



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

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE
PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES
PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA**

Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond
Asesorada por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE
PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES
PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIELA ANELIZ XIMENA MOTA BARNEOND
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
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 LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 16 de mayo del 2014.



Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond



Guatemala, 08 de octubre de 2014
Ref.EPS.DOC.1040.10.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond** con carné No. **200915019**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
26 de noviembre de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond, con carnet No. 200915019, quien 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,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

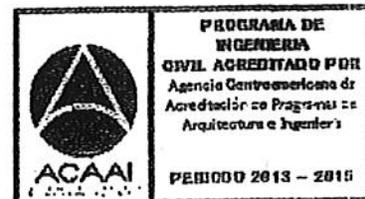
Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
13 de marzo de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond, con Carnet No. 200915019, quien 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,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 07 de abril de 2015
Ref.EPS.D.153.04.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond, carné 200915019**, quien fue debidamente asesorada y supervisada 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 del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación de la estudiante Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond, titulado **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2015.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 311.2015



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES Y EL ÁREA DE PARQUEO PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA**, presentado por la estudiante universitaria: **Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar P.
Decano



Guatemala, 3 de julio de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser quien guía, ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
- Mis padres** Silvia Barneond y Héctor Mota, por la vida, su amor, esfuerzo y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.
- Mis abuelos** Thelma Martínez y Darío Barneond (q. e. p. d.), por todo el amor que me han dado y por ser mi inspiración en cada momento.
- Mis tíos** Por todos sus consejos y apoyo, en especial Fredy Giovani Barneond.
- Mi hermano** Pablo César Batres, por estar siempre a mi lado.
- Mis amigos** Por su sincera amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y permitirme finalizar la carrera de Ingeniería Civil.
Mis padres	Por todo su amor y apoyo para finalizar esta meta.
Mis amigos	Por su cariño y apoyo.
Ing. Juan Merck Cos	Por la asesoría, consejos y amistad durante la elaboración del presente trabajo.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos para ser ingeniera civil.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme dado la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio Nueva Santa Rosa, Santa Rosa	1
1.1.1. Geografía.....	1
1.1.2. Clima y suelo	2
1.1.3. Topografía	2
1.1.4. Servicios	2
1.1.5. Demografía.....	3
1.1.6. Religión.....	3
1.1.7. Educación.....	3
1.2. Diagnóstico de necesidades de educación, infraestructura y servicios básicos en el Centro Universitario de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa	4
1.2.1. Descripciones de las necesidades.....	4
1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades	5
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7

2.1.	Diseño de la edificación de tres niveles para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo, Centro Universitario de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.....	7
2.1.1.	Descripción del proyecto	7
2.1.2.	Descripción de área disponible	8
2.1.3.	Estudio de suelos por el método de ensayos de compresión triaxial	8
2.1.3.1.	Determinación del valor soporte.....	9
2.1.4.	Diseño arquitectónico.....	12
2.1.4.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	12
2.1.4.2.	Distribución de ambientes	13
2.1.4.3.	Altura del edificio	13
2.1.5.	Análisis estructural	13
2.1.5.1.	Selección del sistema estructural a usar	14
2.1.5.2.	Predimensionamiento estructural	14
2.1.5.3.	Cargas de diseño	19
2.1.5.3.1.	Cargas verticales o gravitacionales en marcos dúctiles con nudos rígidos.....	19
2.1.5.3.2.	Cargas horizontales	21
2.1.5.3.3.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos.....	31
2.1.5.4.	Análisis de marcos dúctiles por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural numérico	35

	2.1.5.5.	Envolvente de momentos	36
	2.1.5.6.	Diagramas de momentos y corte	39
2.1.6.		Diseño estructural.....	43
	2.1.6.1.	Diseño de losas	43
	2.1.6.2.	Diseño de vigas	48
	2.1.6.3.	Diseño de columnas	58
	2.1.6.4.	Diseño de gradas.....	74
	2.1.6.5.	Muros tabique.....	77
	2.1.6.6.	Diseño de cimientos	80
2.1.7.		Diseño de instalaciones.....	89
	2.1.7.1.	Agua potable.....	89
	2.1.7.2.	Drenaje de agua pluvial y servida.....	91
	2.1.7.3.	Instalaciones eléctricas.....	95
2.1.8.		Elaboración de planos	99
2.1.9.		Presupuesto.....	99
2.1.10.		Evaluación inicial de impacto ambiental	102
2.2.		Diseño de área de parqueo del Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo, Centro Universitario Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.....	104
	2.2.1.	Determinación de área disponible	104
	2.2.2.	Distribución de espacios.....	104
		2.2.2.1. Identificación de los estacionamientos.....	104
		2.2.2.2. Análisis de resultados.....	106
	2.2.3.	Definición de pavimento	106
	2.2.4.	Toma de muestras de subrasante	106
	2.2.5.	Ensayos de laboratorio	107
		2.2.5.1. Granulometría.....	108
		2.2.5.2. Limite líquido AASHTO T-89.....	108

