



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

**DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL
URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS
(CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA**

Carlos Manuel Mejía Montenegro

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL
URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS
(CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS MANUEL MEJÍA MONTENEGRO
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS (CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA

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

Carlos Manuel Mejía Montenegro

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 18 de febrero de 2020
REF.EPS.DOC.139.02.2020

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Manuel Mejía Montenegro, Registro Académico 201020847 y CUI 2088 59063 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS (CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA.**

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”

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Juan Merck Cos
Ingeniero SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
Asesor-Supervisor de EPS
Facultad de Ingeniería
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
JMC/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 22 de febrero de 2021
REF.EPS.D.39.02.2021

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS (CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Manuel Mejía Montenegro, CUI 2038 59063 0101 y Registro Académico 201020847**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 01 de Febrero de 2,021

Señor

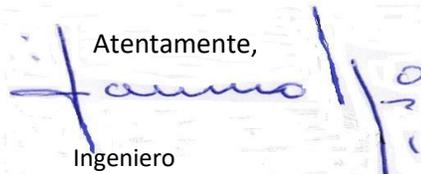
Estudiante de Ingeniería Civil
CARLOS MANUEL MEJÍA MONTENEGRO
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado:

Le informo que he revisado las cartas y documentos que sustentan su proceso del tema que presento como trabajo de graduación basado en la opinión de los revisores y asesor del tema de **graduación "DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS (CUM), EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA"**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería CARLOS MANUEL MEJÍA MONTENEGRO, Registro Académico: **2010-20847**, quién contó con la asesoría del **Ing. Juan Merck Cos.**

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,



Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Escuela de Ingeniería Civil
DIRECTOR



ID Y ENSEÑAD A TODOS



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Manuel Mejía Montenegro **DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS (CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca

Director Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, noviembre 2021

/mrrm





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

DTG.630.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES DE DOS NIVELES, UNA PARA LA ESCUELA OFICIAL URBANA PARA VARONES Y LA OTRA PARA EL CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS (CUM) EN LA CABECERA MUNICIPAL DE GUALÁN, ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Manuel Mejía Montenegro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Manuel Osvaldo Mejía y Brenda Montenegro, por su visión, esfuerzo, dedicación y apoyo a lo largo de mis estudios y mi vida.
Mi hermana	Por ser parte de mi vida y a quien quiero mucho.
Mi abuelo	Carlos Mejía (q. e. p. d.), por todo su cariño y amor demostrado en lo largo de mi vida. Y por su interés demostrado en mi graduación.
Mis abuelos	Lucía Salguero, Daniel Montenegro (q. e. p. d.) y Justina Ortíz (q. e. p. d.). Por crear las bases, con mucho esfuerzo, sacrificio y dedicación, para el bienestar familiar.
Mi tío	Jaime Mejía, que ha sabido ser un segundo padre, por su apoyo incondicional y a quien siempre le estaré muy agradecido.
Mis tías y tíos	Por su ejemplo, cariño y preocupación hacia mí.
Mis primos y primas	Por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarnos a los guatemaltecos la oportunidad de acceder a estudios superiores de calidad, de forma gratuita.

Facultad de Ingeniería

Por darme las herramientas necesarias para poder desarrollarme como profesional.

Ing. Juan Merck Cos

Por su amistad, asesoría y consejos en la elaboración de este trabajo e inicio de mi vida profesional.

Mi novia

Celeste Sandoval, por su cariño, dedicación, apoyo y ayuda en la elaboración de este reporte.

**Mis amigos y
compañeros**

Julio Alvarado, Carlos Caal, Juan Diego Mejía, Hugo Cardona, Andrés González, Rodrigo Arana, Andrés Santizo, Donald Ochoa, Otto Tello, entre otros. Por su cariño y compañía a lo largo de mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
INDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XV
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Gualán, Zacapa	1
1.2. Descripción y análisis de las necesidades del municipio.....	1
1.3. Evaluación y priorización de las necesidades del municipio.....	2
2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL	3
2.1. Diseño de la escuela primara para varones de dos niveles, Gualán, Zacapa	3
2.1.1. Descripción del proyecto	3
2.1.2. Estudio topográfico	3
2.1.2.1. Determinación del área del terreno y edificación.....	4
2.1.3. Estudio de suelos	4
2.1.3.1. Determinación de valor soporte del suelo	4

2.1.4.	Normas y reglamentos para el diseño de edificios	7
2.1.4.1.	Criterios generales	7
2.1.4.2.	Criterios de predimensionamiento.....	8
2.1.4.3.	Criterios de iluminación y ventilación	9
2.1.4.4.	Criterios de CONRED.....	10
2.1.5.	Diseño arquitectónico	12
2.1.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	13
2.1.5.2.	Distribución de ambientes	13
2.1.5.3.	Alturas del edificio	13
2.1.6.	Análisis estructural	14
2.1.6.1.	Tipo de sistema estructural a usar	14
2.1.6.2.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	15
2.1.6.3.	Integración de cargas de diseño	21
2.1.6.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles.	22
2.1.6.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles según AGIES	27
2.1.6.3.3.	Cálculo de corte basal... ..	29
2.1.6.4.	Modelos matemáticos para análisis estructural de marcos dúctiles.....	47
2.1.6.5.	Análisis estructural de los marcos dúctiles por medio de software (ETABS) y comprobación por el método de Kani	48
2.1.6.6.	Momentos y corte últimos con envolvente de momentos	64

2.1.7.	Diseño estructural.....	87
2.1.7.1.	Diseño de losas	89
2.1.7.2.	Diseño de vigas	100
2.1.7.3.	Diseño de columnas	108
2.1.7.4.	Diseño de nudo sísmico	121
2.1.7.5.	Diseño de gradas.....	136
2.1.7.6.	Diseño de cimientos	141
2.1.7.7.	Resumen de armado de elementos...	148
2.1.8.	Instalaciones.....	150
2.1.8.1.	Agua potable.....	150
2.1.8.2.	Energía eléctrica.....	155
2.1.8.3.	Drenajes	157
2.1.8.4.	Instalaciones especiales.....	161
2.1.9.	Elaboración de planos	161
2.1.10.	Elaboración de presupuesto	162
2.1.11.	Evaluación de impacto ambiental	166
2.2.	Diseño del Centro de Urgencias Médicas para el municipio de Gualán, Zacapa	169
2.2.1.	Descripción del proyecto	169
2.2.2.	Estudio topográfico	169
2.2.2.1.	Determinación del área del terreno y edificación.....	169
2.2.3.	Estudio de suelos	170
2.2.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo	170
2.2.4.	Normas y reglamentos para el diseño de edificios	173
2.2.4.1.	Criterios generales.....	173
2.2.4.2.	Criterios de predimensionamiento	173

2.2.4.3.	Criterios de iluminación y ventilación .	174
2.2.4.4.	Criterios de equipamiento de hospitales	175
2.2.4.5.	Criterios de CONRED.....	176
2.2.5.	Diseño arquitectónico	178
2.2.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	179
2.2.5.2.	Distribución de ambientes	179
2.2.5.3.	Alturas del edificio	179
2.2.6.	Análisis estructural	179
2.2.6.1.	Tipo de sistema estructural a usar	179
2.2.6.2.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	180
2.2.6.3.	Integración de cargas de diseño	186
2.2.6.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles	187
2.2.6.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles según AGIES (Criterios de edificación tipo A).....	190
2.2.6.3.3.	Cálculo de corte basal.	192
2.2.6.4.	Modelos matemáticos para análisis estructural de marcos dúctiles.....	212
2.2.6.5.	Análisis por el método de Kani y comprobación por medio de software (ETABS) de los marcos dúctiles.....	213
2.2.6.6.	Momentos y corte últimos con envolvente de momentos	224

2.2.7.	Diseño estructural.....	245
2.2.7.1.	Diseño de losas	245
2.2.7.2.	Diseño de vigas	257
2.2.7.3.	Diseño de columnas	265
2.2.7.4.	Diseño de nudo sísmico	277
2.2.7.5.	Diseño de gradas.....	291
2.2.7.6.	Diseño de cimientos	297
2.2.7.7.	Resumen de armado de elementos...	304
2.2.8.	Instalaciones.....	306
2.2.8.1.	Agua potable.....	306
2.2.8.2.	Energía eléctrica.....	308
2.2.8.3.	Drenajes	310
2.2.8.4.	Instalaciones especiales.....	312
2.2.9.	Elaboración de planos	312
2.2.10.	Elaboración de presupuesto	312
2.2.11.	Elaboración de impacto ambiental inicial.....	316
	CONCLUSIONES	319
	RECOMENDACIONES.....	321
	BIBLIOGRAFÍA.....	323
	APÉNDICES	325
	ANEXOS.....	329

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modulación de escuela.....	12
2.	Áreas tributarias de escuela.....	23
3.	Resultados de cargas verticales en X.....	26
4.	Resultados de cargas verticales en Y.....	26
5.	Distribución de alturas para cálculo de cargas horizontales (Escuela).....	27
6.	Distribución de losas en edificio.....	33
7.	Resultados de fuerzas actuantes en eje X (Marco C, Escuela).....	47
8.	Resultados de fuerzas actuantes en eje Y (Marco 2, Escuela).....	47
9.	Cálculo de iteraciones para Carga Muerta, Escuela.....	55
10.	Resultados de momentos por carga muerta, Escuela.....	57
11.	Cálculo de iteraciones para Carga Viva, Escuela.....	58
12.	Resultado de momentos por carga viva, Escuela.....	59
13.	Cálculo de iteraciones para Carga de sismo, Escuela.....	61
14.	Resultado de momentos por carga de sismo.....	62
15.	Diagrama de momentos finales de Marco C, Escuela.....	75
16.	Diagrama de corte de marco C, Escuela.....	76
17.	Modelo en 3D de ETABS, Escuela.....	81
18.	Marco C de módulo A, Escuela.....	81
19.	Descripción de elementos utilizados, Escuela.....	82
20.	Casos de cargas, Escuela.....	82
21.	Combinaciones de carga, Escuela.....	83
22.	Diagrama de momentos por carga muerta en ETABS, Escuela.....	83

23.	Diagrama de corte por carga muerta en ETABS, Escuela.....	84
24.	Diagrama de momentos por carga viva en ETABS, Escuela.....	84
25.	Diagrama de corte por carga viva en ETABS, Escuela.....	85
26.	Diagrama de momentos por carga de sismo en ETABS, Escuela.....	85
27.	Diagrama de corte por carga de sismo en ETABS, Escuela.....	86
28.	Distribución de losas en planta, Escuela	89
29.	Casos de losas, según ACI.....	91
30.	Momentos de losa de entrepiso, Escuela	92
31.	Momentos balanceados en losa de entrepiso, Escuela	95
32.	Detalle de armado de losa de entrepiso, Escuela.....	99
33.	Tramo de marco con momentos máximos en estructura de Escuela.	101
34.	Resultados de áreas de acero, según momentos, para viga de Escuela	103
35.	Resultados finales de áreas de acero para viga de Escuela	104
36.	Propuesta de armado para viga de Escuela	105
37.	Modelo de valores de corte en viga de Escuela	106
38.	Detalle de armado de viga, primer nivel, Escuela.....	108
39.	Detalle de armado de viga, segundo nivel, Escuela	108
40.	Detalle de armado de columna, Escuela	121
41.	Tipos de conexiones en nudo	122
42.	Elementos del nudo	126
43.	Refuerzo de confinamiento	129
44.	Separación del refuerzo transversal	131
45.	Diagrama de longitud de desarrollo	134
46.	Croquis de gradas (Escuela)	136
47.	Armadura de gradas, Escuela	141
48.	Detalle de armado de zapata, Escuela de varones.....	148
49.	Modulación de CUM	178
50.	Áreas tributarias de viga Eje B, CUM.....	187

51.	Resultados de cargas verticales en X, CUM	189
52.	Distribución de alturas, CUM.....	190
53.	Distribución de losas en edificio, CUM.....	197
54.	Resumen de cargas, CUM	212
55.	Iteraciones de Carga Muerta, CUM.....	215
56.	Resultados de momentos por carga muerta, CUM.	216
57.	Iteraciones Carga Viva, CUM.....	217
58.	Resultado de momentos por carga viva, CUM.....	218
59.	Iteraciones carga de sismo, CUM	219
60.	Resultados de momentos por cargas de sismo, CUM	220
61.	Momentos finales de marco crítico, CUM.....	223
62.	Resultados de cortante, CUM	226
63.	Marco B en ETABS, CUM	240
64.	Modelo en 3D, CUM.....	240
65.	Definición de elementos, CUM.....	241
66.	Combinaciones de carga en ETABS, CUM.....	241
67.	Diagrama de momentos por cargas muertas con ETABS, CUM.....	242
68.	Diagrama de corte por carga muerta, CUM	242
69.	Resultados de momentos con por cargas vivas con ETABS, CUM ...	243
70.	Diagrama de corte por carga viva, CUM	243
71.	Resultados de momentos por cargas de sismo con ETABS, CUM....	244
72.	Diagrama de corte por sismo, CUM	244
73.	Distribución de losas en planta, CUM	246
74.	Casos de losas, según ACI, CUM.	247
75.	Momentos en losa crítica, CUM	249
76.	Distribución de momentos en losas, CUM	252
77.	Armado de losa de entrepiso, CUM	256
78.	Momentos en viga, CUM.....	258
79.	Resultados de áreas de acero para viga, CUM.....	260

80.	Propuesta de armado para viga, CUM.....	261
81.	Modelo de valores de corte en viga, CUM	262
82.	Detalle de armado de viga, primer nivel, CUM	264
83.	Detalle de armado de viga, segundo nivel, CUM	264
84.	Detalle de armado de columna, CUM.....	277
85.	Tipos de nudo	278
86.	Componentes del nudo.....	281
87.	Separación de refuerzo transversal.	285
88.	Separación de ramas de estribos	286
89.	Diagrama de longitud de desarrollo	289
90.	Gradas, CUM.....	292
91.	Armado de gradas para CUM	297
92.	Propuesta de armado de zapata, CUM.....	304

TABLAS

I.	ACI 318-14, 93.1.1	19
II.	Resumen de predimensionamiento	21
III.	Cargas utilizadas para techo (Escuela)	23
IV.	Cargas utilizadas para entrepiso (Escuela)	24
V.	Resultados de periodos de la edificación (Escuela).....	31
VI.	Cálculo de fuerzas horizontales por nivel.	33
VII.	Fuerzas horizontales por eje.....	33
VIII.	Centro de masa nivel 2, en X.....	34
IX.	Centro de masa nivel 2, en Y.....	34
X.	Centro de masa nivel 1, en X.....	35
XI.	Centro de masa nivel 1, en Y.....	36
XII.	Resultados de centro de masa	36
XIII.	Centro de rigidez nivel 2, en X.....	38

XIV.	Centro de rigidez nivel 2, en Y	38
XV.	Centro de rigidez nivel 1, en X	39
XVI.	Centro de rigidez nivel 1, en Y	39
XVII.	Resultados de centro de rigidez.....	40
XVIII.	Corte y torsión, nivel 2 en X, escuela	42
XIX.	Corte y torsión, nivel 2 en Y, escuela	43
XX.	Corte y torsión nivel 1 en X, escuela	44
XXI.	Corte y torsión nivel 1 en Y, escuela.....	45
XXII.	Resultados de fuerzas horizontales, Escuela.....	46
XXIII.	Resultados finales por Kani, Escuela	63
XXIV.	Momentos positivos por Kani, Marco C, Escuela	64
XXV.	Corte en vigas (Kani), Escuela.....	65
XXVI.	Corte en columnas (Kani), Escuela.....	65
XXVII.	Combinaciones de carga según AGIES 2018, Escuela	67
XXVIII.	Cargas distribuídas finales de vigas para marco C de escuela.....	68
XXIX.	Combinaciones de carga de vigas para marco C de escuela, según AGIES 2018	69
XXX.	Valor mayor de combinaciones de carga de vigas para marco C de escuela	70
XXXI.	Cargas distribuídas finales de columnas para marco C de escuela.....	71
XXXII.	Combinaciones de carga de columnas para marco C de escuela, según AGIES 2018.....	72
XXXIII.	Valor mayor de combinaciones de carga de columnas para marco C de escuela.....	73
XXXIV.	Momentos positivos en vigas Marco C, Escuela	74
XXXV.	Resultados de momentos en vigas, nivel 2, Escuela	77
XXXVI.	Resultados de momentos en vigas, nivel 1, Escuela	77
XXXVII.	Resultados de momentos en columnas, nivel 2, Escuela	78
XXXVIII.	Resultados de momentos en columnas, nivel 1, Escuela	79

XXXIX.	Comparación de resultados entre ETABS y Kani	86
XL.	Coeficientes para losas de entrepiso, Escuela	91
XLI.	Momentos para losas de Entrepiso, Escuela	92
XLII.	Balance de momentos negativos Losa 1 - Losa 2 de entrepiso, Escuela	93
XLIII.	Balance de momentos negativos Losa 6 - Losa 7 de entrepiso, Escuela	93
XLIV.	Balance de momentos negativos Losa 1 - Losa 6 de entrepiso, Escuela	94
XLV.	Balance de momentos negativos Losa 2 - Losa 7 de entrepiso, Escuela	94
XLVI.	Momentos negativos para losas (Escuela)	97
XLVII.	Momentos positivos en x para losas (Escuela)	97
XLVIII.	Momentos positivos en y para losas (Escuela)	97
XLIX.	Espaciamientos de refuerzo de acero de entrepiso, Escuela	98
L.	Resumen de armado de elementos estructurales, Escuela	149
LI.	Dotación de agua en un edificio	151
LII.	Unidades de gasto para cálculo de tuberías	152
LIII.	Gastos probables para el método Hunter	152
LIV.	Gastos para aparatos sanitarios de la escuela	154
LV.	Factor de uso	154
LVI.	Cálculo de potencia en circuito de iluminación	156
LVII.	Capacidad de amperaje de los conductores	156
LVIII.	Cálculo de potencia en circuito de fuerza	156
LIX.	Unidades de descarga y diámetros mínimos en derivaciones simples y sifones de descarga	158
LX.	Unidades de mueble para escuela	158
LXI.	Valores de C, para cálculo de drenajes pluviales	159
LXII.	Coeficiente de escurrimiento para cálculo de drenajes pluviales	160

LXIII.	Presupuesto de la escuela de varones, Gualán, Zacapa.....	162
LXIV.	Resumen de predimensionamiento de CUM.....	185
LXV.	Resultados de periodos del edificio.....	195
LXVI.	Cálculo de fuerzas horizontales, CUM	196
LXVII.	Fuerzas horizontales por eje, CUM.....	197
LXVIII.	Centro de masa en X, Nivel 2, CUM	198
LXIX.	Centro de masa en y, nivel 2, CUM.....	199
LXX.	Centro de masa en x, nivel 1, CUM.....	200
LXXI.	Centro de masa en x, nivel 1, CUM.....	201
LXXII.	Resultados de centro de masa, CUM.....	202
LXXIII.	Centro de rigidez en x nivel 2, CUM.....	203
LXXIV.	Centro de rigidez en y nivel 2, CUM.....	203
LXXV.	Centro de rigidez en x nivel 1, CUM.....	204
LXXVI.	Centro de rigidez en y nivel 1, CUM.....	204
LXXVII.	Resultados centro de rigidez, CUM.....	205
LXXVIII.	Corte y torsión, nivel 2 en X, CUM	207
LXXIX.	Corte y torsión, nivel 2 en Y, CUM	208
LXXX.	Corte y torsión, nivel 1 en X, CUM	209
LXXXI.	Corte y torsión, nivel 1 en Y, CUM	210
LXXXII.	Resultados de cargas horizontales, CUM	211
LXXXIII.	Resultados finales por Kani, CUM.....	221
LXXXIV.	Momentos positivos por Kani, CUM	222
LXXXV.	Corte en vigas en marco crítico, CUM.....	224
LXXXVI.	Corte en columnas de marco crítico, CUM.....	225
LXXXVII.	Cargas distribuídas finales de vigas para marco B, CUM	228
LXXXVIII.	Combinaciones de carga de vigas para marco B de CUM, según AGIES 2018	229
LXXXIX.	Valor mayor de combinaciones de carga de vigas para marco B, CUM	230

XC.	Cargas distribuídas finales de columnas para marco B, CUM.....	231
XCI.	Combinaciones de carga de columnas para marco B de CUM, según AGIES 2018.....	232
XCII.	Valor mayor de combinaciones de carga de columnas para marco B, CUM	233
XCIII.	Resultados de momentos de vigas nivel 2, CUM	234
XCIV.	Resultados de momentos de vigas nivel 1, CUM	234
XCV.	Resultados de momentos en columnas nivel 2, CUM.....	235
XCVI.	Resultados de momentos en columnas nivel 1, CUM.....	237
XCVII.	Coeficientes para losas, CUM	248
XCVIII.	Momentos para losas, CUM	248
XCIX.	Balanceo de momentos negativos Losa 1 - Losa 2, CUM	250
C.	Balanceo de momentos negativos Losa 6 - Losa 7, CUM	250
CI.	Balanceo de momentos negativos Losa 1 - Losa 6, CUM	251
CII.	Balanceo de momentos negativos Losa 2 - Losa 7, CUM	251
CIII.	Momentos negativos de losa, CUM	254
CIV.	Momentos positivos en x de losa, CUM.....	254
CV.	Momentos positivos en y de losa, CUM.....	254
CVI.	Espaciamientos de refuerzo de acero para losas de nivel 2, CUM.....	255
CVII.	Resumen de armado de elementos estructurales, CUM	305
CVIII.	Gastos para aparatos sanitarios de CUM.	307
CIX.	Cálculo de potencia en circuito de iluminación, CUM	309
CX.	Cálculo de potencia en circuito de fuerza, CUM	309
CXI.	Unidades de mueble para CUM.....	310
CXII.	Presupuesto del Centro de Urgencias Médicas de Gualán, Zacapa...	313

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ACI	American Concrete Institute
Bz	Ancho de la cimentación.
bc	Ancho de la columna
bb	Ancho del alma de la viga
B	Ancho unitario
Ø'	Ángulo de fricción interna
β	Ángulo vertical
Asmáx	Área de acero máximo
Asmín	Área de acero mínimo
Az	Área de zapata
Ag	Área gruesa o total del elemento
Pcr	Carga crítica de Euler
CM	Carga muerta
CU	Carga última
P'ua	Carga última actuante en columna
Pu	Carga última axial
P'u	Carga última resistente por columna
CV	Carga viva
cm	Centímetro
Cm	Centro de masa
Cr	Centro de rigidez
c'	Cohesión
Ø	Diámetro de varilla

/	División
E	Esbeltez
V	Esfuerzo cortante
Va	Esfuerzo cortante actuante
Vmáx	Esfuerzo cortante máximo actuante
Vr	Esfuerzo cortante resistente
q	Esfuerzo efectivo a nivel de desplante
Vc	Esfuerzo permisible último a corte del concreto
S	Espaciamiento de varillas
@	Espaciamiento entre varillas de refuerzo
Smáx	Espaciamiento máximo de varillas
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
α	Factor amplificador de esfuerzos para el refuerzo longitudinal
NY	Factor de capacidad de carga
FCU	Factor de carga última
q	Factor de flujo de carga
Nc	Factor de flujo de carga última
μ	Factor de giro
Φ	Factor de reducción de resistencia
Nc, Nq, NY	Factores de capacidad de carga.
Fcs, Fqs, FYs	Factores de forma.
Fci, Fqi, FYi	Factores de inclinación de la carga.
Fcd, Fqd, FYd	Factores de profundidad.
FM	Fuerza por marco
I	Inercia de elemento estructural
Kg	Kilogramo
Lo	Longitud de confinamiento

m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m	Metro lineal
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
M	Momento
Mb	Momento balanceado
Mn	Momento de piso
Ms	Momento de sujeción
MF	Momento fijo
Mas máx	Momento resistente por el área de acero máximo
Mas min	Momento resistente por el área de acero mínimo
Mu	Momento último
Muc	Momento último de columnas
Muv	Momento último de vigas
D	Peralte efectivo
Ya	Peso específico del agua
Yc	Peso específico del concreto
Ys	Peso específico del suelo
F'c	Resistencia a compresión del concreto
K	Rigidez
Fy	Tensión a fluencia del acero
Ton	Tonelada
qd	Valor soporte de diseño
qa	Valor soporte neto
qo	Valor soporte último

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, evitando grietas por contracción o expansión por temperatura en el concreto.
Agregado	Material granular empleado como un medio aglomerante para formar concreto o mortero. Este puede ser arena, grava, piedra o escoria de alto horno.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña las medidas de las alturas. Se utiliza para la representación de secciones o perfiles de una sección de terreno, indica las cotas y alturas que están referidas a un eje horizontal.
Banco de marca	Punto fijo que indica una posición geográfica y altura sobre nivel del mar. Se utiliza de referencia para realizar topografía.
Carga Muerta	Peso constante soportado por un elemento estructural durante la vida útil, incluyendo el peso propio.
Carga Viva	Peso variable dado por el uso de la estructura. Este peso puede ser provocado por maquinaria, personas, mobiliario, entre otros.

Columna	Elemento vertical que recibe las cargas transmitidas por las vigas. Dicho elemento debe tener un parámetro de la razón entre altura y dimensión menor mayor a 3. Se utiliza para resistir cargas de carga axial y cargas de flexocompresión.
Estribo	Armadura empleada para resistir los esfuerzos de corte y torsión a los que son sometidos los elementos estructurales. También se utilizan para confinar los elementos estructurales que son sometidos a compresión, siendo la armadura transversal del elemento.
Longitud de desarrollo	Longitud embebida en el hormigón que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño de la armadura en una sección crítica.
Módulo de elasticidad	Razón entre la tensión normal y la deformación unitaria correspondiente. Para esfuerzos de tensión o compresión bajo el límite de proporcionalidad del material.
Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia del centro de masa.
Muro	Elemento empleado para encerrar o separar espacios. De manera estructural se utiliza para resistir las cargas verticales y horizontales que le transfiera una losa.

Presupuesto	Valor anticipado de una obra o proyecto.
Topografía	Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación presenta las propuestas de diseño de dos edificios, uno para la Escuela Oficial para Varones y otra para el Centro de Urgencias Médicas. Estos proyectos contribuirán a las necesidades de la población del municipio de Gualán, Zacapa.

El documento está conformado por las fases de investigación y de servicio técnico profesional. En la fase de investigación se desarrolla una investigación de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio. En la fase de servicio técnico profesional se presentan los diseños de las edificaciones dadas para las áreas de salud y educación.

La primera edificación consiste en cuatro módulos de dos niveles. Estará ubicada en el mismo terreno en el que se encuentra la escuela existente y beneficiará a 500 estudiantes del municipio. El fin de realizar una edificación más grande, es evitar la migración de estudiantes hacia la cabecera departamental.

La segunda edificación corresponde a cuatro módulos de dos niveles para el Centro de Urgencias Médicas, ya que el Centro de Salud actual está limitado a atenciones menores, y así poder cumplir con los ambientes necesarios.

OBJETIVOS

General

Diseñar las edificaciones para la Escuela Oficial Urbana de Varones de la cabecera municipal y el Centro de Urgencias Médicas del municipio de Gualán, Zacapa.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico sobre las necesidades básicas en el municipio de Gualán, Zacapa.
2. Diseñar una edificación para la escuela de varones, para que la población estudiantil del municipio tenga un lugar adecuado para recibir sus estudios.
3. Diseñar una edificación para el Centro de Urgencias Médicas para que la población del municipio y los municipios aledaños tengan un lugar para recibir atenciones médicas mayores.
4. Elaborar los planos que permitan la ejecución de los proyectos en el futuro.
5. Calcular el presupuesto de ambos proyectos, donde se deberá indicar el precio final de cada proyecto, los materiales y la mano de obra a utilizar.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Gualán se encuentra ubicado al oriente del departamento de Zacapa, localizado a 45 Km, vía CA-9, de la cabecera departamental de Zacapa y a 168 Km de la ciudad capital de Guatemala, por la misma ruta CA-9. Cuenta con una extensión territorial de 696 kilómetros cuadrados, ubicado a una altura de 166 metros sobre el nivel del mar. Colinda al nororiente con El Estor, Izabal; al occidente con Río Hondo, al suroccidente con Zacapa y al suroriente con La Unión, todos del departamento de Zacapa.

La idea principal del EPS es el apoyo técnico a las comunidades, el cual se basa en la planificación y diseño de los diferentes proyectos, a través de la Ingeniería Civil.

Este trabajo de graduación presenta soluciones a dos necesidades básicas del municipio de Gualán, del departamento de Zacapa, en el área de infraestructura para la educación y para salud.

En el tema de educación, la infraestructura consiste en una edificación con una capacidad para atender a 500 alumnos de nivel escolar primario.

En cuanto a salud es una edificación de dos niveles para urgencias médicas, con el fin de atender emergencias con una respuesta adecuada ante situaciones de riesgo para las vidas de los habitantes del municipio.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Gualán, Zacapa

El diagnóstico permite conocer las necesidades en los servicios básicos de infraestructura que se tienen en el municipio de Gualán. Se realizó a través de encuestas a los líderes comunitarios y sugerencias que presentó la municipalidad.

1.2. Descripción y análisis de las necesidades del municipio

El municipio de Gualán presenta diferentes necesidades básicas en la actualidad. Las necesidades se pueden dividir en los siguientes grupos:

Área de salud: el municipio cuenta con un centro de salud tipo B ubicado en la cabecera. El cual atiende situaciones y emergencias de menor magnitud. Las emergencias mayores son referidas al hospital general de Zacapa, ubicado a 45 kilómetros.

Área de educación: actualmente cuenta con dos escuelas oficiales primarias, una para varones y otra para niñas. Así como un instituto municipal para educación básica y diversificado. Las escuelas no cuentan con las condiciones óptimas para la comodidad de los alumnos, lo que conlleva un mal proceso de enseñanza – aprendizaje.

Área de infraestructura: es necesario mejorar las carreteras que conducen desde el casco urbano a las principales aldeas del municipio. Muchas carreteras, actualmente, no se encuentran en condiciones adecuadas lo que dificulta el transporte y comercio.

Saneamiento: actualmente el municipio no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales. El alcantarillado público está disponible únicamente en la cabecera municipal y las aldeas que están alrededor.

1.3. Evaluación y priorización de las necesidades del municipio

Para la priorización de las necesidades, se tomará en cuenta los criterios que la municipalidad y COCODES indiquen. Dando como resultado lo siguiente para lo siguiente:

Edificación para la Escuela de varones. Las instalaciones actuales no tienen las instalaciones adecuadas para poder cubrir con la población del municipio que está en edad para poder cursar la primaria. También tiene vulnerabilidad estructural debido al terremoto y los sismos que han afectado la región. Por lo cual se propone la construcción de una nueva escuela que logre cumplir con los espacios adecuados y las condiciones estructurales adecuadas para la seguridad de los estudiantes de la cabecera del municipio.

Edificación para el Centro de Urgencias Médicas. El actual centro de salud cubre necesidades básicas, como enfermedad común, primeros auxilios para emergencias, entre otros. Con la cantidad de población que hay en el municipio y la distancia al hospital más cercano, se requiere un lugar que pueda atender asuntos y emergencias mayores.

2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL

2.1. Diseño de la escuela primaria para varones de dos niveles, Gualán, Zacapa

El diseño consta del cálculo de los elementos estructurales de los tres módulos de la edificación.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de tres módulos de edificios de dos niveles, con la siguiente distribución de ambientes:

En la planta baja, dos módulos con salones de clases y sanitarios, y el tercero de oficinas administrativas como sala de reuniones, biblioteca, enfermería, oficina de dirección y bodegas de limpieza. En la planta alta, salones de clase, salones de computación y sanitarios.

2.1.2. Estudio topográfico

Es el estudio que se realiza para determinar las dimensiones precisas del lugar.

2.1.2.1. Determinación del área del terreno y edificación

El terreno para la construcción de la edificación tiene un área de 5 679 metros cuadrados. El área considerada para la edificación es de 1 102 metros cuadrados. La superficie del terreno es plana, por lo que no se debe de considerar excavaciones extras a las de los cimientos.

2.1.3. Estudio de suelos

Es el estudio que se realiza para determinar las condiciones actuales del suelo.

2.1.3.1. Determinación de valor soporte del suelo

Para encontrar el valor soporte del suelo se extrajo una muestra no alterada a 1,20 metros de profundidad. La muestra, de un pie cúbico, fue utilizada para realizar un ensayo de compresión triaxial no consolidado y no drenado. Los resultados del ensayo triaxial se muestran en el anexo 1 y son los siguientes:

Y el cálculo se realizó con referencia en el Capítulo 3 del libro Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (7 ED) de Braja M. Das.¹

- Datos:

Descripción del suelo: ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO.

Ø': 8,55 °

¹ BRAJA, Das M. *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. p. 133-180.

$$c': 2,12 \text{ Ton/m}^2$$

$$Y: 1,53 \text{ Ton/m}^3$$

$$Y_w: 1,82 \text{ Ton/m}^3$$

$$B_{\text{zapata}} \text{ (Sugerido): } 1,90 \text{ m}$$

$$L_{\text{zapata}} \text{ (Sugerido): } 1,90 \text{ m}$$

Para encontrar el valor soporte del suelo se utilizó el método de la ecuación general de capacidad de carga de Meyerhof.

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

- Cálculos:

- ϕ' en radianes:

$$\phi_{\text{rad}} = \frac{\phi \pi}{180} = \frac{8,55^\circ \pi}{180} = 0,15 \text{ rad}$$

- Esfuerzo a nivel de desplante:

$$q = D_f \gamma = 1,20(1,82) = 2,18 \text{ Ton/m}^3$$

- Factores de capacidad:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'} = \tan^2 \left(45 + \frac{8,55^\circ}{2} \right) e^{\pi \tan(8,55^\circ)} = 2,16$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = (2,16 - 1) \cot(8,55^\circ) = 7,74$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 2(2,16 + 1) \tan(8,55^\circ) = 0,95$$

- Factores de forma:

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right) = 1 + \left(\frac{1,90}{1,90}\right) \left(\frac{2,16}{7,74}\right) = 1,28$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi' = 1 + \left(\frac{1,90}{1,90}\right) \tan(8,55^\circ) = 1,15$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L}\right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,90}{1,90}\right) = 0,60$$

- Factores de profundidad:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'} = 1,19 - \frac{1 - 1,07}{7,74 \tan(8,55^\circ)} = 1,26$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B}\right) = 1 + 2 \tan(8,55^\circ) (1 - \sin(8,55^\circ))^2 \left(\frac{1,20}{1,90}\right) = 1,14$$

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

- Factores de inclinación:

$$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0}{90^\circ}\right)^2 = 1,00$$

$$F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0}{90^\circ}\right)^2 = 1,00$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right) = \left(1 - \frac{0}{0,51}\right) = 1,00$$

- Capacidad de carga última:

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

$$(2,12)(7,74)(1,28)(1,26)(1,00) + (2,18)(2,16)(1,15)(1,14)(1,00) +$$

$$\frac{1}{2} (1,82)(1,90)(0,95)(0,60)(1,00)(1,00) = 33,54 \text{ Ton}/m^2$$

- Capacidad de carga última neta:

$$q_e = q_a - q = 33,54 - 2,18 = 31,36$$

Capacidad de carga última con factor de seguridad de 3:

$$q_a = \frac{q_u}{F.S.} = \frac{31,36}{3} = 10,45 \text{ Ton/m}^2$$

Debido a que el valor soporte de este suelo es bajo para ser utilizado en la construcción de cimientos adecuados y económicos para la estructura, se realizará una sustitución parcial del suelo por medio de movimiento de tierras y acarreo de un terreno a otro. El suelo propuesto a utilizar para la sustitución es el del terreno donde estará ubicado el Centro de Urgencias Médicas, descrito en el inciso 2,1 de este Trabajo de graduación, en el cual se tienen los siguientes valores del ensayo triaxial no consolidado y no drenado:

ϕ' : 8,55°

Cu: 2,12 Ton/m²

Valor soporte de 34,98 Ton/m²

2.1.4. Normas y reglamentos para el diseño de edificios

Son los criterios que se utilizan para el dimensionamiento de los ambientes y elementos de las edificaciones.

2.1.4.1. Criterios generales

Son aquellos aspectos importantes que se toman en consideración para el diseño de una edificación escolar. Entre ellos están: Ubicación y localización de la edificación, altura de puertas y ventanas, tipo y color de acabados, entre otros.

Para el diseño estructural se utilizará el método de diseño por resistencia, descrito en la sección NSE-2, inciso 8.2.1, del AGIES 2018. AGIES utiliza en general este método de diseño estructural también conocido como “método de diseño por factores de carga y resistencia” (Load and Resistance Factor Design, LRFD por sus siglas en inglés)²

Para determinar las secciones de los elementos estructurales también se utilizará textos y normativas como el ACI 318-14S, Método 3 del ACI 318-63, Teoría de capacidad de carga de Terzaghi, entre otros.

2.1.4.2. Criterios de predimensionamiento

El predimensionamiento de los elementos estructurales consiste en asignarles medidas, calculadas por distintos métodos, que se cree que serán útiles y funcionales para la edificación. Es un punto de partida para el diseño estructural de los elementos, los cuales serán sometidos a esfuerzos inducidos por cargas.

El Código ACI 318-14 propone, en sus capítulos 8, 9, 10 y 18, parámetros para determinar las dimensiones mínimas de los elementos estructurales, así como las relaciones de dimensiones entre los lados de un mismo elemento estructural.

² CONRED. *Normas para la Reducción de Desastres*. <https://conred.gob.gt/nrd/>. Consulta: 20 de junio de 2019.

2.1.4.3. Criterios de iluminación y ventilación

Como generalidad de los criterios de iluminación en una edificación, esta debe de ser abundante y uniformemente distribuida, evitando proyección de sombras y contrastes. Se debe de considerar que el nivel lumínico a la altura de trabajo sea la adecuada de acuerdo al ambiente que se tenga.

- La iluminación se divide en dos grupos: natural y artificial. La luz natural se puede clasificar en unilateral, bilateral y cenital. Sabiendo lo anterior, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:
 - Iluminación natural: Es importante la distribución y tamaño de las ventanas. El diseño proporciona una distribución de luz uniforme en todos los puntos de los ambientes, sin incidencia de rayos solares, conos de sombra y reflejos.
 - Iluminación natural unilateral: El área de las ventanas es del 25 % al 30 % del área del piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a una distancia de 2,5 veces la altura del muro donde se encuentran las ventanas.
 - Iluminación natural bilateral: Este caso se da cuando existen ventanas en los muros laterales. Las ventanas en los muros del fondo, donde ya se encuentran las otras, ayudan a mejorar las condiciones lumínicas, siempre que estén en contacto con el exterior.

- Iluminación natural cenital: Este caso se da cuando existen ventanas colocadas en el techo. Para este tipo de iluminación se toma del 15 % al 20 % del área total del piso.
- Iluminación artificial: Se utiliza como apoyo a la iluminación natural y como iluminación nocturna. Se considera la cantidad de lámparas en los ambientes para que estos sean iluminados de forma idéntica a la luz natural, con el fin de mantener las condiciones adecuadas de uso.

Los acabados brillantes brindan una mayor reflexión de luz, por lo cual se puede conseguir una mejor iluminación.

- Ventilación: Esta tiene que ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad de aire disponible en el ambiente tiene importancia para el desarrollo de las actividades.

2.1.4.4. Criterios de CONRED

Las normas de reducción de desastres de CONRED tienen como principal objetivo ser un mecanismo de preservación de la vida, seguridad e integridad de las personas. Estableciendo los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones e instalaciones a las cuales tienen acceso los distintos usuarios.

- Las normas de CONRED están divididas en 4 segmentos: NRD1, NRD2, NRD3 y NRD4.
 - NRD1: normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala. Da indicaciones

acerca del diseño estructural de las edificaciones y están asociadas a las normas impuestas por el NSE de AGIES. En esta norma las obras se clasifican entre Esenciales, importantes y ordinarias.

- NRD2: normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público. En este inciso se habla acerca de los requisitos de seguridad que debe cumplir una edificación como puertas de emergencia, cargas ocupacionales, entre otros.
- NRD3: especificaciones técnicas para materiales de construcción. Tiene como finalidad que todas las edificaciones, instalaciones y obras de uso público cumplan con los requisitos mínimos de construcciones seguras y permanentes. Está asociada con normas NTG de COGUANOR para materiales de construcción.
- NRD4: normas mínimas de seguridad en eventos socio-organizativos. Tiene como propósito reducir los riesgos a desastres, estableciendo requisitos mínimos de seguridad para la realización de eventos socio-organizativos que deben observarse para resguardar la integridad física de las personas. Los eventos se clasifican en tres categorías: A, B y C.

Para la realización de este trabajo de graduación se tomaron en cuenta las normas NRD1 al NRD3. La información de las Normas para la Reducción de desastres fue extraída de la página web de la CONRED (www.conred.gob.gt/nrd).³

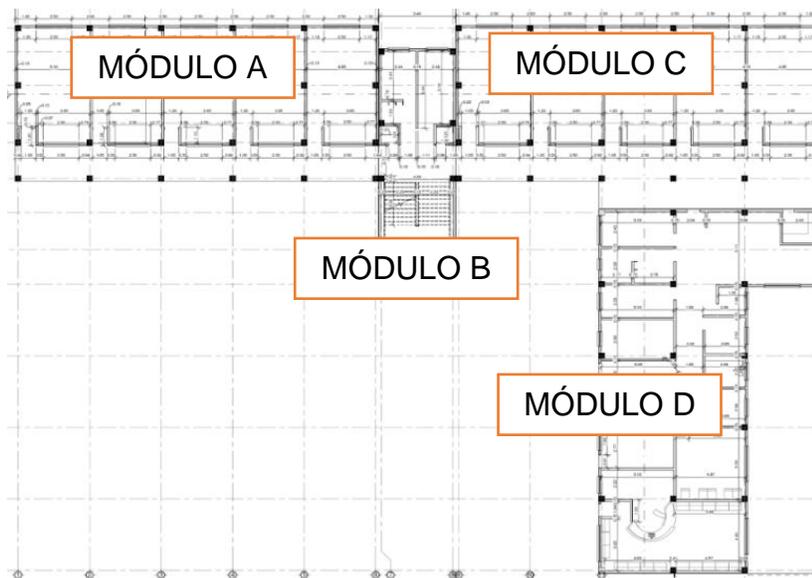
³ Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Normas para la Reducción de Desastres*. <https://conred.gob.gt/nrd/>. Consulta: 20 de junio de 2019.

2.1.5. Diseño arquitectónico

La función principal del diseño arquitectónico es adecuar y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen la edificación. Esto con el fin de crear espacios funcionales y cómodos para los usuarios.

Para el diseño de esta escuela se consideró la capacidad de alumnos y el área óptima para cada uno, tomando como parámetro 1,25 m² por alumno. También se buscó el aprovechamiento de la luz natural para una iluminación adecuada. El complejo de edificios está dividido en 4 módulos de: Módulo A y C de 10,50 x 25,00 m, el Módulo B de 5,00 x 14,00 m, y Módulo D de 15,00 x 25,00 m.

Figura 1. **Modulación de Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

2.1.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

La edificación será ubicada en el lugar donde se encuentra la escuela existente actual. Esto debido a su relación con el entorno del terreno. La edificación estará ubicada en el área noreste del terreno, ocupando un 20 % del terreno total, dejando espacio suficiente para áreas deportivas y sociales, así como jardines y zonas de juegos.

2.1.5.2. Distribución de ambientes

La distribución de los ambientes se hará de forma similar a la actual, ya que esta es la que se ajusta a las necesidades de la escuela. En el primer nivel, 8 salones de clases y 2 salones de computación. En el área administrativa se encuentran 13 ambientes según requerimientos del claustro docente. El primer nivel también cuenta con servicios sanitarios, de cocina y bodegas. El segundo nivel únicamente está conformado por el área de salones de clase, 2 salones de computación y servicios sanitarios.

2.1.5.3. Alturas del edificio

La edificación de la escuela cuenta con 4 módulos de edificios. 3 en el área de salones y 1 para el área administrativa. Los edificios del área de salones son de dos niveles y el del área administrativa de uno. La altura por nivel es de 4,00 metros, de piso a cielo. La altura fue una propuesta arquitectónica de la municipalidad, con la justificación de disipar las altas temperaturas que hay en la época de verano.

2.1.6. Análisis estructural

El análisis estructural busca determinar las fuerzas internas que actúan sobre cada sección de una estructura. El objetivo es luego compararlas con las fuerzas resistentes para su diseño estructural y lograr que este satisfaga las condiciones de seguridad.

En este proyecto se realizó el análisis estructural por medio del método de Kani⁴, cuyos resultados fueron comparados con el software ETABS. Para efectos de diseño se utilizarán los resultados de Kani.

2.1.6.1. Tipo de sistema estructural a usar

El tipo de sistema estructural corresponde al Sistema E1, según el NSE-3 del AGIES 2018, Estructura de marcos simples: Es un sistema integrado con marcos de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y además todas las solicitaciones horizontales. Todos los marcos deben estar unidos entre sí por diafragmas de piso. Los marcos pueden ser de concreto reforzado, perfiles de acero estructural o combinados. Algunos marcos de concreto prefabricado califican como sistema E1.

El sistema estructural de esta edificación es con base de marcos dúctiles con nudos rígidos, con losas planas de concreto reforzado.

⁴ BARRIOS CORONADO, Jaime A. *Método Kani en el análisis de estructuras*. p. 1 a 143.

2.1.6.2. Predimensionamiento de elementos estructurales

El predimensionamiento de los elementos estructurales, utilizados en la edificación, consiste en proporcionarles dimensiones funcionales provisionales que tengan base en el código ACI 318-14. Estas dimensiones serán un punto de partida para el diseño estructural final de la edificación. En los cálculos presentados a continuación se utilizarán los valores del Módulo A de este complejo de edificios.

Para los materiales se utilizan los criterios dados en los capítulos 18 y 19 del ACI 318-14.

- Columnas:

Para determinar las dimensiones iniciales de las columnas se utilizan los parámetros del capítulo 10 del código ACI 318-14 y el capítulo 8 del libro Diseño de estructuras de concreto (12 ED) de Arthur Nilson. El cálculo se basa en la carga aplicada a la columna. Para este caso se desea mantener simetría en las dimensiones, por lo cual se utilizará la columna crítica, C-2, del edificio A.

- Datos:

- Área tributaria:

$$A_t = 20\text{m}^2$$

- Cargas a usar:

- Cargas vivas (AGIES 2018, NSE 2, tabla 3.7.1-1):

$$CV_{\text{techo}} = 200,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{entrepiso escuelas}} = 500,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cargas muertas (AGIES 2018, NSE 2, anexo B):

$$CM_{\text{Acabados}} = 24,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Muros}} = 75,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Piso}} = 91,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Otras instalaciones}} = 90,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculos:

- Integración de cargas de techo:

✓ Carga viva

$$\text{Peso}_{CV} = A_t CV = 20,00(200) = 4\,000 \text{ Kg}$$

✓ Carga muerta

$$CM_{\text{Losas}} = P_{\text{concreto}} = 2\,400(0,12) = 288 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{SC} = CM_{\text{Acabados}} + CM_{\text{Otras instalaciones}} = 24 + 90 = 114 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{TOTAL} = 402 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso}_{CM} = CM_{TOTAL}(A_t) = 402(20) = 8\,040 \text{ Kg}$$

✓ Peso mayorado total

$$\text{Peso}_{\text{techo}} = 1,2\text{CM} + 1,6\text{CV} = 1,2(8\ 040) + 1,2(4\ 000) = 16\ 048\ \text{Kg}$$

▪ Integración de cargas de entrepiso:

✓ Carga viva

$$\text{Peso}_{\text{CV}} = A_t(\text{CV}) = 20(500) = 10\ 000\ \text{Kg}$$

✓ Carga muerta

$$\text{CM}_{\text{Losa}} = A_t(t) = 20(0,12) = 288\ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{CM}_{\text{SC}} = \text{CM}_{\text{Acabados}} + \text{CM}_{\text{Muros}} + \text{CM}_{\text{Piso}} = 24 + 75 + 91 = 190\ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{CM}_{\text{TOTAL}} = 478\ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{CM}} = \text{CM}_{\text{TOTAL}}(A_t) = 478(20) = 9\ 560\ \text{Kg}$$

▪ Peso mayorado total

$$\text{Peso}_{\text{entrepiso}} = 1,2\text{CM} + 1,6\text{CV} = 1,2(9\ 560) + 1,6(10\ 000) = 27\ 472\ \text{Kg}$$

▪ Peso total del edificio:

$$\text{Peso}_{\text{total}} = \text{Peso}_{\text{entrepiso}} + \text{Peso}_{\text{techo}} = 16\ 048 + 27\ 472 = 43\ 520\ \text{Kg}$$

▪ Determinación de dimensiones:

De acuerdo con el código ACI 318-14, 18.7.4.1 los valores para el área de acero deben estar dentro del siguiente parámetro:

$$0,01A_g > A_{st} > 0,06A_g \rightarrow A_{st} = 0,01A_g$$

De acuerdo con esto, se utilizará como área de acero el 1 % del área gruesa de la columna, en la ecuación 8.4b localizada en el Capítulo 8 el libro *Diseño de estructuras de concreto*; de Arthur Nilson.

(12 ED

$$P_u = 0,8\phi \left((A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right) \rightarrow A_g = \frac{P_u}{0,8\phi(0,8415f'_c + 0,01f_y)}$$

$$A_g = \frac{43\,520}{0,8(0,70)[0,8415(281) + 0,01(4\,210)]} = 278,98 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{A_g} = 15,00 \text{ cm}$$

✓ Dimensiones propuestas:

De acuerdo a los parámetros proporcionados por el inciso 18.7.2.1 del ACI 318-14:

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

La relación entre la dimensión menor y mayor no debe ser menor que 0,40.

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

Estas dimensiones se eligieron por el requerimiento que demandó el diseño estructural.

- Vigas:

En el predimensionamiento de las vigas, la altura de la viga depende de la luz que esta cubra. Para este caso se utiliza la viga crítica, la de mayor longitud y área tributaria. La altura mínima de la viga responde a la ecuación dada por la tabla 9.3.1.1 del ACI 318-14:

Tabla I. **ACI 318-14, 93.1.1**

Condición de apoyo	Altura mínima
Simplemente apoyada	L/16
Con un extremo continuo	L/18,5
Ambos extremos continuos	L/21
En voladizo	L/8

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

$$L = 5 \text{ m}$$

$$h = \frac{L}{18,5} = \frac{5}{18,5} = 0,27 \text{ m}$$

- Dimensiones propuestas:

Las dimensiones propuestas se redefinieron, luego de realizar varios cálculos con los momentos actuantes en el diseño de la viga crítica. Se utilizaron los parámetros brindados por el inciso 18.6.2 del ACI 318-14:

La luz libre l_n no debe ser menor que $4d$.

El ancho b_w debe ser al menos igual al menor de $0,30h$ y 25 cm .

La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna soportante a cada lado no debe exceder el menor de c_2 y $0,75c_1$.

$$h = 0,50 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

- Losa:

Para el cálculo del espesor de la losa se utiliza la ecuación mencionada en la sección 9-12, Capítulo 9 del libro Diseño Simplificado de Concreto Reforzado de Harry Parker.⁵

- Determinar el sentido en el que trabaja:

$$b = 5 \text{ m}$$

$$a = 4 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{b}{a} = \frac{5}{4} = 1,25 < 2, \text{ entonces trabaja en dos sentidos}$$

Espesor mínimo de losa según el capítulo 8.3.1.2 del ACI 318S-14:

Por economía se busca que los valores de α_f sean mayores a 2 unidades, por lo tanto:

$$h_f = \frac{L\left(0,8 + \frac{f_y}{14\,000}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{L\left(0,8 + \frac{4,210}{14\,000}\right)}{36 + 9(1,25)} = 0,12 \text{ m}$$

- Determinar espesor de losa:

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} = \frac{5+5+4+4}{180} = 0,10 \text{ m} < 0,12 \text{ m} \rightarrow 12,00 \text{ cm}$$

⁵ PARKER, Harry. *Diseño simplificado de concreto reforzado*. p. 172 a 176.

- Resumen de dimensiones:

Tabla II. **Resumen de predimensionamiento**

RESUMEN DE PREDIMENSIONAMIENTO	
COLUMNAS	
b =	0,40 m
h =	0,40 m
VIGAS	
b =	0,25 m
h =	0,50 m
LOSA	
t =	0,12 m

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.6.3. Integración de cargas de diseño

Las cargas aplicadas en esta edificación se pueden separar en cargas estáticas y cargas dinámicas. Las cargas estáticas se definen como aquellas que no varían su magnitud, dirección y ubicación durante el transcurso del tiempo, estas, se pueden dividir en cargas permanentes y accidentales; las cargas permanentes son aquellas generadas por el peso propio de la estructura y las accidentales por el uso y clima de la región donde se encuentre la estructura. Las dinámicas son las que actúan en la estructura de forma repentina, variando su magnitud y ubicación, entre las cuales podemos encontrar las cargas de sismo y de viento.

Según el capítulo 2 del NSE-2 del AGIES 2018⁶ las cargas muertas se definen como todas aquellas de elementos permanentes en la construcción como el peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos y equipo permanente rígidamente anclado a la estructura. También las fuerzas netas de presfuerzo se consideran como cargas muertas.

Según el capítulo 3 del NSE-2 del AGIES 2018⁷ las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. En la tabla 3.7.1-1 del mismo capítulo se encuentra una tabla con los valores a utilizar.

Las cargas sísmicas están descritas en el capítulo 4 del NSE-3 del AGIES 2018, estableciendo un nivel de protección sísmica que se requiere según las condiciones de cada localidad y la clasificación de la obra.

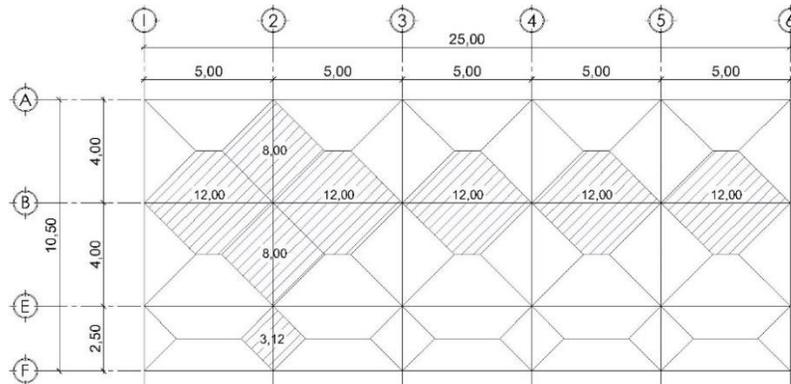
2.1.6.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles.

Definición de áreas tributarias:

⁶ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. p. 2-1 a 2-3.

⁷ *Ibíd.* p.3-1 y 3-8.

Figura 2. **Áreas tributarias de escuela.**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

En el eje C (X), se tiene un área recurrente de 12 m² y en el eje 2 (Y), se tienen 8 m² y 3,12 m².

Tabla III. **Cargas utilizadas para techo (Escuela)**

CARGAS DE TECHO	
CARGAS VIVAS (Escuelas)	
(Según AGIES 2018, NSE 2, Tabla 3.7.1-1)	
$CV_{\text{Techo}} =$	200,00 Kg/m ²
CARGAS MUERTAS	
$CM_{\text{SC}} =$	90,00 Kg/m ²
$CM_{\text{Acabados}} =$	24,00 Kg/m ²
$CM_{\text{TOTAL}} =$	114,00 Kg/m ²

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla IV. **Cargas utilizadas para entrepiso (Escuela)**

CARGAS ENTREPISO	
CARGAS VIVAS (Hospitales)	
(Según AGIES 2018, NSE 2, Tabla 3.7.1-1)	
$CV_{Entrepiso} =$	500,00 Kg/m ²
CARGAS MUERTAS	
$CM_{Acabados} =$	24,00 Kg/m ²
$CM_{Muros} =$	75,00 Kg/m ²
$CM_{Piso} =$	91,00 Kg/m ²
$CM_{TOTAL} =$	190,00 Kg/m ²

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Marco representativo en X (Marco C):

$$A_t = 12,00 \text{ m}^2$$

- Análisis de techo:

- Carga muerta:

$$CM_{Losa} = \frac{A_t P_{concreto}}{L_{viga}} = \frac{12(0,12)(2\ 400)}{5} = 691,20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{Viga} = P_{concreto} b(h - t) = 2\ 400(0,25)(0,50 - 0,12) = 228,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{SC} = \frac{A_t SC}{L_{viga}} = \frac{12(114)}{5} = 273,60 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{Techo} = 691,20 + 228,00 + 273,60 = 1\ 192,80 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

$$CV_{\text{Techo}} = \frac{A_t CV}{L_{\text{viga}}} = \frac{12(200)}{5} = 480 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Análisis de entrepiso:

- Carga muerta:

$$CM_{\text{Losa}} = \frac{A_t P_{\text{concreto}}}{L_{\text{viga}}} = \frac{12(0,12)(2\ 400)}{5} = 691,20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{\text{Viga}} = P_{\text{concreto}} b(h - t) = 2\ 400(0,25)(0,50 - 0,12) = 228 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{\text{SC}} = \frac{A_t SC}{L_{\text{viga}}} = \frac{12(190)}{5} = 456 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

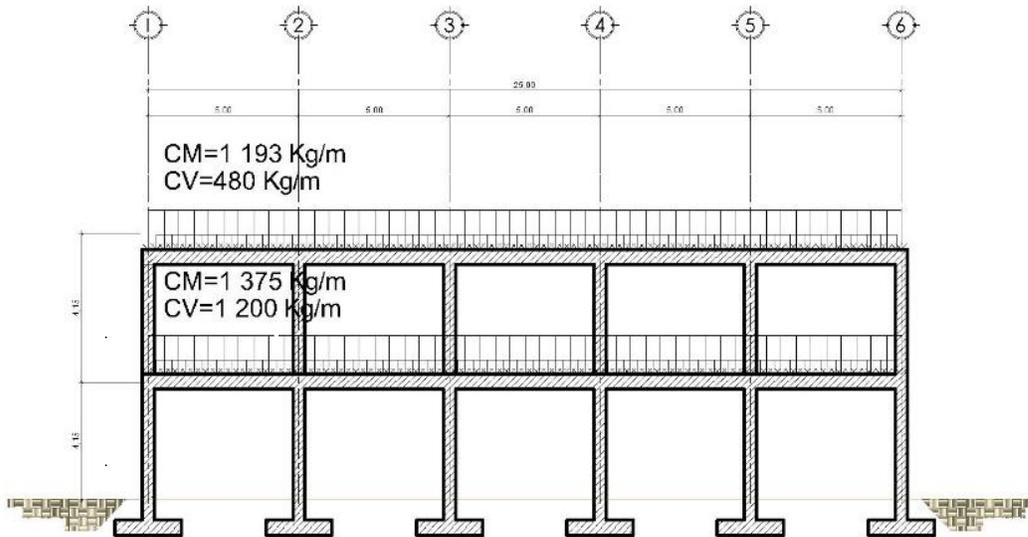
$$CM_{\text{total entrepiso}} = 691,20 + 228 + 456 = 1\ 375,20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

$$CV_{\text{Entrepiso}} = \frac{A_t CV}{L_{\text{viga}}} = \frac{12(500)}{5} = 1\ 200 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

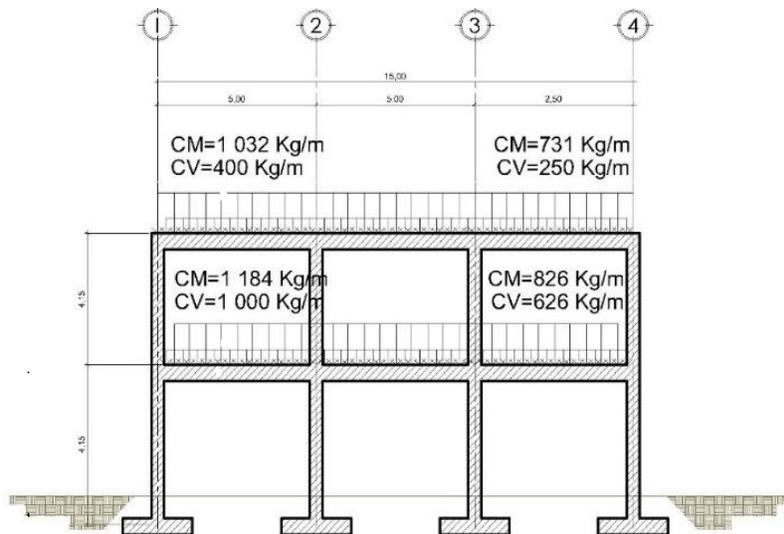
- Resultados:

Figura 3. **Resultados de cargas verticales en X**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Figura 4. **Resultados de cargas verticales en Y**

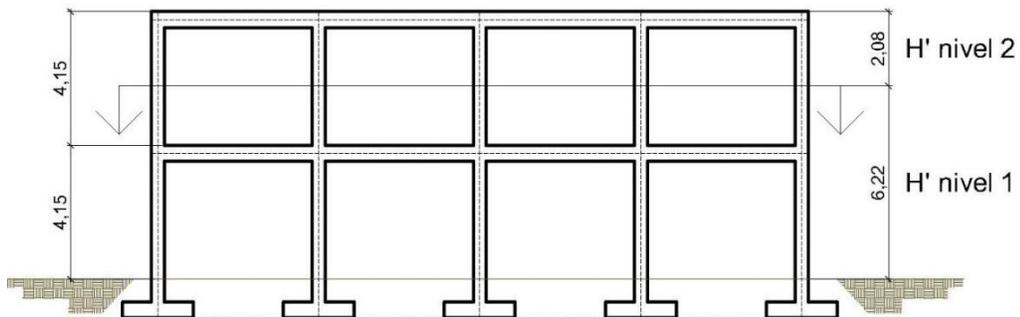


Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

2.1.6.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles según AGIES

En la figura 5 se muestra las cargas horizontales.

Figura 5. **Distribución de alturas para cálculo de cargas horizontales (Escuela).**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Peso del edificio:
 - Peso de segundo nivel:

$$W_{\text{Losa}} = (L_{\text{totalLosa}} + b_{w\text{Viga}}) (L_{\text{totalLosa}} + b_{w\text{Viga}}) t_{\text{Losa}} P_{\text{concreto}} = (10,5 + 0,25)(25 + 0,25)(0,12)(2\ 400) = 78\ 174\ \text{Kg}$$

$$W_{\text{Viga}} = \left[(h_{x\text{viga}} b_{w\text{viga}} L_{x\text{viga}x} \text{Cant. vigas}_x) + (h_{y\text{viga}} b_{w\text{viga}} L_{y\text{viga}y} \text{Cant. vigas}_y) \right] P_{\text{concreto}} = [(0,50 - 0,12) * 0,25 * 25 * 4 + (0,50 - 0,12) * 0,25 * 10,5 * 6] 2\ 400 = 48\ 564\ \text{Kg}$$

$$W_{\text{columna}} = b_{\text{columna}} h_{\text{columna}} H_{\text{nivel}} \text{Cant.}_{\text{columna}} P_{\text{concreto}} = (0,40)(0,40)(2,08)(24)(2400) = 28\,684,80 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{SC}} = \left[(L_{\text{totalLosas}} + b_{w\text{Viga}}) (L_{\text{totalLosas}} + b_{w\text{Viga}}) \right] CM_{\text{SC}} = [(25 + 0,25)(10,50 + 0,25)]114 = 30\,943,88 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{Muros}} = \left[(L_{\text{totalLosas}} + b_{w\text{Viga}}) (L_{\text{totalLosas}} + b_{w\text{Viga}}) \right] CM_{\text{muros}} \left(\frac{H_1}{H_1 + H_2} \right) = [(25 + 0,25)(10,50 + 0,25)]114 \left(\frac{4,15}{4,15 + 4,15} \right) = 10\,178,91 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{Segundo nivel}} = W_{\text{Losas}} + W_{\text{Viga}} + W_{\text{columna}} + W_{\text{SC}} + W_{\text{Muros}} = 78\,174 + 48\,564 + 28\,684,80 + 30\,943,88 + 10\,178,91 = 196\,545,58 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{CV Segundo nivel}} = (L_{\text{totalLosas}})(L_{\text{totalLosas}})CV = (25,00)(10,50)(200) = 52\,500 \text{ Kg}$$

- **Peso de primer nivel:**

$$W_{\text{Losas}} = (10,5 + 0,25)(25 + 0,25)(0,12)(2400) = 78\,174 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{Viga}} = [(0,50 - 0,12) * 0,25 * 25 * 4 + (0,50 - 0,12) * 0,25 * 10,5 * 6]2400 = 48\,564 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{columna}} = (0,40)(0,40)(6,22)(24)(2400) = 86\,054,40 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{SC}} = [(25 + 0,25)(10,50 + 0,25)]115 = 31\,215,31 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{Muros}} = [(25 + 0,25)(10,50 + 0,25)]75 \left(\frac{6,22}{8,30} \right) = 30\,536,72 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{Primer nivel}} = 274\,544,43 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{CV Primer nivel}} = (L_{\text{totalLosas}})(L_{\text{totalLosas}})CV = (25)(10,50)(500) = 131\,250 \text{ Kg}$$

- **Peso sísmico efectivo:** (AGIES 2018, NSE 2, 1.11.3)

$$W_s = CM + 0,25CV$$

$$W_{\text{s Segundo nivel}} = 196\,545,58 + 0,25(52\,500) = 209\,670,58 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{s Primer nivel}} = 274\,544,43 + 0,25(131\,250) = 307\,356,93 \text{ Kg}$$

$$W_s = 209\,670,58 + 307\,356,93 = 517\,027,51 \text{ Kg}$$

$$W_s = 526,80 \text{ Ton}$$

2.1.6.3.3. Cálculo de corte basal

Para el cálculo del corte basal se usarán los parámetros de AGIES 2018.

- Datos por ubicación del edificio:
 - Localización del edificio: Gualán, Zacapa, Guatemala.
 - Amenaza sísmica: (AGIES 2018, NSE 2, anexo A, tabla A-1)

$$I_o = 4$$

$$S_{cr} = 1,3 \text{ gr}$$

$$S_{1r} = 0,50 \text{ gr}$$

$$\text{Tipo de suelo} = D \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.3})$$

$$\text{Tipo de sistema} = E - 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 1.6})$$

$$\text{Tipo de edificación} = \text{Importante E} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.2.2-1})$$

$$\text{Tipo de sismo} = \text{Severo} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.4.2})$$

$$\text{Tipo de fuente} = C \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2.1, anexo A})$$

$$\text{Distancia de la falla} = 2\text{Km}$$

- Factor genérico de reducción de respuesta sísmica:

$$R = 8 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, tabla 1.6.14-1})$$

- Factor de sobre-resistencia:

$$\Omega_r = 3 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, tabla 1.6.14-1})$$

- Factor de ampliación de desplazamiento post-elástico:

$$C_d = 5,5 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, tabla 1.6.14-1})$$

- Cálculos:

- Periodo de vibración empírico:

$$T_a = K_T(h_n)^x \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.6})$$

$$K_T = 0,047 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.6})$$

$$x = 0,85 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.6})$$

$$h_n = 8,00$$

$$T_a = 0,047 (8,00)^{0,85} = 0,28 \text{ segundos}$$

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales:

$$S_{CS} = S_{cr} F_a N_a \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.3-1})$$

$$S_{1s} = S_{1r} F_v N_v \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.3-2})$$

$$F_a = 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.5-1})$$

$$F_v = 1,4 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.5-2})$$

$$N_a = 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.6-2})$$

$$N_v = 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.6-3})$$

$$S_{CS} = (1,30)(1)(1) = 1,30 \text{ gr}$$

$$S_{1s} = (0,50)(1,40)(1) = 0,70 \text{ gr}$$

- Probabilidad nominal de ocurrencia de los sismos de diseño (espectro calibrado):

$$S_{cd} = K_d S_{cs} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.5-1})$$

$$S_{1d} = K_d S_{1s} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.5-2})$$

$$K_d = 0,80 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.5.5-1})$$

$$S_{cd} = (0,80)(1,30) = 1,04 \text{ g}$$

$$S_{1d} = (0,80)(0,70) = 0,56 \text{ g}$$

- Periodo de transición:

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{0,70}{1,30} = 0,54 \text{ segundos} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.4-1})$$

$$T_o = 0,2T_s = 0,2(0,54) = 0,11 \text{ segundos}$$

- Espectros genéricos probables:

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad T_o \leq T \leq T_s \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.6-1})$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd} \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad T > T_s \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.6-2})$$

$$S_a(T) = S_{cd} \left[0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right] \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad T < T_o \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.6-3})$$

Tabla V. **Resultados de periodos de la edificación (Escuela)**

$T_o =$	0,11	seg
$T_a =$	0,28	seg
$T_s =$	0,54	seg

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Debido a que $T_o = 0,11 < T_a = 0,28 < T_s = 0,54$ entonces:

$$S_a(T) = S_{cd} = 1,04$$

- Coeficiente sísmico al límite de la cedencia:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.3-1})$$

$$C_s = \frac{1,04}{8} = 0,13$$

- Valores mínimos de C_s :

$$C_s \geq 0,044S_{cd} \geq 0,01 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.4-1})$$

$$C_s \geq \frac{0,75K_d S_{1r}}{R} \quad \rightarrow \quad S_{1r} \geq 0,6g \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.4-2 y 3})$$

De acuerdo a las condicionales,

$$C_s = 0,13 > 0,044S_{cd} = 0,046 > 0,01$$

$$C_s = 0,13 > \frac{0,75K_d S_{1r}}{R} = 0,038$$

Entonces, $C_s = 0,13$

- Cortante basal al límite de cedencia:

$$V_B = C_s W_s \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.2-1})$$

$$V_B = 0,13(526,80) = 68,48 \text{ Ton}$$

- Fuerzas actuantes por nivel: $(\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.2})$

Cantidad de marcos en X: 6

Cantidad de marcos en Y: 4

$$W_1 H_1 = H_x W \quad C_{vx} = \frac{W_1 H_1}{\sum(W_1 H_1)} \quad F_x = C_{vx} V_B$$

Tabla VI. **Cálculo de fuerzas horizontales por nivel.**

	W (t)	Hx (m)	W_1H_1	C_{vx}	Fx (T)
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	214,69	8,30	1 781,95	0,58	39,66
1	312,11	4,15	1 295,24	0,42	28,83
	526,80		3 077,19		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

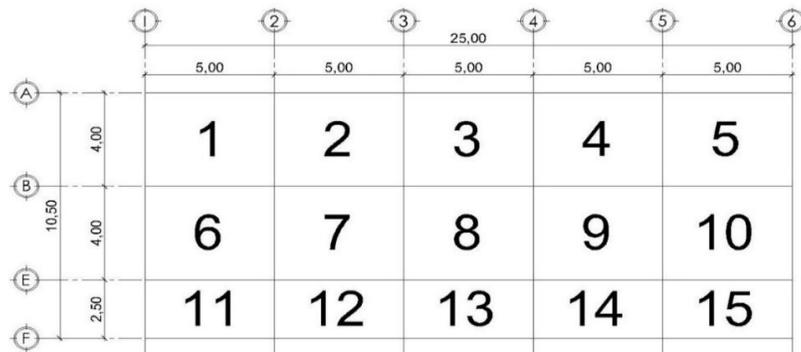
Tabla VII. **Fuerzas horizontales por eje.**

Nivel	Fx (T)	Eje Y (T)	Eje X (T)
3	0,00	0,00	0,00
2	39,66	9,91	6,61
1	28,83	7,21	4,80

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Centro de masa: (AGIES 2018, NSE 3, 2.3)

Figura 6. **Distribución de losas en edificio**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Tabla VIII. Centro de masa nivel 2, en X

CM _x Nivel 2						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	W _i L _i
1,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	2,50	30 100,00
2,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	7,50	90 300,00
3,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	12,50	150 500,00
4,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	17,50	210 700,00
5,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	22,50	270 900,00
6,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	2,50	30 100,00
7,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	7,50	90 300,00
8,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	12,50	150 500,00
9,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	17,50	210 700,00
10,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	22,50	270 900,00
11,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	2,50	18 812,50
12,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	7,50	56 437,50
13,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	12,50	94 062,50
14,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	17,50	131 687,50
15,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	22,50	169 312,50
						1 975
				158 025,00		312,50
				CM _x Nivel 2=	12,5	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla IX. Centro de masa nivel 2, en Y

CM _y Nivel 2						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	W _i L _i
1,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	8,50	102 340,00
2,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	8,50	102 340,00
3,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	8,50	102 340,00
4,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	8,50	102 340,00
5,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	8,50	102 340,00
6,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	4,50	54 180,00
7,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	4,50	54 180,00
8,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	4,50	54 180,00
9,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	4,50	54 180,00
10,00	20,00	8 040,00	4 000,00	12 040,00	4,50	54 180,00

Continuación tabla IX.

11,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	1,25	9 406,25
12,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	1,25	9 406,25
13,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	1,25	9 406,25
14,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	1,25	9 406,25
15,00	12,50	5 025,00	2 500,00	7 525,00	1,25	9 406,25
				158 025,00		829 631,25
				CM _y Nivel 2=	5,25	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla X. **Centro de masa nivel 1, en X**

CM _x Nivel 1						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	W _i L _i
1,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	2,50	48 900,00
2,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	7,50	146 700,00
3,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	12,50	244 500,00
4,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	17,50	342 300,00
5,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	22,50	440 100,00
6,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	2,50	48 900,00
7,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	7,50	146 700,00
8,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	12,50	244 500,00
9,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	17,50	342 300,00
10,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	22,50	440 100,00
11,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	2,50	30 562,50
12,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	7,50	91 687,50
13,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	12,50	152 812,50
14,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	17,50	213 937,50
15,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	22,50	275 062,50
				256 725,00		3 209 062,50
				CM _x Nivel 1=	12,5	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XI. **Centro de masa nivel 1, en Y**

CM _Y Nivel 1						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	W _i L _i
1,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	8,50	166 260,00
2,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	8,50	166 260,00
3,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	8,50	166 260,00
4,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	8,50	166 260,00
5,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	8,50	166 260,00
6,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	4,50	88 020,00
7,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	4,50	88 020,00
8,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	4,50	88 020,00
9,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	4,50	88 020,00
10,00	20,00	9 560,00	10 000,00	19 560,00	4,50	88 020,00
11,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	1,25	15 281,25
12,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	1,25	15 281,25
13,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	1,25	15 281,25
14,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	1,25	15 281,25
15,00	12,50	5 975,00	6 250,00	12 225,00	1,25	15 281,25
				256 725,00	1 347 806,25	
				CM _Y Nivel 1=	5,25	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XII. **Resultados de centro de masa**

	Nivel 2	Nivel 1
CM _X	12,5	12,5
CM _Y	5,25	5,25

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Centro de rigidez: (AGIES 2018, NSE 3, 2.2)
- Módulo cortante del concreto:

$$G = (0,4)15 \ 100\sqrt{F'_c} = (0,4)(15 \ 100)\sqrt{281} = 10 \ 1 \ 248,85 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_c = 15 \ 100\sqrt{F'_c} = 15 \ 100\sqrt{281} = 25 \ 3 \ 122,12 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- Inercia de la sección de las columnas:

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(0,40)(0,40)^3 = 213 \ 333,33$$

- Empotrado:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12E_cI} + \frac{1,2Fh}{AG}} = \frac{1}{\frac{(38 \ 785,60)(400)^3}{12(253 \ 122)(213 \ 333)} + \frac{1,2((38 \ 785,60))(400)}{(1 \ 225)(101 \ 248)}} = 0,06 \text{ cm}^{-1}$$

- En voladizo:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_cI} + \frac{1,2Fh}{AG}} = \frac{1}{\frac{(28 \ 427,98)(400)^3}{3(253 \ 122)(213 \ 333)} + \frac{1,2(28 \ 427,98)(400)}{(1 \ 225)(101 \ 248)}} = 0,32 \text{ cm}^{-1}$$

Tabla XIII. **Centro de rigidez nivel 2, en X**

CR _x Nivel 2					
Marco	# de columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	L (m) *	Km * L
1	6	0,06	0,36	0	0
2	6	0,06	0,36	5	1,8
3	6	0,06	0,36	10	3,6
4	6	0,06	0,36	15	5,4
5	6	0,06	0,36	20	7,2
6	6	0,06	0,36	25	9
			2,16		27

$$CR_x \text{ nivel 2} = 12,50$$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIV. **Centro de rigidez nivel 2, en Y**

CR _y Nivel 2					
Marco	# de columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	L (m) *	Km * L
A	4	0,06	0,24	0	0
C	4	0,06	0,24	2,5	0,6
E	4	0,06	0,24	6,5	1,56
F	4	0,06	0,24	10,5	2,52
			0,96		4,68

$$CR_y \text{ nivel 2} = 4,88$$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

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

CR _x Nivel 1					
Marco	# de columnas	K _c (cm ⁻¹)	K _m (cm ⁻¹)	L (m) *	K _m * L
1	6	0,32	1,92	0	0
2	6	0,32	1,92	5	9,6
3	6	0,32	1,92	10	19,2
4	6	0,32	1,92	15	28,8
5	6	0,32	1,92	20	38,4
6	6	0,32	1,92	25	48
			11,52		144

CR_x nivel 1 = 12,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVI. **Centro de rigidez nivel 1, en Y**

CR _y Nivel 1					
Marco	# de columnas	K _c (cm ⁻¹)	K _m (cm ⁻¹)	L (m) *	K _m * L
A	4	0,32	1,28	0	0
C	4	0,32	1,28	2,5	3,2
E	4	0,32	1,28	6,5	8,32
F	4	0,32	1,28	10,5	13,44
			5,12		24,96

CR_y nivel 1 = 4,88

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVII. **Resultados de centro de rigidez**

Centro de rigidez		
	Nivel 2	Nivel 1
CR _x =	12,50	12,50
CR _y =	4,88	4,88

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Excentricidades directas:

$$e_x = |CM_x - CR_x|$$

$$e_y = |CM_y - CR_y|$$

- Nivel 2:

$$e_x = |12,50 - 12,50| = 0$$

$$e_y = |5,25 - 4,88| = 0,38$$

- Nivel 1:

$$e_x = |12,50 - 12,50| = 0$$

$$e_y = |5,25 - 4,88| = 0,38$$

- Excentricidades indirectas: (AGIES 2018, NSE 3, 2.3.2)

$$e_x = |CM_x - CR_x| \pm 0,05b_x$$

$$e_y = |CM_y - CR_y| \pm 0,05b_y$$

- Nivel 2:

$$e_{x(+)} = |12,50 - 12,50| + 0,05(10,50) = 0,53$$

$$e_{y(+)} = |5,25 - 4,88| + 0,05(25) = 1,63$$

$$e_{x(-)} = |12,50 - 12,50| - 0,05(10,50) = -0,53$$

$$e_{y(-)} = |5,25 - 4,88| - 0,05(25) = -0,88$$

- Nivel 1:

$$e_{x(+)} = |12,50 - 12,50| + 0,05(10,50) = 0,53$$

$$e_{y(+)} = |5,25 - 4,88| + 0,05(25) = 1,63$$

$$e_{x(-)} = |12,50 - 12,50| - 0,05(10,50) = -0,53$$

$$e_{y(-)} = |5,25 - 4,88| - 0,05(25) = -0,88$$

- Corte por sismo y torsión: (AGIES 2018, NSE 3, 2.3)

(Continúa en siguiente página)

Tabla XVIII. **Corte y torsión, nivel 2 en X, escuela**

2 nivel X							
Eje	e	Fx	Km	di *	Km Fx	Km di	Km di ²
1	0,525	38 786	0,36	-12,5	13 963	-4,5	56,25
	-0,525						
2	0,525	38 786	0,36	-7,5	13 963	-2,7	20,25
	-0,525						
3	0,525	38 786	0,36	-2,5	13 963	-0,9	2,25
	-0,525						
4	0,525	38 786	0,36	2,5	13 963	0,9	2,25
	-0,525						
5	0,525	38 786	0,36	7,5	13 963	2,7	20,25
	-0,525						
6	0,525	38 786	0,36	12,5	13 963	4,5	56,25
	-0,525						
			2,16				157,5

2 nivel X				
Eje	Vs	Vt	VT	VT mayor
1	6 464	-582	5 882	7 046
		582	7 046	
2	6 464	-349	6 115	6 813
		349	6 813	
3	6 464	-116	6 348	6 581
		116	6 581	
4	6 464	116	6 581	6 581
		-116	6 348	
5	6 464	349	6 813	6 813
		-349	6 115	
6	6 464	582	7 046	7 046
		-582	5 882	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIX. **Corte y torsión, nivel 2 en Y, escuela**

2 nivel Y							
Eje	e	Fx	Km	di *	Km Fx	Km di	Km di ²
A	1,625	38 786	0,24	-5,25	9 309	-1,26	6,615
	-0,875						
C	1,625	38 786	0,24	-2,75	9 309	-0,66	1,815
	-0,875						
E	1,625	38 786	0,24	1,25	9 309	0,3	0,375
	-0,875						
F	1,625	38 786	0,24	5,25	9 309	1,26	6,615
	-0,875						
			0,96				15,42

2 nivel Y				
Eje	Vs	Vt	VT	VT mayor
A	9 696	-5 150	4 546	12 469
		2 773	12 469	
C	9 696	-2 698	6 999	11 149
		1 453	11 149	
E	9 696	1 226	10 923	10 923
		-660	9 036	
F	9 696	5 150	14 846	14 846
		-2 773	6 923	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XX. **Corte y torsión nivel 1 en X, escuela**

1 nivel X							
Eje	e	Fx	Km	di *	Km Fx	Km di	Km di ²
1	0,525	28 428	1,92	-12,5	54 582	-24	300
	-0,525						
2	0,525	28 428	1,92	-7,5	54 582	-14.4	108
	-0,525						
3	0,525	28 428	1,92	-2,5	54 582	-4.8	12
	-0,525						
4	0,525	28 428	1,92	2,5	54 582	4.8	12
	-0,525						
5	0,525	28 428	1,92	7,5	54 582	14.4	108
	-0,525						
6	0,525	28 428	1,92	12,5	54 582	24	300
	-0,525						
						11,52	840

1 nivel X				
Eje	Vs	Vt	VT	VT mayor
1	4 738	-426	4 312	5 164
		426	5 164	
2	4 738	-256	4 482	4 994
		256	4 994	
3	4 738	-85	4 653	4 823
		85	4 823	
4	4 738	85	4 823	4 823
		-85	4 653	
5	4 738	256	4 994	4 994
		-256	4 482	
6	4 738	426	5 164	5 164
		-426	4 312	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXI. **Corte y torsión nivel 1 en Y, escuela**

1 nivel Y							
Eje	e	Fx	Km	di *	Km Fx	Km di	Km di2
A	1,625	28 428	1,28	-5,25	36 388	-6,72	35,28
	-0,875						
C	1,625	28 428	1,28	-2,75	36 388	-3,52	9,68
	-0,875						
E	1,625	28 428	1,28	1,25	36 388	1,6	2
	-0,875						
F	1,625	28 428	1,28	5,25	36 388	6,72	35,28
	-0,875						
			5,12				82,24

1 nivel Y				
Eje	Vs	Vt	VT	VT mayor
A	7 107	-3 775	3 332	9 140
		2 033	9 140	
C	7 107	-1 977	5 130	8 172
		1 065	8 172	
E	7 107	899	8 006	8 006
		-484	6 623	
F	7 107	3 775	10 882	10 882
		-2 033	5 074	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Resultados:

Tabla XXII. **Resultados de fuerzas horizontales, Escuela**

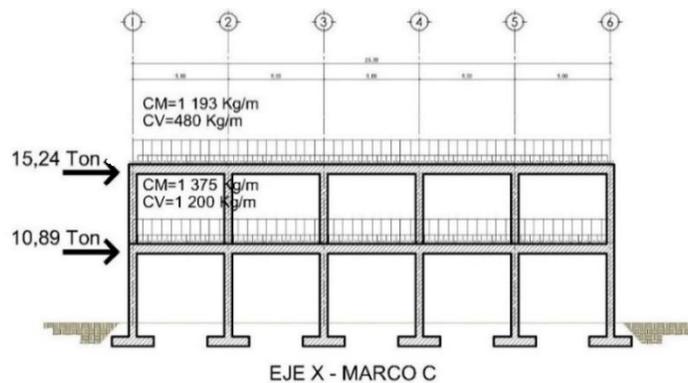
MARCO	NIVEL	F (Kg)	F (Ton)
1	2	7 046,05	7,05
	1	5 164,42	5,17
2	2	6 813,34	6,82
	1	4 993,85	5,00
3	2	6 580,62	6,59
	1	4 823,28	4,83
4	2	6 580,62	6,59
	1	4 823,28	4,83
5	2	6 813,34	6,82
	1	4 993,85	5,00
6	2	7 046,05	7,05
	1	5 164,42	5,17
A	2	12 469,49	12,47
	1	9 139,54	9,14
C	2	11 148,97	11,15
	1	8 171,66	8,18
F	2	10 922,60	10,93
	1	8 005,74	8,01
E	2	14 846,43	14,85
	1	10 881,72	10,89

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.6.4. Modelos matemáticos para análisis estructural de marcos dúctiles

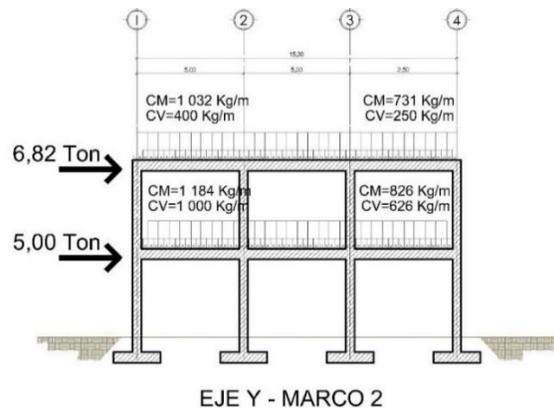
Son los modelos utilizados para dar una interpretación matemática a la estructura.

Figura 7. Resultados de fuerzas actuantes en eje X (Marco C, Escuela)



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Figura 8. Resultados de fuerzas actuantes en eje Y (Marco 2, Escuela)



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

2.1.6.5. Análisis estructural de los marcos dúctiles por medio de software (ETABS) y comprobación por el método de Kani

El análisis estructural se realiza para conocer los momentos que causan las verticales que están compuestas por las cargas vivas y cargas muertas, también los causados por las cargas horizontales provocados por movimientos sísmicos.

El método de Kani es un método iterativo exacto. A continuación, se explica el procedimiento:

Momentos fijos: se calculan para las cargas verticales.

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

Rigideces:

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

Factores de giro:

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

Momentos de sujeción: es la suma aritmética de los momentos actuantes en cada nudo. Se calculan para las cargas verticales.

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

Factores de corrimiento: se calculan para las fuerzas horizontales o cuando existe ladeo causado por la asimetría de la estructura.

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

Fuerzas de sujeción: se calculan para las cargas horizontales.

$$H = FM_{\text{nivel } n}$$

Fuerzas cortantes en el piso: Se calculan para las cargas horizontales.

$$Q_n = \sum H$$

Momentos de piso: se calculan para las cargas horizontales.

$$M_n = \frac{Q_n H_n}{3}$$

Cálculo de iteraciones:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} \left(M_s + \sum M'_{ni} \right) \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M''_{ik} = v_{ik} \left(\sum M'_{ni} + M''_{ni} \right) \quad \text{Con ladeo}$$

Cálculo de momentos finales: para el extremo de cada barra.

