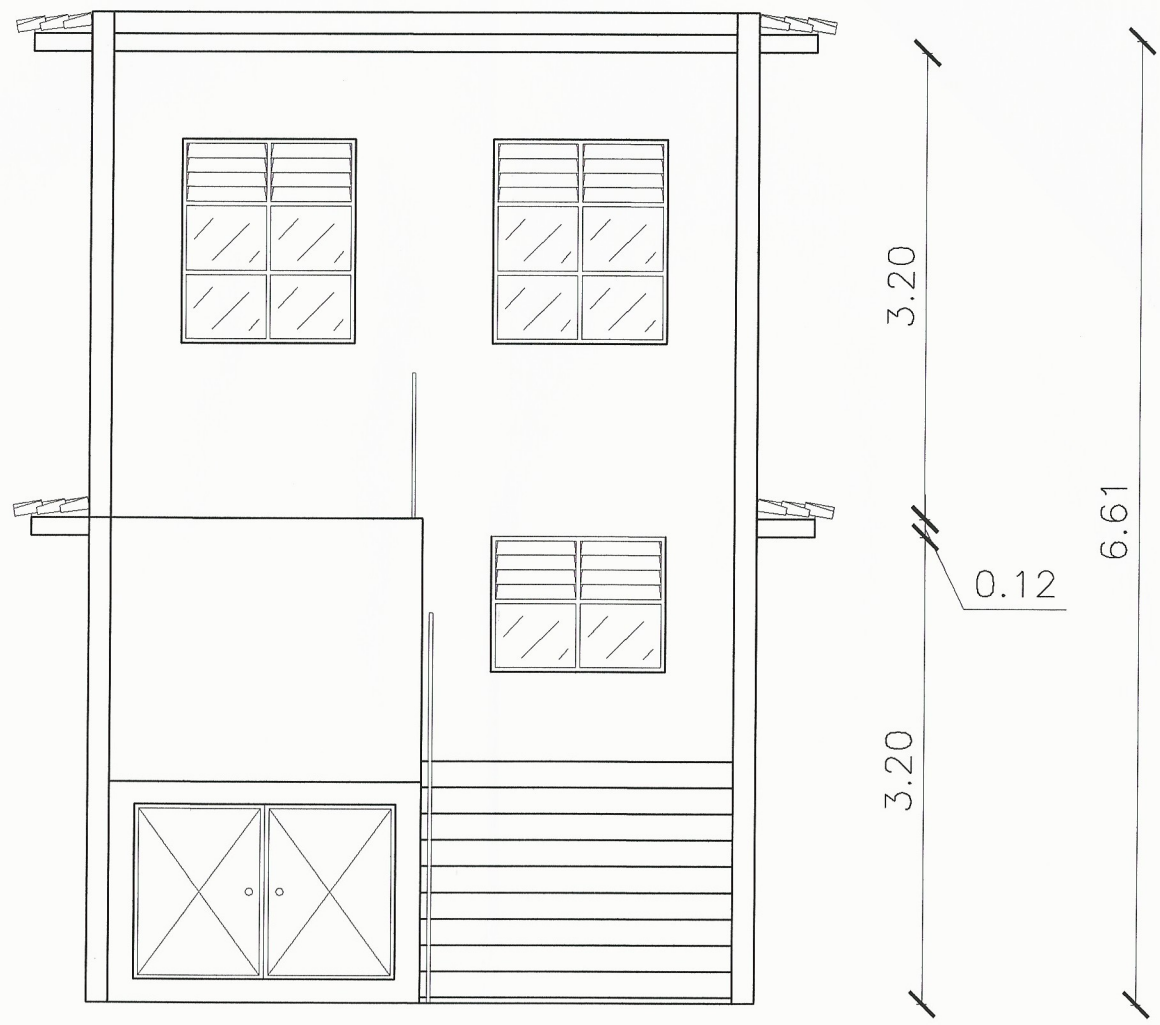



DETALLE ARMADO ESCALERAS
 ESCALA: 1/50

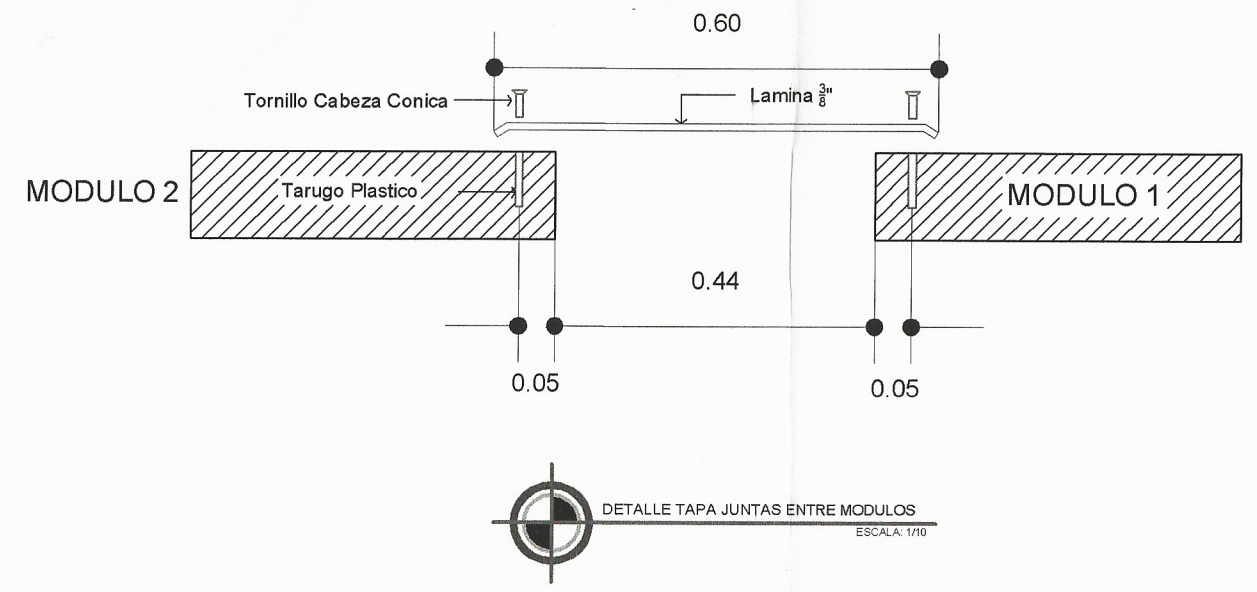



SECCION TRANSVERSAL ESCALERAS
 ESCALA: 1/50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		DETALLE DE ESCALERAS MODULO 1 Y 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L. <i>Rebeca Garcia</i>
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018	 INGA MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S.	
			27/37