2.2.5.3.	Limite plástico AASHTO T-90.....	109
2.2.5.4.	Índice plástico.....	109
2.2.5.5.	Ensayo de compactación Proctor Modificado AASHTO T-180.....	110
2.2.5.6.	Ensayo de expansión o Razon Soporte California AASHTO T-193.....	111
2.2.5.7.	Análisis de resultados	111
2.2.6.	Diseño de pavimento rígido.....	113
2.2.6.1.	Método de diseño.....	113
2.2.6.2.	Período de diseño	113
2.2.6.3.	Subrasante	113
2.2.6.4.	Base	114
2.2.6.5.	Módulo de ruptura	114
2.2.6.6.	Tamaño de losas.....	114
2.2.6.7.	Dimensionamiento de pavimento rígido	115
2.2.6.8.	Diseño de mezcla.....	116
2.2.7.	Planos	120
2.2.8.	Presupuesto	121
2.2.9.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	121
2.2.10.	Evaluación ambiental inicial	122
CONCLUSIONES.....		125
RECOMENDACIONES		127
BIBLIOGRAFÍA.....		129
APÉNDICES.....		131
ANEXOS.....		215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta de distribución de ambientes.....	13
2.	Dimensiones de viga propuesta	16
3.	Dimensiones de columna propuesta	18
4.	Modelo matemático carga muerta marco crítico 2, sentido Y.....	32
5.	Modelo matemático carga viva marco crítico 2, sentido Y	33
6.	Modelo matemático carga muerta marco crítico B, sentido X	33
7.	Modelo matemático carga viva marco crítico B, sentido X.....	34
8.	Modelo matemático de carga horizontal marco 2, sentido Y	34
9.	Modelo matemático de carga horizontal marco B, sentido X	35
10.	Envolvente de momentos en viga marco 2, sentido Y.....	39
11.	Envolvente de momentos en columna marco 2, sentido Y.....	40
12.	Envolvente de momentos viga marco B, sentido X	40
13.	Envolvente de momentos en columna marco B, sentido X	41
14.	Corte en vigas en marco B, sentido X.....	41
15.	Corte en columnas en marco B, sentido X	42
16.	Corte en vigas marco crítico 2, sentido Y	42
17.	Corte en columnas marco crítico 2, sentido Y	43
18.	Detalle de armado de losa	48
19.	Detalle de refuerzo transversal en vigas	58
20.	Valores de los coeficientes del diagrama de interacción.....	66
21.	Detalle de refuerzo longitudinal en columna	69
22.	Detalle de refuerzo transversal en columna	70
23.	Nudo sísmico	72

24.	Armado interno de nudo	73
25.	Detalle de gradas.....	77
26.	Corte simple en zapata	83
27.	Corte punzonante en zapata.....	84
28.	Detalle de zapata	87
29.	Detalle de cimiento corrido de sección trapezoidal	89
30.	Espaciamiento requerido por vehículo según ángulo	105

TABLAS

I.	Datos de ensayo triaxial no consolidado y no drenado.....	8
II.	Tabla de factores de capacidad de carga	10
III.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo	12
IV.	Tabla de espesores mínimos h, en vigas y losas	16
V.	Tabla resumen de cargas	20
VI.	Integración de cargas verticales, sentido Y	21
VII.	Integración de cargas verticales, sentido X	21
VIII.	Tabla resumen de fuerzas horizontales	26
IX.	Cálculo de fuerza horizontal por nivel	26
X.	Tabla de fuerza horizontal por marco	31
XI.	Cálculo de envolventes de viga, eje Y	37
XII.	Cálculo de envolventes de viga, eje X	37
XIII.	Cálculo de envolventes de columna, eje Y	38
XIV.	Cálculo de envolventes de columna, eje X	38
XV.	Cálculo de momentos en losa.....	46
XVI.	Armado de losas	47
XVII.	Armado longitudinal de vigas, sentido X.....	53
XVIII.	Armado longitudinal de vigas, sentido Y	54
XIX.	Armado transversal de vigas, sentido X.....	57

XX.	Armado transversal de vigas, sentido Y	57
XXI.	Diámetro mínimo para aparatos sanitarios.....	92
XXII.	Diámetro de tubería según área a drenar	95
XXIII.	Circuitos de iluminación	98
XXIV.	Circuitos de fuerza	98
XXV.	Tabla resumen de presupuesto.....	100
XXVI.	Normas de ensayos en subrasante.....	107
XXVII.	Tabla resumen de presupuesto.....	121
XXVIII.	Tabla de cronograma de ejecución de parqueo	122

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Área de acero
A_g	Área gruesa de columna
P	Carga axial
P_n	Carga axial nominal
P_{cr}	Carga crítica de pandeo de Euler
P_u	Carga de resistencia de la columna
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
cm	Centímetros
cm²	Centímetros cuadrados
C_b	Coeficiente ACI, del lado mayor
C_a	Coeficiente ACI, del lado menor
V_b	Corte basal
e	Excentricidad
ed	Excentricidad de diseño
kg	Kilogramos
kg-m	Kilogramo metro
kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
kg/m²	Kilogramo sobre metro cuadrado
kg/m³	Kilogramo sobre metro cúbico

m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
M_a	Momento del lado menor
M_b	Momento del lado mayor
M_{máx}	Momento máximo
M_{Asmín}	Momento resistido por el acero mínimo
lb	Libra
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
f_y	Límite de fluencia del acero
t	Peralte total de un elemento
f'_c	Resistencia del concreto a los 28 días
@	Separación de varillas
ton	Tonelada
ton-m	Tonelada por metro
ton/m	Tonelada sobre metro

GLOSARIO

Aditivos	Materiales además del agua, agregados y cemento que se utilizan como ingrediente del concreto y se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.
Carga axial	Cargas aplicadas en el eje longitudinal de un elemento.
Carga muerta	Cargas permanentes soportadas por un elemento, según se define en la ordenanza general de construcción, sin mayorar.
Carga viva	Consiste principalmente, en cargas de ocupación en edificios. Están pueden estar total o parcialmente en el sitio o no estar presentes, y pueden cambiar de ubicación.
Compactación	Procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así la densidad y en consecuencia, la capacidad de soportar cargas.
Columna	Elemento con una razón entre altura y menor dimensión lateral mayor que 3 usado principalmente para resistir carga axial de compresión.