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{Sin Ladeo}$$

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

Cálculo de momentos positivos en vigas:

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

Se realizan algunos ejemplos del procedimiento del método de Kani:

MARCO C

- Carga muerta:

- Momentos fijos:

$$MF_{AB} = MF_{BC} = MF_{CD} = MF_{DE} = MF_{EF} = -\frac{1}{12} \frac{193(5)^2}{12} = -2\,485,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$MF_{BA} = MF_{CB} = MF_{DC} = MF_{ED} = MF_{FE} = \frac{1}{12} \frac{193(5)^2}{12} = 2\,485,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$MF_{GH} = MF_{HI} = MF_{IJ} = MF_{JK} = MF_{KL} = -\frac{1}{12} \frac{375(5)^2}{12} = -2\,865,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$MF_{HG} = MF_{IH} = MF_{JI} = MF_{KJ} = MF_{LK} = \frac{1}{12} \frac{475(5)^2}{12} = 2\,865,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Momentos de sujeción:

$$Ms_A = -2\,485,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$Ms_B = Ms_C = Ms_D = Ms_E = 2\,485,00 - 2\,485,00 = 0 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$Ms_F = 2\,485,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$Ms_G = -2\,865,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$Ms_H = Ms_I = Ms_J = Ms_K = 2\,865,00 - 2\,865,00 = 0 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$Ms_L = 2\,865,00 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Inercias:

$$I_{\text{columnas}} = \frac{40(40)^3}{12} = 213\,333 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{vigas 2}} = \frac{25(50)^3}{12} = 260\,417 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{vigas } 1} = \frac{25(50)^3}{3} = 260\,417 \text{ cm}^4$$

- Inercias relativas:

$$I_{\text{columnas}} = 1$$

$$I_{\text{vigas } 2} = \frac{133\,333}{125\,052} = 1,07$$

$$I_{\text{vigas } 1} = \frac{260\,417}{125\,052} = 2,08$$

- Rigideces relativas:

- Columnas:

$$K_{AG} = K_{BH} = K_{CI} = K_{DJ} = K_{EK} = K_{FL} = K_{GM} = \frac{1}{4,15} = K_{HN} = K_{IO} = K_{JP} =$$

$$K_{KQ} = K_{LR} = 0,241$$

- Vigas:

$$K_{AB} = \frac{1,22}{5} = K_{BC} = K_{CD} = K_{DE} = K_{EF} = K_{GH} = K_{HI} = K_{IJ} = K_{JK} = K_{KL} =$$

$$0,244$$

- Factores de giro:

Nudo A:

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,244} \right) = -0,252$$

$$\mu_{Ag} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,244}{0,241+0,244} \right) = -0,248$$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,244}{0,244+0,241+0,244} \right) = -0,167$$

$$\mu_{BH} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,241}{0,244+0,241+0,244} \right) = -0,165$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,244}{0,244+0,241+0,244} \right) = -0,167$$

Nudo C:

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,244}{0,244+0,241+0,244} \right) = -0,167$$

$$\mu_{CD} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,241}{0,244+0,241+0,244} \right) = -0,165$$

$$\mu_{CI} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,244}{0,244+0,241+0,244} \right) = -0,167$$

El procedimiento se repite para el resto de nudos.

- Factores de corrimiento:

Nivel 2:

$$v_{AG} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,241+0,241+0,241+0,241+0,241} \right) = -0,25$$

$$v_{BH} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,241+0,241+0,241+0,241+0,241} \right) = -0,25$$

$$v_{CI} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,241+0,241+0,241+0,241+0,241} \right) = -0,25$$

$$v_{DJ} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,241+0,241+0,241+0,241+0,241} \right) = -0,25$$

$$v_{EK} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,241+0,241+0,241+0,241+0,241} \right) = -0,25$$

$$v_{FL} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,241}{0,241+0,241+0,241+0,241+0,241+0,241} \right) = -0,25$$

El procedimiento se repite para el nivel 1.

- Iteraciones:
 - Primera iteración – Influencias de giro:

Nudo A:

$$M'_{AB} = -0,252(-2 \ 485 + 0 + 0 + 0) = 625,32 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{AG} = -0,248(-2 \ 485 + 0 + 0 + 0) = 617,18 \text{ Kg} - \text{m}$$

Nudo B:

$$M'_{BA} = -0,167(0 + 617,18 + 0 + 0) = -104,67 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{BH} = -0,165(0 + 617,18 + 0 + 0) = -103,31 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{BC} = -0,167(0 + 587,38 + 0 + 0) = -104,67 \text{ Kg} - \text{m}$$

Nudo C:

$$M'_{CB} = -0,167(0 - 104,67 + 0 + 0) = 17,52 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{CI} = -0,165(0 - 104,67 + 0 + 0) = 17,29 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{CD} = -0,167(0 - 104,67 + 0 + 0) = 17,52 \text{ Kg} - \text{m}$$

El procedimiento se repite para el resto de los nudos.

- Primera iteración – Influencias de desplazamiento:

Nivel 2:

$$M''_{AG} = M''_{BH} = M''_{CI} = M''_{DJ} = M''_{EK} = M''_{FL} = -0,25(617,18 - 103,31 + 17,29 - 2,89 + 0,48 - 617,30 + 370,81 + 13,01 - 1,45 - 5,54 + 46,87 - 372,98) = 9,46 \text{ Kg} - \text{m}$$

Se repite el procedimiento para el primer nivel.

- Segunda iteración – Influencias de giro:

Nudo A:

$$M'_{AB} = -0,252(-2 \cdot 485 + 370,81 - 104,67 + 9,46) = 555,97 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{AG} = -0,248(-2 \cdot 485 + 370,81 - 104,67 + 9,46) = 548,73 \text{ Kg} - \text{m}$$

Nudo B:

$$M'_{BA} = -0,167(0 + 555,97 + 17,52 + 13,03 + 9,46) = -99,76 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{BH} = -0,165(0 + 555,97 + 17,52 + 13,03 + 9,46) = -98,46 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{BC} = -0,167(0 + 555,97 + 17,52 + 13,03 + 9,46) = -99,76 \text{ Kg} - \text{m}$$

Nudo C:

$$M'_{CB} = -0,167(0 - 99,76 - 2,93 - 1,45 + 9,46) = 15,85 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{CI} = -0,165(0 - 99,76 - 2,93 - 1,45 + 9,46) = 15,64 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M'_{CD} = -0,167(0 - 99,76 - 2,93 - 1,45 + 9,46) = 15,85 \text{ Kg} - \text{m}$$

Se repite el procedimiento para el resto de nudos.

- Segunda iteración – Influencias de desplazamiento:

Nivel 2:

$$M''_{AG} = M''_{BH} = M''_{CI} = M''_{DJ} = M''_{EK} = M''_{FL} = -0,25(548,73 - 98,46 + 15,64 - 3,35 + 94,59 - 550,70 + 390,55 - 33,69 - 2,69 - 3,86 + 38,59 - 391,37) = -1,91 \text{ Kg} - \text{m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para el primer nivel.

Se realizó el procedimiento escrito de dos iteraciones como muestra. Para el cálculo de momentos finales se realizaron 8 iteraciones. En la siguiente ilustración se observa el procedimiento completo de cálculo:

- Cálculo de momentos finales:

$$M_{AB} = -2\,485 + 2(548,86) - 82,22 = -1\,475,50 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{AG} = 0 + 2(541,72) + 392,07 - 0,02 = 1\,475,49 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{BA} = 2\,485 + 2(-88,22) + 548,86 = 2\,857,42 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{BH} = 0 + 2(-87,07) - 38,92 - 0,01 = -213,08 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{BC} = -2\,365 + 2(-88,22) + 17,09 = -2\,644,35 \text{ Kg} - \text{m}$$

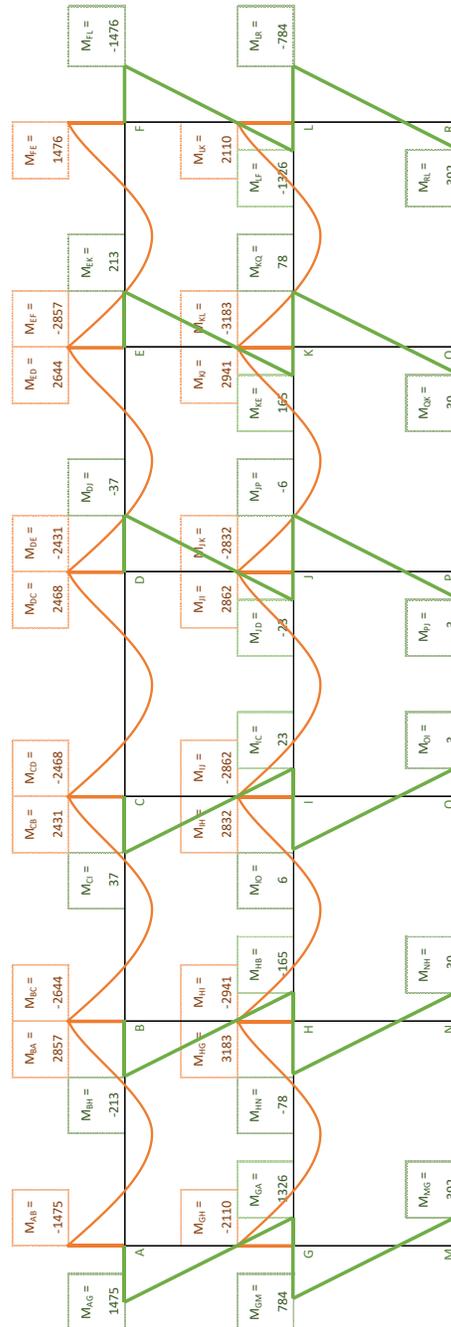
$$M_{CB} = 2\,485 + 2(17,09) - 88,22 = 2\,430,97 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{CB} = 0 + 2(16,87) + 3,21 - 0,01 = 36,94 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{CD} = -2\,485 + 2(17,09) - 17,09 = -2\,467,90 \text{ Kg} - \text{m}$$

(Ilustración de momentos finales en la siguiente página)

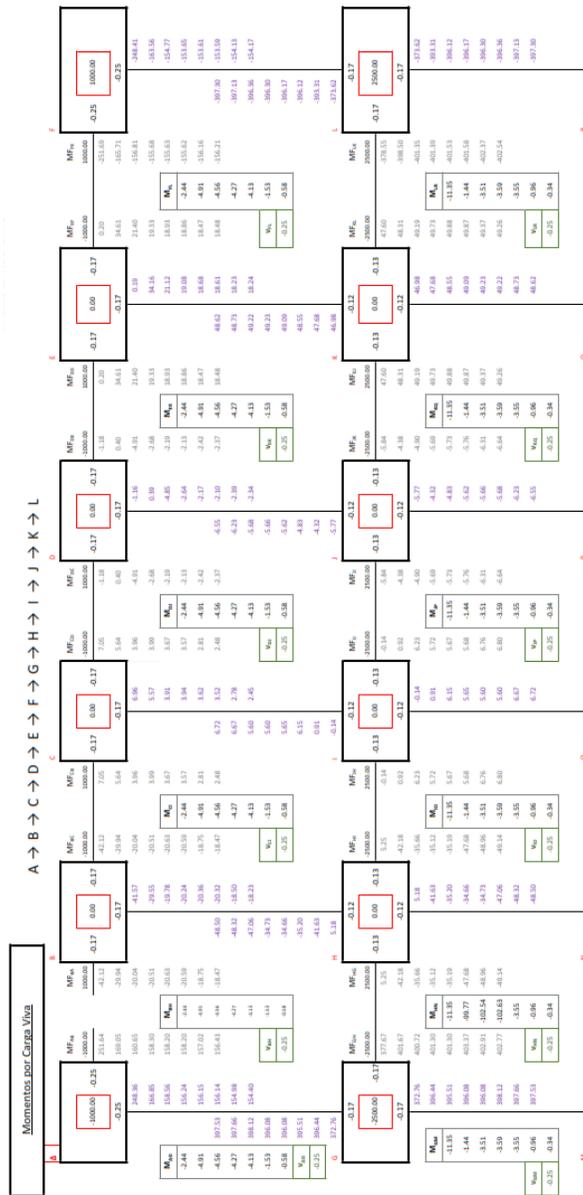
Figura 10. Resultados de momentos por carga muerta, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

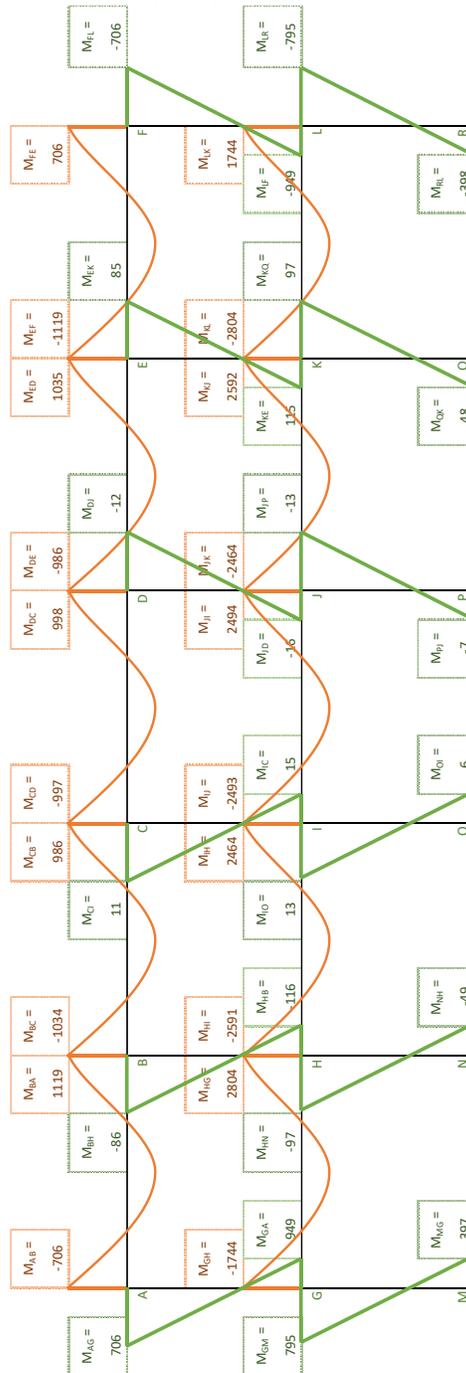
- Carga viva:
- Momentos finales:

Figura 11. Cálculo de iteraciones para Carga Viva, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 12. Resultado de momentos por carga viva, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Carga sísmica:

- Fuerzas cortantes:

$$Q_1 = 11\,150,00$$

$$Q_2 = 19\,330,00$$

- Momentos de piso:

$$M_1 = \frac{Q_K h_K}{3} = \frac{(11\,150)(4,15)}{3} = 15\,424,17$$

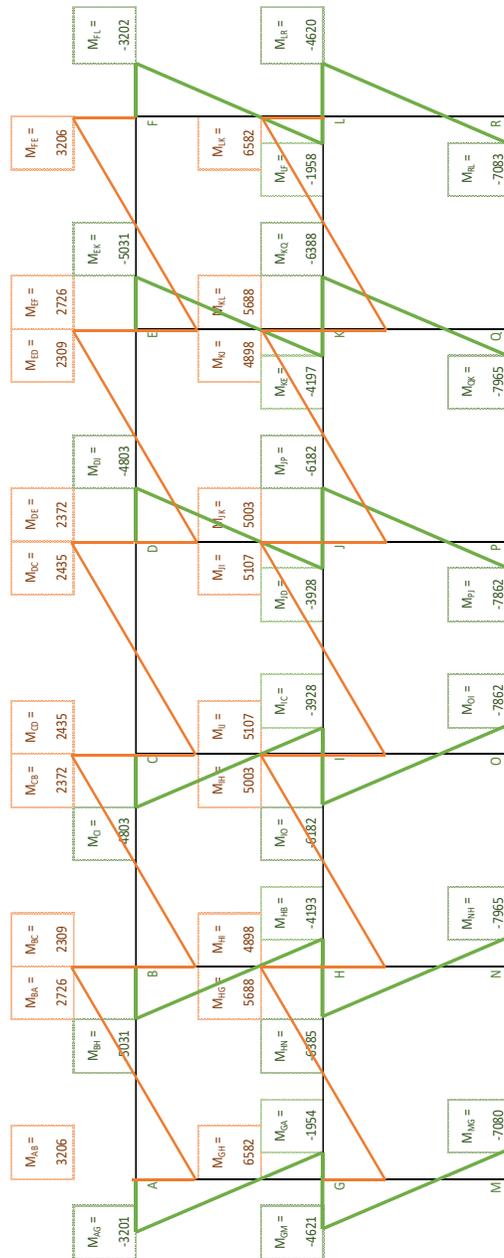
$$M_2 = \frac{Q_K h_K}{3} = \frac{(19\,330)(4,15)}{3} = 26\,739,83$$

- Iteraciones:

(Ver la siguiente página)

- Momentos finales:

Figura 14. Resultado de momentos por carga de sismo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXIII. **Resultados finales por Kani, Escuela**

Vigas	CM	CV	CS
A-B	-1 475	-706	3 206
B-A	2 857	1 119	2 726
B-C	-2 644	-1 034	2 309
C-B	2 431	986	2 372
C-D	-2 468	-997	2 435
D-C	2 468	998	2 435
D-E	-2 431	-986	2 372
E-D	2 644	1 035	2 309
E-F	-2 857	-1 119	2 726
F-E	1 476	706	3 206
G-H	-2 110	-1 744	6 582
H-G	3 183	2 804	5 688
H-I	-2 941	-2 591	4 898
I-H	2 832	2 464	5 003
I-J	-2 862	-2 493	5 107
J-I	2 862	2 494	5 107
J-K	-2 832	-2 464	5 003
K-J	2 941	2 592	4 898
K-L	-3 183	-2 804	5 688
L-K	2 110	1 744	6 582

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para el cálculo de los momentos positivos se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_{(+)} = \frac{wl^2}{8} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Tabla XXIV. **Momentos positivos por Kani, Marco C, Escuela**

Vigas	CM	CV
A-B	1 561	587
B-C	1 190	490
C-D	1 260	502
D-E	1 190	490
E-F	1 561	587
G-H	1 651	1 476
H-I	1 411	1 222
I-J	1 436	1 257
J-K	1 411	-2 528
K-L	1 651	1 476

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.6.6. Momentos y corte últimos con envolvente de momentos

- Cálculo de corte:

El corte se calcula con base en la ecuación del Capítulo R18.4.2 del ACI 318S-14.

- Vigas

$$w_u = 1,2D + 1,0L + 0,2S$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$$

- Columnas

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n}$$

Tabla XXV. **Corte en vigas (Kani), Escuela**

VIGAS						
TRAMO	M _{ik}	M _{ki}	W _u	l _n	V (+)	V (-)
A-B	-5 989	7 869	1 911	5,00	5 154	-4 403
B-C	-7 067	6 782	1 911	5,00	4 721	-4 835
C-D	-6 908	6 908	2 150	5,00	5 375	-5 375
D-E	-6 781	7 067	1 911	5,00	4 836	-4 721
E-F	-7 869	5 989	1 911	5,00	4 403	-5 154
G-H	-11 296	12 974	1 911	5,00	5 114	-4 443
H-I	-11 630	11 455	1 911	5,00	4 743	-4 813
I-J	-11 630	11 630	1 911	5,00	4 779	-4 778
J-K	-11 454	11 630	1 911	5,00	4 814	-4 743
K-L	-12 974	11 297	1 911	5,00	4 443	-5 114

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVI. **Corte en columnas (Kani), Escuela**

COLUMNAS						
TRAMO	M _{ik}	M _{ki}	W _u	l _n	V (+)	V (-)
A-G	5 984	4 770		4,15	2 591	2 591
B-H	-5 417	-4 541		4,15	-2 400	-2 400
C-I	4 866	3 976		4,15	2 131	2 131
D-J	-4 867	-3 977		4,15	-2 131	-2 131
E-K	5 416	4 544		4,15	2 400	2 400
F-L	-5 985	-4 774		4,15	-2 593	-2 593
G-M	6 520	8 029		4,15	3 506	3 506
H-N	-6 592	-8 069		4,15	-3 533	-3 533

Continuación de tabla XXVI.

I-O	6 204	7 873		4,15	3 392	3 392
J-P	-6 204	-7 874		4,15	-3 392	-3 392
K-Q	6 595	8 069		4,15	3 533	3 533
L-R	-6 519	-8 033		4,15	-3 507	-3 507
COLUMNAS						
TRAMO	M_{ik}	M_{ki}	W_u	l_n	V (+)	V (-)
A-G	5 984	4 770		4,15	2 591	2 591
B-H	-5 417	-4 541		4,15	-2 400	-2 400
C-I	4 866	3 976		4,15	2 131	2 131
D-J	-4 867	-3 977		4,15	-2 131	-2 131
E-K	5 416	4 544		4,15	2 400	2 400
F-L	-5 985	-4 774		4,15	-2 593	-2 593
G-M	6 520	8 029		4,15	3 506	3 506
H-N	-6 592	-8 069		4,15	-3 533	-3 533
I-O	6 204	7 873		4,15	3 392	3 392
J-P	-6 204	-7 874		4,15	-3 392	-3 392
K-Q	6 595	8 069		4,15	3 533	3 533
L-R	-6 519	-8 033		4,15	-3 507	-3 507

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Envoltente de momentos:

Las combinaciones de carga se establecen en el Capítulo 8.3 del AGIES 2018, a continuación, se describen:

- Carga de gravedad:

$$1. 1,4M$$

$$2. 1,2M + 1,6V + 0,5(V_t \text{ o } P_L \text{ o } A_R)$$

$$3. 1,2M + V + 1,6(V_t \text{ o } P_L \text{ o } A_R)$$

- Carga de sismo:

$$4. 1,4M + V + S_{vd} \pm S_{hd}$$

$$5. 0,9M - S_{vd} \pm S_{hd}$$

Para el cálculo de Svd se calcula conforme a la Sección 4.5.9:

$$S_{vd} = 0,20S_{cd}M = 0,20(1,04) = 0,208M$$

$$Comb_4 = 1,2M + V + 0,208M + S_{hd} = 1,418M + V + S_{hd}$$

$$Comb_5 = 1,2M + V + 0,208M - S_{hd} = 1,418M + V - S_{hd}$$

$$Comb_6 = 1,2M - 0,208M + S_{hd} = 0,692M + S_{hd}$$

$$Comb_7 = 1,2M - 0,208M - S_{hd} = 0,692M - S_{hd}$$

Tabla XXVII. **Combinaciones de carga según AGIES 2018, Escuela⁸**

Combinaciones de carga			
COMBINACIÓN	CM	CV	CS
Comb 1	1,20	1,60	0,00
Comb 2	1,20	1,00	0,00
Comb 3	1,41	1,00	1,00
Comb 4	1,41	1,00	-1,00
Comb 5	0,69	0,00	1,00
Comb 6	0,69	0,00	-1,00
Comb 7	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

⁸ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. p.8-2.

Tabla XXVIII. **Cargas distribuídas finales de vigas para marco
C de escuela**

Tramo	CM	CV	CS
NIVEL 2			
A-B	-1 475	-706	3 206
B-A	2 857	1 119	2 726
B-C	-2 644	-1 034	2 309
C-B	2 431	986	2 372
C-D	-2 468	-997	2 435
D-C	2 468	998	2 435
D-E	-2 431	-986	2 372
E-D	2 644	1 035	2 309
E-F	-2 857	-1 119	2 726
NIVEL 1			
F-E	1 476	706	3 206
G-H	-2 110	-1 744	6 582
H-G	3 183	2 804	5 688
H-I	-2 941	-2 591	4 898
I-H	2 832	2 464	5 003
I-J	-2 862	-2 493	5 107
J-I	2 862	2 494	5 107
J-K	-2 832	-2 464	5 003
K-J	2 941	2 592	4 898
K-L	-3 183	-2 804	5 688
L-K	2 110	1 744	6 582

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXIX. **Combinaciones de carga de vigas para marco C de escuela, según AGIES 2018**

Tramo	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7
NIVEL 2							
A-B	-2 900	-2 476	423	-5 989	2 185	2 185	-4 227
B-A	5 220	4 548	7 869	2 417	4 703	4 703	-749
B-C	-4 828	-4 208	-2 449	-7 067	479	479	-4 139
C-B	4 496	3 904	6 782	2 037	4 055	4 055	-690
C-D	-4 557	-3 959	-2 037	-6 908	728	728	-4 143
D-C	4 558	3 959	6 908	2 037	4 143	4 143	-728
D-E	-4 495	-3 903	-2 037	-6 781	690	690	-4 055
E-D	4 829	4 208	7 067	2 448	4 139	4 139	-479
E-F	-5 220	-4 548	-2 416	-7 869	749	749	-4 703
NIVEL 1							
F-E	2 900	2 477	5 989	-422	4 227	4 227	-2 185
G-H	-5 322	-4 276	1 867	-11 296	5 122	5 122	-8 042
H-G	8 307	6 625	12 974	1 599	7 891	7 891	-3 485
H-I	-7 675	-6 120	-1 834	-11 630	2 863	2 863	-6 933
I-H	7 342	5 863	11 455	1 449	6 963	6 963	-3 043
I-J	-7 423	-5 927	-1 415	-11 630	3 127	3 127	-7 088
J-I	7 424	5 928	11 630	1 415	7 088	7 088	-3 127
J-K	-7 341	-5 862	-1 449	-11 454	3 043	3 043	-6 963
K-J	7 676	6 121	11 630	1 834	6 933	6 933	-2 863
K-L	-8 306	-6 624	-1 599	-12 974	3 485	3 485	-7 890
L-K	5 323	4 276	11 297	-1 867	8 042	8 042	-5 122

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXX. **Valor mayor de combinaciones de carga de vigas para marco C de escuela**

Tramo	Valor mayor
NIVEL 2	
A-B	-5 989
B-A	7 869
B-C	-7 067
C-B	6 782
C-D	-6 908
D-C	6 908
D-E	-6 781
E-D	7 067
E-F	-7 869
NIVEL 1	
F-E	5 989
G-H	-11 296
H-G	12 974
H-I	-11 630
I-H	11 455
I-J	-11 630
J-I	11 630
J-K	-11 454
K-J	11 630
K-L	-12 974
L-K	11 297

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXI. **Cargas distribuídas finales de columnas para marco C de escuela**

Tramo	CM	CV	CS
NIVEL 2			
A-G	1 475	706	-3 201
G-A	1 326	949	-1 954
B-H	-213	-86	-5 031
H-B	-165	-116	-4 193
C-I	37	11	-4 803
I-C	23	15	-3 928
D-J	-37	-12	-4 803
J-D	-23	-16	-3 928
E-K	213	85	-5 031
K-E	165	115	-4 197
F-L	-1 476	-706	-3 202
L-F	-1 326	-949	-1 958
G-M	784	795	-4 621
NIVEL 1			
M-G	392	397	-7 080
H-N	-78	-97	-6 385
N-H	-39	-49	-7 965
I-O	6	13	-6 182
O-I	3	6	-7 862
J-P	-6	-13	-6 182
P-J	-3	-7	-7 862
K-Q	78	97	-6 388
Q-K	39	48	-7 965
L-R	-784	-795	-4 620
R-L	-392	-398	-7 083

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXII. **Combinaciones de carga de columnas para marco C de escuela, según AGIES 2018**

Tramo	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7
NIVEL 2							
A-G	2 900	2 476	-418	5 984	-2 180	-2 180	4 222
G-A	3 109	2 540	861	4 770	-1 037	-1 037	2 872
B-H	-393	-341	-5 417	4 646	-5 179	-5 179	4 884
H-B	-383	-314	-4 541	3 845	-4 307	-4 307	4 079
C-I	62	55	-4 740	4 866	-4 778	-4 778	4 829
I-C	52	43	-3 880	3 976	-3 912	-3 912	3 944
D-J	-63	-56	-4 867	4 740	-4 829	-4 829	4 778
J-D	-54	-44	-3 977	3 879	-3 944	-3 944	3 912
E-K	391	340	-4 647	5 416	-4 884	-4 884	5 179
K-E	382	313	-3 850	4 544	-4 083	-4 083	4 311
F-L	-2 901	-2 477	-5 985	418	-4 223	-4 223	2 180
L-F	-3 110	-2 540	-4 774	-858	-2 876	-2 876	1 041
G-M	2 212	1 736	-2 722	6 520	-4 078	-4 078	5 163
NIVEL 1							
M-G	1 106	868	-6 131	8 029	-6 809	-6 809	7 352
H-N	-249	-191	-6 592	6 178	-6 439	-6 439	6 332
N-H	-125	-96	-8 069	7 862	-7 992	-7 992	7 938
I-O	29	21	-6 160	6 204	-6 178	-6 178	6 186
O-I	14	10	-7 851	7 873	-7 860	-7 860	7 864
J-P	-29	-21	-6 204	6 159	-6 186	-6 186	6 177
P-J	-15	-11	-7 874	7 851	-7 864	-7 864	7 860
K-Q	248	190	-6 182	6 595	-6 335	-6 335	6 442
Q-K	124	95	-7 862	8 069	-7 939	-7 939	7 992
L-R	-2 213	-1 736	-6 519	2 721	-5 163	-5 163	4 078
R-L	-1 107	-868	-8 033	6 133	-7 354	-7 354	6 812

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXIII. **Valor mayor de combinaciones de carga de columnas para marco C de escuela**

Tramo	Valor Mayor
NIVEL 2	
A-G	5 984
G-A	4 770
B-H	-5 417
H-B	-4 541
C-I	4 866
I-C	3 976
D-J	-4 867
J-D	-3 977
E-K	5 416
K-E	4 544
F-L	-5 985
L-F	-4 774
G-M	6 520
NIVEL 1	
M-G	8 029
H-N	-6 592
N-H	-8 069
I-O	6 204
O-I	7 873
J-P	-6 204
P-J	-7 874
K-Q	6 595
Q-K	8 069
L-R	-6 519
R-L	-8 033

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Momentos positivos en vigas:

$$Comb 1 = 1,2M + 1,6V$$

Tabla XXXIV. **Momentos positivos en vigas Marco C, Escuela**

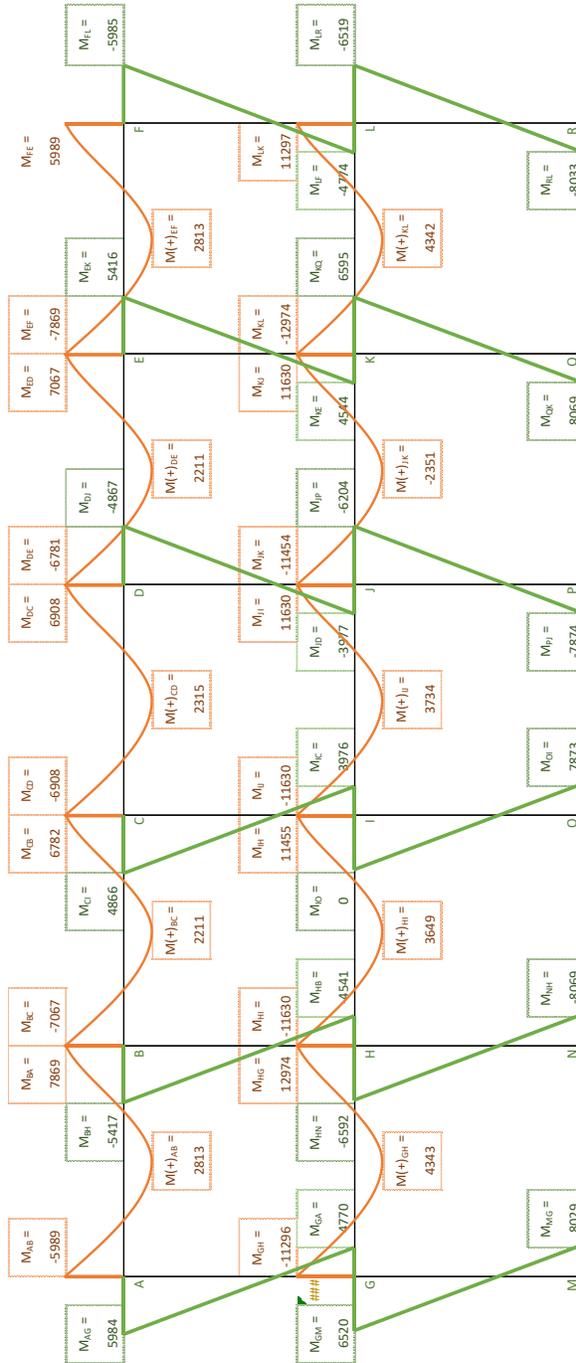
Momentos finales (+) [Kg-m]			
Vigas	CM	CV	Comb 1
A-B	1 561,04	587,45	2 813,17
B-C	1 189,84	489,53	2 211,05
C-D	1 259,59	502,42	2 315,39
D-E	1 189,84	489,58	2 211,14
E-F	1 561,04	587,34	2 813,00
G-H	1 650,83	1 475,96	4 342,53
H-I	1 411,16	1 222,03	3 648,64
I-J	1 435,75	1 256,72	3 733,65
J-K	1 411,16	-2 527,95	-2 351,33
K-L	1650,83	1 475,90	4 342,44

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Diagrama de momentos y corte finales:

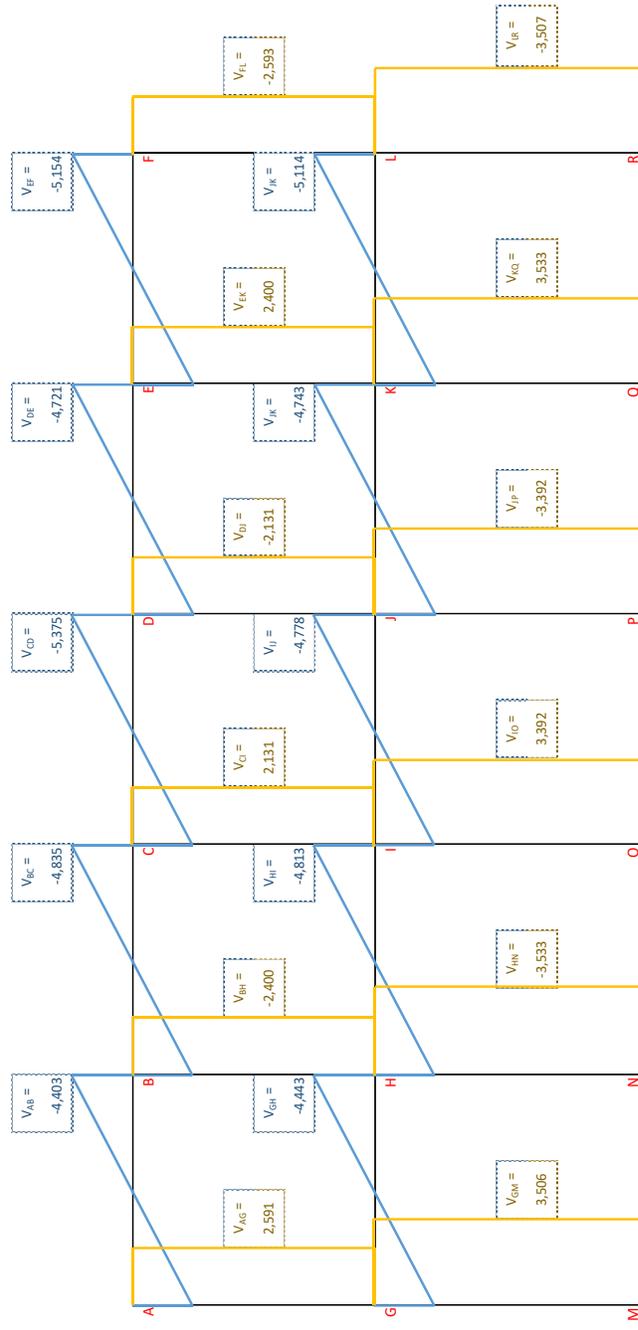
(Continúa en la siguiente página)

Figura 15. Diagrama de momentos finales de Marco C, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 16. Diagrama de corte de marco C, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Resumen de resultados de momentos de edificación

Tabla XXXV. **Resultados de momentos en vigas, nivel 2, Escuela**

VIGAS TECHO					
MARCO	M _{ik} (Kg-m)	M ₍₊₎ (Kg-m)	M _{ki} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A	-6 006	1 587	6 006	2 898	-2 898
C	-7 869	2 813	7 869	5 375	-5 375
E	-7 306	2 491	7 307	4 561	-4 560
F	-6 158	1 293	6 158	2 333	-2 333
1	-4 052	0	4 336	2 007	-2 011
2	-4 597	1 570	5 466	3 601	-3 485
3	-4 518	1 538	5 381	3 523	-3 413
4	-4 518	1 538	5 381	3 523	-3 413
5	-4 583	1 538	5 467	3 519	-3 414
6	-4 052	885	4 336	2 007	-2 011
MAX:	-7 869	2 813	7 869	5 375	-5 375

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXVI. **Resultados de momentos en vigas, nivel 1, Escuela**

VIGAS ENTREPISO					
MARCO	M _{ik} (Kg-m)	M ₍₊₎ (Kg-m)	M _{ki} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A	-10 373	2 334	10 373	2 813	-2 812
C	-12 974	4 343	12 974	5 114	-5 114
E	-12 569	4 037	12 569	4 555	-4 555
F	-11 185	1 952	11 186	2 244	-2 244
1	-8 260	0	8 738	1 919	-2 070
2	-8 584	2 400	9 574	3 538	-3 549
3	-8 585	2 481	9 693	3 501	-3 495
4	-8 585	2 481	9 693	3 501	-3 495
5	-8 823	2 481	9 880	3 493	-3 498
6	-8 260	1 346	8 738	1 919	-2 070
MAX:	-12 974	4 343	12 974	5 114	-5114

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXVII. **Resultados de momentos en columnas, nivel 2, Escuela**

COLUMNAS NIVEL 2					
COLUMNA		M_{ik} (Kg-m)	M_{ki} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A1	X	5 170	3 761	2 152	2 152
	Y	-5 852	-4 888	-2 588	-2 588
A2	X	-5 852	-4 888	-2 588	-2 588
	Y	4 169	3 188	1 773	1 773
A3	X	5 412	4 420	2 369	2 369
	Y	4 137	3 217	1 772	1 772
A4	X	-5 413	-4 420	-2 369	-2 369
	Y	4 137	3 217	1 772	1 772
A5	X	5 851	4 887	2 588	2 588
	Y	4 238	3 284	1 813	1 813
A6	X	-5 171	-3 761	-2 152	-2 152
	Y	3 811	2 764	1 584	1 584
C1	X	5 984	4 770	2 591	2 591
	Y	-4 743	-4 049	-2 119	-2 119
C2	X	-5 417	-4 541	-2 400	-2 400
	Y	-4 593	-3 925	-2 052	-2 052
C3	X	4 866	3 976	2 131	2 131
	Y	-4 556	-3 902	-2 038	-2 038
C4	X	-4 867	-3 977	-2 131	-2 131
	Y	-4 556	-3 902	-2 038	-2 038
C5	X	5 416	4 544	2 400	2 400
	Y	-4 707	-4 032	-2 106	-2 106
C6	X	-5 985	-4 774	-2 593	-2 593
	Y	-4 743	-4 049	-2 119	-2 119
E1	X	5 726	4 587	2 485	2 485
	Y	-5 497	-4 986	-2 526	-2 526
E2	X	-5 409	-4 549	-2 400	-2 400
	Y	-5 515	-5 049	-2 546	-2 546
E3	X	4 892	4 006	2 144	2 144
	Y	-5 478	-5 034	-2 533	-2 533
E4	X	-4 893	-4 006	-2 144	-2 144
	Y	-5 478	-5 034	-2 533	-2 533
E5	X	5 408	4 552	2 400	2 400
	Y	-5 646	-5 185	-2 610	-2 610
E6	X	-5 727	-4 591	-2 486	-2 486
	Y	-5 497	-4 986	-2 526	-2 526

Continuación de tabla XXXVII.

F1	X	5 694	4 014	2 339	2 339
	Y	-4 046	-3 183	-1 742	-1 742
F2	X	-7 065	-5 907	-3 126	-3 126
	Y	-3 925	-3 110	-1 695	-1 695
F3	X	6 601	5 405	2 893	2 893
	Y	-3 897	-3 096	-1 685	-1 685
F4	X	-6 602	-5 405	-2 893	-2 893
	Y	-3 897	-3 096	-1 685	-1 685
F5	X	7 064	5 912	3 127	3 127
	Y	-4 025	-3 196	-1 740	-1 740
F6	X	-5 695	-4 019	-2 341	-2 341
	Y	-4 046	-3 183	-1 742	-1 742
En x:		-7 065	5 912	3 127	3 127
En Y:		-5 852	-5 185	-2 610	-2 610

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXVIII. **Resultados de momentos en columnas, nivel 1, Escuela**

COLUMNAS NIVEL 1					
COLUMNA		M_{ik} (Kg-m)	M_{ki} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A1	X	6 205	8 434	3 527	3 527
	Y	5 191	6 893	2 912	2 912
A2	X	-7 253	-8 961	-3 907	-3 907
	Y	5 339	6 712	2 904	2 904
A3	X	6 923	8 795	3 787	3 787
	Y	5 321	6 644	2 883	2 883
A4	X	-6 923	-8 796	-3 788	-3 788
	Y	5 321	6 644	2 883	2 883
A5	X	7 253	8 961	3 907	3 907
	Y	5 473	6 862	2 972	2 972
A6	X	-6 202	-8 437	-3 527	-3 527
	Y	5 191	6 893	2 912	2 912
C1	X	6 520	8 029	3 506	3 506
	Y	-6 245	-7 483	-3 308	-3 308
C2	X	-6 592	-8 069	-3 533	-3 533
	Y	-5 970	-7 138	-3 158	-3 158

Continuación de tabla XXXVIII.

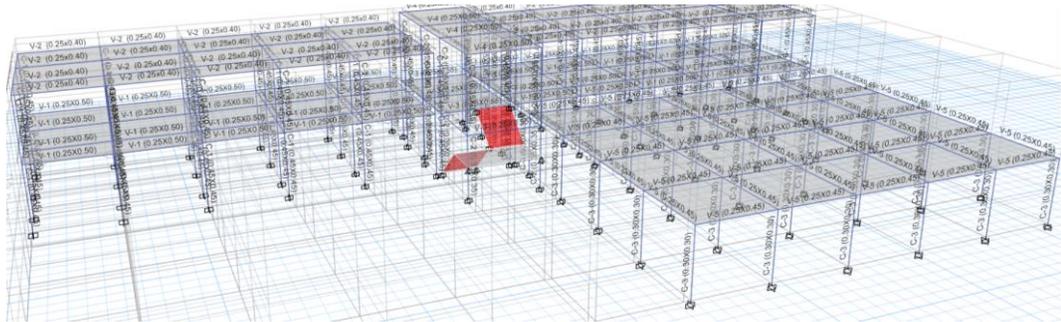
C3	X	6 204	7 873	3 392	3 392
	Y	-5 894	-7 046	-3 118	-3 118
C4	X	-6 204	-7 874	-3 392	-3 392
	Y	-5 894	-7 046	-3 118	-3 118
C5	X	6 595	8 069	3 533	3 533
	Y	-6 097	-7 290	-3 226	-3 226
C6	X	-6 519	-8 033	-3 507	-3 507
	Y	-6 245	-7 483	-3 308	-3 308
E1	X	6 427	7 990	3 474	3 474
	Y	-6 991	-7 857	-3 578	-3 578
E2	X	-6 588	-8 074	-3 533	-3 533
	Y	-6 853	-7 580	-3 478	-3 478
E3	X	6 206	7 881	3 394	3 394
	Y	-6 788	-7 493	-3 441	-3 441
E4	X	-6 206	-7 881	-3 394	-3 394
	Y	-6 788	-7 493	-3 441	-3 441
E5	X	6 591	8 073	3 533	3 533
	Y	-7 008	-7 746	-3 555	-3 555
E6	X	-6 427	-7 993	-3 475	-3 475
	Y	-6 991	-7 857	-3 578	-3 578
F1	X	7 163	10 069	4 152	4 152
	Y	-5 554	-7 138	-3 058	-3 058
F2	X	-8 773	-10 879	-4 735	-4 735
	Y	-5 328	-6 817	-2 926	-2 926
F3	X	8 410	10 695	4 603	4 603
	Y	-5 258	-6 729	-2 888	-2 888
F4	X	-8 409	-10 695	-4 603	-4 603
	Y	-5 258	-6 729	-2 888	-2 888
F5	X	8 777	10 878	4 736	4 736
	Y	-5 438	-6 961	-2 988	-2 988
F6	X	-7 162	-10 073	-4 153	-4 153
	Y	-5 554	-7 138	-3 058	-3 058
	En x:	8 777	-10 879	4 736	4 736
	En Y:	-7 008	-7 857	-3 578	-3 578

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Momentos de Marco C calculados con Etabs 2016:

Resumen de procedimiento en Etabs:

Figura 17. **Modelo en 3D de ETABS, Escuela**



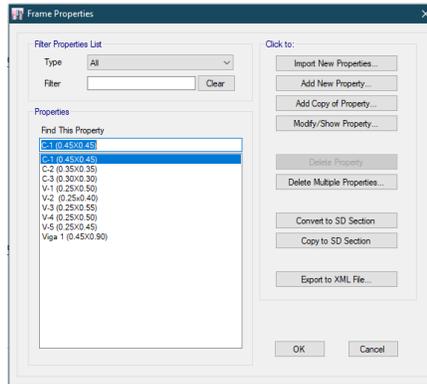
Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

Figura 18. **Marco C de módulo A, Escuela**



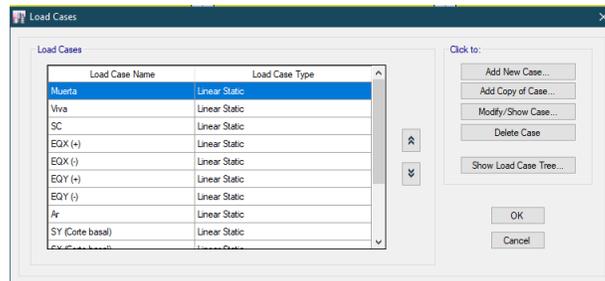
Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

Figura 19. Descripción de elementos utilizados, Escuela



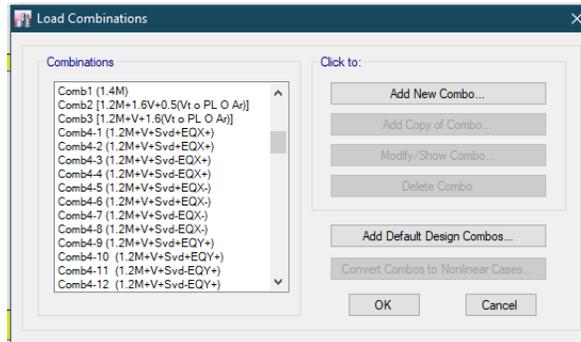
Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

Figura 20. Casos de cargas, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

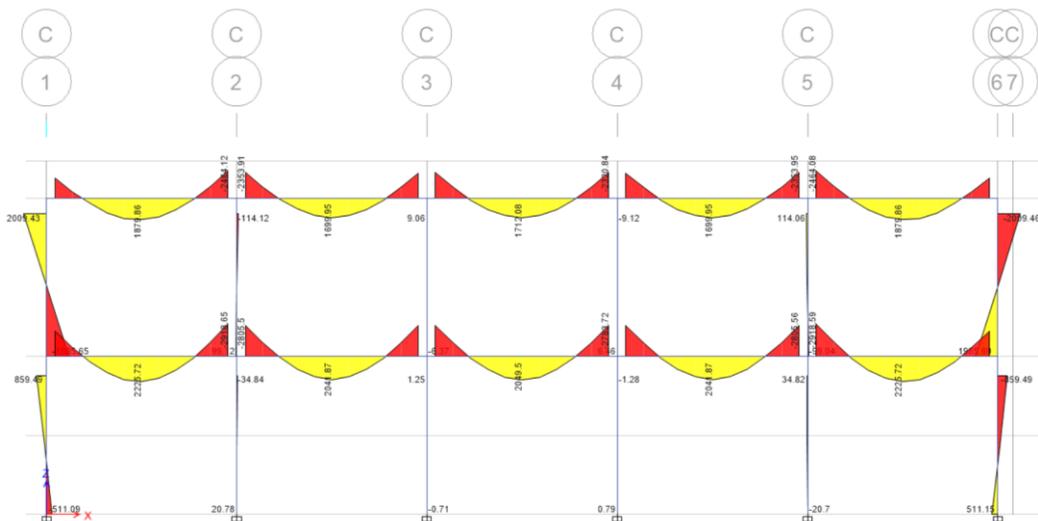
Figura 21. **Combinaciones de carga, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

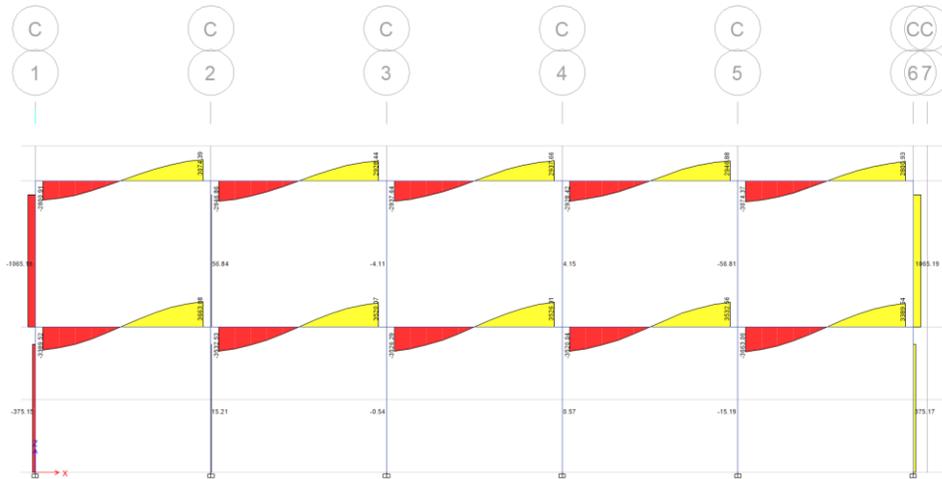
- Diagramas de momentos y corte en ETABS:
 - Carga muerta:

Figura 22. **Diagrama de momentos por carga muerta en ETABS, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando CSI ETABS 2016.

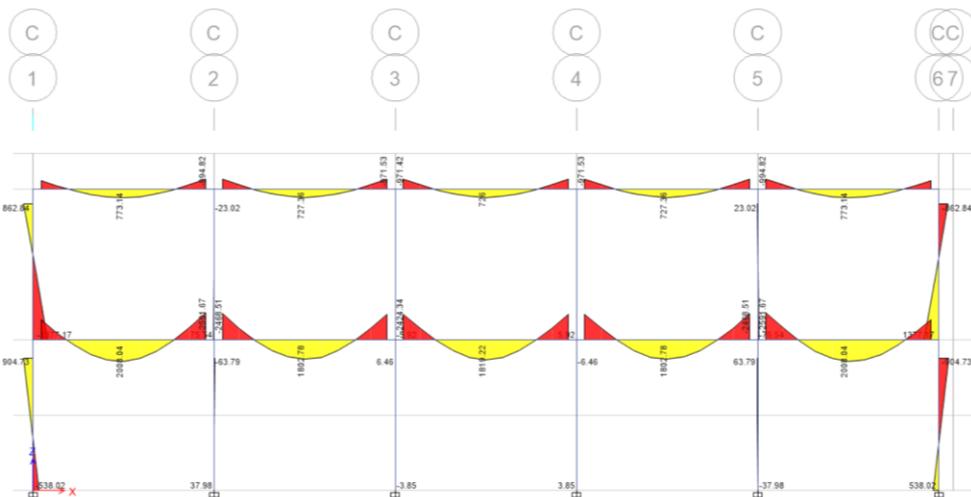
Figura 23. Diagrama de corte por carga muerta en ETABS, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando CSI ETABS 2016.

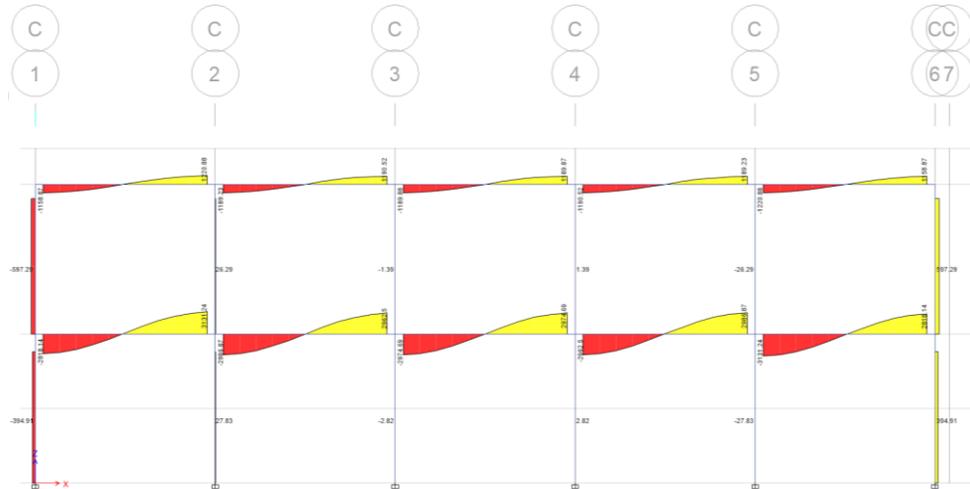
Carga viva:

Figura 24. Diagrama de momentos por carga viva en ETABS, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando CSI ETABS 2016.

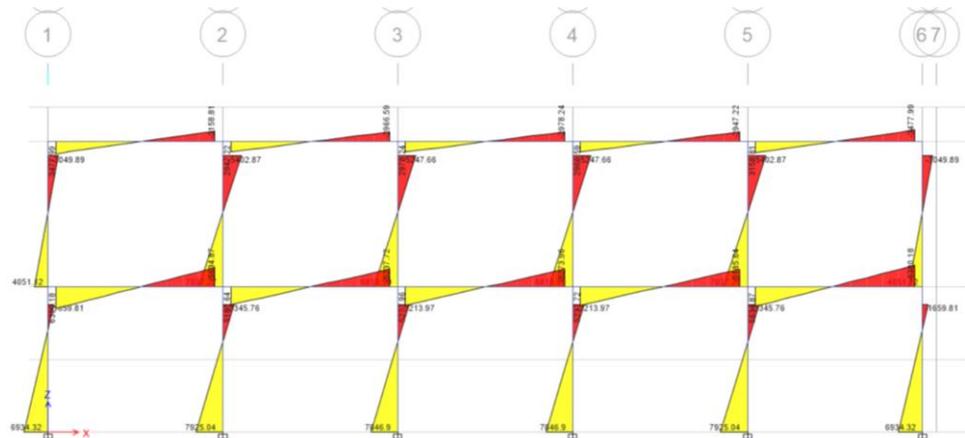
Figura 25. Diagrama de corte por carga viva en ETABS, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando CSI ETABS 2016.

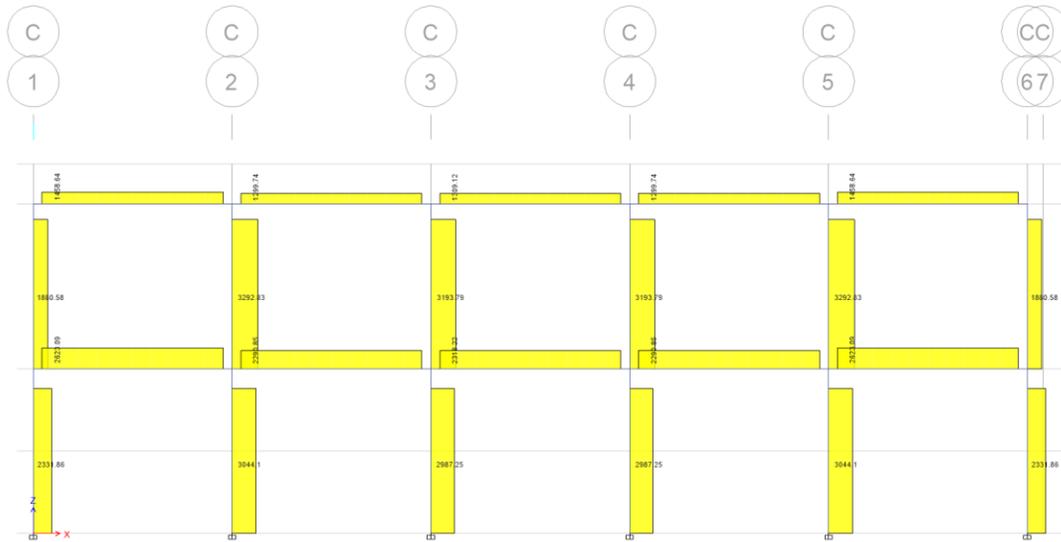
Carga sísmica:

Figura 26. Diagrama de momentos por carga de sismo en ETABS, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando CSI ETABS 2016.

Figura 27. Diagrama de corte por carga de sismo en ETABS, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando CSI ETABS 2016.

- Comparación de momentos calculados con Etabs y Kani

Tabla XXXIX. Comparación de resultados entre ETABS y Kani

COMPARACIÓN ENTRE ETABS Y KANI (MOMENTOS NEGATIVOS DE VIGA, EJE C)									
	Carga Muerta			Carga Viva			Carga de Sismo		
Vigas									
Tramo	Etabs	Kani	Dif.	Etabs	Kani	Dif.	Etabs	Kani	Dif.
A-B	-1 842	-1 475	19,90 %	-854	-706	17,35 %	3 478	3 206	7,81 %
B-A	-2 464	2 857	13,76 %	-995	1 119	11,14 %	-3 159	2 726	13,70 %
B-C	-2 354	-2 644	10,98 %	-969	-1 034	6,37 %	2 947	2 309	21,65 %
C-B	-2 312	2 431	4,89 %	-972	986	1,52 %	-2 967	2 372	20,03 %
C-D	-2 321	-2 468	5,96 %	-971	-997	2,61 %	2 978	2 435	18,22 %
D-C	-2 321	2 468	5,96 %	-971	998	2,64 %	-2 978	2 435	18,23 %
D-E	-2 312	-2 431	4,89 %	-972	-986	1,49 %	2 967	2 372	20,03 %
E-D	-2 354	2 644	10,98 %	-969	1 035	6,38 %	-2 947	2 309	21,64 %
E-F	-2 464	-2 857	13,77 %	-995	-1 119	11,12 %	3 159	2 726	13,70 %

Continuación de tabla XXXIX.

F-E	-1 842	1 476	19,90 %	-854	706	17,30 %	-3 478	3 206	7,82 %
G-H	-2 296	-2 110	8,11 %	-1 879	-1 744	7,22 %	6 300	6 582	4,28 %
H-G	-2 919	3 183	8,32 %	-2 592	2 804	7,59 %	-5 635	5 688	0,93 %
H-I	-2 806	-2 941	4,59 %	-2 469	-2 591	4,74 %	5 186	4 898	5,54 %
I-H	-2 777	2 832	1,94 %	-2 413	2 464	2,09 %	-5 238	5 003	4,49 %
I-J	-2 784	-2 862	2,73 %	-2 424	-2 493	2,76 %	5 274	5 107	3,16 %
J-I	-2 784	2 862	2,73 %	-2 424	2 494	2,77 %	-5 274	5 107	3,16 %
J-K	-2 777	-2 832	1,94 %	-2 413	-2 464	2,07 %	5 238	5 003	4,48 %
K-J	-2 806	2 941	4,59 %	-2 469	2 592	4,76 %	-5 186	4 898	5,55 %
K-L	-2 919	-3 183	8,32 %	-2 592	-2 804	7,57 %	5 635	5 688	0,93 %
L-K	-2 296	2 110	8,12 %	-1 879	1 744	7,19 %	-6 300	6 582	4,28 %
PROMEDIO =		4,47 %				5,63 %			15,33 %

PROMEDIO GENERAL = 8,14 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la comparación de resultados, se obtuvo una diferencia promedio del 8,14 % entre un análisis y el otro.

Por lo general los momentos calculados por medio de software son más menos conservadores que los cálculos por el método de Kani. Para este edificio se utilizarán los valores obtenidos por medio de Kani.

2.1.7. Diseño estructural

En el diseño estructural se definen las características de los elementos que conforman la edificación.

La resistencia real de los elementos debe de ser superior a las cargas actuantes, dejando un margen de seguridad para evitar fallas. Para el dimensionamiento de los elementos se utilizan los valores obtenidos en el análisis estructural.

Para todos los elementos estructurales se utilizarán los mismos materiales, los cuales se eligieron debido a los momentos actuantes en los marcos, para no tener que definir elementos demasiado grandes.

- Datos:

- Materiales:

$$f'_c = 281,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\ 210,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ y } f_y = 2\ 810,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\ 400,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

- Recubrimientos:

Losa = 0,025 m.

Vigas = 0,04 m.

Columnas = 0,04 m.

Zapatatas = 0,08 m.

2.1.7.1. Diseño de losas

Para el diseño de las losas se utilizará el método 3 del ACI 318-63. Para la representación de los cálculos se utilizarán las losas críticas del segundo nivel del módulo A.

- Datos:

- Materiales:

$$f_y = 4\,210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'_c = 281 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- Dimensiones de losa crítica

$$t = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0,025 \text{ m}$$

Figura 28. Distribución de losas en planta, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Cálculos:
 - Determinación de cargas:

- Carga muerta

$$W_{\text{Losas}} = t \text{Peso}_{\text{concreto}} = 0,12(2\ 400,00) = 288,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{Acabados}} = 24,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{Muros}} = 75,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{Pisos}} = 91,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM = 288,00 + 24,00 + 75,00 + 91,00 = 402,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga viva

$$CV = 200,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cargas mayoradas

$$C_{CM} = 1,2CM = 1,2(402) = 482,40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$C_{CV} = 1,6CV = 1,6(200) = 320,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$C_u = 1,2CM + 1,6CV = 1,20(402,00) + 1,60(200,00) = 482,40 + 320 = 802,40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo de momentos:

Para el cálculo se utilizarán las losas 1, 2, 6 y 7. De acuerdo al método 3, existen 9 casos de losas que pueden suceder:

Figura 29. **Casos de losas, según ACI⁹**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Tabla XL. **Coefficientes para losas de entepiso, Escuela**

	Losa 1	Losa 2	Losa 6	Losa 7
Caso =	4	8	8	2
M (-) a =	0,071	0,055	0,055	0,065
M (-) b =	0,029	0,051	0,051	0,027
M (+)a DL =	0,039	0,032	0,032	0,026
M (+)b DL =	0,016	0,015	0,015	0,011
M (+)a LL =	0,048	0,044	0,044	0,041
M (+)b LL =	0,020	0,019	0,019	0,017

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Cálculo de momentos:

Ecuaciones a usar:

$$M_a = c_a C_u l_a^2 \text{ y } M_b = c_b C_u l_b^2$$

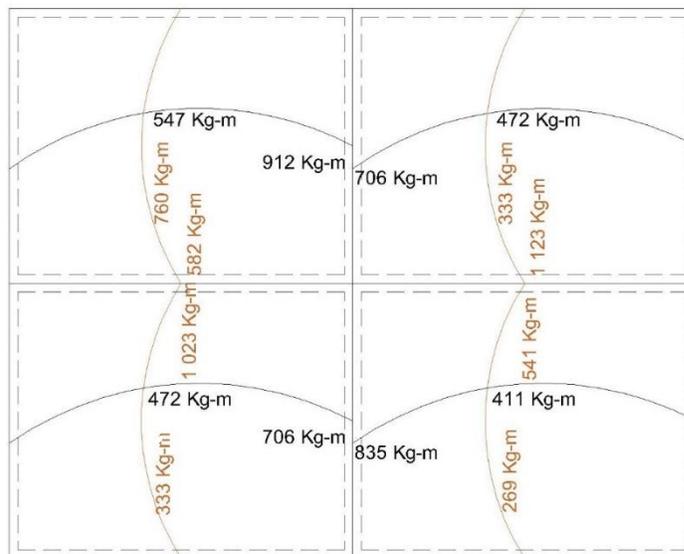
⁹ NILSON, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. p. 475 - 384.

Tabla XLI. **Momentos para losas de Entrepiso, Escuela**

	Losa 1	Losa 2	Losa 6	Losa 7
M (-) a	911,53	706,11	706,11	834,50
M (-) b	581,74	1 023,06	1 023,06	541,62
M (+)a	612,31	527,51	527,51	457,16
M (+)b	395,12	372,55	372,55	299,27

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 30. **Momentos de losa de entrepiso, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Balance de momentos:

Los momentos se balancean debido a que las losas son continuas y deben de tener un armado uniforme.

$$0,80M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}} \xrightarrow{\text{entonces}} M_b = \frac{M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}}{2}$$

$0,80M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$ $\xrightarrow{\text{entonces}}$ Se hace cálculo por rigideces

$$K_1 = \frac{1}{L_1} ; K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{k_1}{k_1+k_2} ; D_2 = \frac{k_2}{k_1+k_2}$$

Tabla XLII. **Balance de momentos negativos Losa 1 - Losa 2 de entrepiso, Escuela**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 1- LOSA 2		
	M1	M2
M (-) a	706,11	911,53
L =	4,00	4,00
K =	0,25	0,25
D =	0,50	0,50
M _x =	102,71	102,71
MB =	808,82	808,82

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XLIII. **Balance de momentos negativos Losa 6 - Losa 7 de entrepiso, Escuela**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 6- LOSA 7		
	M1	M2
M (-) a	706,11	834,50
L =	4,00	4,00
K =	0,00	0,00
D =	0,00	0,00
M _x =	0,00	0,00
MB =	770,30	770,30

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En estas losas se aplicó el promedio de los valores.

Tabla XLIV. **Balance de momentos negativos Losa 1 - Losa 6 de entrepiso,
Escuela**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 1 - LOSA 6		
	M1	M2
M (-) a	581,74	1 023,06
L =	5,00	5,00
K =	0,20	0,20
D =	0,50	0,50
M _x =	220,66	220,66
MB =	802,40	802,40

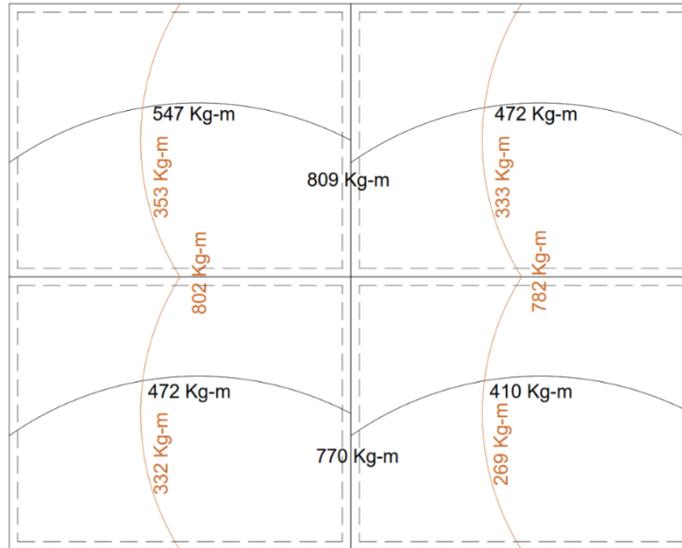
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XLV. **Balance de momentos negativos Losa 2 - Losa 7 de entrepiso,
Escuela**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 2 - LOSA 7		
	M1	M2
M (-) a	541,62	1 023,06
L =	5,00	5,00
K =	0,20	0,20
D =	0,50	0,50
M _x =	240,72	240,72
MB =	782,34	782,34

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 31. **Momentos balanceados en losa de entrepiso, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

○ Cálculo de refuerzo de acero:

▪ Varilla a usar

$\emptyset = \#3$

▪ Peralte

$$d = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2} = 0,12 - 0,025 - \frac{0,0095}{2} = 0,09\text{m}$$

▪ Acero mínimo (ACI 318-14S, tabla 8.6.1.1)

$$A_{s \text{ mín1}} = \frac{0,0018(4\ 200)}{F_y} A_g = \frac{0,0018(4\ 200)}{4\ 210} (12)(100) = 2,16 \text{ cm}^2 \rightarrow$$

No. 3 @32 cm > 2h = 2(12) = 24 cm → No. 3@24 cm.

$$A_{s \text{ mín}2} = 0,0014A_g = 0,0014(12)(100) = 1,68 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{No. 3 @42 cm} > 2h = 2(12) = 24 \text{ cm} \rightarrow \text{No. 3@24 cm.}$$

Usar:

$$A_{s \text{ mín}} = \rightarrow \text{No. 3 @20 cm}$$

- Área de varilla a utilizar

$$A_{s\phi3} = 0,71 \text{ cm}^2$$

Área de acero de refuerzo: El área de acero para refuerzo de las losas se calcula utilizando la relación entre las ecuaciones 3.31 y 3.36 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED) de Arthur H. Nilson, que da como resultado la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mb}{0,003825f'_c}} \right] \left(\frac{0,85f'_c}{F_y} \right)$$

- Área de acero para momento negativo Losa 1 – Losa 2

$$M_{\text{Losa 1-Losa 2}} = 910,02 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$A_s = \left\{ (100)(9) - \sqrt{[(100)(9)]^2 - \frac{100(910,02)}{0,003825(281)}} \right\} \left[\frac{0,85(281)}{(4 \ 210)} \right] = 2,75 \text{ cm}^2 < A_{s \text{ mín}} =$$

$$3,01 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Se utiliza } A_{s \text{ mín}} = 3,01 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{No. 3 @23 cm}$$

Los resultados para el resto de los momentos son:

Tabla XLVI. **Momentos negativos para losas (Escuela)**

	M	As
PARA MLOSA 1-2 (-) =	808,82	2,43
PARA MLOSA 6-7 (-) =	770,30	2,32
PARA MLOSA 1-6 (-) =	802,40	2,41
PARA MLOSA 2-7 (-) =	782,34	2,35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XLVII. **Momentos positivos en x para losas (Escuela)**

	M	As
PARA MLOSA 1A (+) =	546,78	2,16
PARA MLOSA 2A (+) =	472,27	2,16
PARA MLOSA 6A (+) =	472,27	2,16
PARA MLOSA 7A (+) =	410,60	2,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XLVIII. **Momentos positivos en y para losas (Escuela)**

	M	As
PARA MLOSA 1B (+) =	352,96	2,16
PARA MLOSA 2B (+) =	332,90	2,16
PARA MLOSA 6B (+) =	332,90	2,16
PARA MLOSA 7B (+) =	268,66	2,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los valores resultantes de área de acero eran menores que el As_{\min} , por lo tanto, se utilizó el valor de As_{\min} .

- Espaciamientos para losa:

$$S = \frac{100A_{sv}}{A_s}$$

- Espaciamientos máximos para losas:

De acuerdo al inciso 8.7.2 del ACI 318-14, el espaciamiento máximo debe ser el menor entre 2 t y 45 cm en las secciones críticas y el menor entre 3 t y 45 cm en las otras secciones.

$$S_{m\acute{a}x\ cr\acute{i}tico} = 2(12) = 24\ cm \ \acute{o} \ 45\ cm$$

$$S_{m\acute{a}x\ no\ cr\acute{i}tico} = 3(12) = 27\ cm \ \acute{o} \ 45\ cm$$

Por la importancia de la estructura el $S_{m\acute{a}x}$ a colocar será 20 cm.

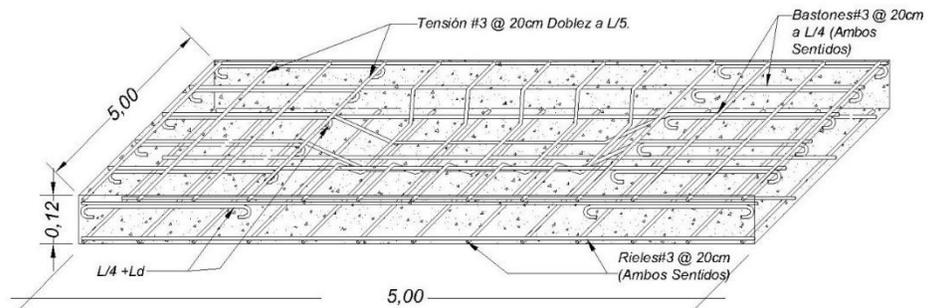
Tabla XLIX. **Espaciamientos de refuerzo de acero de entrepiso, Escuela**

RESUMEN				
LOSA	M (Kg-m)	As (cm ²)	S (cm)	S _{a usar} (cm)
En X:				
Losa 1-2 (-)	808,82	2,43	24,00	20,00
Losa 6-7 (-)	770,30	2,32	24,00	20,00
Losa 1a (+)	546,78	2,16	24,00	20,00
Losa 2a (+)	472,27	2,16	24,00	20,00
Losa 6a (+)	472,27	2,16	24,00	20,00
Losa 7a (+)	410,60	2,16	24,00	20,00
En Y:				
Losa 1-6 (-)	802,40	2,41	24,00	20,00
Losa 2-7 (-)	782,34	2,35	24,00	20,00
Losa 1b (+)	352,96	2,16	24,00	20,00
Losa 2b (+)	332,90	2,16	24,00	20,00
Losa 6b (+)	332,90	2,16	24,00	20,00
Losa 7b (+)	268,66	2,16	24,00	20,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En conclusión, se utilizará un espaciamiento de 20 cm con acero No.3 para el armado negativo de las losas y para los armados positivos.

Figura 32. **Detalle de armado de losa de entrepiso, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Chequeo por cortante:
 - Cortante máximo actuante

$$V = \frac{C_u l_b}{2} = \frac{(802,40)(5)}{2} = 2\,006,00 \text{ Kg}$$

- Cortante resistente (ACI 318-14S, 22.5.8.3.1)

$$\phi V_c = 45\sqrt{f'_c}t = 45\sqrt{281}(12) = 9\,052,05 \text{ Kg}$$

- Chequeo

$$V_c = 9\,052,05 \geq V = 2\,006,00 \xrightarrow{\text{entonces}} \text{Peralte correcto}$$

Los detalles de armado de las losas del primer y segundo nivel pueden ser observados en los planos de planta de losas.

2.1.7.2. Diseño de vigas

El diseño de las vigas se realiza con base al capítulo 18 del ACI 318-14.¹⁰ Para la demostración de los cálculos se utilizará una viga crítica formada por los momentos mayores actuantes en el primer nivel de la estructura del módulo A.

- Especificaciones técnicas:

- Materiales:

$$f'_c = 281 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

Refuerzo long = #6

Refuerzo transversal = #3

- Dimensiones de viga crítica

$$h = 0,50 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

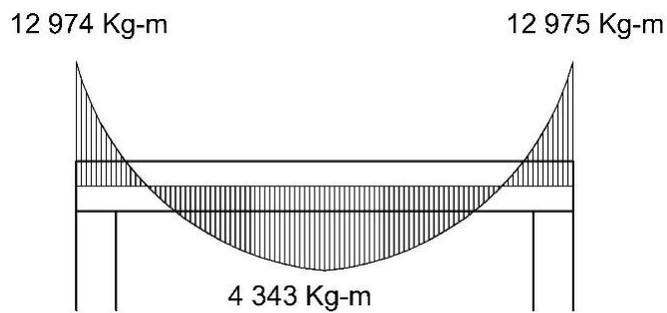
$$d = h - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}\#6}}{2} = 0,50 - 0,04 - \frac{0,635}{2} = 45,04 \text{ cm}$$

¹⁰ American Concrete Institute (ACI). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)*. p. 279 - 332.

Recubrimiento = 4 cm

- Modelo:

Figura 33. **Tramo de marco con momentos máximos en estructura de Escuela.**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Cálculos:
 - Cálculo de acero máximo y mínimo:
 - Cuantías de acero (ACI 318-14S, 9.6.1.2)

El menor entre:

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14}{F_y} = \frac{14}{4\,210} = 0,0033$$

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,80\sqrt{281}}{4\,210} = 0,0032$$

Se utilizará 0,0032

La cuantía máxima de acero, según el Capítulo 18.6.3 del ACI 318S-14 es:

$$\rho_{\text{máx}} = 0,025$$

- Áreas de acero

$$A_{s \text{ mín}} = 0,0032(25)(45,04) = 3,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ máx}} = 0,025(50)(25) = 28,15 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de área de acero para momentos:

El área de acero para refuerzo de las losas se calcula utilizando la relación entre las ecuaciones 3.31 y 3.36 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto; (12 ED) de Arthur H. Nilson, que da como resultado la siguiente ecuación:

Para $M=12\ 973,79 \text{ Kg-m}$

$$A_s = \left[(25)(45,04) - \sqrt{[(25)(45,04)]^2 - \frac{(12\ 973,79)(25)}{0,003825(281)}} \right] \left[\frac{0,85(281)}{4\ 210} \right] = 8,12 \text{ cm}^2$$

Resultados:

$$M_{(-)\text{izquierdo}} = 12\ 973,79 \text{ Kg} - \text{m} \quad \xrightarrow{\text{Área de acero}} \quad A_s = 8,12 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)\text{centro}} = 4\ 342,53 \text{ Kg} - \text{m} \quad \xrightarrow{\text{Área de acero}} \quad A_s = 2,60 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)\text{derecho}} = 172\ 974,39 \text{ Kg} - \text{m} \quad \xrightarrow{\text{Área de acero}} \quad A_s = 8,12 \text{ cm}^2$$

- Verificación de cuantías de acero:

$$A_{s (-)\text{izq}} = 8,12 \text{ cm}^2 \quad \xrightarrow{\text{Cuantía de acero}} \quad \rho_{\text{mín}} < \rho = \frac{8,12}{(45,04)(25)} = 0,007 < \rho_{\text{máx}}$$

$$A_{s (+)\text{cen}} = 2,60 \text{ cm}^2 \quad \xrightarrow{\text{Cuantía de acero}} \quad \rho_{\text{mín}} < \rho = \frac{2,60}{(45,04)(25)} = 0,002 <$$

$$\rho_{\text{máx}} \rightarrow A_{s \text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s(-)der} = 8,12 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{Cuantía de acero}} \rho_{\text{mín}} < \rho = \frac{8,12}{(45,04)(25)} = 0,007 < \rho_{\text{máx}}$$

Las cuantías de las caras negativas de la viga están correctas porque están dentro de los parámetros de cuantías mínimas y máximas. El acero en la cara positiva es inferior a la cuantía mínima, por lo que se utilizará $A_{s\text{mín}}$.

- Resultados:

Cama superior central: De acuerdo al ACI 318-14, se deben de colocar al menos dos varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s\text{mín}}$ ó el 33 % del A_s calculado para el momento negativo.

Cama inferior en apoyos: De acuerdo al ACI 318-14, se deben de colocar al menos dos varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s\text{mín}}$ ó el 50 % del A_s calculado para los momentos positivos o negativos.

Figura 34. **Resultados de áreas de acero, según momentos, para viga de Escuela**

ÁREA DE ACERO EN CM ²	
(-)	8,12
(+)	3,60

Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Área de acero para área central negativa:

$$33 \% A_{s-} = 0,33(8,12) = 2,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ a usar}} = 3,60 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Equivalente a 2\#6.}$$

- Área de acero para área extremos positivos:

$$50 \% A_{s-} = 0,50(8,12) = 4,06 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_{s+} = 0,50(3,77) = 1,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ a usar}} = 4,06 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Equivalente a 2\#6.}$$

Figura 35. **Resultados finales de áreas de acero para viga de Escuela**

ÁREA DE ACERO EN CM ²			
(-)	8,12	3,60	8,12
(+)	4,06	3,60	4,06

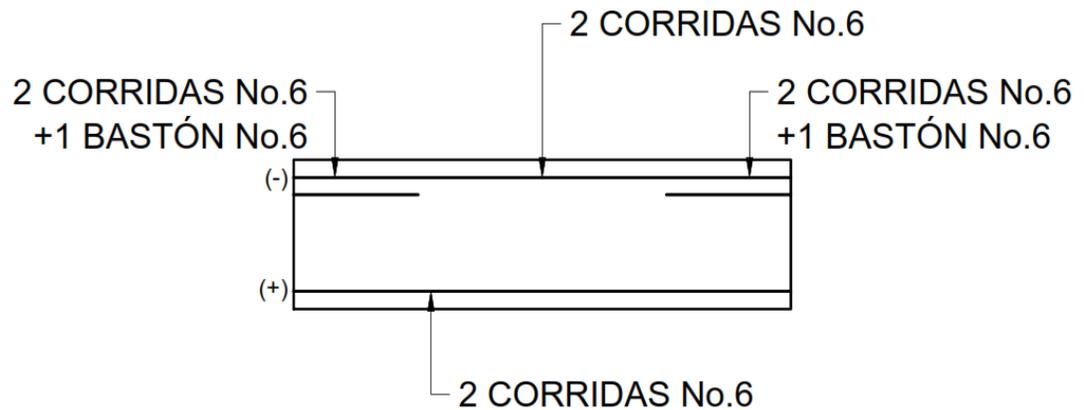
Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

La propuesta de armado se realiza de la siguiente forma:

Dos varillas No.6 corridas en la cama superior complementadas por dos bastones No.6, de L/4 de longitud, en los extremos.

Dos varillas No.6 corridas en la cama inferior.

Figura 36. Propuesta de armado para viga de Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Verificación de cuantías de acero:

$$A_{S_{Varilla \#6}} = 2,86cm^2$$

$$A_{S_{Izq}} = 3(2,86) + 2(2,86) = 14,30cm^2 \rightarrow \rho_{mín} = 0,003 < \rho = \frac{14,30}{(25)(50)} =$$

$$0,0114 < \rho_{máx} = 0,025$$

$$A_{S_{Centro}} = 2(2,86) + 2(2,86) = 11,44cm^2 \rightarrow \rho_{mín} = 0,003 < \rho = \frac{11,44}{(25)(50)} =$$

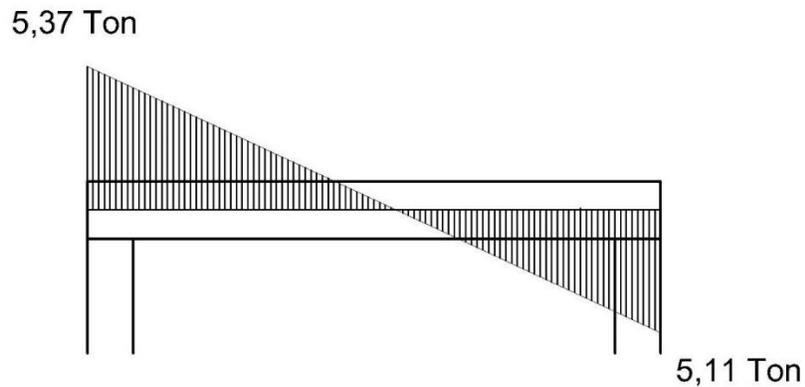
$$0,009 < \rho_{máx} = 0,025$$

$$A_{S_{Der}} = 3(2,86) + 2(2,86) = 14,30cm^2 \rightarrow \rho_{mín} = 0,003 < \rho = \frac{14,30}{(25)(50)} =$$

$$0,0114 < \rho_{máx} = 0,025$$

- Diseño a corte de viga:

Figura 37. **Modelo de valores de corte en viga de Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Cálculo de corte resistente (ACI 318-14S, 22.5.5.1):

$$v_c = \phi(0,53)\sqrt{f'_c}bd = 0,85(0,53)(25)(45,04) = 8,50 \text{ Ton}$$

- Cálculo de corte actuante:

$$v_a = 5,11 \text{ Ton (De acuerdo al análisis estructural)}$$

Comparación entre momento actuante y momento resistente:

$$V_r > V_a \xrightarrow{\text{entonces}} \text{No necesita refuerzo para corte}$$

$$V_r < V_a \xrightarrow{\text{entonces}} \text{Necesita refuerzo para corte}$$

$$V_c = 8,50 > V_a = 6,51 \xrightarrow{\text{entonces}} \text{Se utiliza armado mínimo de estribos}$$

Ecuación para cálculo de separación de estribos:

$$S = \frac{A_v F_y}{(v_a - v_{cu})b}$$

Parámetros para separación máxima en zona de confinamiento de estribos de acuerdo al inciso 18.4.2.4 del ACI 318-14:

Primer estribo a 5 cm.

$$S = \frac{d}{4} = \frac{45,04}{4} = 11,26 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ cm}$$

$$S = 24\phi_{\text{est}} = 24(0,95) = 22,86 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

$$S = 8\phi_{\text{long}} = 8(1,91) = 15,28 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

$$S = 30 \text{ cm}$$

- Longitud de confinamiento:

$$L = 2h = 2(50) = 100 \text{ cm}$$

- Separación máxima en zona de no confinamiento:

$$S = \frac{d}{2} = \frac{45,04}{2} = 22,52 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

- Resultados:

Primer estribo: 1 No.3 @ 0,05m

En los extremos, hasta 1,00 m, 8 No.3 @ 0,10 m

Centro de la viga: No.3 @ 0,20 m

Figura 38. **Detalle de armado de viga, primer nivel, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Figura 39. **Detalle de armado de viga, segundo nivel, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

2.1.7.3. **Diseño de columnas**

Para muestra del procedimiento se utiliza una columna crítica equivalente utilizando los mayores momentos actuantes de la edificación.

- Especificaciones técnicas:

- Materiales:

$$f'_c = 281,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

- Momentos y corte actuantes:

$$M_x = 10\,878,55 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_y = 7\,856,66 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$V = 4\,736,29 \text{ Kg}$$

- Dimensiones de columna crítica

$$h = 0,40 \text{ m}$$

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$d = h - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}\#6}}{2} = 0,40 - 0,04 - \frac{1,91}{2} = 0,3505 \text{ m}$$

$$L_{\text{nivel } 2} = 4,15 \text{ m}$$

$$L_{\text{nivel } 1} = 4,15 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0,04 \text{ m}$$

- Dimensiones de vigas:

$$h = 0,50 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

$$L_x = 5,00 \text{ m}$$

$$L_y = 4,00 \text{ m}$$

- Dimensiones de losa:

$$t = 0,12 \text{ m}$$

- Cargas actuantes:

$$CM_{\text{losa}} = t \text{Peso}_{\text{concreto}} = (0,12)(2400) = 288,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

De acuerdo a las tablas III y IV, se utilizan las siguientes cargas:

$$CM_{\text{Techo}} = 288 + 90 + 24 = 402 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Entrepiso}} = 288,00 + 24 + 75 + 91 = 478,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Total}} = 402,00 + 478,00 = 880,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{Techo}} = 200,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{Entrepiso}} = 500,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{Total}} = 700,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculos:

- Determinación de carga axial:

$$C_u = 1,2CM + 1,6CV = 1,2(880) + 1,6(700,00) = 2\,176,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Factor de carga última:

$$F_{cu} = \frac{C_u}{CM+CV} = \frac{2\,176}{880+700} = 1,38$$

- Cálculo de carga axial:

- Peso de vigas:

$$\text{Peso}_{\text{vigas}} = \text{Peso}_{\text{concreto}}(h_x b_x L_x + h_y b_y L_y) = 2\,400[(0,50)(0,25)(5) + (0,50)(0,25)(4)] = 2\,700,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Pu:

$$P_u = A_{t\text{columna}} C_u + \text{Peso}_{\text{vigas}} F_{cu} = (20)(2\,422) + (2\,700)(1,54) = 52\,598 \text{ Kg}$$

- Clasificación de columna por esbeltez:

La clasificación de las columnas por su esbeltez se basa en los siguientes parámetros:

$E < 22$; Columna corta: Las cuales se calculan utilizando únicamente las cargas axiales.

$22 < E < 100$; Columna Intermedia : Se calculan utilizando facturas de magnificación de momentos actuantes.

$E > 100$; Columna larga : No es recomendable su construcción.

- Cálculo de esbeltez en x:

✓ Inercia

$$I_{\text{col2 x}} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(40)(40)^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{col1 x}} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(40)(40)^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga1 x}} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(25)(50)^3 = 260\,416,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga2 x}} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(25)(50)^3 = 260\,416,67 \text{ cm}^4$$

✓ Rigidez

$$K_{\text{col2 x}} = \frac{I}{L} = \frac{213\,333}{415} = 514,06 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{col1 x}} = \frac{I}{L} = \frac{213\,333}{415} = 514,06 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga1 x}} = \frac{I}{L} = \frac{260\,416}{500} = 520,83 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga2 x}} = \frac{I}{L} = \frac{260\,416}{500} = 520,83 \text{ cm}^3$$

✓ Coeficiente extremo superior

$$\psi_{\text{ax}} = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}} = \frac{514,06}{520,83+520,83} = 0,49$$

✓ Coeficiente extremo inferior

$$\psi_{\text{bx}} = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}} = \frac{514,06+514,06}{520,83+520,83} = 0,99$$

✓ Promedio

$$\psi_{\text{prom}} = \frac{\psi_{\text{ax}}+\psi_{\text{bx}}}{2} = \frac{0,49+0,99}{2} = 0,74$$

✓ Coeficiente K

$$K_e = \frac{20 - \psi_{\text{prom}}}{20} \sqrt{1 + \psi_{\text{prom}}} = \frac{20 - 0,74}{20} \sqrt{1 + 0,74} = 1,27$$

✓ Radio de giro

$$r = 0,30b = 0,30(0,40) = 0,12 \text{ m}$$

✓ Esbeltez

$$E = \frac{K_e L}{r} = \frac{(1,88)(4,00)}{0,12} = 43,93 > 22$$

La esbeltez es mayor a 22, se magnifican los momentos.