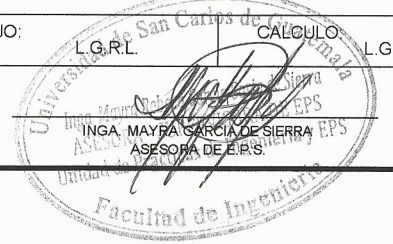


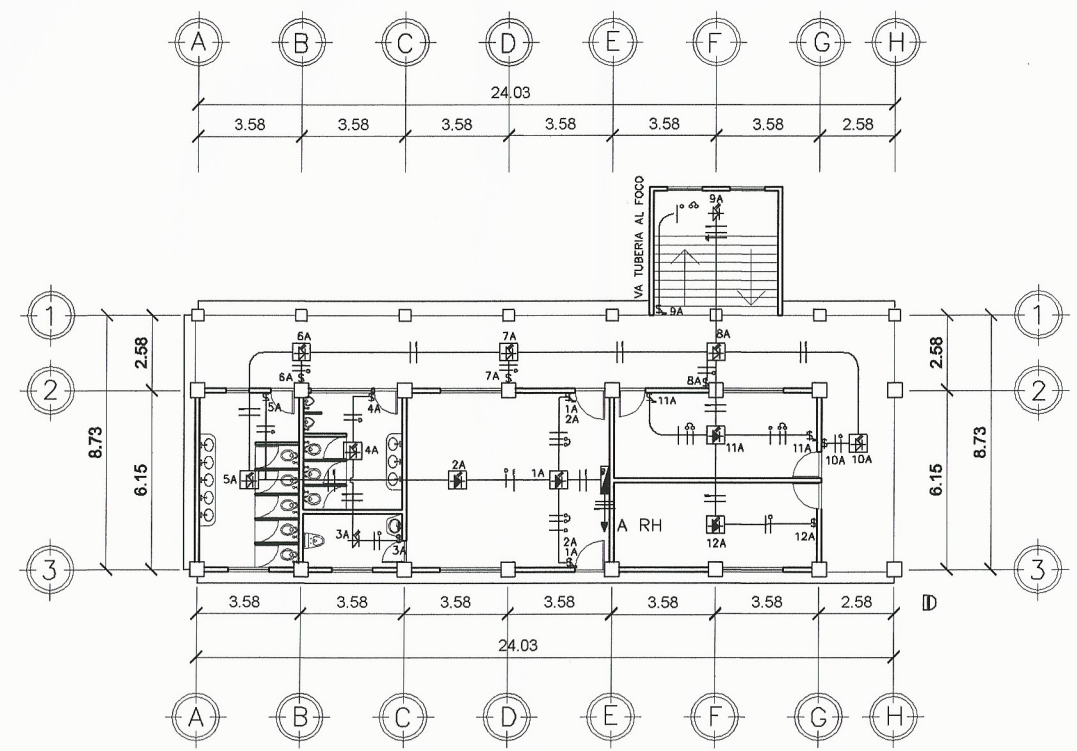

ELEVACION TRANSVERSAL ESCALERAS
 ESCALA: 1/50



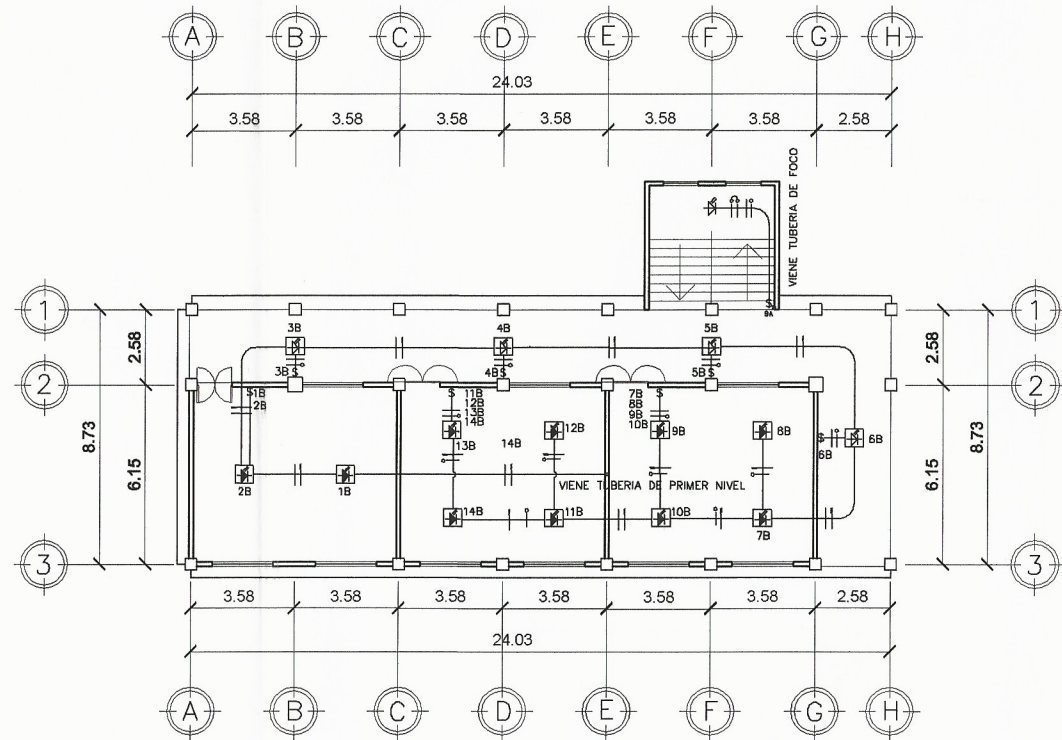
DETALLE TAPA JUNTAS ENTRE MODULOS
 ESCALA: 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	DETALLE DE TAPA JUNTAS Y ESCALERAS - MODULO 1 Y 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	





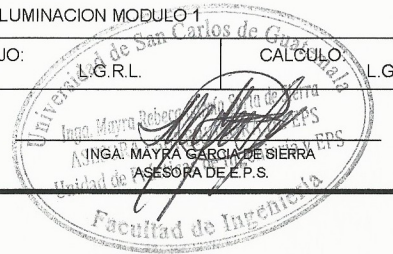
PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL
 ESCALA: 1/250

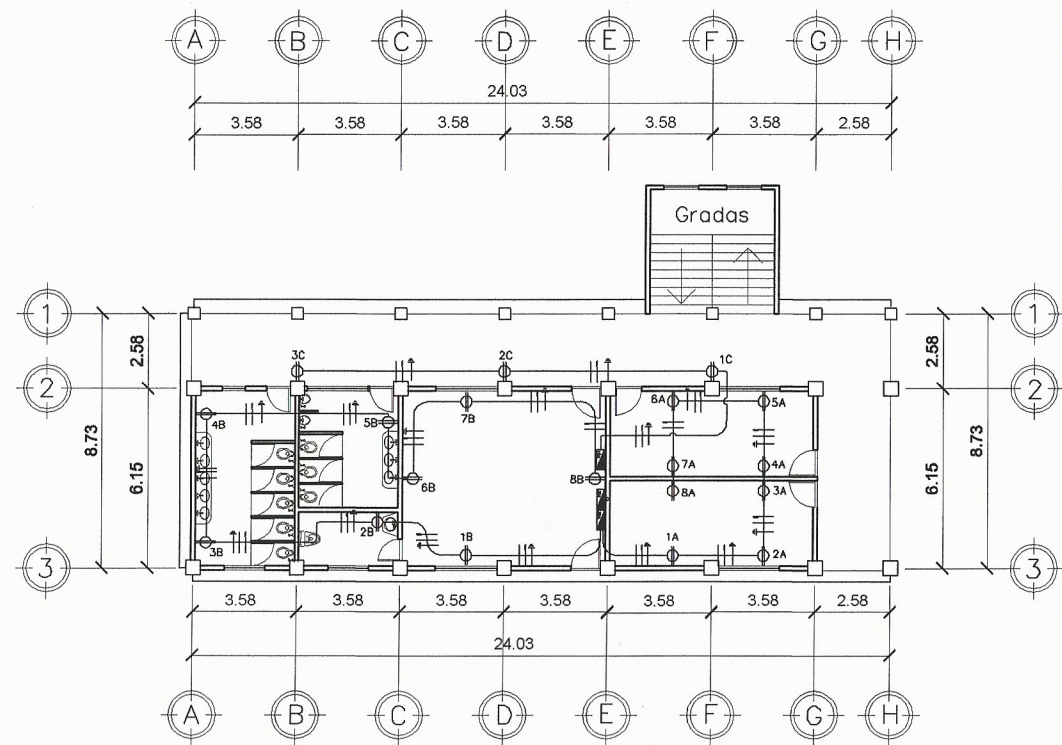


PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL
 ESCALA: 1/250

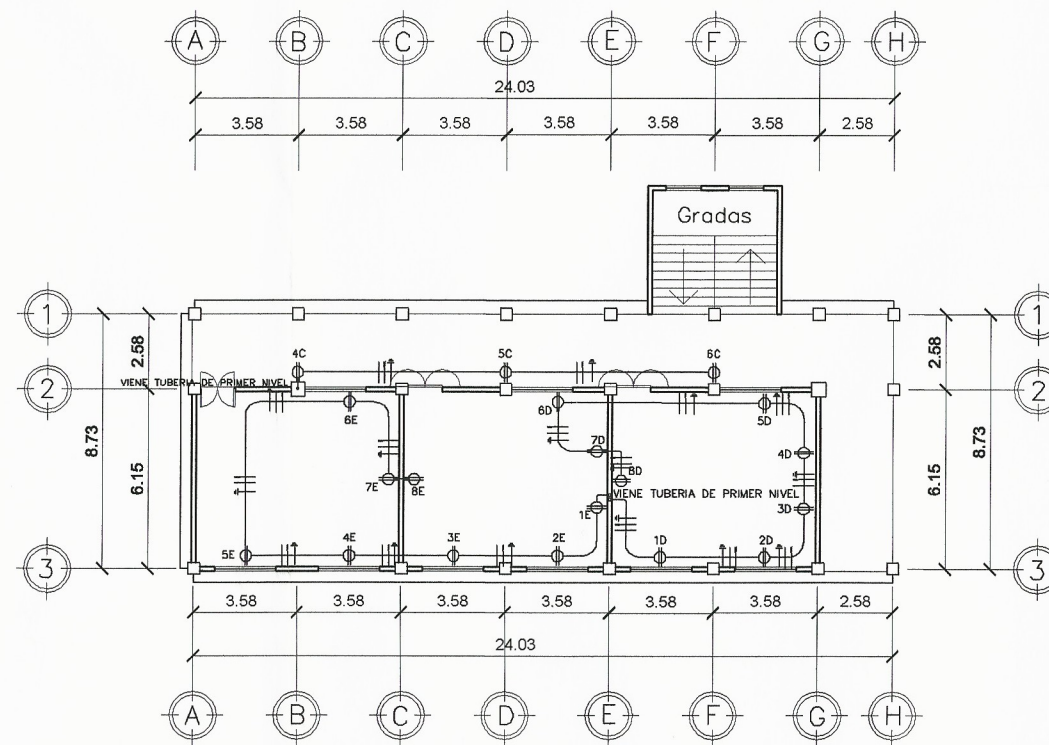
SIMBOLOGIA DE ELECTRICIDAD	
	CONTADOR ELECTRICO
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LAMPARA LED 1X18 WATTS
	LAMPARA LED 2X18 WATTS
	LAMPARA LED 4X18 WATTS
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR THREE WAY
	TUBERIA EN CIELO
	TUBERIA EN PISO O PARED
	CONDUCTOR POSITIVO #12 AWG
	CONDUCTOR NEUTRO #12 AWG
	CONDUCTOR DE TIERRA #12 AWG
	RETORNO #12
	CONDUCTOR PUENTE THREE WAY

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:	PLANTAS DE ILUMINACION MODULO 1	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	AGOSTO 2018	





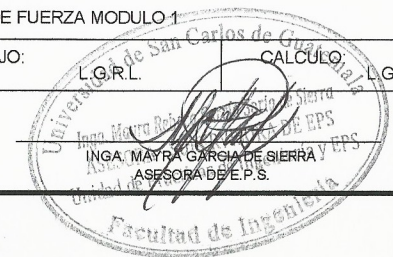
PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250