Estribo	Elemento de refuerzo de una estructura que resiste el cortante.
Excentricidad	Divergencia entre el centro de masa y el centro de rigidez.
Momento	Producto de una fuerza por la distancia perpendicular a la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
Muro	Elemento, generalmente vertical, empleado para encerrar o separar espacios, o contener taludes, entre otros.
Pavimento	Estructura que se coloca sobre el suelo de fundición de una carretera o vía urbana, esta destinada a soportar el tránsito de vehículos.
Período de diseño	Tiempo durante el cual un sistema o estructura dará un servicio satisfactorio a la población, estableciendo el límite en el momento que el uso sobrepase las condiciones de diseño.
Predimensionar	Estimar las medidas de los elementos que componen una estructura que soportarán las cargas aplicadas.
Rígido	Cuerpo que tiene la propiedad de tener resistencia a la deformación.

Zapata

Elemento estructural que tiene por objetivo transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consta de dos fases que constituyen la estructura del mismo: de investigación y de servicio técnico profesional.

La fase de investigación contempla una monografía del municipio de Nueva Santa Rosa en el departamento de Santa Rosa, la cual describe las características principales de la comunidad y las prioridades de la misma así como el diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura.

La fase de servicio técnico profesional contempla el diseño de dos proyectos que se espera contribuyan con el Centro Regional de Nueva Santa Rosa. El primer proyecto es la construcción de un edificio de 49 metros de largo y 10,5 de ancho, de tres niveles, destinado para uso de los estudiantes de agronomía y otras carreras que se incorporen al Centro, el diseño arquitectónico satisface las necesidades de espacio para laboratorios y aulas. El segundo proyecto es un parqueo de pavimento rígido de 30 por 30 metros con capacidad para 40 vehículos.

Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones, planos y presupuestos correspondientes a cada proyecto.

OBJETIVOS

General

Desarrollar el diseño de la edificación de tres niveles y el área de parqueo para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa.

Específicos

- Proveer los juegos de planos de ambos proyectos.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en el área de estructuras para planteamiento de la solución.
- Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico con relación a educación, servicios básicos y de infraestructura del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento Santa Rosa.

INTRODUCCIÓN

La creación del Centro Universitario de Santa Rosa se fundamentó en la necesidad de descentralizar las actividades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Actualmente en este centro se incorporó la carrera de Ingeniería Agronómica en Sistemas de Producción Agropecuaria en el grado de licenciatura. Considerando las particularidades formativas de la carrera se hace indispensable la construcción de un centro que cuente con áreas para investigación científica.

Así surge la necesidad de la construcción de una edificación de tres niveles que cuente con áreas de laboratorio, realizará investigaciones que permitirán promover el desarrollo económico y social de los habitantes de la región. Nuevos conocimientos, nuevas técnicas, nuevas prácticas productivas, nuevas prácticas socioculturales, deberán incidir de manera positiva en el incremento de la productividad, de la diversificación de actividades productivas rentables, de un mejor ingreso familiar, aspectos que mejorarán los índices de nutrición, mortalidad materno-infantil, atención en salud, sanidad pública preventiva, entre otros.

Actualmente el centro tampoco cuenta con un área de parqueo adecuada, ya que la existente es de terracería. Para el cual se diseñó una área de parqueo de 900 m² con capacidad de alrededor de 40 vehículos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio Nueva Santa Rosa, Santa Rosa

Para tener una visión general, enfatizada a la contribución del desarrollo de la comunidad es necesario conocer aspectos tales como: ubicación, topografía, clima, servicios, educación, entre otros, con el fin de comprender de una mejor manera las necesidades de la población

1.1.1. Geografía

Nueva Santa Rosa es uno de los más pequeños de los 14 municipios que tiene el departamento de Santa Rosa, superando a los municipios de San Rafael Las Flores, Santa Cruz Naranjo, San Juan Tecuaco y Santa Rosa de Lima. Existen ríos que rodean el municipio y también está el volcán Jumaytepeque que lo caracteriza.

Se ubica en la región fisiográfica denominada tierras altas volcánicas. Los suelos son de origen volcánico (pómez), con una precipitación pluvial que oscila entre 1 100,00 y 1 350 mm. de agua por año, con temperatura promedio de 23 grados centígrados y de 10 grados centígrados como mínima. Con pendientes no mayores del 20 % y su superficie es ondulada.

Limita al norte con los municipios de Casillas y San Rafael Las Flores; al sur y al este con la cabecera departamental de Cuilapa; y al oeste; con los municipios de Santa Rosa de Lima y Santa Cruz Naranjo.