- Cálculo de esbeltez en y:

✓ Inercia

$$I_{\text{col2 y}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (40)(40)^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{col1 y}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (40)(40)^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga1 y}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (25)(50)^3 = 260\,416,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga2 y}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (25)(50)^3 = 260\,416,67 \text{ cm}^4$$

✓ Rigidez

$$K_{\text{col2 y}} = \frac{I}{L} = \frac{213\,333}{415} = 514,06 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{col1 y}} = \frac{I}{L} = \frac{213\,333}{415} = 514,06 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga1 y}} = \frac{I}{L} = \frac{260\,416}{400} = 651,04 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga2 y}} = \frac{I}{L} = \frac{260\,416}{400} = 651,04 \text{ cm}^3$$

✓ Coeficiente extremo superior

$$\psi_{\text{ax}} = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}} = \frac{514,06}{651,04+651,04} = 0,39$$

✓ Coeficiente extremo inferior

$$\psi_{\text{bx}} = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}} = \frac{533,33+533,33}{5651,04+651,04} = 0,79$$

✓ Promedio

$$\psi_{\text{prom}} = \frac{\psi_{\text{ax}} + \psi_{\text{bx}}}{2} = \frac{0,39+0,79}{2} = 0,59$$

✓ Coeficiente K

$$K_e = \frac{20 - \psi_{\text{prom}}}{20} \sqrt{1 + \psi_{\text{prom}}} = \frac{20 - 0,59}{20} \sqrt{1 + 0,59} = 1,22$$

✓ Radio de giro

$$r = 0,30b = 0,30(0,40) = 0,12 \text{ m}$$

✓ Esbeltez

$$E = \frac{K_e L}{r} = \frac{(1,23)(4,00)}{0,12} = 42,35 > 22$$

La esbeltez es mayor a 22, se magnifican los momentos.

- Magnificación de momentos:

✓ Factor de flujo plástico:

Carga muerta última

$$CM_u = 1,40CM = 1,40(880) = 1\,232,00 \frac{Kg}{m^2}$$

Factor:

$$\beta_d = \frac{CM_u}{CU} = \frac{1\,232,00}{2\,176,00} = 0,566$$

✓ Carga crítica de Euler:

EI del material

$$EI_x = \frac{15\,100\sqrt{F/C_{2,5}} I_g}{1+\beta_d} = \frac{15\,100\sqrt{281} \frac{213\,333}{2,5}}{1+0,566} = 1\,379,14 \text{ Ton} - m^2$$

$$EI_y = \frac{15\,100\sqrt{F/C_{2,5}} I_g}{1+\beta_d} = \frac{15\,100\sqrt{281} \frac{213\,333}{2,5}}{1+0,566} = 1\,379,14 \text{ Ton} - m^2$$

Carga crítica

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2} = \frac{\pi^2 (1\,379,14)}{[(1,27)(4,15)]^2} = 489,73 \text{ Ton}$$

$$P_{cry} = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2} = \frac{\pi^2 (1\,379,14)}{[(1,22)(4,15)]^2} = 527,14 \text{ Ton}$$

✓ Magnificador de momentos:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} \geq 1$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{47,25}{0,70(489,73)}} = 1,16 \geq 1$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{47,25}{0,70(527,14)}} = 1,15 \geq 1$$

✓ Cálculo de momento de diseño

$$M_{dx} = \delta_x M_{ux} = 1,16(10\ 878,55) = 12\ 617,47 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = \delta_y M_{uy} = 1,15(7\ 856,66) = 9\ 010,34 \text{ Kg} - \text{m}$$

○ Diseño de refuerzo longitudinal:

$$0,01A_g \leq A_s \leq 0,06A_g \quad (\text{ACI 318-14S, 18.7.4.1})$$

▪ Acero mínimo:

$$A_{s \text{ mín}} = 0,01(40)(40) = 16 \text{ cm}^2$$

▪ Acero máximo:

$$A_{s \text{ máx}} = 0,06(40)(40) = 96 \text{ cm}^2$$

▪ Área de acero propuesta

$$4 \text{ varillas No.6} + 4 \text{ varillas No.4} \quad A_{s \text{ (Propuesto)}} = 16,52 \text{ cm}^2$$

▪ Parámetros independientes:

✓ Excentricidades

$$e_x = \frac{Md_x}{Pu} = \frac{12\,617,47}{47,25} = 0,267$$

$$e_y = \frac{Md_y}{Pu} = \frac{9\,010,36}{47,25} = 0,191$$

✓ Valor de la gráfica

$$\gamma_x = \frac{h-2d'}{h} = \frac{0,40-2(0,04)}{0,40} = 0,80$$

$$\gamma_x = \frac{b-2d''}{b} = \frac{0,40-2(0,04)}{0,40} = 0,80$$

✓ Valor de las diagonales

$$\left(\frac{e}{h}\right)_x = \frac{e_x}{h} = \frac{0,267}{0,40} = 0,668$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_y = \frac{e_y}{h} = \frac{0,191}{0,40} = 0,477$$

✓ Valor de la curva

$$\rho_{tu} = \frac{A_s F_y}{0,85 f_c A_g} = \frac{(16,52)(4\,210)}{0,85(281)(1\,600)} = 0,18$$

✓ Valores del coeficiente del diagrama de interacción

$$K_{x1} = 0,27$$

$$K_{x1} = 0,39$$

✓ Cálculo de cargas

$$P'_o = \phi[0,85f'_c(A_g - A_{s_t}) + A_{s_t}F_y] = 0,70[0,85(281)(1\ 600) + (16,52)(4\ 210)] = 313\ 434,38\ Kg$$

$$P'_{x_o} = K_x f'_c A_g = (0,27)(281)(1\ 600) = 121\ 392,00\ Kg$$

$$P'_{y_o} = K_y f'_c A_g = (0,39)(281)(1\ 600) = 175\ 344,00\ Kg$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_o} + \frac{1}{P'_{x_o}} + \frac{1}{P'_{y_o}}} = \frac{1}{\frac{1}{313\ 434,38} + \frac{1}{121\ 392} + \frac{1}{175\ 344}} = 93\ 019,88\ Kg$$

$$P'_{ua} = \frac{47\ 246,00}{0,70} = 67\ 494,29\ Kg$$

✓ Comparación de cargas

Debido a que P'_u es mayor que P'_{ua} , entonces el armado es correcto.

○ Cálculo de acero transversal:

▪ Cortante resistente (ACI 318-14S, 22.5.6.1):

$$V_r = 0,53 \left(1 + \frac{N_u}{140A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d = 0,53 \left[1 + \frac{52\ 598}{140(40)(40)} \right] (0,85) \sqrt{281} (40) (35,05) = 13\ 073,65$$

▪ Corte actuante:

$$V_a = 4\ 736,29\ Kg$$

Debido a que el corte actuante es menor que el corte resistente, se coloca el armado transversal de acuerdo a los valores mínimos y máximos que propone el ACI 318-14.

Longitud de zona confinada (La mayor de las siguientes):

$$\frac{L}{6} = \frac{415}{6} = 69,17 \text{ cm}$$

$$Lado \text{ mayor} = 40 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm}$$

- Espaciamiento de zona confinada:

✓ Relación volumétrica

$$A_g = bh = (40)(40) = 1\,600 \text{ cm}^2$$

$$A_{ch} = (b - rec)(h - rec) = (40 - 4)(40 - 4) = 1\,152 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_a}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0,85f'_c}{F_y} \right) = 0,45 \left(\frac{1\,600}{1\,024} - 1 \right) \left(\frac{0,85(281)}{4\,210} \right) = 0,010$$

✓ Área requerida de varilla

$$A_{varilla} = 0,71 \text{ cm}^2$$

$$l_n = b - rec = 40 - 4 = 36 \text{ cm}$$

✓ Espaciamiento en zona confinada

$$S_o = \frac{4A_v}{\rho_s l_n} = \frac{4(0,71)}{(0,010)(36)} = 8,27 \text{ cm} \rightarrow 8,00 \text{ cm}$$

Espaciamiento en zona no confinada (El menor de los siguientes), según ACI 318-14, 18.7.5.3:

$$S_0 = \frac{b}{4} \text{ ó } \frac{h}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ cm}$$

$$S_0 = 6\phi_{long} = 6(1,91) = 11,46 \text{ cm}$$

$$S_0 = 10 + \left(\frac{35-h_x}{3}\right) = 10 + \left(\frac{35-15,05}{3}\right) = 16,65 \text{ cm}$$

$$S_0 = \frac{b}{4} \text{ ó } \frac{h}{4}$$

$$10 \text{ cm} \leq s_0 \leq 15 \text{ cm}$$

$$S_{a \text{ utilizar}} = 10 \text{ cm}$$

- Conclusión:

El armado del acero transversal será realizado con acero No.3

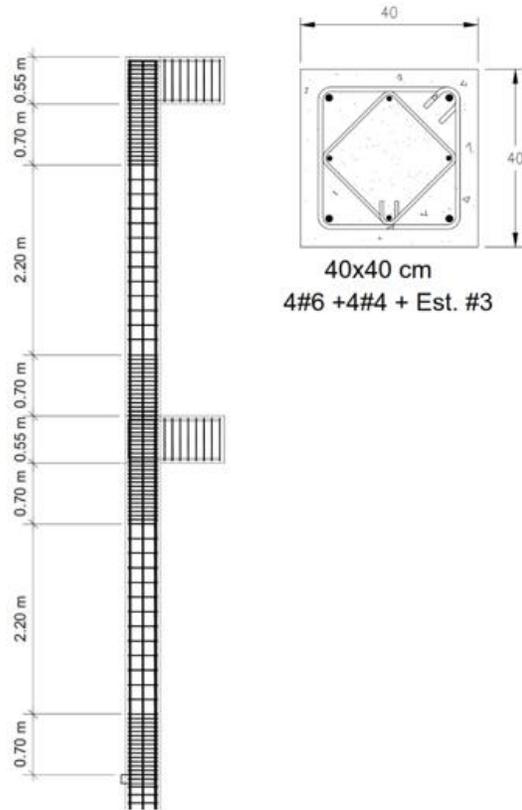
- En zona confinada:

Estribos combinados a 45 ° a cada 8 cm, en una longitud de 70 cm medida de cada extremo de la columna.

- En zona no confinada:

Estribos combinados a 45 ° a cada 10 cm.

Figura 40. **Detalle de armado de columna, Escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

2.1.7.4. **Diseño de nudo sísmico**

El diseño de los nudos sísmicos puede ser considerado uno de los aspectos más críticos del diseño de un edificio de concreto armado; estos, deben de

garantizar el desempeño ante las solicitaciones de cargas a las que la estructura sea sometida.¹¹

Para la muestra del procedimiento se utilizará un nudo interior del primer nivel.

Tipos de conexiones:

De acuerdo al ACI se deben de considerar 3 tipos de nudos:

Figura 41. Tipos de conexiones en nudo



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Verificaciones en el nudo sísmico:

Resistencia al cortante horizontal aplicado al nudo:

$$\phi V_n \geq V_j$$

V_n = Cortante resistido por el nudo.

¹¹ American Concrete Institute (ACI). *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reforzado*. p. 1 - 60.

V_j = Cortante aplicado al nudo.

La resistencia en el nudo se rige por los factores para estructuras que resisten momentos, entonces $\phi=0,85$.

Los momentos actuantes se calculan mediante:

$$M_1 = A_{s1} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_c b} \right)$$

$$M_2 = A_{s2} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_c b} \right)$$

Las fuerzas en el refuerzo longitudinal de las vigas en la cara del nudo se determinan suponiendo que la resistencia en el refuerzo de tracción por flexión es $1,25f_y$, es decir $\alpha=1,25$.

M_1 y M_2 = Capacidad positiva y negativa de las vigas en el rango inelástico.

A_{s1} = Armadura del refuerzo longitudinal superior de la viga.

A_{s2} = Armadura del refuerzo longitudinal inferior de la viga.

Cortante en columna: El cortante en la columna superior es igual al cortante en la columna inferior, si no existe carga axial en las vigas.

El corte para los nudos interiores y nudos exteriores en el sentido de análisis paralelo al borde es:

$$V_{col} = \frac{M_1 + M_2}{H}$$

Para nudos exteriores y de esquina, sentido de análisis perpendicular al borde el cortante es:

$$V_{col} = \frac{M_1}{H}$$

H: Es la distancia entre los puntos de inflexión de las columnas, que puede ser supuesto a una media altura para cada piso.

La fuerza cortante aplicada al nudo V_j , en nudos interiores y exteriores en el sentido de análisis paralelo al borde es:

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{col}$$

Para nudos exteriores y de esquina, sentido de análisis perpendicular al borde es:

$$V_j = T_1 - V_{col}$$

La mayor parte de estas fuerzas T_1 y C_2 son transmitidas al nudo a través de la adherencia de los aceros A_{s1} y A_{s2} dentro del nudo.

$$T_1 = A_{s1} \propto F_y$$

$$C_2 = A_{s2} \propto F_y$$

Resistencia al cortante horizontal resistido por el nudo, V_n :

$$V_n = \gamma \sqrt{f'_c} A_j$$

Para nudos interiores:

$$V_n = 5,3 \sqrt{f'_c} A_j$$

Para nudos exteriores:

$$V_n = 4,0\sqrt{f'_c}A_j$$

Para nudos de esquina:

$$V_n = 3,2\sqrt{f'_c}A_j$$

A_j = Área efectiva de la sección transversal dentro del nudo.

h_j = Profundidad del nudo.

b_j = Ancho efectivo del nudo.

$$A_j = b_j h_j$$

$$h_j = h_c$$

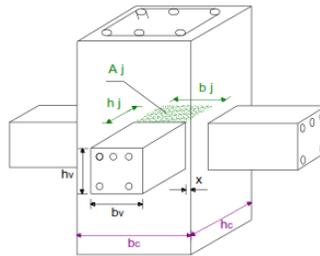
El ancho efectivo del nudo b_j , debe ser el ancho total de la columna b_v , excepto cuando la viga llega a una columna más ancha, el ancho efectivo del nudo debe ser el menor de:

$$b_j = b_v + h_j$$

$$b_j = b_v + 2x$$

X = Distancia entre arista de columna e inicio de la viga.

Figura 42. **Elementos del nudo**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Resistencia al cortante vertical aplicado al nudo, V_{j_v} :

$$V_{j_v} = V_j \left(\frac{h_v}{h_c} \right)$$

V_j = Cortante horizontal aplicado al nudo.

V_{j_v} = Cortante vertical aplicado al nudo.

Si $V_{j_v} < V_j$, entonces no se tendrá problema de corte vertical.

Si $h_v < H_c$ entonces el nudo no tendrá problema de cortante vertical.

- Resistencia al cortante vertical resistido por el nudo, V_{n_v} :

Si $V_{j_v} < V_j$, no es necesario revisar V_{n_v} .

Para analizar el cortante vertical resistido V_{n_v} , se verifica que las columnas tengan por lo menos un hierro en la parte central de cada una de las caras.

De acuerdo con los datos del nuestro nudo crítico:

$$A_{s_1} = 11,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_2} = 5,72 \text{ cm}^2$$

$$b_c = 40 \text{ cm}$$

$$h_c = 40 \text{ cm}$$

$$b_v = 25 \text{ cm}$$

$$h_v = 50 \text{ cm}$$

$$x = 7,50 \text{ cm}$$

- Cortante horizontal resistido por el nudo:

$$h_j = h_c = 40 \text{ cm}$$

$$b_{j1} = b_v + b_c = 25 + 40 = 65 \text{ cm}$$

$$b_{j2} = b_v + 2x = 25 + 2(7,5) = 40 \text{ cm}$$

$$65 \text{ cm} > 40 \text{ cm} \rightarrow b_j = 40 \text{ cm}$$

$$A_j = b_j h_j = (40)(40) = 1\,600 \text{ cm}^2$$

- Cortante aplicado al nudo:

$$M_1 = \frac{A_{s1} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_{cb}} \right)}{100\,000} = \frac{(11,44)(1,25)(4\,210) \left[45,04 - (11,44)(1,25) \frac{4\,210}{1,7(281)(25)} \right]}{100\,000} =$$

$$24,08 \text{ Ton} - m$$

$$M_2 = \frac{A_{s2} \alpha F_y \left(d - A_{s2} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_{cb}} \right)}{100\,000} = \frac{(5,72)(1,25)(4\,210) \left[45,04 - (5,72)(1,25) \frac{4\,210}{1,7(281)(25)} \right]}{100\,000} =$$

$$12,80 \text{ Ton} - m$$

$$T_1 = A_{s1} \alpha F_y = (11,44)(1,25)(4\,210) = 60,20 \text{ Ton}$$

$$C_2 = A_{s2} \alpha F_y = (5,72)(1,25)(4\,210) = 30,10 \text{ Ton}$$

- Para nudos interiores:

$$V_{col} = \frac{M_1 + M_2}{H} = \frac{24,08 + 12,80}{4,15} = 8,89 \text{ Ton}$$

- Para nudos exteriores y de esquina:

$$V_{col} = \frac{M_1}{H} = \frac{24,08}{4,15} = 5,80 \text{ Ton}$$

- Resistencia al cortante horizontal resistido por el nudo

$$V_n (\text{Interior}) = 5,3\sqrt{f'_c}A_j = 5,3\sqrt{281}(1\ 600) = 142,15 \text{ Ton}$$

$$V_n (\text{Exterior}) = 4\sqrt{f'_c}A_j = 4\sqrt{281}(1\ 600) = 107,28 \text{ Ton}$$

$$V_n (\text{De esquina}) = 3,2\sqrt{f'_c}A_j = 3,2\sqrt{281}(1\ 600) = 85,83 \text{ Ton}$$

- Cortante horizontal aplicado al nudo:

- Nudo interior

$$V_j = T_1 - V_{col} = 60,20 - 8,89 = 81,42 \text{ Kg}$$

- Nudo exterior y de esquina:

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{col} = 60,20 + 30,10 - 5,80 = 84,50 \text{ Kg}$$

- Chequeo:

$$V_n (\text{Interior}) = 142,15 \text{ Ton} > V_j = 81,42 \text{ Kg} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$V_n (\text{Exterior}) = 107,28 \text{ Ton} > V_j = 84,50 \text{ Kg} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

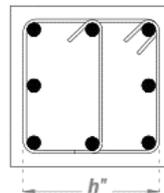
$$V_n (\text{De esquina}) = 85,83 \text{ Ton} > V_j = 84,50 \text{ Kg} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Control del refuerzo de confinamiento

Se considera que un elemento proporciona confinamiento al nudo si al menos el 75 % de la cara del nudo está cubierta por el elemento que llega al nudo, o sea, el ancho de la viga entrante al nudo debe ser igual o mayor al 75 % del ancho de la columna. Dentro del nudo se colocan estribos cerrados de confinamiento como refuerzo transversal.

El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares (A_{sh}) se calcula independientemente en cada dirección y se coloca en dirección perpendicular a la dimensión h'' utilizada.

Figura 43. **Refuerzo de confinamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

- A_{sh} deberá de ser el valor máximo entre:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}}$$

s_h = Separación del refuerzo transversal dentro del nudo.

A_{ch} = Área del núcleo de la columna, medida exteriormente al refuerzo transversal.

A_g = Área gruesa de la columna.

F_{yh} = Resistencia a la fluencia del refuerzo transversal.

- Si el espesor de concreto fuera del refuerzo transversal de confinamiento excede 10 cm, debe de colocarse refuerzo transversal adicional con una separación no superior a 30 cm. El recubrimiento de concreto sobre el refuerzo adicional no debe exceder 10 cm.
- El refuerzo transversal debe disponerse mediante estribos cerrados de confinamiento sencillo o múltiple. Se pueden usar ganchos suplementarios del mismo diámetro de barra y con el mismo espaciamiento que los estribos cerrados de confinamiento.

La separación del refuerzo transversal S_h será el menor entre:

$$\frac{b_c}{4}, \frac{h_c}{4}$$

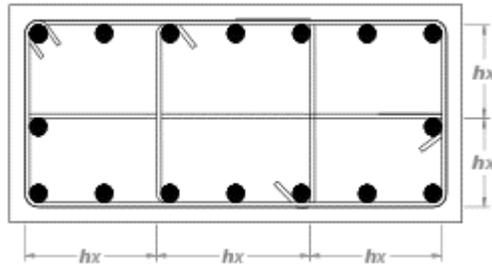
$$6\phi_{columnas}$$

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

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

h_x = El máximo valor de separación entre ramas de estribo cerrado de confinamiento y ganchos suplementarios en todas las caras de la columna, no debe ser mayor de 35 cm.

Figura 44. Separación del refuerzo transversal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Si llegan cuatro elementos confinados (que cumplan con que su ancho sea el 75 % del ancho de la columna), A_{sh} requerido se puede reducir al 50 %, lo que permite que el espaciamiento s_h se incremente a 15 cm.

$$A_{sh} = 0,15 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,45 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}}$$

$$S_h = 15 \text{ cm}$$

De acuerdo a los datos de la estructura:

S_h deberá ser el menor entre:

$$\frac{b_c}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ cm} , \frac{h_c}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ cm}$$

$$6\phi_{columnas} = 6 \left[\left(\frac{6}{8} \right) 2,54 \right] = 11,43 \text{ cm}$$

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

Entonces $S_h = 10 \text{ cm}$

$$h'' = 40 - 2(4) = 32 \text{ cm}$$

$$b'' = 40 - 2(4) = 32 \text{ cm}$$

$$A_{ch} = 232(32) = 1\,024 \text{ cm}^2$$

- Para nudo interior:

$$A_{sh} = 0,15 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] = 0,15 \frac{(8)(32)(281)}{4\,210} \left[\left(\frac{1\,600}{1\,024} \right) - 1 \right] = 1,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} = (0,09) \frac{(8)(32)(281)}{4\,210} = 1,54 \text{ cm}^2$$

Se toma el mayor $A_{sh} = 1,54 \text{ cm}^2$, entonces el armado propuesto para el nudo es de dos estribos combinados a 45° No.3 @10 cm, al igual que el de la zona de confinamiento de la columna, que es equivalente a $28,8 \text{ cm}^2$.

- Control de deterioro de adherencia

El ACI propone el control de del deterioro de adherencia y el deslizamiento de las varillas durante la formación de rótulas plásticas en las vigas adyacentes debido a los esfuerzos de adherencia muy altos.

- Las fuerzas en el refuerzo longitudinal de las vigas en la cara del nudo deben determinarse suponiendo que la resistencia en el refuerzo de tracción por flexión es de $1,25 f_y$ y la resistencia al nudo debe regirse por el factor $\phi=0,85$.
- El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna debe prolongarse hasta la cara más distante del núcleo confinado y anclarse (longitud de anclaje).

- La dimensión de la columna paralela al refuerzo longitudinal de la viga no debe ser menor que 20 el diámetro de la varilla longitudinal de mayor diámetro.

$$h_c \geq 20\phi_{viga}$$

$$h_v \geq 20\phi_{columna}$$

De acuerdo a los datos que tenemos de nuestra estructura:

$$h_c \geq 20\phi_{viga} \quad \rightarrow 40 > 38,10 \rightarrow CUMPLE$$

$$h_v \geq 20\phi_{columna} \quad \rightarrow 50 > 38,10 \rightarrow CUMPLE$$

- Control de longitud de anclaje

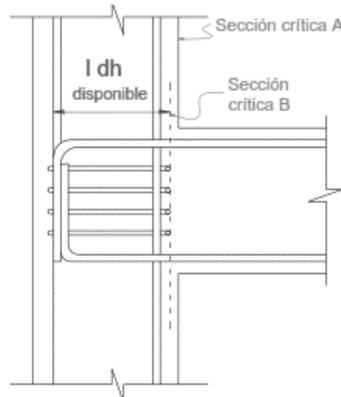
El control de longitud de anclaje se aplica para el diseño de los nudos exteriores y de esquina.

El refuerzo longitudinal de una viga, en una columna, debe prolongarse hasta la otra cara del núcleo confinado de la columna.

Se tiene la siguiente premisa:

$$ldh_{rec} < ldh_{disp}$$

Figura 45. Diagrama de longitud de desarrollo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Entonces:

$$ldh_{rec} = \frac{f_y \phi_v}{17,2 \sqrt{f'_c}}$$

ϕ_v = Diámetro del refuerzo de la varilla.

$$ldh_{diseño} = 0,80 ldh_{req}$$

Si $s_h < 3\phi_v$, entonces se puede reducir ldf_{req} en un 20 %.

Para los datos de nuestra estructura:

$$S_h = 10 \text{ cm} > 3\phi_v = 5,72 \text{ cm} \rightarrow ldh_{rec} \text{ no se reduce.}$$

$$ldh_{disp} = b_c - 2(rec) = 40 - 2(4) = 32 \text{ cm}$$

$$ldh_{rec} = \frac{f_y \phi_v}{17,2 \sqrt{f'_c}} = \frac{(4210) \left[\left(\frac{6}{8} \right) 2,54 \right]}{7,2 \sqrt{281}} = 27,82 \text{ cm}$$

$$ldh_{rec} = 27,82 \text{ cm} < ldh_{disp} = 32 \text{ cm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Relación de resistencia a flexión

La suma de la resistencia nominal a flexión de las secciones de la columna arriba y abajo del nudo, calculada usando la carga axial mayorada que resulte en la menor resistencia a flexión de la columna, no debe ser menor que 1,2 veces la suma de la resistencia nominal de las secciones de la viga en el nudo. Para conexiones con vigas llegando en dos direcciones perpendiculares, este requisito debe ser revisado independientemente en cada dirección. Esta verificación no es requerida en las conexiones a nivel de la cubierta de la edificación.

$$Pu_{Nivel\ 2} = 22,11\ Ton$$

$$Pu_{Nivel\ 1} = 47,25\ Ton$$

De acuerdo al diagrama de interacción de la columna se obtienen los valores de los momentos, utilizando un valor de $\alpha=1$.

$$Muc_{Nivel\ 1} = 13,70\ Ton - m$$

$$Muc_{Nivel\ 2} = 16,90\ Ton - m$$

Los momentos actuantes en las vigas se calcularon en la sección de cortante horizontal resistido por el nudo, utilizando un valor de $\alpha=1,25$, por lo tanto:

$$Mv_1 = \frac{13,31}{1,25} = 10,65\ Ton - m$$

$$Mv_2 = \frac{9,06}{1,25} = 7,24\ Ton - m$$

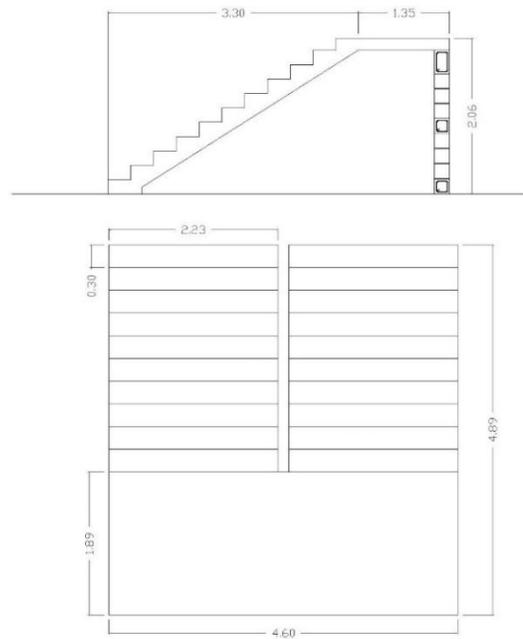
Para la verificación:

$$\frac{\sum M_c}{\sum M_v} = \frac{13,70+16,90}{10,65+7,24} = 1,71 > 1,2 \rightarrow OK$$

2.1.7.5. Diseño de gradas

Para el diseño de las gradas se usó como base el Código ACI 318-14S¹² y el Trabajo de graduación de Estuardo René Morales Calderón, Criterio de análisis, diseño, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado, agosto 2010.

Figura 46. Croquis de gradas (Escuela)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

- Especificaciones técnicas
 - Dimensiones:

¹² American Concrete Institute (ACI). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)*. p.92.

$$Huellas = 0,30 \text{ m}$$

$$Contrahuellas = 0,19 \text{ m}$$

$$Largo gradas = 3,30 \text{ m}$$

$$Largo descanso = 1,35 \text{ m}$$

$$Alto de gradas = 2,06 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{(3,30)^2 + (2,06)^2} + 1,35 = 5,24 \text{ m}$$

$$t = \frac{L}{20} = \frac{5,24}{20} = 0,17 \text{ m} \xrightarrow{\text{A usar}} 0,18 \text{ m} \quad (\text{ACI 318S-14, 7.3.1.1})$$

○ Cargas de diseño:

▪ Carga muerta

$$P_{propio} = P_{gradas} + P_{Losa} = P_{concreto} \left[Lbt + \frac{(Huella)(Contrahuella)}{2} (b)(Cant. gradas) \right] = P_{concreto} \left[(5,24)(1,00)(0,18) + \frac{(0,30)(0,19)}{2} (1,00)(11) \right] = 3\,016,08 \frac{Kg}{m^2}$$

$$SC_{acabados} = 100 \frac{Kg}{m^2}$$

$$CM = 3\,016,08 + 100 = 3\,116,08 \frac{Kg}{m^2}$$

▪ Carga viva

$$CV = 500 \frac{Kg}{m^2} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 3.7.1-1})$$

▪ Carga última:

$$Cu = 1,20(3\,116,08) + 1,60(500) = 4\,539,30 \frac{Kg}{m^2}$$

- Momentos actuantes: (ACI 318S-14, 6.5.2)

$$M_{M\acute{a}x} = \frac{4\,539,30(5,24)^2}{8} = 15\,579,77 \text{ Kg} - m$$

Se recomienda aplicar el 25 % del momento máximo en los extremos de la losa:

$$M_{Extremos} = 0,25M_{M\acute{a}x} = 0,25(15\,579,77) = 3\,894,94 \text{ Kg} - m$$

- Cculos:

- Diseño de acero:

- Acero mínimo: (ACI 318S-14, 9.6.1.2)

El mayor entre los siguientes resultados:

$$\rho_{m\acute{i}n} = \frac{0,0018(4\,200)}{F_y} = \frac{0,0018(4\,200)}{4\,210} = 0,0018$$

$$\rho_{m\acute{i}n} = 0,0014$$

$$A_{s_{m\acute{i}n}} = \rho_{m\acute{i}n}A_g = 0,0018(100)(18) = 3,23 \text{ cm}^2$$

- Acero para momentos:

El rea de acero para refuerzo de las losas se calcula utilizando la relación entre las ecuaciones 3,31 y 3,36 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED) de Arthur H. Nilson, que da como resultado la siguiente ecuación:

$$A_s = \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825f_c}} \right) \frac{0,85f_c}{F_y}$$

$$A_{M\acute{a}x} = \left((100)(14,5) - \sqrt{[(100)(14,5)]^2 - \frac{(15\ 579,77)(100)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4\ 210} =$$

35,55 cm²

$$A_{sExtremo} = \left((100)(14,5) - \sqrt{[(100)(14,5)]^2 - \frac{(3\ 894,94)(100)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4\ 210} =$$

7,31 cm²

- Acero por temperatura: (ACI 318-14S, 24.4.3.2)

El mayor entre los siguientes resultados:

$$\rho_{temp} = \frac{0,0018(4\ 200)}{F_y} = \frac{0,0018(4\ 200)}{4\ 210} = 0,0018$$

$$\rho_{temp} = 0,0014$$

$$A_{s_{temp}} = \rho_{temp} A_g = 0,0018(100)(18) = 3,23\ cm^2$$

- Espaciamiento:

$$S = \frac{A_{varilla}}{A_s} (100)$$

- ✓ Espaciamiento máximo: (ACI 318-14S, 7.7.2)

El menor entre:

$$45\ cm$$

$$3h = 3(18) = 54\ cm$$

$$S_{m\acute{a}x} = 45\ cm$$

- ✓ Espaciamiento mínimo: (ACI 318-14S, 25.2)

El mayor entre:

2,50 cm

$$d_b = 1,59 \text{ cm}$$

$$\frac{4}{3} d_{agg} = \frac{4}{3} \left(\frac{3}{8} \right) (2,54) = 1,27 \text{ cm}$$

$$S_{mín} = 2,50 \text{ cm}$$

✓ Para el momento positivo ($A_{S_{máx}}$):

Con varilla No.5.

$$S = \frac{1,98}{35,55} (100) = 5,57 \text{ cm} \xrightarrow{A \text{ usar}} S_{mín} \geq 5,00 \text{ cm} \geq S_{máx}$$

✓ Para los momentos negativos ($A_{S_{Extremos}}$):

Con varilla No.5.

$$S = \frac{1,98}{7,31} (100) = 27,07 \text{ cm} \xrightarrow{A \text{ usar}} S_{mín} \geq 20,00 \text{ cm} \geq S_{máx}$$

✓ Para el acero por temperatura ($A_{S_{temp}}$):

Con varilla No.3.

$$S = \frac{0,72}{3,23} (100) = 22,29 \text{ cm} \xrightarrow{A \text{ usar}} S_{mín} \geq 20,00 \text{ cm} \geq S_{máx}$$

- Resumen:

- Espesor de losa:

$$t = 18,00 \text{ cm}$$

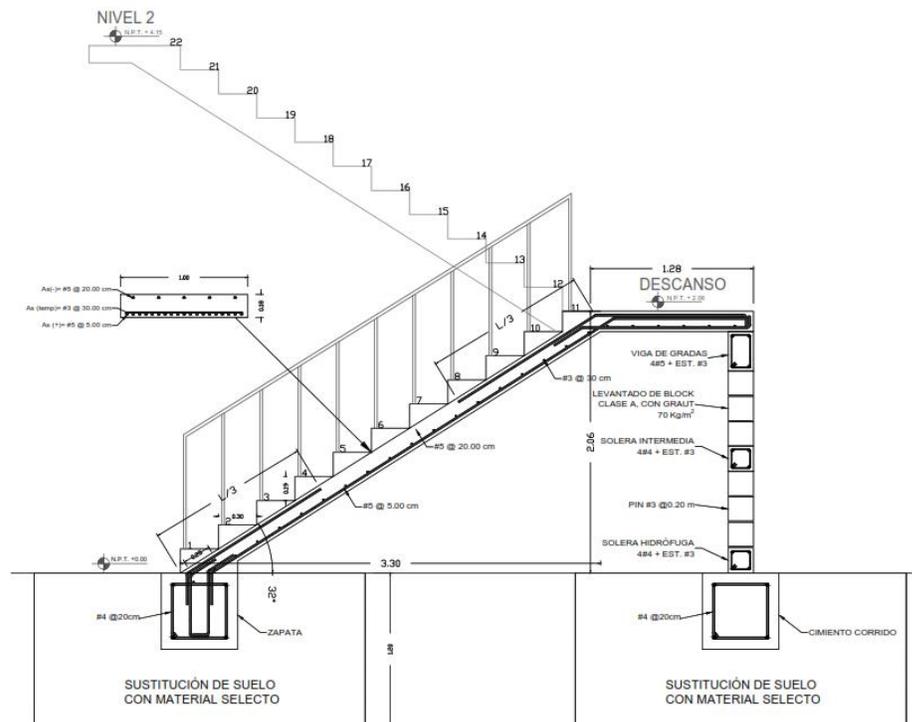
- Armado:

Parrilla inferior: No.5 @ 5,00 cm

Bastones: No.5 @ 20,00 cm

Parrilla superior: No.3 @ 20,00 cm

Figura 47. Armadura de gradas, Escuela



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

2.1.7.6. Diseño de cimientos

Para el procedimiento de cálculo se utilizó de referencia el Capítulo 16.6 del libro *Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED)* de Arthur H. Nilson.¹³

¹³ NILSON, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. p. 499 - 526.

- Especificaciones técnicas:

- Materiales:

$$f'_c = 281,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

- Suelo:

$$\text{V.S.} = 35,04 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Cargas y momentos:

$$M_{ux} = 8\,777,71 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{uy} = 7\,856,66 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$P_u = \text{Kg}$$

$$\text{FCU} = 1,38$$

- Columna:

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$h = 0,40 \text{ m}$$

- Zapata

$$D_f = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Rec} = 0,08 \text{ m}$$

- Cálculos:

- Cargas de trabajo:

$$P_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{47,25}{1,38} = 34,24 \text{ Ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{FCU} = \frac{8,78}{1,38} = 6,36 \text{ Ton - m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{FCU} = \frac{7,86}{1,38} = 5,69 \text{ Ton - m}$$

- Cálculo de área de zapata:

$$A_z = \frac{1,5P_t}{V.S.} = \frac{1,5(34,24)}{35,04} = 1,47 \text{ m}^2$$

- Dimensiones supuestas:

Las dimensiones fueron propuestas luego de realizar una evaluación de los momentos actuantes en la cimentación.

$$B = 2,00 \text{ m}$$

$$L = 2,00 \text{ m}$$

$$A = 4,00 \text{ m}^2$$

$$t = 0,45 \text{ m}$$

- Presión en el suelo:

P:

$$P = P_t + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$P = 34,15 + (0,40)(0,40)(1,20)(2,40) + (2,00)(2,00)(1,20)(1,67) + (2,00)(2,00)(0,45)(2,40) = 65,39 \text{ Ton}$$

- Cargas máximas y mínimas:

$$q_{\text{mín}} = \frac{P_T}{BL} - \frac{6M_x}{LB^2} - \frac{6M_y}{BL^2} = \frac{65,39}{4,00} - \frac{6(6,36)}{2,00(2,00)^2} - \frac{6(5,69)}{2,00(2,00)^2} = 5,97 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{P_T}{BL} + \frac{6M_x}{LB^2} + \frac{6M_y}{BL^2} = \frac{65,39}{4,00} + \frac{6(6,36)}{2,00(2,00)^2} + \frac{6(5,69)}{2,00(2,00)^2} = 24,05 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Verificación de cargas:

Las dimensiones propuestas cumplen con las condiciones necesarias.

$$q_{\text{máx}} = 24,05 \leq q_e = 35,04$$

$$q_{\text{mín}} = 5,97 > 0$$

- Presión última:

$$q_{\text{dis}} = q_{\text{máx}} \text{FCU} = (24,05)(1,38) = 46,26 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Chequeo por corte simple:

$$d = 0,45 - 0,08 - \frac{0,0159}{2} = 0,36$$

- Corte resistente:

$$V_r = 0,85(0,53)\sqrt{f'_c}bd = 0,85(0,53)\sqrt{281}(2,00)(0,36) = 54,68 \text{ Ton}$$

- Corte actuante:

$$V_s = q_{dis} \left(\frac{B_{zap} - B_{col}}{2} - d \right) H_{zap} = 33,19 \left(\frac{2,00 - 0,40}{2} - 0,40 \right) 2,00 = 29,07 \text{ Ton}$$

- Verificación:

$$V_r = 54,68 > V_s = 29,07$$

ESPESOR CORRECTO

- Chequeo por corte punzante:

- Corte resistente:

$$b_o = 2(B + d) + 2(L + d) = 2(40 + 36) + 2(40 + 36) = 304,83 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85(1,06)\sqrt{f'_c}b_o d = 0,85(1,06)\sqrt{281}(304,83)(36) = 166,69 \text{ Ton}$$

- Corte actuante:

$$A_1 = (B - d)(L - d) = (0,40 - 0,36)(0,40 - 0,36) = 0,58 \text{ m}^2$$

$$V_p = q_{dis}(BL - A_1) = 33,19(4,00 - 0,58) = 166,69 \text{ Ton}$$

- Verificación:

$$V_r = 166,69 \text{ Ton} > V_p = 166,69 \text{ Ton}$$

ESPESOR CORRECTO

- Diseño por flexión:

- Cálculo de momentos:

✓ Carga lineal

$$\omega_x = q_{dis}B = (33,19)(2,00) = 66,39 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\omega_y = q_{dis}B = (33,19)(2,00) = 66,38 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

✓ Longitud del voladizo

$$L_x = \frac{B_{zap} - b_{col}}{2} = \frac{2,00 - 0,40}{2} = 0,80 \text{ m}$$

$$L_y = \frac{B_{zap} - b_{col}}{2} = \frac{2,00 - 0,40}{2} = 0,80 \text{ m}$$

✓ Momentos

$$M_x = \frac{\omega_x - L_x^2}{2} = \frac{66,39 - 0,80^2}{2} = 21,24 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_y = \frac{\omega_y - L_y^2}{2} = \frac{66,39 - 0,80^2}{2} = 21,24 \text{ Ton} - \text{m}$$

✓ Cálculo de acero mínimo:

$$A_{s \text{ mín}1} = \frac{14,1}{4 \cdot 210} bd = \frac{14,1}{4 \cdot 210} (200)(36) = 24,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}2} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{F_y} bd = \frac{0,8\sqrt{281}}{4 \cdot 210} (200)(36) = 23,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 24,25 \text{ cm}^2$$

Para varillas No.4

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{A_v b}{A_{s \text{ mín}}} = \frac{1,27(200)}{24,25} = 10,90 \text{ cm} \rightarrow 10,00 \text{ cm}$$

✓ Cálculo de área de acero:

Relación entre las ecuaciones 3,31 y 3,36, Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED) de Arthur H. Nilson,

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

$$A_{sx} = \left((200)(36) - \sqrt{[(200)(36)]^2 - \frac{(21,24)(200)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4 \cdot 210} = 15,79 \text{ cm}^2 \rightarrow$$

$$A_{s \text{ mín}} = 24,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} = \left((200)(36) - \sqrt{[(200)(36)]^2 - \frac{(24,21)(200)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4 \cdot 210} = 15,79 \text{ cm}^2 \rightarrow$$

$$A_{s \text{ mín}} = 24,25 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de espaciamiento:

Para varillas No.4

$$S_x = \frac{A_v b}{A_{sx}} = \frac{1,27(200)}{15,79} = 16,10 \text{ cm} \rightarrow S_{\text{máx}} = 10,00 \text{ cm}$$

$$S_y = \frac{A_v b}{A_{sy}} = \frac{1,27(200)}{15,79} = 16,10 \text{ cm} \rightarrow S_{\text{máx}} = 17,00 \text{ cm}$$

- ✓ Acero de temperatura:

$$A_{temp} = 0,002bt = 0,002(100)(45) = 9,00 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s \text{ mín}} = 24,25 \text{ cm}^2$$

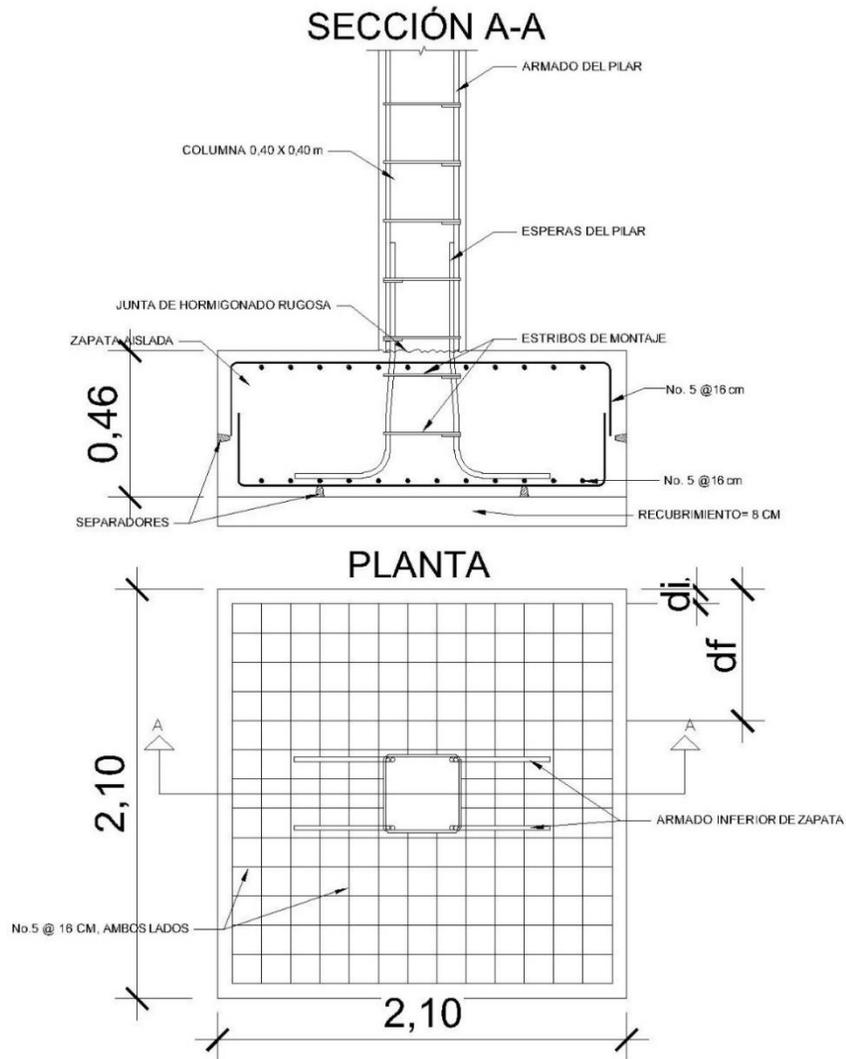
Para varilla No.4

$$S_{temp} = \frac{A_v b}{A_{sy}} = \frac{1,27(100)}{9,00} = 14,11 \text{ cm} \rightarrow S_{\text{máx}} = 10,00 \text{ cm}$$

- Conclusión:

Se realizará una zapata con dimensiones 2,00x2,00x0,45 m con armado de acero No.4 a cada 10 cm en ambos sentidos y acero por temperatura No.4 a cada 10 cm en ambos sentidos.

Figura 48. **Detalle de armado de zapata, Escuela de varones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

2.1.7.7. Resumen de armado de elementos

A continuación, se tiene un resumen de las dimensiones y armados de los elementos estructurales de la edificación.

Tabla L. **Resumen de armado de elementos estructurales, Escuela**

<u>RESUMEN DE ARMADO DE ELEMENTOS</u>				
<u>LOSAS</u>				
	TECHO		ENTREPISO	
t =	12 cm		12 cm	
Sx (-) =	No. 3	@20 cm	No. 3	@15 cm
Sx (+)=	No. 3	@20 cm	No. 3	@20 cm
Sy (-) =	No. 3	@20 cm	No. 3	@15 cm
Sy (+)=	No. 3	@20 cm	No. 3	@20 cm
<u>VIGAS</u>				
	NIVEL 2		NIVEL 1	
b=	25 cm		25 cm	
h=	50 cm		50 cm	
Acero longitudinal				
CARA	CANT.	No.	CANT:	No.
Izq. (-)=	3	No. 6	3	No. 5
Izq. (+)=	2	No. 6	2	No. 5
Centro (-)=	2	No. 6	2	No. 5
Centro (+)=	2	No. 6	2	No. 5
Derecha (-)=	3	No. 6	3	No. 5
Derecha (+)=	2	No. 6	2	No. 5
Acero Transversal				
ZONA	No.	S	No.	S
Primer est. =	No. 3	@5 cm	No. 3	@5 cm
Zona confinada (1.70 m) =	No. 3	@10 cm	No. 3	@10 cm
Zona no conf. (1.60 m) =	No. 3	@20 cm	No. 3	@20 cm
<u>COLUMNAS</u>				
	NIVEL 2		NIVEL 1	
b=	40 cm		40 cm	
h=	40 cm		40 cm	
Acero longitudinal				
ZONA	No.	CANT:	No.	CANT:
AS1 (Esquinas) =	No. 6	4	No. 6	4
AS2 (Centros) =	No. 4	4	No. 4	4

Continuación de tabla L.

Acero Transversal				
ZONA	No.	S	No.	S
Primer est. =	No. 3	@4 cm	No. 3	@4 cm
Zona confinada (0.69 m) =	No. 3	@8 cm	No. 3	@8 cm
Zona no conf. (2.77 m) =	No. 3	@10 cm	No. 3	@10 cm
CIMENTOS				
L =	2 m			
B =	2 m			
t =	45 cm			
S _x =	No. 4	@10 cm		
S _y =	No. 4	@10 cm		
S _{temp} =	No. 4	@10 cm		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.8. Instalaciones

Las edificaciones deben de contar con servicios básicos para su funcionamiento, servicios como agua potable, electricidad, drenajes, entre otros.

2.1.8.1. Agua potable

El sistema de agua potable está formado por tubería PVC que cumple con la norma ASTM D 2241. El circuito está compuesto generalmente de diámetro ¾" de 125 PSI, los artefactos están conectados con ½".

Para realizar los cálculos se utilizó el Método Hunter que asigna a cada aparato sanitario un número de unidades de gasto.

Tabla LI. **Dotación de agua en un edificio**

Dotación de agua en un edificio		
Habitación en zonas rurales	85	L/hab/día
Habitación tipo popular	150	L/hab/día
Habitación interés social	200	L/hab/día
Departamentos de lujo	250	L/hab/día
Residencias con piscina	500	L/hab/día
Edificios de oficina	70	L/hab/día
Hoteles	500	L/hab/día
Cines	2	L/espectador/función
Fábricas	60	L/obrero/día
Baños públicos	500	L/bañista/día
Escuelas	100	L/alumno/día
Clubes	500	L/bañista/día
Restaurantes	15-30	L/comensal/día
Lavanderías	40	L/Kg de ropa
Hospitales	500	L/cama/día
Riego de jardines	5	L/m ²
Riego de patios	2	L/m ²

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.44.

Criterios para diseño:

Dotación: 50 L/ estudiante

Tabla LII. **Unidades de gasto para cálculo de tuberías**

Uso público				
Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de ropa		8	4,5	4,5
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	
Inodoro	Con válvula	8	8	
Lavadero	Cocina hotel	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	
Bebedero	Múltiple	1	1	
Lavatorio	Corriente	2	1,5	1,5
Lavatorio	Múltiple	2	1,5	1,5
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	
Urinario	Con válvula	5	5	

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.48.

Tabla LIII. **Gastos probables para el método Hunter**

Gastos probables para la aplicación del método Hunter (L/s)					
No. De	Gasto		No. De	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0,12		120	1,83	2,72
4	0,16		130	1,91	2,8
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20
10	0,34	1,06	190	2,37	3,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44

Continuación de tabla LIII.

16	0,46	1,22	220	2,60	3,51
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58
20	0,54	1,33	240	3,75	3,65
22	0,58	1,37	250	2,84	3,71
24	0,61	1,42	260	2,91	3,79
26	0,67	1,45	270	2,99	3,87
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96
48	1,09	1,92	460	4,42	5,08
50	1,13	1,97	480	4,57	5,20
55	1,19	2,04	500	4,71	5,31
60	1,25	2,11	550	5,02	5,57
65	1,31	2,17	600	5,34	5,83
70	1,36	2,23	650	5,85	6,09
75	1,41	2,29	700	5,95	6,35
80	1,45	2,35	750	6,20	6,61
85	1,50	2,40	800	6,60	6,84
90	1,56	2,45	850	6,91	7,11
95	1,62	2,50	900	7,22	7,36
100	1,67	2,55	950	7,53	7,61
110	1,75	2,60	1000	7,84	7,85

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.50.

De acuerdo con las tablas de unidades de gasto y la de gastos probables, se puede determinar lo siguiente:

Tabla LIV. **Gastos para aparatos sanitarios de la escuela**

Aparato	Subramal			Total	UH	Total UH
	1	2	3			
Inodoros con depósito	6	6	5	17	5	85
Orinal con fluxómetro	3	3	2	8	10	80
Lavamanos	7	7	7	21	2	42

207

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LV. **Factor de uso**

No. De aparatos	Aparatos comunes	Aparatos de válvula
2	100 %	100 %
3	80 %	65 %
4	68 %	50 %
5	62 %	42 %
6	58 %	38 %
7	56 %	35 %
8	53 %	31 %
9	51 %	29 %
10	50 %	27 %
20	42 %	16 %
30	38 %	12 %
40	37 %	9 %
50	36 %	8 %
60	35 %	7 %
70	34 %	6,1 %
80	33 %	5,3 %
90	32 %	4,6 %
100	31 %	4,2 %
200	30 %	3,1 %
300	29,1 %	1,9 %
500	27,5 %	1,5 %
800	25,8 %	1,2 %
1000	25 %	1 %

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p.59.

De acuerdo a la tabla XLVI, el caudal, interpolando los valores entre 200 y 210, es de 2,47 L/s.

Factor de uso:

Para 17 sanitarios = 45 %

Caudal corregido:

$$V_{municipal} = 2 \text{ m/s}$$

$$Q = 2,47(0,45) = 0,99 \frac{L}{s} \rightarrow 0,00099 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00099}{2} = 0,00049 \text{ m}^2 \rightarrow 4,95 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,77 \text{ pulg}^2$$

$$\emptyset = 1,97 \text{ pulgadas} \rightarrow 2 \text{ pulgadas}$$

2.1.8.2. Energía eléctrica

El sistema será monofásico de 120 V, está compuesto por 28 circuitos, 10 para iluminación y 18 para fuerza.

Para la iluminación se utilizarán lámparas led de tipo industrial de 2x18 Watts. Los tomacorrientes son dobles de 110 V a una altura general de 0,30 m del suelo.

Cálculo de amperaje por circuito:

$$I = \frac{P}{V}$$

Dónde:

I = corriente, medido en amperios.

P = potencia, medido en watts.

V = voltaje, medido en voltios.

$$I = \frac{900}{120} = 7,50 \text{ A}$$

Usando un factor de seguridad de 1,25, se tiene:

$$I = 7,50(1,25) = 9,38 \text{ A}$$

Tabla LVI. **Cálculo de potencia en circuito de iluminación**

Iluminación					
Circuito	Unidades	Consumo (W)	Consumo total (W)	Corriente (A)	F.S.
1	25	36	900	7,50	9,38

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LVII. **Capacidad de amperaje de los conductores**

Capacidad de amperaje de los conductores			
Conductor	No. 12	No. 10	No. 8
En tubería	25 A	40 A	85 A
Al aire	20 A	30 A	45 A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para los circuitos de iluminación se utilizará cable 12 AWG, TW. Y flipones de 20 amperios. Para el cálculo de los circuitos de fuerza, se analizará el circuito 11.

Tabla LVIII. **Cálculo de potencia en circuito de fuerza**

Fuerza					
Circuito	Unidades	Consumo (W)	Consumo total (W)	Corriente (A)	F.S.
11	9	300	2700	22,50	28,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

$$I = \frac{2700}{120} = 22,50 A$$

Usando un factor de seguridad de 1,25, se tiene:

$$I = 22,50(1,25) = 28,13 A$$

Para los circuitos de fuerza se utilizará cable 10 AWG, TW. Y flipones de 00 amperios.

Se utilizarán 3 tableros de control de 12 flipones.

2.1.8.3. Drenajes

- Drenaje sanitario

La instalación de drenajes deberá quedar enterrada a una profundidad mínima de 0,40 m, por debajo de la instalación de agua potable. Las zanjas deberán ser rellenadas con una capa de material selecto compactado.

Para fines de diseño se toma en cuenta el uso que van a tener las instalaciones, el cual depende del tipo de servicio que va a prestar la edificación.

- Primera clase: De uso privado, se aplica para viviendas, hoteles o instalaciones destinadas a uso familiar.
- Segunda clase: Es de uso semi público, corresponde a edificios de oficinas, fábricas o similares.
- Tercera clase: Es de uso público, no existe límite en el número de personas, ni en el uso.

Tabla LIX. **Unidades de descarga y diámetros mínimos en derivaciones simples y sifones de descarga**

Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga						
Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 ¼	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	----	1 ¼	1 ¼	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 ½	----	----
Lavaplatos comercial	----	4	----	----	----	2

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.71.

Tabla LX. **Unidades de mueble para escuela**

Aparato	Subramal			Total	Diámetro	UM	Total UH
	1	2	3				
Inodoros con depósito	6	6	5	17	4"	5	85
Orinal con fluxómetro	3	3	2	8	2"	4	32
Lavamanos	7	7	7	21	2"	2	42

159

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Caudal:

$$V_{permitida} = 1 \text{ m/s}$$

$$Q = 2,14 \frac{L}{s} \rightarrow 0,00021 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00021}{2} = 0,00086m^2 \rightarrow 8,56cm^2 \rightarrow 1,33pulg^2$$

$$\emptyset = 2,59 \text{ pulgadas} \rightarrow 3 \text{ pulgadas}$$

- Drenaje pluvial

El área del edificio más grande es de 375 metros cuadrados de área y se instalarán 10 bajadas de agua pluvial, lo que da como resultado 37,5 metros cuadrados por bajada.

Para la obtención del diámetro se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \left(\frac{691 \ 000 Q n}{\frac{1}{S^2}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Y para la obtención del caudal la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Tabla LXI. Valores de C, para cálculo de drenajes pluviales

Valores de C	
Superficies impermeables de techos	0,75 - 0,95
Pavimentos de asfalto	0,85 - 0,90
Jardines, parques o prados	0,05 - 0,25

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.76.

Tabla LXII. **Coefficiente de escurrimiento para cálculo de drenajes pluviales**

Coefficiente de escurrimiento	
Tipo de superficie	Coefficiente
Azoteas	1
Patios y estacionamientos	
Loseta	1
Asfalto	0,95
Concreto	0,95
Jardines: suelo arenoso	
Horizontales a 2 %	0,1
Promedio de 2 a 7 %	0,15
Inclinados a 7 %	0,2
Jardines: suelo compacto	
Horizontales a 2 %	0,17
Promedio de 2 a 7 %	0,22
Inclinados a 7 %	0,35

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.77.

Ecuación a utilizar para la intensidad de lluvia, tomando un tiempo de frecuencia de 20 años:

$$I = \frac{4\,604,5}{t+24,2} = \frac{4\,604,5}{5+24,2} = 200,20 \text{ mm/h}$$

- Determinación del caudal:

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{(0,75)(200,20)(0,004)}{360} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Determinación del diámetro:

$$D = \left(\frac{691\,000(0,002)(0,009)}{\left(\frac{1}{100}\right)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 5,57 \text{ cm} \rightarrow 2,19 \text{ pulg} \rightarrow 3 \text{ pulg.}$$

2.1.8.4. Instalaciones especiales

No se cuentan con instalaciones especiales en el proyecto.

2.1.9. Elaboración de planos

Los planos del presente informe son:

- Planta de conjunto
- Planta acotada
- Planta de acabados.
- Ventanas y puertas.
- Secciones y elevaciones.
- Planta de cimientos y columnas.
- Planta de vigas y losas.
- Planta de secciones y ejes.
- Planta de drenajes.
- Planta de agua potable
- Planta eléctrica de fuerza.
- Planta eléctrica de iluminación

2.1.10. Elaboración de presupuesto

A continuación, se presenta el resumen de los costos para la elaboración de las edificaciones de la escuela de varones en Gualán, Zacapa.

Tabla LXIII. Presupuesto de la escuela de varones, Gualán, Zacapa.

NO.	RENLÓN	CANT.	UN	P.U.	TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	Demolición de torta de concreto existentes	1 511,55	m ²	Q43,66	Q65 990,97
1.2	Demolición de muros existentes	1 606,48	m ²	Q36,46	Q58 580,03
1.3	Demolición de cimiento existentes	154,22	m ³	Q1 165,34	Q179 721,18
1.4	Demolición de banquetas existentes	400,00	m ²	Q43,66	Q17 463,13
1.5	Limpieza general	4 300,00	m ²	Q4,36	Q18 747,99
1.6	Replanto topográfico (Trazo y estaqueado)	954,00	m ²	Q8,60	Q8 202,25
2	OBRA GRIS				
2.1	Cimientos				
2.1.1	Excavación	885,39	m ³	Q81,24	Q71 930,22
2.1.2	Relleno compactado	885,39	m ³	Q171,73	Q152 051,91
2.1.3	Cimiento corrido CC-1 (0,60x0,40 m)	416,94	ml	Q600,22	Q250 254,21
2.1.4	Zapatatas Z-1 (2,00x2,00x0,46)	48,00	Unidad	Q5 225,92	Q250 844,16
2.1.5	Zapatatas Z-2 (2,20x2,20x0,40)	8,00	Unidad	Q5 960,23	Q47 681,81

Continuación de tabla LXIII.

2.1.5	Zapatatas Z-3 (1,50x1,50x0,36)	24,00		Q2 488,49	Q59 723,72
2.2	Columnas				
2.2.1	Columnas C-1 (0,40x0,40 m)	398,40	ml	Q879,40	Q350 353,03
2.2.2	Columnas C-2 (0,35x0,35 m)	74,40	ml	Q784,29	Q58 350,84
2.2.3	Columnas C-3 (0,30x0,30 m)	99,60	ml	Q626,89	Q62 437,86
2.3	Vigas				
2.3.1	Viga V-1 (0,25x0,55 m)	328,00	ml	Q677,74	Q222 298,04
2.3.2	Viga V-2 (0,25X0,45 m)	328,00	ml	Q650,71	Q213 432,99
2.3.3	Viga V-3 (0,25x0,55 m)	49,00	ml	Q649,59	Q31 829,93
2.3.4	Viga V-4 (0,25X0,45 m)	49,00	ml	Q649,59	Q31 829,93
2.3.5	Viga V-5 (0,25x0,45 m)	191,50	ml	Q698,09	Q133 683,86
2.4	Losas				
2.4.1	Losa tradicional de techo (0,12 m)	1 001,86	m ²	Q998,76	Q1 000 620,89
2.4.2	Losa tradicional de entepiso (0,12 m)	616,80	m ²	Q998,76	Q616 037,13
2.5	Contrapiso				
2.5.1	Fundición de contra piso (0,10 m)	1 043,91	m ²	Q245,31	Q256 079,08
2.6	Muros tabique				
2.6.1	Emplantillado de block (0,14x0,19x0,39 m - 25 Kg/m ²)	416,94	ml	Q91,64	Q38 208,45
2.6.2	Levantado de block (0,14x0,19x0,39 m - 25 Kg/m ²)	2 863,52	m ²	Q91,64	Q262 412,99

Continuación de tabla LXIII.

2.6.3	Solera hidrófuga (0,15 x 0,20 m)	416,94	ml	Q157,77	Q65 780,20
2.6.4	Solera tipo dintel (0,10 x 0,15 m)	416,94	ml	Q125,59	Q52 364,13
2.6.5	Solera intermedia (0,15 x 0,20 m)	416,94	ml	Q123,48	Q51 485,04
2.6.6	Solera final (0,15 x 0,20 m)	416,94	ml	Q157,77	Q65 780,20
2.6.7	Mocheta C-5 (0,15x0,15 m)	215,80	ml	Q173,42	Q37 423,32
2.6.8	Mocheta C-6 (0,15x0,10 m)	2 241,00	ml	Q142,35	Q319 003,96
2.7	Módulo de gradas				
2.7.1	Fundición de losa de gradas	22,00	m ²	Q605,00	Q13 310,00
3	INSTALACIONES				
3.1	Drenajes				
3.1.1	Instalación de drenaje sanitario	1,00	Global	Q37 132,25	Q37 132,25
3.1.2	Instalación de drenaje pluvial	1,00	Global	Q19 251,69	Q19 251,69
3.2	Agua potable				
3.2.1	Instalación de acometida	1,00	Global	Q4 000,00	Q4 000,00
3.2.2	Instalación de artefactos	1,00	Global	Q30 991,50	Q30 991,50
3.2.3	Instalación de tubería	1,00	Global	Q47 192,09	Q47 192,09
3.3	Instalaciones eléctricas				
3.3.1	Instalación de acometida	1,00	Global	Q2 500,00	Q2 500,00
3.3.2	Instalación eléctrica de iluminación	1,00	Global	Q239 774,90	Q239 774,90
3.3.3	Instalación eléctrica de fuerza	1,00	Global	Q83 050,54	Q83 050,54
4	ACABADOS				
4.1	Acabados en muros				

Continuación de tabla LXIII.

4.1.2	Repello + cernido	5 727,03	m ²	Q44,31	Q253 753,78
4.1.3	Blanqueado de muros	5 727,03	m ²	Q49,45	Q283 206,04
4.1.4	Pintura de muros	5 727,03	m ²	Q17,45	Q99 912,55
4.2	Acabado de elementos estructurales				
4.2.1	Blanqueado de techo	1 618,66	m ²	Q49,45	Q80 043,98
4.2.2	Blanqueado de vigas	174,86	m ²	Q41,80	Q7 308,23
4.2.3	Blanqueado de columnas	886,08	m ²	Q41,80	Q37 034,02
4.3	Jardines banquetas y caminamientos				
4.3.1	Fundición de banquetas	17,08	m ²	Q204,49	Q3 492,73
4.3.2	Adoquinado para caminamientos	499,36	m ²	Q276,94	Q138 293,59
4.3.3	Jardinización	4 114,14	m ²	Q6,48	Q26 674,07
4.4	Pisos y azulejos				
4.4.1	Instalación de piso cerámico (0,33x0,33 m)	1 043,91	m ²	Q202,56	Q211 449,88
4.4.2	Instalación de azulejo a 1,20 m de altura	50,00	m ²	Q202,56	Q10 127,78
4.5	Accesorios para sanitarios de discapacitados				
4.5.1	Juego de barras para sanitarios	4,00	Unidad	Q2 500,00	Q10 000,00

Q6 689 103,09

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.11. Evaluación de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental es una herramienta que agrupa un conjunto de procedimientos que son capaces de garantizar un examen sistemático de los aspectos ambientales de un proyecto. Los resultados de esta evaluación son críticos para la determinación de la viabilidad del proyecto, así como para tomar medidas de mitigación y protección ambiental.

Los temas para tomar en cuenta para el desarrollo de dicha evaluación, de acuerdo a la página del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales se mencionan a continuación:¹⁴

Descripción general del proyecto: Síntesis del general del proyecto, ubicación geográfica y área de influencia del proyecto, ubicación político-administrativa, justificación técnica del proyecto, área estimada del proyecto, actividades a realizar en cada fase de desarrollo del proyecto y tiempos de ejecución, servicios básicos, materia prima y materiales a utilizar, manejo y disposición final de desechos, concordancia con el plan de uso de suelo.¹⁵

Descripción del marco legal: Describir la normativa legal que fue considerada en el desarrollo del proyecto o que se aplica según la actividad de que se trate y necesaria para el aprovechamiento de los recursos naturales.

Monto global de la inversión: Exponer el monto de las erogaciones por compra de terrenos, construcción de instalaciones, caminos de acceso, obras de electrificación, agua potable y con fines industriales, compra de maquinaria y

¹⁴ MARN. *Estudios de evaluación de Impacto Ambiental*. https://www.marn.gob.gt/paginas/Ventanilla_nica. Consulta: 01 de marzo de 2019.

¹⁵ *Ibíd.*

equipo, personal calificado y no calificado. Se debe indicar la vida útil del proyecto.

Descripción del ambiente físico: Geología, geomorfología, suelos, clima, hidrología, calidad del aire, amenazas naturales, entre otros.

Descripción del ambiente biótico: Flora, fauna, áreas protegidas y ecosistemas frágiles.

Descripción del ambiente socioeconómico y cultural: Características de la población, seguridad vial y circulación vehicular, servicios de emergencia, servicios básicos, percepción local sobre el proyecto, infraestructura comunal, desplazamiento y movilización de comunidades, descripción del ambiente cultural, paisaje, áreas socialmente sensibles y vulnerables.

Selección de alternativas: alternativas consideradas y alternativa seleccionada.

Identificación de impactos ambientales y determinación de medidas de mitigación: Identificación y valoración de impactos ambientales, análisis de impactos, evaluación de impacto social, síntesis de la evaluación de impactos ambientales.

Plan de gestión ambiental (PGA): Organización del proyecto y ejecutor de las medidas de mitigación, seguimiento y vigilancia ambiental, plan de recuperación ambiental para la fase de abandono o cierre.

Análisis de riesgo y planes de contingencia: Elaborar un análisis de las probabilidades de exceder las consecuencias económicas, sociales o

ambientales en un sitio particular. Indicar vulnerabilidad de los elementos expuestos y el riesgo que puede ser provocado por el hombre, o la naturaleza.

Escenario ambiental modificado por el desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad: Pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia; síntesis de compromisos ambientales, medidas de mitigación y contingencia; política ambiental del proyecto.

2.2. Diseño del Centro de Urgencias Médicas para el municipio de Gualán, Zacapa

El diseño consta del cálculo de los elementos estructurales de los cuatro módulos de la edificación.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una edificación para el Centro de urgencias médicas, de cuatro módulos de dos niveles, con la siguiente distribución de ambientes:

En la planta baja se encuentran las áreas de: guardería, cafetería, rayos X, patología, urgencias, trabajo social, pediatría, ginecología, odontología y psicología.

En la planta alta se encuentran las áreas de: encamamiento, quirófanos, oficinas administrativas.

2.2.2. Estudio topográfico

Es el estudio que se realiza para determinar las dimensiones precisas del lugar.

2.2.2.1. Determinación del área del terreno y edificación

El terreno destinado para la construcción de la escuela tiene un área de 17 033 metros cuadrados. El área de la edificación es de 3 645 metros cuadrados.

La superficie del terreno es relativamente plana, aprovechando los cambios de edificios en los cambios de niveles.

2.2.3. Estudio de suelos

Es el estudio que se realiza para determinar las condiciones actuales del suelo.

2.2.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

Los resultados del ensayo triaxial se pueden observar en el anexo No.1.

Y el cálculo se realizó con referencia en el Capítulo 3 del libro Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7 ED) de Braja M. Das.

- Datos:

Descripción del suelo: LIMO ARENOSO COLOR BEIGE.

ϕ' : 29,01°

c' : 1,85 Ton/m².

γ : 1,40 Ton/m³.

γ_w : 1,67 Ton/m³.

B_{zapata} (Sugerido): 2,00 m.

L_{zapata} (Sugerido): 2,00 m.

Factor de seguridad: 2,5

Para encontrar el valor soporte del suelo se utilizó el método de la ecuación general de capacidad de carga de Meyerhof.

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

- Cálculos:

- ϕ' en radianes:

$$\phi_{rad} = \frac{\phi\pi}{180} = \frac{29,01^\circ\pi}{180} = 0,51 \text{ rad}$$

- Esfuerzo a nivel de desplante:

$$q = D_f\gamma = 1,20(1,40) = 1,68 \text{ Ton}/m^3$$

- Factores de capacidad:

$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) e^{\pi \tan \phi'} = \tan^2\left(45 + \frac{29,01^\circ}{2}\right) e^{\pi \tan(29,01^\circ)} = 16,46$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = (16,46 - 1) \cot(29,01^\circ) = 27,88$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 2(16,46 + 1) \tan(29,01^\circ) = 19,37$$

- Factores de forma:

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right) = 1 + \left(\frac{2,00}{2,00}\right) \left(\frac{16,46}{27,88}\right) = 1,59$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi' = 1 + \left(\frac{2,00}{2,00}\right) \tan(29,01^\circ) = 1,55$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L}\right) = 1 - 0,4 \left(\frac{2,00}{2,00}\right) = 0,60$$

- Factores de profundidad:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'} = 1,51 - \frac{1 - 1,18}{27,88 \tan(29,01^\circ)} = 1,19$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan(29,01^\circ) (1 - \sin(29,01^\circ))^2 \left(\frac{1,20}{2,00}\right) = 1,18$$

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

- Factores de inclinación:

$$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0}{90^\circ}\right)^2 = 1,00$$

$$F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0}{90^\circ}\right)^2 = 1,00$$

$$F_{\gamma s} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right) = \left(1 - \frac{0}{0,51}\right) = 1,00$$

- Capacidad de carga última:

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

$$(1,85)(27,88)(1,59)(1,19)(1,00) + (1,68)(16,46)(1,55)(1,18)(1,00) +$$

$$\frac{1}{2}(1,40)(2,00)(0,60)(1,00)(1,00) = 177,19 \text{ Ton}/m^2$$

- Capacidad de carga última con factor de seguridad:

$$q_a = \frac{q_u - q}{F.S.} = \frac{177,19 - 2}{5} = 35,04 \text{ Ton}/m^2$$

El valor por utilizar para los cálculos de zapata las edificaciones será de 35,04 Ton/m².

2.2.4. Normas y reglamentos para el diseño de edificios

Son los criterios que se utilizan para el dimensionamiento de los ambientes y elementos de las edificaciones.

2.2.4.1. Criterios generales

Son aquellos aspectos importantes que se toman en consideración para el diseño de una edificación. Entre ellos están: Ubicación y localización de la edificación, altura de puertas y ventanas, tipo y color de acabados, entre otros.

Para el diseño estructural se utilizará el método de diseño por resistencia, descrito en la sección NSE-2, inciso 8.2.1, del AGIES 2018. AGIES utiliza en general este método de diseño estructural también conocido como “método de diseño por factores de carga y resistencia” (Load and Resistance Factor Design, LRFD por sus siglas en inglés).

Para determinar las secciones de los elementos estructurales también se utilizará textos y normativas como el ACI 318-14S, Método 3 del ACI 318-63, Teoría de capacidad de carga de Terzaghi, entre otros.

2.2.4.2. Criterios de predimensionamiento

El predimensionamiento de los elementos estructurales consiste en asignarles medidas, calculadas por distintos métodos, que se cree que serán útiles y funcionales para la edificación. Es un punto de partida para el diseño estructural de los elementos, los cuales serán sometidos a esfuerzos inducidos

por cargas. Dichos métodos son obtenidos a través de parámetros del ACI 318-14S.¹⁶

El Código ACI 318-14 propone, en sus capítulos 8, 9, 10 y 18, parámetros para determinar las dimensiones mínimas de los elementos estructurales, así como las relaciones de dimensiones entre los lados del mismo.

2.2.4.3. Criterios de iluminación y ventilación

Como generalidad de los criterios de iluminación en una edificación, esta debe de ser abundante y uniformemente distribuida, evitando proyección de sombras y contrastes. Se debe de considerar que el nivel lumínico a la altura de trabajo sea la adecuada de acuerdo con el ambiente que se tenga.

La iluminación se divide en dos grupos: natural y artificial. La luz natural se puede clasificar en unilateral, bilateral y cenital. Sabiendo lo anterior, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Iluminación natural: Es importante la distribución y tamaño de las ventanas. El diseño debe proporcionar una distribución de luz uniforme en todos los puntos de los ambientes, sin incidencia de rayos solares, conos de sombra y reflejos.

Iluminación natural unilateral: El área de las ventanas debe de ser de 25 % a 30 % del área del piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro

¹⁶ American Concrete Institute (ACI). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)*. p. 104, 138, 163 y 164.

y no debe estar a una distancia de 2,5 veces la altura del muro donde se encuentran las ventanas.

Iluminación natural bilateral: Este caso se da cuando existen ventanas en los muros laterales. Las ventanas en los muros del fondo, donde ya se encuentran las otras, ayudan a mejorar las condiciones lumínicas, siempre que estén en contacto con el exterior.

Iluminación natural cenital: Este caso se da cuando existen ventanas colocadas en el techo. Para este tipo de iluminación se toma del 15 % al 20 % del área total del piso.

Iluminación artificial: Se utiliza como apoyo a la iluminación natural y como iluminación nocturna. Se debe de considerar la cantidad de lámparas en los ambientes para que estos sean iluminados de forma idéntica a la luz natural, con el fin de mantener las condiciones adecuadas de uso.

Los acabados brillantes brindan una mayor reflexión de luz, por lo cual se puede conseguir una mejor iluminación.

Ventilación: Esta debe de ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad de aire disponible en el ambiente tiene importancia para el desarrollo de las actividades.

2.2.4.4. Criterios de equipamiento de hospitales

El Ministerio de Salud dicta las clasificaciones de los centros de atención al paciente en Guatemala. Actualmente estos se clasifican de acuerdo con los niveles de atención, según las necesidades de la comunidad:

Primer nivel de atención: En esta categoría se encuentran los centros de convergencia popular, puestos de salud y puestos de salud fortalecidos.

Segundo nivel de atención: En esta categoría se encuentran los centros de salud, centro de salud tipo B, centro de salud para atención a pacientes ambulatorios, centro de salud tipo A, centro de atención médica permanente, centro de atención integral con énfasis materno infantil, casa materna, centro de urgencias médicas, clínica y maternidades periféricas.

Tercer nivel de atención: En esta categoría se encuentran los hospitales distritales, hospitales generales departamentales, hospitales regionales y hospitales nacionales de referencia especializada.

El centro de urgencias médicas (CUM) se encuentra en el segundo nivel de atención.

2.2.4.5. Criterios de CONRED

Las normas de reducción de desastres de CONRED tienen como principal objetivo ser un mecanismo de preservación de la vida, seguridad e integridad de las personas. Estableciendo los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones e instalaciones a las cuales tienen acceso los distintos usuarios.¹⁷

Las normas de CONRED están divididas en 4 segmentos: NRD1, NRD2, NRD3 y NRD4.

¹⁷ Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Normas para la Reducción de Desastres*. <https://conred.gob.gt/nrd/>. Consulta: 20 de junio de 2019.

- NRD1: Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala. Da indicaciones acerca del diseño estructural de las edificaciones y están asociadas a las normas impuestas por el NSE de AGIES. En esta norma las obras se clasifican entre Esenciales, importantes y ordinarias.
- NRD2: Normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público. En este inciso se habla acerca de los requisitos de seguridad que debe cumplir una edificación como puertas de emergencia, cargas ocupacionales, entre otros.
- NRD3: Especificaciones técnicas para materiales de construcción. Tiene como finalidad que todas las edificaciones, instalaciones y obras de uso público cumplan con los requisitos mínimos de constricciones seguras y permanentes. Está asociada con normas NTG de COGUANOR para materiales de construcción.
- NRD4: Normas mínimas de seguridad en eventos socio-organizativos. Tiene como propósito reducir los riesgos a desastres, estableciendo requisitos mínimos de seguridad para la realización de eventos socio-organizativos que deben observarse para resguardar la integridad física de las personas. Los eventos se clasifican en tres categorías: A, B y C.

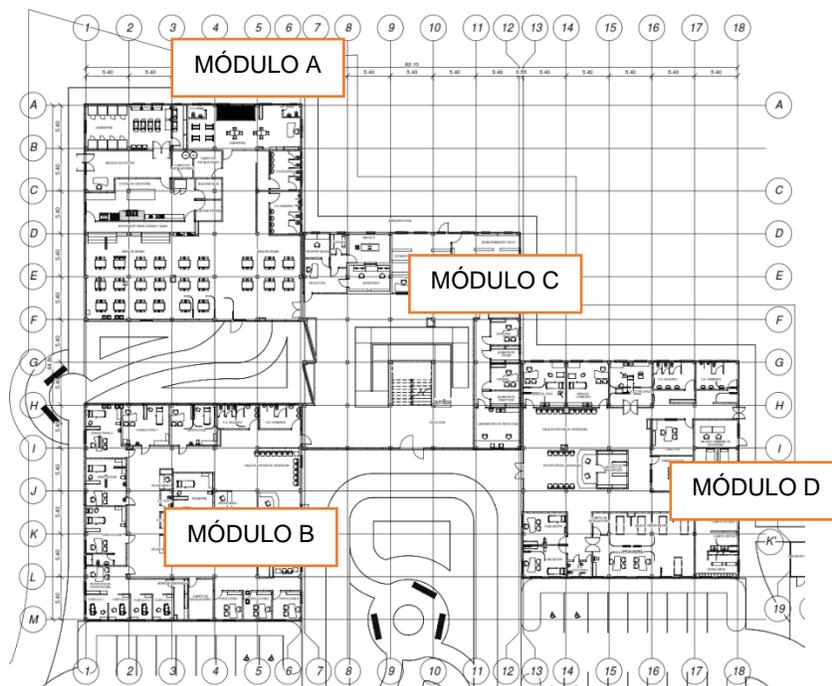
Para la realización de este trabajo de graduación se tomaron en cuenta las normas NRD1 al NRD3.

2.2.5. Diseño arquitectónico

Para el diseño del CUM fueron tomados en cuenta los mínimos de áreas según ambiente de la guía de diseño de hospitales del Ministerio de Salud.

El complejo de edificios está dividido en 4 módulos de 27,00 x 27,00 metros: A, B, C y D. Todos módulos son del mismo tamaño.

Figura 49. **Modulación de CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

2.2.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

La edificación será ubicada en el centro del terreno. Esto debido a su relación con el entorno del terreno, ocupando un 20 % del terreno total, dejando espacio suficiente para áreas de estacionamiento, jardines y zonas recreativas.

2.2.5.2. Distribución de ambientes

En el primer nivel se encuentran las áreas de guardería, comedor, sanitarios, pediatría, ginecología, odontología, psicología, farmacia, imagenología, urgencias, trabajo social, electroshock.

En el segundo nivel, cirugía, encamamiento, áreas administrativas, laboratorios, morgue, áreas sociales.

2.2.5.3. Alturas del edificio

La edificación del centro de urgencias médicas cuenta con 4 módulos de edificios. La altura por nivel es de 3,00 metros, de piso a cielo.

2.2.6. Análisis estructural

Se realizó el análisis estructural por medio del método numérico de Kani y los resultados fueron comparados con el software ETABS.

2.2.6.1. Tipo de sistema estructural a usar

El tipo de sistema estructural corresponde al Sistema E1, según el NSE-3 del AGIES 2018, Estructura de marcos simples: Es un sistema integrado con

marcos de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y además todas las solicitaciones horizontales. Todos los marcos deben estar unidos entre sí por diafragmas de piso. Los marcos pueden ser de concreto reforzado, perfiles de acero estructural o combinados. Algunos marcos de concreto prefabricado califican como sistema E1.

El sistema estructural de esta edificación es con base de marcos dúctiles con nudos rígidos, con losas planas de concreto reforzado.

2.2.6.2. Predimensionamiento de elementos estructurales

En el predimensionamiento se aplicaron los mismos criterios que en la sección 2.1.6.2:

- Columnas:

Para determinar las dimensiones iniciales de las columnas se utilizan los parámetros del capítulo 10 del código ACI 318-14 y el capítulo 8 del libro Diseño de estructuras de concreto (12 ED) de Arthur Nilson. El cálculo se basa en la carga aplicada a la columna. Para este caso se desea mantener simetría en las dimensiones, por lo cual se utilizará la columna crítica, C-2, del edificio A.

- Datos:

- Área tributaria:

$$A_t = 29,16 \text{ m}^2$$

- Cargas a usar:
 - Cargas vivas (AGIES 2018, NSE 2, Tabla 3.7.1-1):

$$CV_{\text{techo}} = 200,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{entrepiso escuelas}} = 500,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cargas muertas (AGIES 2018, NSE 2, Anexo B):

$$CM_{\text{Acabados}} = 24,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Muros}} = 75,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Piso}} = 91,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Otras instalaciones}} = 90,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculos:
 - Integración de cargas de techo:

✓ Carga viva

$$\text{Peso}_{CV} = A_t CV = 29,16(200) = 5\,832,00 \text{ Kg}$$

✓ Carga Muerta

$$CM_{\text{Losas}} = P_{\text{concreto}} = 2\,400(0,12) = 288 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{SC} = CM_{\text{Acabados}} + CM_{\text{Otras instalaciones}} = 24 + 90 = 114 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{TOTAL} = 402 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$Peso_{CM} = CM_{TOTAL}(A_t) = 402(29,16) = 11\,722,32 \text{ Kg}$$

✓ Peso mayorado total

$$\text{Peso}_{\text{techo}} = 1,2CM + 1,6CV = 1,2(11\,722,32) + 1,6(5\,832,00) = 23\,397,98 \text{ Kg}$$

▪ Integración de cargas de entrepiso:

✓ Carga viva

$$\text{Peso}_{CV} = A_t(CV) = 29,16(500) = 14\,580,00 \text{ Kg}$$

✓ Carga muerta

$$CM_{Losa} = A_t(t) = 29,16(0,12) = 288 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{SC} = CM_{Acabados} + CM_{Muros} + CM_{Piso} = 24 + 75 + 91 = 190 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{TOTAL} = 478 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$Peso_{CM} = CM_{TOTAL}(A_t) = 478(29,16) = 13\,938,48 \text{ Kg}$$

✓ Peso mayorado total

$$\text{Peso}_{\text{entrepiso}} = 1,2CM + 1,6CV = 1,4(14\,580) + 1,6(13\,938,48) = 40\,054,18 \text{ Kg}$$

- Peso total del edificio:

$$Peso_{total} = Peso_{entrepiso} + Peso_{techo} = 23\,397,98 + 40\,054,18 = 63\,452,16 \text{ Kg.}$$

- Determinación de dimensiones:

De acuerdo con el código ACI 318-14, 18.7.4.1 los valores para el área de acero deben estar dentro del siguiente parámetro:

$$0,01A_g > A_{st} > 0,06A_g \rightarrow A_{st} = 0,01A_g$$

De acuerdo con esto, se utilizará como área de acero el 1 % del área gruesa de la columna, en la ecuación 8.4b localizada en el Capítulo 8 el libro Diseño de estructuras de concreto (12 ED) de Arthur Nilson.

$$0,01A_g > A_{st} > 0,06A_g \xrightarrow{\text{Se toma}} A_{st} = 0,01A_g$$

$$P_u = 0,8\phi \left((A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right) \xrightarrow{\text{Despejando}} A_g = \frac{P_u}{0,8\phi(0,8415f'_c + 0,01f_y)}$$

$$A_g = \frac{63\,452,16}{0,8(0,70)[0,8415(280) + 0,01(4\,210)]} = 452,74 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{A_g} = 20,00 \text{ cm}$$

- ✓ Dimensiones propuestas:

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

Las dimensiones propuestas fueron ajustadas de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural.

- Vigas:

Se utiliza la viga crítica, la de mayor longitud y área tributaria. La altura mínima de la viga responde a la ecuación dada por la tabla 9.3.1.1 del ACI 318-14, indicada en el predimensionamiento de las vigas de la edificación para la escuela:

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

$$h = \frac{L}{18,5} = \frac{5,4}{18,5} = 0,29 \text{ m}$$

$$h = 0,08L = 0,08(5,4) = 0,45 \text{ m}$$

- Dimensiones propuestas:

La luz libre l_n no debe ser menor que $4d$.

El ancho b_w debe ser al menos igual al menor de $0,30 h$ y 25 cm .

La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna soportante a cada lado no debe exceder el menor de c_2 y $0,75 c_1$.

$$h = 0,55 \text{ m}$$

$$b = 0,30 \text{ m}$$

Las dimensiones fueron elegidas debido a los requerimientos del diseño estructural.

- Losa:

Para el cálculo del espesor de la losa se utiliza la ecuación mencionada en la sección 9-12, Capítulo 9 del libro Diseño simplificado de Concreto Reforzado de Harry Parker.

- Determinar el sentido en el que trabaja:

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

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

$$\beta = \frac{b}{a} = \frac{5,4}{5,4} = 1,00 < 2, \text{ entonces trabaja en dos sentidos}$$

Espesor mínimo de losa según el capítulo 8.3.1.2 del ACI 318S-14:

Por economía se busca que los valores de α_f sean mayores a 2 unidades, por lo tanto:

$$h_f = \frac{L\left(0,8 + \frac{f_y}{14\,000}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{L\left(0,8 + \frac{4\,210}{14\,000}\right)}{36 + 9(1,00)} = 0,12 \text{ m}$$

- Determinar espesor de losa:

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} = \frac{5,4 + 5,4 + 5,4 + 5,4}{180} = 0,12 \text{ m}$$

- Resumen de predimensionamiento:

Tabla LXIV. **Resumen de predimensionamiento de CUM.**

RESUMEN DE PREDIMENSIONAMIENTO	
COLUMNAS	
b =	0,40 m
h =	0,04 m
VIGAS	
b =	0,30 m
h =	0,55 m
LOSA	
t =	0,12 m

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2.6.3. Integración de cargas de diseño

Las cargas aplicadas en esta edificación se pueden separar en cargas estáticas y cargas dinámicas. Las cargas estáticas se definen como aquellas que no varían su magnitud, dirección y ubicación durante el transcurso del tiempo, estas se pueden dividir en cargas permanentes y accidentales; las cargas permanentes son aquellas generadas por el peso propio de la estructura y las accidentales por el uso y clima de la región donde se encuentre la estructura. Las dinámicas son las que actúan en la estructura de forma repentina, variando su magnitud y ubicación, entre las cuales podemos encontrar las cargas de sismo y de viento.

Según el capítulo 2 del NSE-2 del AGIES 2018 las cargas muertas se definen como todas aquellas de elementos permanentes en la construcción como el peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos y equipo permanente rígidamente anclado a la estructura. También las fuerzas netas de presfuerzo se consideran como cargas muertas.