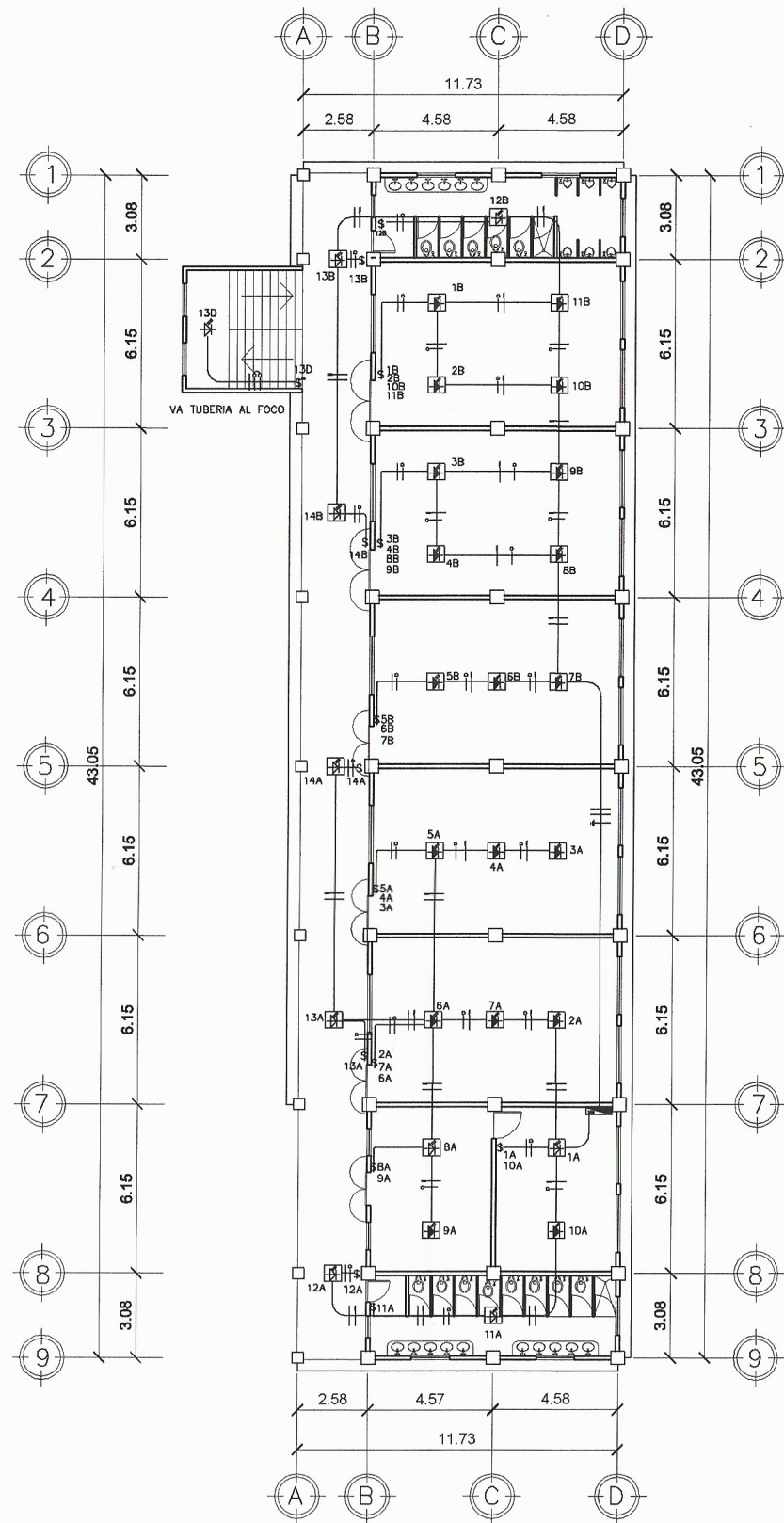


PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

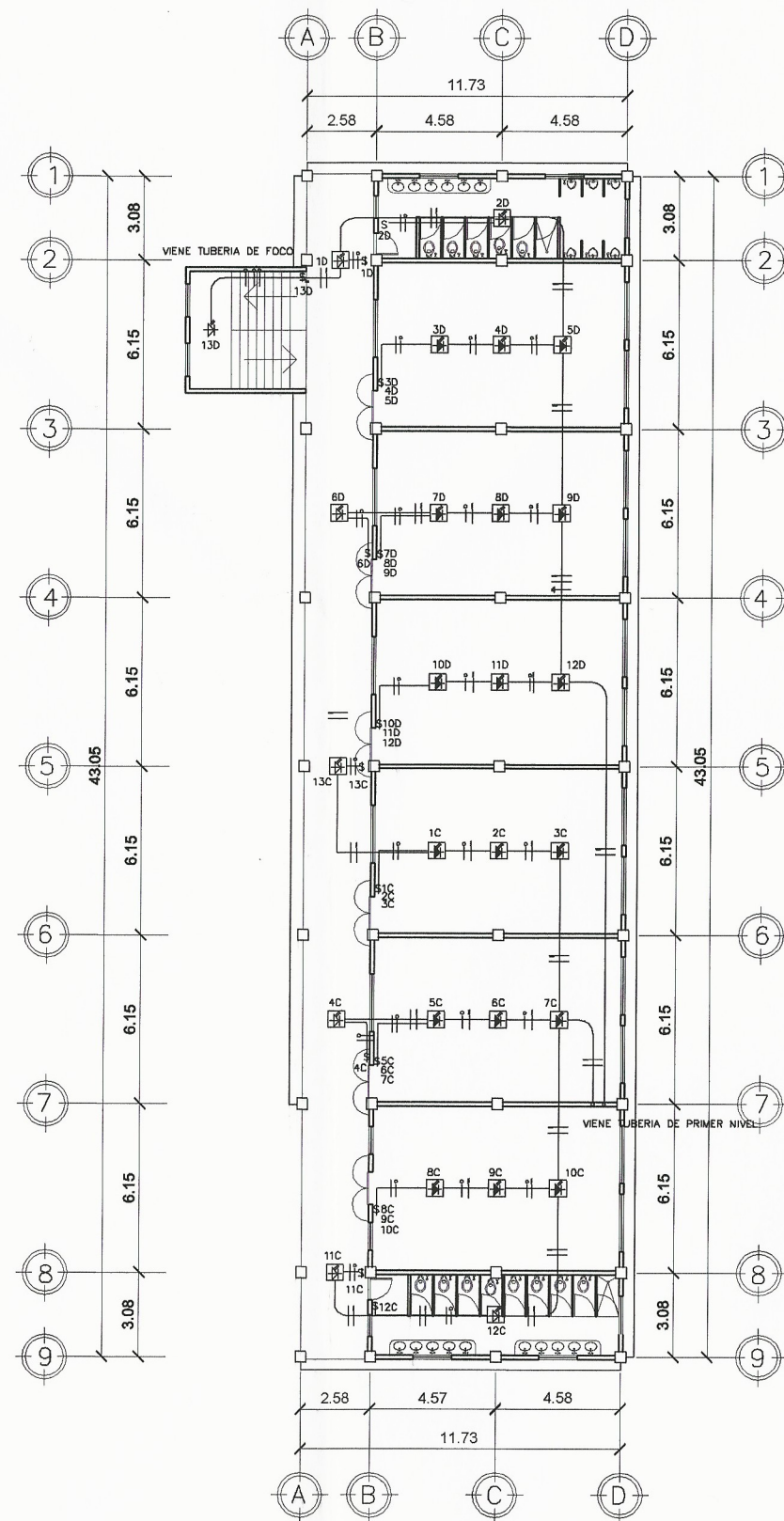
SIMBOLOGIA DE ELECTRICIDAD	
	CONTADOR ELECTRICO
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 W
	TUBERIA EN PISO O PARED
	CONDUCTOR POSITIVO #14 AWG
	CONDUCTOR NEUTRO #14 AWG
	CONDUCTOR DE TIERRA #12 AWG

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE FUERZA MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	

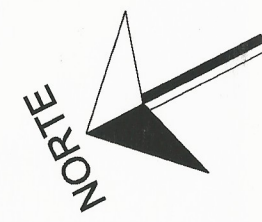




PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250

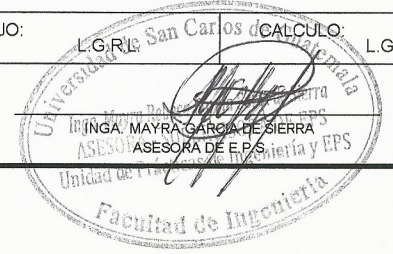


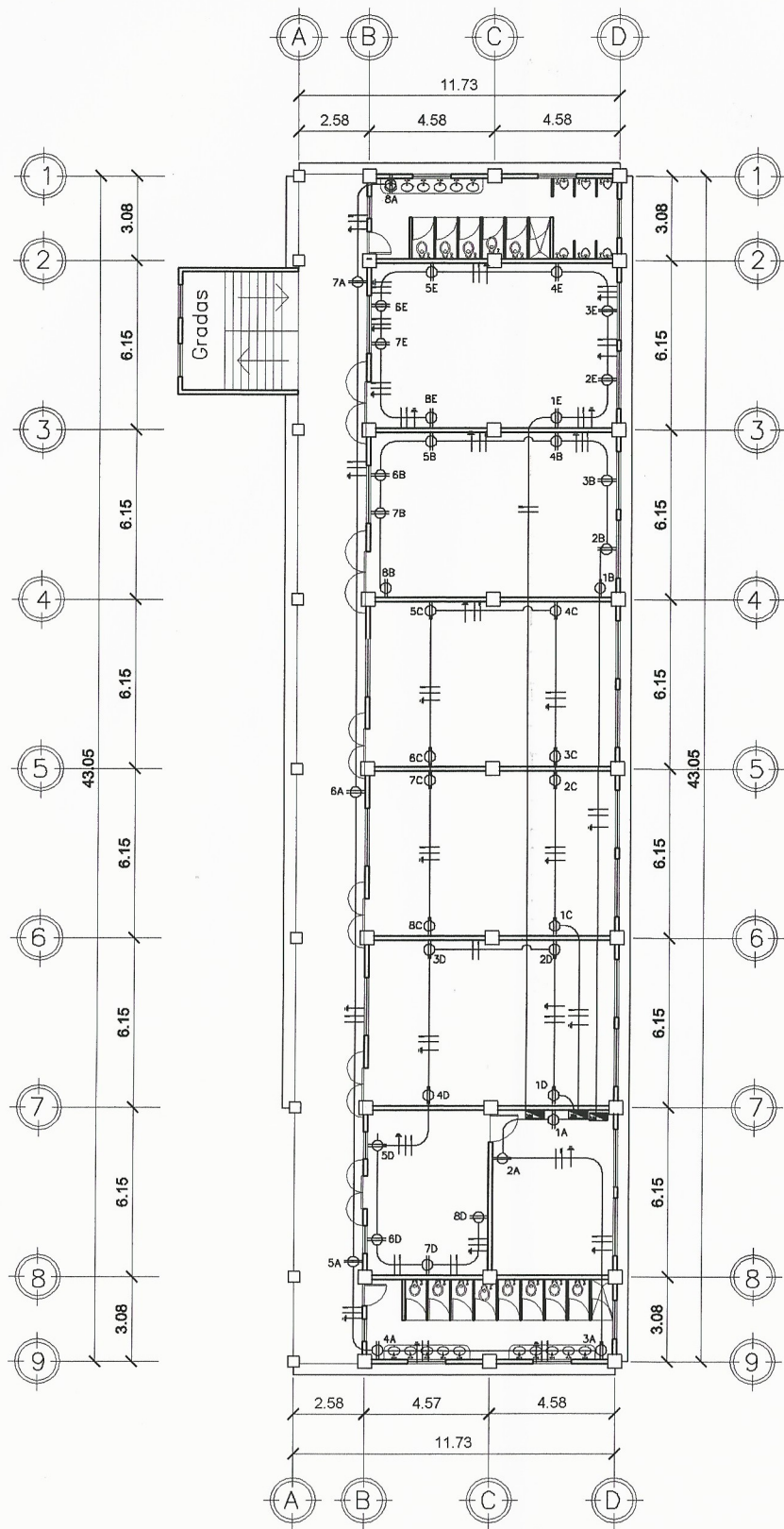
PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250