1.1.2. Clima y suelo

El clima es templado variable y caluroso en el verano. El suelo posee derivados de ceniza volcánica y se caracteriza por la presencia de alófono, un tipo de arcilla amorfa que se combina fácilmente con materia orgánica y tiene alta capacidad para fijar fósforo.

1.1.3. Topografía

Montañas

- Picacho
- Los papeles
- El cerro Pabellón

Ríos

- La Plata
- Los Achiotes
- Las Cañas
- Pinula

1.1.4. Servicios

Actualmente posee los servicios de agua potable, drenaje, energía eléctrica, educación, correos, teléfono comunitario, recolectores de basura, salud, entre otras.

Cuenta con un cuerpo de bomberos voluntarios, ellos prestan servicio a la comunidad, las enfermedades que ellos atienden son: infecciones de la gripe, pulmonares, invalidez por poliomielitis, molestias cardiacas y derrames cerebrales, cuentan con 4 unidades de emergencia, está conformado por 17 elementos y los turnos son cada 8 días. No cuentan con equipo de oxígeno.

Posee una estación de Policía Nacional Civil donde actualmente hay 17 elementos.

1.1.5. Demografía

El municipio de Nueva Santa Rosa tiene, aproximadamente una cantidad de 33 934 habitantes, entre los cuales 17 421 son hombres y 16 513, mujeres.

1.1.6. Religión

La religión predominante es la católica, aunque existen diversos grupos cristianos siendo estos los siguientes: Alianza Cristiana y Misionera, Asamblea de Dios, Evangelio Completo, Pentecostés, Testigos de Jehová, mormones.

1.1.7. Educación

Los centros educativos con los que cuenta Nueva Santa Rosa son: Instituto de Educación con Orientación Ocupacional Agropecuaria INEBOOA, Instituto por Cooperativa de Comercio, Escuela Nacional de Párvulos, Escuela Normal Urbana para Varones, Escuela Urbana para Niñas. Colegios: La Esperanza, El Saber, Colegio Integral de Nuestra Señora de la Esperanza, Colegio de Magisterio y el Liceo Padre Guillermo Jageneau.

1.2. Diagnóstico de necesidades de educación, infraestructura y servicios básicos en el Centro Universitario de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa

Con la apertura de nuevas carreras universitarias en el departamento de Santa Rosa, se observa la necesidad de la construcción de infraestructura que cuente con área de laboratorios. Asimismo, dotar a la población estudiantil con un área de parqueo adecuada.

1.2.1. Descripciones de las necesidades

La creación del Centro Universitario de Santa Rosa, se fundamentó en la necesidad de descentralizar las actividades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido al incremento de estudiantes y la apertura de nuevas carreras, se apreció una serie de necesidades que se describen a continuación:

- Es necesario la mejora de la infraestructura del Centro Universitario, con la construcción de una edificación que cumpla con la demanda que tiene el Centro en cuanto a estudiantes.
- Falta un área de laboratorios que permita a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica en Sistemas de Producción Agropecuaria, promover la investigación científica en cuanto a procesos productivos.
- Actualmente, el Centro Universitario no cuenta con un área de parqueo adecuada, ya que la existente es de terracería.

1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades

De acuerdo con las necesidades del Centro se priorizaron de la siguiente manera.

- Construcción de una nueva edificación que permita ampliar la infraestructura actual.
- Construcción de una edificación que cuente con áreas de laboratorio.
- Construcción de un área de parqueo.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la edificación de tres niveles para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo, Centro Universitario de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa

La construcción de un edificio de tres niveles para el Centro Universitario pretende contribuir al mejoramiento de la situación estudiantil, ya que actualmente los estudiantes no poseen instalaciones adecuadas para cursar los estudios.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto tiene como objetivo albergar a nuevas carreras del Centro Universitario, la edificación vendrá a suplir la necesidad creciente que tiene la comunidad estudiantil de contar con una mejor infraestructura.

Estará conformado por 5 a 6 aulas y servicios sanitarios por nivel, los cuales se distribuirán entre salones de clases, talleres y laboratorios.

La estructura estará conformada por marcos dúctiles con nudos rígidos, losa de concreto reforzado y muros tabique de mampostería reforzada de *block*.

2.1.2. Descripción de área disponible

El terreno disponible para la construcción, se encuentra ubicado en el municipio Nueva Santa Rosa, cuenta con un área de 740 m², solo para la construcción de la nueva edificación y 900 m² para el área de parqueo.

2.1.3. Estudio de suelos por el método de ensayos de compresión triaxial

Previo a la planificación de un proyecto de estructuras, es necesario conocer el medio físico sobre el cual se ha de asentar la edificación, y conocer datos técnicos que reflejan las condiciones, en este caso del suelo, por tal motivo es necesario realizar el estudio de suelos respectivo.

Para el estudio de suelos del presente proyecto, se realizó una excavación a 2 metros de profundidad, donde se obtuvo una muestra inalterada de un 1 pie cúbico que se sometió al ensayo de compresión triaxial; mediante la prueba de no consolidado y no drenado para obtener los parámetros de corte, siendo estos:

Tabla I. **Datos de ensayo triaxial no consolidado y no drenado**

Probeta No.	1	2	3
Presión lateral (T/m ³)	5	10	20
Desviador en rotura q (T/m ³)	40,18	53,15	73,49
Presión intersticial u (T/m ³)	x	x	X
Deformación de rotura Er (%)	3,0	4,0	6,0
Densidad Seca (T/m ³)	1,95	1,95	1,95

Continuación de la tabla I.