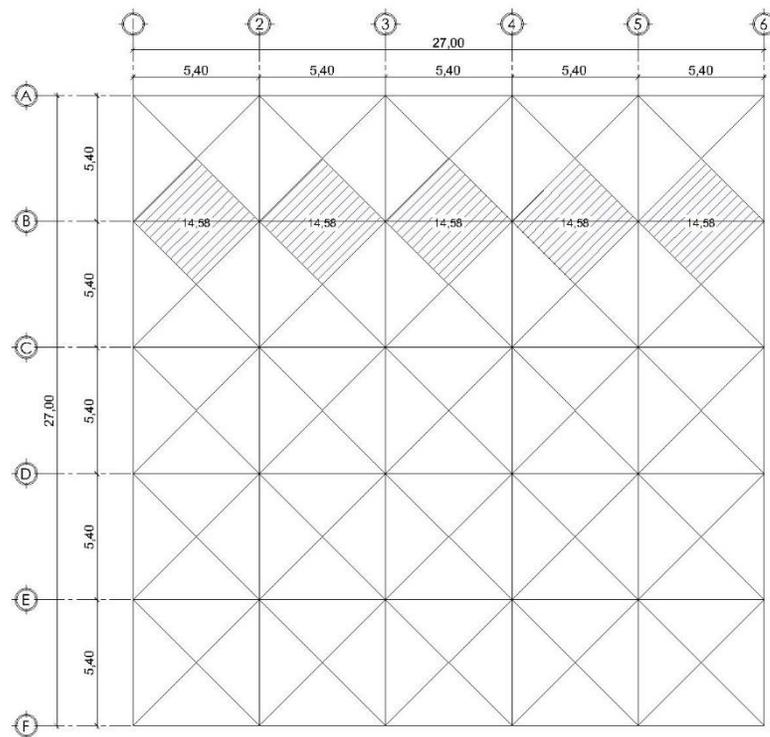
Según el capítulo 3 del NSE-2 del AGIES 2018 las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. En la tabla 3.7.1-1 del mismo capítulo se encuentra una tabla con los valores a utilizar.

Las cargas sísmicas están descritas en el capítulo 4 del NSE-3 del AGIES 2018, estableciendo un nivel de protección sísmica que se requiere según las condiciones de cada localidad y la clasificación de la obra.

2.2.6.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

Las cargas verticales son aquellas causadas por el peso propio de la estructura y las sobrecargas a las que esté sometida. Estas actúan en dirección de las fuerzas gravitacionales.

Figura 50. Áreas tributarias de viga Eje B, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Marco representativo (Marco B):

$$A_t = 14,58 \text{ m}^2$$

- Análisis de techo:

- Carga muerta:

$$CM_{Losa} = \frac{A_t P_{concreto}}{L_{viga}} = \frac{14,58(0,12)(2\ 400)}{5,40} = 777,60 \frac{Kg}{m}$$

$$CM_{Viga} = P_{concreto} b(h - t) = 2\ 400(0,25)(0,55 - 0,12) = 258,00 \frac{Kg}{m}$$

$$CM_{SC} = \frac{A_t SC}{L_{viga}} = \frac{14,58(115)}{5,40} = 307,80 \frac{Kg}{m}$$

$$CM_{Techo} = 777,60 + 258,00 + 307,80 = 1\ 343,40 \frac{Kg}{m}$$

- Carga viva:

$$CV_{Techo} = \frac{A_t CV}{L_{viga}} = \frac{14,58(200)}{5,40} = 540,00 \frac{Kg}{m}$$

- Análisis de entrepiso:

- Carga Muerta:

$$CM_{Losa} = \frac{A_t P_{concreto}}{L_{viga}} = \frac{14,58(0,12)(2400)}{5,40} = 777,60 \frac{Kg}{m}$$

$$CM_{Viga} = 2\ 400(0,25)(0,55 - 0,12) = 258,00 \frac{Kg}{m}$$

$$CM_{SC} = \frac{A_t SC}{L_{viga}} = \frac{14,58(190)}{5,40} = 513,00 \frac{Kg}{m}$$

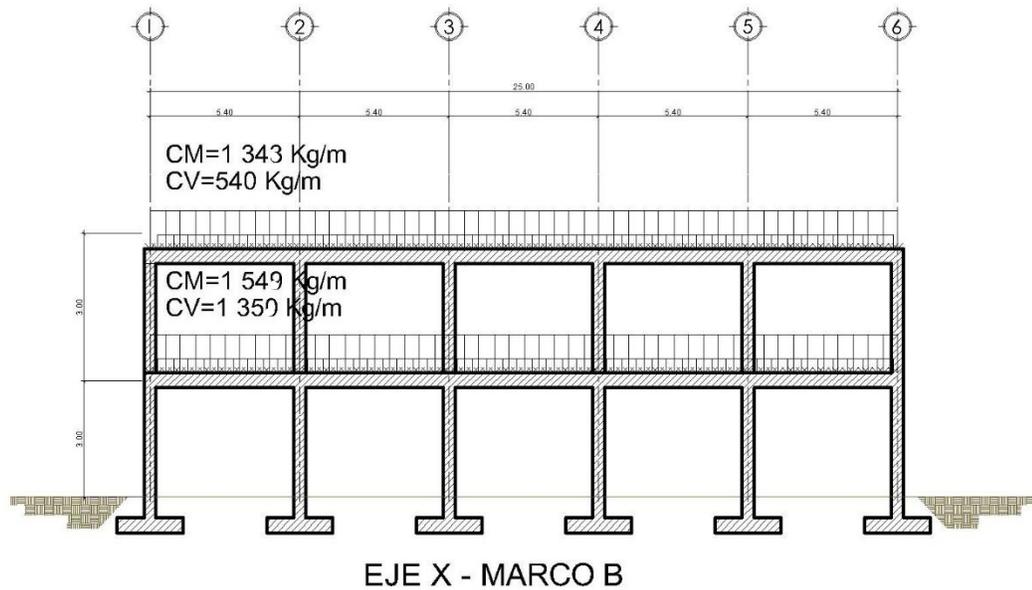
$$CM_{total\ entepiso} = 777,60 + 258,00 + 513,00 = 1\ 548,60 \frac{Kg}{m}$$

- Carga viva:

$$CV_{\text{Entrepiso}} = \frac{A_t CV}{L_{\text{viga}}} = \frac{14,58(500)}{5,40} = 1\,350,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Resultados:

Figura 51. Resultados de cargas verticales en X, CUM

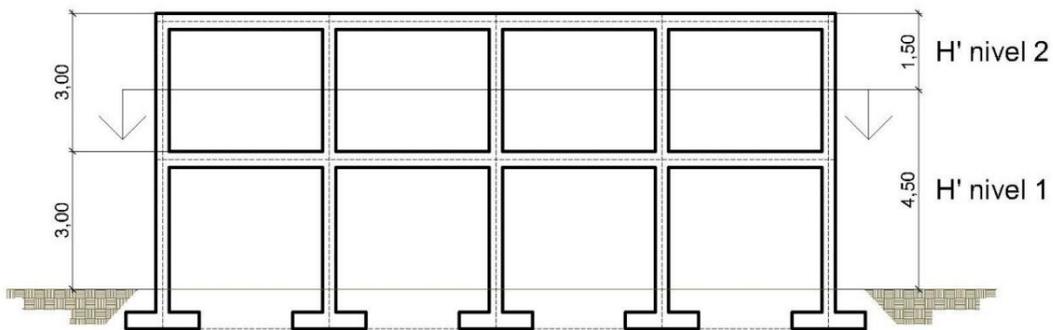


Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

2.2.6.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles según AGIES (Criterios de edificación tipo A)

Las cargas horizontales en las edificaciones son causadas por los sismos, y se calculan de acuerdo con los parámetros del AGIES.

Figura 52. Distribución de alturas, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Peso del edificio:
 - Peso de segundo nivel:

$$W_{\text{Losa}} = (L_{\text{totalLosa}} + b_{w\text{Viga}}) (L_{\text{totalLosa}} + b_{w\text{Viga}}) t_{\text{Losa}} P_{\text{concreto}} = (27 + 0,25)(27 + 0,25)(0,12)(2\ 400) = 213\ 858\ \text{Kg}$$

$$W_{Viga} = \left[(h_{xviga} b_{wviga} L_{xvigax} \text{Cant. vigas}_x) + (h_{yviga} b_{wyviga} L_{yvigay} \text{Cant. vigas}_y) \right] P_{concreto} = [(0,55 * 0,25 * 27 * 6) + (0,55 * 0,25 * 27 * 6)] 2400 = 83592 \text{ Kg}$$

$$W_{columna} = b_{columna} h_{columna} H_{nivel} \text{Cant. columna} P_{concreto} = (0,40)(0,40)(1,50)(36)(2400) = 20736 \text{ Kg}$$

$$W_{SC} = \left[(L_{totalLosa} + b_{wViga}) (L_{totalLosa} + b_{wViga}) \right] CM_{SC} = [(27 + 0,25)(27 + 0,25)] 114 = 66830,63 \text{ Kg}$$

$$W_{Muros} = [(L_{totalLosa})(L_{totalLosa})] CM_{muros} \left(\frac{H_1}{H_1 + H_2} \right) = [(27)(27)] 75 \left(\frac{3}{3+3} \right) = 18225 \text{ Kg.}$$

$$W_{Segundo nivel} = W_{Losa} + W_{Viga} + W_{columna} + W_{SC} + W_{Muros} = 213858 + 83592 + 20736 + 66830,63 + 18225 = 403241,63 \text{ Kg}$$

$$W_{CV Segundo nivel} = (L_{totalLosa})(L_{totalLosa}) CV = (27)(27)(200) = 145800 \text{ Kg}$$

○ **Peso de primer nivel:**

$$W_{Losa} = (27 + 0,25)(27 + 0,25)(0,12)(2400) = 213858 \text{ Kg}$$

$$W_{Viga} = [(0,55 * 0,25 * 27 * 6) + (0,55 * 0,25 * 27 * 6)] 2400 = 83592 \text{ Kg}$$

$$W_{columna} = (0,40)(0,40)(4,50)(36)(2400) = 62208,00 \text{ Kg}$$

$$W_{SC} = [(27 + 0,25)(27 + 0,25)] 90 = 66830,63 \text{ Kg}$$

$$W_{Muros} = [(27)(27)] 25 \left(\frac{3+1,5}{3+3} \right) = 43740 \text{ Kg.}$$

$$W_{Primer nivel} = 213858 + 83592 + 62208 + 66830,63 + 43740 = 537194,88 \text{ Kg}$$

$$W_{CV \text{ Primer nivel}} = (L_{\text{total, Losa}})(L_{\text{total, Losa}})CV = (27)(27)(500) = 364\,500 \text{ Kg}$$

- Peso sísmico efectivo: (AGIES 2018, NSE 2, 1.11.3)

$$W_s = CM + 0,25CV$$

$$W_{s \text{ Segundo nivel}} = 403\,241,63 + 0,25(145\,800) = 439\,691,63 \text{ Kg}$$

$$W_{s \text{ Primer nivel}} = 537\,194,88 + 0,25(364\,500) = 628\,319,88 \text{ Kg}$$

$$W_s = 439\,691,63 + 628\,319,88 = 1\,068\,011,50 \text{ Kg}$$

$$W_s = 1\,068,01 \text{ Ton}$$

2.2.6.3.3. Cálculo de corte basal

Para el cálculo del corte basal se usarán los parámetros de AGIES 2018.

- Datos por ubicación del edificio:
 - Localización del edificio: Gualán, Zacapa, Guatemala.
 - Amenaza sísmica: (AGIES 2018, NSE 2, anexo A, tabla A-1)

$$I_o = 4$$

$$S_{cr} = 1,3 \text{ gr}$$

$$S_{1r} = 0,50 \text{ gr}$$

$$\text{Tipo de suelo} = D \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.3})$$

$$\text{Tipo de sistema} = E - 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 1.6})$$

$$\text{Tipo de edificación} = \text{Importante E} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.2.2-1})$$

Tipo de sismo = Severo (AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.4.2)

Tipo de fuente = C (AGIES 2018, NSE 2.1, anexo A)

Distancia de la falla = 2Km

- Factor genérico de reducción de respuesta sísmica:

$R = 8$ (AGIES 2018, NSE 3, tabla 1.6.14-1)

- Factor de sobre-resistencia:

$\Omega_r = 3$ (AGIES 2018, NSE 3, tabla 1.6.14-1)

- Factor de ampliación de desplazamiento post-elástico:

$C_d = 5,5$ (AGIES 2018, NSE 3, tabla 1.6.14-1)

- Cálculos:

- Periodo de vibración empírico:

$T_a = K_T(h_n)^x$ (AGIES 2018, NSE 3, 2.1.6)

$K_T = 0,047$ (AGIES 2018, NSE 3, 2.1.6)

$x = 0,85$ (AGIES 2018, NSE 3, 2.1.6)

$h_n = 7,20$

$T_a = 0,047 (7,20)^{0,85} = 0,25 \text{ segundos}$

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales:

$$S_{cs} = S_{cr}F_aN_a \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.3-1})$$

$$S_{1s} = S_{1r}F_vN_v \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.3-2})$$

$$F_a = 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.5-1})$$

$$F_v = 1,4 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.5-2})$$

$$N_a = 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.6-2})$$

$$N_v = 1 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.6-3})$$

$$S_{cs} = (1,30)(1)(1) = 1,30 \text{ gr}$$

$$S_{1s} = (0,50)(1,40)(1) = 0,70 \text{ gr}$$

- Probabilidad nominal de ocurrencia de los sismos de diseño (Espectro calibrado):

$$S_{cd} = K_dS_{cs} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.5-1})$$

$$S_{1d} = K_dS_{1s} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.5-2})$$

$$K_d = 0,80 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, tabla 4.5.5-1})$$

$$S_{cd} = (0,80)(1,30) = 1,04 \text{ g}$$

$$S_{1d} = (0,80)(0,70) = 0,56 \text{ g}$$

- Periodo de transición:

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{0,70}{1,30} = 0,53 \text{ segundos} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.4-1})$$

$$T_o = 0,2T_s = 0,2(0,53) = 0,11 \text{ segundos}$$

- Espectros genéricos probables:

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad T_0 \leq T \leq T_s \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.6-1})$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd} \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad T > T_s \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.6-2})$$

$$S_a(T) = S_{cd} \left[0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right] \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad T < T_0 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, 4.5.6-3})$$

Tabla LXV. **Resultados de periodos del edificio**

$T_0 =$	0,11 seg
$T_a =$	0,22 seg
$T_s =$	0,54 seg

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Debido a que $T_0 = 0,11 < T_a = < T_s = 0,54$, entonces:

$$S_a(T) = S_{cd} = 1,04$$

- Coeficiente sísmico al límite de la cedencia:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.3-1})$$

$$C_s = \frac{1,04}{8} = 0,13$$

- Valores mínimos de C_s :

$$C_s \geq 0,044S_{cd} \geq 0,01 \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.4-1})$$

$$C_s \geq \frac{0,75K_d S_{1r}}{R} \quad \xrightarrow{\text{si}} \quad S_{1r} \geq 0,6g \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.4-2 y 3})$$

De acuerdo a las condicionales,

$$C_s = 0,13 > 0,044S_{cd} = 0,046 > 0,01$$

$$C_s = 0,13 > \frac{0,75K_d S_{1r}}{R} = 0,038$$

Entonces, $C_s = 0,13$

- Cortante basal al límite de cedencia:

$$V_B = C_s W_s \quad (\text{AGIES 2018, NSE 3, 2.1.2-1})$$

$$V_B = 0,13(1\,068,01) = 138,84 \text{ Ton}$$

- Fuerzas actuantes por nivel: (AGIES 2018, NSE 3, 2.2)

Cantidad de marcos en X: 6

Cantidad de marcos en Y: 4

$$W_1 H_1 = H_x W \quad C_{vx} = \frac{W_1 H_1}{\sum(W_1 H_1)} \quad F_x = C_{vx} V_B$$

Tabla LXVI. **Cálculo de fuerzas horizontales, CUM**

	W (t)	Hx (m)	W ₁ H ₁	C _{vx}	F _x (T)
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	439,69	6,00	2 638,15	0,58	80,98
1	628,32	3,00	1 884,96	0,42	57,86
	1 068,01		4 523,11		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

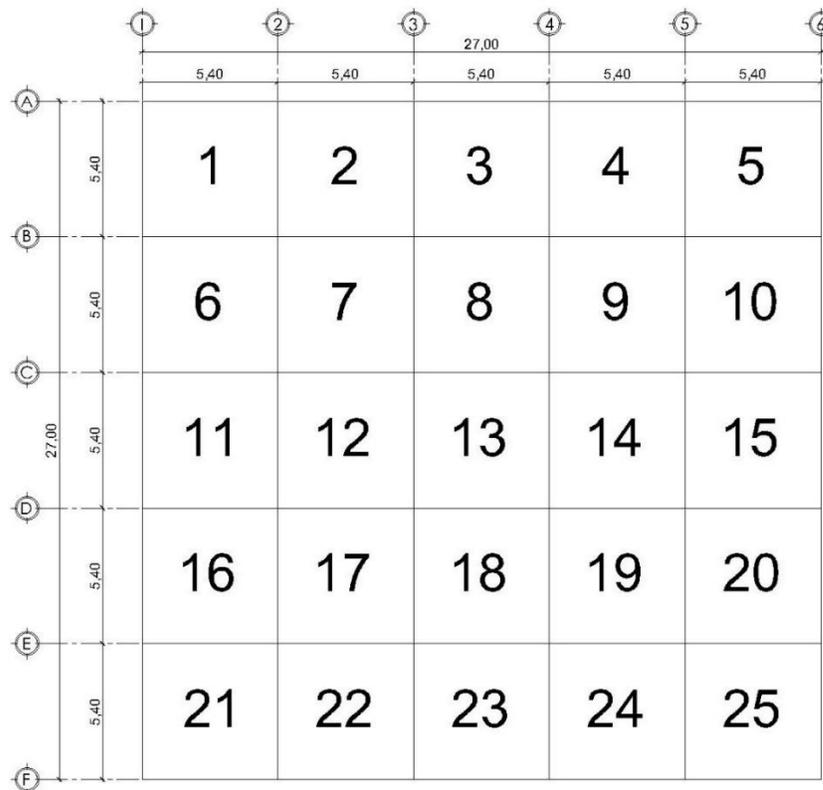
Tabla LXVII. **Fuerzas horizontales por eje, CUM**

Nivel	Fx (T)	Eje Y (T)	Eje X (T)
3	0,00	0,00	0,00
2	80,98	13,50	13,50
1	57,86	9,64	9,64

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Centro de masa: (AGIES 2018, NSE 3, 2.3)

Figura 53. **Distribución de losas en edificio, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Tabla LXVIII. Centro de masa en X, Nivel 2, CUM

CMx Nivel 2						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	WiLi
1,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,70	47 396,66
2,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,10	142 189,99
3,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
4,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
5,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
6,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,70	47 396,66
7,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,10	142 189,99
8,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
9,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
10,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
11,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,70	47 396,66
12,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,10	142 189,99
13,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
14,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
15,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
16,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
17,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142 189,99
18,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,5	236 983,32
19,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,9	331 776,65
20,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,3	426 569,98
21,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
22,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142 189,99
23,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,5	236 983,32
24,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,9	331 776,65
25,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,3	426 569,98

438 858,00

5 924 583,00

CMx Nivel 2= 13,5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXIX. Centro de masa en y, nivel 2, CUM

CM _y Nivel 2						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	WiLi
1,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
2,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
3,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
4,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
5,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	24,30	426 569,98
6,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
7,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
8,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
9,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
10,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	18,90	331 776,65
11,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
12,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
13,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
14,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
15,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	13,50	236 983,32
16,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142 189,99
17,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142 189,99
18,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142 189,99
19,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142,189,99
20,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	8,1	142 189,99
21,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
22,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
23,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
24,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
25,00	29,16	11 722,32	5 832,00	17 554,32	2,7	47 396,66
				438 858,00	5 924 583,00	
CM_y Nivel 2=					13,5	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXX. Centro de masa en x, nivel 1, CUM

CMx Nivel 1						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	WiLi
1,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
2,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
3,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
4,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
5,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
6,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
7,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
8,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
9,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
10,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
11,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
12,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
13,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
14,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
15,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
16,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
17,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
18,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
19,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
20,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
21,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
22,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
23,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
24,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
25,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
				712 962,00	9 624 987,00	
CMx Nivel 1=					13,5	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXI. Centro de masa en x, nivel 1, CUM

CM _y Nivel 1						
Losa	Área *	W _{CM} + SC	W _{CV}	W _{Total} (Kg)	L (m) **	WiLi
1,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
2,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
3,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
4,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
5,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	24,30	692 999,06
6,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
7,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
8,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
9,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
10,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	18,90	538 999,27
11,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
12,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
13,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
14,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
15,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	13,50	384 999,48
16,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
17,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
18,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
19,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
20,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	8,10	230 999,69
21,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
22,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
23,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
24,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
25,00	29,16	13 938,48	14 580,00	28 518,48	2,70	76 999,90
				712 962,00	9 624 987,00	
				CM_y Nivel 1=	13,5	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXII. **Resultados de centro de masa, CUM**

	Nivel 2	Nivel 1
CM _X	13,5	13,5
CM _Y	13,5	13,5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Centro de rigidez: (AGIES 2018, NSE 3, 2.2)

- Módulo cortante del concreto:

$$G = (0,4)15\ 100\sqrt{F'_c} = (0,4)(15\ 100)\sqrt{280} = 101\ 068,53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_c = 15\ 100\sqrt{F'_c} = 15\ 100\sqrt{281} = 253\ 122,12 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- Inercia de la sección de las columnas:

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(0,40)(0,40)^3 = 213\ 333,33 \text{ cm}^4$$

- Empotrado:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12E_cI} + \frac{1,2Fh}{AG}} = \frac{1}{\frac{(85\ 980,72)(300)^3}{12(253\ 122,12)(341\ 718,75)} + \frac{1,2(85\ 980,72)(300)}{(1\ 600)(101\ 068)}} = 0,08 \text{ cm}^{-1}$$

- En voladizo:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_c I^3} + \frac{1,2Fh}{AG}} = \frac{1}{\frac{(57\ 860,78)(300)^3}{3(252\ 671)(341\ 718\ 75)} + \frac{1,2(57\ 860,78)(300)}{(1\ 600)(101\ 068)}} = 0,40\ cm^{-1}$$

Tabla LXXIII. Centro de rigidez en x nivel 2, CUM

CR _x Nivel 2					
Marco	# de columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	L (m) *	Km * L
1	6	0,08	0,48	0	0
2	6	0,08	0,48	5,4	2,592
3	6	0,08	0,48	10,8	5,184
4	6	0,08	0,48	16,2	7,776
5	6	0,08	0,48	21,6	10,368
6	6	0,08	0,48	27	12,96
			2,88		38,88

CR_x nivel 2 = 13,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXIV. Centro de rigidez en y nivel 2, CUM

CR _y Nivel 2					
Marco	# de columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	L (m) *	Km * L
A	6	0,08	0,48	0	0
B	6	0,08	0,48	5,4	2,592
C	6	0,08	0,48	10,8	5,184
D	6	0,08	0,48	16,2	7,776
E	6	0,08	0,48	21,6	10,368
F	6	0,08	0,48	27	12,96
			2,88		38,88

CR_y nivel 2 = 13,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXV. Centro de rigidez en x nivel 1, CUM

CR _x Nivel 1					
Marco	# de columnas	K _c (cm ⁻¹)	K _m (cm ⁻¹)	L (m) *	K _m * L
1	6	0,41	2,46	0	0
2	6	0,41	2,46	5,4	13,284
3	6	0,41	2,46	10,8	26,568
4	6	0,41	2,46	16,2	39,852
5	6	0,41	2,46	21,6	53,136
6	6	0,41	2,46	27	66,42
			14,76		199,26

CR_x nivel 1 = 13,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXVI. Centro de rigidez en y nivel 1, CUM

CR _y Nivel 1					
Marco	# de columnas	K _c (cm ⁻¹)	K _m (cm ⁻¹)	L (m) *	K _m * L
A	6	0,41	2,46	0	0
B	6	0,41	2,46	5,4	13,284
C	6	0,41	2,46	10,8	26,568
D	6	0,41	2,46	16,2	39,852
E	6	0,41	2,46	21,6	53,136
F	6	0,41	2,46	27	66,42
			14,76		199,26

CR_y nivel 1 = 13,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXVII. **Resultados centro de rigidez, CUM**

Centro de rigidez		
	Nivel 2	Nivel 1
CR _x =	13,50	13,50
CR _y =	13,50	13,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Excentricidades directas:

$$e_x = |CM_x - CR_x|$$

$$e_y = |CM_y - CR_y|$$

- Nivel 2:

$$e_x = |13,50 - 13,50| = 0$$

$$e_y = |13,50 - 13,50| = 0$$

- Nivel 1:

$$e_x = |13,50 - 13,50| = 0$$

$$e_y = |13,50 - 13,50| = 0$$

- Excentricidades indirectas: (AGIES 2018, NSE 3, 2.3.2)

$$e_x = |CM_x - CR_x| \pm 0,05b_x$$

$$e_y = |CM_y - CR_y| \pm 0,05b_y$$

- Nivel 2:

$$e_{x(+)} = |13,50 - 13,50| + 0,05(27) = 1,35$$

$$e_{y(+)} = |13,50 - 13,50| + 0,05(27) = 1,35$$

$$e_{x(-)} = |13,50 - 13,50| - 0,05(27) = -1,35$$

$$e_{y(-)} = |13,50 - 13,50| - 0,05(27) = -1,35$$

- Nivel 1:

$$e_{x(+)} = |13,50 - 13,50| + 0,05(27) = 1,35$$

$$e_{y(+)} = |13,50 - 13,50| + 0,05(27) = 1,35$$

$$e_{x(-)} = |13,50 - 13,50| - 0,05(27) = -1,35$$

$$e_{y(-)} = |13,50 - 13,50| - 0,05(27) = -1,35$$

- Corte por sismo y torsión: (AGIES 2018, NSE 3, 2.3)
(Siguiete página)

Tabla LXXVIII. **Corte y torsión, nivel 2 en X, CUM**

2 Nivel X							
Eje	e	F _x	K _m	d _i *	K _m F _x	K _m d _i	K _m d _i ²
1	1,35	80 981	0,48	13,50	38 871	6,48	87,48
	-1,35						
2	1,35	80 981	0,48	8,10	38 871	3,89	31,49
	-1,35						
3	1,35	80 981	0,48	2,70	38 871	1,30	3,50
	-1,35						
4	1,35	80 981	0,48	-2,70	38 871	-1,30	3,50
	-1,35						
5	1,35	80 981	0,48	-8,10	38 871	-3,89	31,49
	-1,35						
6	1,35	80 981	0,48	-13,50	38 871	-6,48	87,48
	-1,35						
				2,88	244,94		

2 Nivel X				
Eje	V _s	V _t	V _T	V _T mayor
1	13 497	-2 892	10 605	16389
		2 892	16 389	
2	13 497	-1 735	11 761	15232
		1 735	15 232	
3	13 497	-578	12 918	14075
		578	14 075	
4	13 497	578	14 075	14075
		-578	12 918	
5	13 497	1 735	15 232	15232
		-1 735	11 761	
6	13 497	2 892	16 389	16389
		-2 892	10 605	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXIX. Corte y torsión, nivel 2 en Y, CUM

2 Nivel Y							
Eje	e	F _x	K _m	d _i *	K _m F _x	K _m d _i	K _m d _i ²
A	1,35	80 981	0,48	13,50	38 871	6,48	87,48
	-1,35						
B	1,35	80 981	0,48	8,10	38 871	3,89	31,49
	-1,35						
C	1,35	80 981	0,48	2,70	38 871	1,30	3,50
	-1,35						
D	1,35	80 981	0,48	-2,70	38 871	-1,30	3,50
	-1,35						
E	1,35	80 981	0,48	-8,10	38 871	-3,89	31,49
	-1,35						
F	1,35	80 981	0,48	-13,50	38 871	-6,48	87,48
	-1,35						
			2,88				244,94

2 Nivel Y				
Eje	V _s	V _t	V _T	V _T mayor
A	13 497	2 892	16 389	16 389
		-2 892	10 605	
B	13 497	1 735	15 232	15 232
		-1 735	11 761	
C	13 497	578	14 075	14 075
		-578	12 918	
D	13 497	-578	12 918	14 075
		578	14 075	
E	13 497	-1 735	11 761	15 232
		1 735	15 232	
F	13 497	-2 892	10 605	16 389
		2 892	16 389	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXX. Corte y torsión, nivel 1 en X, CUM

1 Nivel X							
Eje	e	F _x	K _m	d _i *	K _m F _x	K _m d _i	K _m d _i ²
1	1,35	57 861	2,40	-13,50	138 866	-32,40	437,40
	-1,35						
2	1,35	57 861	2,40	-8,10	138 866	-19,44	157,46
	-1,35						
3	1,35	57 861	2,40	-2,70	138 866	-6,48	17,50
	-1,35						
4	1,35	57 861	2,40	2,70	138 866	6,48	17,50
	-1,35						
5	1,35	57 861	2,40	8,10	138 866	19,44	157,46
	-1,35						
6	1,35	57 861	2,40	13,50	138 866	32,40	437,40
	-1,35						
				14,40	1 224,72		

1 Nivel X				
Eje	V _s	V _t	V _T	V _T mayor
1	9 643	-2 066	7 577	11 710
		2 066	11 710	
2	9 643	-1 240	8 404	10 883
		1 240	10 883	
3	9 643	-413	9 230	10 057
		413	10 057	
4	9 643	413	10 057	10 057
		-413	9 230	
5	9 643	1 240	10 883	10 883
		-1 240	8 404	
6	9 643	2 066	11 710	11 710
		-2 066	7 577	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXXI. **Corte y torsión, nivel 1 en Y, CUM**

1 Nivel Y							
Eje	e	F _x	K _m	d _i *	K _m F _x	K _m d _i	K _m d _i ²
A	1,35	57 861	2,40	13,50	138 866	32,40	437,40
	-1,35						
B	1,35	57 861	2,40	8,10	138 866	19,44	157,46
	-1,35						
C	1,35	57 861	2,40	2,70	138 866	6,48	17,50
	-1,35						
D	1,35	57 861	2,40	-2,70	138 866	-6,48	17,50
	-1,35						
E	1,35	57 861	2,40	-8,10	138 866	-19,44	157,46
	-1,35						
F	1,35	57 861	2,40	-13,50	138 866	-32,40	437,40
	-1,35						
				14,40	1 224,72		

1 Nivel Y				
Eje	V _s	V _t	V _T	V _T mayor
A	9 643	2 066	11 710	11 710
		-2 066	7 577	
B	9 643	1 240	10 883	10 883
		-1 240	8 404	
C	9 643	413	10 057	10 057
		-413	9 230	
D	9 643	-413	9 230	10 057
		413	10 057	
E	9 643	-1 240	8 404	10 883
		1 240	10 883	
F	9 643	-2 066	7 577	11 710
		2 066	11 710	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Resultados:

Tabla LXXXII. **Resultados de cargas horizontales, CUM**

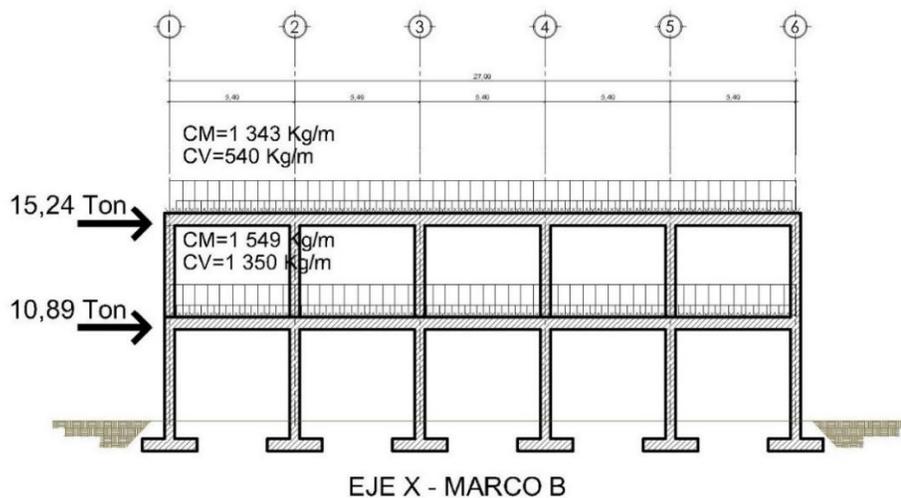
MARCO	NIVEL	F (Kg)	F (Ton)
1	2	16 388,96	16,39
	1	11 709,92	11,71
2	2	15 232,09	15,24
	1	10 883,34	10,89
3	2	14 075,22	14,08
	1	10 056,75	10,06
4	2	14 075,22	14,08
	1	10 056,75	10,06
5	2	15 232,09	15,24
	1	10 883,34	10,89
6	2	16 388,96	16,39
	1	11 709,92	11,71
A	2	16 388,96	16,39
	1	11 709,92	11,71
B	2	15 232,09	15,24
	1	10 883,34	10,89
C	2	14 075,22	14,08
	1	10 056,75	10,06
D	2	14 075,22	14,08
	1	10 056,75	10,06
E	2	15 232,09	15,24
	1	10 883,34	10,89
F	2	16 388,96	16,39
	1	11 709,92	11,71

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2.6.4. Modelos matemáticos para análisis estructural de marcos dúctiles

Los modelos matemáticos nos indican en forma gráfica y numérica la forma en la que se distribuyen las cargas en el marco y en la estructura en general. A continuación, se describe dicha distribución en el marco B de la edificación para el CUM.

Figura 54. Resumen de cargas, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

2.2.6.5. Análisis por el método de Kani y comprobación por medio de software (ETABS) de los marcos dúctiles

El análisis estructural se realiza para conocer los momentos que causan las verticales que están compuestas por las cargas vivas y cargas muertas, también los causados por las cargas horizontales provocados por movimientos sísmicos.

El método de Kani es un método iterativo exacto. A continuación, se explica el procedimiento:

Momentos fijos: Se calculan para las cargas verticales.

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

Rigideces:

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

Factores de giro:

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

Momentos de sujeción: Es la suma aritmética de los momentos actuantes en cada nudo. Se calculan para las cargas verticales.

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

Factores de corrimiento: Se calculan para las fuerzas horizontales o cuando existe ladeo causado por la asimetría de la estructura.

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

Fuerzas de sujeción: Se calculan para las cargas horizontales.

$$H = FM_{\text{nivel } n}$$

Fuerzas cortantes en el piso: Se calculan para las cargas horizontales.

$$Q_n = \sum H$$

Momentos de piso: Se calculan para las cargas horizontales.

$$M_n = \frac{Q_n H_n}{3}$$

Cálculo de iteraciones:

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \sum M'_{ni}) \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M''_{ik} = v_{ik}(\sum M'_{ni} + M''_{ni}) \quad \text{Con ladeo}$$

Cálculo de momentos finales: Para el extremo de cada barra.

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{Sin Ladeo}$$

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

Cálculo de momentos positivos en vigas:

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

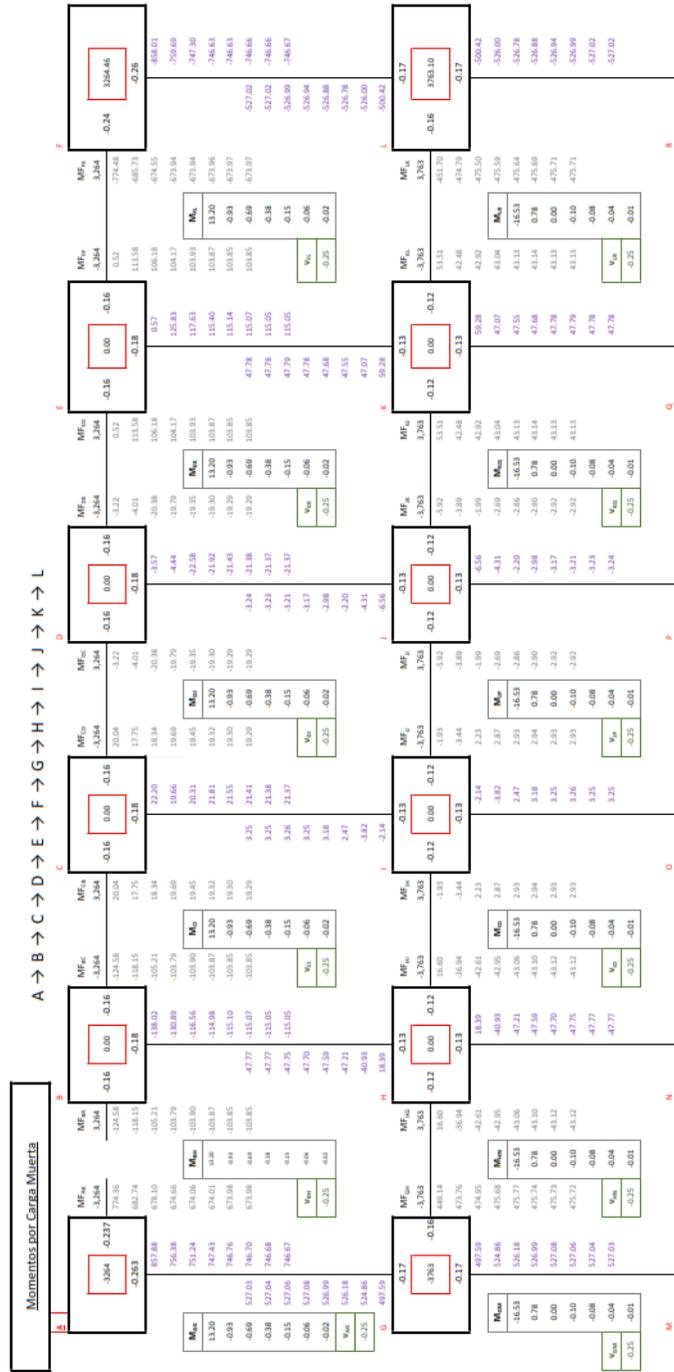
Los pasos detallados del análisis estructural están descritos en la sección 2.1.6.5 de este documento.

MARCO C

- Carga muerta:

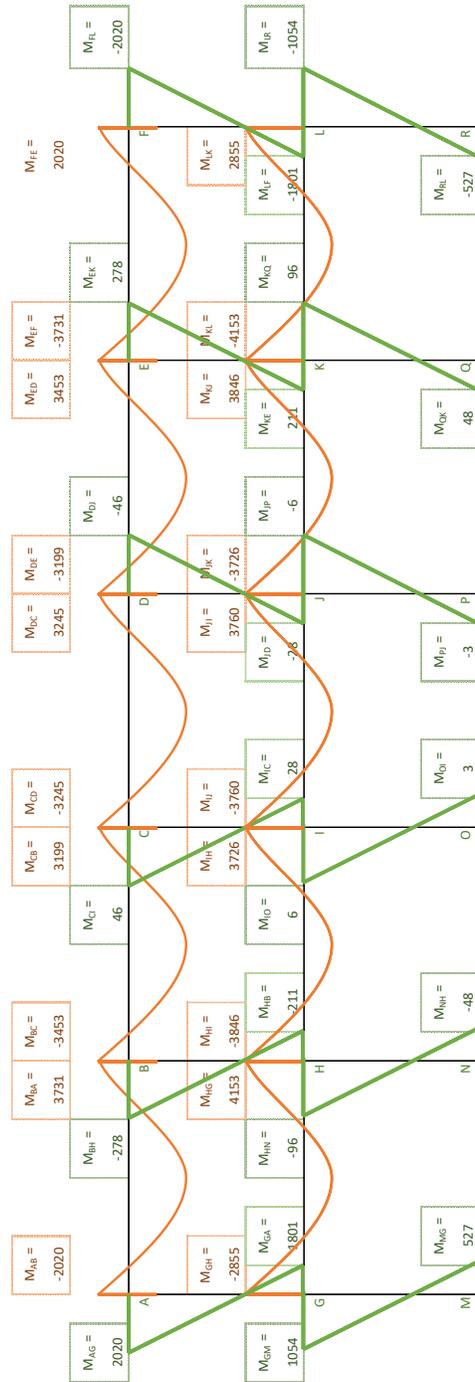
A continuación, se muestra el diagrama de iteraciones y el diagrama de carga muerta para carga muerta:

Figura 55. Iteraciones de Carga Muerta, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

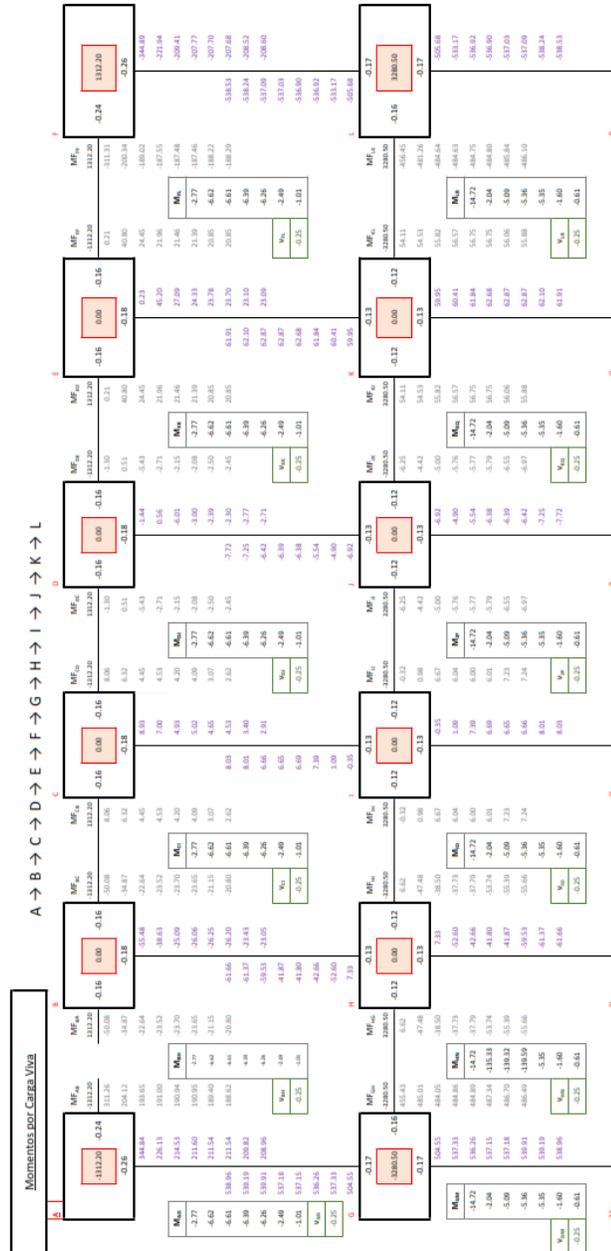
Figura 56. Resultados de momentos por carga muerta, CUM.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

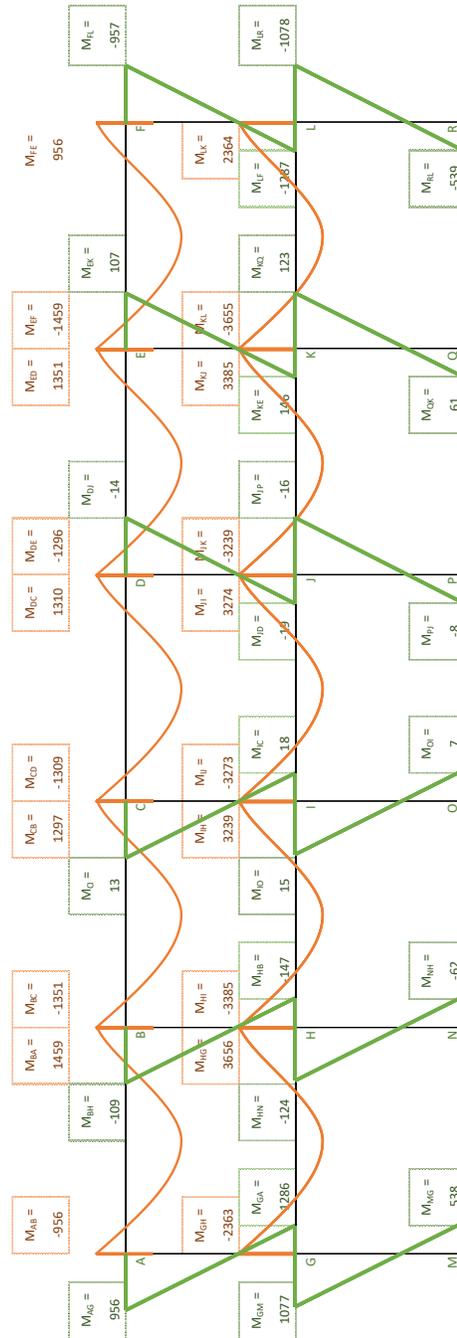
- Carga viva:

Figura 57. Iteraciones Carga Viva, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

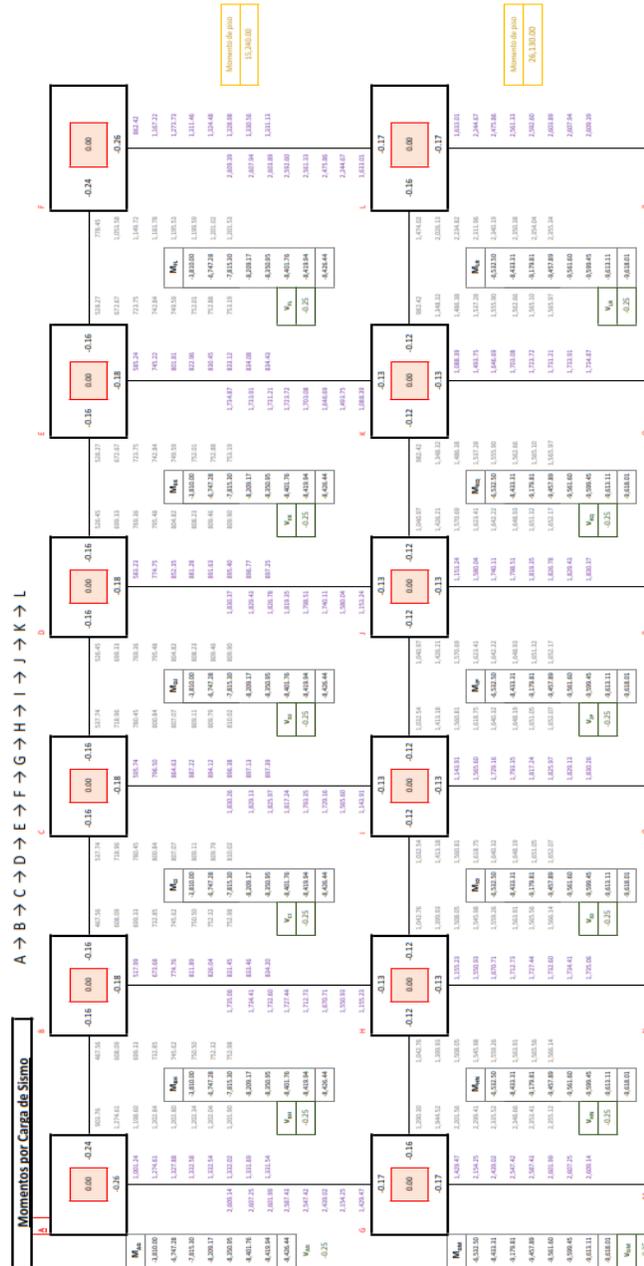
Figura 58. Resultado de momentos por carga viva, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

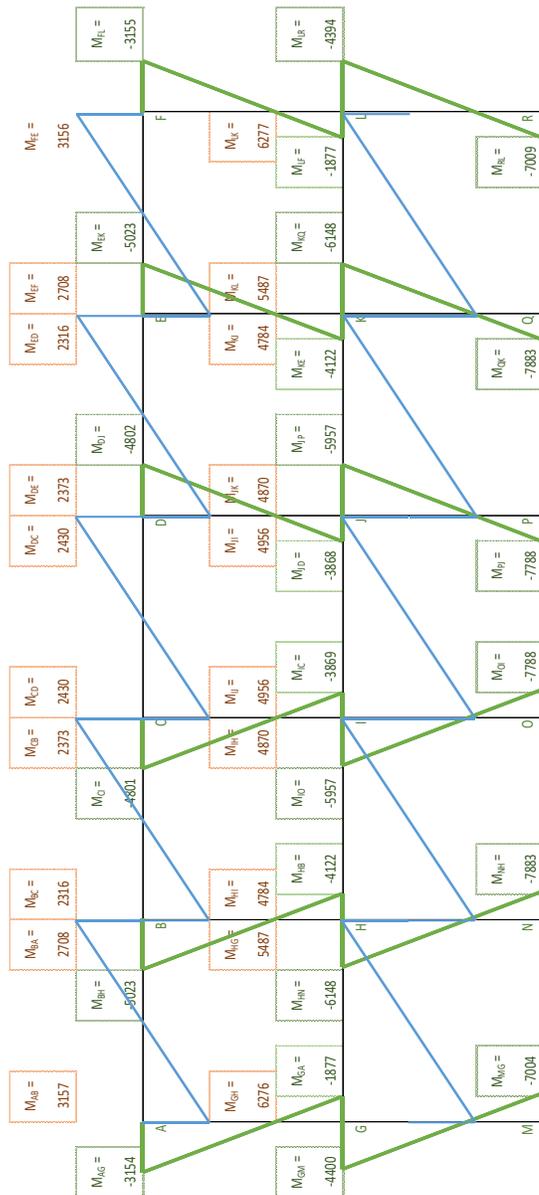
- Carga de sismo:

Figura 59. Iteraciones carga de sismo, CUM



Fuente: elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 60. Resultados de momentos por cargas de sismo, CUM



Fuente: elaboración propia en Microsoft Excel.

Tabla LXXXIII. **Resultados finales por Kani, CUM**

Vigas	CM	CV	CS
A-B	-2,020	-956	3 157
B-A	3 731	1 459	2 708
B-C	-3 453	-1 351	2 316
C-B	3 199	1 297	2 373
C-D	-3 245	-1 309	2 430
D-C	3 245	1 310	2 430
D-E	-3 199	-1 296	2 373
E-D	3 453	1 351	2 316
E-F	-3 731	-1 459	2 708
F-E	2 020	956	3 156
G-H	-2 855	-2 363	6 276
H-G	4 153	3 656	5 487
H-I	-3 846	-3 385	4 784
I-H	3 726	3 239	4 870
I-J	-3 760	-3 273	4 956
J-I	3 760	3 274	4 956
J-K	-3 726	-3 239	4 870
K-J	3 846	3 385	4 784
K-L	-4 153	-3 655	5 487
L-K	2 855	2 364	6 277
Columnas	CM	CV	CS
A-G	2 020	956	-3 154
G-A	1 801	1 286	-1 877
B-H	-278	-109	-5 023
H-B	-211	-147	-4 122
C-I	46	13	-4 801
I-C	28	18	-3 869
D-J	-46	-14	-4 802
J-D	-28	-19	-3 868
E-K	278	107	-5 023
K-E	211	146	-4 122
F-L	-2 020	-957	-3 155
L-F	-1 801	-1 287	-1 877

Continuación de tabla LXXXIII.

G-M	1 054	1 077	-4 400
M-G	527	538	-7 004
H-N	-96	-124	-6 148
N-H	-48	-62	-7 883
I-O	6	15	-5 957
O-I	3	7	-7 788
J-P	-6	-16	-5 957
P-J	-3	-8	-7 788
K-Q	96	123	-6 148

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para el cálculo de los momentos positivos se utiliza la siguiente ecuación:

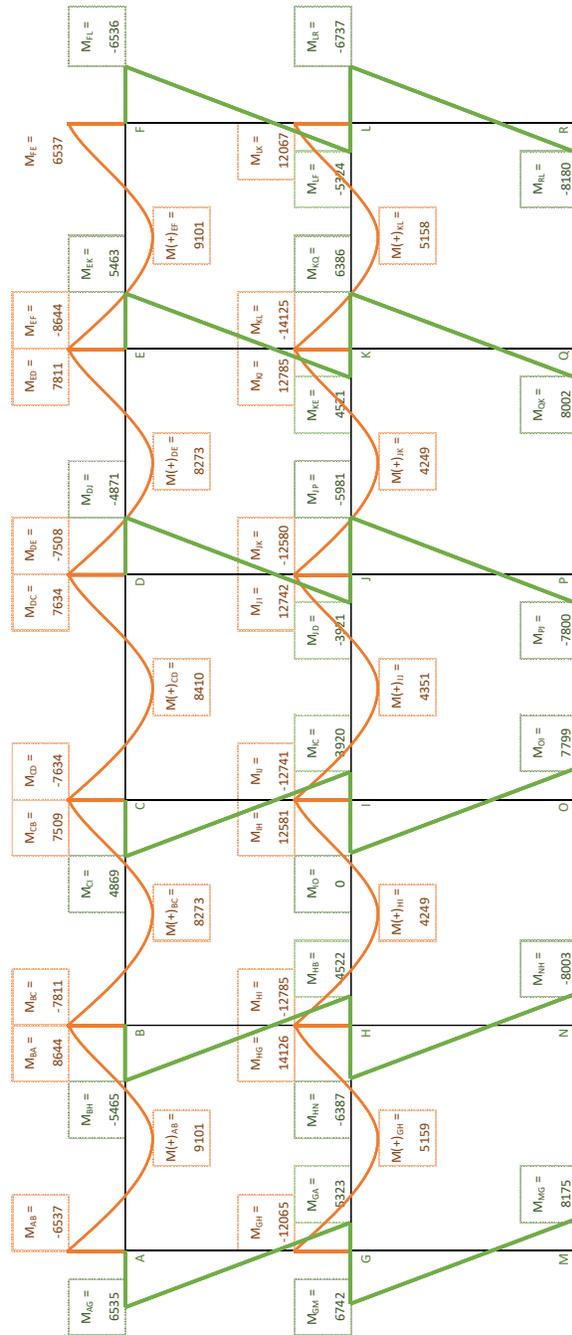
$$M_{(+)} = \frac{wl^2}{8} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Tabla LXXXIV. **Momentos positivos por Kani, CUM**

Vigas	CM	CV
A-B	2 021	3 689
B-C	1 571	3 573
C-D	1 652	3 587
D-E	1 571	3 573
E-F	2 021	3 689
G-H	1 393	1 887
H-I	1 111	1 585
I-J	1 137	1 623
J-K	1 111	1 585
K-L	1 393	1 887

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 61. Momentos finales de marco crítico, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2.6.6. Momentos y corte últimos con envolvente de momentos

- Cálculo de corte:

El corte se calcula con base en la ecuación del capítulo R18.4.2 del ACI 318S-14.

- Vigas

$$w_u = 1,2D + 1,0L + 0,2S$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$$

- Columnas

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n}$$

Tabla LXXXV. Corte en vigas en marco crítico, CUM

TRAMO	M _{ik}	M _{ki}	W _u	l _n	V (+)	V (-)
A-B	-6 537	8 644	2 799	5,40	7 947	-7 166
B-C	-7 811	7 509	2 799	5,40	7 501	-7 613
C-D	-7 634	7 634	2 799	5,40	7 557	-7 557
D-E	-7 508	7 811	2 799	5,40	7 613	-7 501
E-F	-8 644	6 537	2 799	5,40	7 167	-7 947
G-H	-12 065	14 126	2 799	5,40	7 938	-7 175
H-I	-12 785	12 581	2 799	5,40	7 519	-7 594
I-J	-12 741	12 742	2 799	5,40	7 557	-7 556
J-K	-12 580	12 785	2 799	5,40	7 595	-7 519
K-L	-14 125	12067	2 799	5,40	7 175	-7 938

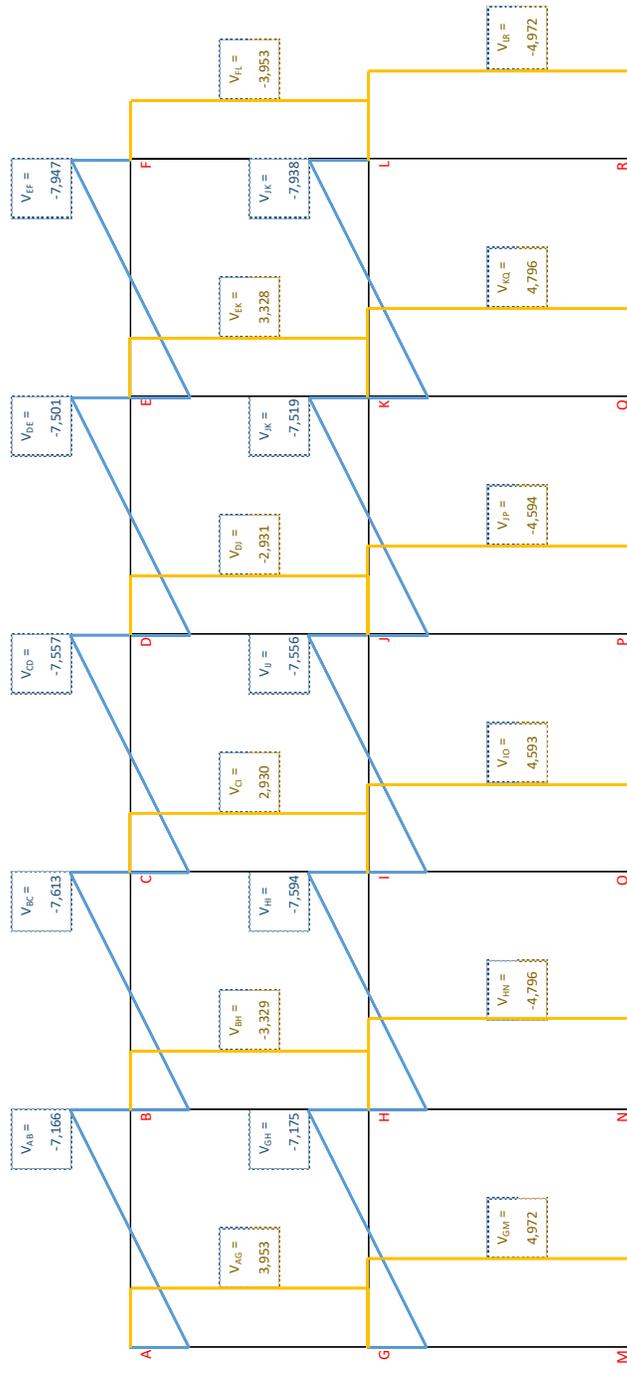
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXXVI. **Corte en columnas de marco crítico, CUM**

TRAMO	M_{ik}	M_{ki}	W_u	l_n	V (+)	V (-)
A-G	6 535	5 323		3,00	3 953	3 953
B-H	-5 465	-4 522		3,00	-3 329	-3 329
C-I	4 869	3 920		3,00	2 930	2 930
D-J	-4 871	-3 921		3,00	-2 931	-2 931
E-K	5 463	4 521		3,00	3 328	3 328
F-L	-6 536	-5 324		3,00	-3 953	-3 953
G-M	6 742	8 175		3,00	4 972	4 972
H-N	-6 387	-8 003		3,00	-4 796	-4 796
I-O	5 981	7 799		3,00	4 593	4 593
J-P	-5 981	-7 800		3,00	-4 594	-4 594
K-Q	6 386	8 002		3,00	4 796	4 796
L-R	-6 737	-8 180		3,00	-4 972	-4 972

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 62. Resultados de cortante, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Envolverte de momentos:

Las combinaciones de carga se establecen en el Capítulo 8.3 del AGIES 2018, a continuación, se describen:

- Carga de gravedad:

$$1. 1,4M$$

$$2. 1,2M + 1,6V + 0,5(V_t \text{ o } P_L \text{ o } A_R)$$

$$3. 1,2M + V + 1,6(V_t \text{ o } P_L \text{ o } A_R)$$

- Carga de sismo:

$$4. 1,4M + V + S_{vd} \pm S_{hd}$$

$$5. 0,9M - S_{vd} \pm S_{hd}$$

Para el cálculo de S_{vd} se calcula conforme a la Sección 4.5.9:

$$S_{vd} = 0,20S_{cd}M = 0,20(1,04) = 0,208M$$

$$Comb_4 = 1,2M + V + 0,208M + S_{hd} = 1,418M + V + S_{hd}$$

$$Comb_5 = 1,2M + V + 0,208M - S_{hd} = 1,418M + V - S_{hd}$$

$$Comb_6 = 1,2M - 0,208M + S_{hd} = 0,692M + S_{hd}$$

$$Comb_7 = 1,2M - 0,208M - S_{hd} = 0,692M - S_{hd}$$

Tabla LXXXVII. **Cargas distribuídas finales de vigas para marco B, CUM**

Tramo	CM	CV	CS
NIVEL 2			
A-B	-2 020	-956	3 157
B-A	3 731	1 459	2 708
B-C	-3 453	-1 351	2 316
C-B	3 199	1 297	2 373
C-D	-3 245	-1 309	2 430
D-C	3 245	1 310	2 430
D-E	-3 199	-1 296	2 373
E-D	3 453	1 351	2 316
E-F	-3 731	-1 459	2 708
F-E	2 020	956	3 156
NIVEL 1			
G-H	-2 855	-2 363	6 276
H-G	4 153	3 656	5 487
H-I	-3 846	-3 385	4 784
I-H	3 726	3 239	4 870
I-J	-3 760	-3 273	4 956
J-I	3 760	3 274	4 956
J-K	-3 726	-3 239	4 870
K-J	3 846	3 385	4 784
K-L	-4 153	-3 655	5 487
L-K	2 855	2 364	6 277

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Se calcula de acuerdo a los factores indicados en la tabla XXVII.

Tabla LXXXVIII. **Combinaciones de carga de vigas para marco B de CUM, según AGIES 2018**

Tramo	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7
NIVEL 2							
A-B	-2 829	-3 954	-3 380	-644	-6 957	1 759	-4 555
B-A	5 223	6 812	5 936	9 420	4 004	5 290	-126
B-C	-4 834	-6 305	-5 495	-3 897	-8 529	-73	-4 705
C-B	4 479	5 914	5 136	8 174	3 428	4 587	-159
C-D	-4 543	-5 989	-5 204	-3 449	-8 309	184	-4 676
D-C	4 543	5 990	5 204	8 309	3 449	4 675	-184
D-E	-4 479	-5 913	-5 135	-3 428	-8 174	159	-4 587
E-D	4 834	6 306	5 495	8 529	3 897	4 706	73
E-F	-5 223	-6 811	-5 936	-4 004	-9 420	126	-5 290
F-E	2 829	3 955	3 381	6 957	645	4 554	-1 758
NIVEL 1							
G-H	-3 997	-7 207	-5 789	-106	-12 659	4 301	-8 252
H-G	5 814	10 832	8 639	14 990	4 015	8 361	-2 614
H-I	-5 385	-10 031	-8 000	-4 016	-13 585	2 123	-7 446
I-H	5 216	9 654	7 710	13 356	3 615	7 449	-2 292
I-J	-5 264	-9 749	-7 785	-3 611	-13 524	2 354	-7 558
J-I	5 264	9 750	7 786	13 525	3 612	7 558	-2 354
J-K	-5 216	-9 653	-7 710	-3 614	-13 355	2 292	-7 449
K-J	5 385	10 032	8 001	13 585	4 017	7 446	-2 122
K-L	-5 814	-10 831	-8 638	-4 014	-14 989	2 614	-8 361
L-K	3 997	7 208	5 790	12 660	107	8 252	-4 301

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla LXXXIX. **Valor mayor de combinaciones de carga de vigas para marco B, CUM**

Tramo	Mayor
NIVEL 2	
A-B	-6 957
B-A	9 420
B-C	-8 529
C-B	8 174
C-D	-8 309
D-C	8 309
D-E	-8 174
E-D	8 529
E-F	-9 420
F-E	6 957
NIVEL 1	
G-H	-12 659
H-G	14 990
H-I	-13 585
I-H	13 356
I-J	-13 524
J-I	13 525
J-K	-13 355
K-J	13 585
K-L	-14 989
L-K	12 660

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XC. **Cargas distribuidas finales de columnas para marco B,
CUM**

Tramo	CM	CV	CS
NIVEL 2			
A-G	2 020	956	-3 154
G-A	1 801	1 286	-1 877
B-H	-278	-109	-5 023
H-B	-211	-147	-4 122
C-I	46	13	-4 801
I-C	28	18	-3 869
D-J	-46	-14	-4 802
J-D	-28	-19	-3 868
E-K	278	107	-5 023
K-E	211	146	-4 122
F-L	-2 020	-957	-3 155
L-F	-1 801	-1 287	-1 877
G-M	1 054	1 077	-4 400
NIVEL 1			
M-G	527	538	-7 004
H-N	-96	-124	-6 148
N-H	-48	-62	-7 883
I-O	6	15	-5 957
O-I	3	7	-7 788
J-P	-6	-16	-5 957
P-J	-3	-8	-7 788
K-Q	96	123	-6 148
Q-K	48	61	-7 883
L-R	-1 054	-1 078	-4 394
R-L	-527	-539	-7 009

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XCI. **Combinaciones de carga de columnas para marco B de CUM, según AGIES 2018**

Tramo	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7
NIVEL 2							
A-G	2 828	3 954	3 380	646	6 955	-1 756	4 552
G-A	2 521	4 218	3 447	1 945	5 698	-631	3 123
B-H	-389	-507	-442	-5 523	4 523	-5 215	4 831
H-B	-295	-489	-400	-4 566	3 678	-4 268	3 976
C-I	64	76	68	-4 724	4 879	-4 770	4 833
I-C	39	62	51	-3 811	3 926	-3 849	3 888
D-J	-64	-78	-69	-4 880	4 723	-4 833	4 770
J-D	-39	-64	-53	-3 927	3 810	-3 888	3 849
E-K	389	505	441	-4 524	5 521	-4 830	5 215
K-E	295	486	399	-3 680	4 565	-3 977	4 268
F-L	-2 829	-3 955	-3 381	-6 956	-647	-4 553	1 757
L-F	-2 521	-4 220	-3 448	-5 699	-1 946	-3 123	630
G-M	1 476	2 989	2 342	-1 838	6 961	-3 670	5 129
NIVEL 1							
M-G	738	1 494	1 171	-5 724	8 284	-6 639	7 369
H-N	-134	-313	-239	-6 406	5 889	-6 214	6 082
N-H	-67	-157	-120	-8 013	7 753	-7 916	7 850
I-O	9	32	23	-5 933	5 982	-5 953	5 962
O-I	5	16	11	-7 776	7 800	-7 786	7 790
J-P	-9	-33	-24	-5 982	5 932	-5 962	5 953
P-J	-5	-17	-12	-7 801	7 775	-7 790	7 785
K-Q	134	312	238	-5 891	6 406	-6 082	6 214
Q-K	67	155	119	-7 755	8 012	-7 850	7 916
L-R	-1 476	-2 989	-2 343	-6 956	1 833	-5 124	3 665
R-L	-738	-1 495	-1 172	-8 290	5 727	-7 373	6 644

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XCII. **Valor mayor de combinaciones de carga de columnas para marco B, CUM**

Tramo	Mayor
NIVEL 2	
A-G	6 955
G-A	5 698
B-H	-5 523
H-B	-4 566
C-I	4 879
I-C	3 926
D-J	-4 880
J-D	-3 927
E-K	5 521
K-E	4 565
F-L	-6 956
L-F	-5 699
G-M	6 961
NIVEL 1	
M-G	8 284
H-N	-6 406
N-H	-8 013
I-O	5 982
O-I	7 800
J-P	-5 982
P-J	-7 801
K-Q	6 406
Q-K	8 012
L-R	-6 956
R-L	-8 290

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Resumen de momentos de la edificación:

Tabla XCIII. **Resultados de momentos de vigas nivel 2, CUM**

VIGAS TECHO				
MARCO	M _{ik} (Kg-m)	M ₍₊₎ (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A	-6 774	5 151	3 548	-3 548
B	-9 420	8 328	6 267	-6 267
C	-9 213	8 328	6 273	-6 273
D	-9 213	8 328	6 273	-6 273
E	-9 420	8 328	6 267	-6 267
F	-6 774	5 151	3 548	-3 548
1	-6 774	5 151	3 548	-3 548
2	-9 420	8 328	6 267	-6 267
3	-9 213	8 328	6 273	-6 273
4	-9 213	8 328	6 273	-6 273
5	-9 420	8 328	6 267	-6 267
6	-6 774	5 151	3 548	-3 548
MAX:	-9 420	8 328	6 273	-6 273

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XCIV. **Resultados de momentos de vigas nivel 1, CUM**

VIGAS ENTREPISO					
MARCO	M _{ik} (Kg-m)	M ₍₊₎ (Kg-m)	M _{ki} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A	-11 138	3 311	11 138	3 482	-3 482
B	-14 989	4 691	14 990	6 242	-6 242
C	-14 571	4 691	14 572	6 253	-6 253
D	-14 571	4 691	14 572	6 253	-6 253
E	-14 989	4 691	14 990	6 242	-6 242
F	-11 138	3 311	11 138	3 482	-3 482
1	-11 138	3 311	11 138	3 482	-3 482
2	-14 989	4 691	14 990	6 242	-6 242
3	-14 571	4 691	14 572	6 253	-6 253
4	-14 571	4 691	14 572	6 253	-6 253
5	-14 989	4 691	14 990	6 242	-6 242
6	-11 138	3 311	11 138	3 482	-3 482
MAX:	-14 989	4 691	14 990	6 253	-6 253

Continuación de tabla XCIV.

VIGAS ENTREPISO				
MARCO	M _{ik} (Kg-m)	M ₍₊₎ (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A	-11 138	3 311	3 482	-3 482
B	-14 989	4 691	6 242	-6 242
C	-14 571	4 691	6 253	-6 253
D	-14 571	4 691	6 253	-6 253
E	-14 989	4 691	6 242	-6 242
F	-11 138	3 311	3 482	-3 482
1	-11 138	3 311	3 482	-3 482
2	-14 989	4 691	6 242	-6 242
3	-14 571	4 691	6 253	-6 253
4	-14 571	4 691	6 253	-6 253
5	-14 989	4 691	6 242	-6 242
6	-11 138	3 311	3 482	-3 482
MAX:	-14 989	4 691	6 253	-6 253

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XCV. **Resultados de momentos en columnas nivel 2, CUM**

COLUMNAS NIVEL 2				
COLUMNA		M _{ik} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A1	X	5 560	4 151	3 237
	Y	5 560	4 151	3 237
A2	X	-5 690	-4 681	-3 457
	Y	6 955	5 698	4 218
A3	X	5 209	4 193	3 134
	Y	6 715	5 555	4 090
A4	X	-5 210	-4 193	-3 134
	Y	6 715	5 555	4 090
A5	X	5 689	4 681	3 456
	Y	6 955	5 698	4 218
A6	X	-5 561	-4 151	-3 238
	Y	5 560	4 151	3 237
B1	X	6 955	5 698	4 218
	Y	-5 690	-4 681	-3 457

Continuación de tabla XCV.

B2	X	-5 523	-4 566	-3 363
	Y	-5 523	-4 566	-3 363
B3	X	4 879	3 926	2 935
	Y	-5 141	-4 252	-3 131
B4	X	-4 880	-3 927	-2 936
	Y	-5 141	-4 252	-3 131
B5	X	5 521	4 565	3 362
	Y	-5 523	-4 566	-3 363
B6	X	-6 956	-5 699	-4 218
	Y	-5 690	-4 681	-3 457
C1	X	6 715	5 555	4 090
	Y	5 209	4 193	3 134
C2	X	-5 141	-4 252	-3 131
	Y	4 879	3 926	2 935
C3	X	4 513	3 631	2 715
	Y	4 513	3 631	2 715
C4	X	-4 515	-3 632	-2 716
	Y	4 513	3 631	2 715
C5	X	5 139	4 251	3 130
	Y	4 879	3 926	2 935
C6	X	-6 716	-5 556	-4 091
	Y	5 209	4 193	3 134
D1	X	6 715	5 555	4 090
	Y	-5 210	-4 193	-3 134
D2	X	-5 141	-4 252	-3 131
	Y	-4 880	-3 927	-2 936
D3	X	4 513	3 631	2 715
	Y	-4 515	-3 632	-2 716
D4	X	-4 515	-3 632	-2 716
	Y	-4 515	-3 632	-2 716
D5	X	5 139	4 251	3 130
	Y	-4 880	-3 927	-2 936
D6	X	-6 716	-5 556	-4 091
	Y	-5 210	-4 193	-3 134
E1	X	6 955	5 698	4 218
	Y	5 689	4 681	3 456
E2	X	-5 523	-4 566	-3 363
	Y	5 521	4 565	3 362
E3	X	4 879	3 926	2 935
	Y	5 139	4 251	3 130

Continuación de tabla XCV.

E4	X	-4 880	-3 927	-2 936
	Y	5 139	4 251	3 130
E5	X	5 521	4 565	3 362
	Y	5 521	4 565	3 362
E6	X	-6 956	-5 699	-4 218
	Y	5 689	4 681	3 456
F1	X	5 560	4 151	3 237
	Y	-5 561	-4 151	-3 238
F2	X	-5 690	-4 681	-3 457
	Y	-6 956	-5 699	-4 218
F3	X	5 209	4 193	3 134
	Y	-6 716	-5 556	-4 091
F4	X	-5 210	-4 193	-3 134
	Y	-6 716	-5 556	-4 091
F5	X	5 689	4 681	3 456
	Y	-6 956	-5 699	-4 218
F6	X	-5 561	-4 151	-3 238
	Y	-5 561	-4 151	-3 238
	En x:	-6 956	-5 699	-4 218
	En Y:	-6 956	-5 699	-4 218

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XCVI. **Resultados de momentos en columnas nivel 1, CUM**

COLUMNAS NIVEL 1				
COLUMNA		M _{ik} (Kg-m)	V (+) (Kg)	V (-) (Kg)
A1	X	6 130	8 231	4 787
	Y	6 130	8 231	4 787
A2	X	-6 750	-8 547	-5 099
	Y	6 961	8 284	5 082
A3	X	6 419	8 381	4 933
	Y	6 626	7 751	4 792
A4	X	-6 419	-8 381	-4 934
	Y	6 626	7 751	4 792
A5	X	6 750	8 547	5 099
	Y	6 961	8 284	5 082
A6	X	-6 124	-8 236	-4 787
	Y	6 130	8 231	4 787

Continuación de tabla XCVI.

B1	X	6 961	8 284	5 082
	Y	-6 750	-8 547	-5 099
B2	X	-6 406	-8 013	-4 806
	Y	-6 406	-8 013	-4 806
B3	X	5 982	7 800	4 594
	Y	-5 938	-7 412	-4 450
B4	X	-5 982	-7 801	-4 594
	Y	-5 938	-7 412	-4 450
B5	X	6 406	8 012	4 806
	Y	-6 406	-8 013	-4 806
B6	X	-6 956	-8 290	-5 082
	Y	-6 750	-8 547	-5 099
C1	X	6 626	7 751	4 792
	Y	6 419	8 381	4 933
C2	X	-5 938	-7 412	-4 450
	Y	5 982	7 800	4 594
C3	X	5 528	7 207	4 245
	Y	5 528	7 207	4 245
C4	X	-5 529	-7 207	-4 245
	Y	5 528	7 207	4 245
C5	X	5 938	7 411	4 450
	Y	5 982	7 800	4 594
C6	X	-6 621	-7 756	-4 793
	Y	6 419	8 381	4 933
D1	X	6 626	7 751	4 792
	Y	-6 419	-8 381	-4 934
D2	X	-5 938	-7 412	-4 450
	Y	-5 982	-7 801	-4 594
D3	X	5 528	7 207	4 245
	Y	-5 529	-7 207	-4 245
D4	X	-5 529	-7 207	-4 245
	Y	-5 529	-7 207	-4 245
D5	X	5 938	7 411	4 450
	Y	-5 982	-7 801	-4 594
D6	X	-6 621	-7 756	-4 793
	Y	-6 419	-8 381	-4 934
E1	X	6 961	8 284	5 082
	Y	6 750	8 547	5 099
E2	X	-6 406	-8 013	-4 806
	Y	6 406	8 012	4 806

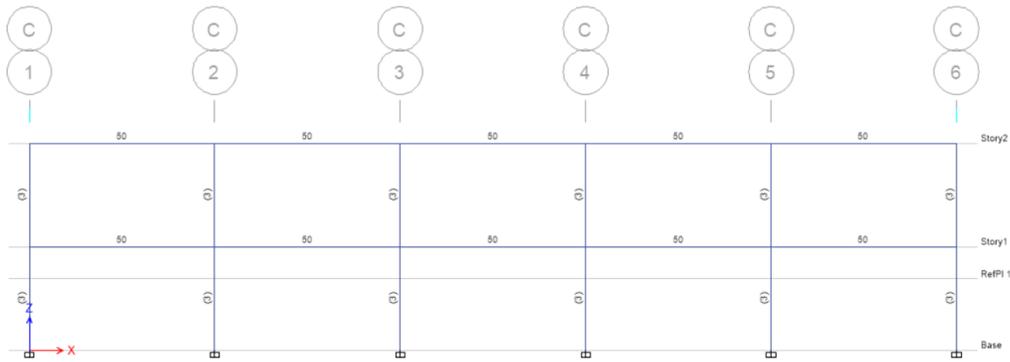
Continuación de tabla XCVI.

E3	X	5 982	7 800	4 594
	Y	5 938	7 411	4 450
E4	X	-5 982	-7 801	-4 594
	Y	5 938	7 411	4 450
E5	X	6 406	8 012	4 806
	Y	6 406	8 012	4 806
E6	X	-6 956	-8 290	-5 082
	Y	6 750	8 547	5 099
F1	X	6 130	8 231	4 787
	Y	-6 124	-8 236	-4 787
F2	X	-6 750	-8 547	-5 099
	Y	-6 956	-8 290	-5 082
F3	X	6 419	8 381	4 933
	Y	-6 621	-7 756	-4 793
F4	X	-6 419	-8 381	-4 934
	Y	-6 621	-7 756	-4 793
F5	X	6 750	8 547	5 099
	Y	-6 956	-8 290	-5 082
F6	X	-6 124	-8 236	-4 787
	Y	-6 124	-8 236	-4 787
	En x:	6 961	-8 547	-5 099
	En Y:	6 961	-8 547	-5 099

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

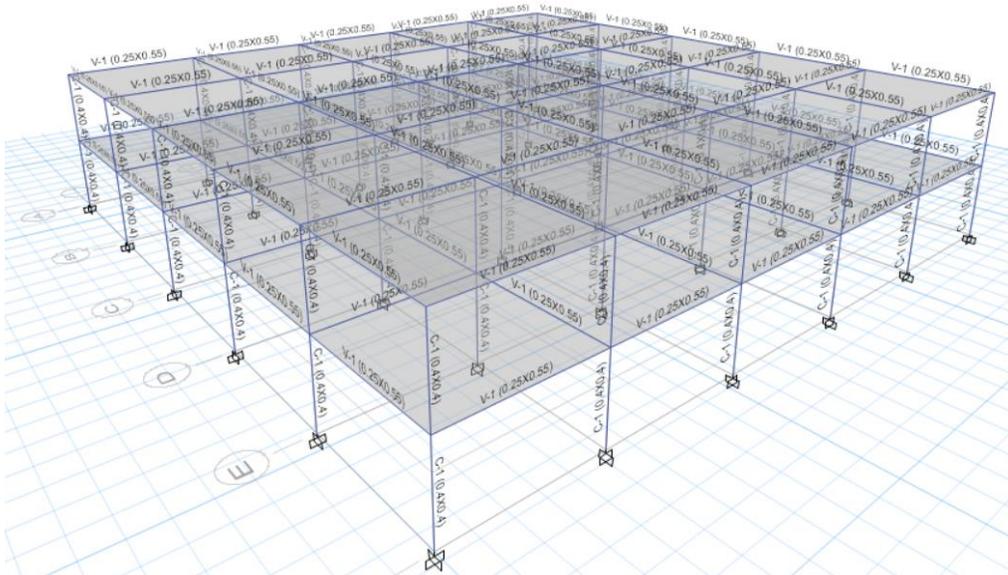
Momentos calculados con Etabs 2016:

Figura 63. Marco B en ETABS, CUM



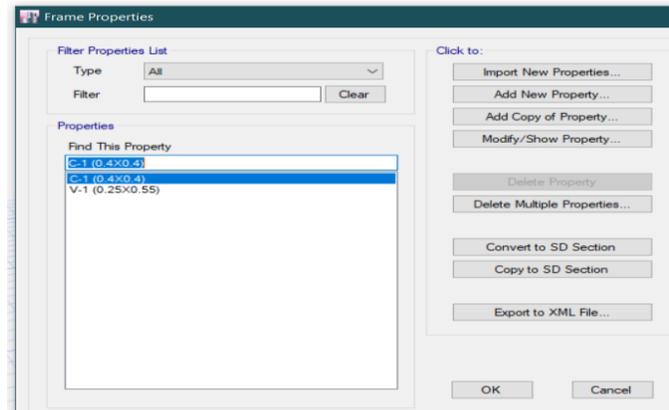
Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

Figura 64. Modelo en 3D, CUM



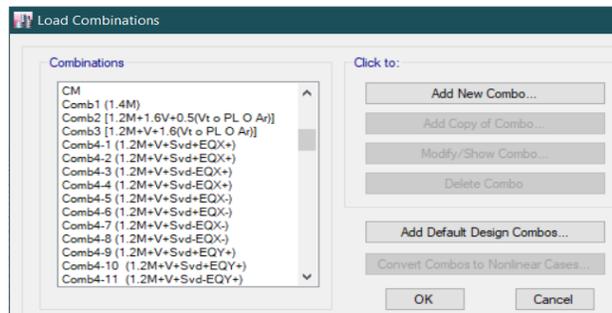
Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

Figura 65. Definición de elementos, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

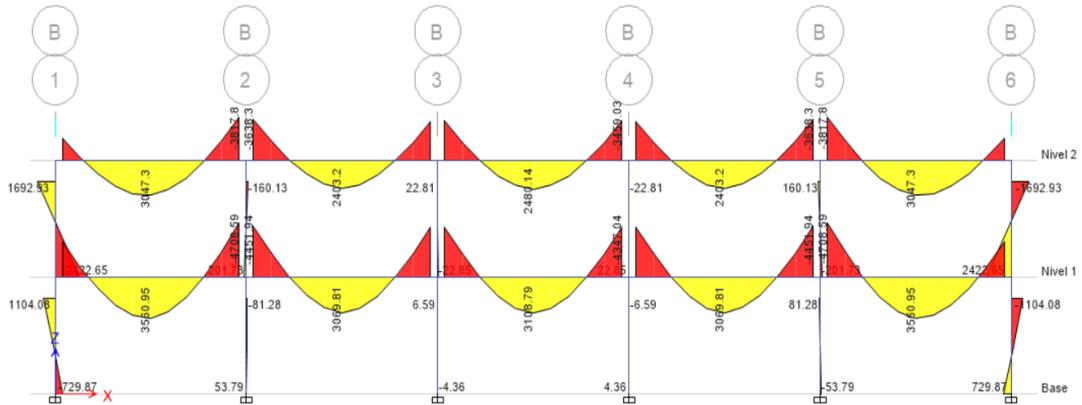
Figura 66. Combinaciones de carga en ETABS, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

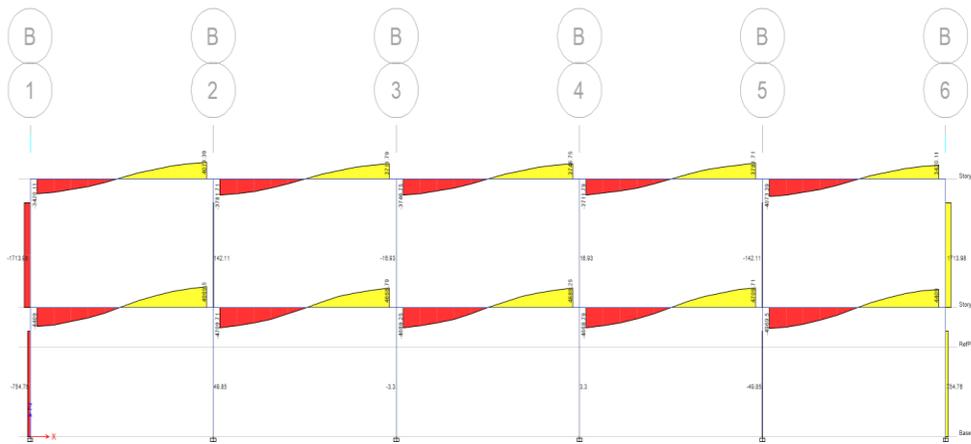
- Diagramas de momento y corte en ETABS:
 - Carga muerta:

Figura 67. Diagrama de momentos por cargas muertas con ETABS, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

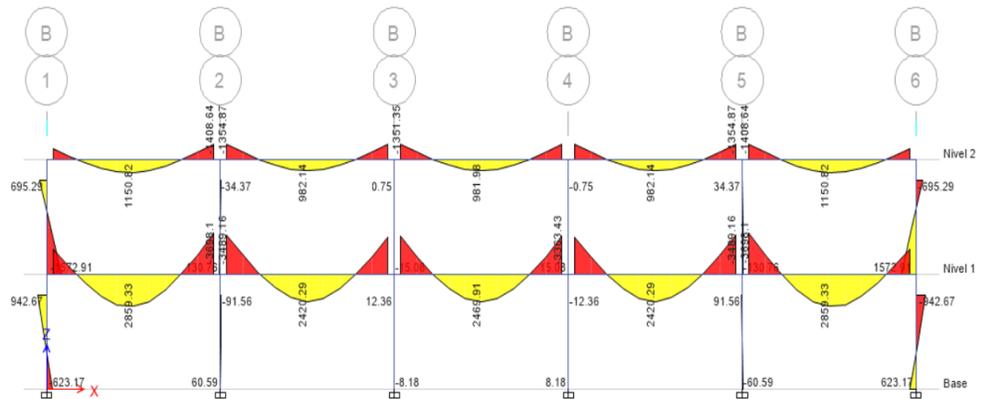
Figura 68. Diagrama de corte por carga muerta, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

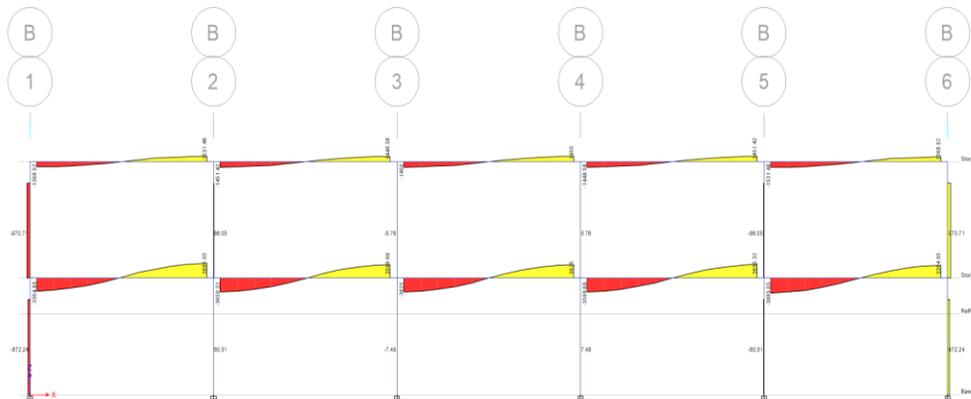
- Carga viva:

Figura 69. **Resultados de momentos con por cargas vivas con ETABS, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

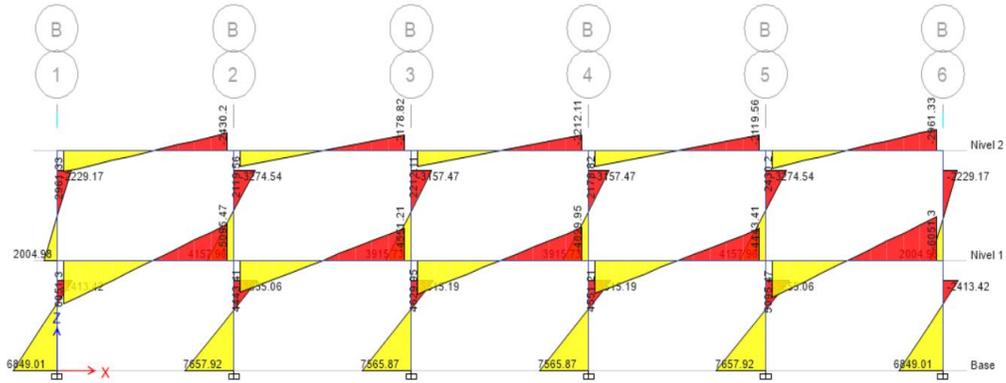
Figura 70. **Diagrama de corte por carga viva, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

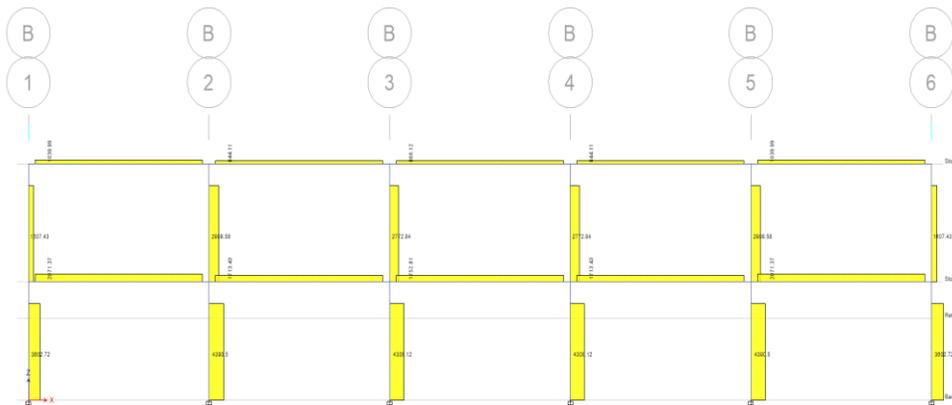
- Carga sísmica:

Figura 71. **Resultados de momentos por cargas de sismo con ETABS, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

Figura 72. **Diagrama de corte por sismo, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando CSI Etabs 2016.