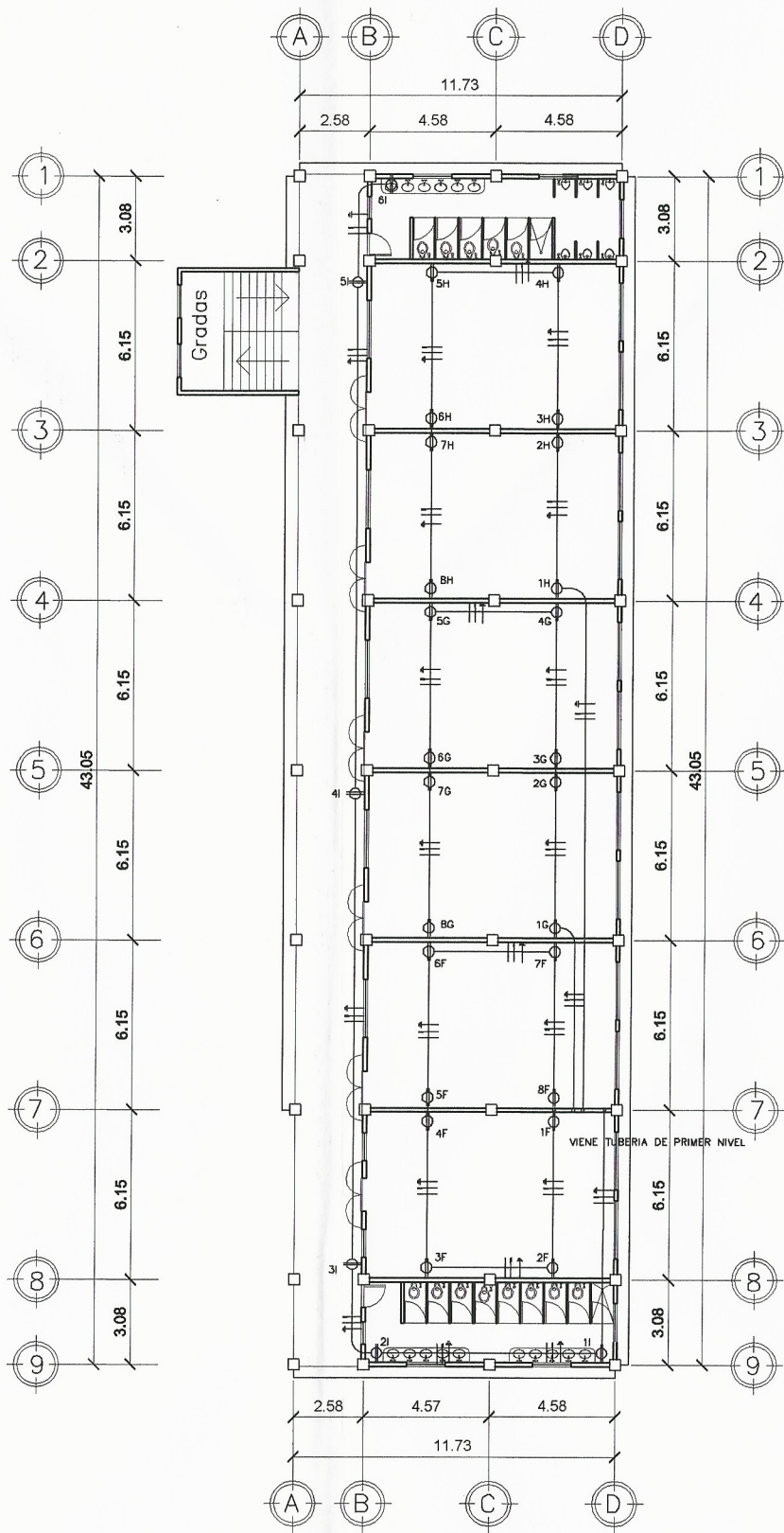
SIMBOLOGIA DE ELECTRICIDAD	
	CONTADOR ELECTRICO
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LAMPARA LED 1X18 WATTS
	LAMPARA LED 2X18 WATTS
	LAMPARA LED 4X18 WATTS
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR THREE WAY
	TUBERIA EN CIELO
	TUBERIA EN PISO O PARED
	CONDUCTOR POSITIVO #12 AWG
	CONDUCTOR NEUTRO #12 AWG
	CONDUCTOR DE TIERRA #12 AWG
	RETORNO #12
	CONDUCTOR PUENTE THREE WAY

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE ILUMINACION MODULO 2
DISEÑO:	L.G.R.L.
DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	

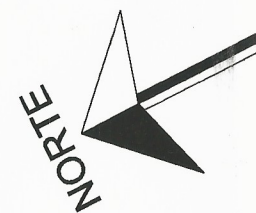




PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250



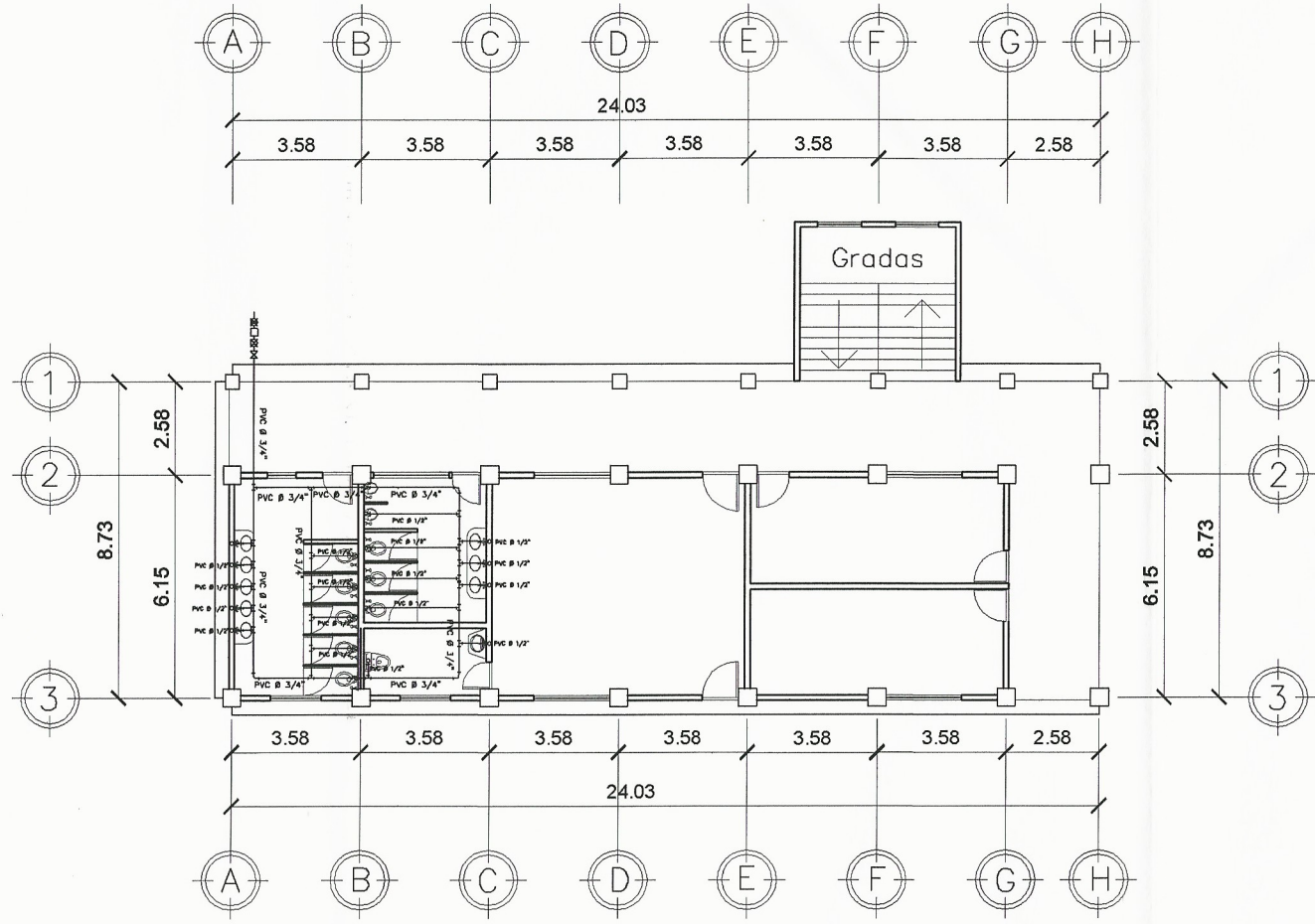
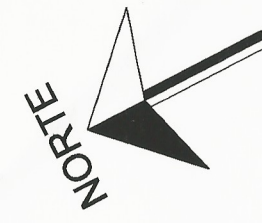
PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250



SIMBOLOGIA DE ELECTRICIDAD	
	CONTADOR ELECTRICO
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 W
	TUBERIA EN PISO O PARED
	CONDUCTOR POSITIVO #14 AWG
	CONDUCTOR NEUTRO #14 AWG
	CONDUCTOR DE TIERRA #12 AWG

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE FUERZA MODULO 2
DISEÑO:	L.G.R.L.
DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	AGOSTO 2018





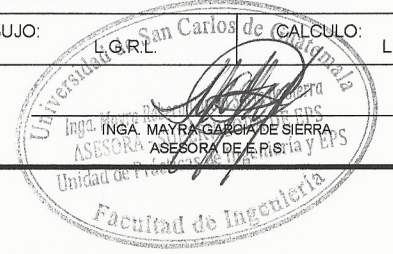
PLANTA AGUA POTABLE PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250