Densidad húmeda (T/m ³)	2,06	2,06	2,06
Humedad (%)	2,24	2,24	2,24
Descripción de suelo	Grava y arena limosa color beige		
Angulo de fricción interna	31,74 grados		
Cohesión Cu (T/m ³)	8,10 T/m ²		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos del CII/USAC, 19 de agosto 2014.

2.1.3.1. Determinación del valor soporte

La capacidad soporte de un suelo es la capacidad que tiene de soportar carga sin que se produzca una falla en la masa. Para calcular dicha capacidad se utilizó el método de Terzaghi, según la siguiente ecuación:

$$q_u = 1,3 * C * N'_c + Y_s * z * N'_q + 0,4 * Y_s * B * N'_y$$

$$C = \frac{2}{3} C_u$$

Donde:

qu: capacidad soporte del suelo

C: cohesión

qo: esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

Z: desplante

ys: peso específico del suelo

B: ancho de la cimentación

N'_c , N'_q , N'_y : factores de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción (θ) del suelo.

Factores de capacidad de carga:

N'_q = factor de flujo de carga

N'_c = factor de flujo de carga última

N'_y = factor de flujo del suelo

Tabla II. **Tabla de factores de capacidad de carga**

ϕ	N'_c	N'_q	N'_y	ϕ	N'_c	N'_q	N'_y
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: BRAJA M, Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*, Capítulo 3 tabla 3.2. p. 60.

Donde:

$$N_q = 9,15$$

$$N_c = 20,87$$

$$N_y = 5,8$$

$$q_o = 2,06 * 2,0 = 4,53$$

$$q_u = 1,3 * \frac{2}{3} * 8,10 * 20,87 + 4,53 * 9,62 + 0,4 * 2,06 * 2 * 5,8 = 199,65 \text{ Ton/m}^2$$

Factor de seguridad (FS) = 6 se utilizó este factor, ya que el suelo de la región presenta características que lo califican como bueno, pero se desmoronó un poco al extraer la muestra, además este factor estará cubriendo las deficiencias que pudieron haberse presentado durante la obtención de la muestra y del ensayo.

$$q_d = \frac{q_u}{FS} =$$

$$q_d = \frac{199,65}{4} = 49,91 \text{ Ton/m}^2$$

Para efectos de comparación se presenta la tabla III en la que se muestran diferentes tipos de suelos con el valor soporte permisible.

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

Material del suelo	T/m²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Sólidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

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

2.1.4. Diseño arquitectónico

Se realizó con el fin de dar la mayor comodidad a los estudiantes, y distribuir los diferentes ambientes de la edificación de manera eficiente y funcional.

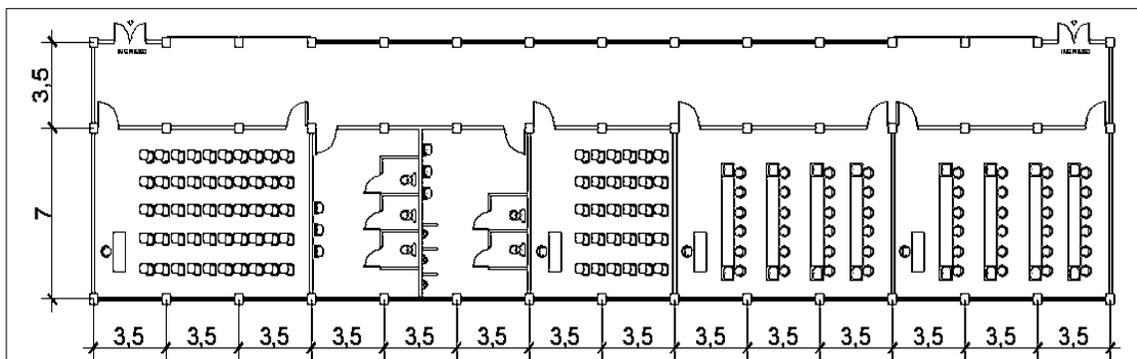
2.1.4.1. Ubicación del edificio en el terreno

Se ocupará alrededor del 18 % del terreno para el edificio, que equivale a un área de 514,5 m², lo cual deja un 73 % para posibles construcciones.

2.1.4.2. Distribución de ambientes

En el primer nivel se ubicarán dos baños, una bodega, dos laboratorios de 10,5 m x 7 m, un salón de clases de 7 m x 7 m y un salón de 10,5 m x 7 m. En el segundo nivel se ubicarán dos baños, dos laboratorios de 10,5 m x 7 m, un salón de clases de 7 m x 7 m y un salón de 10,5 m x 7 m. En el tercer nivel, dos baños, dos salones de clases de 10,5 m x 7 m y dos salones de 7 m x 7 m.

Figura 1. Planta de distribución de ambientes



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2010.

2.1.4.3. Altura del edificio

La altura piso a cielo por nivel será de 3,00 metros. Se tomó esta altura en los módulos para brindar una circulación de aire abundante, ya que es un lugar caluroso y así aprovechar la ventilación natural.

2.1.5. Análisis estructural

Es un procedimiento que se realiza con el fin de conocer el comportamiento de la estructura ante agentes externos que intervengan en ella,

es decir para conocer el efecto de las cargas aplicadas, entre las cuales se tienen: cargas verticales o gravitacionales y cargas horizontales o laterales que son las generadas por la acción de un sismo.