2.2.7. Diseño estructural

En el proceso del diseño estructural se realiza el dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación.

2.2.7.1. Diseño de losas

Para el diseño de las losas se utilizará el método 3 del ACI 318-63. Para la representación de los cálculos se utilizarán las losas críticas del segundo nivel.

- Datos:

- Materiales:

$$f'_c = 281 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

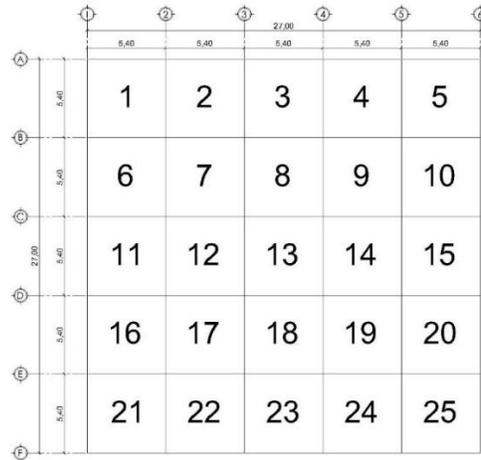
$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

Dimensiones de losa crítica

$$t = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0,025 \text{ m}$$

Figura 73. **Distribución de losas en planta, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Cálculos:
 - Determinación de cargas:
 - Carga muerta

$$W_{\text{Losas}} = t \text{Peso}_{\text{concreto}} = 0,12(2\ 400,00) = 288,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{Acabados}} = 24,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{Muros}} = 75,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{Pisos}} = 91,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM = 288,00 + 24,00 + 75,00 + 91,00 = 402,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga viva

$$CV = 200,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga última mayorada

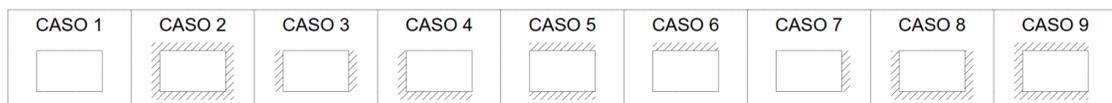
$$C_u = 1,2CM + 1,6CV = 1,20(402,00) + 1,60(200,00) = 482,40 + 320,00 = 802,40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo de momentos:

Para el cálculo se utilizarán las losas 1, 2, 6 y 7.

De acuerdo con el método 3, existen 9 casos de losas que pueden suceder:

Figura 74. **Casos de losas, según ACI, CUM.** ¹⁸



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

¹⁸ NILSON, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. p. 475 a 384.

Tabla XCVII. **Coefficientes para losas, CUM**

	Losa 1	Losa 2	Losa 6	Losa 7
Caso =	4	8	8	2
M (-) a =	0,050	0,033	0,033	0,045
M (-) b =	0,050	0,061	0,061	0,045
M (+)a DL =	0,027	0,020	0,020	0,018
M (+)b DL =	0,027	0,023	0,023	0,018
M (+)a LL =	0,032	0,028	0,028	0,027
M (+)b LL =	0,032	0,030	0,030	0,027

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

$$M_a = c_a C u_a^2$$

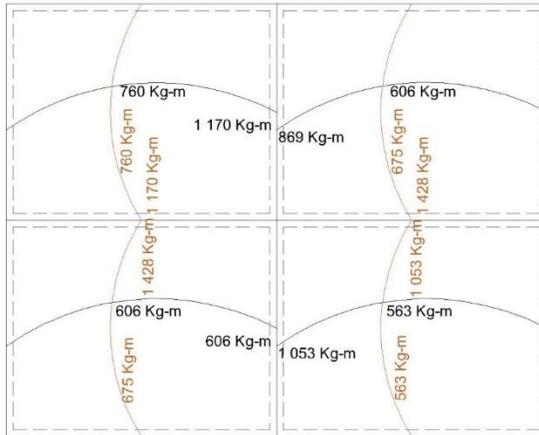
$$M_b = c_b C u_b^2$$

Tabla XCVIII. **Momentos para losas, CUM**

	Losa 1	Losa 2	Losa 6	Losa 7
M (-) a	1 169,90	772,13	772,13	1 052,91
M (-) b	1 169,90	1 427,28	1 427,28	1 052,91
M (+)a	760,36	605,83	605,83	563,09
M (+)b	760,36	674,89	674,89	563,09

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 75. **Momentos en losa crítica, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Balanceo de momentos:

Los momentos se balancean debido a que las losas son continuas y deben de tener un armado uniforme.

$$0,80M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}} \xrightarrow{\text{entonces}} M_b = \frac{M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}}{2}$$

$$0,80M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}} \xrightarrow{\text{entonces}} \text{Se hace cálculo por rigideces}$$

$$K_1 = \frac{1}{L_1} ; K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} ; D_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2}$$

Tabla XCIX. **Balanceo de momentos negativos Losa 1 - Losa 2, CUM**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 1- LOSA 2		
	M1	M2
M (-) a	772,13	1 169,90
L =	5,40	5,40
K =	0,19	0,19
D =	0,50	0,50
M _x =	198,88	198,88
MB =	971,02	971,02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla C. **Balanceo de momentos negativos Losa 6 - Losa 7, CUM**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 6- LOSA 7		
	M1	M2
M (-) a	772,13	1 052,91
L =	5,40	5,40
K =	0,19	0,19
D =	0,50	0,50
M _x =	140,39	140,39
MB =	912,52	912,52

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla CI. **Balanceo de momentos negativos Losa 1 - Losa 6, CUM**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 1 - LOSA 6		
	M1	M2
M (-) a	1 169,90	1 427,28
L =	5,40	5,40
K =	0,00	0,00
D =	0,00	0,00
M _x =	0,00	0,00
MB =	1 298,59	1 298,59

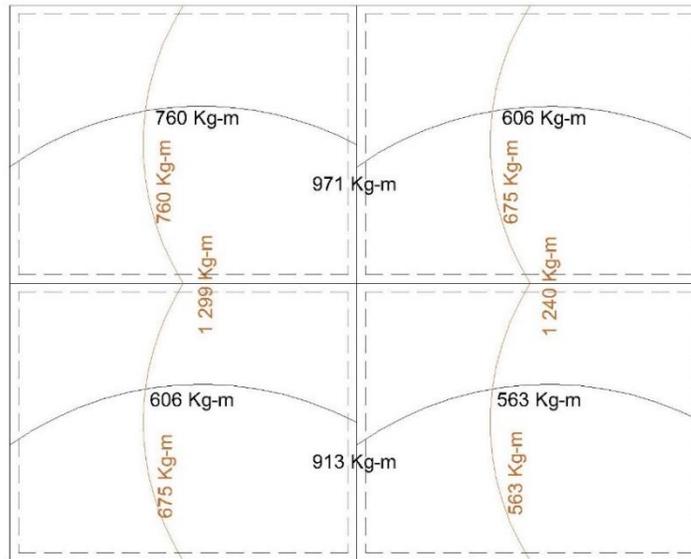
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla CII. **Balanceo de momentos negativos Losa 2 - Losa 7, CUM**

MOMENTO BALANCEADO LOSA 2 - LOSA 7		
	M1	M2
M (-) a	1 052,91	1 427,28
L =	5,40	5,40
K =	0,19	0,19
D =	0,50	0,50
M _x =	187,18	187,18
MB =	1 240,09	1 240,09

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 76. **Distribución de momentos en losas, CUM**



Fuente: elaboración propia., empleando Autodesk AutoCAD 2019.

○ Cálculo de refuerzo de acero:

- Varilla a usar

$$\emptyset = \#3$$

- Peralte

$$d = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2} = 0,12 - 0,025 - 0,0048 = 0,09 \text{ m}$$

- Acero mínimo (ACI 318-14S, tabla 8.6.1.1)

$$A_{s \text{ mín1}} = \frac{0,0018(4\ 200)}{F_y} A_g = \frac{0,0018(4\ 200)}{4\ 210} (12)(100) = 2,15 \text{ cm}^2 \rightarrow$$

No. 3 @32 cm > 2h = 2(12) = 24 cm → No. 3@24 cm.

$$A_{s \text{ mín2}} = 0,0014A_g = 0,0014(12)(100) = 1,68 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{No. 3 @42 cm}$$

Usar:

$$A_{s \text{ mín}} = 2,15 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{No. 3 @24 cm} \xrightarrow{A_{\text{usar}}} \text{No. 3@20cm}$$

- Área de varilla a utilizar

$$A_{s\phi 3} = 0,71 \text{ cm}^2$$

Área de acero de refuerzo: El área de acero para refuerzo de las losas se calcula utilizando la relación entre las ecuaciones 3.31 y 3.36 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED) de Arthur H. Nilson, que da como resultado la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mb}{0,003825f'_c}} \right] \left(\frac{0,85f'_c}{F_y} \right)$$

Área de acero para momento negativo Losa 1 – Losa 2

$$M_{\text{Losa 1-Losa 2}} = 971,02 \text{ Kg - m}$$

$$A_s = \left\{ (100)(9) - \sqrt{[(100)(9)]^2 - \frac{100(971,02)}{0,003825(281)}} \right\} \left[\frac{0,85(281)}{(4\ 210)} \right] = 2,94 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s \text{ mín}} =$$

3,02 cm² → No. 3 @20 cm

Los resultados para el resto de los momentos son:

Tabla CIII. **Momentos negativos de losa, CUM**

	M	As
PARA MLOSA 1-2 (-) =	971,02	3,02
PARA MLOSA 6-7 (-) =	912,52	3,02
PARA MLOSA 1-6 (-) =	1298,59	3,97
PARA MLOSA 2-7 (-) =	1 240,09	3,78

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla CIV. **Momentos positivos en x de losa, CUM**

	M	As
PARA MLOSA 1A (+) =	760,36	3,02
PARA MLOSA 2A (+) =	605,83	3,02
PARA MLOSA 6A (+) =	605,83	3,02
PARA MLOSA 7A (+) =	563,09	3,02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla CV. **Momentos positivos en y de losa, CUM**

	M	As
PARA MLOSA 1B (+) =	760,36	3,02
PARA MLOSA 2B (+) =	674,89	3,02
PARA MLOSA 6B (+) =	674,89	3,02
PARA MLOSA 7B (+) =	563,09	3,02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Espaciamientos para losa:

$$S = \frac{100A_{sv}}{A_s}$$

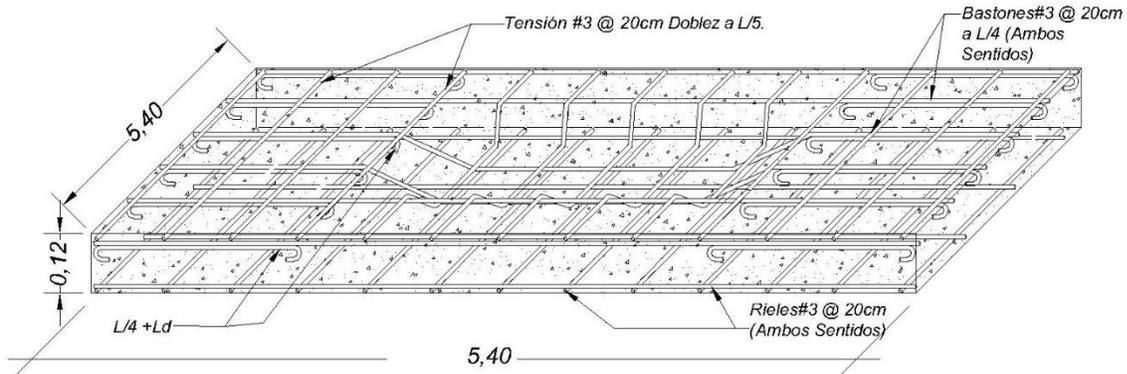
Tabla CVI. **Espaciamientos de refuerzo de acero para losas de nivel 2,
CUM**

RESUMEN				
LOSA	M (Kg-m)	As (cm ²)	S (cm)	S _a usar (cm)
En X:				
Losa 1-2 (-)	971,02	3,02	23,00	15
Losa 6-7 (-)	912,52	3,02	23,00	15
Losa 1a (+)	760,36	3,02	23,00	20
Losa 2a (+)	605,83	3,02	23,00	20
Losa 6a (+)	605,83	3,02	23,00	20
Losa 7a (+)	563,09	3,02	23,00	20
En Y:				
Losa 1-6 (-)	1298,59	3,97	17,00	15
Losa 2-7 (-)	1 240,09	3,78	18,00	15
Losa 1b (+)	760,36	3,02	23,00	20
Losa 2b (+)	674,89	3,02	23,00	20
Losa 6b (+)	674,89	3,02	23,00	20
Losa 7b (+)	563,09	3,02	23,00	20

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En conclusión, se utilizará un espaciamiento de 15 cm con acero No.3 para el armado en ambos sentidos en la cama inferior y 20 cm con acero No.3 en la tensión y bastones, con eso ayudamos a reforzar la losa del hospital para las condiciones cambiantes de las edificaciones en Guatemala.

Figura 77. Armado de losa de entrepiso, CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Chequeo por cortante:
 - Cortante máximo actuante

$$V = \frac{C_u l_b}{2} = \frac{(802,40)(5,40)}{2} = 2\,166,48 \text{ Kg}$$

- Cortante resistente (ACI 318-14S, 22.5.8.3.1)

$$\phi V_c = 45\sqrt{f'_c}t = 45\sqrt{281}(0,12) = 9\,052,05 \text{ Kg}$$

- Chequeo

$$V_c = 9\,052,05 \geq V = 2\,166,48 \quad \xrightarrow{\text{entonces}} \quad \text{Peralte correcto}$$

2.2.7.2. Diseño de vigas

El diseño de las vigas se realiza con base en el capítulo 18 del ACI 318-14. Para la demostración de los cálculos se utilizará una viga crítica formada por los momentos mayores actuantes en el primer nivel de la estructura.

- Datos:

- Materiales:

$$f'_c = 281,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

Refuerzo long = #6

Refuerzo transversal = #3

- Dimensiones de viga crítica

$$h = 0,55 \text{ m}$$

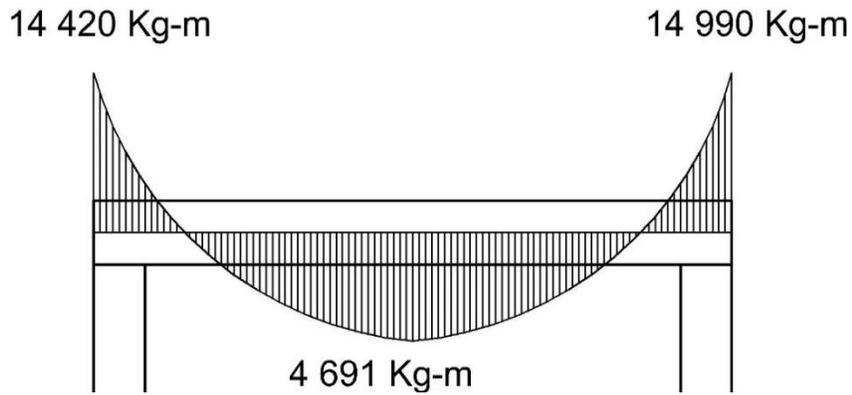
$$b = 0,25 \text{ m}$$

$$d = h - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}\#6}}{2} = 0,55 - 0,04 - \frac{1,91}{2} = 50,04 \text{ cm}$$

Recubrimiento = 0,04 m

- Modelo:

Figura 78. **Momentos en viga, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Cálculos:
 - Cálculo de acero máximo y mínimo:
 - Cuantías de acero (ACI 318-14S, 9.6.1.2)

El menor entre:

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14}{F_y} = \frac{14}{4\,210} = 0,0033$$

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,80\sqrt{281}}{4\,210} = 0,0032$$

Se utilizará 0,0032

La cuantía máxima de acero, según el Capítulo 18.6.3 del ACI 318S-14 es:

$$\rho_{\text{máx}} = 0,025$$

- Áreas de acero

$$A_{s \text{ mín}} = \rho_{\text{mín}} b_w d = 0,0032(25)(50,04) = 4,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ máx}} = \rho_{\text{máx}} b_w d = 0,025(25)(50,04) = 31,28 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de área de acero para momentos:

El área de acero para refuerzo de las losas se calcula utilizando la relación entre las ecuaciones 3.31 y 3.36 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED) de Arthur H. Nilson, que da como resultado la siguiente ecuación:

Para $M = 14\,988,92 \text{ Kg-m}$

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

$$A_s = \left[(25)(50,04) - \sqrt{[(25)(50,04)]^2 - \frac{(14\,988,92)(25)}{0,003825(281)}} \right] \left[\frac{0,85(281)}{4\,210} \right] = 8,41 \text{ cm}^2$$

Resultados:

$$M_{(-)\text{izquierdo}} = 14\,988,92 \text{ Kg-m} \quad \xrightarrow{\text{Área de acero}} \quad A_s = 8,41 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)\text{centro}} = 4\,691,25 \text{ Kg-m} \quad \xrightarrow{\text{Área de acero}} \quad A_s = 2,52 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)\text{derecho}} = 14\,988,89 \text{ Kg-m} \quad \xrightarrow{\text{Área de acero}} \quad A_s = 8,41 \text{ cm}^2$$

- Verificación de cuantías de acero:

$$A_{s(-)\text{izq}} = 8,41 \text{ cm}^2 \quad \xrightarrow{\text{Cuantía de acero}} \quad \rho_{\text{mín}} < \rho = \frac{8,41}{(25)(55)} = 0,0063 < \rho_{\text{máx}}$$

$$A_{s(+)\text{cen}} = 2,52 \text{ cm}^2 \quad \xrightarrow{\text{Cuantía de acero}} \quad \rho_{\text{mín}} > \rho = \frac{2,78}{(25)(55)} = 0,0020 < \rho_{\text{máx}}$$

$$A_{s(-)der} = 8,41 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{Cuantía de acero}} \rho_{\text{mín}} < \rho = \frac{8,41}{(25)(55)} = 0,0063 < \rho_{\text{máx}}$$

Las cuantías de las caras negativas de la viga están correctas porque están dentro de los parámetros de cuantías mínimas y máximas. El acero en la cara positiva es inferior a la cuantía mínima, por lo que se utilizará $A_{s\text{mín}}$.

- Resultados:

Cama superior central: De acuerdo al ACI 318-14, se deben de colocar al menos dos varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s\text{mín}}$ ó el 33 % del A_s calculado para el momento negativo.

Cama inferior en apoyos: De acuerdo al ACI 318-14, se deben de colocar al menos dos varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s\text{mín}}$ ó el 50 % del A_s calculado para los momentos positivos o negativos.

Figura 79. **Resultados de áreas de acero para viga, CUM**

ÁREA DE ACERO EN CM ²	
(-)	8,41 8,41
(+)	4,00

Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Área de acero para área central negativa:

$$33 \% A_{s-} = 0,33(8,41) = 2,78 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 4,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ a usar}} = 4,00 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Equivalente a 2\#6.}$$

- Área de acero para área extremos positivos:

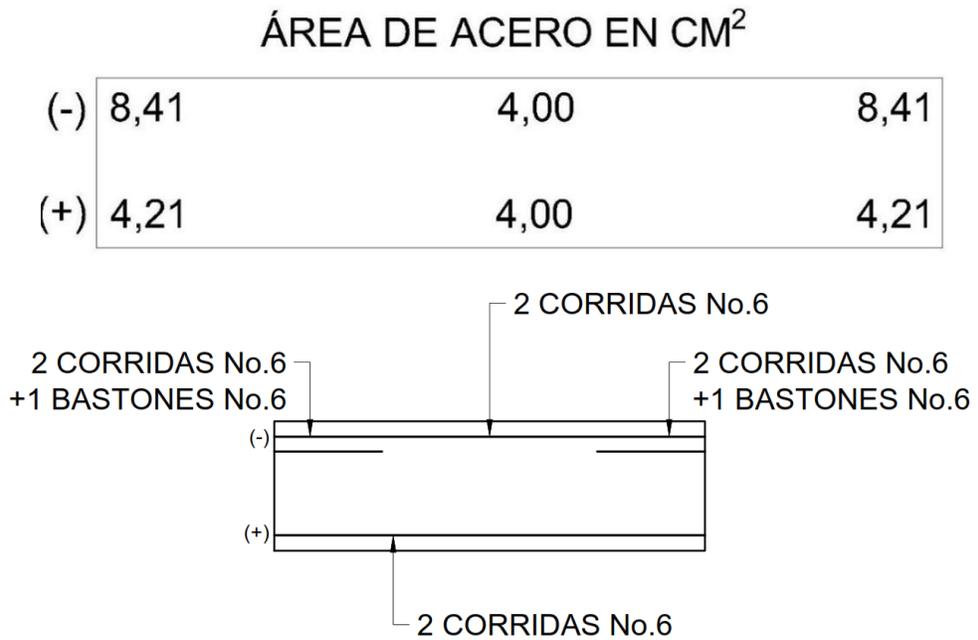
$$50 \% A_{s-} = 0,50(8,41) = 4,21 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_{s+} = 0,50(4,16) = 2,08 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 4,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ a usar}} = 4,21 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Equivalente a 2\#6.}$$

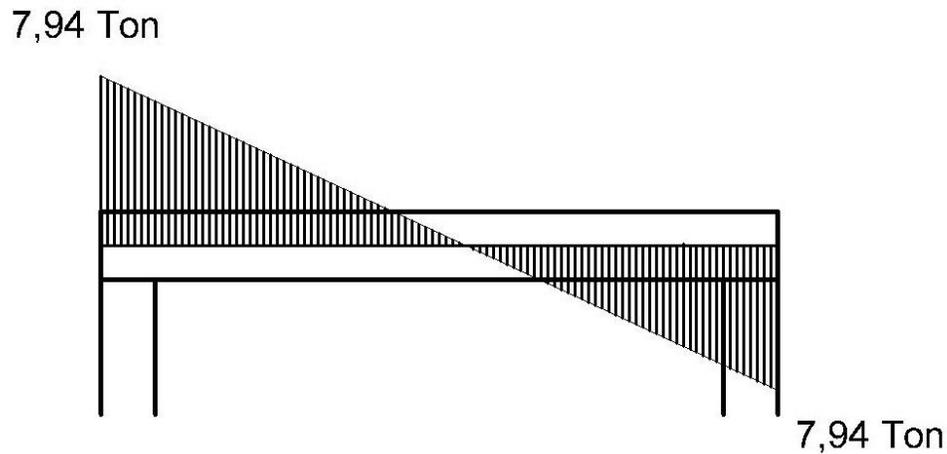
Figura 80. **Propuesta de armado para viga, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Diseño a corte de viga:

Figura 81. **Modelo de valores de corte en viga, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

- Cálculo de corte resistente (ACI 318-14S, 22.5.5.1):

$$v_c = \phi(0,53)\sqrt{f'_c}bd = 0,85(0,83)\sqrt{281}(25)(50,04) = 9,45 \text{ Ton}$$

- Cálculo de momento actuante:

$$v_a = 6,27 \text{ Ton}$$

- Comparación entre momento actuante y momento resistente:

$$V_r > V_a \xrightarrow{\text{entonces}} \text{No necesita refuerzo para corte}$$

$$V_r < V_a \xrightarrow{\text{entonces}} \text{Necesita refuerzo para corte}$$

$V_c = 9,45 > V_a = 6,27$ $\xrightarrow{\text{entonces}}$ Se utiliza armado mínimo de estribos

Ecuación para cálculo de separación de estribos:

$$S = \frac{A_v F_y}{(v_a - v_{cu})b}$$

Parámetros para separación máxima en zona de confinamiento de estribos de acuerdo al inciso 18.4.2.4 del ACI 318-14:

Primer estribo a 5 cm.

$$S = \frac{d}{4} = \frac{50,04}{4} = 12,51 \text{ cm} \rightarrow 12 \text{ cm}$$

$$S = 24\phi_{\text{est}} = 24(0,95) = 22,86 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

$$S = 8\phi_{\text{long}} = 8(1,91) = 15,28 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

$$S = 30 \text{ cm}$$

- Longitud de confinamiento:

$$L = 2h = 2(55) = 110 \text{ cm}$$

- Separación máxima en zona de no confinamiento:

$$S = \frac{d}{2} = \frac{50,04}{2} = 25,02 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$

- Resultados:

Primer estribo: 1 No.3 @ 0,05m

En los extremos, hasta 1,10 m: 1 No.3 @ 0,12 m

Centro de la viga: No.3 @ 0,25 m

Figura 82. **Detalle de armado de viga, primer nivel, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

Figura 83. **Detalle de armado de viga, segundo nivel, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk AutoCAD 2019.

2.2.7.3. Diseño de columnas

Para muestra del procedimiento se utiliza una columna crítica equivalente utilizando los mayores momentos actuantes de la edificación.

- Especificaciones técnicas:

- Materiales:

$$f'_c = 281,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

- Momentos y corte actuantes:

$$M_x = 8\,546,92 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_y = 8\,546,92 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$V = 8\,546,61 \text{ Kg}$$

- Dimensiones de columna crítica

$$h = 0,40 \text{ m}$$

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$d = h - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}\#6}}{2} = 0,40 - 0,04 - \frac{0,019}{2} = 0,3504 \text{ m}$$

$$L_{\text{nivel } 2} = 3,00 \text{ m}$$

$$L_{\text{nivel } 1} = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0,04 \text{ m}$$

- Dimensiones de vigas:

$$h = 0,55 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

$$L_x = 5,40 \text{ m}$$

$$L_y = 5,40 \text{ m}$$

- Dimensiones de losa:

$$t = 0,12 \text{ m}$$

- Cargas actuantes:

$$CM_{\text{losa}} = t \text{Peso}_{\text{concreto}} = (0,12)(2400) = 288,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

De acuerdo a las tablas 3 y 4, se utilizan las siguientes cargas:

$$CM_{\text{Techo}} = 288 + 90 + 24 = 402 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Entrepiso}} = 288,00 + 24 + 75 + 91 = 478,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{Total}} = 402,00 + 478,00 = 880,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{Techo}} = 200,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{Entrepiso}} = 500,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{Total}} = 700,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculos:

- Determinación de carga axial:

$$C_u = 1,2CM + 1,6CV = 1,2(880) + 1,6(700,00) = 2\,176,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Factor de carga última:

$$F_{cu} = \frac{C_u}{CM+CV} = \frac{2\,176}{880+700} = 1,38$$

- Cálculo de carga axial:

- Peso de vigas:

$$\begin{aligned} \text{Peso}_{\text{vigas}} &= \text{Peso}_{\text{concreto}}(h_x b_x L_x + h_y b_y L_y) \\ &= 2\,400[(0,25)(0,55)(5,40) + (0,25)(0,55)(5,40)] = 3\,564,00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \end{aligned}$$

- Pu:

$$P_u = A_{t\text{ columna}} C_u + \text{Peso}_{\text{vigas}} F_{cu} = (29,16)(2\,422) + (3\,564,00)(1,38) = 68\,370,48 \text{ Kg}$$

- Clasificación de columna por esbeltez:

La clasificación de las columnas por su esbeltez se basa en los siguientes parámetros:

$E < 22$; Columna corta: Las cuales se calculan utilizando únicamente las cargas axiales.

22 < E < 100 ; Columna Intermedia: Se calculan utilizando facturas de magnificación de momentos actuantes.

E > 100 ; Columna larga : No es recomendable su construcción.

▪ Cálculo de esbeltez en x:

✓ Inercia

$$I_{col2\ x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(40)(40)^3 = 213\ 333,33\ \text{cm}^4$$

$$I_{col1\ x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(40)(40)^3 = 213\ 333,33\ \text{cm}^4$$

$$I_{viga1\ x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(25)(55)^3 = 346\ 614,58\ \text{cm}^4$$

$$I_{viga2\ x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(25)(55)^3 = 346\ 614,58\ \text{cm}^4$$

✓ Rigidez

$$K_{col2\ x} = \frac{I}{L} = \frac{213\ 333,33}{300} = 711,11\ \text{cm}^3$$

$$K_{col1\ x} = \frac{I}{L} = \frac{213\ 333,33}{300} = 711,11\ \text{cm}^3$$

$$K_{viga1\ x} = \frac{I}{L} = \frac{346\ 614,58}{540} = 641,88\ \text{cm}^3$$

$$K_{viga2\ x} = \frac{I}{L} = \frac{346\ 614,58}{540} = 641,88\ \text{cm}^3$$

✓ Coeficiente extremo superior

$$\psi_{ax} = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} = \frac{711,11}{641,88+641,88} = 0,55$$

✓ Coeficiente extremo inferior

$$\psi_{bx} = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} = \frac{711,11+711,11}{641,88+641,88} = 1,11$$

✓ Promedio

$$\psi_{prom} = \frac{\psi_{ax} + \psi_{bx}}{2} = \frac{0,55 + 1,11}{2} = 0,83$$

✓ Coeficiente K

$$K_e = \frac{20 - \psi_{prom}}{20} \sqrt{1 + \psi_{prom}} = \frac{20 - 0,83}{20} \sqrt{1 + 0,83} = 1,30$$

✓ Radio de giro

$$r = 0,30b = 0,30(0,40) = 0,12 \text{ m}$$

✓ Esbeltez

$$E = \frac{K_e L}{r} = \frac{(1,30)(300)}{0,12} = 32,42 > 22$$

La esbeltez es mayor a 22, se magnifican los momentos.

- Cálculo de esbeltez en y:

✓ Inercia

$$I_{col2x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(40)(40)^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{col1x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(40)(40)^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{viga1x} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(25)(55)^3 = 346\,614,58 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga2 x}} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(25)(55)^3 = 346\,614,58 \text{ cm}^4$$

✓ Rigidez

$$K_{\text{col2 x}} = \frac{I}{L} = \frac{213\,333,33}{300} = 711,11 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{col1 x}} = \frac{I}{L} = \frac{213\,333,33}{300} = 711,11 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga1 x}} = \frac{I}{L} = \frac{346\,614,58}{540} = 641,88 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga2 x}} = \frac{I}{L} = \frac{346\,614,58}{540} = 641,88 \text{ cm}^3$$

✓ Coeficiente extremo superior

$$\psi_{\text{ax}} = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}} = \frac{711,11}{641,88+641,88} = 0,55$$

✓ Coeficiente extremo inferior

$$\psi_{\text{bx}} = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}} = \frac{711,11+711,11}{641,88+641,88} = 1,11$$

✓ Promedio

$$\psi_{\text{prom}} = \frac{\psi_{\text{ax}}+\psi_{\text{bx}}}{2} = \frac{0,55+1,11}{2} = 0,83$$

✓ Coeficiente K

$$K_e = \frac{20-\psi_{\text{prom}}}{20} \sqrt{1 + \psi_{\text{prom}}} = \frac{20-0,83}{20} \sqrt{1 + 0,83} = 1,30$$

✓ Radio de giro

$$r = 0,30b = 0,30(0,40) = 0,12 \text{ m}$$

✓ Esbeltez

$$E = \frac{K_e L}{r} = \frac{(1,30)(300)}{0,12} = 32,42 > 22$$

La esbeltez es mayor a 22, se magnifican los momentos.

▪ Magnificación de momentos:

✓ Factor de flujo plástico:

Carga muerta última

$$CM_u = 1,40CM = 1,40(880) = 1\,232,00 \frac{Kg}{m^2}$$

Factor:

$$\beta_d = \frac{CM_u}{CU} = \frac{1\,232}{2\,176} = 0,566$$

✓ Carga crítica de Euler:

EI del material

$$EI_x = \frac{15\,100\sqrt{F'} \frac{I_g}{C^{2,5}}}{1+\beta_d} = \frac{15\,100\sqrt{281} \frac{213\,333}{2,5}}{1+0,566} = 1\,379,14 \text{ Ton} - m^2$$

$$EI_y = \frac{15\,100\sqrt{F'} \frac{I_g}{C^{2,5}}}{1+\beta_d} = \frac{15\,100\sqrt{281} \frac{213\,333}{2,5}}{1+0,566} = 1\,379,14 \text{ Ton} - m^2$$

Carga crítica

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2} = \frac{\pi^2(1\,379,14)}{[(1,30)(300)]^2} = 899,20 \text{ Ton}$$

$$P_{cry} = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2} = \frac{\pi^2(1\,379,14)}{[(1,30)(300)]^2} = 899,20 \text{ Ton}$$

✓ Magnificador de momentos:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} \geq 1$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{76,11}{0,70(899,20)}} = 1,12 \geq 1$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{76,11}{0,70(899,20)}} = 1,12 \geq 1$$

✓ Cálculo de momento de diseño

$$M_{dx} = \delta_x M_{ux} = 1,12(8\,546,92) = 9\,588,42 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = \delta_y M_{uy} = 1,12(8\,546,92) = 9\,588,42 \text{ Kg} - \text{m}$$

○ Diseño de refuerzo longitudinal:

$$0,01A_g \leq A_s \leq 0,06A_g \quad (\text{ACI 318-14S, 18.7.4.1})$$

▪ Acero mínimo:

$$A_{s \text{ mín}} = 0,01(40)(40) = 16,00 \text{ cm}^2$$

▪ Acero máximo:

$$A_{s \text{ máx}} = 0,06(40)(40) = 96,00 \text{ cm}^2$$

- Área de acero propuesta

$$4 \text{ varillas No.6} + 4\text{No.4} \quad A_s (\text{Propuesto}) = 16,52 \text{ cm}^2 > A_{s_{\min}}$$

- Parámetros independientes:

- ✓ Excentricidades

$$e_x = \frac{Md_x}{Pu} = \frac{9\,588,42}{68\,370,48} = 0,140$$

$$e_y = \frac{Md_y}{Pu} = \frac{9\,588,42}{68\,370,48} = 0,140$$

- ✓ Valor de la gráfica

$$\gamma_x = \frac{h-2d'}{h} = \frac{40-2(4)}{40} = 0,80$$

$$\gamma_y = \frac{b-2d''}{b} = \frac{40-2(4)}{40} = 0,80$$

- ✓ Valor de las diagonales

$$\left(\frac{e}{h}\right)_x = \frac{e_x}{h} = \frac{0,140}{40} = 0,351$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_y = \frac{e_y}{h} = \frac{0,140}{40} = 0,351$$

- ✓ Valor de la curva

$$\rho_{tu} = \frac{A_s F_y}{0,85 f'_c A_g} = \frac{(16,52)(4\,210)}{0,85(281)(1\,600)} = 0,12$$

- ✓ Valores del coeficiente del diagrama de interacción

$$K_{x1} = 0,47$$

$$K_{y1} = 0,47$$

✓ Cálculo de cargas

$$P'_o = \phi[0,85f'_c(A_g - A_{s_t}) + A_{s_t}F_y] = 0,70[0,85(281)(1\ 600) + (16,52)(4\ 210)] = 313\ 434,38\ Kg$$

$$P'_{xo} = K_x f'_c A_g = (0,47)(281)(1\ 600) = 211\ 312,00\ Kg$$

$$P'_{yo} = K_y f'_c A_g = (0,47)(281)(1\ 600) = 211\ 312,00\ Kg$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_o} + \frac{1}{P'_{xo}} + \frac{1}{P'_{yo}}} = \frac{1}{\frac{1}{313\ 434,38} + \frac{1}{211\ 312} + \frac{1}{211\ 312}} = 159\ 382,43\ Kg$$

$$P'_{ua} = \frac{68\ 370,48}{0,70} = 97\ 672,11\ Kg$$

✓ Comparación de cargas

Debido a que P'_u es mayor que P'_{ua} , entonces el armado es correcto.

○ Cálculo de acero transversal:

▪ Cortante resistente (ACI 318-14S, 22.5.5.1):

$$\begin{aligned} V_r &= 0,53 \left(1 + \frac{N_u}{140A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,53 \left[1 + \frac{68\ 370}{140(40)(40)} \right] (0,85) \sqrt{281} (40)(35,05) = 13\ 819,15 \end{aligned}$$

- Corte actuante:

$$V_a = 8\,546,61 \text{ Kg}$$

Debido a que el corte resistente es menor que el corte actuante, se calcula el refuerzo transversal.

Longitud de zona confinada (La mayor de las siguientes):

$$\frac{L}{6} = \frac{300}{6} = 50 \text{ cm}$$

$$Lado\ mayor = 40 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm}$$

A usar: 50 cm

- Espaciamiento de zona confinada:

✓ Relación volumétrica

$$A_g = bh = (40)(40) = 1\,600 \text{ cm}^2$$

$$A_{ch} = (b - rec)(h - rec) = (40 - 4)(40 - 4) = 1\,152 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_a}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0,85 f'_c}{F_y} \right) = 0,45 \left(\frac{1\,600}{1\,152} - 1 \right) \left(\frac{0,85(281)}{4\,210} \right) = 0,010$$

✓ Área requerida de varilla

$$A_{varilla} = 0,71 \text{ cm}^2$$

$$l_n = b - rec = 40 - 4 = 36 \text{ cm}$$

✓ Espaciamiento

$$S_o = \frac{4A_v}{\rho_s l_n} = \frac{4(0,71)}{(0,010)(36)} = 8,27 \text{ cm} \rightarrow 8 \text{ cm},$$

Espaciamiento en zona no confinada (El menor de los siguientes), según ACI 318-14, 18.7.5.3:

$$S_o = \frac{b}{4} \text{ ó } \frac{h}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ cm}$$

$$S_o = 6\phi_{long} = 6(1,91) = 11,46 \text{ cm}$$

$$S_o = 10 + \left(\frac{35-h_x}{3}\right) = 10 + \left(\frac{35-15,05}{3}\right) = 16,65 \text{ cm}$$

$$S_o = \frac{b}{4} \text{ ó } \frac{h}{4}$$

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

$$S_{a \text{ utilizar}} = 10 \text{ cm}$$

- Conclusión:

El armado del acero transversal será realizado con acero No.3

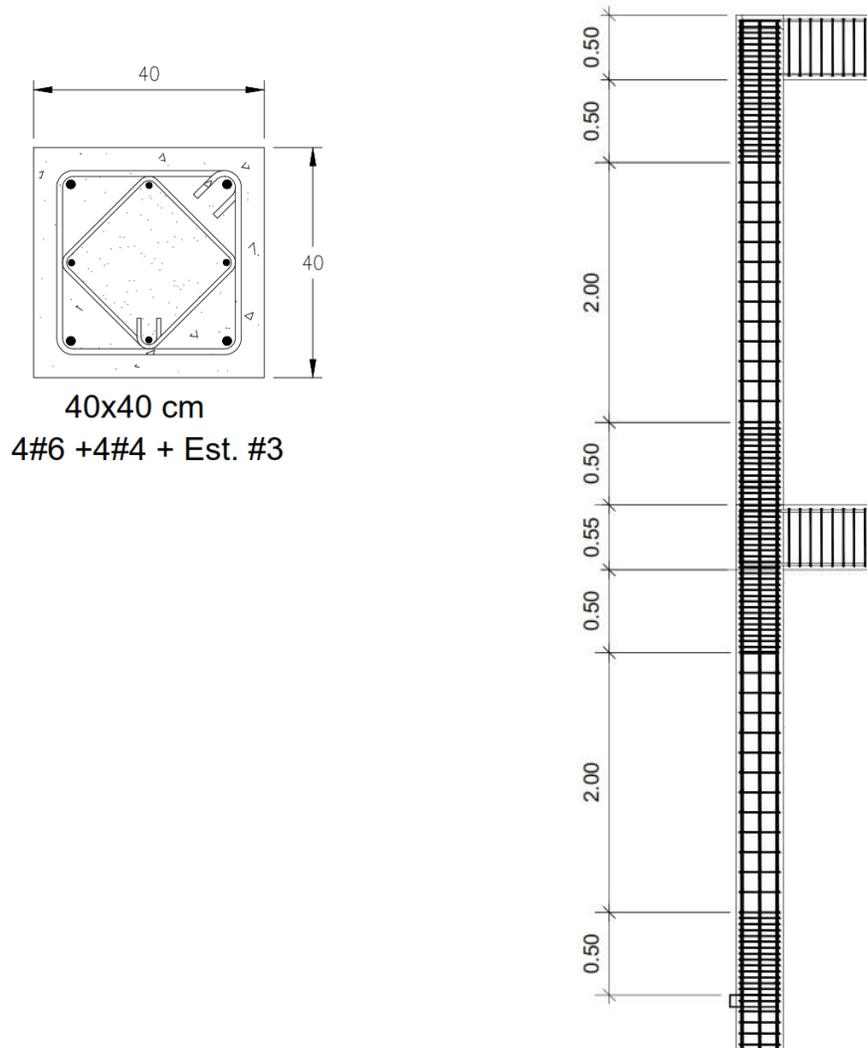
- En zona confinada:

Estribos combinados a 45° a cada 8 cm, en una longitud de 50 cm medida de cada extremo de la columna.

- En zona no confinada:

Estribos combinados a 45° a cada 10 cm.

Figura 84. **Detalle de armado de columna, CUM**



40x40 cm
4#6 +4#4 + Est. #3

Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

2.2.7.4. **Diseño de nudo sísmico**

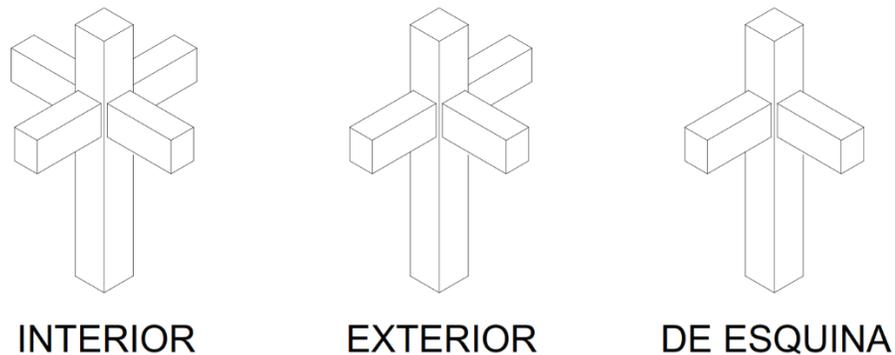
El diseño de los nudos sísmicos puede ser considerado uno de los aspectos más críticos del diseño de un edificio de concreto armado, estos deben de

garantizar el desempeño ante las solicitaciones de cargas a las que la estructura sea sometida.¹⁹

- Tipos de conexiones:

De acuerdo al ACI se deben de considerar 3 tipos de nudos:

Figura 85. Tipos de nudo



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

- Verificaciones en el nudo sísmico:
- Resistencia al cortante horizontal aplicado al nudo:

$$\phi V_n \geq V_j$$

V_n = Cortante resistido por el nudo.

V_j = Cortante aplicado al nudo.

¹⁹ American Concrete Institute (ACI). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)*. p. 3 - 60.

Debido a que la resistencia en el nudo se rige por los factores para estructuras que resisten momentos, entonces $\phi=0,85$.

Los momentos actuantes se calculan mediante:

$$M_1 = A_{s1} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_c b} \right)$$

$$M_2 = A_{s2} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_c b} \right)$$

Las fuerzas en el refuerzo longitudinal de las vigas en la cara del nudo deben determinarse suponiendo que la resistencia en el refuerzo de tracción por flexión es $1,25f_y$, es decir $\alpha=1,25$.

M_1 y M_2 = Capacidad positiva y negativa de las vigas en el rango inelástico.

A_{s1} = Armadura del refuerzo longitudinal superior de la viga.

A_{s2} = Armadura del refuerzo longitudinal inferior de la viga.

- Cortante en columna: El cortante en la columna superior es igual al cortante en la columna inferior, si no existe carga axial en las vigas.

El corte para los nudos interiores y nudos exteriores en el sentido de análisis paralelo al borde es:

$$V_{col} = \frac{M_1 + M_2}{H}$$

Para nudos exteriores y de esquina, sentido de análisis perpendicular al borde el cortante es:

$$V_{col} = \frac{M_1}{H}$$

H: Es la distancia entre los puntos de inflexión de las columnas, que puede ser supuesto a una media altura para cada piso.

La fuerza cortante aplicada al nudo V_j , en nudos interiores y exteriores en el sentido de análisis paralelo al borde es:

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{col}$$

Para nudos exteriores y de esquina, sentido de análisis perpendicular al borde es:

$$V_j = T_1 - V_{col}$$

La mayor parte de estas fuerzas T_1 y C_2 son transmitidas al nudo a través de la adherencia de los aceros A_{s1} y A_{s2} dentro del nudo.

$$T_1 = A_{s1} \alpha F_y$$

$$C_2 = A_{s2} \alpha F_y$$

Resistencia al cortante horizontal resistido por el nudo, V_n :

$$V_n = \gamma \sqrt{f'_c} A_j$$

Para nudos interiores:

$$V_n = 5,3 \sqrt{f'_c} A_j$$

Para nudos exteriores:

$$V_n = 4,0 \sqrt{f'_c} A_j$$

Para nudos de esquina:

$$V_n = 3,2\sqrt{f'_c}A_j$$

A_j = Área efectiva de la sección transversal dentro del nudo.

h_j = Profundidad del nudo.

b_j = Ancho efectivo del nudo.

$$A_j = b_j h_j$$

$$h_j = h_c$$

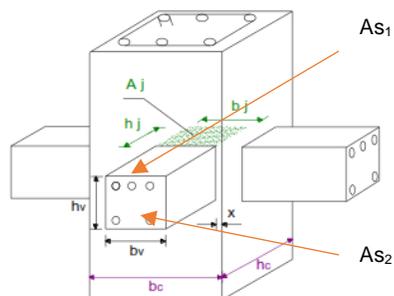
El ancho efectivo del nudo b_j , debe ser el ancho total de la columna b_v , excepto cuando la viga llega a una columna más ancha, el ancho efectivo del nudo debe ser el menor de:

$$b_j = b_v + h_j$$

$$b_j = b_v + 2x$$

X = Distancia entre arista de columna e inicio de la viga.

Figura 86. **Componentes del nudo**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

Resistencia al cortante vertical aplicado al nudo, V_{jv} :

$$V_{jv} = V_j \left(\frac{h_v}{h_c} \right)$$

V_j = Cortante horizontal aplicado al nudo.

V_{jv} = Cortante vertical aplicado al nudo.

Si $V_{jv} < V_j$, entonces no se tendrá problema de corte vertical.

Si $h_v < h_c$ entonces el nudo no tendrá problema de cortante vertical.

Resistencia al cortante vertical resistido por el nudo, V_{nv} :

Si $V_{jv} < V_j$, no es necesario revisar V_{nv} .

Para analizar el cortante vertical resistido V_{nv} , se verifica que las columnas tengan por lo menos un hierro en la parte central de cada una de las caras.

De acuerdo con los datos que tenemos para nuestro nudo crítico:

$$A_{s1} = 11,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 5,72 \text{ cm}^2$$

$$b_c = 40 \text{ cm}$$

$$h_c = 40 \text{ cm}$$

$$b_v = 25 \text{ cm}$$

$$h_v = 55 \text{ cm}$$

$$x = 7,50 \text{ cm}$$

Cortante horizontal resistido por el nudo:

$$h_j = h_c = 40 \text{ cm}$$

$$b_j = b_v + b_c = 30 + 40 = 70 \text{ cm}$$

$$b_j = b_v + 2x = 30 + 2(7,5) = 40 \text{ cm}$$

$$b_j = 40 \text{ cm}$$

$$A_j = b_j h_j = (40)(40) = 1\,600,00 \text{ cm}^2$$

Cortante aplicado al nudo:

$$M_1 = A_{s1} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_c b} \right) = (11,44)(1,25)(4\,210) \left[35,05 - (11,44)(1,25) \frac{4\,210}{1,7(281)(25)} \right] = 27,09 \text{ Ton} - m$$

$$M_2 = A_{s2} \alpha F_y \left(d - A_{s1} \alpha \frac{F_y}{1,7 f'_c b} \right) = (5,72)(1,25)(4\,210) \left[35,04 - (5,72)(1,25) \frac{4\,210}{1,7(281)(25)} \right] = 14,30 \text{ Ton} - m$$

$$T_1 = A_{s1} \alpha F_y = (11,44)(1,25)(4\,210) = 60,20 \text{ Ton}$$

$$C_2 = A_{s2} \alpha F_y = (5,72)(1,25)(4\,210) = 30,10 \text{ Ton}$$

Para nudos interiores:

$$V_{col} = \frac{M_1 + M_2}{H} = \frac{27,09 + 14,30}{4} = 13,80 \text{ Ton}$$

Para nudos exteriores y de esquina:

$$V_{col} = \frac{M_1}{H} = \frac{27,09}{4} = 9,03 \text{ Ton}$$

Resistencia al cortante horizontal resistido por el nudo

$$V_{n \text{ (Interior)}} = 5,3 \sqrt{f'_c} A_j = 5,3 \sqrt{281} (1\,600) = 142,15 \text{ Ton}$$

$$V_{n \text{ (Exterior)}} = \sqrt{f'_c} A_j = 4 \sqrt{281} (1,600) = 107,28 \text{ Ton}$$

$$V_n (\text{De esquina}) = 3,2\sqrt{f'_c}A_j = 3,2\sqrt{281}(1\ 600) = 85,83\ Ton$$

Cortante horizontal aplicado al nudo:

Nudo interior

$$V_j = T_1 - V_{col} = 60,20 - 13,80 = 76,51\ Kg$$

Nudo exterior y de esquina:

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{col} = 60,20 + 30,10 - 9,03 = 81,27\ Kg$$

Chequeo:

$$V_n (\text{Interior}) = 142,15\ Ton > V_j = 76,51\ Kg \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$V_n (\text{Exterior}) = 107,28\ Ton > V_j = 81,27\ Kg \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$V_n (\text{De esquina}) = 85,83\ Ton > V_j = 81,27\ Kg \rightarrow \text{CUMPLE}$$

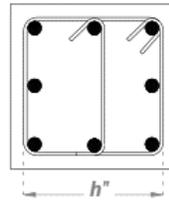
- Control del refuerzo de confinamiento

Se considera que un elemento proporciona confinamiento al nudo si al menos el 75 % de la cara del nudo está cubierta por el elemento que llega al nudo, o sea, el ancho de la viga entrante al nudo debe ser igual o mayor al 75 % del ancho de la columna.

Dentro del nudo deben de colocarse estribos cerrados de confinamiento como refuerzo transversal.

El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares (A_{sh}) se calcula independientemente en cada dirección y se coloca en dirección perpendicular a la dimensión h'' utilizada.

Figura 87. **Separación de refuerzo transversal.**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

A_{sh} deberá de ser el valor máximo entre:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}}$$

s_h = Separación del refuerzo transversal dentro del nudo.

A_{ch} = Área del núcleo de la columna, medida exteriormente al refuerzo transversal.

A_g = Área gruesa de la columna.

F_{yh} = Resistencia a la fluencia del refuerzo transversal.

Si el espesor de concreto fuera del refuerzo transversal de confinamiento excede 10 cm, debe de colocarse refuerzo transversal adicional con un estacionamiento no superior a 30 cm. El recubrimiento de concreto sobre el refuerzo adicional no debe exceder 10 cm.

El refuerzo transversal debe disponerse mediante estribos cerrados de confinamiento sencillo o múltiple. Se pueden usar ganchos suplementarios del mismo diámetro de barra y con el mismo espaciamiento que los estribos cerrados de confinamiento.

La separación del refuerzo transversal S_h será el menor entre:

$$\frac{b_c}{4}, \frac{h_c}{4}$$

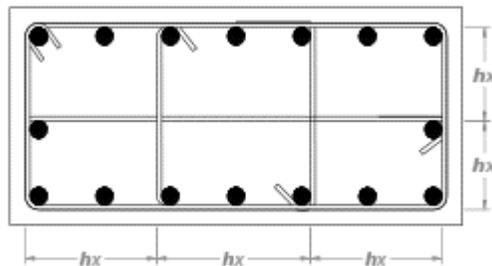
$$6\phi_{columnas}$$

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

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

h_x = El máximo valor de separación entre ramas de estribo cerrado de confinamiento y ganchos suplementarios en todas las caras de la columna, no debe ser mayor de 35 cm.

Figura 88. Separación de ramas de estribos



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

Si llegan cuatro elementos confinados (que cumplan con que su ancho sea al menos el 75 % del ancho de la columna), A_{sh} requerido se puede reducir al 50 %, lo que permite que el espaciamiento s_h se incremente a 15 cm.

$$A_{sh} = 0,15 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,45 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}}$$

$$s_h = 15 \text{ cm}$$

De acuerdo a los datos de nuestra estructura:

s_h deberá ser el menor entre:

$$\frac{b_c}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ cm} , \frac{h_c}{4} = \frac{40}{10} = 10 \text{ cm}$$

$$6\phi_{columnas} = 6 \left[\left(\frac{6}{8} \right) 2,54 \right] = 11,43 \text{ cm}$$

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

Entonces $s_h = 10 \text{ cm}$

$$h'' = 40 - 2(4) = 32 \text{ cm}$$

$$b'' = 40 - 2(4) = 32 \text{ cm}$$

$$A_{ch} = 32(32) = 1\,024 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0,15 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] = 0,15 \frac{(10)(32)(281)}{4\,210} \left[\left(\frac{1\,600}{1\,024} \right) - 1 \right] = 1,80 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_h h'' f'_c}{f_{yh}} = (0,09) \frac{(10)(32)(281)}{4\,210} = 1,92 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el mayor $A_{sh} = 1,92 \text{ cm}^2$, entonces el nudo requiere como de armado de confinamiento dos estribos No.3 @10 cm.

- Control de deterioro de adherencia

El ACI propone el control del deterioro de adherencia y el deslizamiento de las varillas durante la formación de rótulas plásticas en las vigas adyacentes debido a los esfuerzos de adherencia muy altos.

Las fuerzas en el refuerzo longitudinal de las vigas en la cara del nudo deben determinarse suponiendo que la resistencia en el refuerzo de tracción por flexión es de $1,25 f_y$ y la resistencia al nudo debe regirse por el factor $\phi=0,85$.

El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna debe prolongarse hasta la cara más distante del núcleo confinado y anclarse (longitud de anclaje).

La dimensión de la columna paralela al refuerzo longitudinal de la viga no debe ser menor que 20 el diámetro de la varilla longitudinal de mayor diámetro.

$$h_c \geq 20\phi_{viga}$$
$$h_v \geq 20\phi_{columna}$$

De acuerdo con los datos que tenemos de nuestra estructura:

$$h_c \geq 20\phi_{viga} \quad \rightarrow 40 > 38,10 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$h_v \geq 20\phi_{columna} \quad \rightarrow 55 > 38,10 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Control de longitud de anclaje

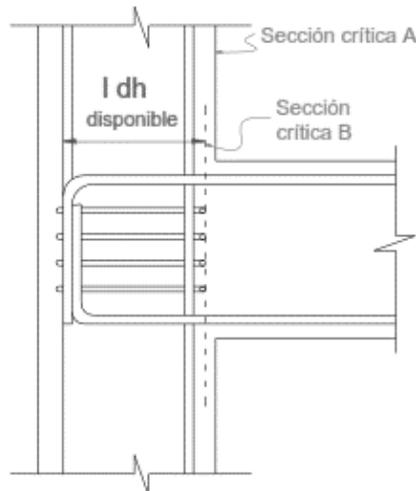
El control de longitud de anclaje se aplica para el diseño de los nudos exteriores y de esquina.

El refuerzo longitudinal de una viga, en una columna, debe prolongarse hasta la otra cara del núcleo confinado de la columna.

Se tiene la siguiente premisa:

$$ldh_{rec} < ldh_{disp}$$

Figura 89. **Diagrama de longitud de desarrollo**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

Entonces:

$$ldh_{rec} = \frac{f_y \phi_v}{17,2 \sqrt{f'_c}}$$

ϕ_v = Diámetro del refuerzo de la varilla.

$$ldh_{diseño} = 0,80ldh_{req}$$

Si $s_h < 3\phi_v$, entonces se puede reducir ldf_{req} en un 20 %.

Para los datos de nuestra estructura:

$$S_h = 10 \text{ cm} > 3\phi_v = 5,71 \text{ cm} \rightarrow ldh_{rec} \text{ no se reduce.}$$

$$ldh_{disp} = b_c - 2(rec) = 40 - 2(4) = 32 \text{ cm}$$

$$ldh_{rec} = \frac{f_y \phi_v}{17,2 \sqrt{f'_c}} = \frac{(4210) \left[\left(\frac{6}{8} \right)^{2,54} \right]}{7,2 \sqrt{281}} = 27,82 \text{ cm}$$

$$ldh_{rec} = 27,82 \text{ cm} < ldh_{disp} = 32 \text{ cm} \rightarrow CUMPLE$$

- Relación de resistencia a flexión

La suma de la resistencia nominal a flexión de las secciones de la columna arriba y abajo del nudo, calculada usando la carga axial mayorada que resulte en la menor resistencia a flexión de la columna, no debe ser menor que 1,2 veces la suma de la resistencia nominal de las secciones de la viga en el nudo. Para conexiones con vigas llegando en dos direcciones perpendiculares, este requisito debe ser revisado independientemente en cada dirección. Esta verificación no es requerida en las conexiones a nivel de la cubierta de la edificación.

$$Pu_{Nivel 2} = 23,40 \text{ Ton}$$

$$Pu_{Nivel 1} = 63,45 \text{ Ton}$$

De acuerdo al diagrama de interacción de la columna se obtienen los valores de los momentos, utilizando un valor de $\alpha=1$.

$$Muc_{Nivel\ 1} = 14,00\ Ton - m$$

$$Muc_{Nivel\ 2} = 10,06\ Ton - m$$

Los momentos actuantes en las vigas se calcularon en la sección de cortante horizontal resistido por el nudo, utilizando un valor de $\alpha=1,25$, por lo tanto:

$$Mv_1 = \frac{14,82}{1,25} = 11,86\ Ton - m$$

$$Mv_2 = \frac{10,06}{1,25} = 8,05\ Ton - m$$

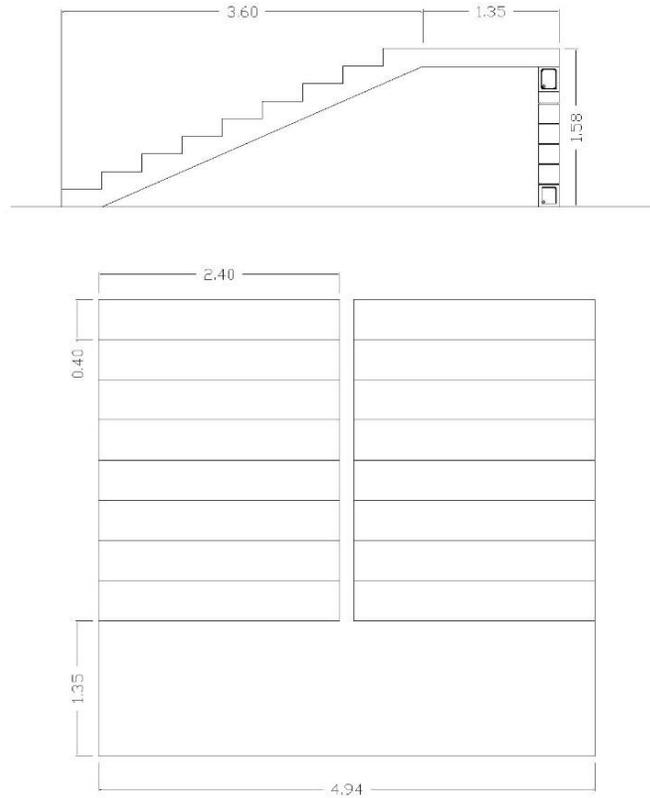
Para la verificación:

$$\frac{\sum M_c}{\sum M_v} = \frac{14,00+10,06}{11,86+8,05} = 1,71 > 1,2 \rightarrow OK$$

2.2.7.5. Diseño de gradas

Para el diseño de las gradas se usó como base el Código ACI 318-14S y el Trabajo de graduación de Estuardo René Morales Calderón, Criterio de análisis, diseño, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado, agosto 2010.

Figura 90. **Gradas, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

- Especificaciones técnicas

- Dimensiones:

Huellas = 0,40 m

Contrahuellas = 0,18 m

Largo gradas = 3,20 m

Largo descanso = 1,35 m

Alto de gradas = 1,58 m

$$L = \sqrt{(3,20)^2 + (1,58)^2} + 1,35 = 4,92 \text{ m}$$

$$t = \frac{L}{20} = \frac{4,92}{20} = 0,16 \text{ m} \xrightarrow{\text{A usar}} 0,18 \text{ m} \quad (\text{ACI 318S-14, 7.3.1.1})$$

○ Cargas de diseño:

▪ Carga Muerta

$$P_{propio} = P_{gradas} + P_{Losa} = P_{concreto} \left[Lbt + \frac{(Huella)(Contrahuella)}{2} (b)(Cant. gradas) \right] = P_{concreto} \left[(4,92)(1,00)(0,18) + \frac{(0,40)(0,18)}{2} (1,00)(8) \right] = 2\,816,64 \frac{Kg}{m^2}$$

$$SC_{acabados} = 100 \frac{Kg}{m^2}$$

$$CM = 2\,816,64 + 100 = 2\,916,64 \frac{Kg}{m^2}$$

▪ Carga viva:

$$CV = 500 \frac{Kg}{m^2} \quad (\text{AGIES 2018, NSE 2, Tabla 3.7.1-1})$$

▪ Carga última:

$$Cu = 1,20(2\,916,64) + 1,60(500) = 4\,299,97 \frac{Kg}{m^2}$$

▪ Momentos actuantes: (ACI 318S-14, 6.5.2)

$$M_{M\acute{a}x} = \frac{4\,299,97(4,92)^2}{8} = 13\,010,84 \text{ Kg} - m$$

Se recomienda aplicar el 25 % del momento máximo en los extremos de la losa:

$$M_{Extremos} = 0,25M_{Máx} = 0,25(13\ 010,84) = 3\ 252,71\ Kg - m$$

- Cálculos:

- Diseño de acero:

- Acero mínimo: (ACI 318S-14, 9.6.1.2)

El mayor entre los siguientes resultados:

$$\rho_{mín} = \frac{0,0018(4\ 200)}{F_y} = \frac{0,0018(4\ 200)}{4\ 210} = 0,0018$$

$$\rho_{mín} = 0,0014$$

$$A_{s_{mín}} = \rho_{mín}A_g = 0,0018(100)(18) = 3,23\ cm^2$$

- Acero para momentos:

El área de acero para refuerzo de las losas se calcula utilizando la relación entre las ecuaciones 3.31 y 3.36 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto (12 ED) de Arthur H. Nilson, que da como resultado la siguiente ecuación:

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

$$A_{Máx} = \left((100)(14,5) - \sqrt{[(100)(14,5)]^2 - \frac{(13\ 010,84)(100)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4\ 210} =$$

$$28,09\ cm^2$$

$$A_{s\text{Extremo}} = \left((100)(14,5) - \sqrt{[(100)(14,5)]^2 - \frac{(3\,252,71)(100)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4\,210} = 6,06 \text{ cm}^2$$

- Acero por temperatura: (ACI 318-14S, 24.4.3.2)

El mayor entre los siguientes resultados:

$$\rho_{temp} = \frac{0,0018(4\,200)}{F_y} = \frac{0,0018(4\,200)}{4\,210} = 0,0018$$

$$\rho_{temp} = 0,0014$$

$$A_{s_{temp}} = \rho_{temp}A_g = 0,0018(100)(18) = 3,23 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento:

$$S = \frac{A_{varilla}}{A_s} (100)$$

- ✓ Espaciamiento máximo: (ACI 318-14S, 7.7.2)

El menor entre:

$$45 \text{ cm}$$

$$3h = 3(18) = 54 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 45 \text{ cm}$$

- ✓ Espaciamiento mínimo: (ACI 318-14S, 25.2)

El mayor entre:

$$2,50 \text{ cm}$$

$$d_b = 1,59 \text{ cm}$$

$$\frac{4}{3}d_{agg} = \frac{4}{3}\left(\frac{3}{8}\right)(2,54) = 1,27 \text{ cm}$$

$$S_{\min} = 2,50 \text{ cm}$$

✓ Para el momento positivo ($A_{S_{\max}}$):

Con varilla No.5.

$$S = \frac{1,98}{28,09}(100) = 7,05 \text{ cm} \xrightarrow{A \text{ usar}} S_{\min} \geq 7,00 \text{ cm} \geq S_{\max}$$

✓ Para los momentos negativos ($A_{S_{\text{Extremos}}}$):

Con varilla No.4.

$$S = \frac{1,27}{2,64}(100) = 20,96 \text{ cm} \xrightarrow{A \text{ usar}} S_{\min} \geq 20,00 \text{ cm} \geq S_{\max}$$

✓ Para el acero por temperatura ($A_{S_{\text{temp}}}$):

Con varilla No.3.

$$S = \frac{0,72}{2,64}(100) = 27,28 \text{ cm} \xrightarrow{A \text{ usar}} S_{\min} \geq 20,00 \text{ cm} \geq S_{\max}$$

- Resumen:

- Espesor de losa:

$$t = 18,00 \text{ cm}$$

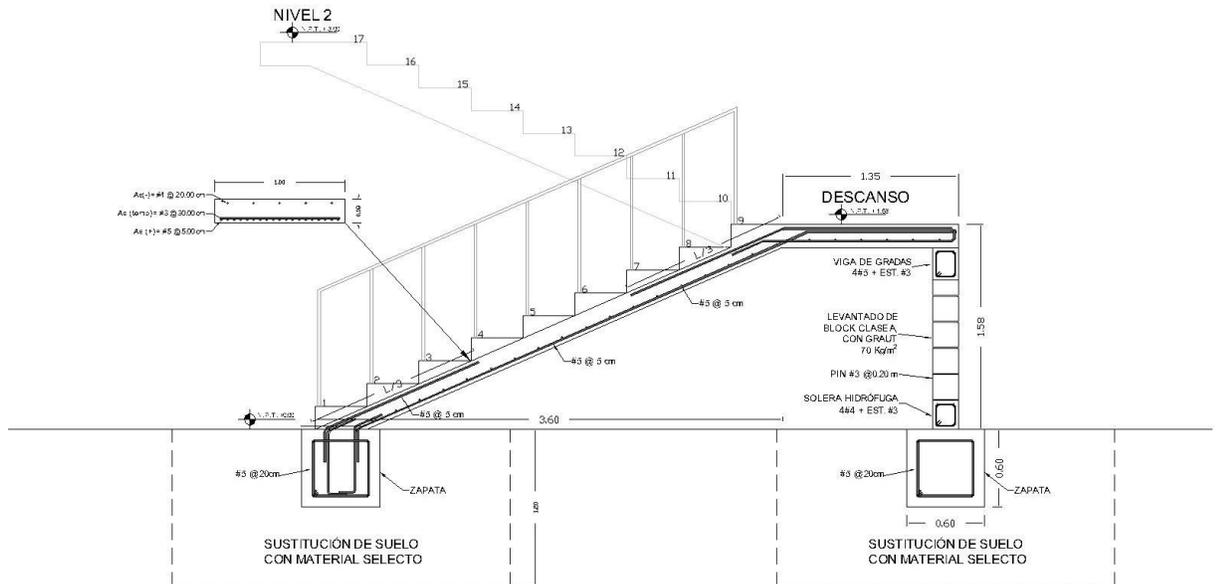
- Armado:

Parrilla inferior: No.5 @ 5,00 cm

Bastones: No.4 @ 20,00 cm

Parrilla superior: No.3 @ 20,00 cm

Figura 91. Armado de gradas para CUM



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

2.2.7.6. Diseño de cimientos

Datos de zapata cuadrada:

- Especificaciones técnicas:

- Materiales:

$$f'_c = 281 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4\,210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Peso}_{\text{concreto}} = 2\,400 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

- Suelo:

$$\text{V.S.} = 35,00 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Debido al bajo valor soporte del suelo original del terreno, se plantea realizar una sustitución con el suelo del terreno de la escuela. La sustitución se realizará desde 2,50 metros de profundidad, a 1,30 metros del desplante de cimentación.

- Cargas y momentos:

$$M_{ux} = 8\,546,92 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{uy} = 8\,546,92 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$P_u = 63,45 \text{ Ton}$$

$$\text{FCU} = 1,38$$

- Columna:

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$h = 0,40 \text{ m}$$

- Zapata

$$D_f = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Rec} = 0,08 \text{ m}$$

- Cálculos:

- Cargas de trabajo:

$$P_t = \frac{P_u}{\text{FCU}} = \frac{63,45}{1,38} = 45,98 \text{ Ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{\text{FCU}} = \frac{8,55}{1,38} = 6,19 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{\text{FCU}} = \frac{8,55}{1,38} = 6,19 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Cálculo de área de zapata:

$$A_z = \frac{1,5P_t}{\text{V.S.}} = \frac{1,5(45,98)}{35,00} = 1,97 \text{ m}^2$$

- Dimensiones supuestas:

Fueron establecidas de acuerdo a las cargas actuantes.

$$B = 2,00 \text{ m}$$

$$L = 2,00 \text{ m}$$

$$A = 4,00 \text{ m}^2$$

$$t = 0,46 \text{ m}$$

- Presión en el suelo:

P:

$$P = P_t + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$P = 45,95 + (0,40)(0,40)(1,2)(2\ 400) + (2,00)(2,00)(1,67)(1,20) + (2,00)(2,00)(0,46)(2\ 400) = 76,34 \text{ Ton}$$

- Excentricidades

$$e_x = \frac{M_x}{P_u} = \frac{8,55}{63,45} = 0,13$$

$$e_y = \frac{M_y}{P_u} = \frac{8,55}{63,45} = 0,13$$

- Cargas máximas y mínimas:

$$q_{\text{mín}} = \frac{P_T}{BL} - \frac{6Mt_x}{LB^2} - \frac{6Mt_y}{BL^2} = \frac{76,34}{4,00} - \frac{6(8,55)}{2,00(2,00)^2} - \frac{6(8,55)}{2,10(2,00)^2} = 9,80 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{P_T}{BL} + \frac{6Mt_x}{LB^2} + \frac{6Mt_y}{BL^2} = \frac{76,34}{4,00} + \frac{6(8,55)}{2,00(2,00)^2} + \frac{6(8,55)}{2,10(2,00)^2} = 28,38 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Verificación de cargas:

Las dimensiones propuestas cumplen con las condiciones necesarias.

$$q_{\text{máx}} = 28,38 \leq P_e = 35,04$$

$$q_{\text{mín}} = 9,80 > 0$$

- Presión última:

$$q_{\text{dis}} = q_{\text{máx}} \text{FCU} = (28,38)(1,38) = 39,16 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Chequeo por corte simple:

$$d = 0,46 - 0,08 - \frac{0,016}{2} = 0,372$$

- Corte resistente:

$$V_r = 0,85(0,53)\sqrt{f'_c}bd = 0,85(0,53)\sqrt{281}(200)(0,372) = 56,19 \text{ Ton}$$

- Corte actuante:

$$V_s = q_{\text{dis}} \left(\frac{B_{\text{zap}} - B_{\text{col}}}{2} - d \right) H_{\text{zap}} = 39,16 \left(\frac{2,00 - 0,40}{2} - 0,372 \right) = 33,52 \text{ Ton}$$

- Verificación:

$$V_r = 56,19 > V_s = 33,52 \rightarrow \text{ESPESOR CORRECTO}$$

- Chequeo por corte punzante:

- Corte resistente:

$$b_o = 2(B + d) + 2(L + d) = 2(0,40 + 0,372) + 2(0,40 + 0,372) = 308,83 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85(1,06)\sqrt{f'_c}b_o d = 0,85(1,06)\sqrt{281}(200)(37,2) = 173,54 \text{ Ton}$$

- Corte actuante:

$$A_1 = (B - d)(L - d) = (0,40 + 0,372)(0,40 + 0,372) = 0,60 \text{ m}^2$$

$$V_p = q_{\text{dis}}(BL - A_1) = 39,16(4,00 - 0,60) = 133,30 \text{ Ton}$$

- Verificación:

$$V_r = 173,54 > V_p = 133,30 \rightarrow \text{ESPESOR CORRECTO}$$

○ Diseño por flexión:

▪ Cálculo de momentos:

✓ Carga lineal

$$\omega_x = q_{\text{dis}}B = (39,16)(2,00) = 78,32 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\omega_y = q_{\text{dis}}B = (39,16)(2,00) = 78,32 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

✓ Longitud del voladizo

$$L_x = \frac{B_{\text{zap}} - b_{\text{col}}}{2} = \frac{2,00 - 0,40}{2} = 0,80 \text{ m}$$

$$L_y = \frac{B_{\text{zap}} - b_{\text{col}}}{2} = \frac{2,00 - 0,40}{2} = 0,80 \text{ m}$$

✓ Momentos

$$M_x = \frac{\omega_x - L_x^2}{2} = \frac{78,32 - 0,80^2}{2} = 25,06 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_y = \frac{\omega_y - L_y^2}{2} = \frac{78,32 - 0,80^2}{2} = 25,06 \text{ Ton} - \text{m}$$

✓ Cálculo de acero mínimo:

$$A_{s \text{ mín}1} = \frac{14}{4 \cdot 210} bd = \frac{14}{4 \cdot 210} (200)(37,2) = 24,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}2} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{F_y} bd = \frac{0,8\sqrt{281}}{4 \cdot 210} (200)(37,2) = 23,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 24,74 \text{ cm}^2$$

Para varillas No.5

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{A_v b}{A_{s\acute{m}i\acute{n}}} = \frac{1,98(200)}{24,74} = 16,70 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}$$

✓ Cálculo de área de acero:

$$A_s = \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f_c}} \right) \frac{0,85 f_c}{F_y}$$

$$A_{sx} = \left((200)(37,2) - \sqrt{[(200)(37,2)]^2 - \frac{(25,06)(200)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4210} =$$

$$18,17 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s\acute{m}i\acute{n}} = 24,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} = \left((200)(37,2) - \sqrt{[(200)(37,2)]^2 - \frac{(25,06)(200)}{0,003825(281)}} \right) \frac{0,85(281)}{4210} =$$

$$18,17 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s\acute{m}i\acute{n}} = 24,74 \text{ cm}^2$$

✓ Cálculo de espaciamiento:

$$S_x = \frac{A_v b}{A_{sx}} = \frac{1,98(200)}{24,74} = 16,70 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}$$

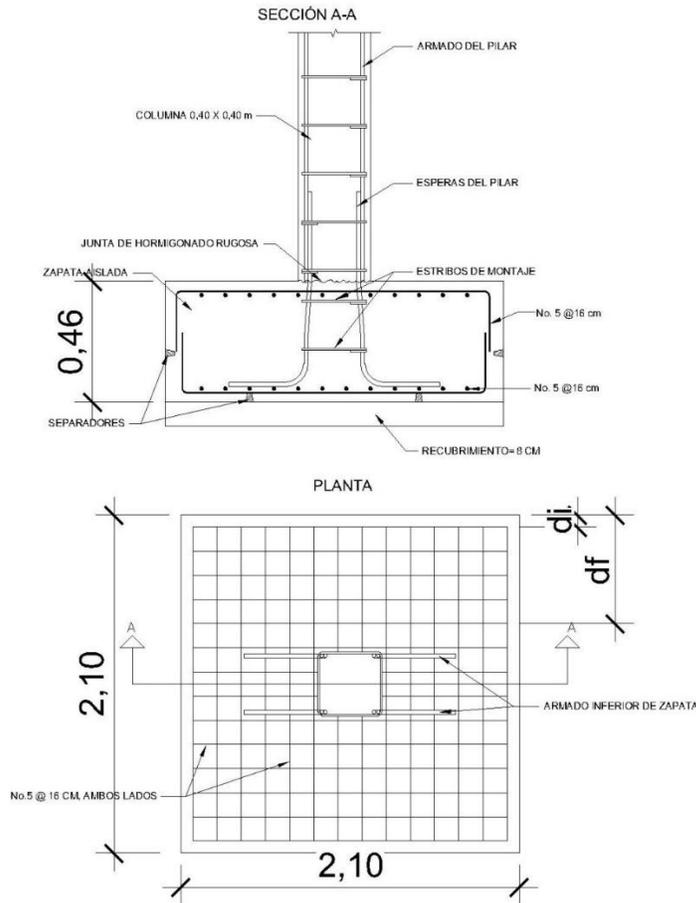
$$S_y = \frac{A_v b}{A_{sy}} = \frac{1,98(200)}{25,20} = 16,70 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}$$

$$S_{max} < S_y ; S_{max} < S_x \rightarrow S_{max} = 16 \text{ cm}.$$

- Conclusión:

Se realizará una zapata con dimensiones 2,00*2,00*0,46 m con armado de acero No.5 a cada 17 cm en ambos sentidos y acero por temperatura No.5 a cada 16 cm en ambos sentidos.

Figura 92. **Propuesta de armado de zapata, CUM**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Revit 2019.

2.2.7.7. Resumen de armado de elementos

A continuación, se tiene un resumen de las dimensiones y armados de los elementos estructurales de la edificación.

Tabla CVII. **Resumen de armado de elementos estructurales, CUM**

LOSAS	TECHO		ENTREPISO	
t =	12 cm		12 cm	
Sx (-) =	@20 cm	No. 3	@20 cm	No. 3
Sx (+)=	@20 cm	No. 3	@20 cm	No. 3
Sy (-) =	@20 cm	No. 3	@15 cm	No. 3
Sy (+)=	@20 cm	No. 3	@20 cm	No. 3
VIGAS	NIVEL 2		NIVEL 1	
b=	25 cm		25 cm	
h=	55 cm		55 cm	
Acero longitudinal				
CARA	CANT.	No.	CANT.	No.
Izq. (-)=	3	No. 6	3	No. 5
Izq. (+)=	2	No. 6	2	No. 5
Centro (-)=	3	No. 6	2	No. 5
Centro (+)=	3	No. 6	2	No. 5
Derecha (-)=	3	No. 6	3	No. 5
Derecha (+)=	2	No. 6	2	No. 5
Acero Transversal				
ZONA	No.	S	No.	S
Primer est. =	#3	@5 cm	#3	@5 cm
Zona confinada (1.70 m) =	#3	@10 cm	#3	@10 cm
Zona no conf. (1.60 m) =	#3	@20 cm	#3	@20 cm
COLUMNAS	NIVEL 2		NIVEL 1	
b=	40 cm		40 cm	
h=	40 cm		40 cm	
Acero longitudinal				
ZONA	No.	Cantidad	No.	Cantidad
As ₁ (Esquinas)=	#6	4	#6	4
As ₂ (Centros)=	#4	4	#4	4
Acero Transversal				
ZONA	No.	S	No.	S
Primer est. =	#3	@4 cm	#3	@4 cm

Continuación de tabla CVII.

Zona confinada (0.50 m)=	#3	@8 cm	#3	@8 cm
Zona no conf. (2.00 m)=	#3	@10 cm	#3	@10 cm
CIMENTOS				
L =	2 m	B =	2 m	
t =	46 cm			
Sx =	No. 5	@10 cm		
Sy =	No. 4	@10 cm		
S _{temp} =	No. 4	@10 cm		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2.8. Instalaciones

Las edificaciones deben de contar con servicios básicos para su funcionamiento, servicios como agua potable, electricidad, drenajes, entre otros.

2.2.8.1. Agua potable

El sistema de agua potable está formado por tubería PVC que cumple con la norma ASTM D 2241. El circuito está compuesto generalmente de diámetro ¾" de 125 PSI, los artefactos están conectados con ½".

Para realizar los cálculos se utilizó el Método Hunter que asigna a cada aparato sanitario un número de unidades de gasto.

Utilizando los datos de las tablas LI, LII y LIII, se realizan los cálculos para esta edificación.

Criterios para diseño:

Dotación: 500 L/ cama

Tabla CVIII. **Gastos para aparatos sanitarios de CUM.**

APARATO	Nivel 1 - Subramales					
	1	2	3	4	5	6
Inodoros con depósito	2	6	4	3	4	3
Orinal con fluxómetro	0	3	2	0	2	2
Lavamanos	5	8	8	11	9	4
Lavadora	8	0	0	0	0	0
Ducha	0	0	0	1	0	0
Chorro	0	0	1	0	0	6

APARATO	Nivel 2 - Subramales				
	L1	L2	L3	L4	L5
Inodoros con depósito	6	0	4	4	8
Orinal con fluxómetro	2	1	0	2	0
Lavamanos	8	4	10	6	10
Lavadora	0	0	0	0	0
Ducha	2	0	2	0	8
Chorro	0	0	0	0	0

APARATO	TOTAL	UH	TOTAL UH
Inodoros con depósito	44	5	220
Orinal con fluxómetro	14	10	140
Lavamanos	83	2	166
Lavadora	8	2	16
Ducha	13	4	52
Chorro	7	2	14
			608

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

De acuerdo con la tabla LII, el caudal, es de 5,34 L/s.

Factor de uso:

Para 17 sanitarios = 37 %

Caudal corregido:

$$V_{municipal} = 2 \text{ m/s}$$

$$Q = 5,34(0,37) = 1,98 \frac{L}{s} \rightarrow 0,00198 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00198}{2} = 0,00099m^2 \rightarrow 9,88cm^2 \rightarrow 1,53pulg^2$$

$$\emptyset = 2,79 \text{ pulgadas} \rightarrow 3 \text{ pulgadas}$$

2.2.8.2. Energía eléctrica

El sistema será monofásico de 120 V, está compuesto por 83 circuitos, 44 para iluminación y 39 para fuerza.

Para la iluminación se utilizarán lámparas led de tipo industrial de 2x18 Watts. Los tomacorrientes son dobles de 110 V a una altura general de 0,30 m del suelo.

Cálculo de amperaje por circuito:

$$I = \frac{P}{V}$$

Dónde:

I = corriente, medido en amperios.

P = potencia, medido en watts.

V = voltaje, medido en voltios.

$$I = \frac{900}{120} = 7,50 \text{ A}$$

Usando un factor de seguridad de 1,25, se tiene:

$$I = 7,50(1,25) = 9,38 \text{ A}$$

Tabla CIX. **Cálculo de potencia en circuito de iluminación, CUM**

Iluminación					
Circuito	Unidades	Consumo (W)	Consumo total (W)	Corriente (A)	F.S.
1	25	36	900	7,50	9,38

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para los circuitos de iluminación se utilizará cable 12 AWG, TW. Y flipones de 20 amperios.

Para el cálculo de los circuitos de fuerza, se analizará el circuito 11.

Tabla CX. **Cálculo de potencia en circuito de fuerza, CUM**

Fuerza					
Circuito	Unidades	Consumo (W)	Consumo total (W)	Corriente (A)	F.S.
45	9	300	2700	22,50	28,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

$$I = \frac{2700}{120} = 22,50 \text{ A}$$

Usando un factor de seguridad de 1,25, se tiene:

$$I = 22,50(1,25) = 28,13 \text{ A}$$

Para los circuitos de fuerza se utilizará cable 10 AWG, TW. Y flipones de 50 amperios.

Se utilizarán 3 tableros de control de 12 flipones.

2.2.8.3. Drenajes

- Drenaje sanitario

La instalación de drenajes deberá quedar enterrada a una profundidad mínima de 0,40 m, por debajo de la instalación de agua potable. Las zanjas deberán ser rellenadas con una capa de material selecto compactado.

Tabla CXI. Unidades de mueble para CUM

APARATO	Nivel 1 - Subramal						Nivel 2 - Subramal					TOTAL	UH	TOTAL UH
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Inodoros con depósito	2	6	4	3	4	3	6	0	4	4	8	22	5	110
Orinal con fluxómetro	0	3	2	0	2	2	2	1	0	2	0	9	10	90
Lavamanos	5	8	8	11	9	4	8	4	10	6	10	45	2	90
Lavadora	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	16
Ducha	0	0	0	1	0	0	2	0	2	0	8	1	4	4
Chorro	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	7	2	14
														324

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Caudal:

$$V_{permitida} = 1 \text{ m/s}$$

$$Q = 5,34 \frac{L}{s} \rightarrow 0,00053 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00053}{2} = 0,00213m^2 \rightarrow 21,36cm^2 \rightarrow 3,31pulg^2$$

$$\emptyset = 4,10 \text{ pulgadas} \rightarrow 4 \text{ pulgadas}$$

- Drenaje pluvial

El área del edificio más grande es de 729 metros cuadrados de área y se instalarán 3 bajadas de agua pluvial, lo que da como resultado 243 metros cuadrados por bajada.

Ecuación a utilizar para la intensidad de lluvia, tomando un tiempo de frecuencia de 10 años:

$$I = \frac{4604,5}{t+24,2} = \frac{4203,7}{5+23,2} = 149,07 \text{ mm/h}$$

- Determinación del caudal:

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{(0,75)(149,07)(0,024)}{360} = 0,008 \text{ m}^3/s$$

- Determinación del diámetro:

$$D = \left(\frac{691\,000(0,008)(0,009)}{\left(\frac{1}{100}\right)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 10,04 \text{ cm} \rightarrow 3,95 \text{ pulg} \rightarrow 4 \text{ pulg.}$$

2.2.8.4. Instalaciones especiales

No se cuentan con instalaciones especiales en el proyecto.

2.2.9. Elaboración de planos

Los planos del presente informe son:

- Planta de conjunto
- Planta acotada
- Planta de acabados.
- Ventanas y puertas.
- Secciones y elevaciones.
- Planta de cimientos y columnas.
- Planta de vigas y losas.
- Planta de secciones y ejes.
- Planta de drenajes.
- Planta de agua potable
- Planta eléctrica de fuerza.
- Planta eléctrica de iluminación

2.2.10. Elaboración de presupuesto

A continuación, se presenta el resumen de los costos para la elaboración de las edificaciones de la escuela de varones en Gualán, Zacapa.

Tabla CXII. **Presupuesto del Centro de Urgencias Médicas de Gualán, Zacapa**

NO.	RENLÓN	CANT.	U	P.U.	TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	Limpieza general	5 248,80	m ²	Q4,36	Q22 884,75
1.2	Replanto topográfico (Trazo y estaqueado)	3 645,00	m ²	Q8,60	Q31 338,77
2	OBRA GRIS				
2.1	Cimientos				
2.1.1	Excavación	952,56	m ³	Q81,24	Q77 387,20
2.1.2	Relleno compactado	952,56	m ³	Q171,73	Q163 587,31
2.1.3	Cimiento corrido CC-1 (0,60x0,40 m)	810,00	ml	Q600,22	Q486 175,25
2.1.4	Zapatas Z-1 (2,00x2,00x0,46)	180,00	Unidad	Q5 225,92	Q940 665,59
2.2	Columnas				
2.2.1	Columnas C-1 (0,40x0,40 m)	1 080,00	ml	Q879,40	Q949 752,20
2.3	Vigas				
2.3.1	Viga V-1 (0,25x0,55 m)	3 240,00	ml	Q677,74	Q2 195 870,87
2.4	Losas				
2.4.1	Losa tradicional de techo (0,12 m)	3 645,00	m ²	Q998,76	Q3 640 491,82
2.4.2	Losa tradicional de entrepiso (0,12 m)	3 645,00	m ²	Q998,76	Q3 640 491,82
2.4.3	Losa tradicional de construcción complementaria (0,10 m)	0,00	m ²	Q998,76	Q0,00
2.5	Contrapiso				
2.5.1	Fundición de contra piso (0,10 m)	3 645,00	m ²	Q245,31	Q894 146,30

Continuación de tabla CXII.