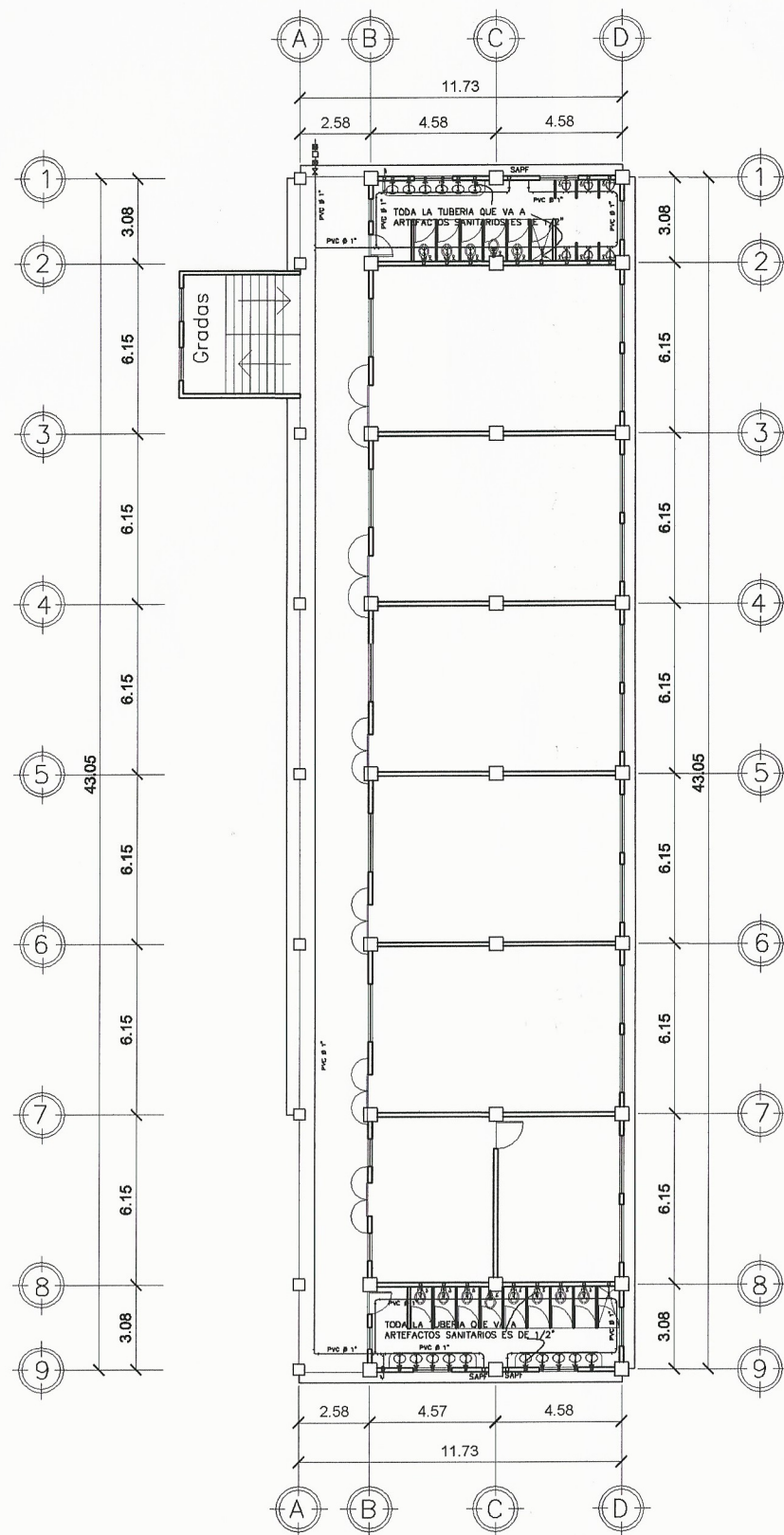
NOMENCLATURA DE AGUA POTABLE	
	CONTADOR DE AGUA
	LLAVE DE COMPUERTA
	LLAVE DE PASO
	CHEQUE
	TUBERIA AGUA FRIA P.V.C.
	SAPF SUBIDA DE AGUA POTABLE FRIA
	CODO A 90° VERTICAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE A 90° VERTICAL
	TEE A 90° HORIZONTAL
	CHORRO

ESPECIFICACIONES

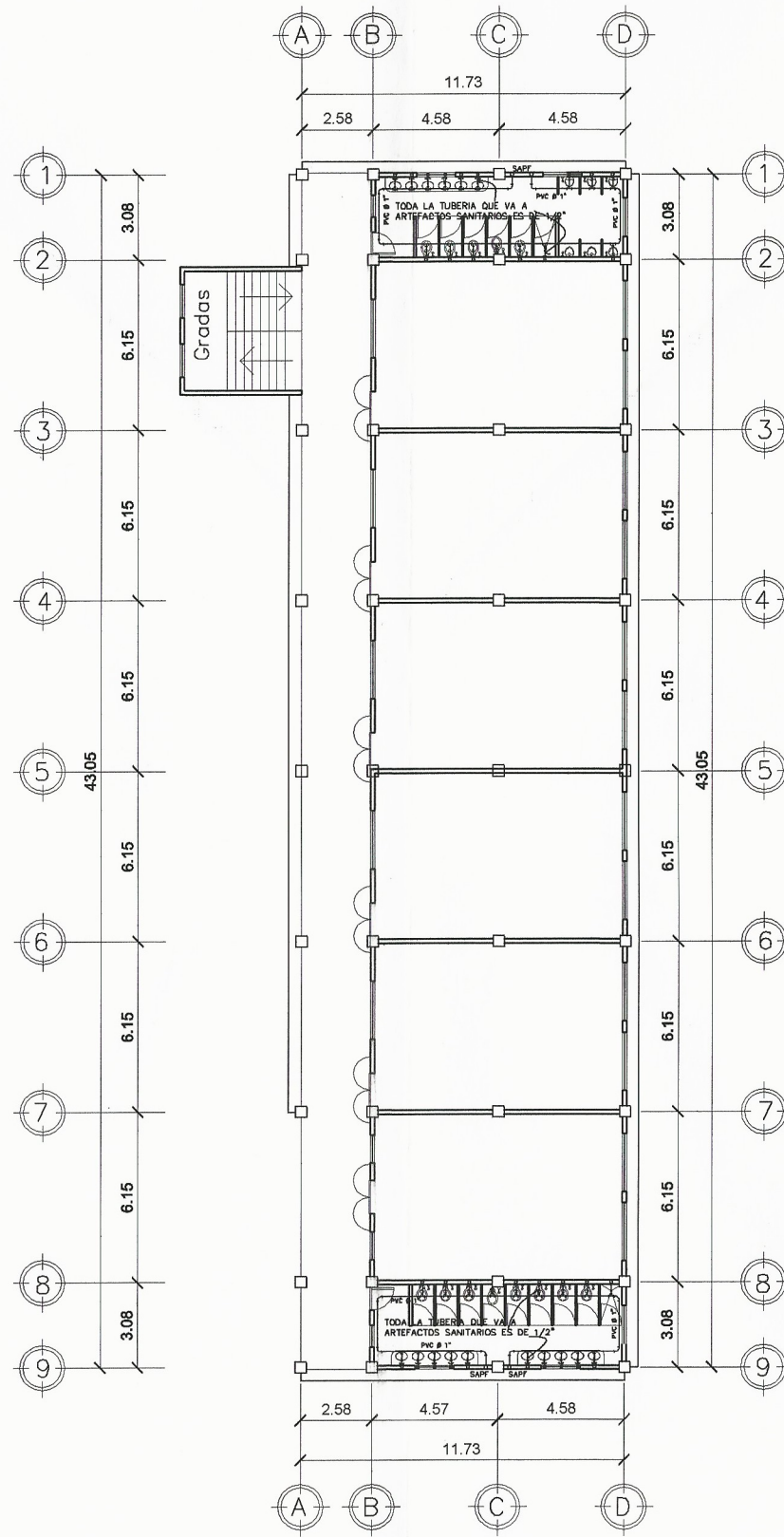
LA TUBERIA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBE SATISFACER LAS NORMAS STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE AGUA POTABLE MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	

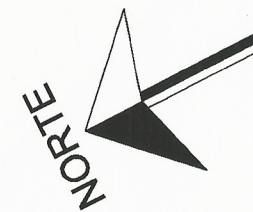




PLANTA AGUA POTABLE PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/250



PLANTA AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/250

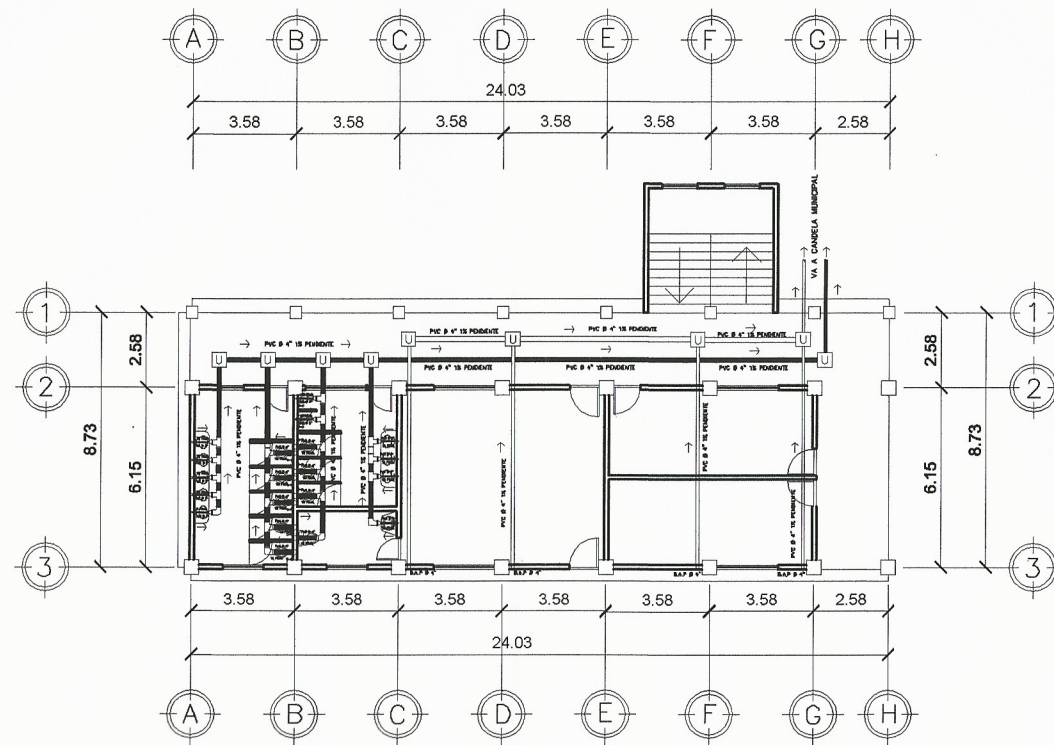
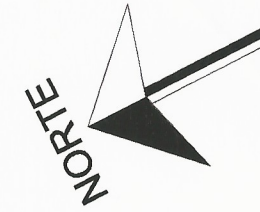