2.1.5.1. Selección del sistema estructural a usar

Para la selección del sistema estructural a utilizar se debe tener en cuenta la economía, materiales a utilizar y la factibilidad de la construcción con el sistema seleccionado, la estructura estará compuesta por un sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos y losa plana de concreto reforzado.

2.1.5.2. Predimensionamiento estructural

Es muy útil, ya que este marca un rumbo de cómo seguir el diseño de los elementos estructurales que conforman la edificación.

- Predimensionamiento de losa

Las losas son elementos estructurales que sirven como cubiertas que protegen de la intemperie, también para transmitir cargas verticales y horizontales y como piso para niveles superiores.

Por el espesor, pueden dividirse en:

- Cascarones ($t < 0,09$)
- Planas ($0,09 \leq t \leq 0,12$)
- Nervadas ($t > 0,12$)

Para saber cómo trabaja una losa, es necesario saber la relación a/b , donde a = longitudinal en el sentido corto y b = longitudinal en el sentido largo.

$m = a / b < 0,5$ losa trabaja en un sentido

$m = a / b > 0,5$ losa trabaja en dos sentidos

$m = 6,4 / 6,4 = 1 > 0,5$; la losa trabajará en dos sentidos o direcciones.

Para losas en 2 direcciones, ACI recomienda:

$$t = \frac{\text{perímetro de losa}}{180}$$

$$t = \frac{7 + 7 + 3,5 + 3,5}{180} = 0,12$$

- Predimensionamiento de viga

Para el predimensionamiento de vigas se utilizaron los siguientes criterios:

- Por cada metro lineal de luz entre los apoyos de la viga, se incrementará 8 % del peralte y la base puede ser entre 1/2 o 1/3 del peralte.

$$t_{\text{viga}} = \text{luz libre de viga} * 0,08; \text{ o sea el } 8 \% \text{ de la luz libre}$$

- El código ACI 318-08 capítulo 9 tabla 9,5(a). Ver tabla IV, se presentan diferentes condiciones de empotramiento.

Tabla IV. **Tabla de espesores mínimos h, en vigas y losas**

Condición	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: ACI 318-08, p. 132.

Para este cálculo se tomará la viga crítica, que tiene una longitud de 7,0 metros, y el caso de una viga que tiene continuidad en un extremo.

$$t_{\text{viga}} = 0,08 * 7 \text{ m} = 0,56 \text{ m}$$

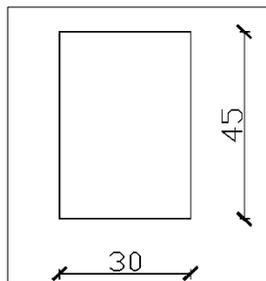
$$t_{\text{viga}} = \frac{7\text{m}}{18,5} = 0,37 \text{ m}$$

$$t_{\text{promedio}} = \frac{(0,56 + 0,37)}{2} = 0,45$$

$$b_{\text{viga}} = \frac{0,45}{2} = 0,225$$

Las dimensiones propuestas de la viga serán h= 0,45 metros y b= 0,30 metros.

Figura 2. **Dimensiones de viga propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

- Predimensionamiento de columna

El método que se utilizará para predimensionar las columnas, se basa en el cálculo de la carga axial aplicada a la columna crítica y determinar el área bruta de la sección de la columna, por medio de la ecuación (10-2) del código ACI 318-08 capítulo 10 sección 10.3.6.2, al tener este valor, se proponen las medidas de la sección transversal.

En este caso, las dimensiones de la sección de la columna crítica se utilizarán en todas las columnas, para guardar simetría y evitar diferencias de rigidez de un marco a otro y de un nivel a otro.

Carga última de servicio y carga axial:

$$P_u = 1,4(CM * At) + 1,7(CV * At)$$

$$P_{n(máx.)} = 0,8\phi(0,85 f'c (Ag - As)) + (fy * As)$$

Donde:

P_u : carga última sobre la columna

CM : carga muerta

CV : carga viva

At : área tributaria

$P_{n(máx.)}$: carga axial pura

Φ : factor de reducción de capacidad

$f'c$: resistencia del concreto a compresión

Ag : área gruesa de la columna

As : área de acero longitudinal, donde $1 \% Ag \leq As \leq 6 \% Ag$

fy : resistencia del acero

Datos:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$CM = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$CV \text{ salón} = 200 \text{ kg/m}^2 \text{ (fuente: UBC 97)}$$

$$CV \text{ pasillos} = 500 \text{ kg/m}^2 \text{ (fuente: UBC 97)}$$

$$P \text{ viga} = 324 \text{ kg/m}$$

$$Pu = 1,7 (200 * 12,25 + 1,7 (500 * 6,12)) + 1,4 (528 * 18,37) + 324 * 8,75 =$$

$$Pu = 25 785,35 \text{ kg}$$

Este valor se multiplica por 3 niveles

$$Pu = 3 * 25 785,35 = 77 356,06 \text{ kg}$$

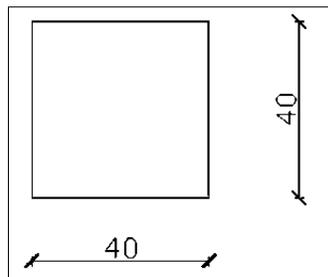
$$77 356,06 = 0,80 * 0,70(0,85 * 210 (Ag - 0,01Ag)) + (2810 * 0,01Ag)$$

$$77 356,06 = 127,06 Ag$$

$$Ag = \frac{77 356,06}{127,06} = 609,10 \text{ cm}^2$$

Se propone una sección de 40 x 40 centímetros, ya que la ecuación aplicada no toma en cuenta el sismo, así que se utilizará un área mayor.