2.6	Muros tabique				
2.6.1	Emplantillado de block (0,14x0,19x0,39 m - 25 Kg/m ²)	810,00	ml	Q91,64	Q74 228,53
2.6.2	Levantado de block (0,14x0,19x0,39 m - 25 Kg/m ²)	4 860,00	m ²	Q91,64	Q445 371,20
2.6.3	Solera hidrófuga (0,15 x 0,20 m)	810,00	ml	Q157,77	Q127 792,88
2.6.4	Solera tipo dintel (0,10 x 0,15 m)	810,00	ml	Q125,59	Q101 729,13
2.6.5	Solera intermedia (0,15 x 0,20 m)	810,00	ml	Q123,48	Q100 021,31
2.6.6	Solera final (0,15 x 0,20 m)	810,00	ml	Q157,77	Q127 792,88
2.6.7	Mocheta C-5 (0,15x0,15 m)	972,00	ml	Q173,42	Q168 561,03
2.6.8	Mocheta C-6 (0,15x0,10 m)	1 944,00	ml	Q142,35	Q276 726,33
2.7	Módulo de gradas				
2.7.1	Fundición de losa de gradas	50,00	m ²	Q605,00	Q30 250,00
3	INSTALACIONES				
3.1	Drenajes				
3.1.1	Instalación de drenaje sanitario	1,00	Global	Q37 132,25	Q37 132,25
3.1.2	Instalación de drenaje pluvial	1,00	Global	Q19 251,69	Q19 251,69
3.2	Agua potable				
3.2.1	Instalación de acometida	1,00	Global	Q4 000,00	Q4 000,00
3.2.2	Instalación de artefactos	1,00	Global	Q30 991,50	Q30 991,50
3.2.3	Instalación de tubería	1,00	Global	Q47 192,09	Q47 192,09
3.3	Instalaciones eléctricas				
3.3.1	Instalación de acometida	1,00	Global	Q2 500,00	Q2 500,00

Continuación de tabla CXII.

3.3.2	Instalación eléctrica de iluminación	1,00	Global	Q239 774,90	Q239 774,90
3.3.3	Instalación eléctrica de fuerza	1,00	Global	Q83 050,54	Q83 050,54
4	ACABADOS				
4.1	Acabados en muros				
4.1.2	Repello + cernido	9 720,00	m ²	Q44,31	Q430 674,67
4.1.3	Blanqueado de muros	9 720,00	m ²	Q49,45	Q480 661,48
4.1.4	Pintura de muros	9 720,00	m ²	Q17,45	Q169 573,06
4.2	Acabado de elementos estructurales				
4.2.1	Blanqueado de techo	7 290,00	m ²	Q49,45	Q360 496,11
4.2.2	Blanqueado de vigas	3 402,00	m ²	Q41,80	Q142 187,75
4.2.3	Blanqueado de columnas	1 728,00	m ²	Q41,80	Q72 222,35
4.3	Jardines banquetas y caminamientos				
4.3.1	Fundición de banquetas	145,80	m ²	Q204,49	Q29 814,97
4.3.2	Adoquinado para caminamientos	560,00	m ²	Q276,94	Q155 087,33
4.3.3	Jardinización	1 500,00	m ²	Q6,48	Q9 725,27
4.4	Pisos y azulejos				
4.4.1	Instalación de piso cerámico (0.33x0.33 m)	3 645,00	m ²	Q202,56	Q738 315,37
4.4.2	Instalación de azulejo a 1,20 m de altura	500,00	m ²	Q202,56	Q101 277,83
4.5	Accesorios para sanitarios de discapacitados				
4.5.1	Juego de barras para sanitarios	8,00	Unidad	Q2 500,00	Q20,000,00

Q17 669 194,33

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2.11. Elaboración de impacto ambiental inicial

El estudio de impacto ambiental es una herramienta que agrupa un conjunto de procedimientos que son capaces de garantizar un examen sistemático de los aspectos ambientales de un proyecto. Los resultados de esta evaluación son críticos para la determinación de la viabilidad del proyecto, así como para tomar medidas de mitigación y protección ambiental.²⁰

Los temas para tomar en cuenta para el desarrollo de dicha evaluación se mencionan a continuación:

Descripción general del proyecto: Síntesis del general del proyecto, ubicación geográfica y área de influencia del proyecto, ubicación político-administrativa, justificación técnica del proyecto, área estimada del proyecto, actividades a realizar en cada fase de desarrollo del proyecto y tiempos de ejecución, servicios básicos, materia prima y materiales a utilizar, manejo y disposición final de desechos, concordancia con el plan de uso de suelo.

Descripción del marco legal: Describir la normativa legal que fue considerada en el desarrollo del proyecto o que se aplica según la actividad de que se trate y necesaria para el aprovechamiento de los recursos naturales.

Monto global de la inversión: Exponer el monto de las erogaciones por compra de terrenos, construcción de instalaciones, caminos de acceso, obras de electrificación, agua potable y con fines industriales, compra de maquinaria y equipo, personal calificado y no calificado. Se debe indicar la vida útil del proyecto.

²⁰ MARN, Gobierno de Guatemala. *Estudios de evaluación de Impacto Ambiental*. https://www.marn.gob.gt/paginas/Ventanilla_nica. Consulta: 01 de marzo de 2019

Descripción del ambiente físico: Geología, geomorfología, suelos, clima, hidrología, calidad del aire, amenazas naturales, entre otros.

Descripción del ambiente biótico: Flora, fauna, áreas protegidas y ecosistemas frágiles.

Descripción del ambiente socioeconómico y cultural: Características de la población, seguridad vial y circulación vehicular, servicios de emergencia, servicios básicos, percepción local sobre el proyecto, infraestructura comunal, desplazamiento y movilización de comunidades, descripción del ambiente cultural, paisaje, áreas socialmente sensibles y vulnerables.

Selección de alternativas: alternativas consideradas y alternativa seleccionada.

Identificación de impactos ambientales y determinación de medidas de mitigación: Identificación y valoración de impactos ambientales, análisis de impactos, evaluación de impacto social, síntesis de la evaluación de impactos ambientales.

Plan de gestión ambiental (PGA): Organización del proyecto y ejecutor de las medidas de mitigación, seguimiento y vigilancia ambiental, plan de recuperación ambiental para la fase de abandono o cierre.

Análisis de riesgo y planes de contingencia: Elaborar un análisis de las probabilidades de exceder las consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular. Indicar vulnerabilidad de los elementos expuestos y el riesgo que puede ser provocado por el hombre, o la naturaleza.

Escenario ambiental modificado por el desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad: Pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia; síntesis de compromisos ambientales, medidas de mitigación y contingencia; política ambiental del proyecto.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura, se determinó, dentro del periodo de EPS realizado, que los proyectos necesarios para la comunidad de Gualán era la planificación para la posterior construcción de la Escuela para varones de la cabecera municipal y el Centro de Urgencias Médicas.
2. La construcción de la escuela para varones contribuirá al desarrollo académico de la población infantil del municipio, propiciando un desarrollo económico, posteriormente.
3. La construcción del Centro de Urgencias Médicas contribuirá a la calidad de la atención y servicios médicos de la población, pudiendo atender emergencias del municipio y municipios vecinos de manera inmediata.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Gualán, Zacapa:

1. Realizar las gestiones necesarias con el Ministerio de Educación para la implementación de más profesores/as para cubrir con la demanda académica del municipio.
2. Realizar las gestiones necesarias con el Ministerio de Salud para poder abastecer de manera adecuada el Centro de Urgencias Médicas, con todos los equipos, suministros y personal médico necesario para su funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute (ACI). *Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reforzado*. EE. UU: Comité ACI-ASCE 352, 2010. 60 p.
2. _____. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)*. EE. UU: Comité ACI 318, 2014. 587 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
4. BARRIOS CORONADO, Jaime A. *El método Kani en el análisis de estructuras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1974. 143 p.
5. BRAJA, Das M. *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. 7a ed. Ciudad de México: Cengage Learning, 2012. 794 p.
6. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Manual de uso para la norma de reducción de desastres Número 2*. Guatemala : Studio Domus, 2019. 46 p.
7. _____. Normas para la Reducción de Desastres [en línea]. <<https://conred.gob.gt/nrd/>>. [Consulta: 20 de junio de 2019].

8. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Gobierno de Guatemala. *Estudios de evaluación de Impacto Ambiental*. [en línea]. <https://www.marn.gob.gt/paginas/Instrumentos_de_Evaluacion_Ambiental> [Consulta: 01 de marzo de 2019].
9. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12 ed. Santa Fé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A., 1999. 722 p.
10. PARKER, Harry. *Diseño simplificado de concreto reforzado*. 1a ed. México: Limusa, S.A., 1982. 317 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos de Escuela de varones**

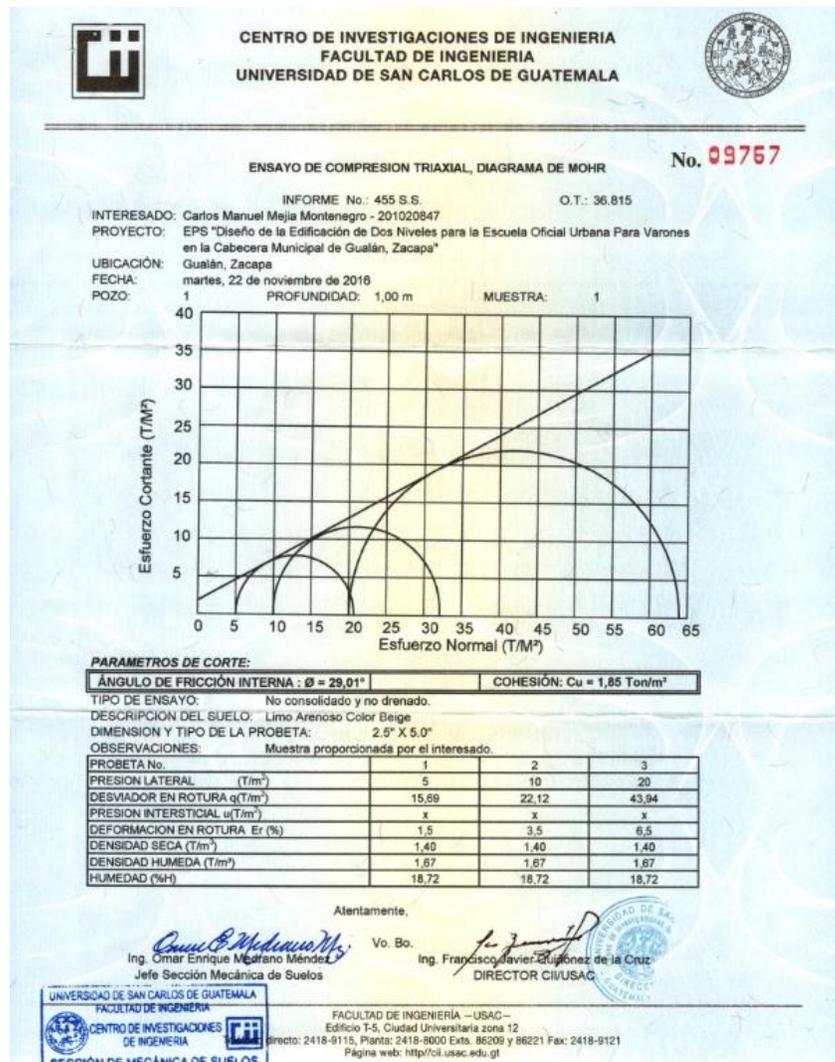
Fuente: elaboración propia, mediante Autodesk Revit 2019.

Apéndice 2. **Planos de Centro de Urgencias Médicas**

Fuente: elaboración propia, mediante Autodesk Revit 2019.

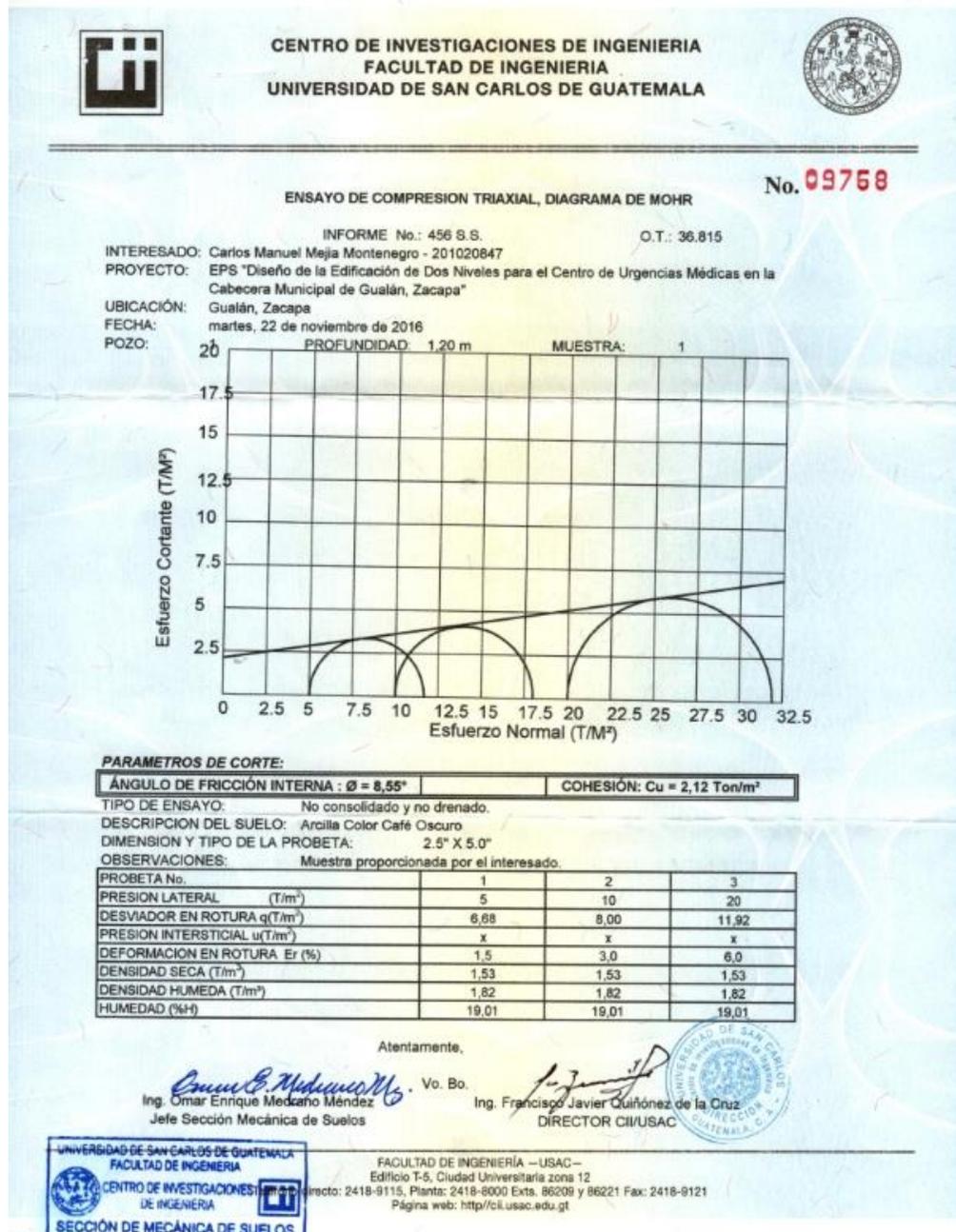
ANEXOS

Anexo 1. Resultados de ensayo de compresión triaxial para Escuela de varones

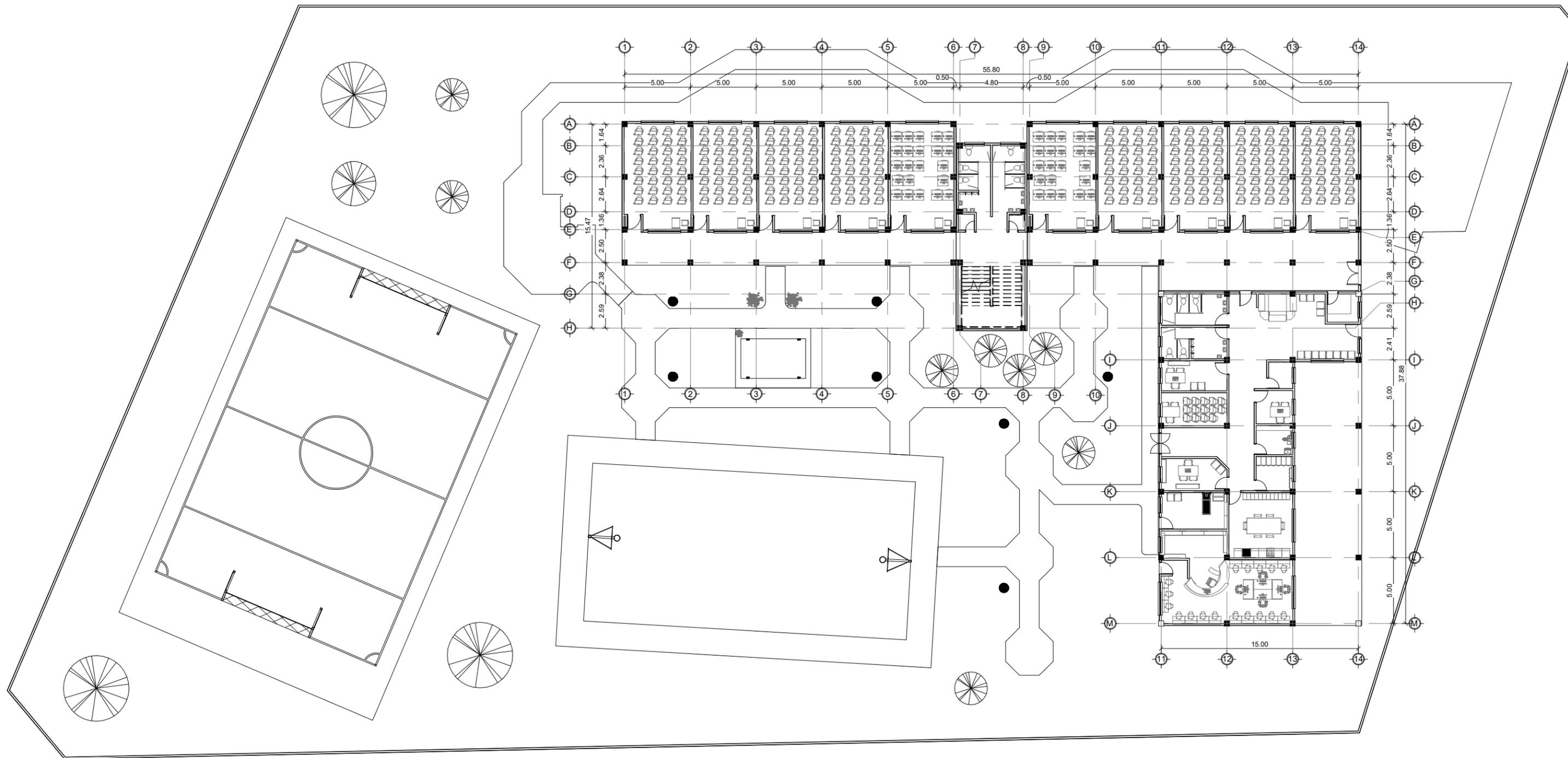


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo 2. Resultados de ensayo de compresión triaxial para CUM



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



1
PLANTA DE CONJUNTO -
NIVEL 1
 1 : 300



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
 ESCUELA DE VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019		
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 300

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA DE CONJUNTO - NIVEL 1

E01



1 PLANTA DE CONJUNTO -
NIVEL 2
1 : 150



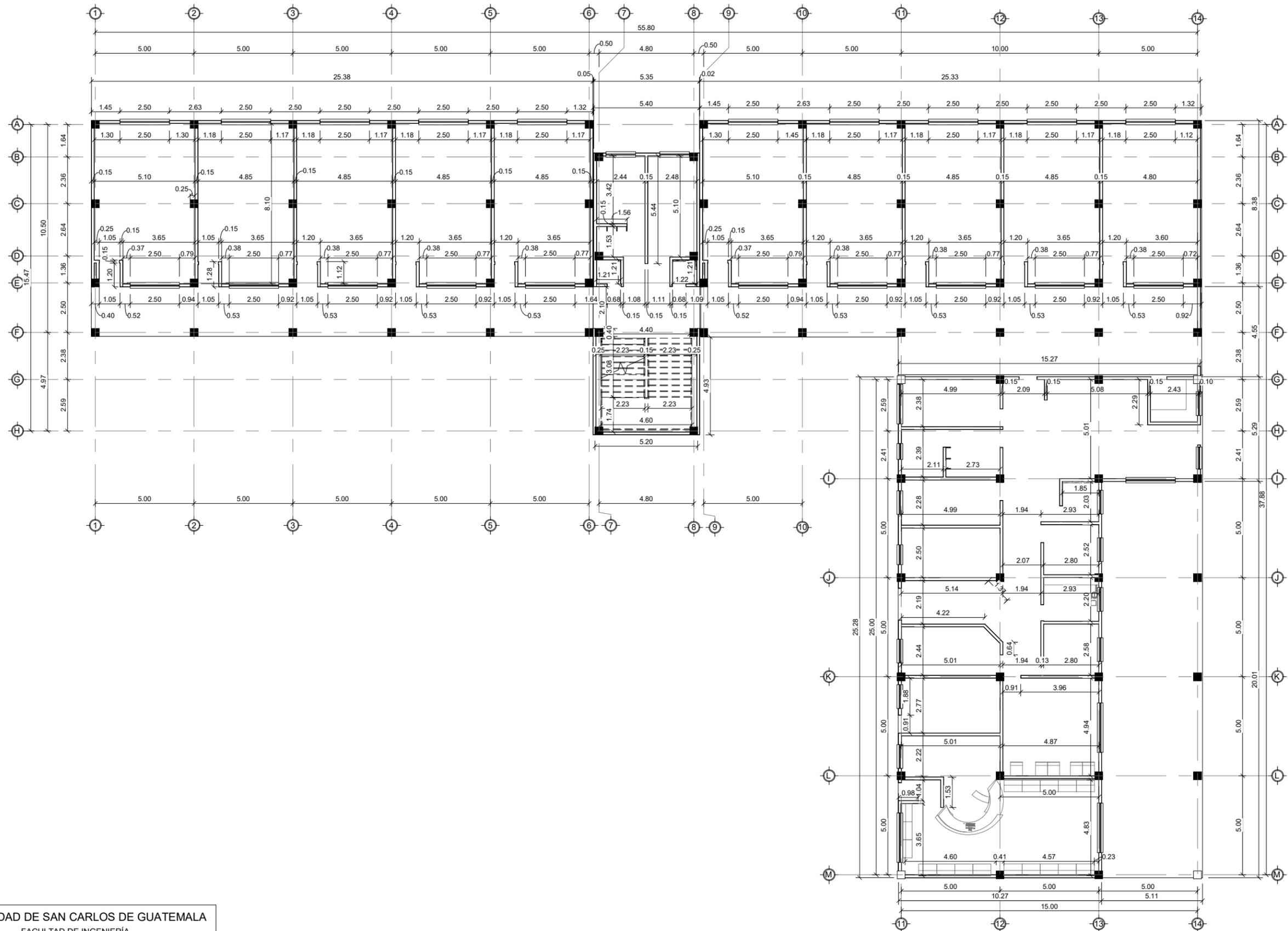
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
ESCUELA DE VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 150
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA DE CONJUNTO - NIVEL 2

E02



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
 ESCUELA DE VARONES

Fecha: SEPTIEMBRE 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

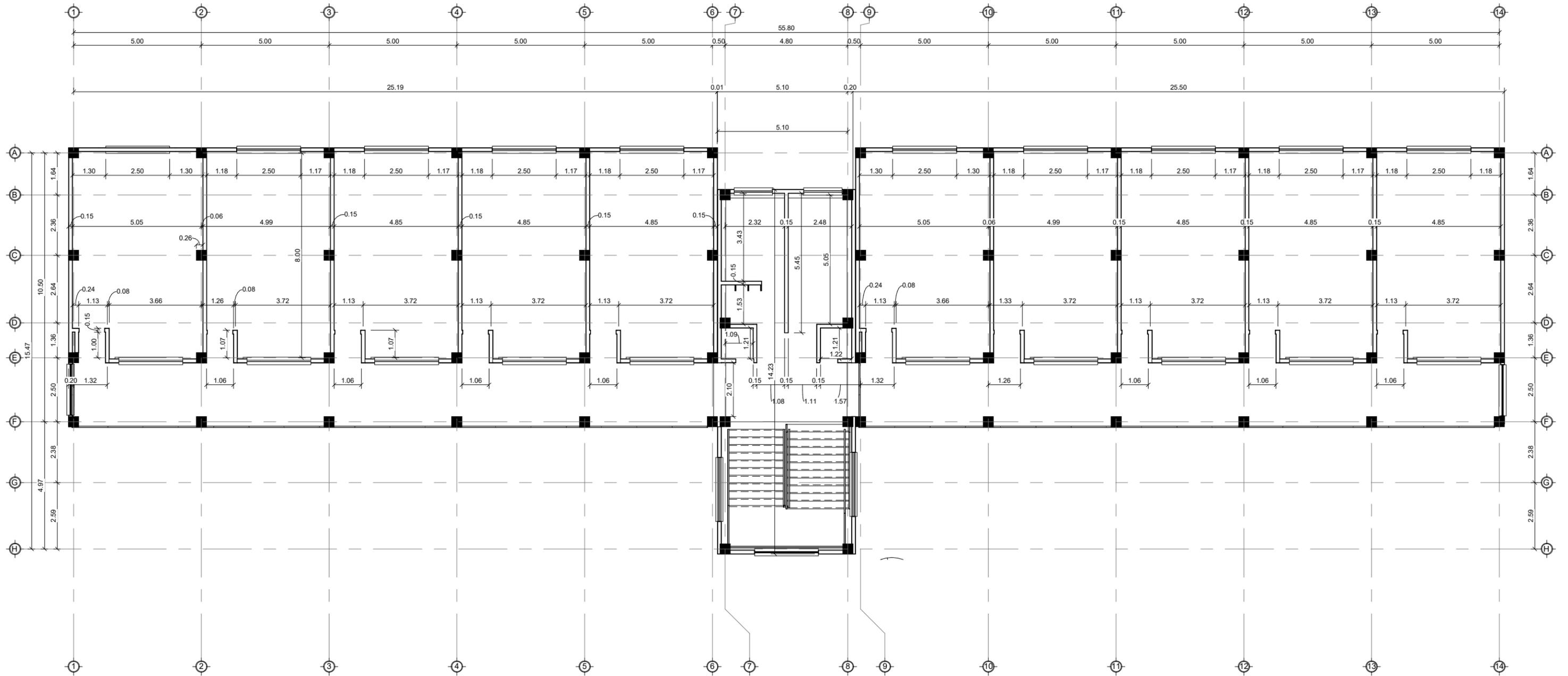
Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: 1 : 200

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA ACOTADA - NIVEL 1

E03



1 PLANTA ACOTADA -
NIVEL 2
1 : 150



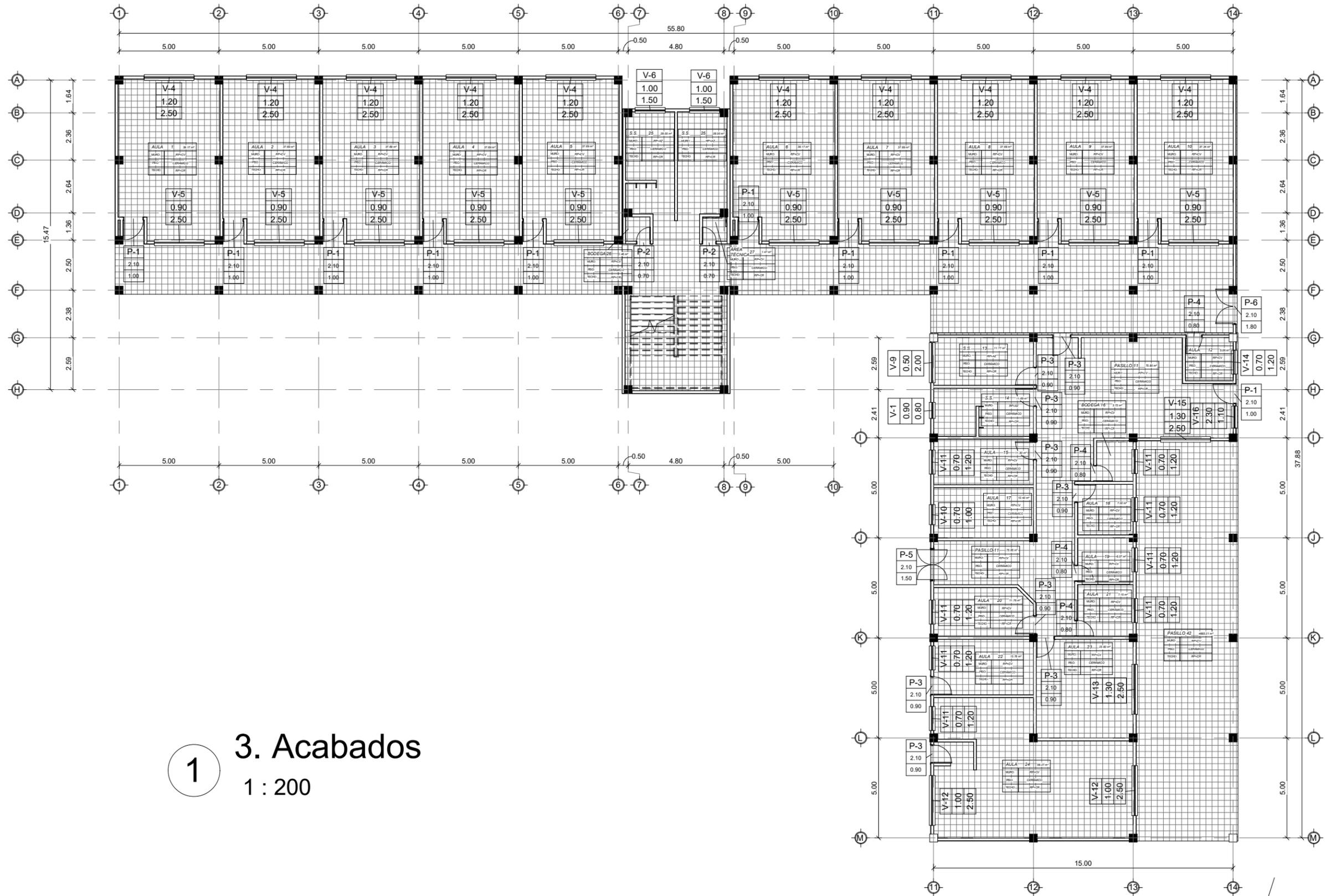
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
ESCUELA DE VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 150
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA ACOTADA - NIVEL 2

E04



1 3. Acabados
1 : 200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
ESCUELA DE VARONES

Fecha: SEPTIEMBRE 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

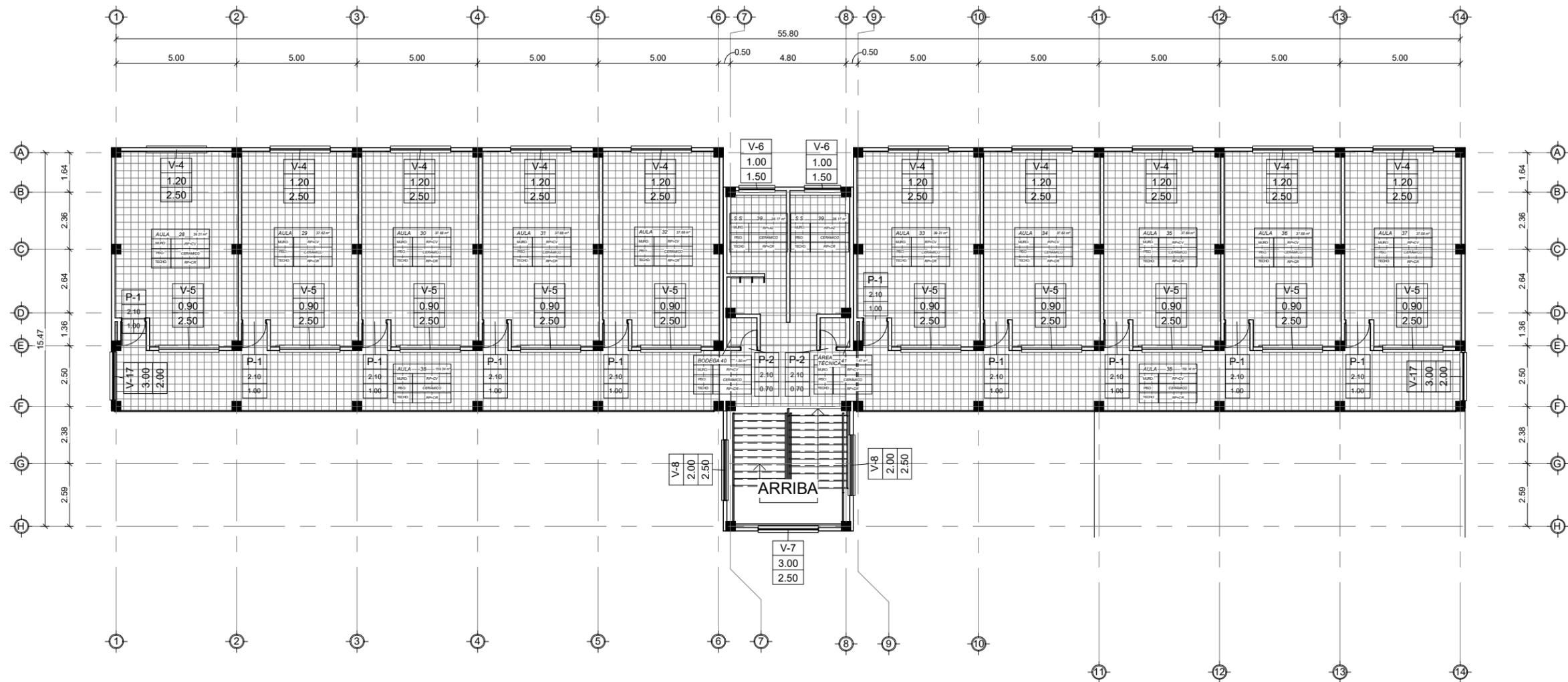
Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: 1 : 200

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA ACABADOS - NIVEL 1

E05



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
 ESCUELA DE VARONES

Fecha: SEPTIEMBRE 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

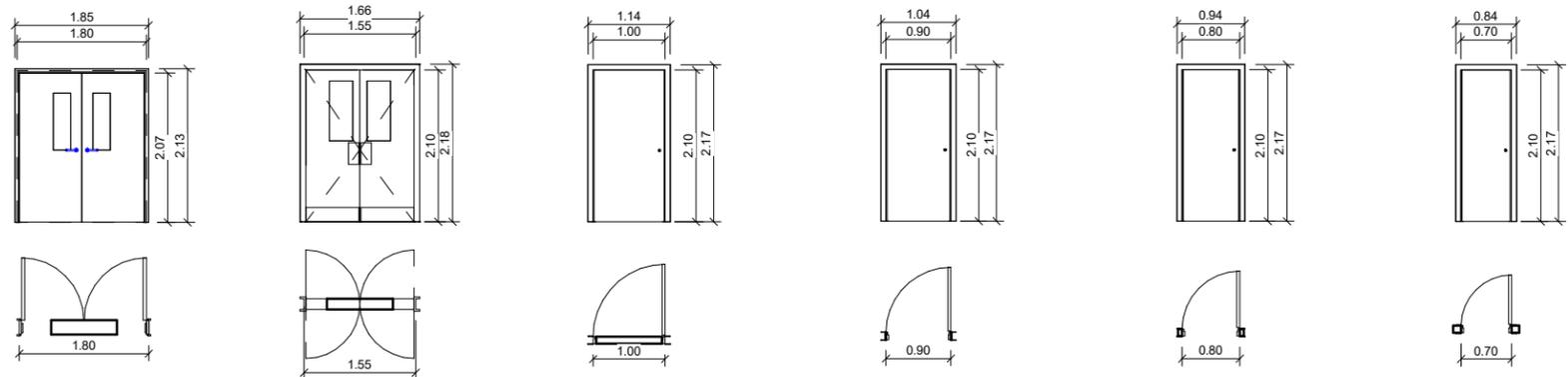
Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: 1 : 200

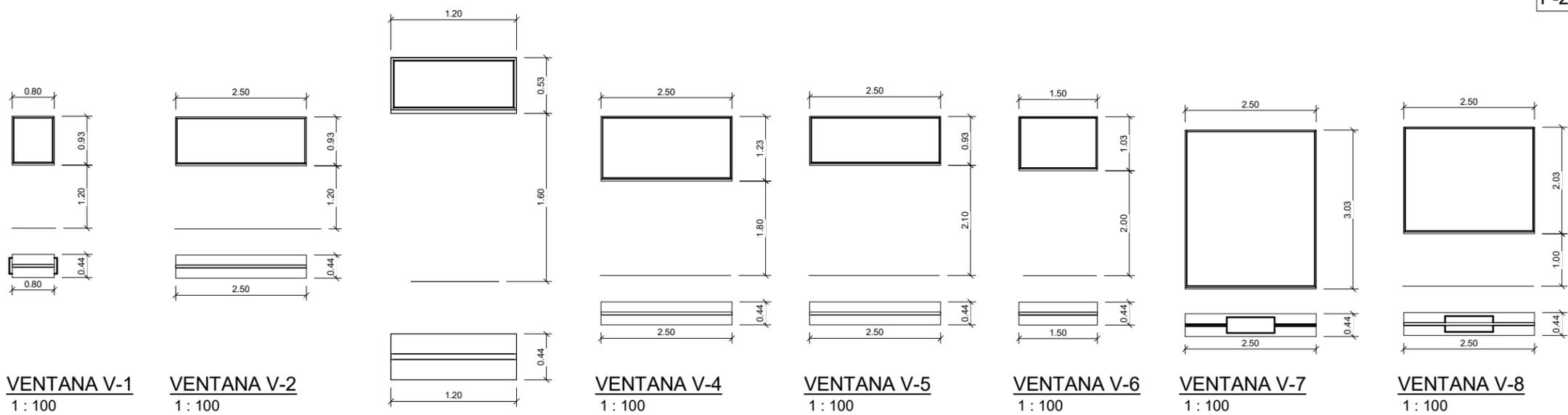
Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA ACABADOS - NIVEL 2

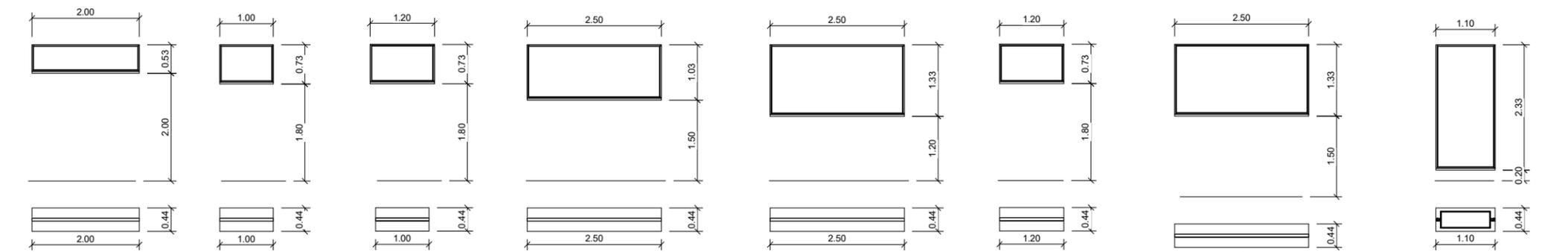
E06



PUERTA P-1 1 : 100 **PUERTA P-2** 1 : 100 **PUERTA P-3** 1 : 100 **PUERTA P-4** 1 : 100 **PUERTA P-5** 1 : 100 **PUERTA P-6** 1 : 100



VENTANA V-1 1 : 100 **VENTANA V-2** 1 : 100 **VENTANA V-3** 1 : 50 **VENTANA V-4** 1 : 100 **VENTANA V-5** 1 : 100 **VENTANA V-6** 1 : 100 **VENTANA V-7** 1 : 100 **VENTANA V-8** 1 : 100



VENTANA V-9 1 : 100 **VENTANA V-10** 1 : 100 **VENTANA V-11** 1 : 100 **VENTANA V-12** 1 : 100 **VENTANA V-13** 1 : 100 **VENTANA V-14** 1 : 100 **VENTANA V-15** 1 : 100 **VENTANA V-16** 1 : 100

Tabla de planificación de puertas.

Marca de tipo	Altura	Anchura	Acabado	Recuento
NIVEL 1				
P-1	2.10	1.00	Madera	11
P-2	2.10	0.70	Madera	2
P-3	2.10	0.90	Madera	9
P-4	2.10	0.80	Madera	4
P-5	2.10	1.50	Madera	1
P-6	2.10	1.80	Madera	1

NIVEL 2				
P-1	2.10	1.00	Madera	10
P-2	2.10	0.70	Madera	2

40

Ventanas.

Marca Tipo	Tipo	Recuento	Ancho 1	Alto
------------	------	----------	---------	------

NIVEL 1				
V-1	V-1 (0.80x0.90x1.20)	1	0.80	0.90
V-4	V-4 (2.50X1.20X1.80)	10	2.50	1.20
V-5	V-5 (2.50X2.10X0.90)	10	2.50	0.90
V-6	V-6 (1.50X1.00X2.00)	2	1.50	1.00
V-9	v-9 (2.00X0.50x2.00)	1	2.00	0.50
V-10	V-10 (1.00x0.70x1.80)	1	1.00	0.70
V-11	V-11 (1.20X0.70x1.80)	8	1.20	0.70
V-12	V-12 (2.50X1.00x1.50)	2	2.50	1.00
V-13	V-13 (2.50X1.30x1.20)	1	2.50	1.30
V-14	V-14 (1.20x0.70x1.80)	1	1.20	0.70
V-15	V-15 (2.50X1.30x1.20)	1	2.50	1.30
V-16	V-16 (1.10X2.30x0.20)	1	1.10	2.30

NIVEL 2				
V-4	V-4 (2.50X1.20X1.80)	10	2.50	1.20
V-5	V-5 (2.50X2.10X0.90)	10	2.50	0.90
V-6	V-6 (1.50X1.00X2.00)	2	1.50	1.00
V-7	V-7 (2.50X3.00x0.00)	1	2.50	3.00
V-8	V-8 (2.50X2.00x1.00)	2	2.50	2.00
V-17	V-17 (2.00X3.00x0.00)	2	2.00	3.00

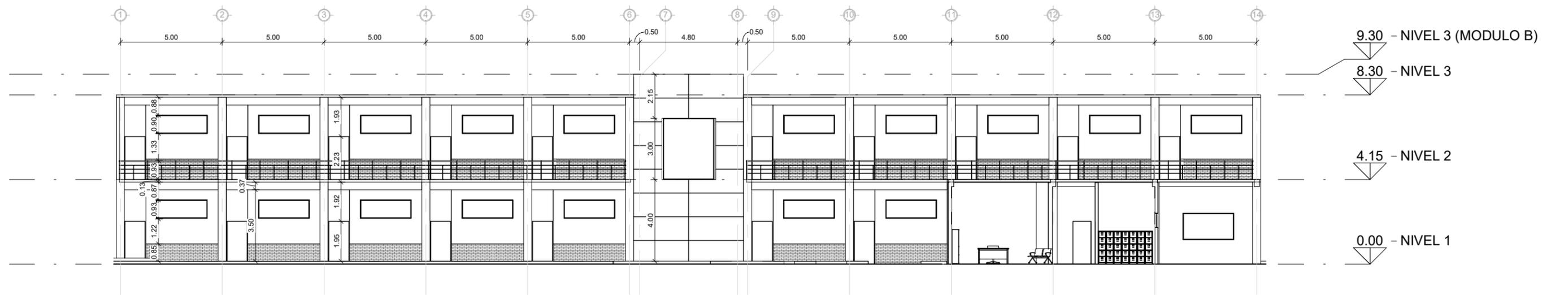
66



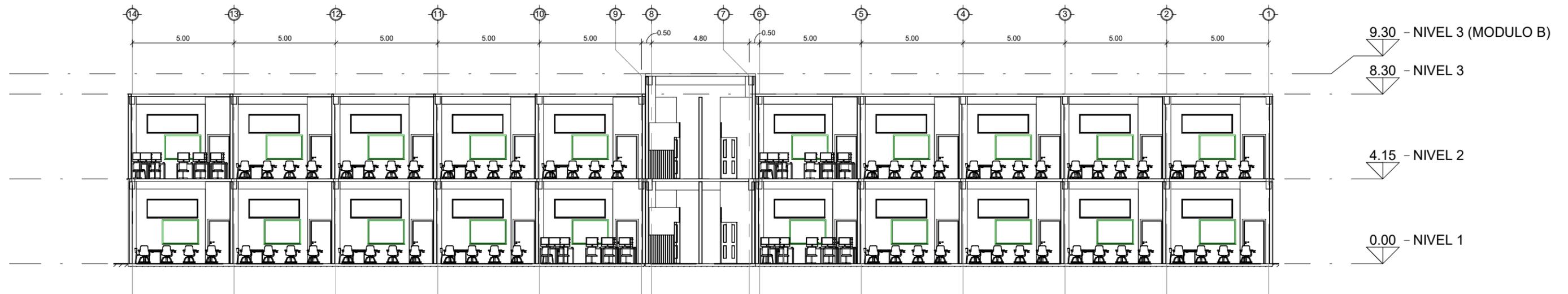
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
ESCUELA DE VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019		
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	Como se indica

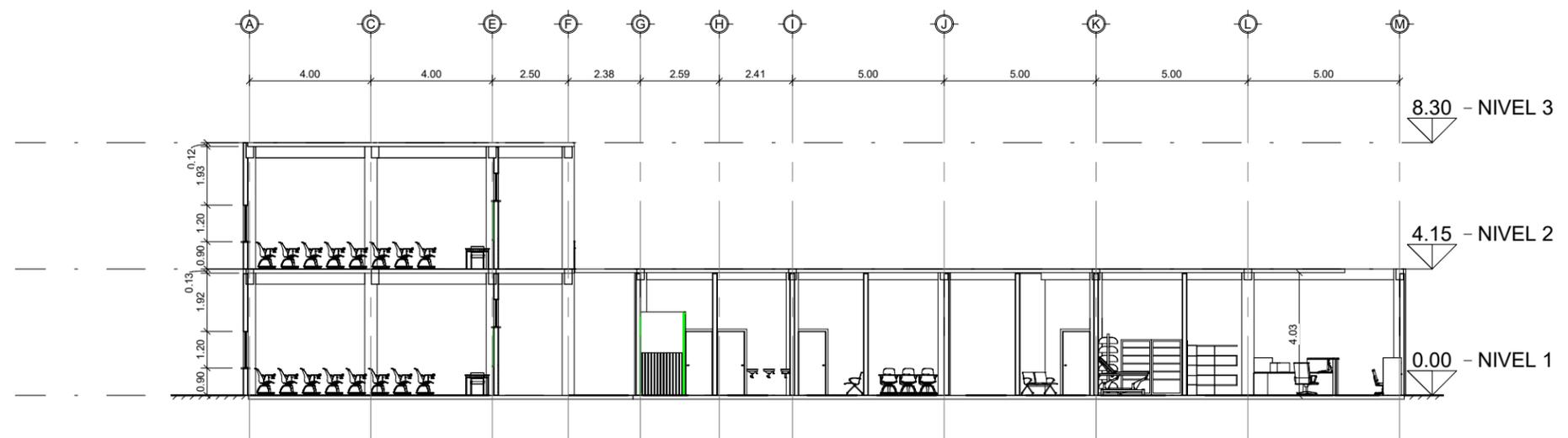
Vo Bo. Ing. Juan Merck



ALZADO SUR
1 : 200



SECCIÓN X-X'
1 : 200



SECCIÓN Y-Y'
1 : 200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BARRIO LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA
ESCUELA DE VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019		
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 200

Vo Bo. Ing. Juan Merck

ESPECIFICACIONES

CÓDIGOS USADOS:

- ACI 318-2,014.
- AGIES 2,010.

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS:

- CIMENTACIÓN: $f_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$.
- VIGAS Y LOSAS: $f_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$.
- COLUMNAS: $f_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$.
- MAMPOSTERÍA: $f_m = 50 \text{ Kg/cm}^2$.
- GROUT: $f_c = 120 \text{ Kg/cm}^2$.
- ACERO: $f_y = 4,210 \text{ Kg/cm}^2$.
- ACERO ESTRIBOS: $f_y = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$.

CARGAS DE DISEÑO Y PESOS ESPECÍFICOS GENERALES:

- SOBRECARGA: 90 kg/m^2 .
- MUROS: 75 kg/m^2 .
- ACABADOS: 24 kg/m^2 .
- PISOS: 91 kg/m^2 .
- CONCRETO: $2,400 \text{ kg/m}^3$.
- MAMPOSTERÍA: $1,600 \text{ kg/m}^3$.
- ACERO: $7,840 \text{ kg/m}^3$.
- SUELO: $1,640 \text{ kg/m}^2$.
- V.S: 35 Ton/m^2 .

NOTAS

RECUBRIMIENTOS:

- CIMIENTOS: 7.50 cm
- COLUMNAS: 4.00 cm
- SOLERAS Y MOCHETAS: 2.50 cm
- VIGAS: 4.00 cm
- LOSAS: 2.50 cm

AGREGADOS:

- CIMENTACIONES: 3/4"
- COLUMNAS: 1/2"
- VIGAS Y LOSAS: 3/8"
- GROUT: 1/4"

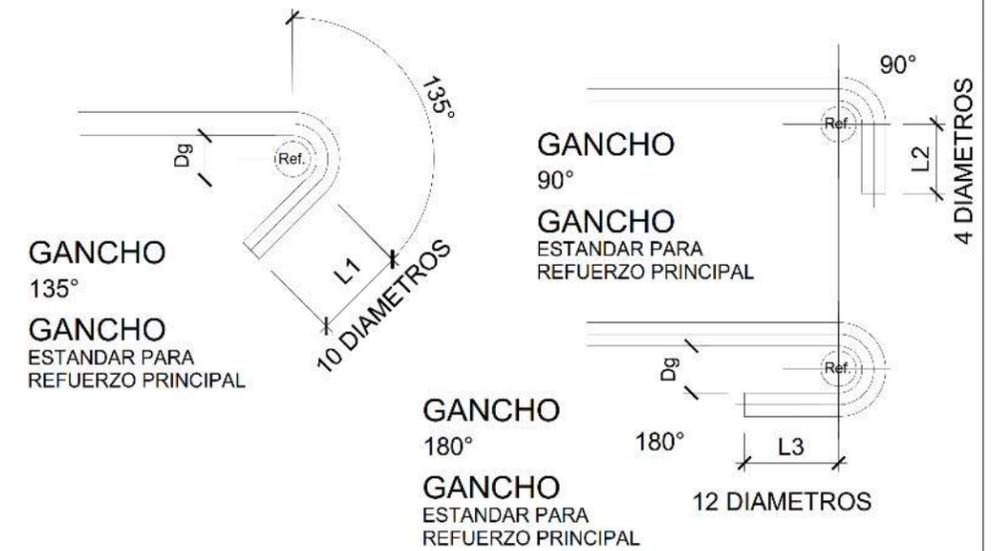
PRUEBAS MÍNIMAS DE LABORATORIO:

- CONCRETO: 1 ENSAYO CADA 30 m^3 .
1 SLUMP CADA $10 \text{ m}^3 - 4 \text{ ''}$.
- ACERO: 1 ENSAYO CADA 100 qq.
- MAMPOSTERÍA: 1 ENSAYO CADA 1,000 U.
- GROUT: CILINDRO CADA 10 m^3 .
1 SLUMP CADA $10 \text{ m}^3 - 8 \text{ ''}$.

NOTAS:

- NO SE TRASLAPARÁN MÁS DEL 50% DE LAS BARRAS EN UNA SECCIÓN DADA.
- LOS TRASLAPES DEBERÁN COLOCARSE EN EL TERCIO MEDIO DE LA ALTURA LIBRE DE LAS COLUMNAS.
- EL CONCRETO NO ES UN MATERIAL IMPERMEABLE, POR LO QUE ES NECESARIO UNA IMPERMEABILIZACIÓN FINAL.
- SOBRE LAS SUPERFICIES ESTRUCTURALES DE CONCRETO NO PUEDE COLOCARSE DIRECTAMENTE PISOS.
- EL CONCRETO ESTRUCTURAL SIEMPRE PRESENTA CIERTO GRADO DE FISURACIÓN, EL CUAL ESTÁ CONTEMPLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO REFORZADO.
- TODAS LAS LOSAS EXPUESTAS A LA INTEMPERIE DEBEN DE SER TRATADAS CON UN IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL.
- LAS LOSAS INTERIORES O EXTERIORES ALISADAS DEBERÁN SER HIDRATADAS CONSTANTEMENTE EN LA ESPERA DE SU ALISADO FINAL.
- VERIFICAR EL VALOR SOPORTE, PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN CON STP DINÁMICO.

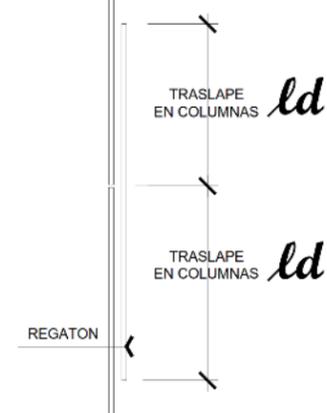
GANCHOS DE REFUERZOS				
No.	Dg.	L1	L2	L3
2	0.04	0.05	0.05	0.05
3	0.06	0.10	0.15	0.10
4	0.08	0.15	0.20	0.10
5	0.10	0.16	0.20	0.10
6	0.12	---	0.25	0.10
7	0.14	---	0.30	0.10
8	0.16	---	0.35	0.10
9	0.23	---	0.35	0.10
10	0.26	---	0.40	0.10
11	0.29	---	0.45	0.10



TRASLAPE EN COLUMNAS	
No.	LONGITUD
3	0.30
4	0.40
5	0.50
6	0.90
7	1.05
8	1.20
9	1.35



TRASLAPE EN VIGAS		
No.	INFERIOR	EXTERIOR
3	0.30	0.30
4	0.40	0.50
5	0.50	0.60
6	0.90	1.20
7	1.05	1.35
8	1.20	1.55
9	1.35	1.75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

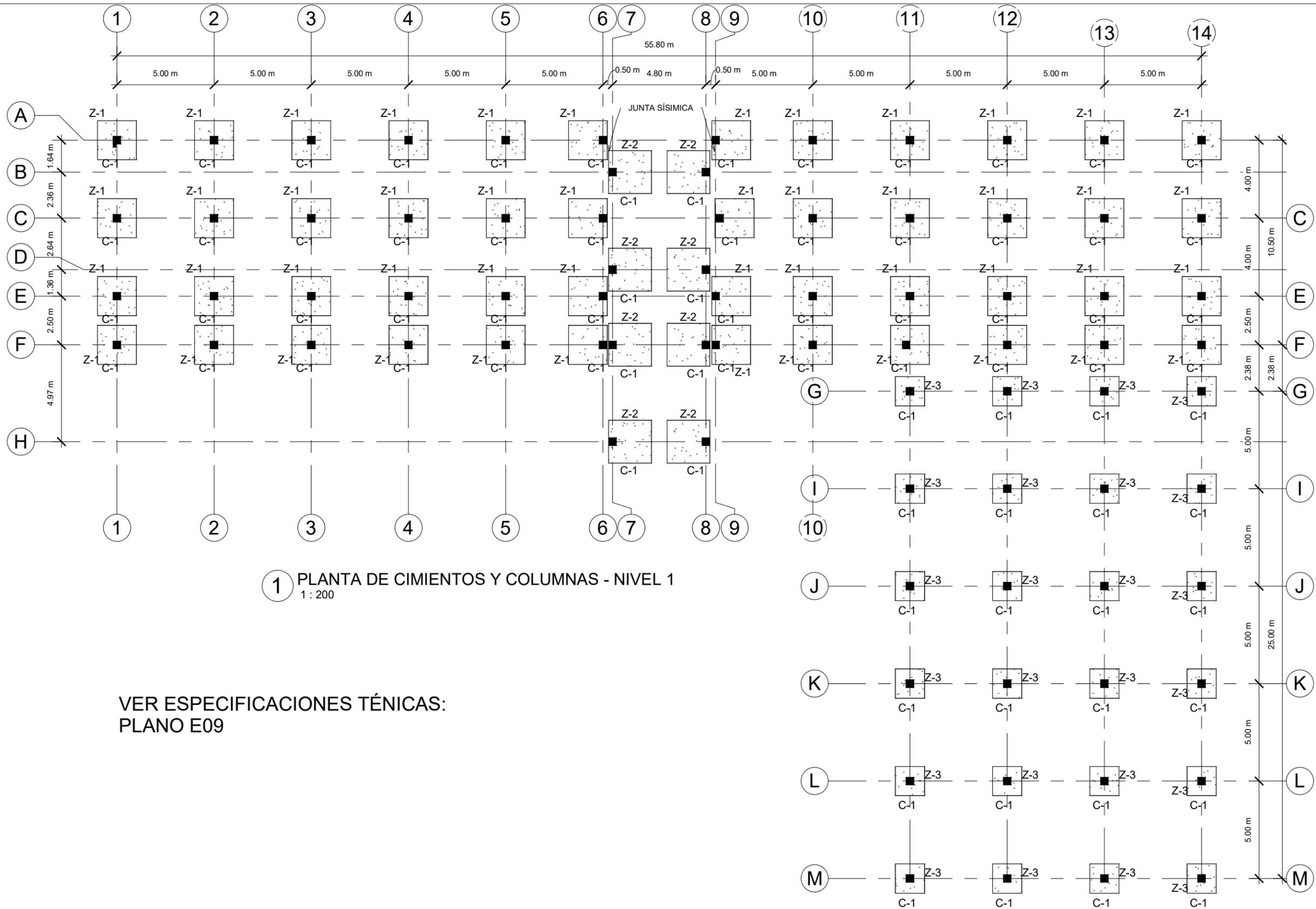
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
Calculado por: Autorizador
Dibujado por: Autor

Diseñado por: Diseñador
Escala:

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

E09



1 PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS - NIVEL 1
1 : 200

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

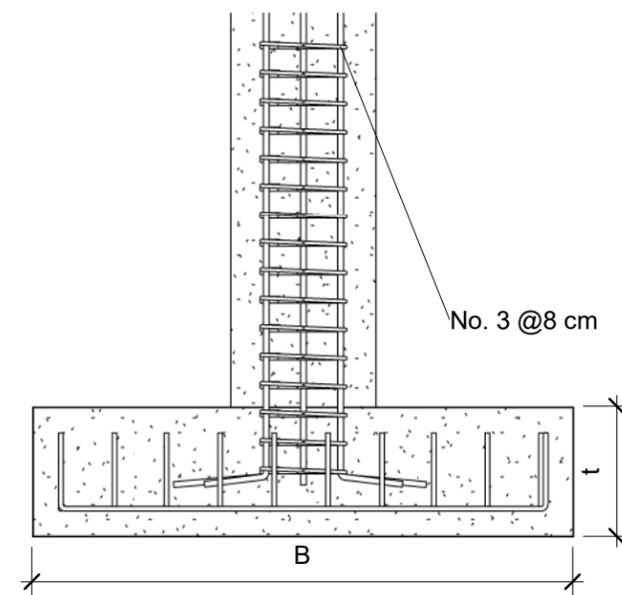
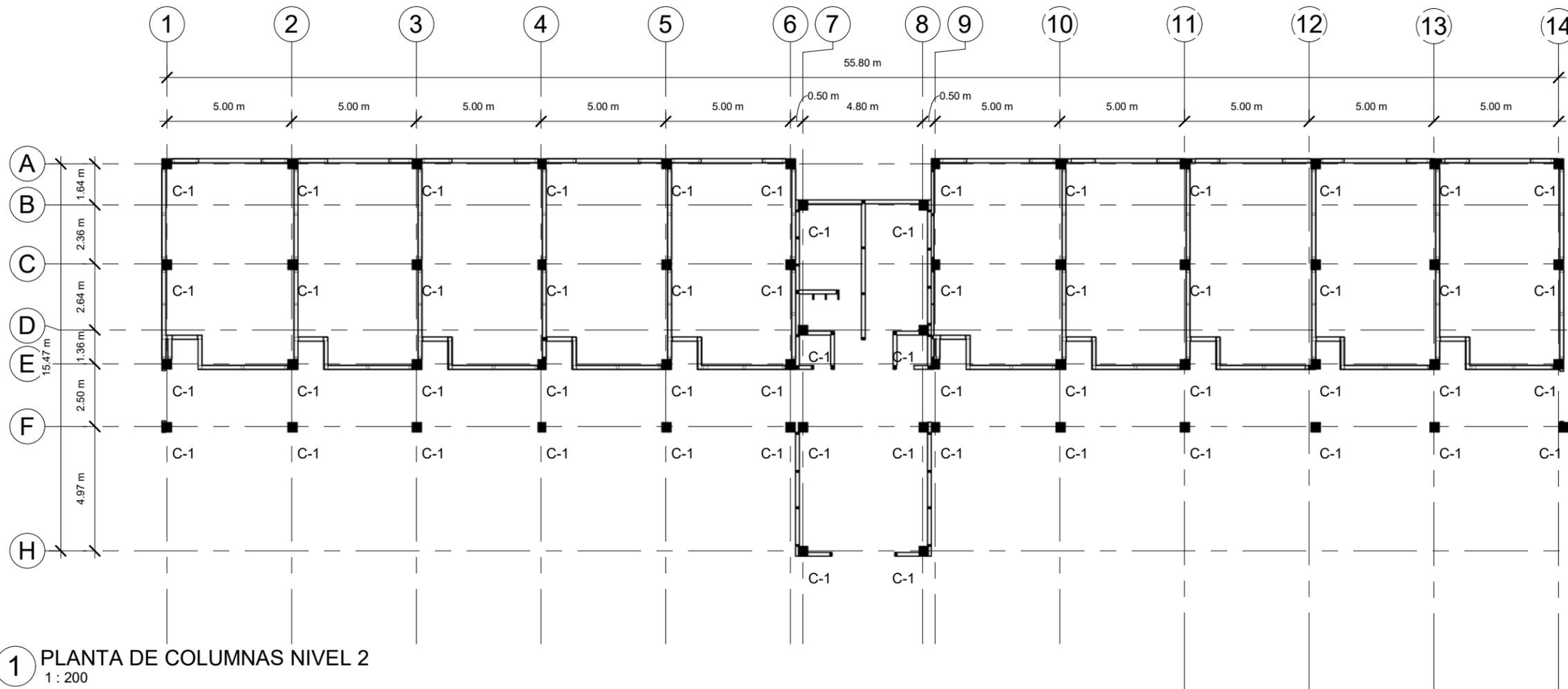
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
Calculado por: CARLOS MEJÍA
Dibujado por: CARLOS MEJÍA

Diseñado por: CARLOS MEJÍA
Escala: 1 : 200

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

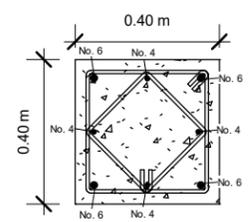
PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS - NIVEL 1

E10



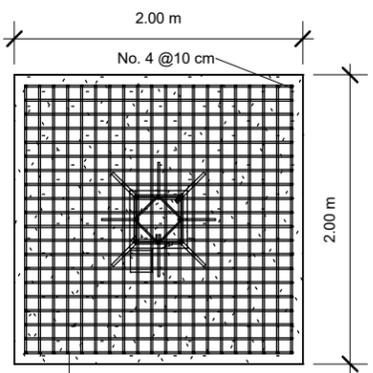
8 Sección zapata
1:20

1 PLANTA DE COLUMNAS NIVEL 2
1:200



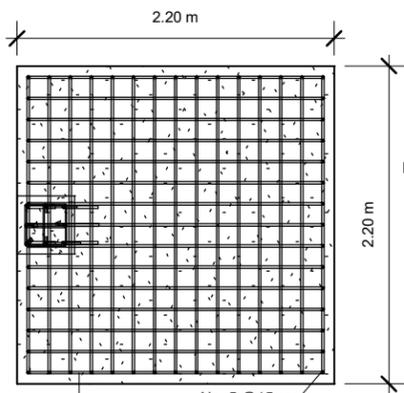
2 COLUMNA C-1
1:20

COLUMNA C-1 (40X40 cm)
 Recubrimiento: 4 cm
 Acero Longitudinal:
 2 No.6 + 2 No.4
 Acero Transversal:
 Conf. No.3 @ 5 cm
 + resto No.3 @ 18 cm.



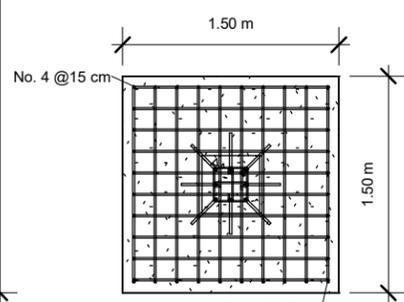
5 ZAPATA Z-1
1:50

ZAPATA Z-1 (200X200X46 cm)
 Recubrimiento: 8 cm
 Acero de refuerzo:
 En X: No.4 @ 10 cm
 En Y: No.4 @ 10 cm



6 ZAPATA Z-2
1:50

ZAPATA Z-2 (220X220X40 cm)
 Recubrimiento: 8 cm
 Acero de refuerzo:
 En X: No.5 @ 15 cm
 En Y: No.5 @ 15 cm



7 ZAPATA Z-3
1:50

ZAPATA Z-1 (150X150X36 cm)
 Recubrimiento: 8 cm
 Acero de refuerzo:
 En X: No.5 @ 15 cm
 En Y: No.5 @ 15 cm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
 ESCUELA PARA VARONES

Fecha: SEPTIEMBRE 2019
 Calculado por: CARLOS MEJÍA
 Dibujado por: Autor

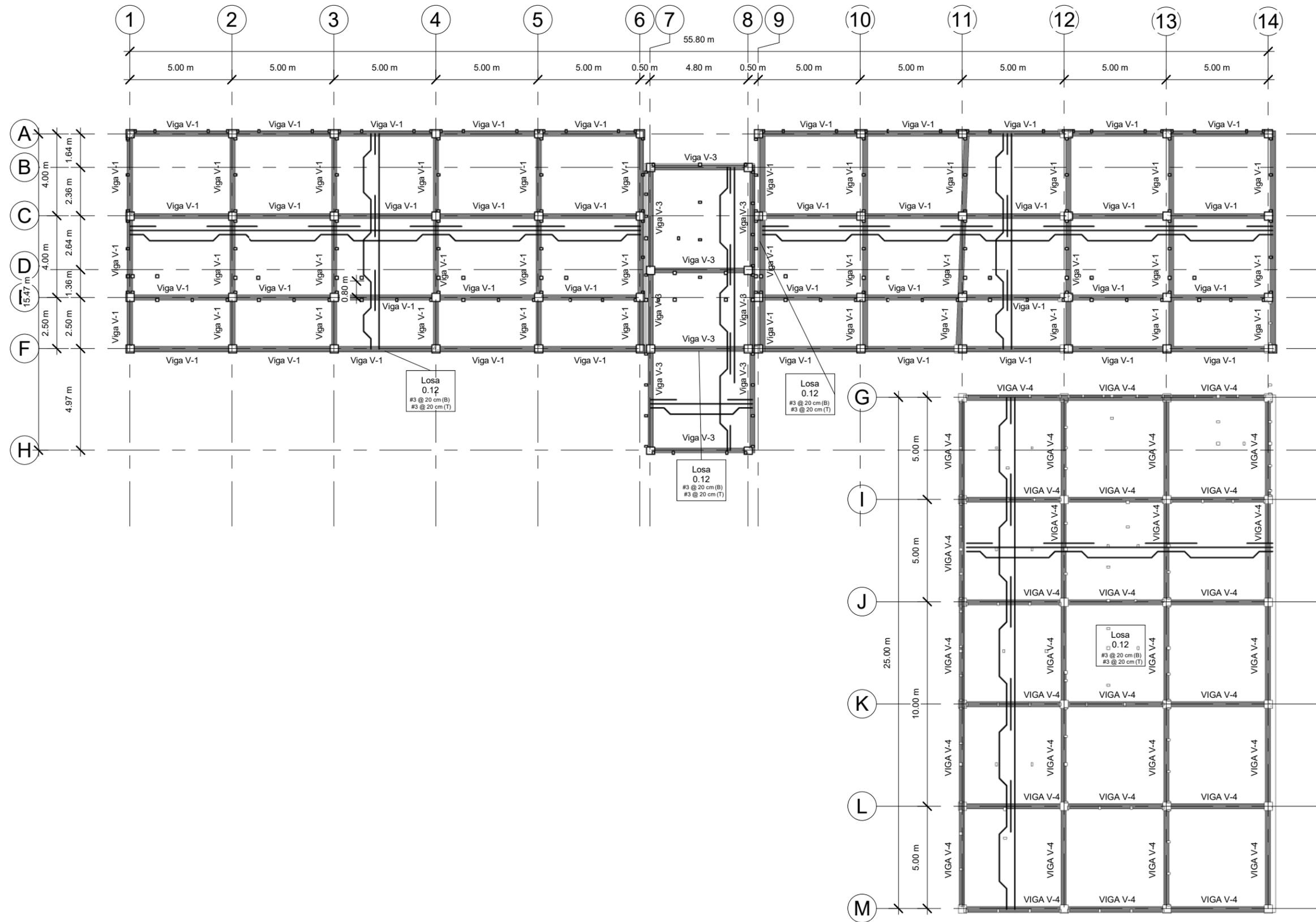
Diseñado por: CARLOS MEJÍA
 Escala: Como se indica

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
 PLANO E09

ARMADO DE LOSA:

- RIELES: No.3 @20 cm
- BASTONES A L/4: No.3 @20 cm
- TENSIONES A L/5: No.3 @20 cm



VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

1 7. Vigas y losas
1 : 200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 200
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

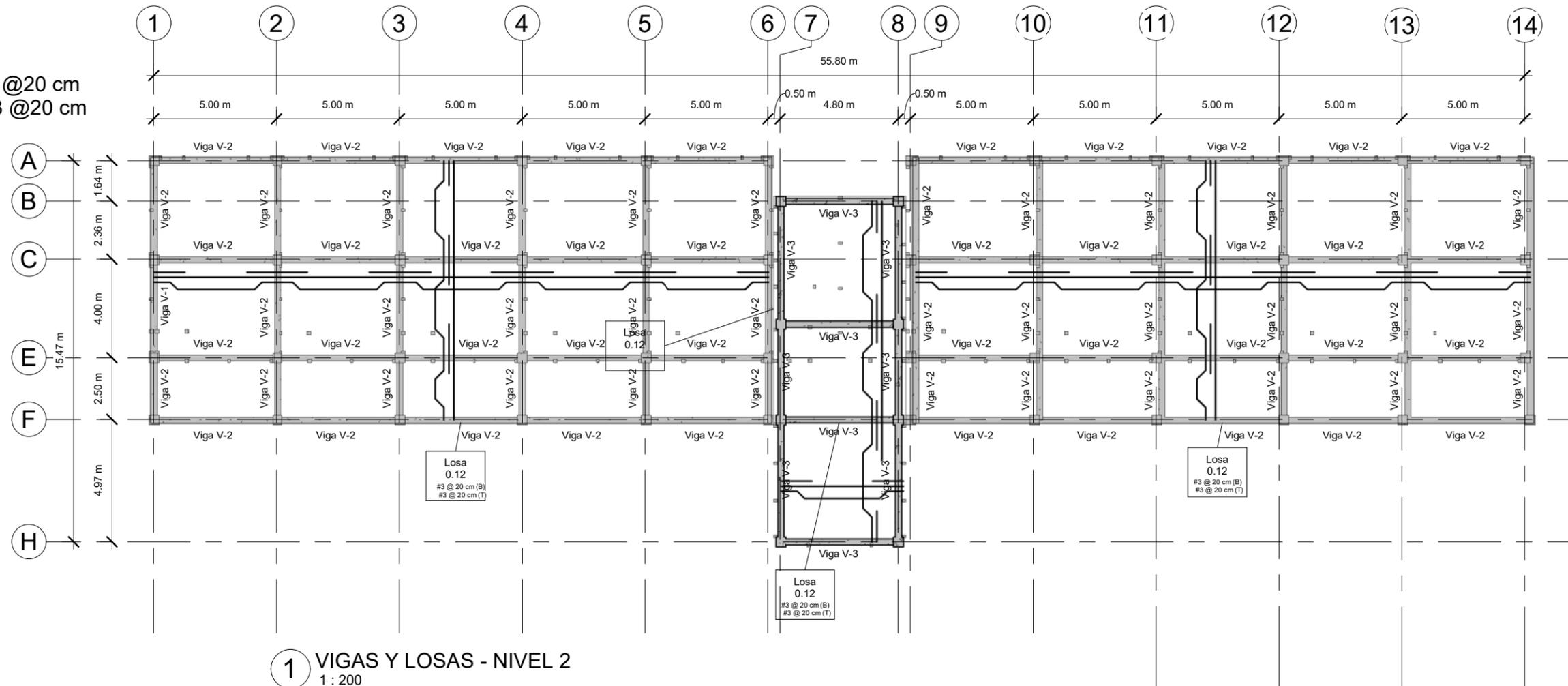
Vo.Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA DE VIGAS Y LOSAS - NIVEL 1 Y
SECCIÓN MÓDULO C

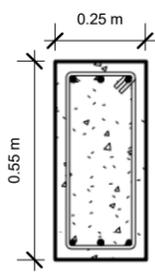
E12

ARMADO DE LOSA:

- RIELES: No.3 @20 cm
- BASTONES A L/4: No.3 @20 cm
- TENSIONES A L/5: No.3 @20 cm



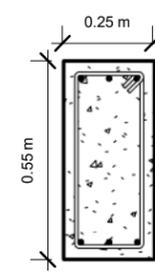
1 VIGAS Y LOSAS - NIVEL 2
1 : 200



2 DETALLE VIGA V-1
1 : 20

VIGA V-1 (25X55 cm)
Recubrimiento: 4 cm
Acero Longitudinal:
4 No.6 + Bastón No.6

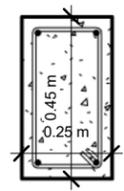
Acero Transversal:
Conf. No.3 @ 5 cm
+ resto No.3 @ 18 cm.



3 DETALLE VIGA V-2
1 : 20

VIGA V-2 (25X55 cm)
Recubrimiento: 4 cm
Acero Longitudinal:
4 No.5 + Bastón No.5

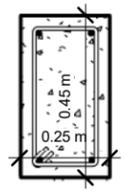
Acero Transversal:
Conf. No.3 @ 5 cm
+ resto No.3 @ 18 cm.



4 DETALLE VIGA V-3
1 : 20

VIGA V-1 (25X45 cm)
Recubrimiento: 4 cm
Acero Longitudinal:
4 No.5

Acero Transversal:
Conf. No.3 @ 5 cm
+ resto No.3 @ 18 cm.



5 DETALLE VIGA V-4
1 : 20

VIGA V-1 (25X45 cm)
Recubrimiento: 4 cm
Acero Longitudinal:
4 No.5

Acero Transversal:
Conf. No.3 @ 5 cm
+ resto No.3 @ 18 cm.

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

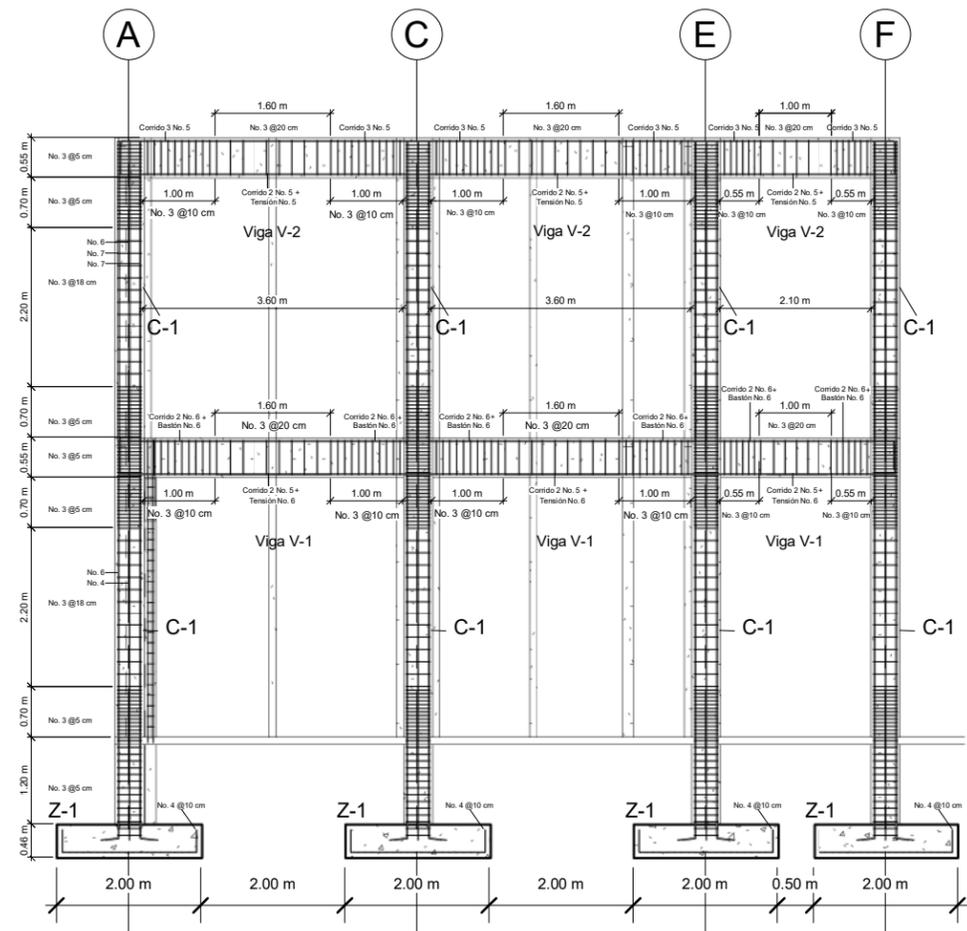


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

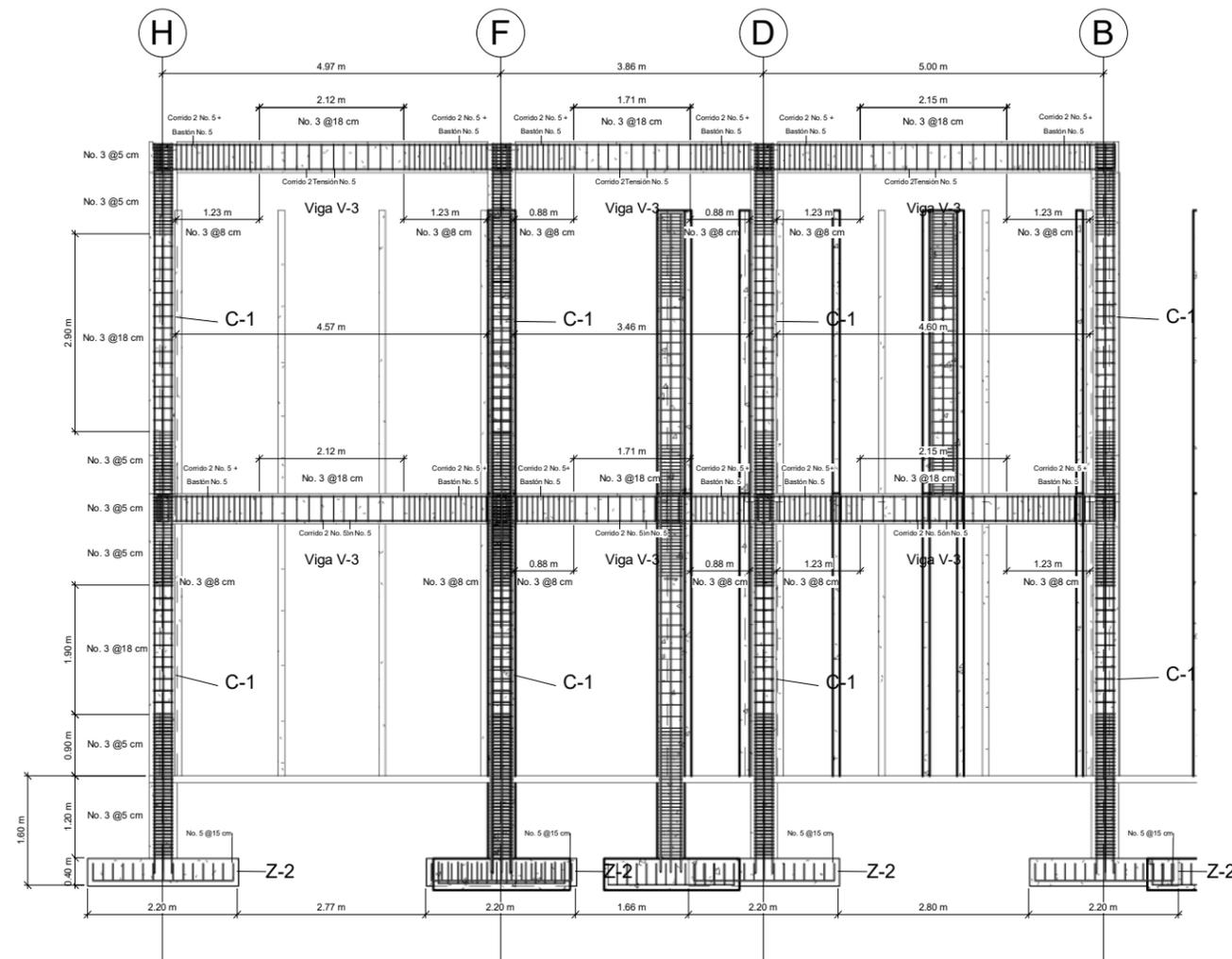
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Diseñado por: CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	Escala: Como se indica

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA DE VIGAS Y LOSAS - NIVEL 2 Y
SECCIÓN MÓDULO C



1 SECCIÓN - EJE 1 - MÓDULO A
1 : 100



2 EJE 9 - MÓDULO B (2)
1 : 100



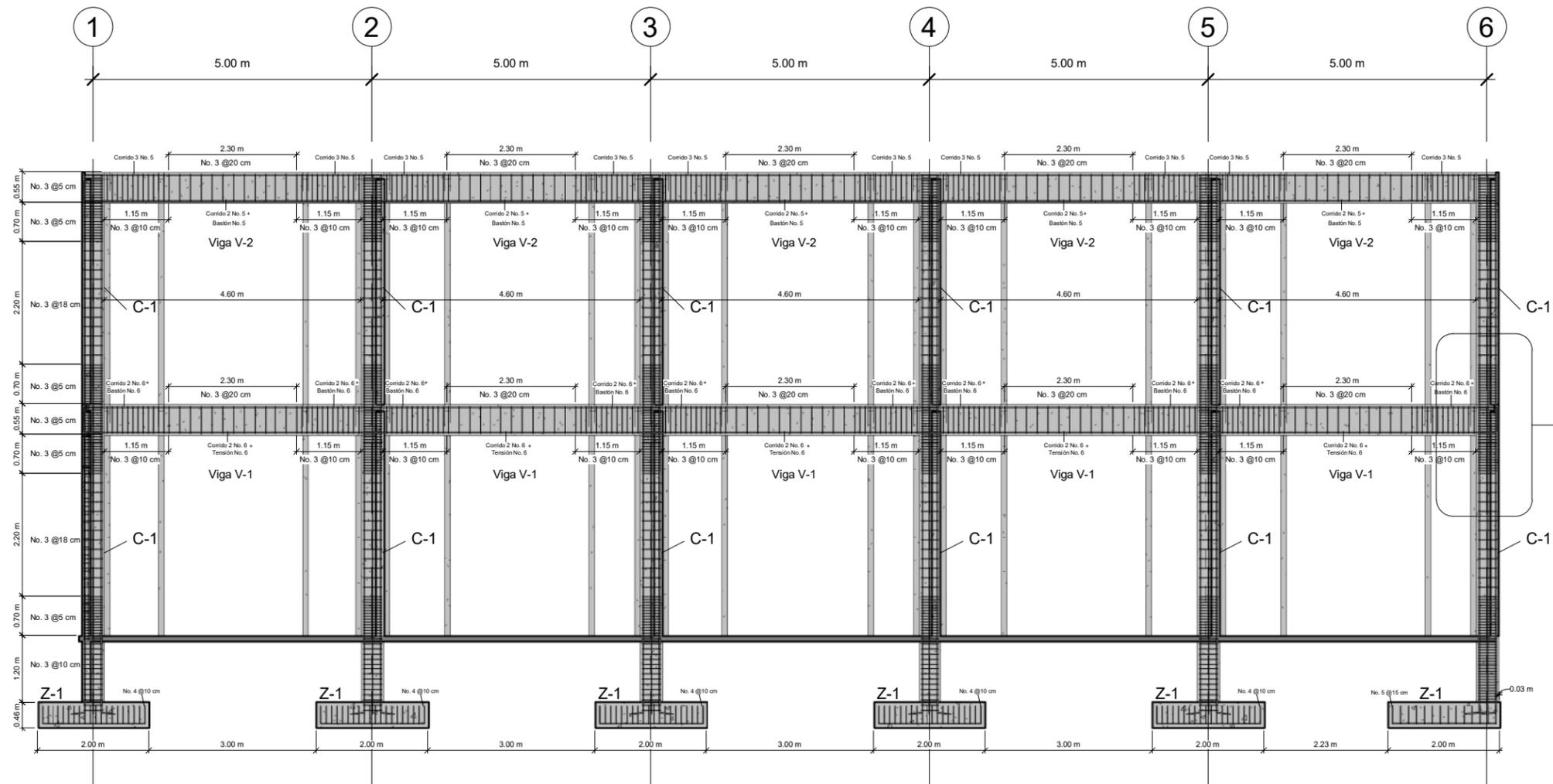
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 100
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

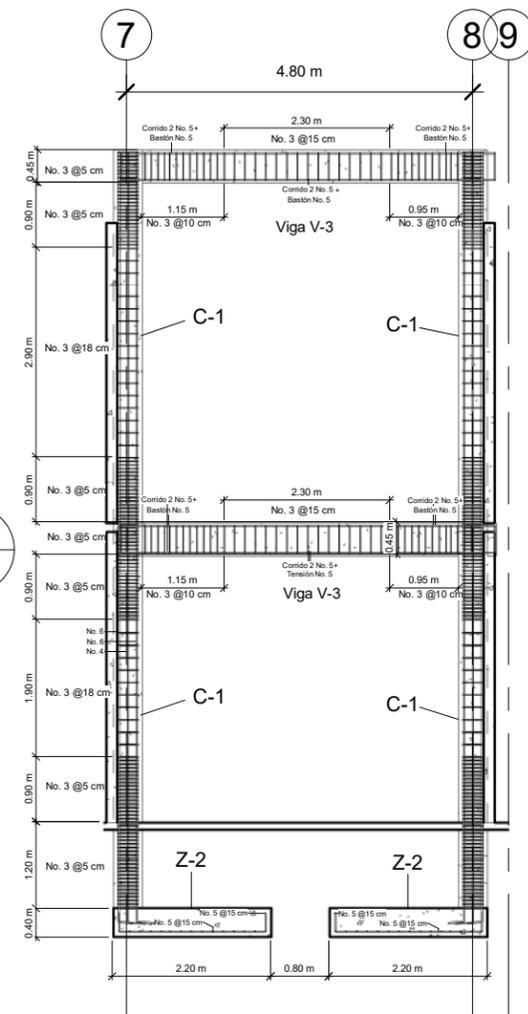
Vo.Bo. Ing. Juan Merck

SECCIONES

E14



1 SECCIÓN - EJE A - MÓDULO
1 : 100



2 SECCIÓN - EJE B - MÓDULO B
1 : 100



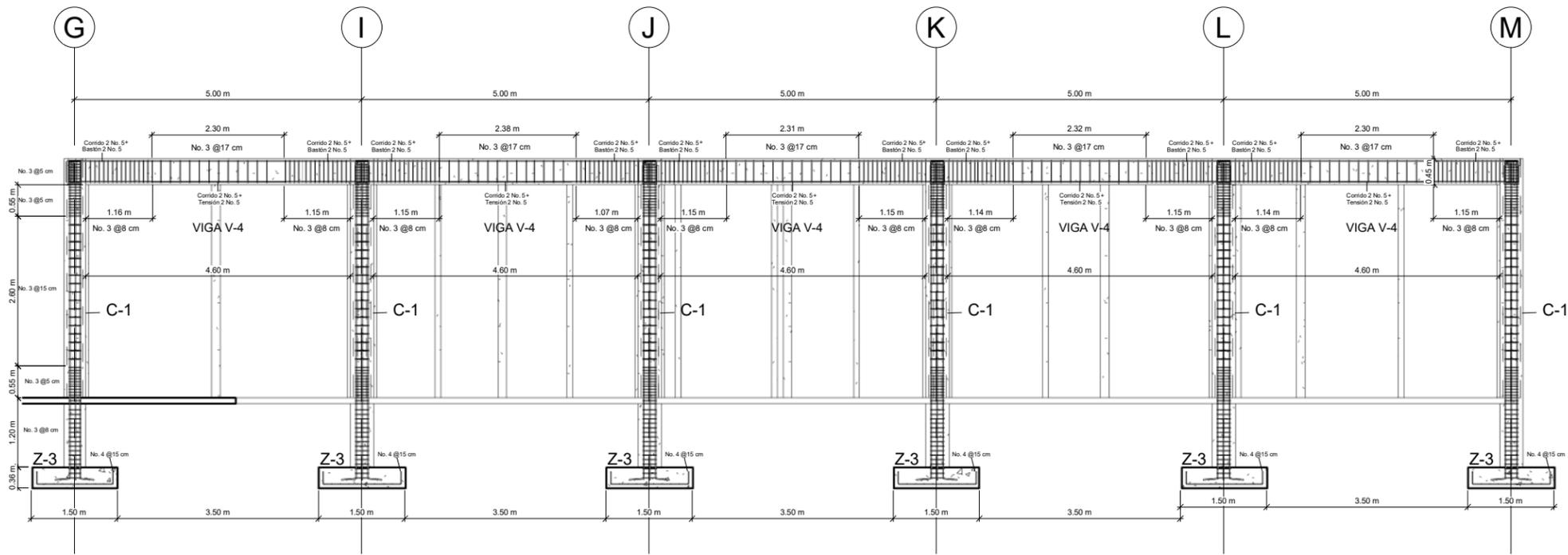
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 100
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

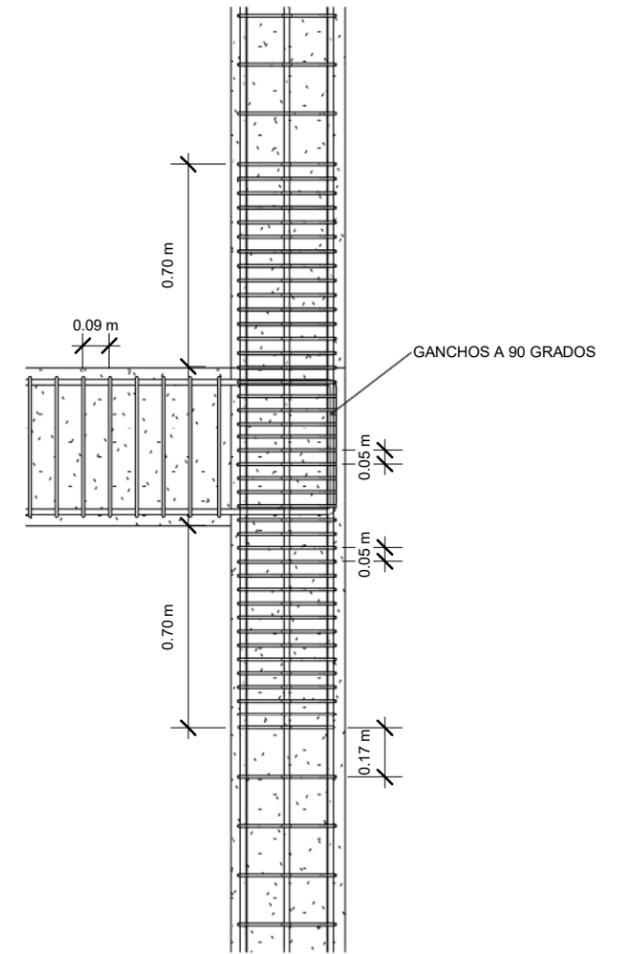
Vo.Bo. Ing. Juan Merck

SECCIONES

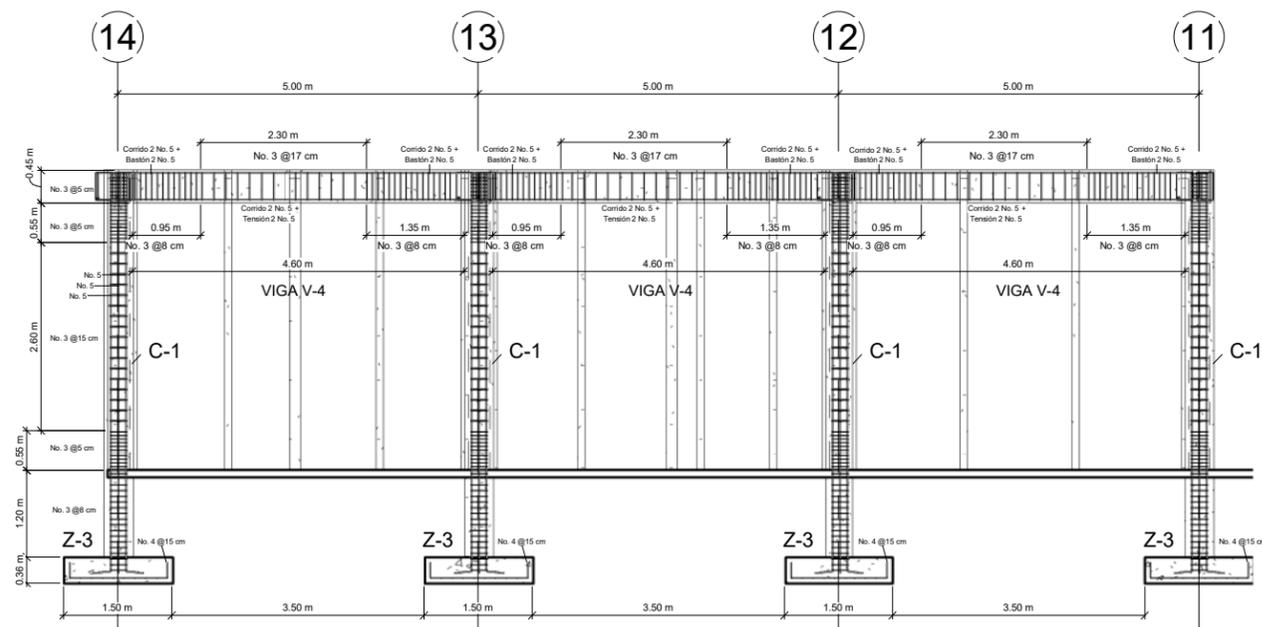
E15



1 EJE 11 - MÓDULO C
1 : 100



3 NUDO
1 : 25



2 SECCIÓN - EJE G - MÓDULO C
1 : 100



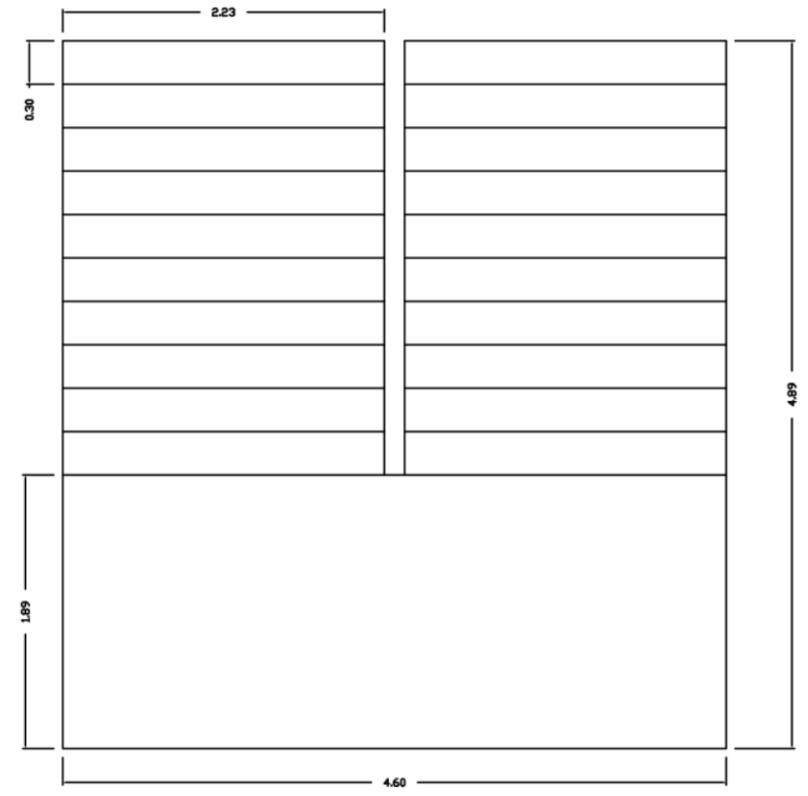
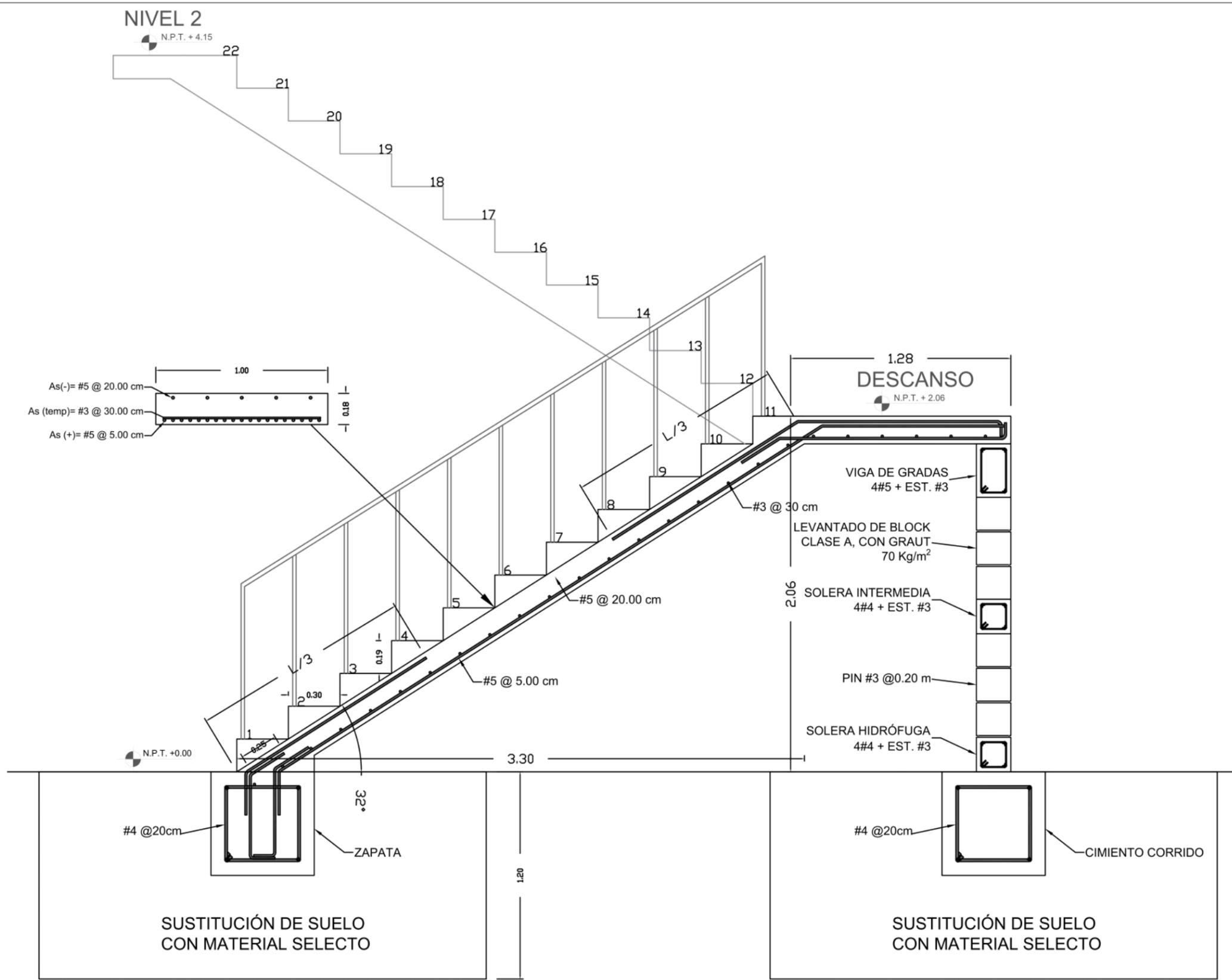
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	Como se indica
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

SECCIONES

E16



ESPECIFICACIONES

CONCRETO:
281 Kg/cm²

ACERO:
4,210 Kg/cm²

LOSA:
ESPESOR DE LOSA: 18 cm.