NOMENCLATURA DE AGUA POTABLE	
	CONTADOR DE AGUA
	LLAVE DE COMPUERTA
	LLAVE DE PASO
	CHEQUE
	TUBERIA AGUA FRIA P.V.C.
	SUBIDA DE AGUA POTABLE FRIA
	CODO A 90° VERTICAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE A 90° VERTICAL
	TEE A 90° HORIZONTAL
	CHORRO

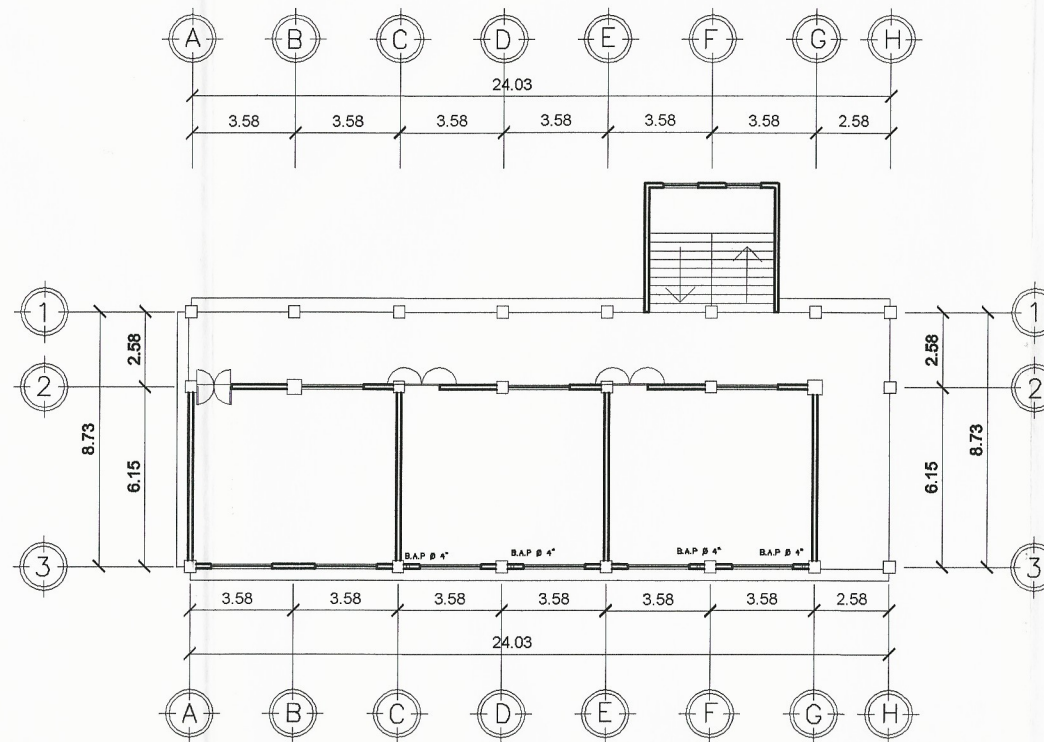
ESPECIFICACIONES


LA TUBERIA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBE SATISFACER LAS NORMAS STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO		
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA		
CONTENIDO:	PLANTAS DE AGUA POTABLE MODULO 2		
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA	CALCULO:	L.G.R.L.
FECHA:	AGOSTO 2018		
			34
			37




PLANTA DRENAJE PRIMER NIVEL
 ESCALA: 1/250



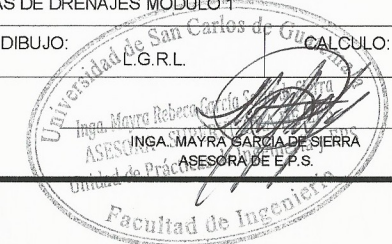

PLANTA DRENAJE SEGUNDO NIVEL
 ESCALA: 1/250

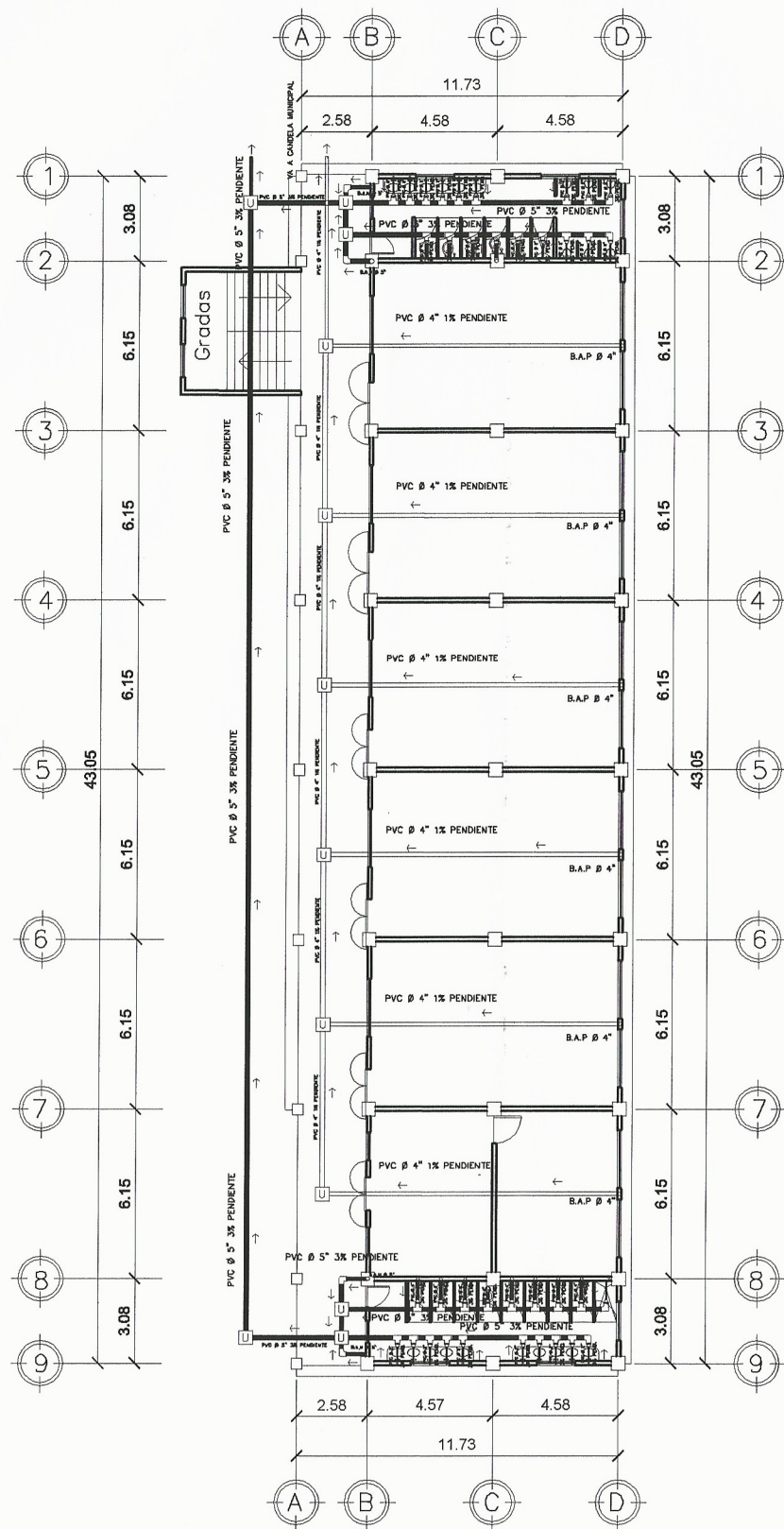
SIMBOLOGIA DE DRENAJES SANITARIO Y PLUVIAL	
	TUBERIA PVC PARA DRENAJE SANITARIO Ø INDICADO
	TUBERIA PVC PARA DRENAJE PLUVIAL Ø INDICADO
	CAJA DE UNION
	CODO PVC A 90 EN POSICION HORIZONTAL
	CODO PVC A 90 EN POSICION VERTICAL
	REDUCIDOR PVC
	TEE PVC A 90 EN POSICION HORIZONTAL
	B.A.P BAJADAS DE AGUAS PLUVIALES
	B.A.N BAJADAS DE AGUAS NEGRAS
	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA
	SIFON TERMINAL
	INDICA SENTIDO DE PENDIENTE

ESPECIFICACIONES

LA TUBERIA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBE SATISFACER LAS NORMAS STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

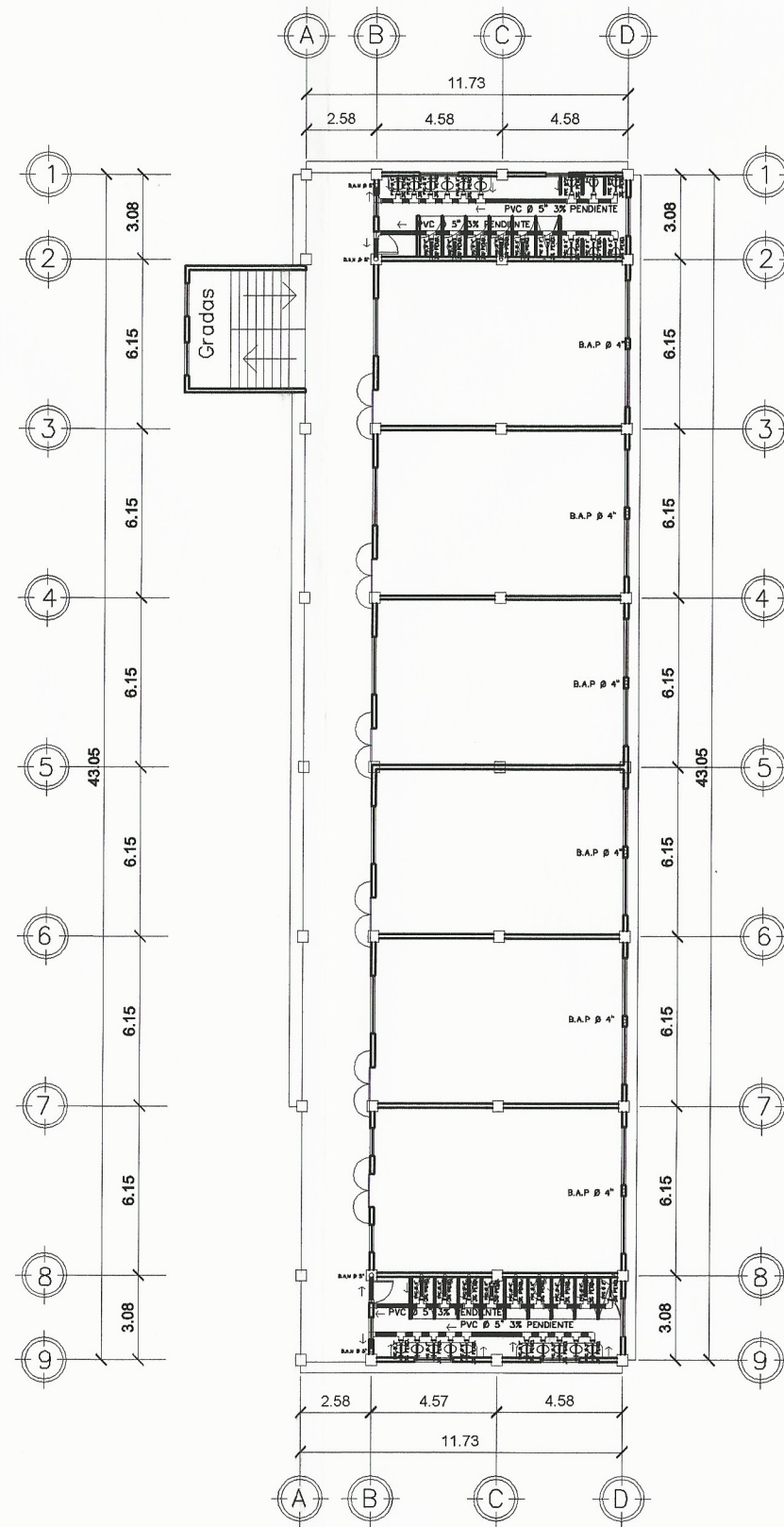
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE DRENAJES MODULO 1
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	