Figura 3. **Dimensiones de columna propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

2.1.5.3. Cargas de diseño

Toda estructura es sometida a distintas cargas como: el uso, sismo o simplemente por el ambiente al que están expuestas, es por ello que deben ser capaces de soportarlas. Se pueden clasificar según la dirección de la aplicación como cargas verticales y cargas horizontales.

2.1.5.3.1. Cargas verticales o gravitacionales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Las cargas verticales se pueden clasificar de diferente forma, dependiendo del uso de la estructura y de los materiales con que esté construida, estas son cargas vivas y cargas muertas, las cuales se describen a continuación.

- Carga viva (CV)

Son ocasionadas por el uso de la estructura y por elementos móviles dentro de ella.

- Carga muerta (CM)

Son debidas a elementos que actúan permanentemente en la estructura, como también el peso propio de la estructura

Las cargas vivas y muertas utilizadas para el cálculo estructural, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla V. **Tabla resumen de cargas**

Carga viva (CV) AGIES NSE- 2010	Carga muerta (CM)
En techo = 100 kg/m ²	Peso de concreto = 2 400 kg/m ³
En aulas = 350 kg/m ²	Peso de acabados = 90 kg/m ²
En pasillos = 500 kg/m ²	Peso de muros = 150 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

Para la integración de cargas distribuidas en los marcos se utilizaron las tablas del método 3 del ACI para cálculo de cargas en losas.

- Integración de cargas verticales

Marco típico sentido Y

Nivel 3

Viga 1 de 3,5

$$CM = W_{losa} + W_{vigas} + W_{acabados} + W_{muro}$$

$$Cm = ((0,12 * 2\,400 * 18,5))/3,5 + (2\,400 * 0,45 * 0,30) + ((90 * 18,5))/3,5 + 150 * 3 = 3\,089 \text{ kg/m}$$

$$Cv = \frac{100 * 18,5}{3,5} = 612 \text{ kg/m}$$

El cálculo de la carga distribuida en vigas se resume en las siguientes tablas.

Tabla VI. Integración de cargas verticales, sentido Y

Viga	Tramo	Nivel	A	B	Ca	Cb	Wcm	Wcv
1	A-B	3	3,5	7	0,94	0,06	985	612
2	B-C	3	7	7	0,5	0,5	2 308	1 837
1	A-B	2	3,5	7	0,94	0,06	1 434	3 060
2	B-C	2	7	7	0,5	0,5	2 757	3 674
1	A-B	1	3,5	7	0,94	0,06	1 434	3 060
2	B-C	1	7	7	0,5	0,5	2 757	3 674

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Integración de cargas verticales, sentido X

Viga	Tramo	Nivel	a	b	Ca	Cb	Wcm	Wcm total	Wcv	Wcv total
3	1-2	3	7	7	0,5	0,5	1 554	985	306	612
3	1-2	3	3,5	7	0,94	0,06	1 554		306	
4	2-3	3	7	7	0,5	0,5	1 554	1 985	306	612
4	2-3	3	3,5	7	0,94	0,06	1 554		306	
3	1-2	2	7	7	0,5	0,5	1 617	1 435	1 530	2
3	1-2	2	3,5	7	0,94	0,06	1 617		612	142
4	2-3	2	7	7	0,5	0,5	1 617	1 435	1 530	2
4	2-3	2	3,5	7	0,94	0,06	1 617		612	142
3	1-2	1	7	7	0,5	0,5	1 617	1 435	1 530	2
3	1-2	1	3,5	7	0,94	0,06	1 617		612	142
4	2-3	1	7	7	0,5	0,5	1 617	1 435	1 530	2
4	2-3	1	3,5	7	0,94	0,06	1 617		612	142

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3.2. Cargas horizontales

Estas cargas pueden ser provocadas por sismo, viento, empuje de suelo, empuje de fluidos, entre otros. Son dinámicas, esto quiere decir que es muy baja la probabilidad de que todas actúen al mismo tiempo sobre una estructura. Guatemala está situada en una zona de gran actividad sísmica, tanto tectónica

como volcánica, por lo que es crítico tomar en cuenta la carga sísmica para todo proyecto estructural.

- Fuerzas sísmicas

Los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la Tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en el sitio original, esto hace que la estructura sufra desplazamiento, que pueden tener resultados destructivos. Por lo tanto; el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente de la altura.

Esta fuerza es directamente proporcional al peso total de la estructura, considerando está empotrada a nivel del suelo, donde será el punto de aplicación, a esta carga se le conoce como corte basal (V_b), esta carga luego se distribuye a cada nivel de la estructura y posteriormente se distribuye por marcos proporcionales a la rigidez de los elementos estructurales.