ARMADO DE LOSA:
As (+) = #5 @ 5.00 cm.
As (-) = #4 @ 20.00 cm.
As (Temp) = #3 @ 20.00 cm.

GRADAS:
ARMADO CON ACERO #3

HUELLA: 30 cm.
CONTRAHUELLA: 19 cm.

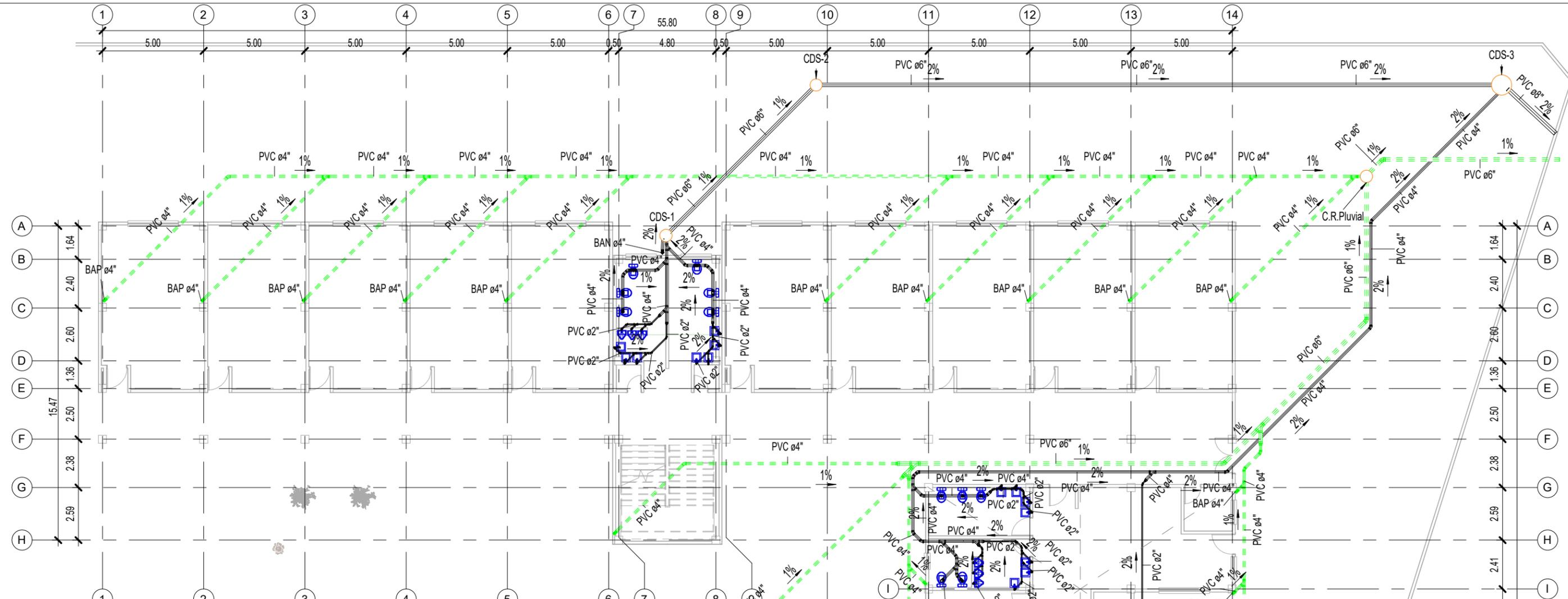


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
BO. LA ESTACIÓN, GUALÁN, ZACAPA.
ESCUELA PARA VARONES

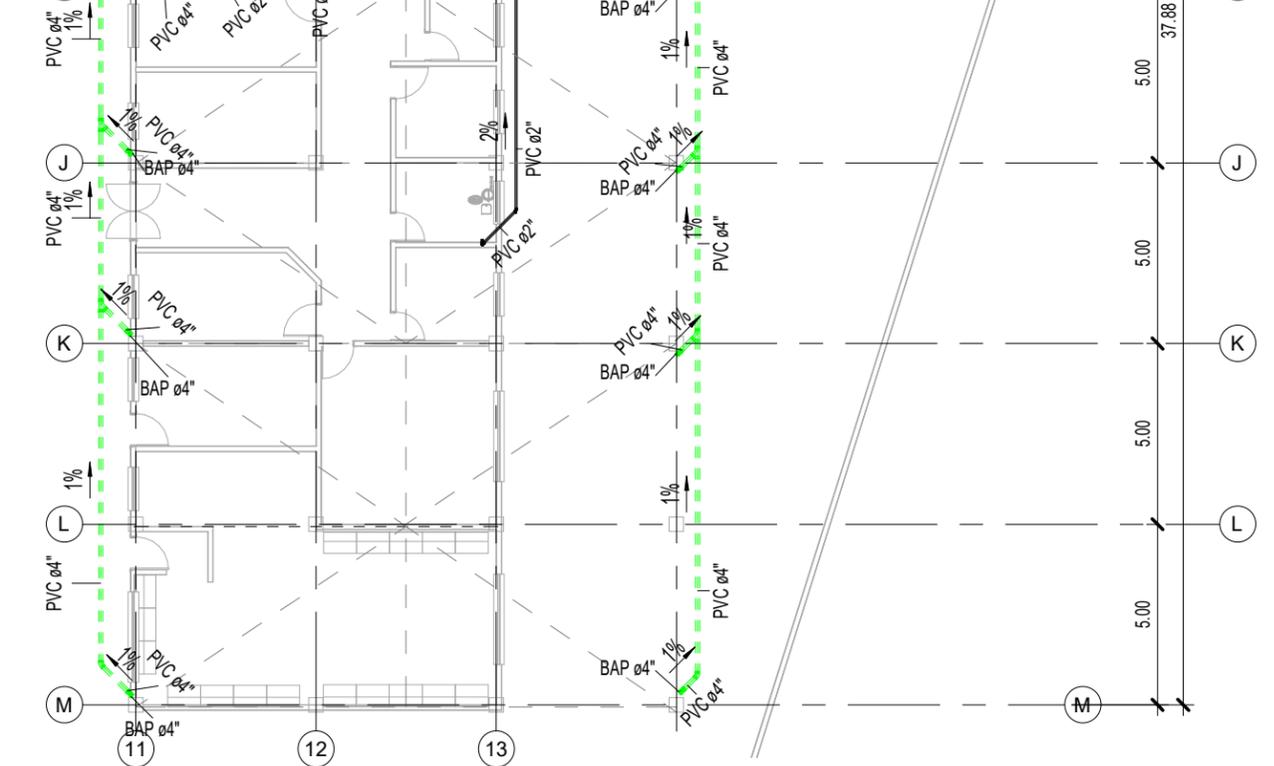
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
Calculado por: CARLOS MEJÍA
Dibujado por: CARLOS MEJÍA

Diseñado por: CARLOS MEJÍA
Escala:

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

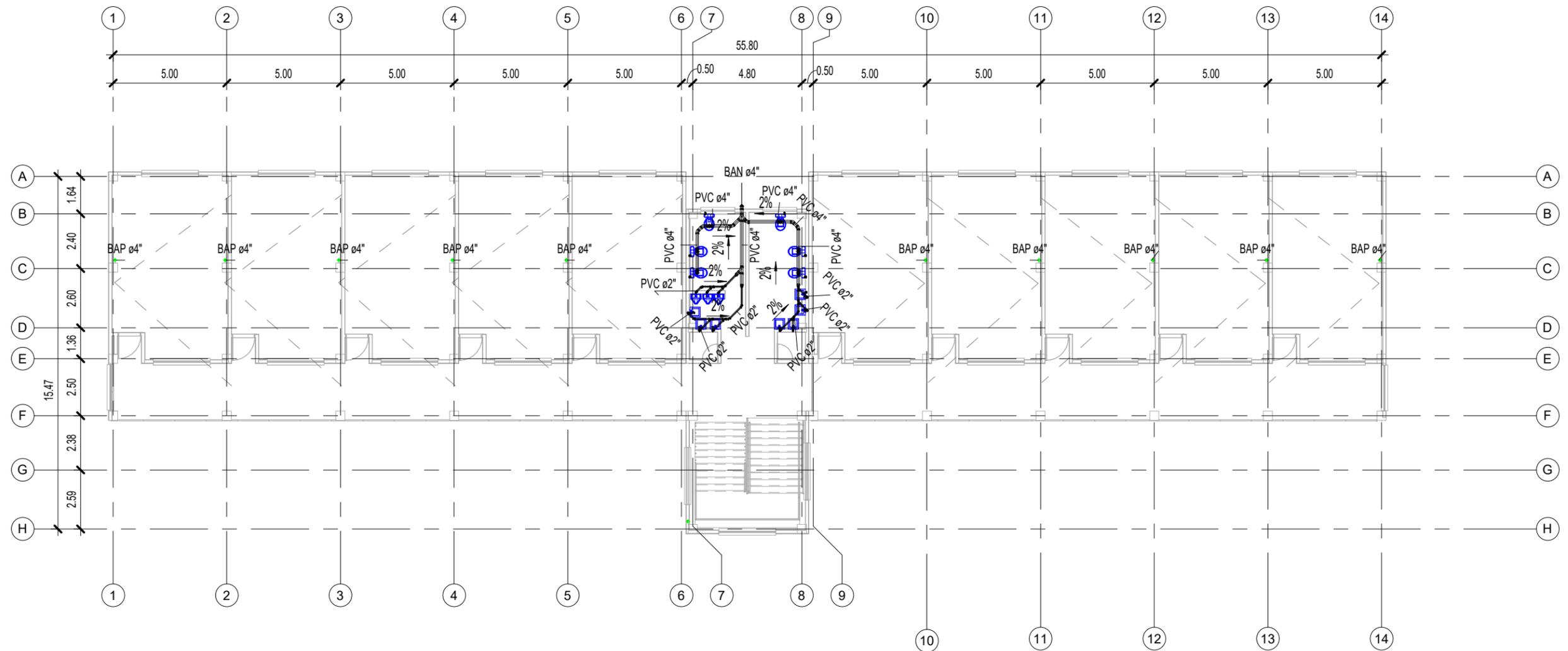


1 PLANTA DE DRENAJES - NIVEL 1
1 : 200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

Fecha:	Septiembre 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 200
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		



1 PLANTA DE DRENAJES - NIVEL 2
1 : 200

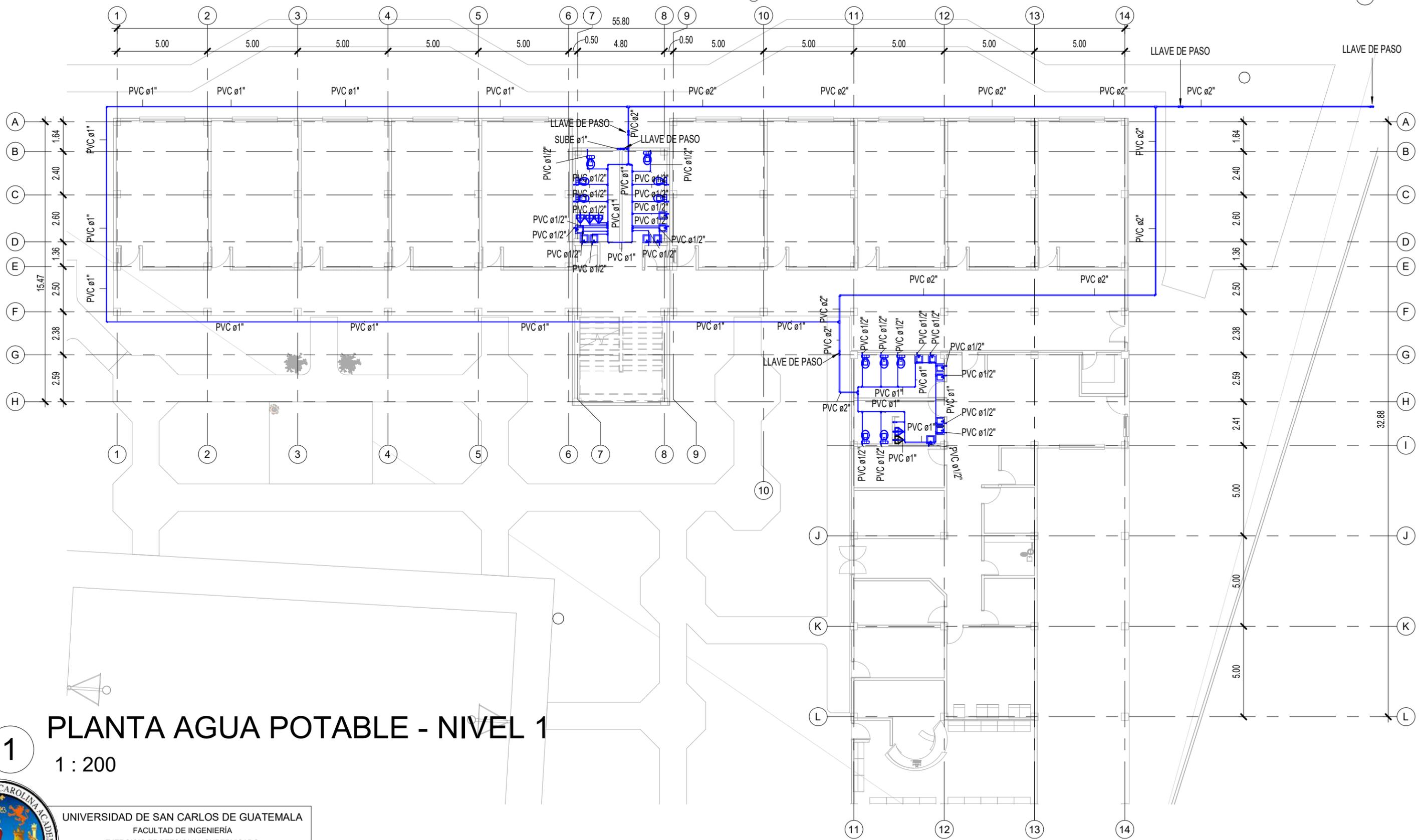
SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA DE DRENAJE SANITARIO.
	TUBERÍA DE DRENAJE PLUVIAL.
	CODO PVC A 45 GRADOS.
	Y PVC A 45 GRADOS.
	CAJA DE REGISTRO.
	TRAMPA DE GRASA.
	REDUCIDOR.
	PORCENTAJE DE PENDIENTE.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

Fecha:	Septiembre 2019	Diseñado por:	Diseñador
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 200
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

Vo Bo. Ing. Juan Merck



1

PLANTA AGUA POTABLE - NIVEL 1

1 : 200



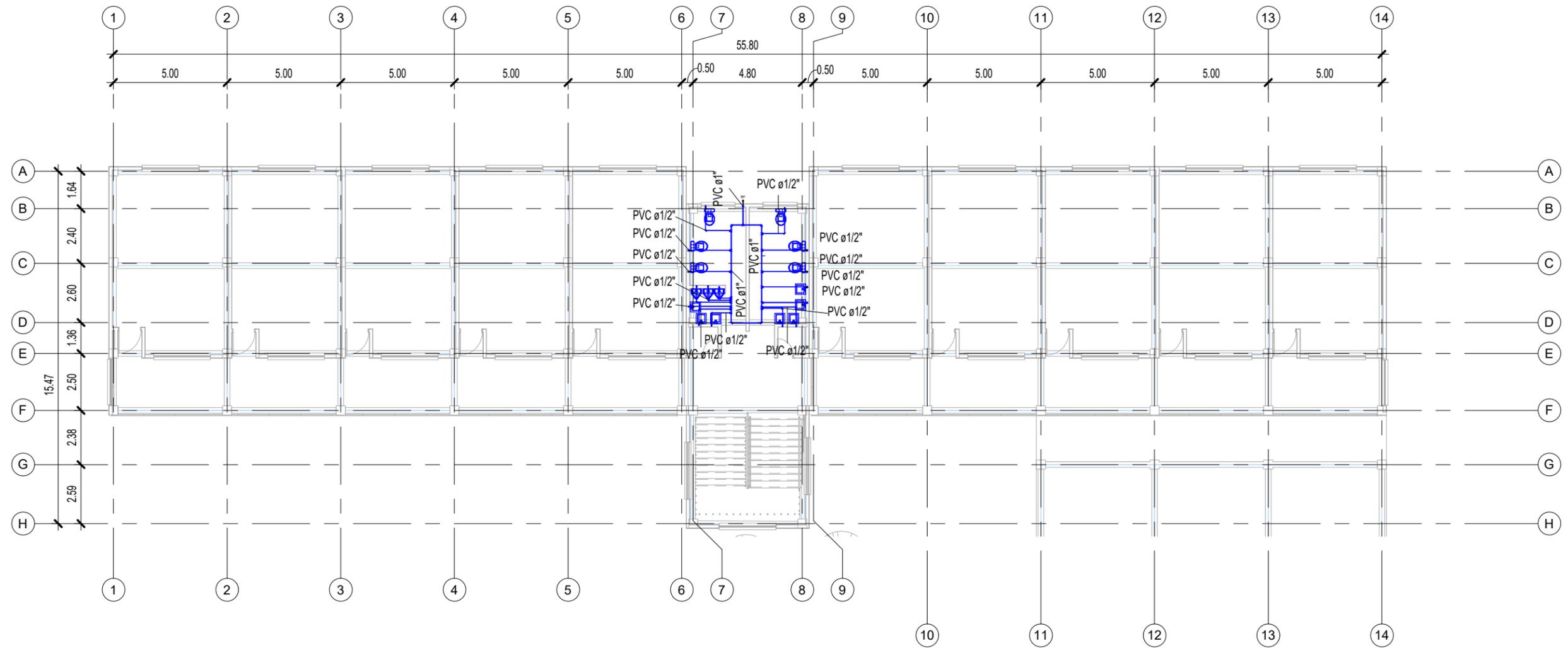
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Municipalidad de Gualán
 Gualán, Zacapa, Guatemala.
 Escuela de varones

Fecha:	Septiembre 2019	Diseñado por:	Diseñador
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 200
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA DE AGUA POTABLE - NIVEL 1

E20



1 PLANTA AGUA POTABLE - NIVEL 2
1 : 200

SIMBOLOGÍA

	TUBERÍA PVC DE DIÁMETRO INDICADO.		CHORRO.
	CODO PVC A 90 GRADOS, VERTICAL.		LLAVE DE GLOBO.
	CODO PVC A 90 GRADOS, HORIZONTAL.		LLAVE DE PASO.
	TEE PVC A 90 GRADOS.		LLAVE DE CHEQUE.
	REDUCIDOR.		CONTADOR.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

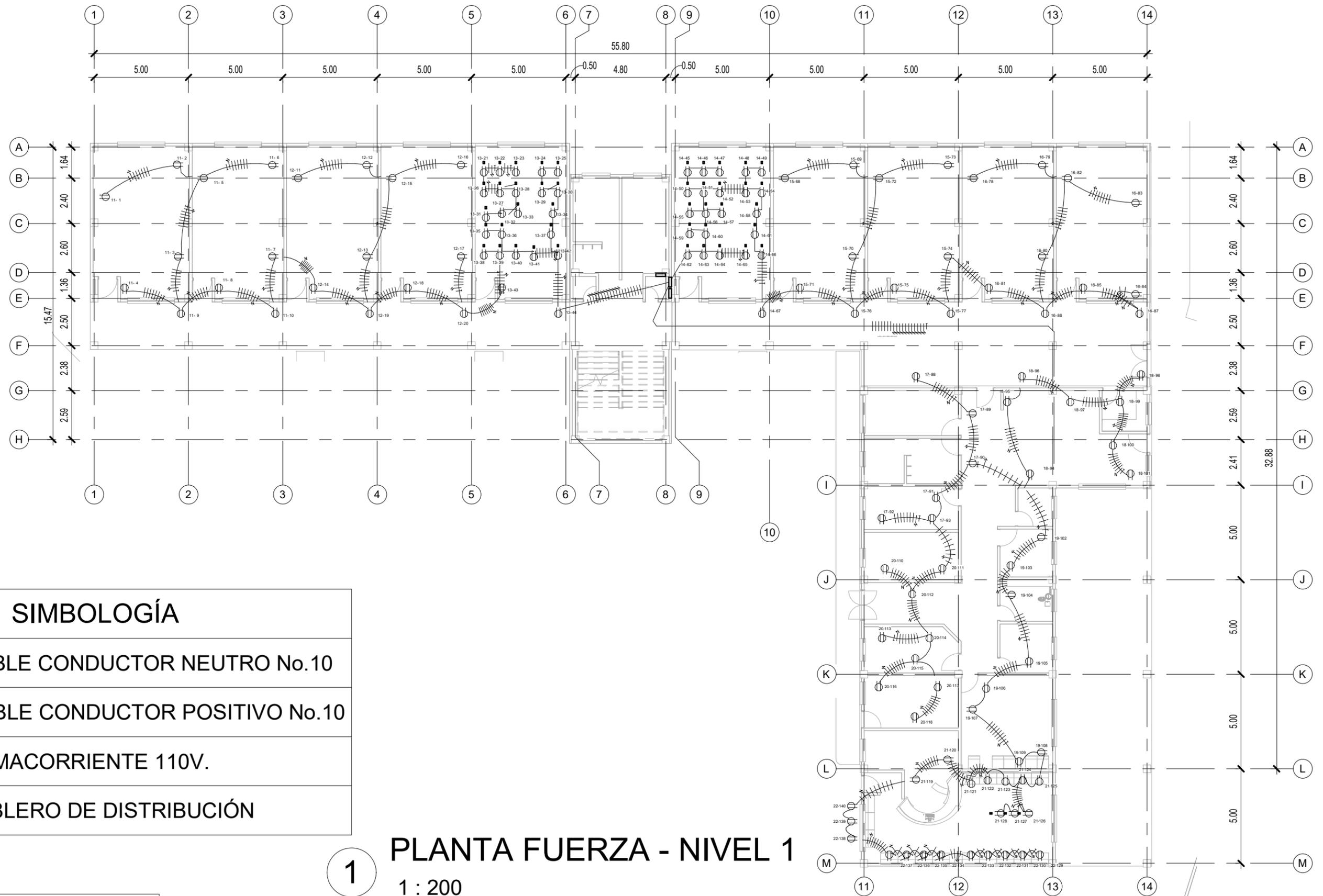
Fecha: Septiembre 2019
Calculado por: CARLOS MEJÍA
Dibujado por: CARLOS MEJÍA

Diseñado por: CARLOS MEJÍA
Escala: 1 : 200

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA DE AGUA POTABLE - NIVEL 2

E21



SIMBOLOGÍA

	CABLE CONDUCTOR NEUTRO No.10
	CABLE CONDUCTOR POSITIVO No.10
	TOMACORRIENTE 110V.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA FUERZA - NIVEL 1

1
1 : 200



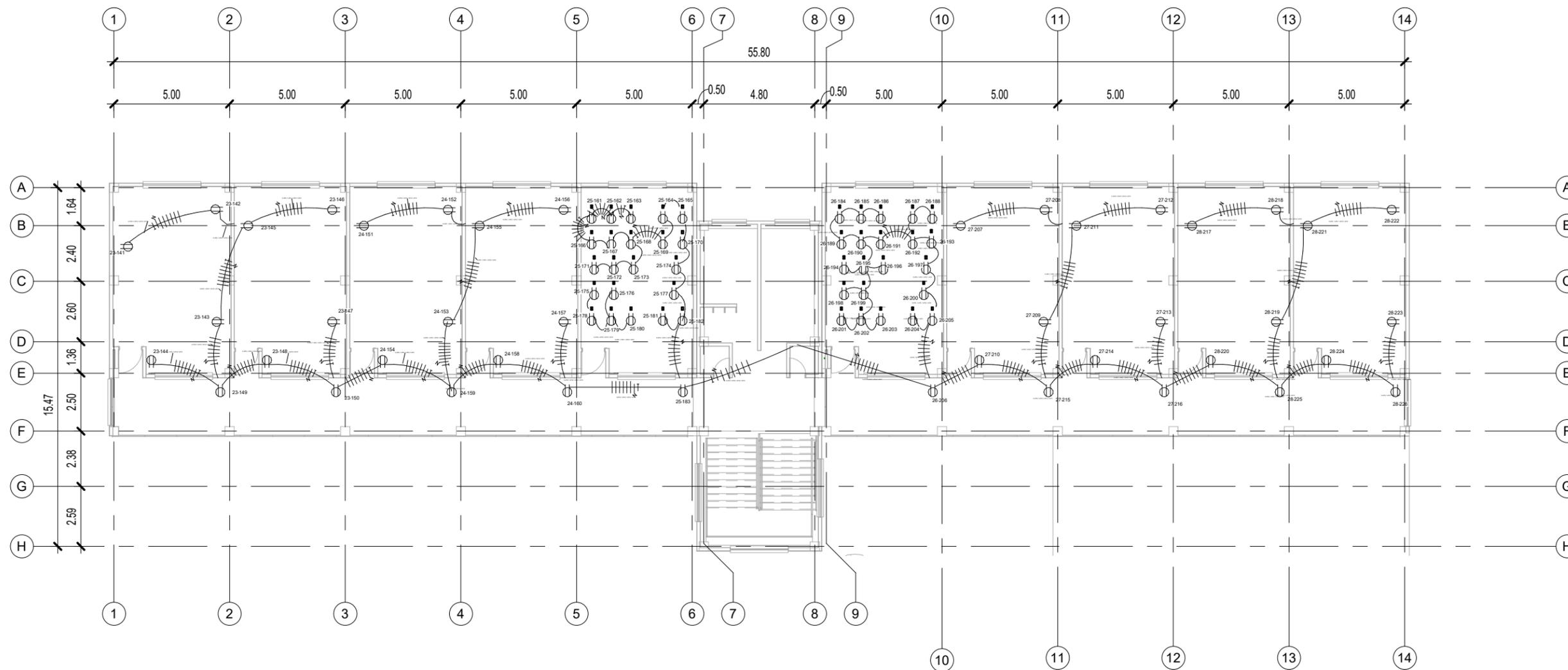
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

Fecha:	Septiembre 2019	Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	Escala:	1 : 200
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA		

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA ELÉCTRICA DE FUERZA - NIVEL 1

E22



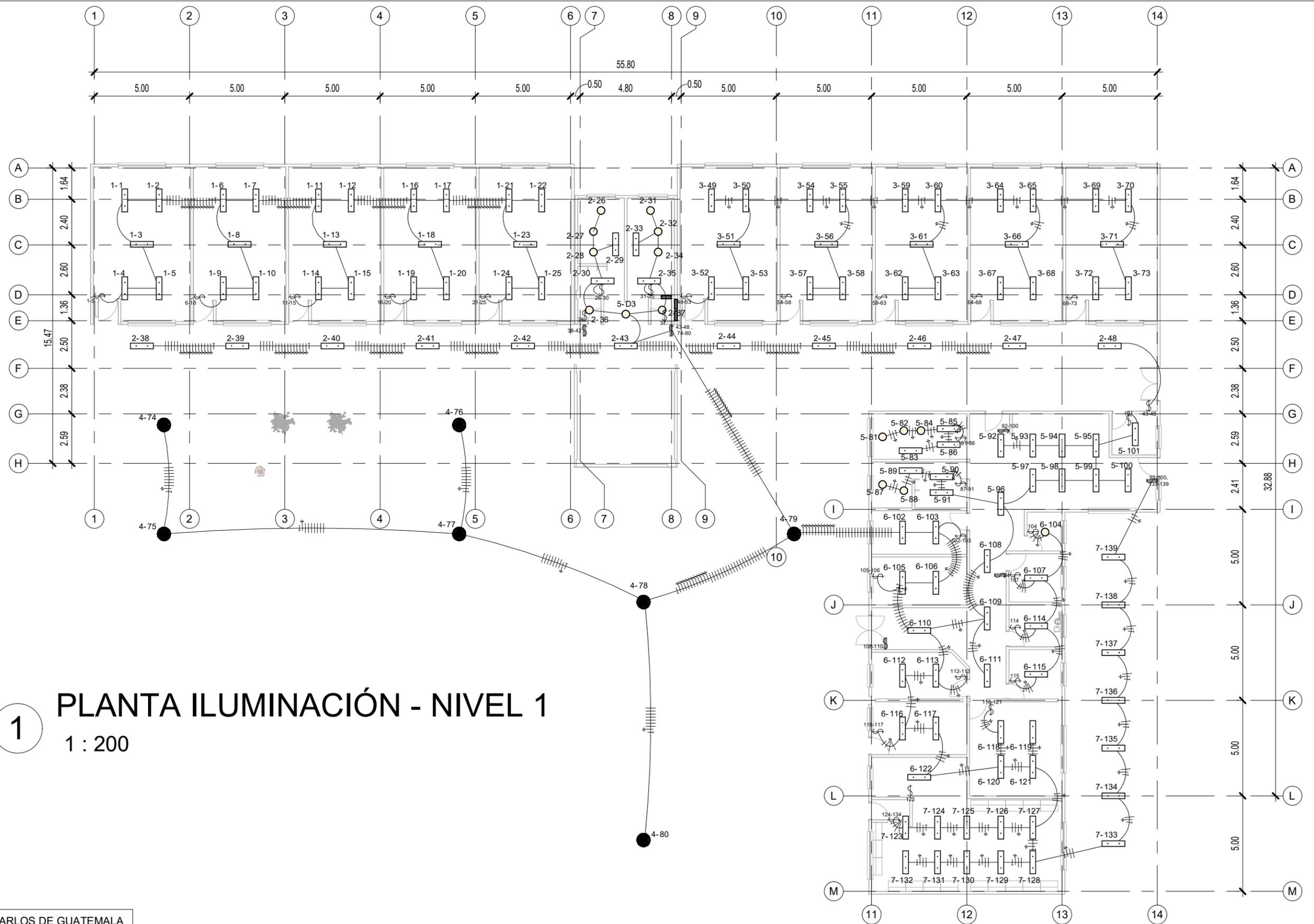
1 PLANTA FUERZA - NIVEL 2
1 : 200

SIMBOLOGÍA	
	CABLE CONDUCTOR NEUTRO No.10
	CABLE CONDUCTOR POSITIVO No.10
	TOMACORRIENTE 110V.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

Fecha:	Septiembre 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	1 : 200



1 PLANTA ILUMINACIÓN - NIVEL 1
1 : 200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

Fecha: Septiembre 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

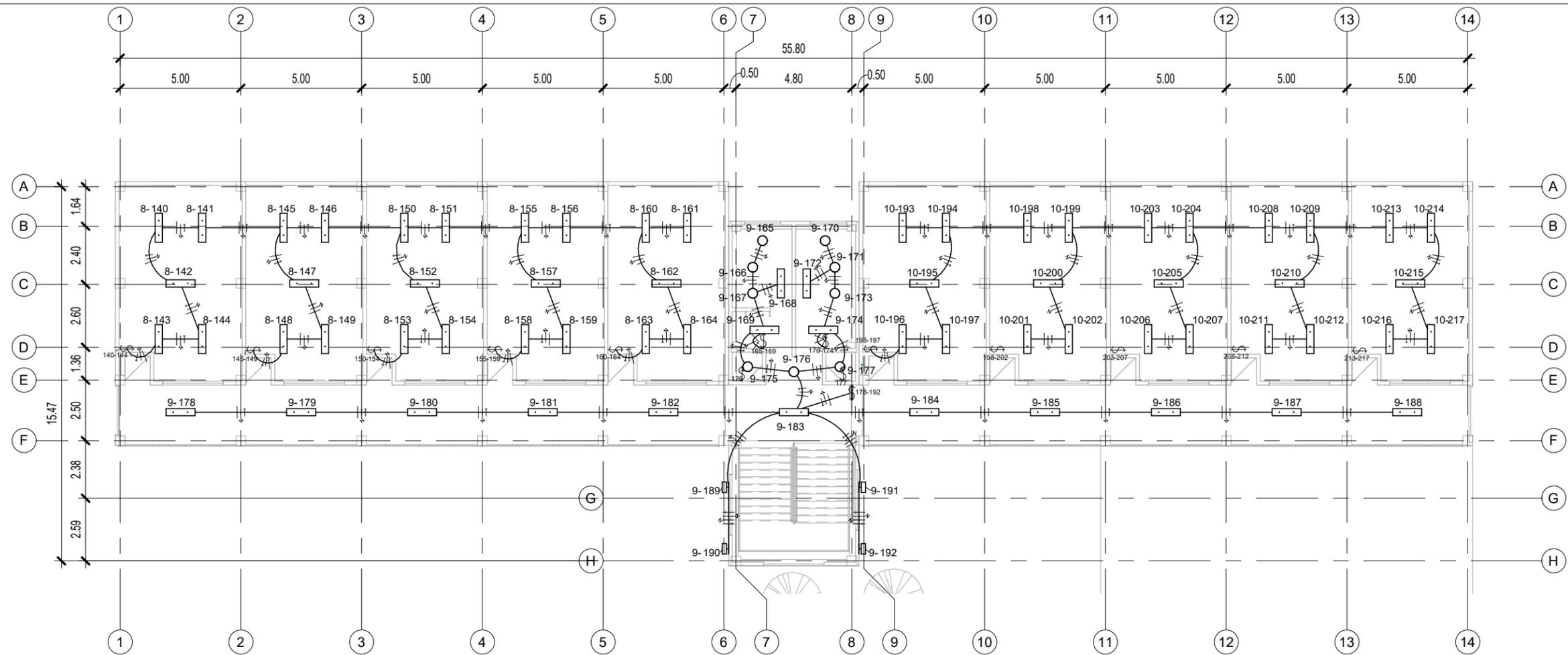
Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: 1 : 200

Vo Bo. Ing. Juan Merck

PLANTA ELÉCTRICA ILUMINACIÓN - NIVEL 1

E24



1 PLANTA ILUMINACIÓN - NIVEL 2
1 : 200

SIMBOLOGÍA	
	CABLE CONDUCTOR NEUTRO No.12
	CABLE CONDUCTOR POSITIVO No.12
	SWITCH SIMPLE
	SWITCH 3 WAY
	LÁMPARA DE 30W
	LÁMPARA DE 12W
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Municipalidad de Gualán
Gualán, Zacapa, Guatemala.
Escuela de varones

Fecha: Septiembre 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: 1 : 200

Vo Bo. Ing. Juan Merck

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA
 CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS

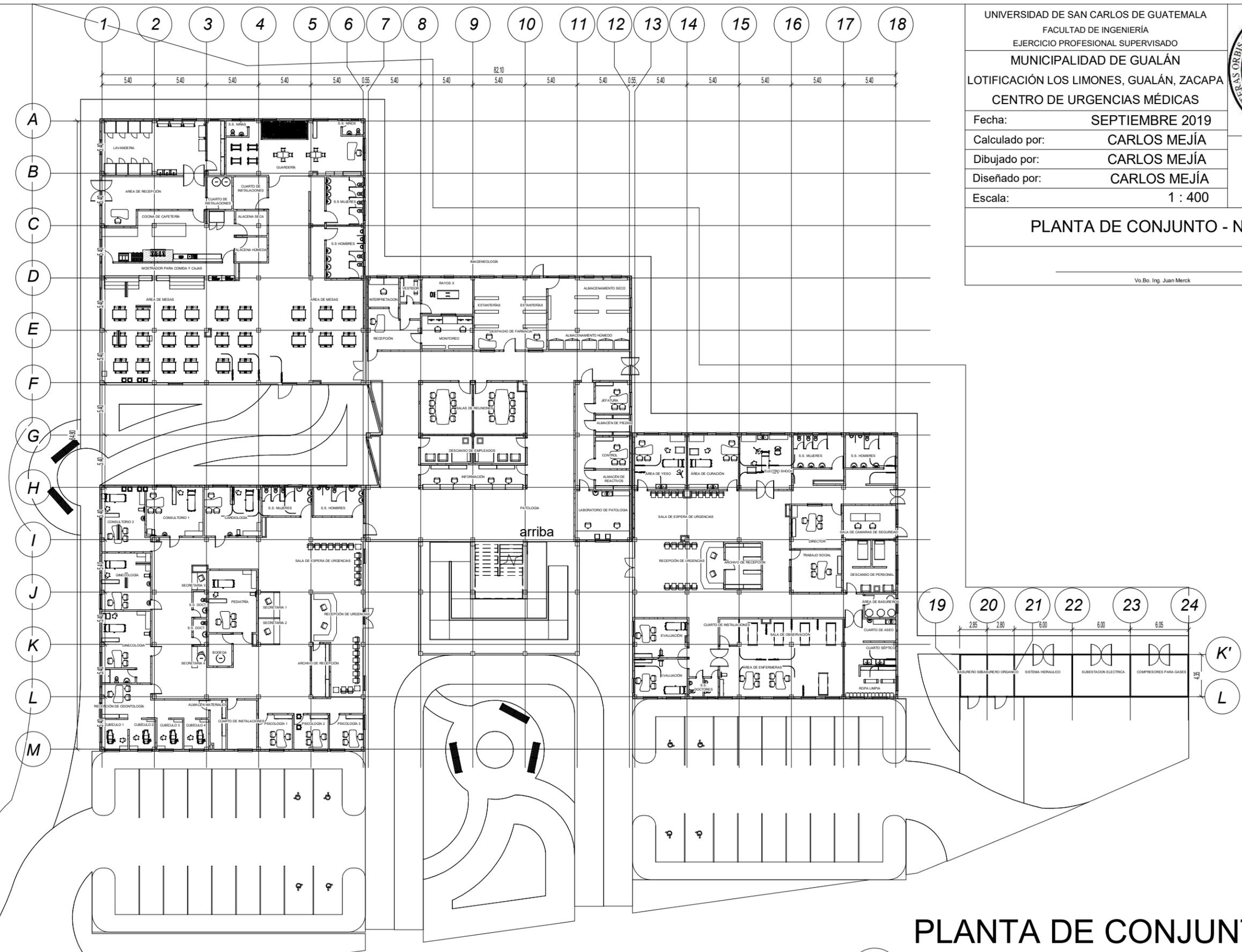
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
 Calculado por: CARLOS MEJÍA
 Dibujado por: CARLOS MEJÍA
 Diseñado por: CARLOS MEJÍA
 Escala: 1 : 400



C01

PLANTA DE CONJUNTO - NIVEL 1

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1 PLANTA DE CONJUNTO -
 NIVEL 1
 1 : 400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA
 CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS

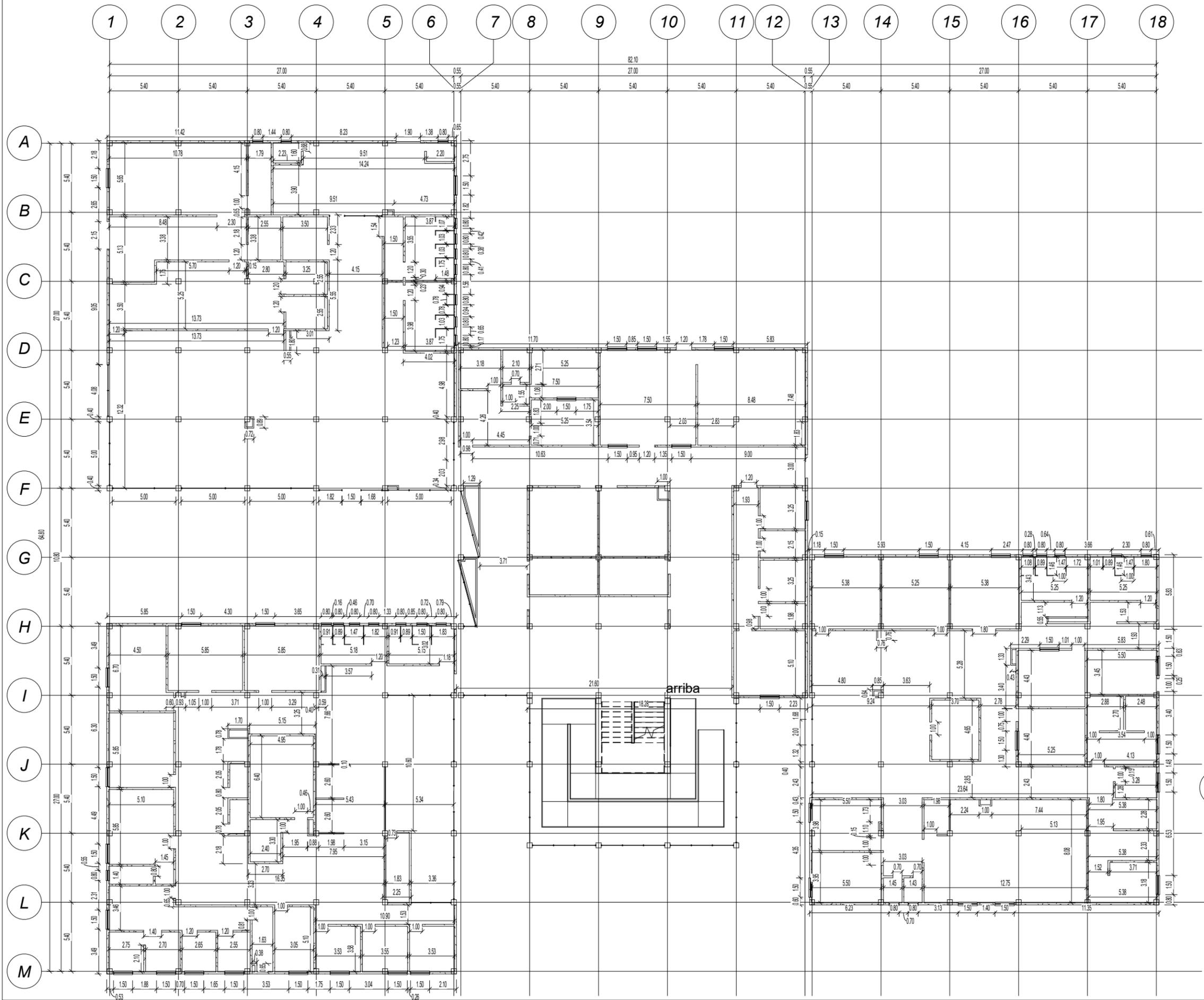
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
 Calculado por: CARLOS MEJÍA
 Dibujado por: CARLOS MEJÍA
 Diseñado por: CARLOS MEJÍA
 Escala: 1 : 300



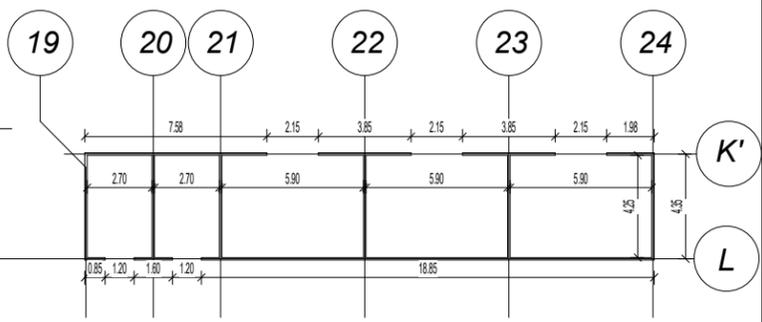
C03

PLANTA ACOTADA - NIVEL 1

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1 PLANTA ACOTADA - NIVEL 1
 1 : 300



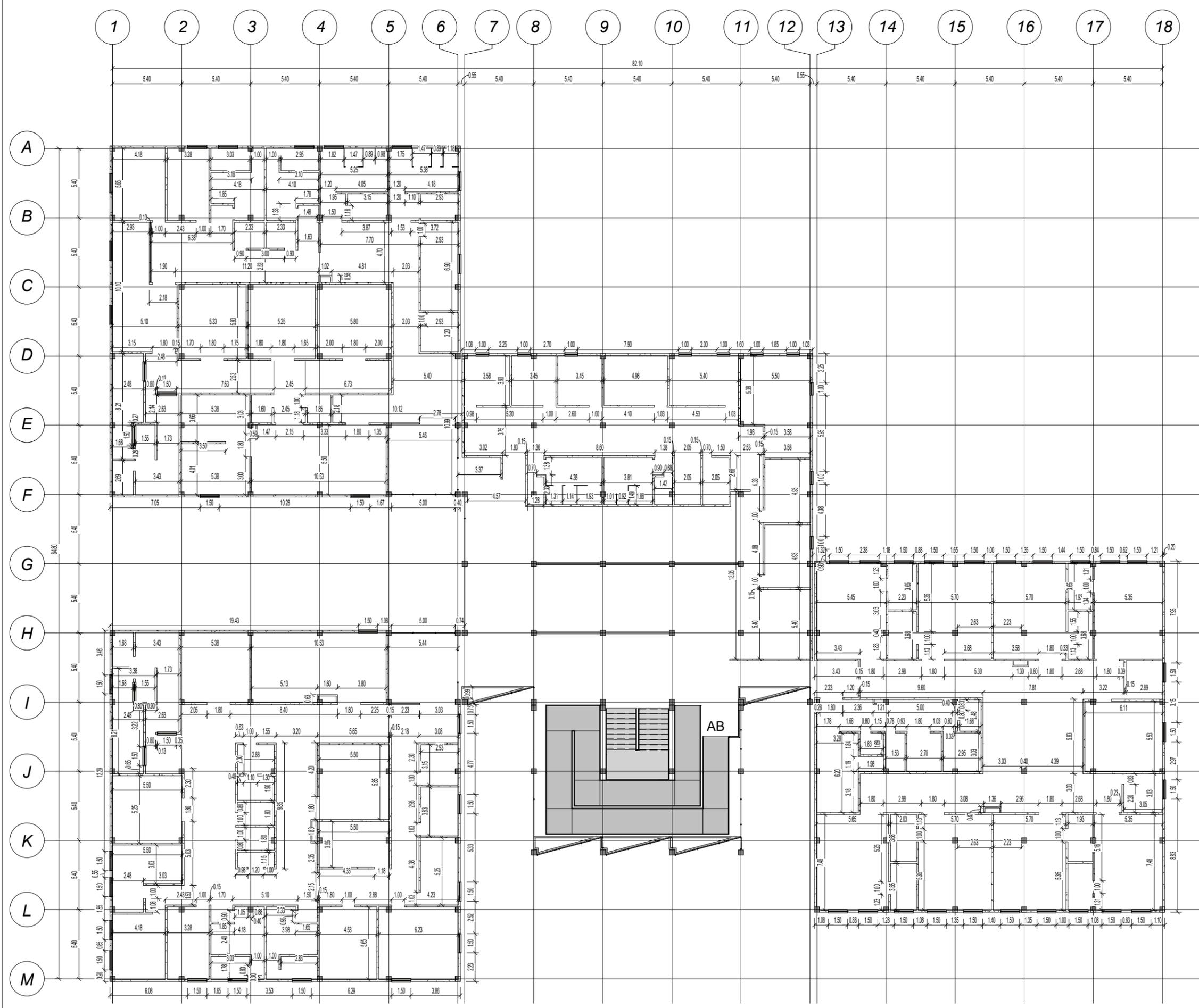


Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	1 : 300

C04

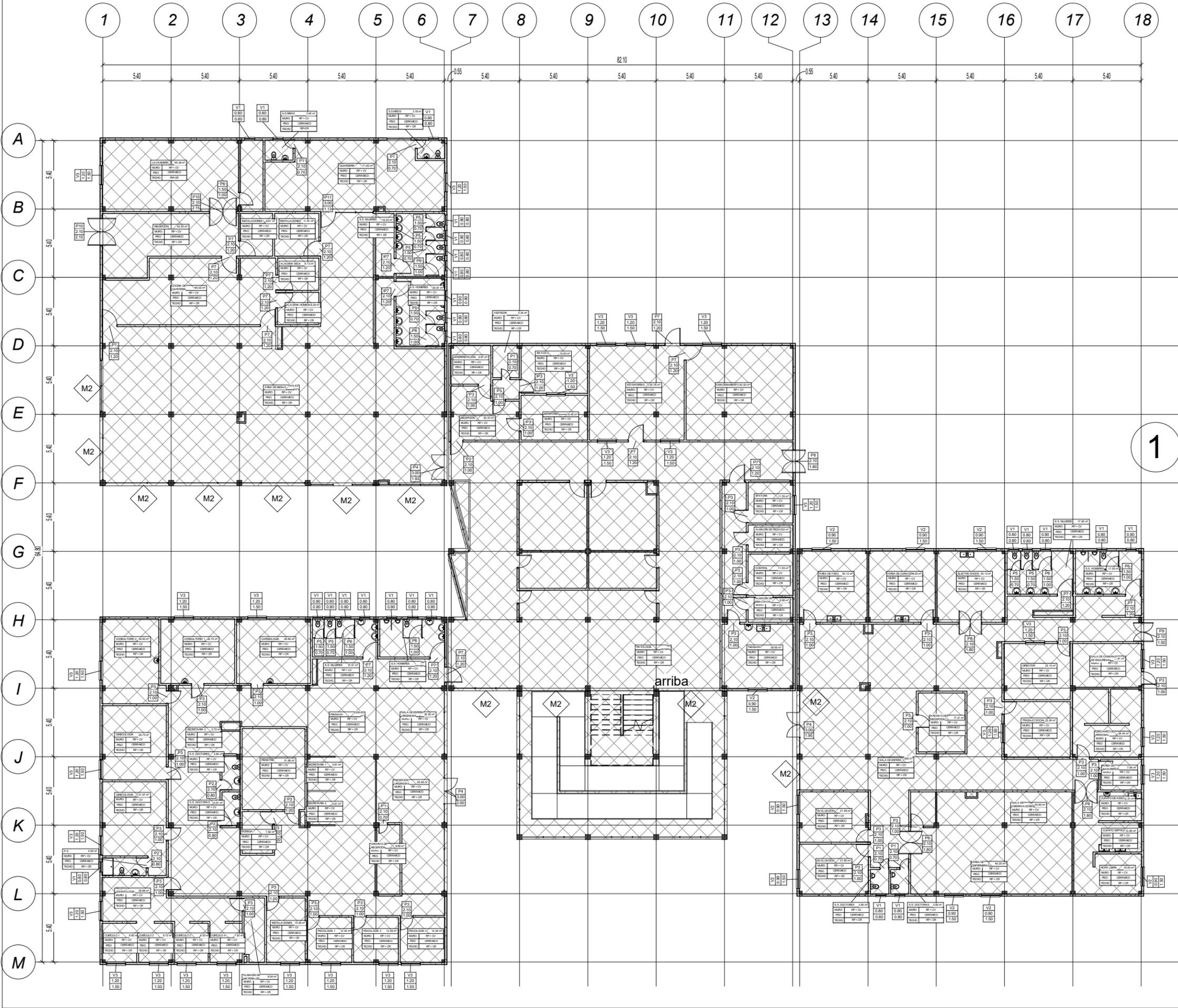
PLANTA ACOTADA - NIVEL 2

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1

PLANTA ACOTADA -
NIVEL 2
1 : 300

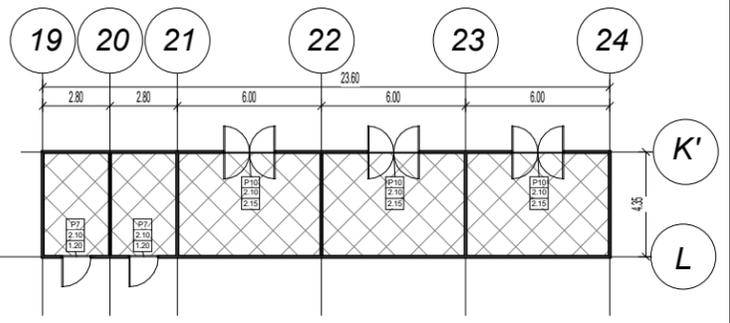


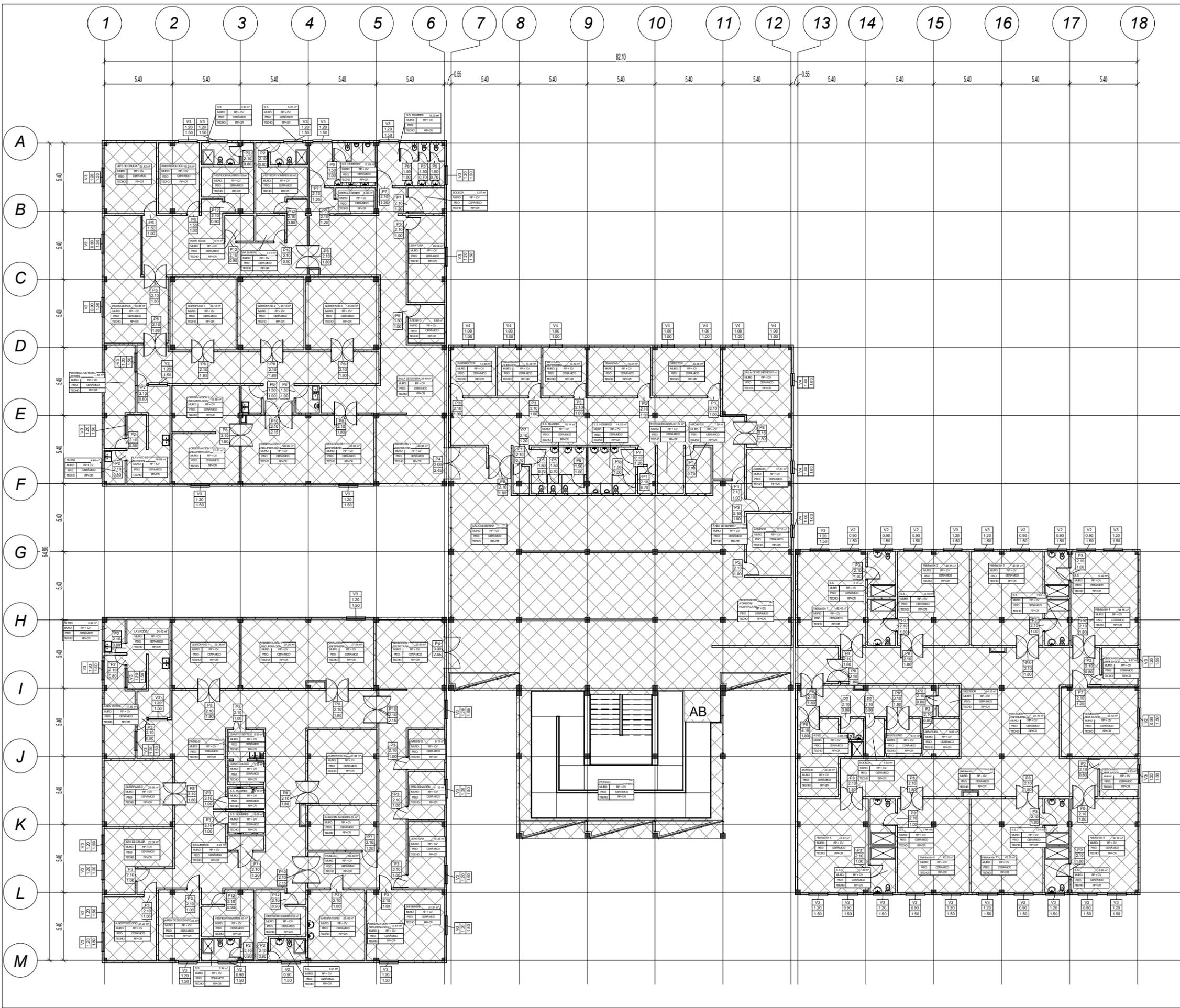
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA	
Escala:	1 : 300	
PLANTA DE ACABADOS - NIVEL 1		
Vo.Bo. Ing. Juan Merck		

1

PLANTA DE ACABADOS - NIVEL 1

1 : 300





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA	
Escala:	1 : 300	
PLANTA DE ACABADOS - NIVEL 2		
Vo.Bo. Ing. Juan Merck		

1 PLANTA ACABADOS - NIVEL 2 (2)
1 : 300



PUERTAS Y VENTANAS

VENTANAS (2)

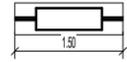
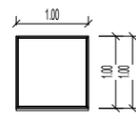
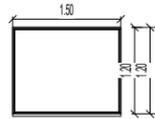
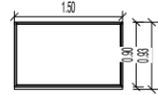
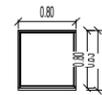
Nivel	Tipo	Cant	Tipo	Anchura	Altura
-------	------	------	------	---------	--------

Nivel 1

Nivel 1	V1	25	V-1 (0.80X0.80 m)	0.80	0.80
Nivel 1	V2	9	V-2 (0.90x1.50 m)	1.50	0.90
Nivel 1	V3	28	V-3 (1.20x1.50 m)	1.50	1.20

Nivel 2

Nivel 2	V2	15	V-2 (0.90x1.50 m)	1.50	0.90
Nivel 2	V3	40	V-3 (1.20x1.50 m)	1.50	1.20
Nivel 2	V4	10	V-4 (1.00x1.00 m)	1.00	1.00

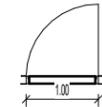
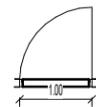
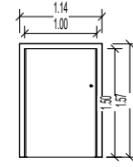
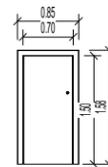
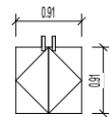
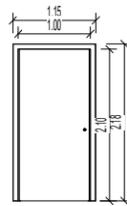
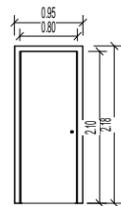
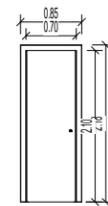


VENTANA V-1
1 : 100

VENTANA V-2
1 : 100

VENTANA V-3
1 : 100

VENTANA V-4
1 : 100



PUERTA P-1
1 : 100

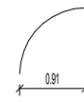
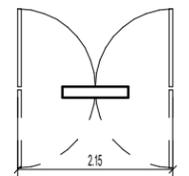
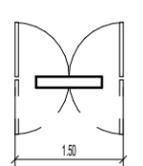
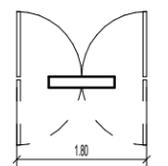
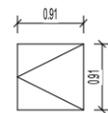
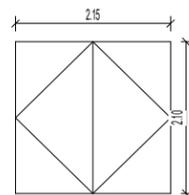
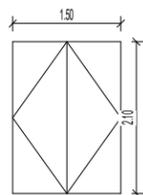
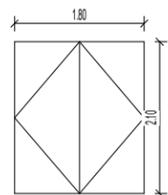
PUERTA P-2
1 : 100

PUERTA P-3
1 : 100

PUERTA P-4
1 : 100

PUERTA P-5
1 : 100

PUERTA P-6
1 : 100



PUERTA P-7
1 : 100

PUERTA P-8
1 : 100

PUERTA P-9
1 : 100

PUERTA P-10
1 : 100

PUERTA P-11
1 : 100

PUERTAS (2)

NOMBRE	CANT	TIPO	ANCHO	ALTO
--------	------	------	-------	------

Nivel 1

P1	6	P-1 (0.70x2.10 m)	0.70	2.10
P2	3	P-2 (0.80x2.10 m)	0.80	2.10
P3	34	P-3 (1.00x2.10 m)	1.00	2.10
P4	1	P-4 (3.00X1.93 m)	1.93	3.00
P4	1	P-4 (3.00X1.93 m)	1.95	3.00
P4	1	P-4 (3.00X1.93 m)	2.00	3.00
P5	8	P-5 (0.70x1.50 m)	0.70	1.50
P6	11	P-6 (1.00x1.50 m)	1.00	1.50
P7	22	P-7 (1.20x2.10 m)	1.20	2.10
P8	4	P-8 (1.80x2.10 m)	1.80	2.10
P9	1	P-9 (1.50x2.10 m)	1.50	2.10
P10	5	P-10 (2.15x2.10 m)	2.15	2.10
P11	1	P-11 (1.13X3.00 m)	1.13	3.00
P11	1	P-11 (1.13X3.00 m)	1.45	3.00

99

Nivel 2

P1	3	P-1 (0.70x2.10 m)	0.70	2.10
P2	16	P-2 (0.80x2.10 m)	0.80	2.10
P3	28	P-3 (1.00x2.10 m)	1.00	2.10
P4	2	P-4 (3.00X1.93 m)	2.45	3.00
P5	4	P-5 (0.70x1.50 m)	0.70	1.50
P6	9	P-6 (1.00x1.50 m)	1.00	1.50
P7	9	P-7 (1.20x2.10 m)	1.20	2.10
P8	26	P-8 (1.80x2.10 m)	1.80	2.10
P10	3	P-10 (2.15x2.10 m)	2.15	2.10
P12	6	P-12 (0.90x2.10 m)	0.90	2.10

106

205

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA
 CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS

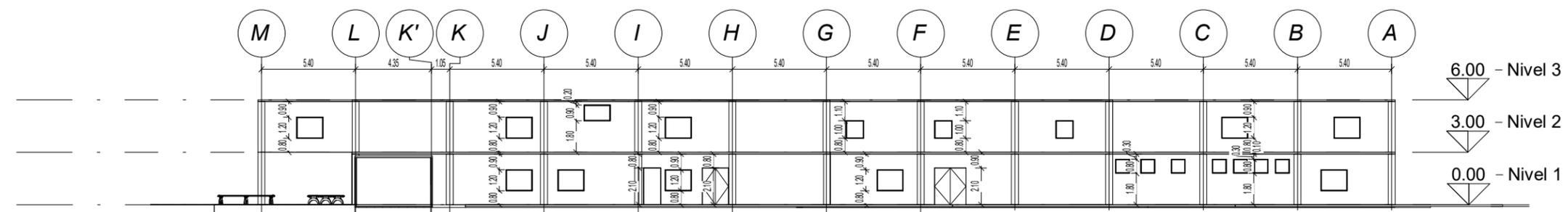
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
 Calculado por: CARLOS MEJÍA
 Dibujado por: CARLOS MEJÍA
 Diseñado por: CARLOS MEJÍA
 Escala: 1 : 300



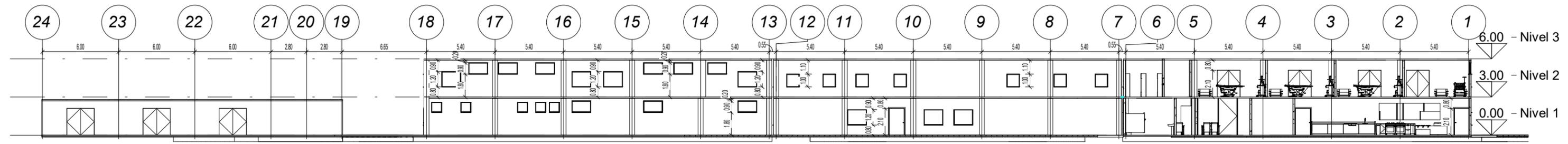
C08

SECCIONES Y ELEVACIONES

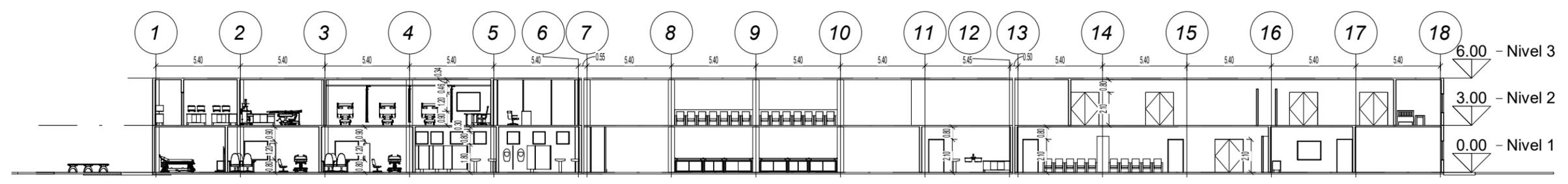
Vo.Bo. Ing. Juan Merck



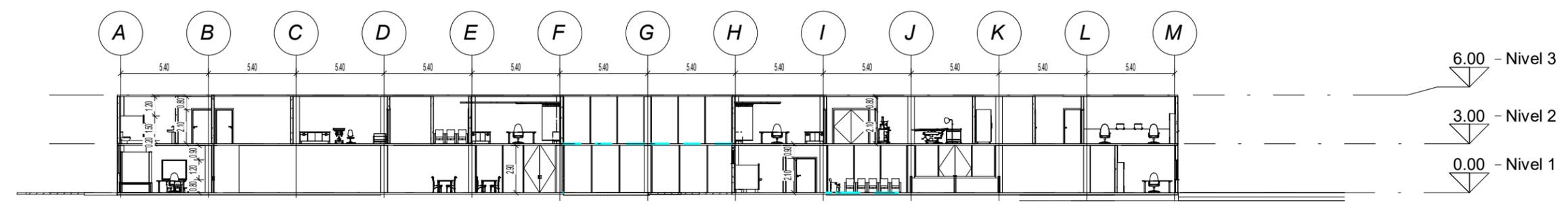
1 ESTE
1 : 300



2 NORTE
1 : 300



3 X-X'
1 : 300



4 Y-Y'
1 : 300

ESPECIFICACIONES

CÓDIGOS USADOS:

- ACI 318-2,014.
- AGIES 2,010.

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS:

- CIMENTACIÓN: $f_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$.
- VIGAS Y LOSAS: $f_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$.
- COLUMNAS: $f_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$.
- MAMPOSTERÍA: $f_m = 50 \text{ Kg/cm}^2$.
- GROUT: $f_c = 120 \text{ Kg/cm}^2$.
- ACERO: $f_y = 4,210 \text{ Kg/cm}^2$.
- ACERO ESTRIBOS: $f_y = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$.

CARGAS DE DISEÑO Y PESOS ESPECÍFICOS GENERALES:

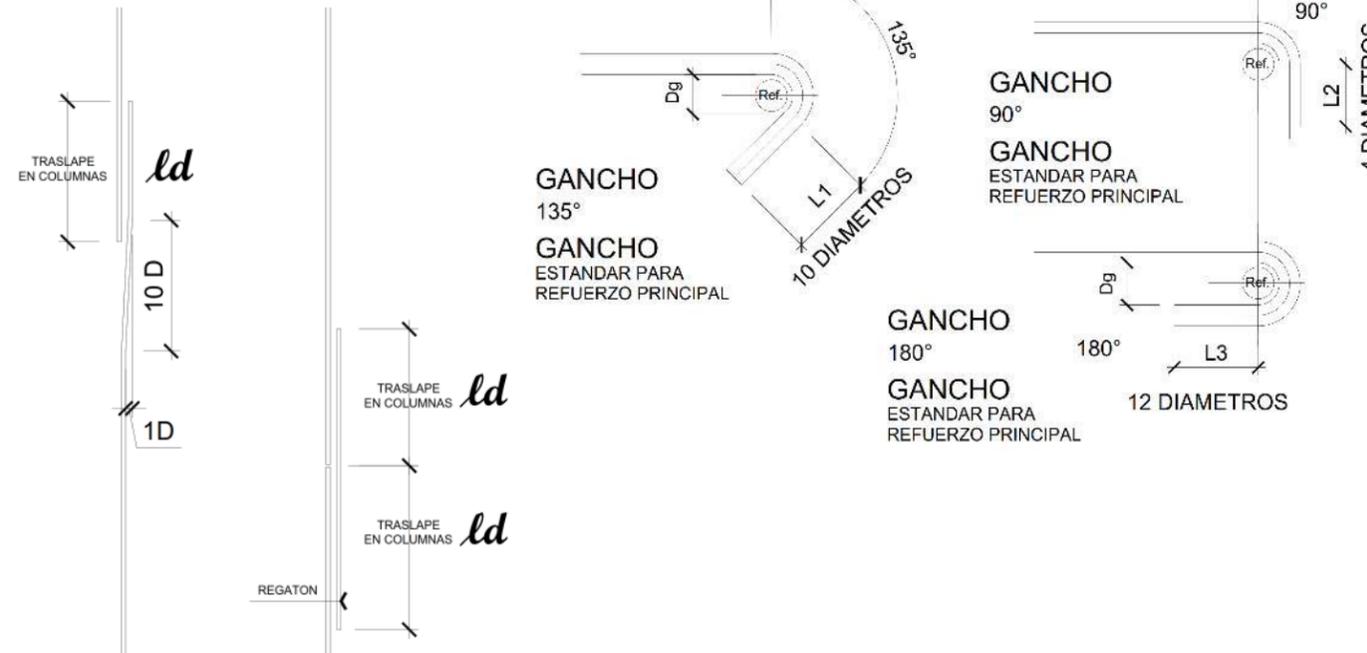
- SOBRECARGA: 90 kg/m^2 .
- MUROS: 75 kg/m^2 .
- ACABADOS: 24 kg/m^2 .
- PISOS: 91 kg/m^2 .
- CONCRETO: $2,400 \text{ kg/m}^3$.
- MAMPOSTERÍA: $1,600 \text{ kg/m}^3$.
- ACERO: $7,840 \text{ kg/m}^3$.
- SUELO: $1,640 \text{ kg/m}^2$.
- V.S: 35 Ton/m^2 .

NOTAS:

- NO SE TRASLAPARÁN MÁS DEL 50% DE LAS BARRAS EN UNA SECCIÓN DADA.
- LOS TRASLAPES DEBERÁN COLOCARSE EN EL TERCIO MEDIO DE LA ALTURA LIBRE DE LAS COLUMNAS.
- EL CONCRETO NO ES UN MATERIAL IMPERMEABLE, POR LO QUE ES NECESARIO UNA IMPERMEABILIZACIÓN FINAL.
- SOBRE LAS SUPERFICIES ESTRUCTURALES DE CONCRETO NO PUEDE COLOCARSE DIRECTAMENTE PISOS.
- EL CONCRETO ESTRUCTURAL SIEMPRE PRESENTA CIERTO GRADO DE FISURACIÓN, EL CUAL ESTÁ CONTEMPLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO REFORZADO.
- TODAS LAS LOSAS EXPUESTAS A LA INTEMPERIE DEBEN DE SER TRATADAS CON UN IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL.
- LAS LOSAS INTERIORES O EXTERIORES ALISADAS DEBERÁN SER HIDRATADAS CONSTANTEMENTE EN LA ESPERA DE SU ALISADO FINAL.
- VERIFICAR EL VALOR SOPORTE, PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN CON STP DINÁMICO.