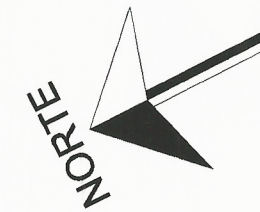
PLANTA DRENAJE PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/250



PLANTA DRENAJE SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/250

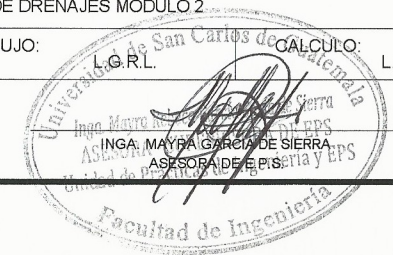


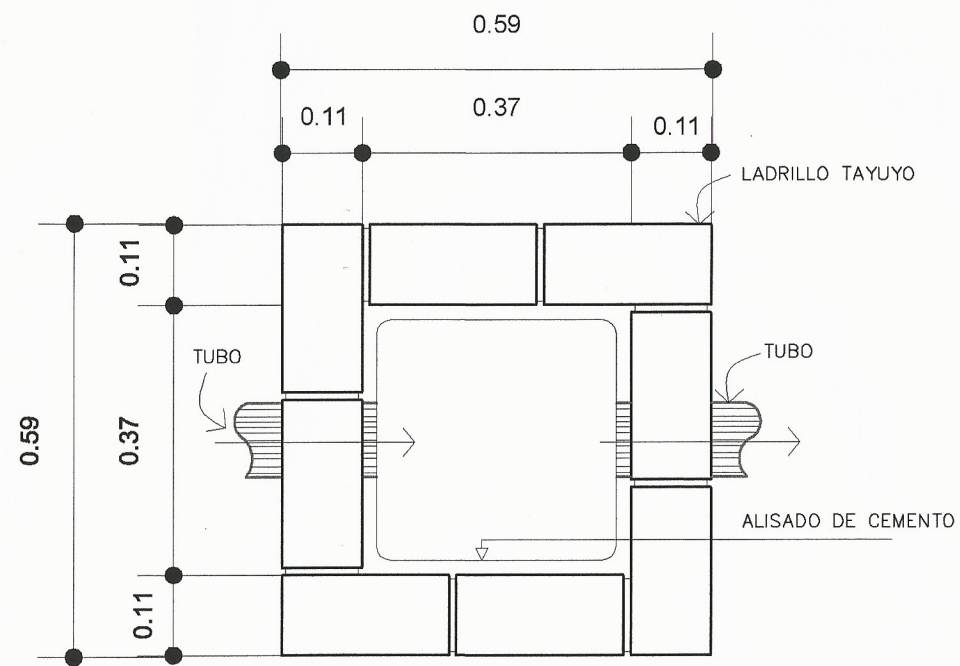
SIMBOLOGIA DE DRENAJES SANITARIO Y PLUVIAL	
	TUBERIA PVC PARA DRENAJE SANITARIO Ø INDICADO
	TUBERIA PVC PARA DRENAJE PLUVIAL Ø INDICADO
	CAJA DE UNION
	CODO PVC A 90 EN POSICION HORIZONTAL
	CODO PVC A 90 EN POSICION VERTICAL
	REDUCIDOR PVC
	TEE PVC A 90 EN POSICION HORIZONTAL
B.A.P	BAJADAS DE AGUAS PLUVIALES
B.A.N	BAJADAS DE AGUAS NEGRAS
Ø	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA
	SIFON TERMINAL
	INDICA SENTIDO DE PENDIENTE

ESPECIFICACIONES

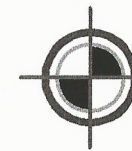
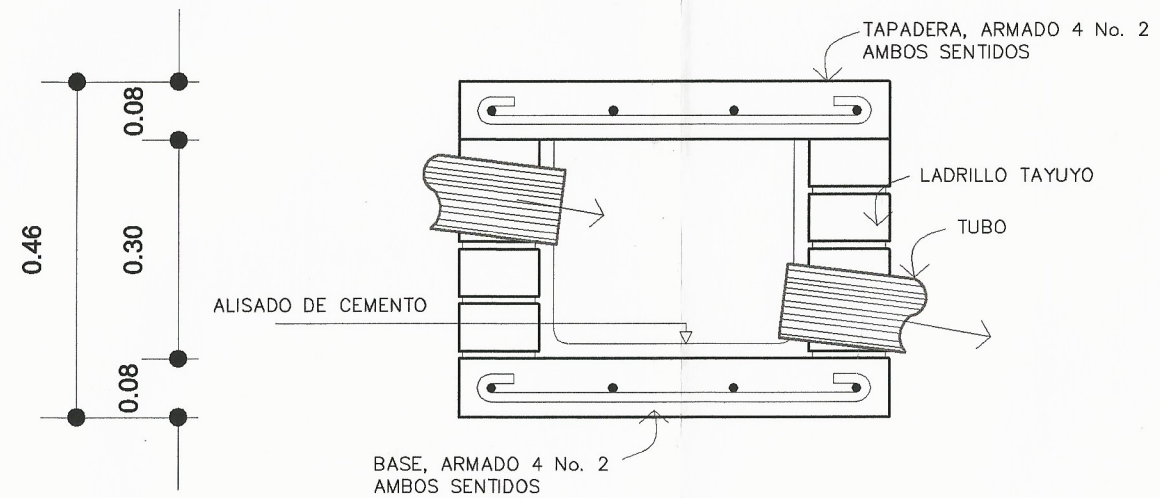
LA TUBERIA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBE SATISFACER LAS NORMAS STANDAR 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUCION:	ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO
PROYECTO:	DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA
CONTENIDO:	PLANTAS DE DRENAJES MODULO 2
DISEÑO: L.G.R.L.	DIBUJO: L.G.R.L. CALCULO: L.G.R.L.
ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO 2018	





PLANTA CAJA UNIFICADORA
ESCALA: 1/10

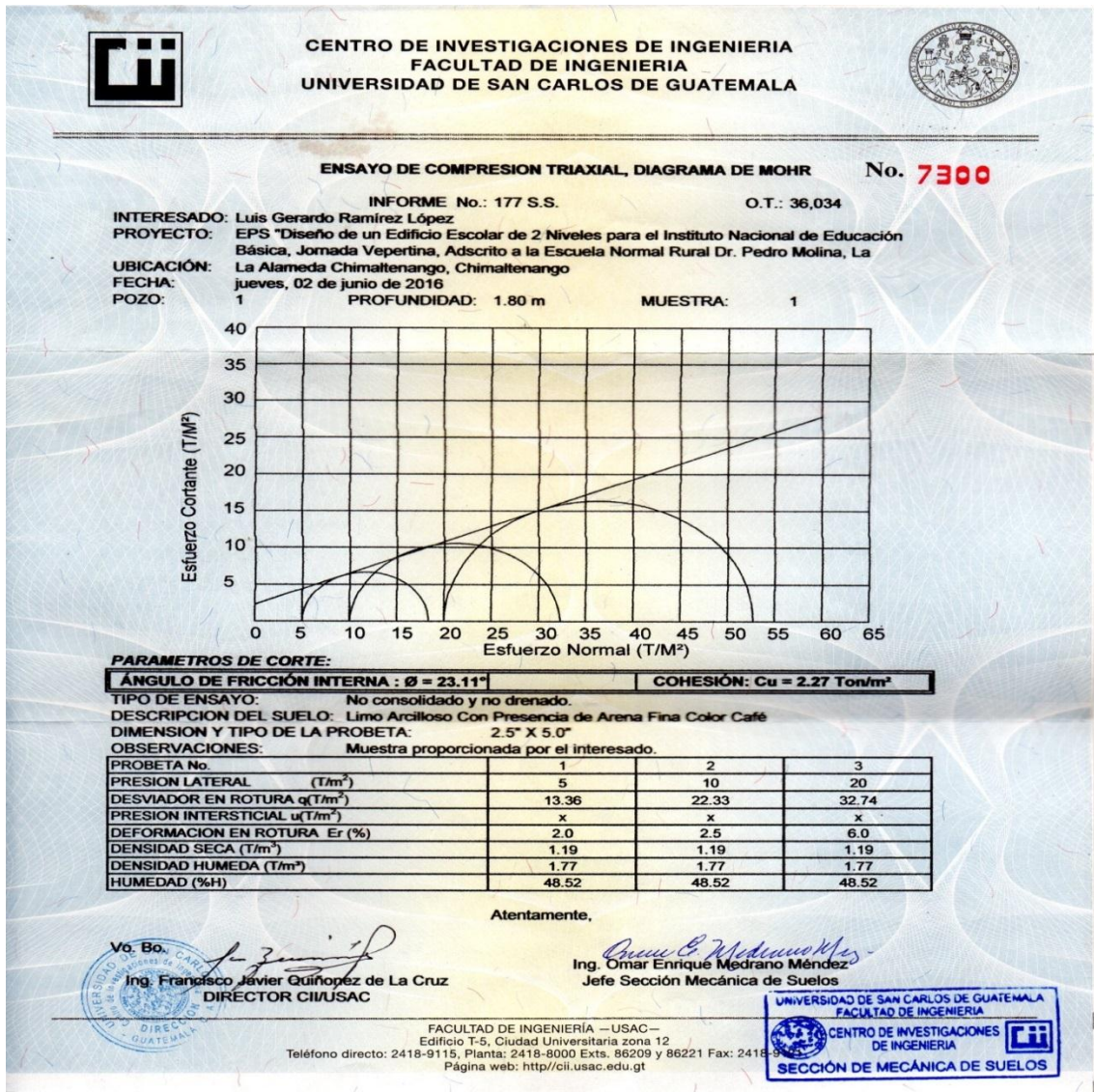


CORTE CAJA UNIFICADORA
ESCALA: 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
INSTITUCION:		ESCUELA NORMAL DR. PEDRO MOLINA, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:		DISEÑO ESCUELA PARA EDUCACION BASICA	
CONTENIDO:		DETALLE CAJA UNIFICADORA MODULO 1 Y 2	
DISEÑO:	L.G.R.L.	DIBUJO:	L.G.R.L. CALCULO L.G.R.L.
ESCALA:	INDICADA		
FECHA:	AGOSTO 2018		
		37	
		37	

ANEXOS

Anevo 1. Estudio de suelos



Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Especificaciones del MINEDUC para salones

ESPECIFICACIONES MINEDUC PARA SALONES				
Descripcion	Aula Teorica	Aula Computacion	Aula A. Industriales	Aula para Hogar
Capacidad de aula por educando	40 alumnos	40 alumnos	20 a 40 alumnos	20 a 40 alumnos
Area minima requerida por educando en m2	1.3	2.4	2.80 a 5	2.80 a 4.35
Forma geometrica del salon, proporcion ancho-largo	1:1.50	1:1.50	1:1.50	1:1.50
Altura minima clima frio en metros	2.8	2.8	3.2	3.2
Altura minima clima templado y calido en metros	3.2	3.2	4	4
Distancia maxima del pizarron al ultimo alumno sentado	8 m	8 m		
Iluminacion artificial para niveles basicos y diversificados	250 a 500 Lux	400 a 500 Lux	500 a 600 Lux	600 Lux
Area minima de ventanas para iluminacion en m2	1/3 area del piso	1/3 area del piso	1/3 area del piso	1/3 area del piso
Area minima de ventanas para ventilacion en m2	1/5 area del piso	1/5 area del piso	1/5 area del piso	1/5 area del piso
Ancho minimo de puertas en metros	1.2	1.2	1.2	1.2
Altura minima de puertas en metros	2.1	2.1	2.1	2.1
Extintor ABC de 10 Lbs minimo y recargable por cada:	3 salones	3 salones	taller	taller

Fuente: Ministerio de educación, Guatemala.

Anexo 3. Especificaciones del MINEDUC para área administrativa

ESPECIFICACIONES MINEDUC PARA AREA ADMINISTRATIVA			
Descripcion	Direccion Gral	Salon de Maestros	Salon Contabilidad
Capacidad del ambiente	6 usuarios	4 usuarios	4 usuarios
Area minima requerida por usuario en m2	2		2.5
Forma geometrica del ambiente, proporcion ancho-largo	1:1.50	1:1.50	1:1.50
Altura minima clima frio en metros	2.8	2.8	2.8
Altura minima clima templado y calido en metros	3.2	3.2	3.2
Iluminacion artificial distribuida uniforme en el ambiente	300 Lux	300 Lux	300 Lux
Area minima de ventanas para iluminacion en m2	1/3 area del piso	1/3 area del piso	1/3 area del piso
Area minima de ventanas para ventilacion en m2	1/5 area del piso	1/5 area del piso	1/5 area del piso
Ancho minimo de puertas en metros	1	1	1
Altura minima de puertas en metros	2.1	2.1	2.1

Fuente: Ministerio de educación, Guatemala.

Anexo 4. **Especificaciones del MINEDUC para instalaciones**

INSTALACIONES SANITARIAS SEGÚN MINEDUC	
Diametro minimo en pulgadas para tuberia en Ducha	2
Diametro minimo en pulgadas para tuberia en Inodoro	4
Diametro minimo en pulgadas para tuberia en Lavamanos	1 - 1/2
Pendiente para tuberia enterrada en %	1.50 a 4
Pendiente para tuberia entre piso en %	1.5
INSTALACIONES ELECTRICAS SEGÚN MINEDUC	
Iluminacion artificial en sanitarios debe ser distribuida uniforme en el ambiente de	150 Lux
Debe dejarse prevista instalaciones en voltios entre	120 a 240
Tuberias proyectadas en lineas rectas, con registros con separacion maxima a	30 m
El doblado de la tuberia en grados no debe ser menor a	90
Cada circuito de iluminacion admite un maximo de carga en vatios de	1000
Cada circuito de fuerza admite un maximo de carga en vatios de	1500
Cada circuito debe diseñarse con capacidad adicional en % entre	15 al 40
Los cables y alambres no expuestos a la humedad y calor deben tener aislamiento	TW
Los cables y alambres expuestos a la humedad y calor deben tener aislamiento	TWH o RHW
El cable minimo para conducir energia es el No.	12 AWG
En espacios educativos nivel medio deben instalarse tomacorrientes 120 voltios a	0.30 m
En espacios educativos nivel medio deben instalarse tomacorrientes 240 voltios a	0.70 m

Fuente: Ministerio de educación, Guatemala.

Anexo 5. Coeficientes para momentos positivos en losas por carga muerta

TABLA 13.5
METODO 3 — COEFICIENTES PARA MOMENTOS POSITIVOS EN LOSAS POR CARGA MUERTA*

$$\left. \begin{aligned} M_A \text{ por CM} &= C_{ACM} \times w \times A^2 \\ M_B \text{ por CM} &= C_{BCM} \times w \times B^2 \end{aligned} \right\} \text{ en donde } w = \text{carga uniforme total muerta}$$










Relación $m = \frac{A}{B}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1,00	C_{ACM}	0,036	0,018	0,018	0,027	0,027	0,033	0,027	0,020	0,023
	C_{BCM}	0,036	0,018	0,027	0,027	0,018	0,027	0,033	0,023	0,020
0,95	C_{ACM}	0,040	0,020	0,021	0,030	0,028	0,036	0,031	0,022	0,024
	C_{BCM}	0,033	0,016	0,025	0,024	0,015	0,024	0,031	0,021	0,017
0,90	C_{ACM}	0,045	0,022	0,025	0,033	0,029	0,039	0,035	0,025	0,026
	C_{BCM}	0,029	0,014	0,024	0,022	0,013	0,021	0,028	0,019	0,015
0,85	C_{ACM}	0,050	0,024	0,029	0,036	0,031	0,042	0,040	0,029	0,028
	C_{BCM}	0,026	0,012	0,022	0,019	0,011	0,017	0,025	0,017	0,013
0,80	C_{ACM}	0,056	0,026	0,034	0,039	0,032	0,045	0,045	0,032	0,029
	C_{BCM}	0,023	0,011	0,020	0,016	0,009	0,015	0,022	0,015	0,010
0,75	C_{ACM}	0,061	0,028	0,040	0,043	0,033	0,048	0,051	0,036	0,031
	C_{BCM}	0,019	0,009	0,018	0,013	0,007	0,012	0,020	0,013	0,007
0,70	C_{ACM}	0,068	0,030	0,046	0,046	0,035	0,051	0,058	0,040	0,033
	C_{BCM}	0,016	0,007	0,016	0,011	0,005	0,009	0,017	0,011	0,006
0,65	C_{ACM}	0,074	0,032	0,054	0,050	0,036	0,054	0,065	0,044	0,034
	C_{BCM}	0,013	0,006	0,014	0,009	0,004	0,007	0,014	0,009	0,005
0,60	C_{ACM}	0,081	0,034	0,062	0,053	0,037	0,056	0,073	0,048	0,036
	C_{BCM}	0,010	0,004	0,011	0,007	0,003	0,003	0,012	0,007	0,004
0,55	C_{ACM}	0,088	0,035	0,071	0,056	0,038	0,058	0,081	0,052	0,037
	C_{BCM}	0,008	0,003	0,009	0,005	0,002	0,004	0,009	0,005	0,003
0,50	C_{ACM}	0,095	0,037	0,080	0,059	0,039	0,061	0,089	0,056	0,038
	C_{BCM}	0,006	0,002	0,007	0,004	0,001	0,003	0,007	0,004	0,002

*Un borde achurado indica que la losa es continua o está fija en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo con resistencia torsional despreciable.

Continuación del anexo 5.

TABLA 13.4
METODO 3 — COEFICIENTES PARA MOMENTOS NEGATIVOS EN LOSAS.

$$\left. \begin{aligned} M_{ACM} &= C_{ACM} \times w \times A^2 \\ M_{BCM} &= C_{BCM} \times w \times B^2 \end{aligned} \right\} \text{ en donde } w = \text{carga uniforme total, muerta más viva}$$

Relación $m = \frac{A}{B}$	Caso 1 	Caso 2 	Caso 3 	Caso 4 	Caso 5 	Caso 6 	Caso 7 	Caso 8 	Caso 9 
1,00 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,045		0,050	0,075	0,071		0,033	0,061
0,95 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,050		0,055	0,079	0,075		0,038	0,065
0,90 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,055		0,060	0,080	0,079		0,043	0,068
0,85 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,060	0,070	0,040	0,082	0,083	0,062	0,052	0,072
0,80 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,065	0,065	0,034	0,083	0,086	0,057	0,055	0,075
0,75 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,069	0,061	0,029	0,085	0,088	0,051	0,061	0,078
0,70 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,074	0,056	0,024	0,086	0,091	0,044	0,066	0,081
0,65 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,077	0,050	0,019	0,087	0,093	0,038	0,074	0,083
0,60 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,081	0,043	0,015	0,088	0,095	0,031	0,078	0,085
0,55 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,084	0,035	0,011	0,089	0,096	0,024	0,080	0,086
0,50 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,086	0,028	0,008	0,090	0,097	0,019	0,085	0,088
		0,006	0,022	0,006			0,014	0,010	0,003

• Un borde achurado indica que la losa es continua o está fija en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo con resistencia torsional despreciable.

Fuente: ACI 2014.