TRASLAPE EN COLUMNAS		TRASLAPE EN VIGAS		
No.	LONGITUD	No.	INFERIOR	EXTERIOR
3	0.30	3	0.30	0.30
4	0.40	4	0.40	0.50
5	0.50	5	0.50	0.60
6	0.90	6	0.90	1.20
7	1.05	7	1.05	1.35
8	1.20	8	1.20	1.55
9	1.35	9	1.35	1.75

GANCHOS DE REFUERZOS				
No.	Dg.	L1	L2	L3
2	0.04	0.05	0.05	0.05
3	0.06	0.10	0.15	0.10
4	0.08	0.15	0.20	0.10
5	0.10	0.16	0.20	0.10
6	0.12	---	0.25	0.10
7	0.14	---	0.30	0.10
8	0.16	---	0.35	0.10
9	0.23	---	0.35	0.10
10	0.26	---	0.40	0.10
11	0.29	---	0.45	0.10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	C09
Escala:		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Vo.Bo. Ing. Juan Merck		

NOTAS

RECUBRIMIENTOS:

- CIMENTOS: 7.50 cm
- COLUMNAS: 4.00 cm
- SOLERAS Y MOCHETAS: 2.50 cm
- VIGAS: 4.00 cm
- LOSAS: 2.50 cm

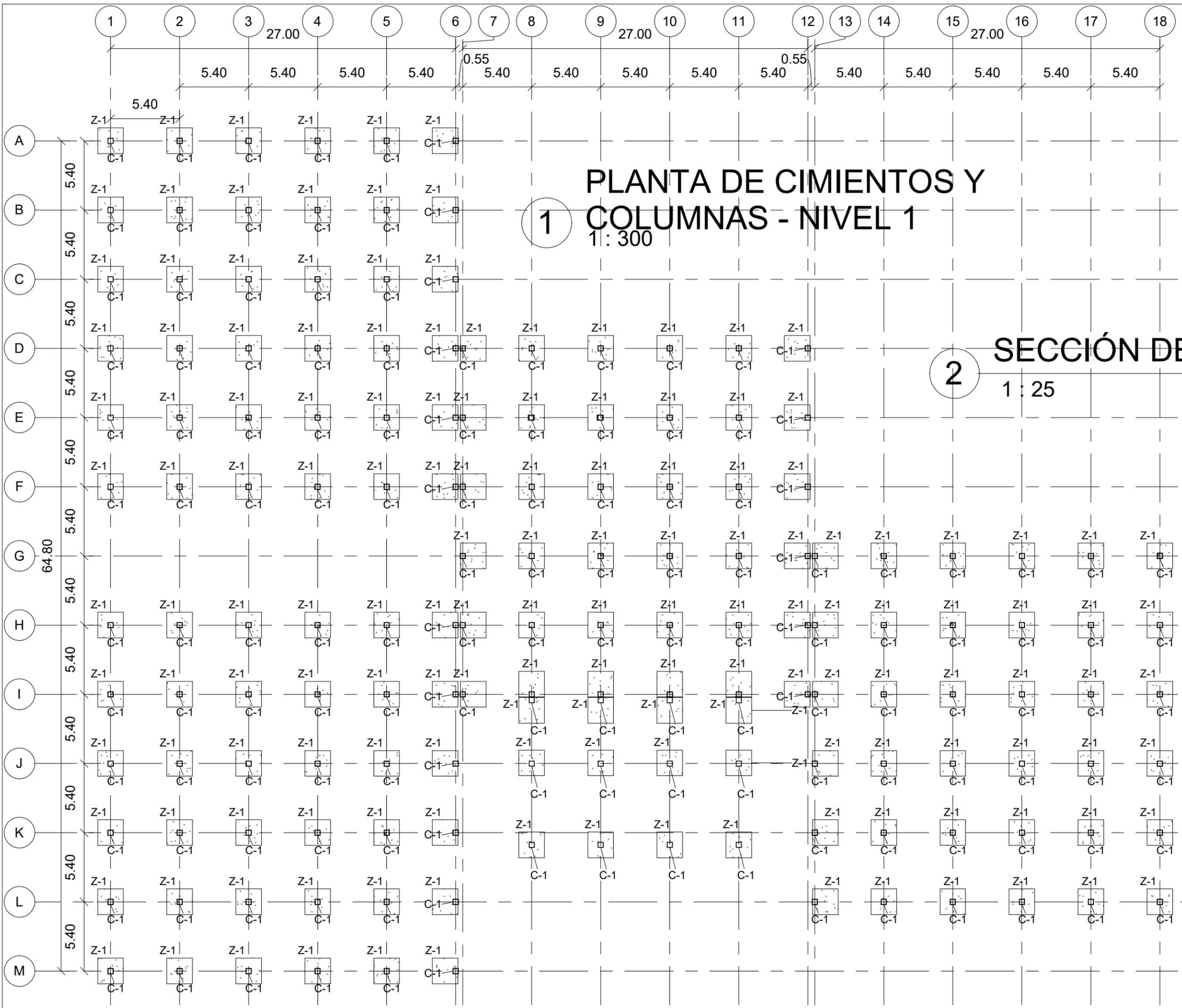
AGREGADOS:

- CIMENTACIONES: $3/4"$
- COLUMNAS: $1/2"$
- VIGAS Y LOSAS: $3/8"$
- GROUT: $1/4"$

PRUEBAS MÍNIMAS DE LABORATORIO:

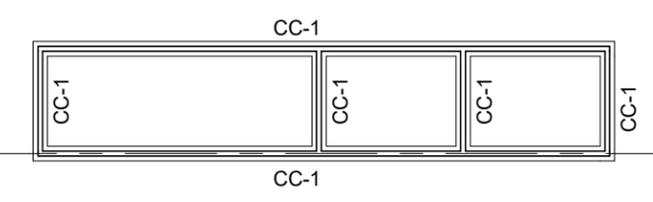
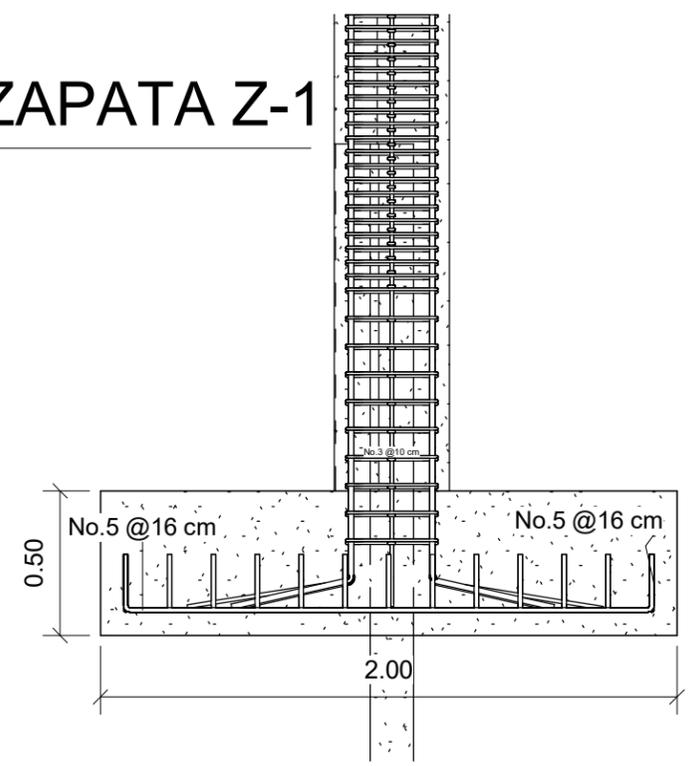
- CONCRETO: 1 ENSAYO CADA 30 m^3 .
1 SLUMP CADA $10 \text{ m}^3 - 4"$.
- ACERO: 1 ENSAYO CADA 100 qq .
- MAMPOSTERÍA: 1 ENSAYO CADA $1,000 \text{ U}$.
- GROUT: CILINDRO CADA 10 m^3 .
1 SLUMP CADA $10 \text{ m}^3 - 8"$.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA	
Escala:	Como se indica	
C10		
PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNA - NIVEL 1		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		

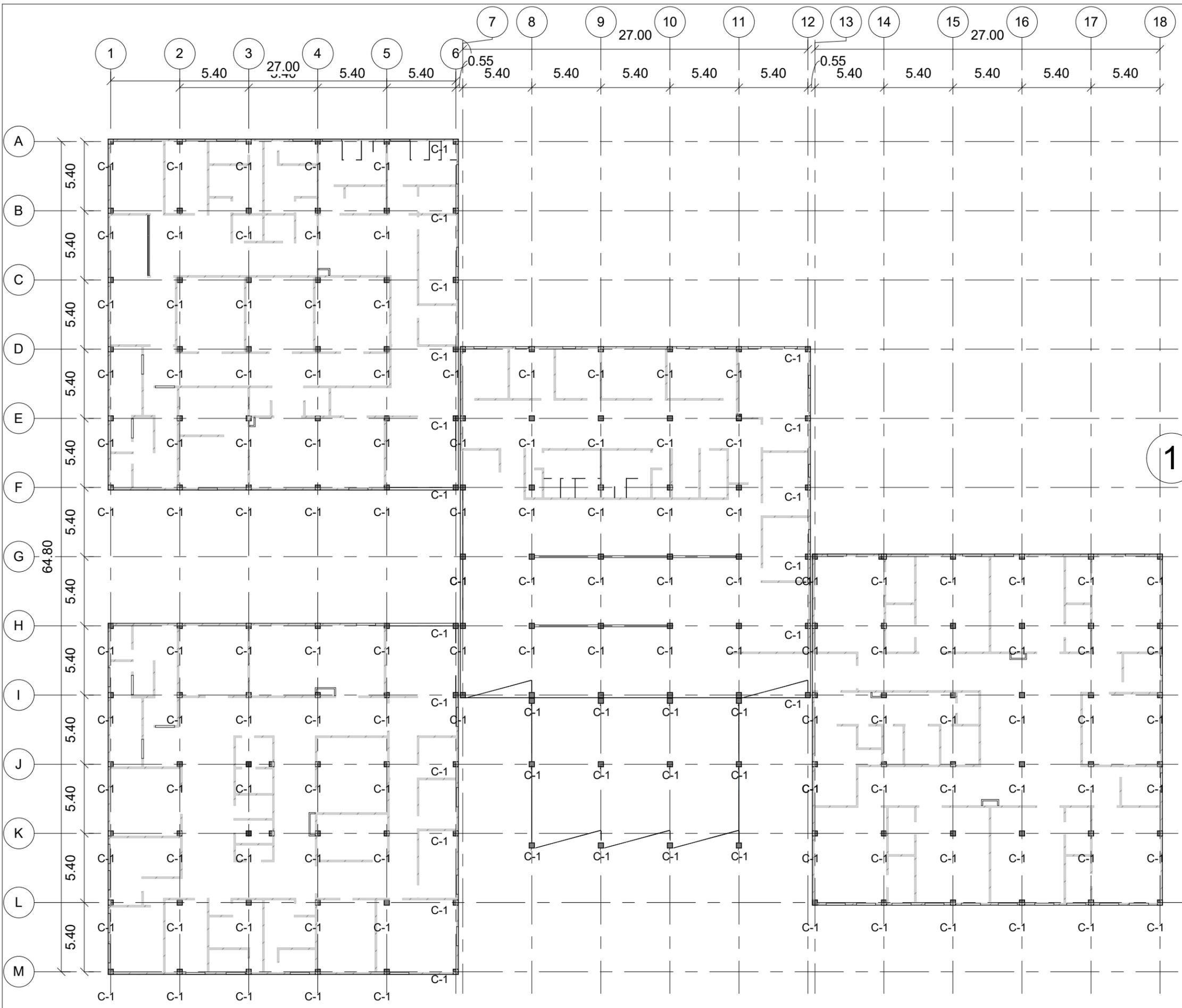


1 PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS - NIVEL 1
1 : 300

2 SECCIÓN DE ZAPATA Z-1
1 : 25



VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09



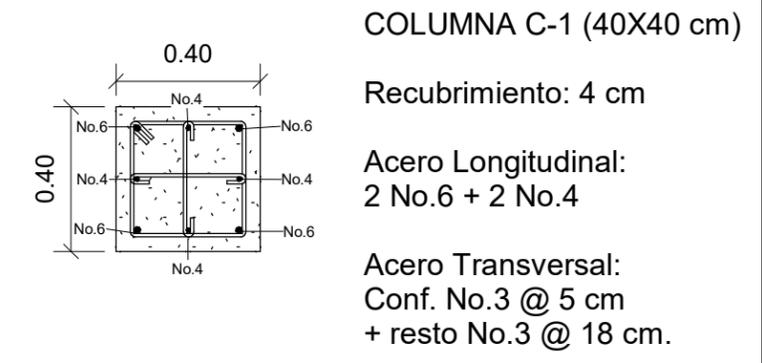
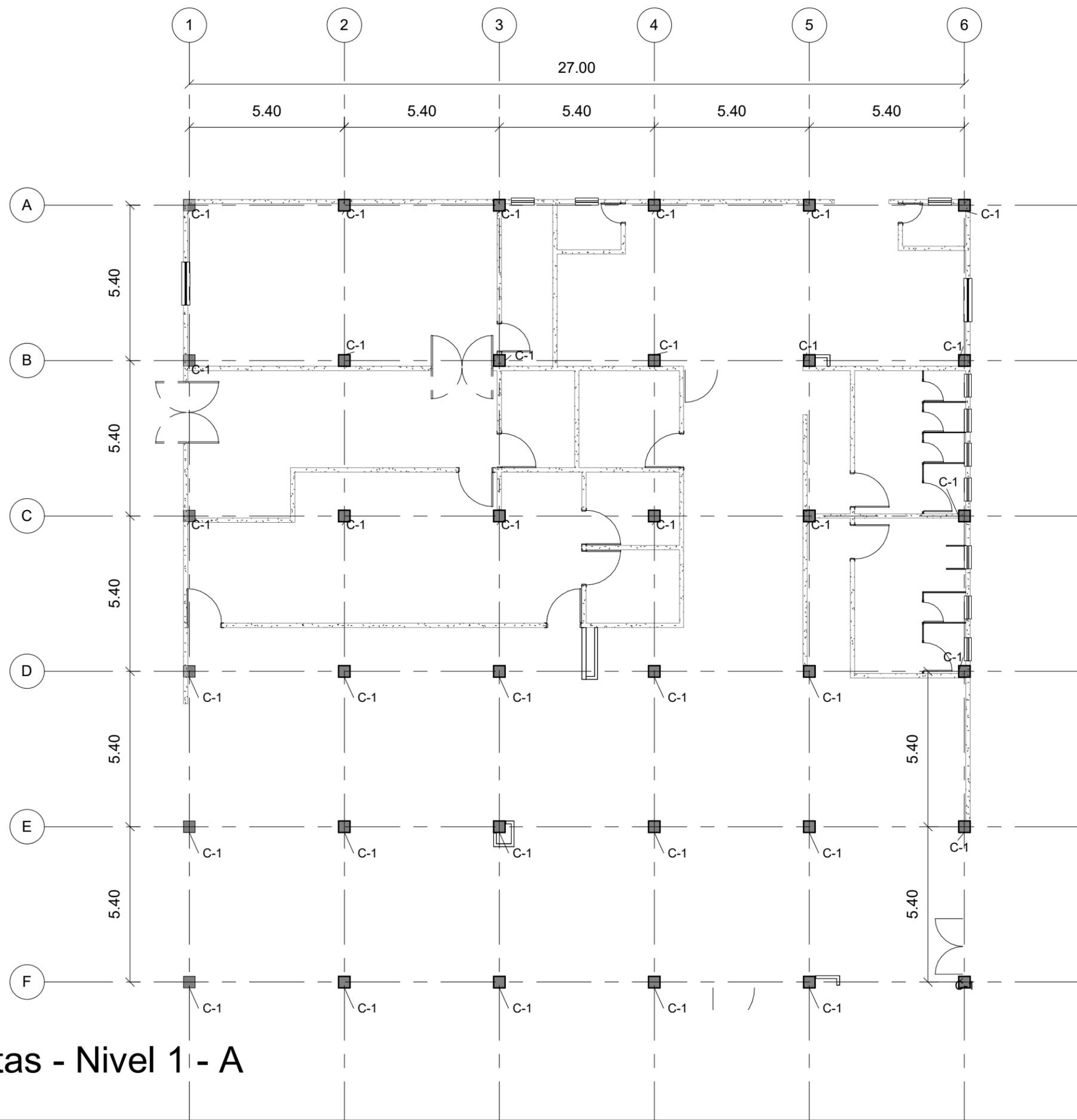
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		C11
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN		
LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA		
CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA	
Escala:	1 : 300	
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 2		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		

PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 2

1 : 300

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	C12
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	Como se indica	
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 1 - MÓDULO A		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		

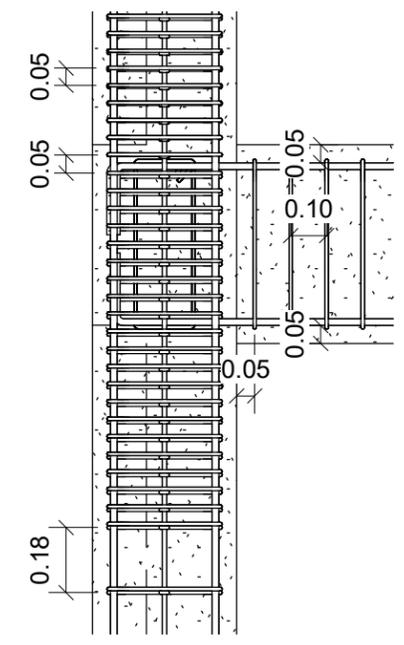
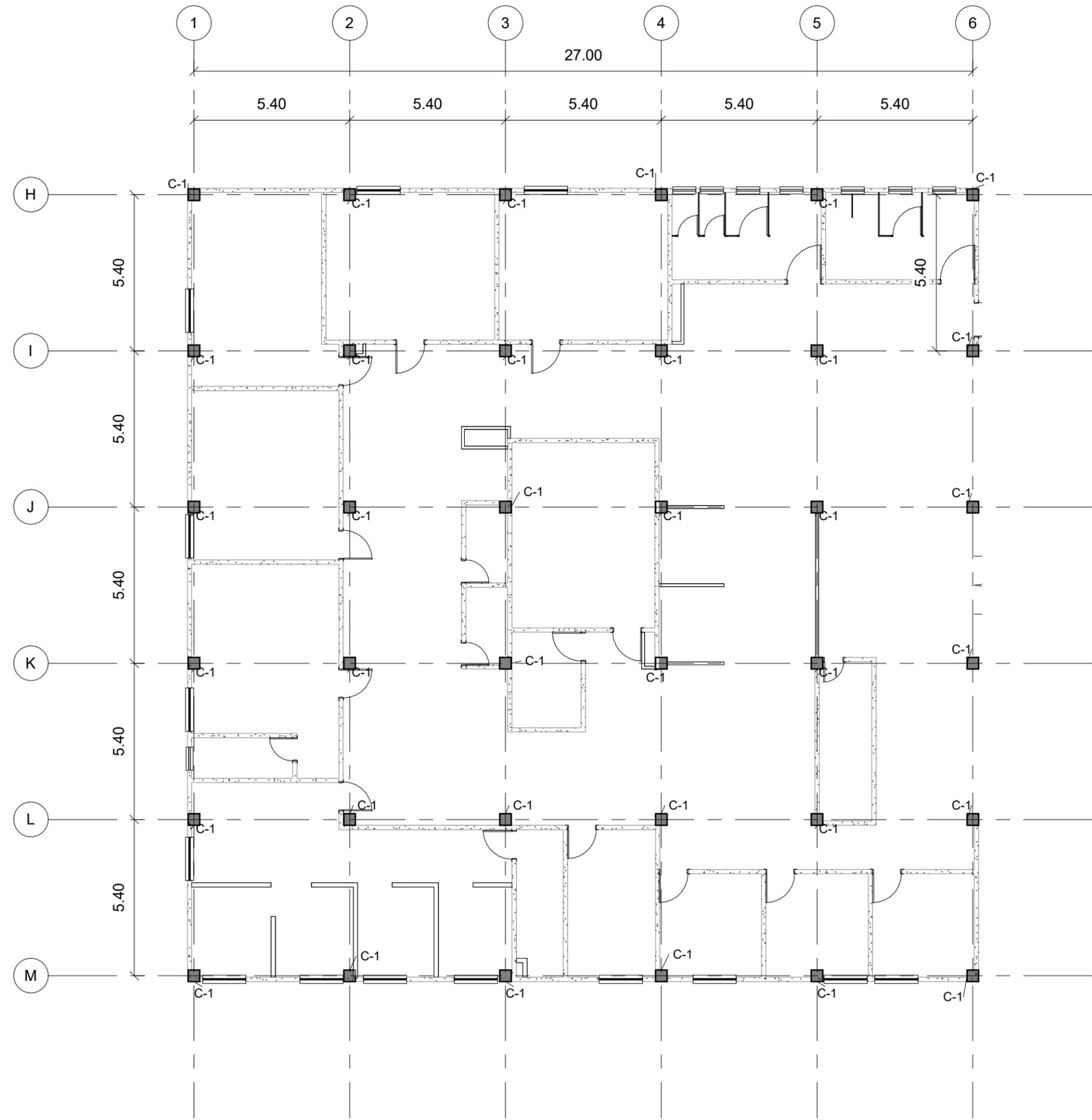


2 COLUMNA C-1
1 : 20

1 Mochetas - Nivel 1 - A
1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	Como se indica	
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 1 - MÓDULO B		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		

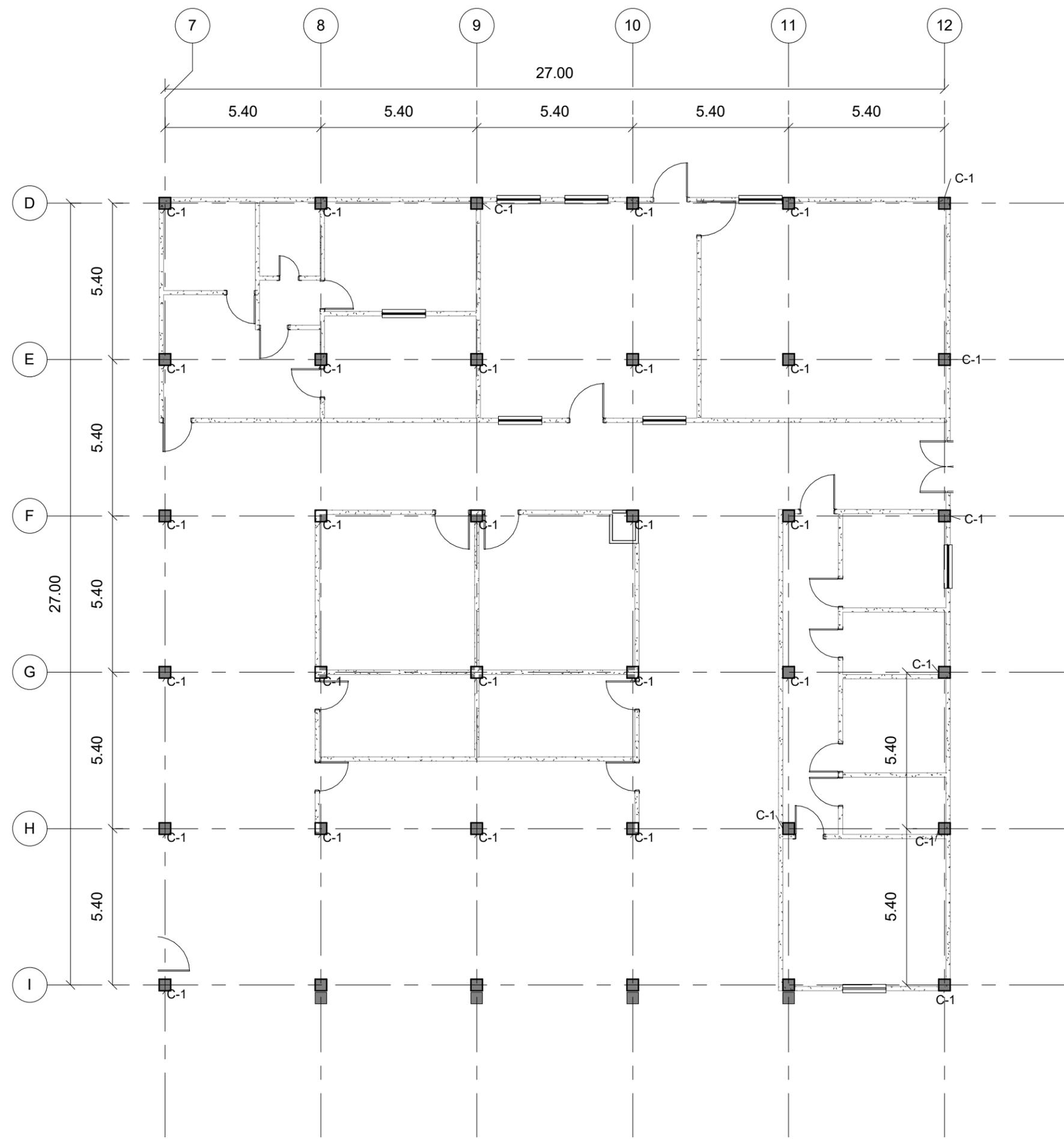


2 NUDO SÍSMICO
1 : 20

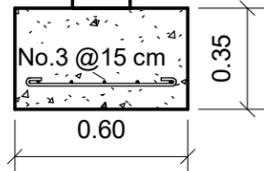
1 Mochetas - Nivel 1 - B
1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	Como se indica	
C14		
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 1 - MÓDULO C		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		



2 **CC-1**
1 : 25



CIMIENTO CORRIDO CC-1
(60X35 cm)

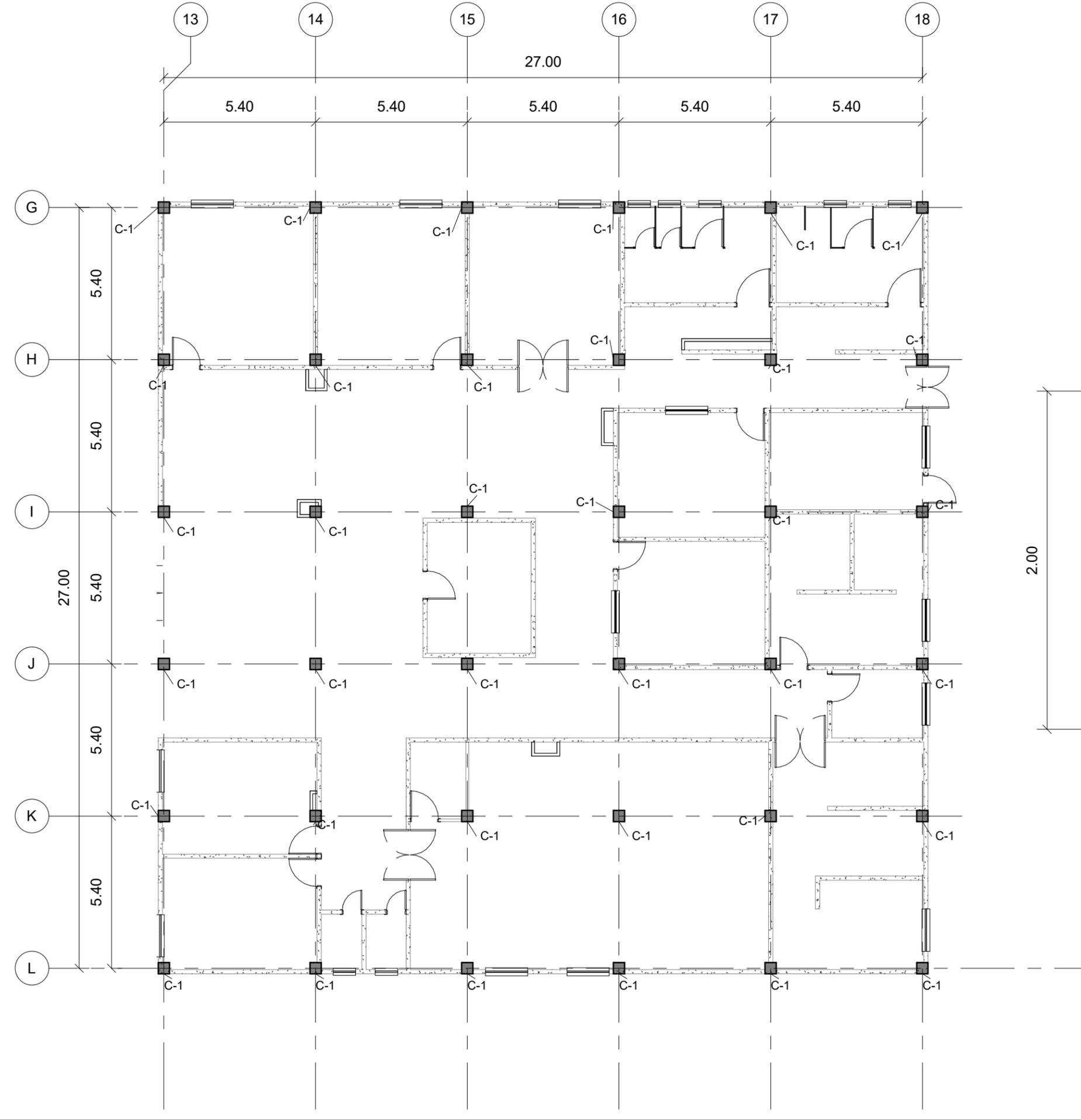
Recubrimiento: 7 cm

Acero Longitudinal:
5 No.3

Acero Transversal:
No.3 @ 15 cm

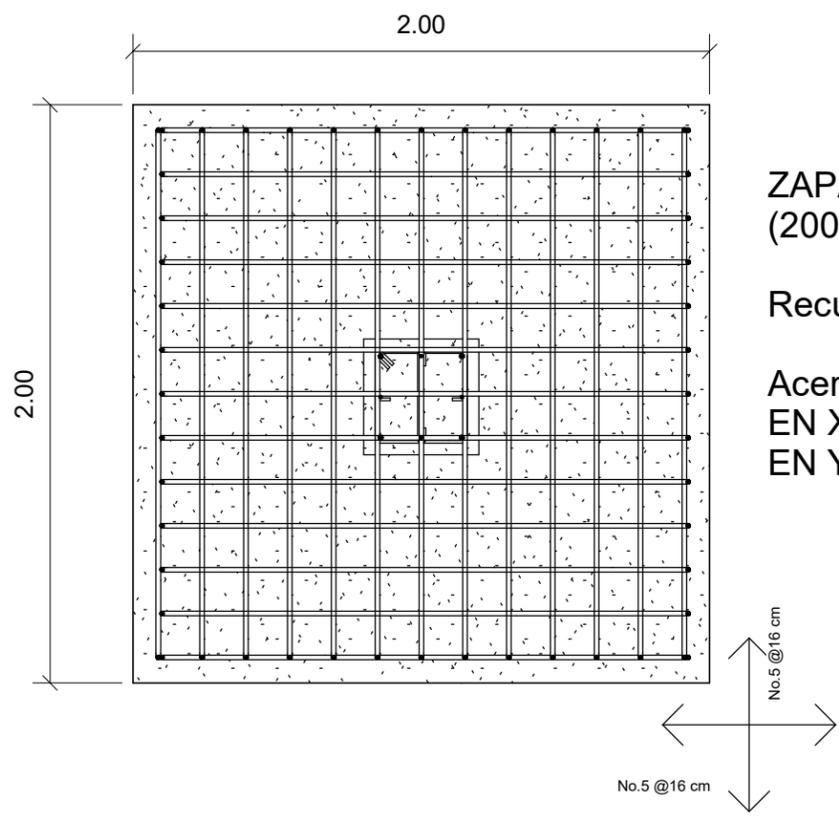
1 **Columnas - Nivel 1 - C**
1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	Como se indica	
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 1 - MÓDULO D		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		

C15



ZAPATA Z-1
(200X200 cm)

Recubrimiento: 7.5 cm

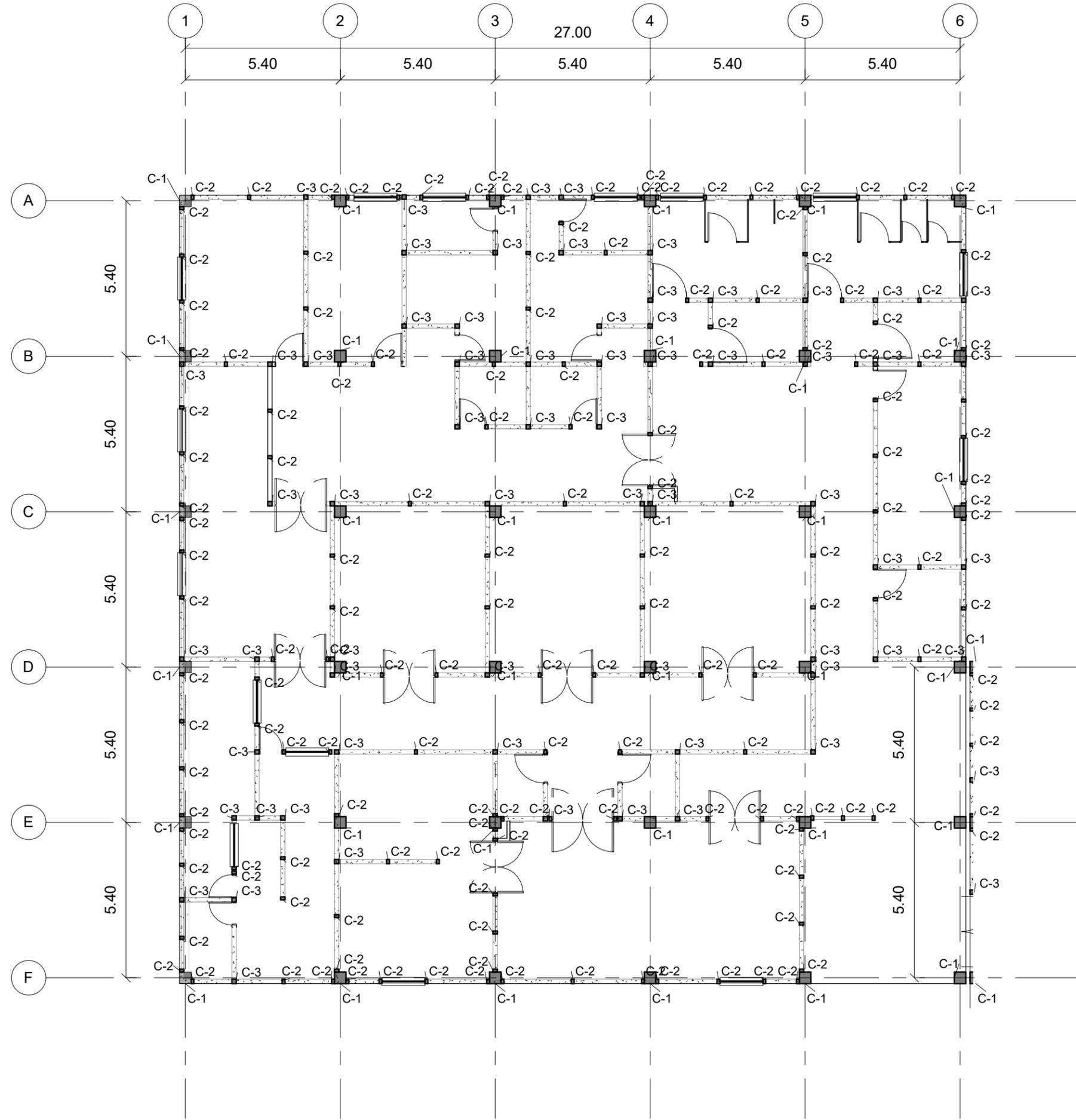
Acero Longitudinal:
EN X: No.5 @ 16 cm
EN Y: No.5 @ 16 cm

2 ZAPATAS Z-1
1 : 25

1 Columnas- Nivel 1 - D
1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	1 : 150	
C16		
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 2 - MÓDULO A		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		



1

Mochetas A - Nivel 2 - A

1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

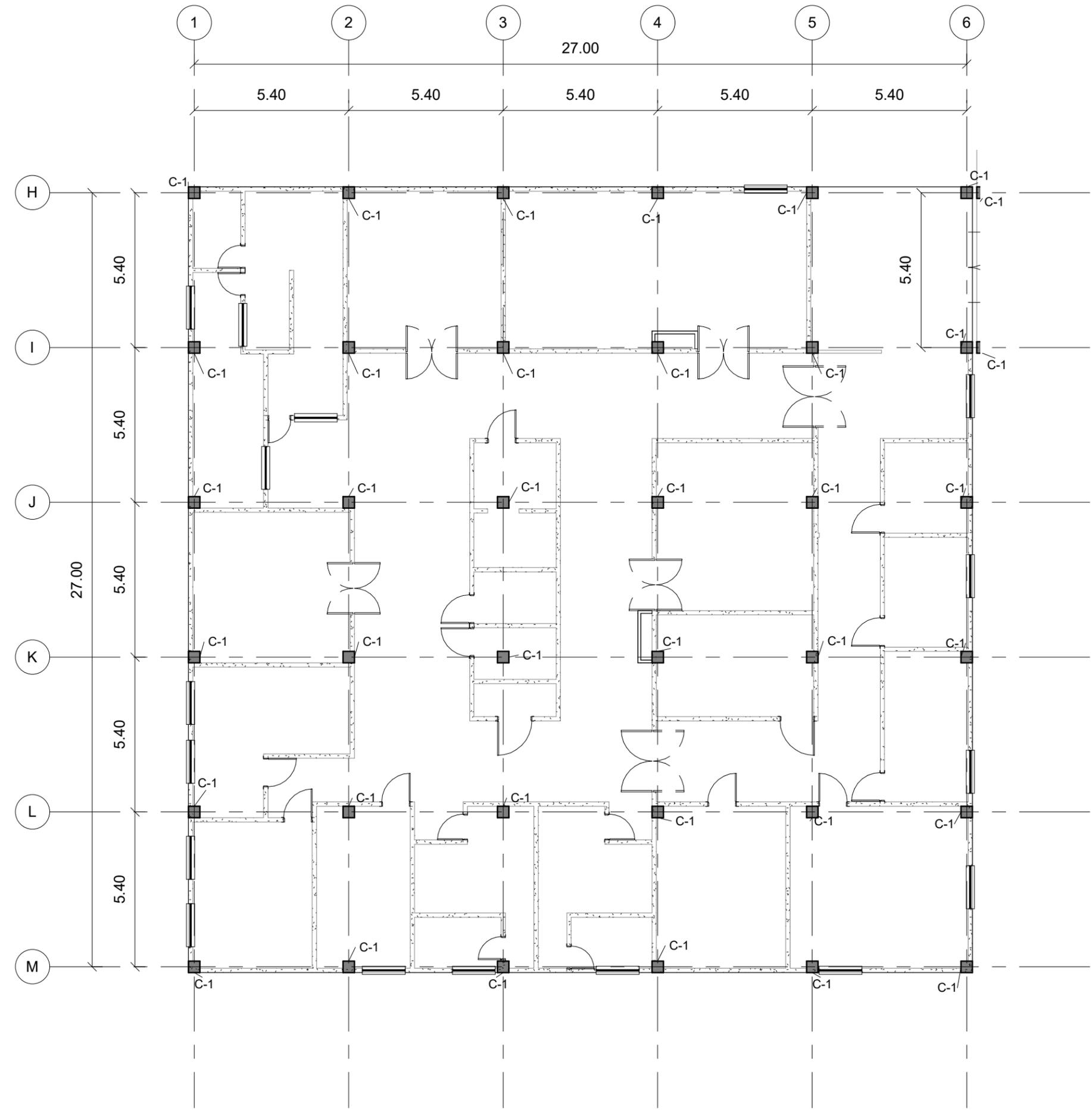


Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	Autorizador
Dibujado por:	Autor
Diseñado por:	Diseñador
Escala:	1 : 150

C17

PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 2 - MÓDULO B

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

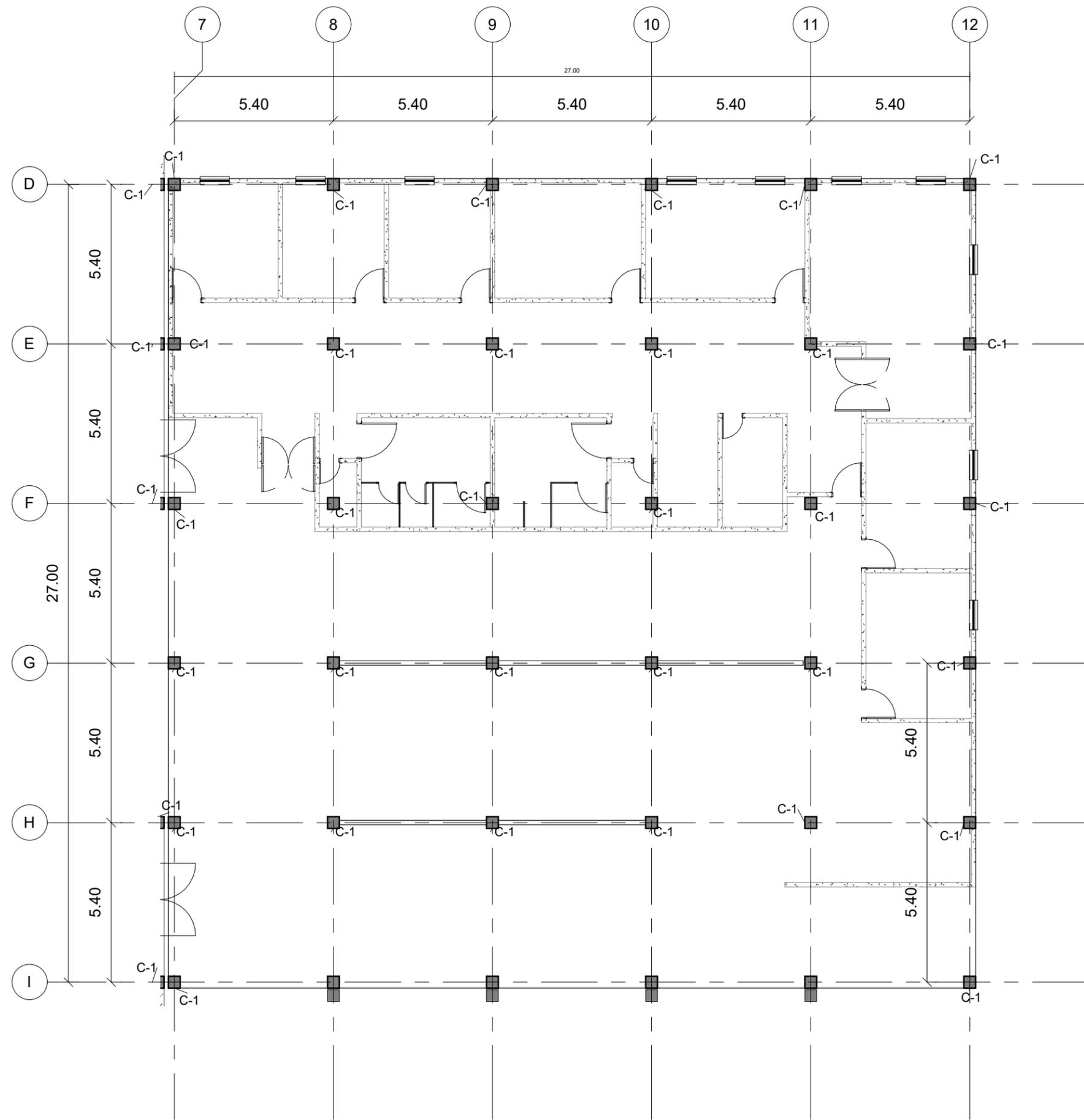


1

Columnas A - Nivel 2 - B

1 : 150

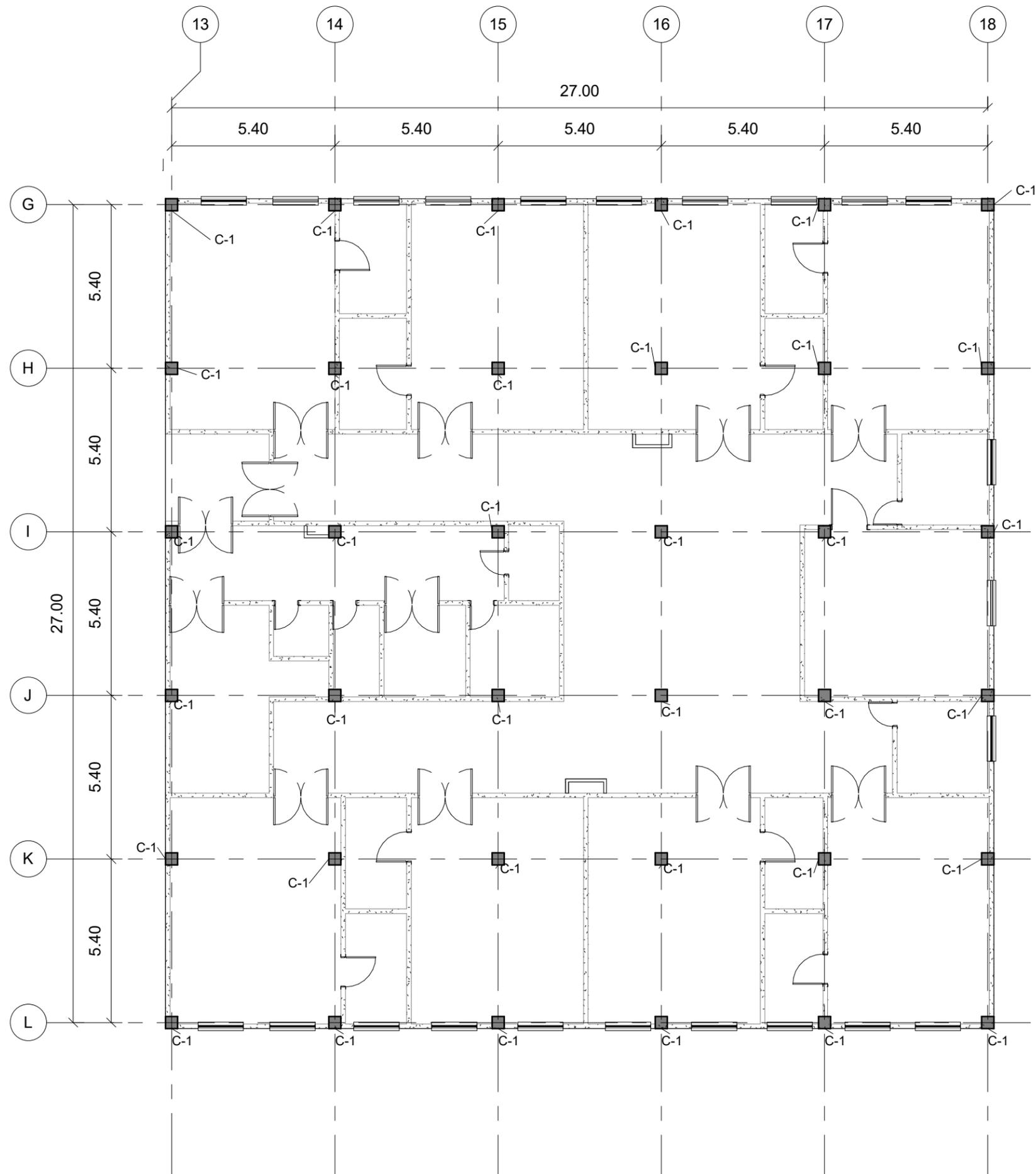
VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
 PLANO E09



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	C18
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	1 : 150	
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 2 - MÓDULO C		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		

1 Columnas A - Nivel 2 - C
1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

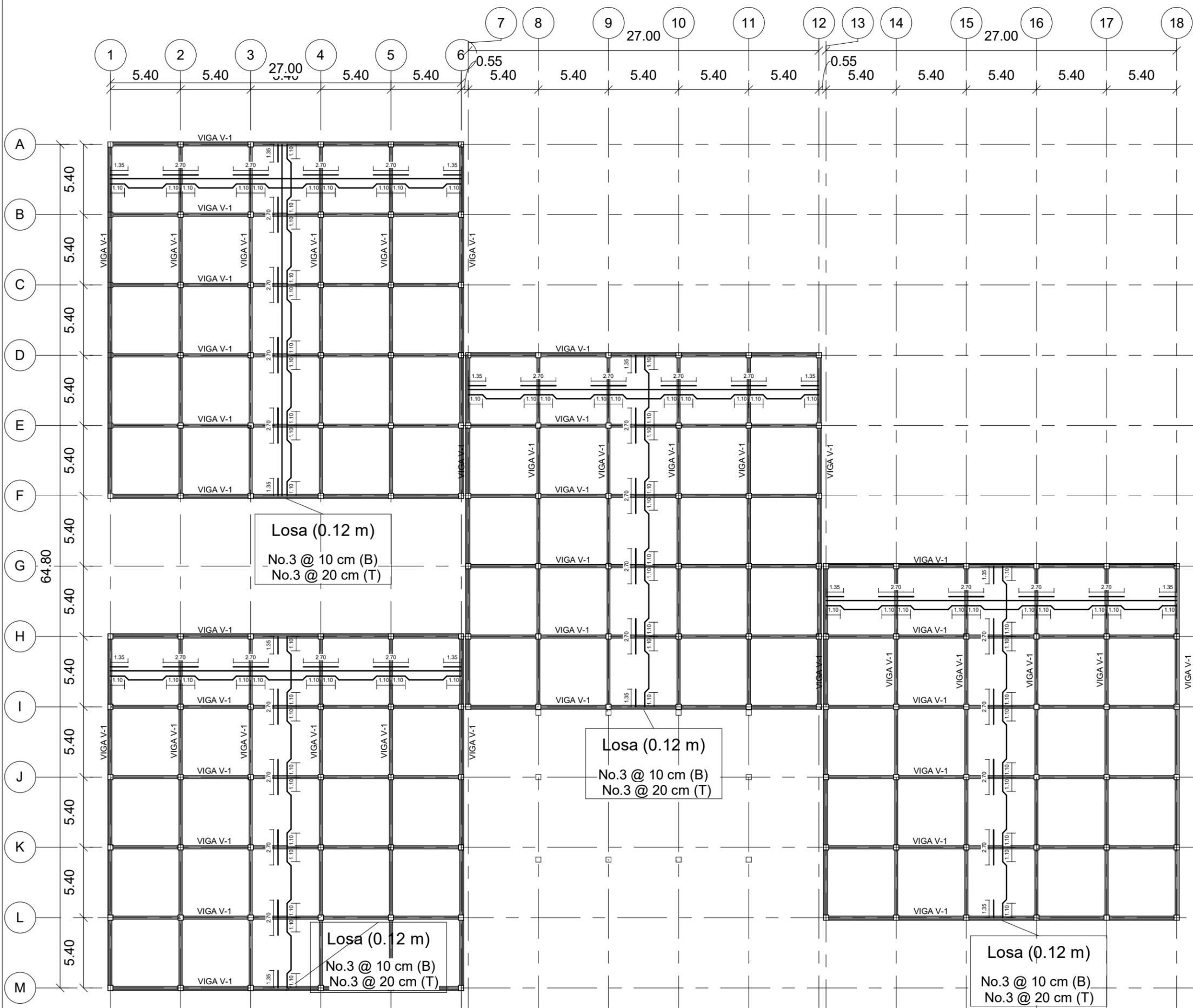


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	Autorizador	
Dibujado por:	Autor	
Diseñado por:	Diseñador	
Escala:	1 : 150	
C19		
PLANTA DE COLUMNAS - NIVEL 2 - MÓDULO D		
Vo.Bo. Ing. Juan Merck		

1 Columnas A - Nivel 2 - D
1 : 150

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

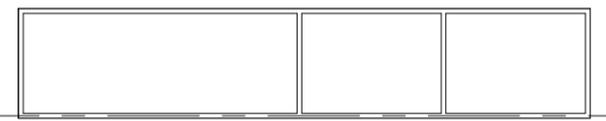
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA, GUATEMALA CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA	
Escala:	1 : 300	
PLANTA DE VIGAS Y LOSAS - NIVEL 1		
<small>Vo.Bo. Ing. Juan Merck</small>		



1 PLANTA DE VIGAS Y LOSAS - NIVEL 1

1 : 300

- ARMADO DE LOSA:**
- RIELES: No.3 @20 cm
 - BASTONES A L/4: No.3 @20 cm
 - TENSIONES A L/5: No.3 @20 cm



VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
PLANO E09

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA,
 GUATEMALA
 CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS

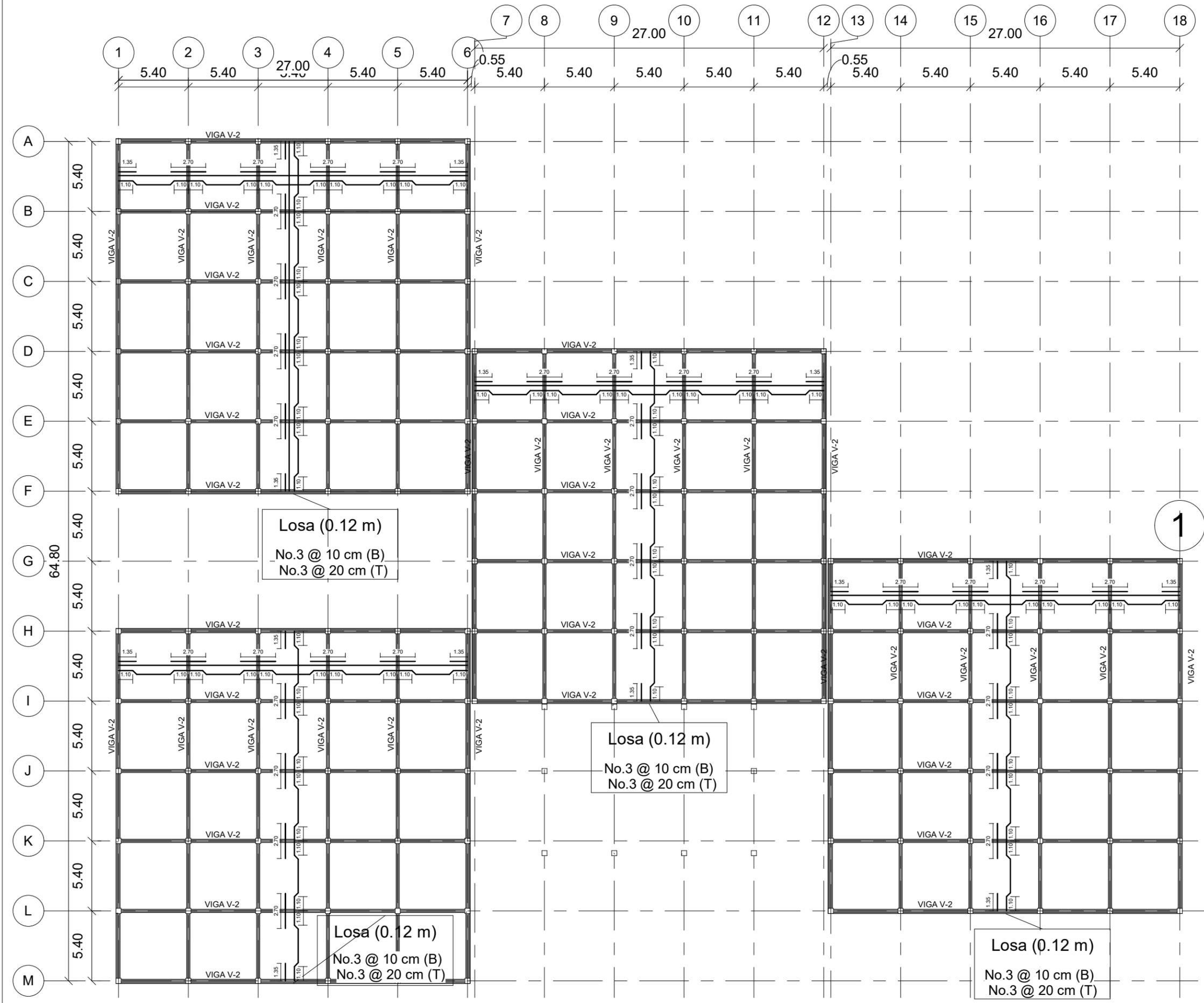
Fecha: SEPTIEMBRE 2019
 Calculado por: CARLOS MEJÍA
 Dibujado por: CARLOS MEJÍA
 Diseñado por: CARLOS MEJÍA
 Escala: 1 : 300



C21

PLANTA DE VIGAS Y LOSAS - NIVEL 2

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



VIGAS Y LOSAS - NIVEL 2
 1 : 300

ARMADO DE LOSA:

- RIELES: No.3 @20 cm
- BASTONES A L/4: No.3 @20 cm
- TENSIONES A L/5: No.3 @20 cm

VER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
 PLANO E09

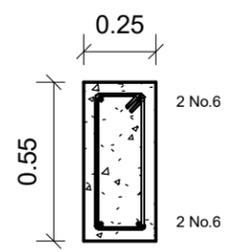


Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	Como se indica

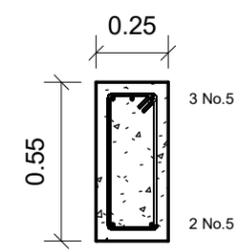
C22

SECCIONES Y DETALLES

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



VIGA V-1 (55X25 cm)
 Recubrimiento: 4 cm
 Acero:
 VER SECCIÓN DE MARCO.



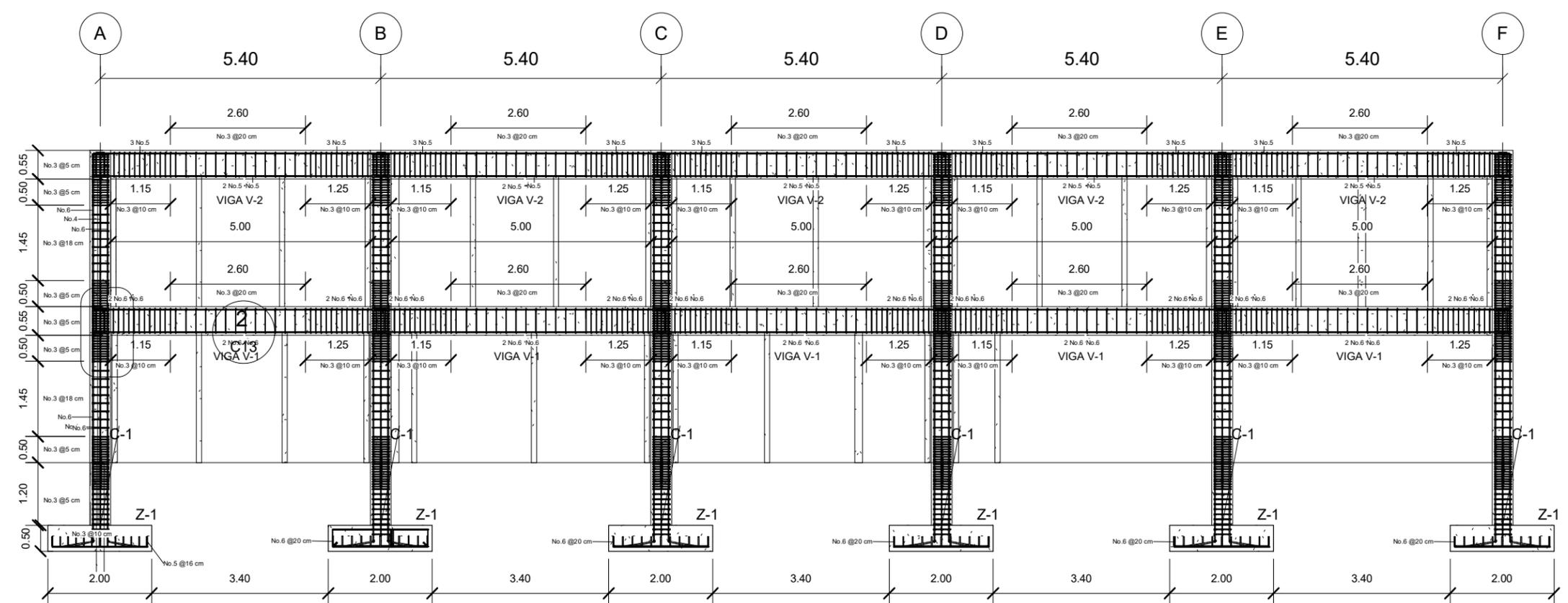
VIGA V-2 (55X25 cm)
 Recubrimiento: 4 cm
 Acero:
 VER SECCIÓN DE MARCO.

2

VIGA V-1
 1 : 25

3

VIGAS V-2
 1 : 25



SECCIÓN DE MARCO
 TÍPICO
 1 : 100

1



Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	

C23

PLANO DE GRADAS

Vo.Bo. Ing. Juan Merck

ESPECIFICACIONES LOSA:

CONCRETO:
 281 Kg/cm²

ACERO:
 4,210 Kg/cm²

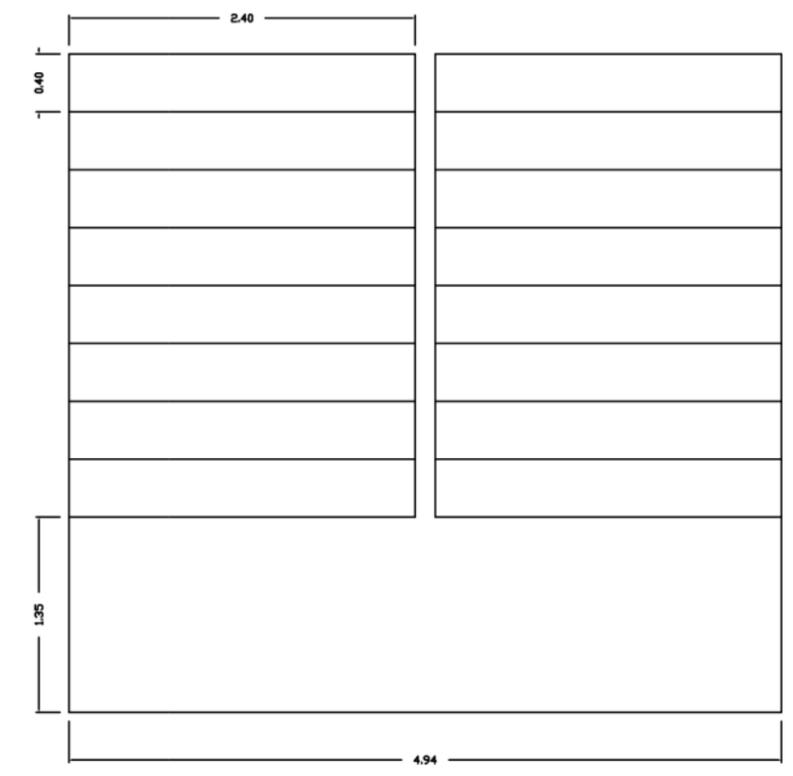
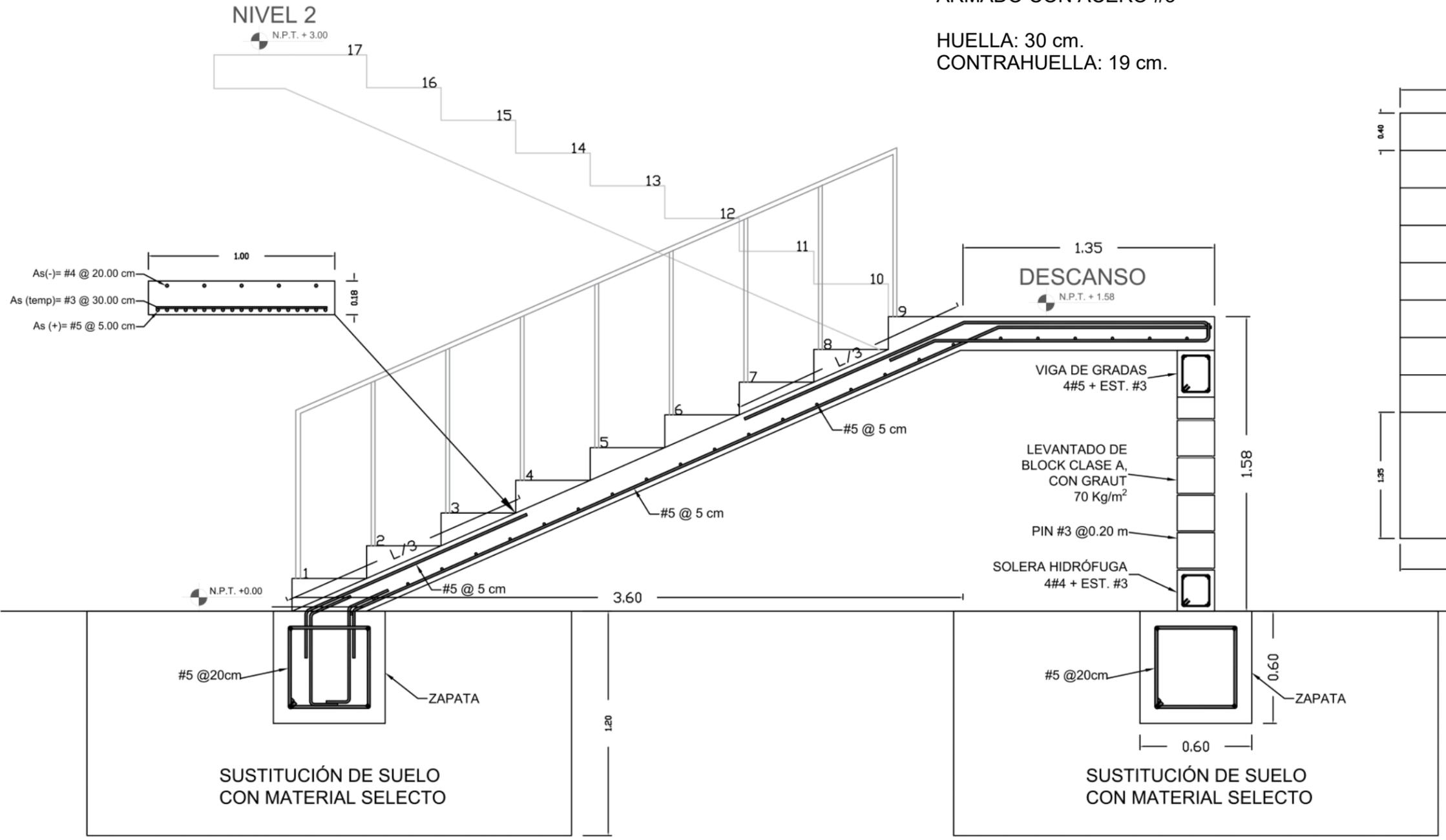
ESPEJOR DE LOSA: 16 cm.

ARMADO DE LOSA:
 #4 @ 20 cm.

GRADAS:

ARMADO CON ACERO #3

HUELLA: 30 cm.
 CONTRAHUELLA: 19 cm.



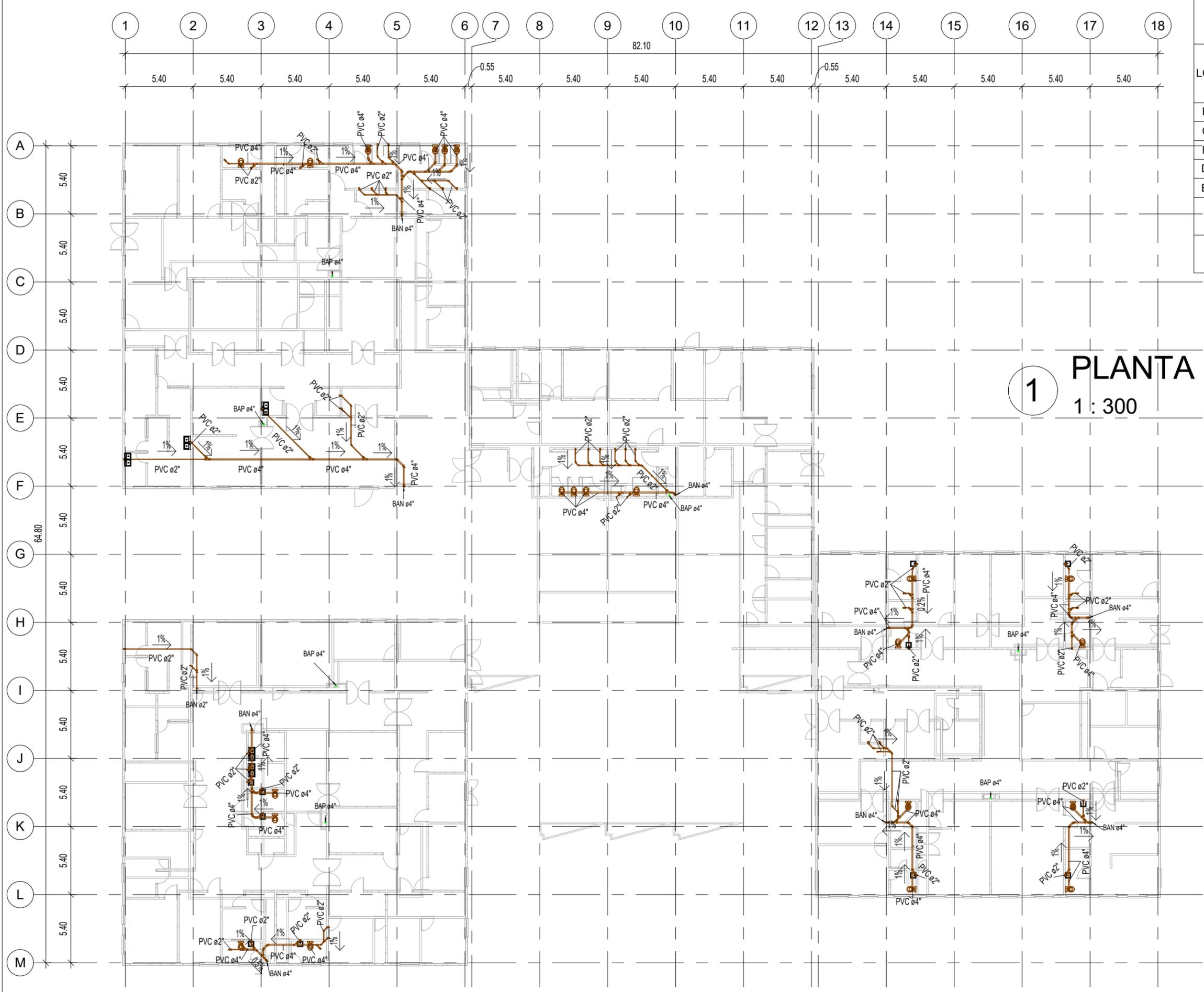
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN	
LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA	
CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS	
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	1 : 300



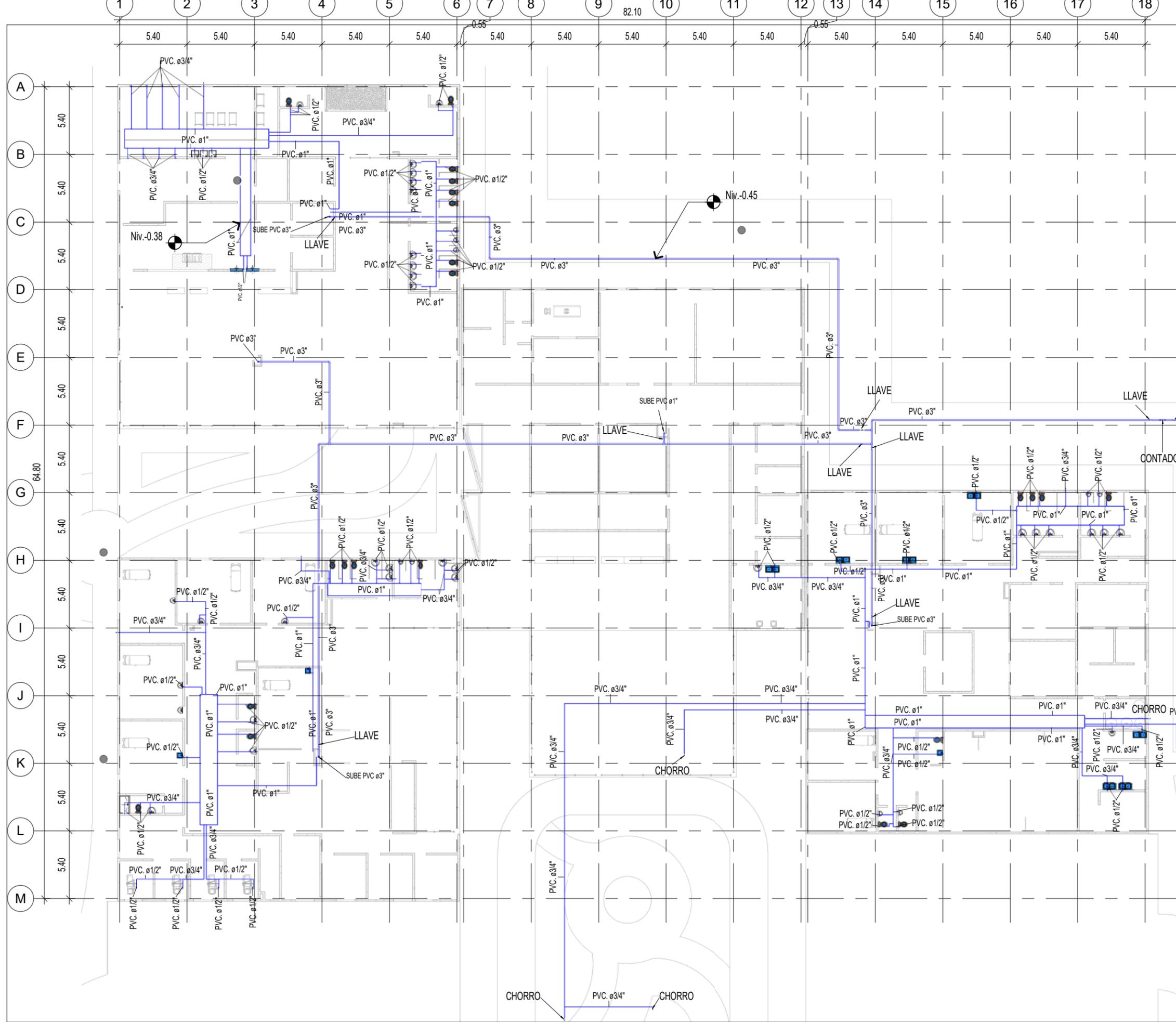
C25

PLANTA DE DRENAJES - NIVEL 2

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1 PLANTA DE DRENAJES - NIVEL 2
1 : 300



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN		
LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA		
CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS		
Fecha:	SEPTIEMBRE 2019	
Calculado por:	CARLOS MEJÍA	
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA	
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA	
Escala:	1 : 300	

C26

PLANTA DE AGUA POTABLE - NIVEL 1

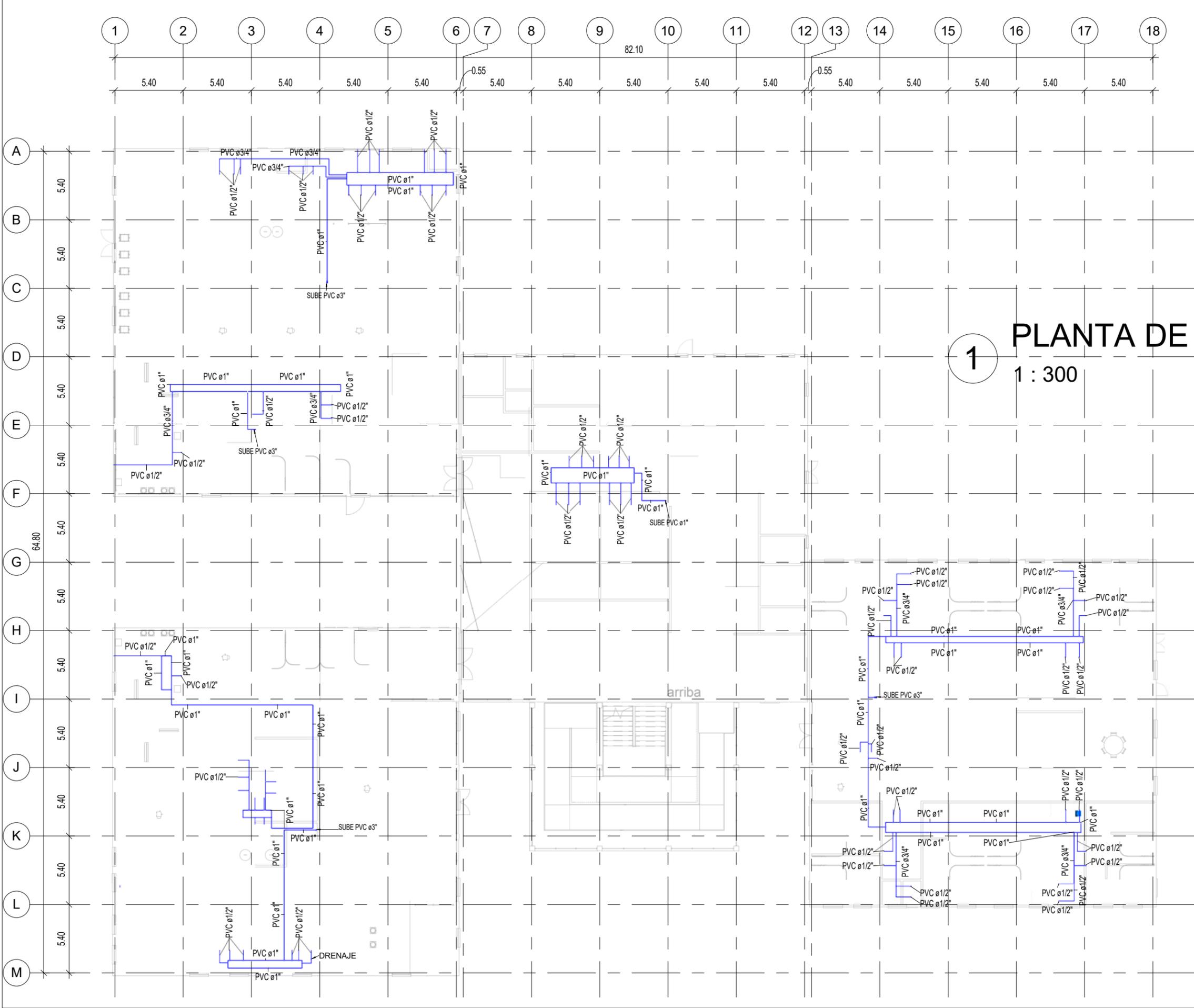
Vo.Bo. Ing. Juan Merck



C27

PLANTA DE AGUA POTABLE - NIVEL 2

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1 PLANTA DE AGUA POTABLE - NIVEL 2
 1 : 300

SIMBOLOGÍA

	TUBERÍA PVC DE DIÁMETRO INDICADO.
	CODO PVC A 90 GRADOS, VERTICAL.
	CODO PVC A 90 GRADOS, HORIZONTAL.
	TEE PVC A 90 GRADOS.
	REDUCIDOR.
	CHORRO.
	LLAVE DE GLOBO.
	LLAVE DE PASO.
	LLAVE DE CHEQUE.
	CONTADOR.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA
 CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS

Fecha: SEPTIEMBRE 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

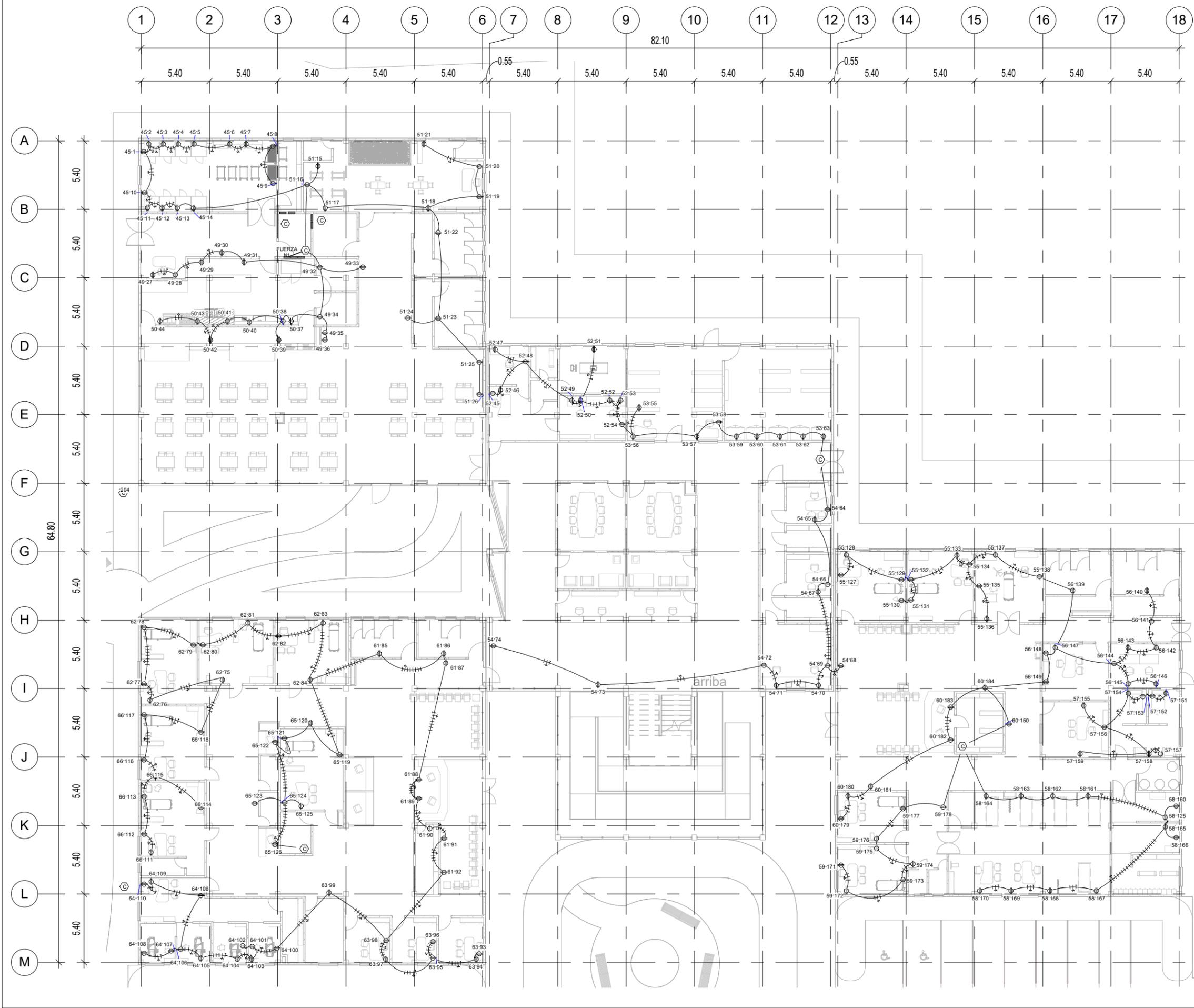
Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: Como se indica

C28

PLANTA ELÉCTRICA DE FUERZA - NIVEL 1

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



SIMBOLOGÍA

	CABLE CONDUCTOR NEUTRO
	CABLE CONDUCTOR POSITIVO
	TOMACORRIENTE 110 V.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

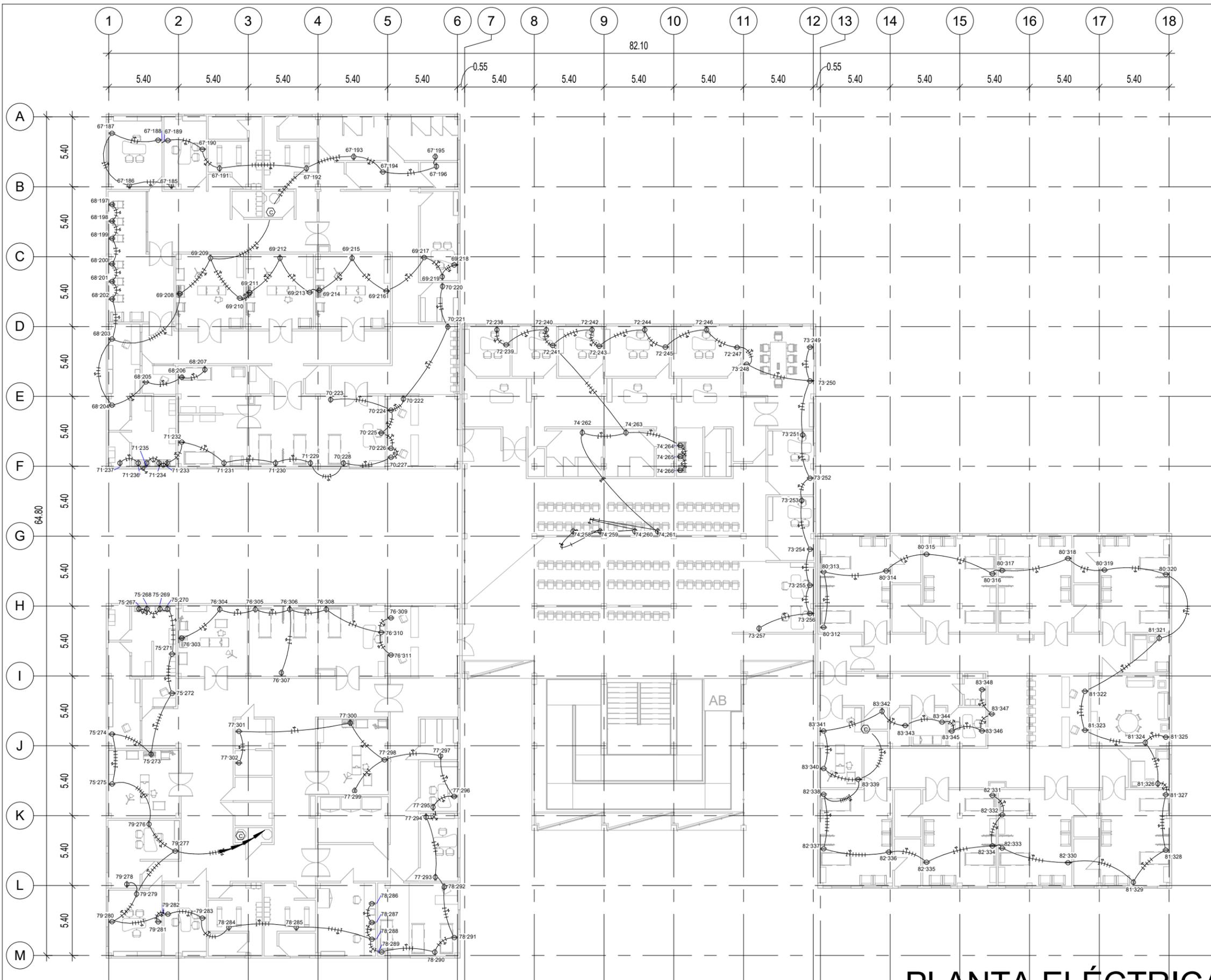


Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	1 : 300

C29

PLANTA ELÉCTRICA DE FUERZA - NIVEL 2

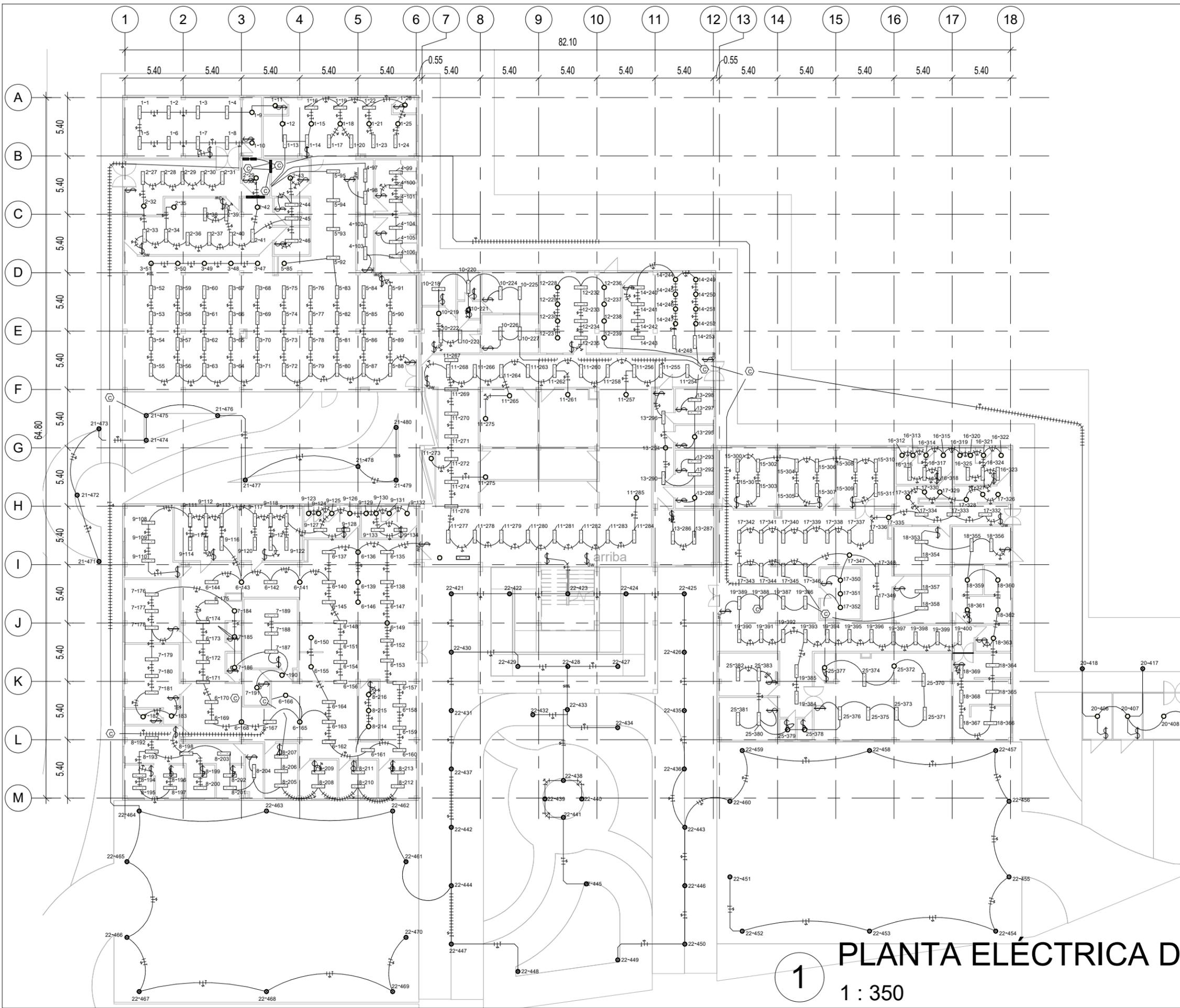
Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1

PLANTA ELÉCTRICA DE FUERZA - NIVEL 2

1 : 300



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 LOTIFICACIÓN LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA
 CENTRO DE URGENCIAS MÉDICAS

Fecha: SEPTIEMBRE 2019

Calculado por: CARLOS MEJÍA

Dibujado por: CARLOS MEJÍA

Diseñado por: CARLOS MEJÍA

Escala: Como se indica

C30

PLANTA ELÉCTRICA DE ILUMINACIÓN - NIVEL 1

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



SIMBOLOGÍA	
	CABLE CONDUCTOR NEUTRO
	CABLE CONDUCTOR POSITIVO
	SWITCH SIMPLE
	SWITCH 3 WAY
	LÁMPARA 30 W
	LÁMPARA 12 W
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

1 PLANTA ELÉCTRICA DE ILUMINACIÓN - NIVEL 1
 1 : 350

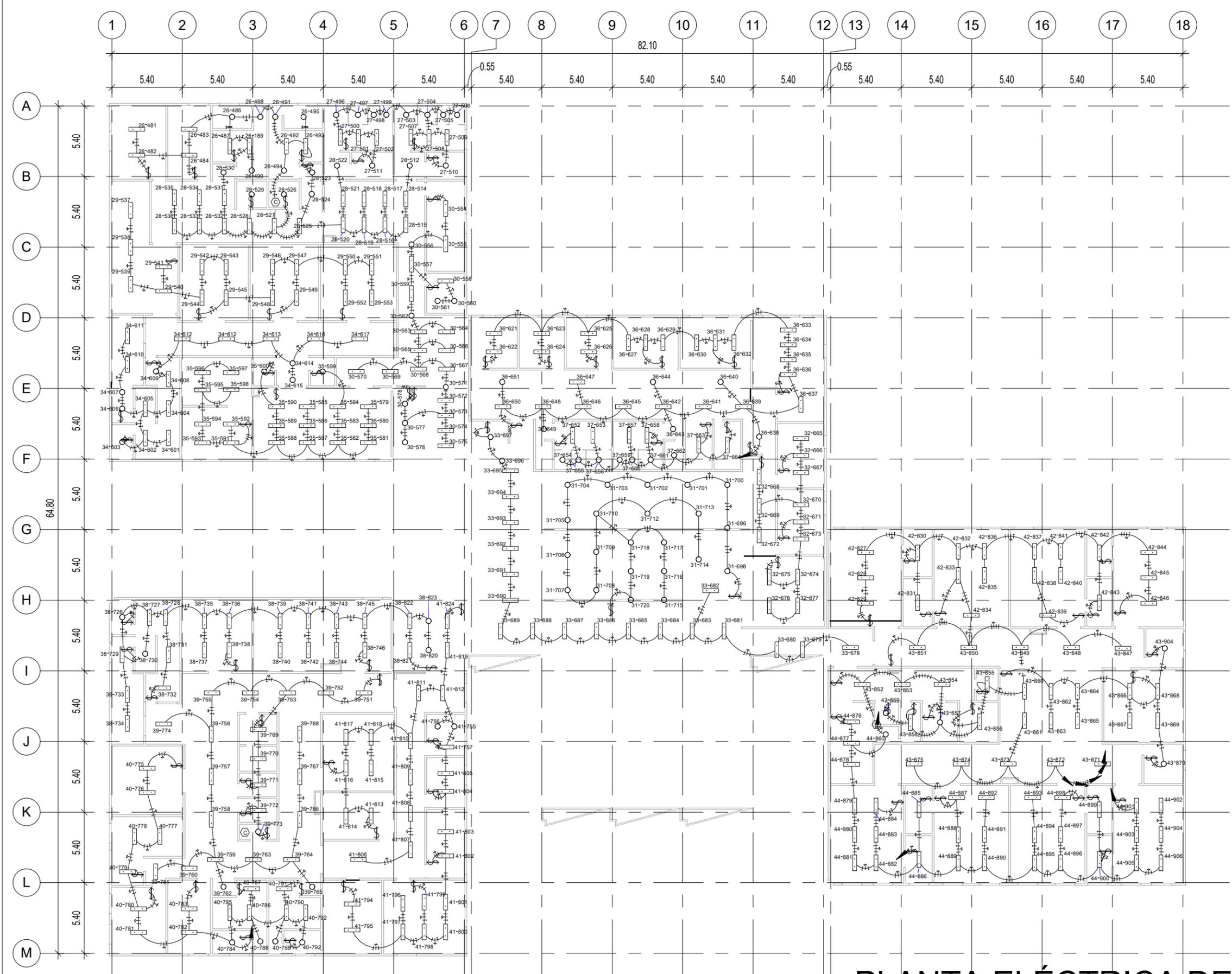


Fecha:	SEPTIEMBRE 2019
Calculado por:	CARLOS MEJÍA
Dibujado por:	CARLOS MEJÍA
Diseñado por:	CARLOS MEJÍA
Escala:	1 : 300

C31

PLANTA ELÉCTRICA DE ILUMINACIÓN - NIVEL 2

Vo.Bo. Ing. Juan Merck



1

PLANTA ELÉCTRICA DE ILUMINACIÓN - NIVEL 2
1 : 300