Hacer un análisis sísmico de tipo dinámico, es muy complicado, por lo que se utilizará el método alternativo equivalente estático del UBC 97, el cual se desarrolla a continuación.

$$V_b = \frac{C_v I}{R T} w$$

No mayor:

$$V_b = \frac{2,5 C_a I}{R} W$$

No menor:

$$V_b = 0,11Ca I W$$

No menor: Para zona sísmica 4

$$V_b = \frac{0,8zN_v I}{R} W$$

Donde:

Z : coeficiente que depende la zona sísmica

I : coeficiente que depende del tipo de ocupación de la estructura.

Cv: coeficiente de sismicidad según perfil del suelo y zona sísmica.

T : período de vibración

Ca: coeficiente que depende del tipo de suelo sobre el cual está la estructura

W : peso de estructura

$$Z = 0,40$$

Suelo D

$$I = 1,0$$

$$R = 8,5$$

$$Ca = 0,44 Na$$

$$Cv = 0,64 Nv$$

$$Na = 1,5$$

$$Nv = 2,0$$

- Período de la estructura

$$T = Ct (hn)^{\frac{3}{4}}$$

$$Ct = 0,0731$$

$$T = 0,58 \text{ seg}$$

$$0,58 \text{ seg} < 0,70 \text{ seg}$$

- Cálculo de corte basal

$$v = \frac{0,64(1)}{8,5(0,58)} w = 0,12 w$$

$$v = \frac{2,5 (0,44 (1,5))}{8,5} w = 0,19w$$

$$v = 0,11(0,44(1,5))w = 0,072w$$

$$v = \frac{0,8 (2)(2)(1)}{8,5} w = 0,075w \quad \text{Zona sísmica 4}$$

Para el cálculo del corte basal se tomó la ecuación 1, obteniendo un valor de 0,12. También que cumpla con los rangos no menor a 0,07 ni mayor a 0,19 cumpliendo la ecuación 1 con los límites requeridos.

- Cálculo de peso de la estructura

- Primer nivel:

$$Vp1 = (10,5 * 17 * 270) + (3,5 * 14 * 270 * 3) = 93 555 \text{ kg}$$

$$\text{Columna} = 6,5(42)(0,40)(0,40)(2 400) = 104 832 \text{ kg}$$

$$\text{Losa} = 288(10,5(3,5 * 14)) = 169 344 \text{ kg}$$

$$Wn1 = 367 731 \text{ kg}$$

- Segundo nivel

$$V_{p1} = 93\,555 \text{ kg}$$

$$\text{Losa} = 169\,344 \text{ kg}$$

$$\text{Columnas} = 3(42)(0,40)(0,40)(2\,400) = 48\,384 \text{ kg}$$

$$W_{n2} = 311\,283 \text{ kg}$$

- Tercer nivel

$$V_{p1} = 93\,555 \text{ kg}$$

$$\text{Losa} = 169\,344 \text{ kg}$$

$$\text{Columnas} = \frac{3(42)(0,40)(0,40)(2\,400)}{2} = 24\,192 \text{ kg}$$

$$W_{n3} = 287\,091 \text{ kg}$$

$$W_{\text{tot}} = 367\,731 \text{ kg} + 311\,283 \text{ kg} + 287\,091 \text{ kg} = 966\,105 \text{ kg}$$

$$V = 0,12 (966\,105) = 115\,932,6 \text{ kg}$$

En la tabla VIII se muestran las fuerzas por nivel de la estructura.

Tabla VIII. **Tabla resumen de fuerzas horizontales**

		Eje X	
Factor 0,333		Nivel	Fuerza horizontal
		3	15,50
		2	12,78
		1	10,33
		Eje Y	
Factor 0,07143		Nivel	Fuerza horizontal
		3	3,33
		2	2,74
		1	2,22

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Cálculo de fuerza horizontal por nivel**

Nivel	W (kg)	hx	wxhx	Fx (kg)	Fx (ton)	V (ton)
3	287 091	12,5	3 588 637,5	46 557,349	46,56	46,56
2	311 283	9,5	2 957 188,5	38 365,217	38,37	84,92
1	367 731	6,5	2 390 251,5	31 010,034	31,01	115,93

Fuente: elaboración propia.

- Incremento de corte por torsión

Además del corte por traslación, se debe calcular el corte por torsión, este se origina por la variación entre el centroide de masa (Cm) y el centroide de

rigidez (CR). La distancia entre ambos centroides se denomina excentricidad e , la cual multiplicada por el cortante sísmico, que actúa en el nivel, produce el momento torsional, que debe ser resistido por los elementos verticales, y forman el sistema que resiste las cargas sísmicas, simultáneamente con los cortantes directos debidos a estas cargas. La torsión no es más que un giro alrededor de un eje vertical, que coincide con el centroide de rigidez. Siempre se busca eliminar la torsión de una estructura, por medio de un diseño simétrico con excentricidad cero o casi cero.

Además de las excentricidades reales, hay que tomar en cuenta las accidentales. Las causas principales que generan las excentricidades accidentales, incluyen la componente rotacional del movimiento del terreno alrededor de un eje vertical, las diferencias entre los valores asumidos de rigideces y masas, el patrón asimétrico de las relaciones no lineales de fuerza-deformación.

Debido a lo complejo de determinar los efectos dinámicos sobre la torsión, estudios realizados por Newmark Rosenblueth, indican que se debe considerar un factor de magnificación dinámica que incremente la excentricidad calculada, multiplicándola por 1,5. Además, se debe considerar la excentricidad accidental debido a posibles errores en la determinación de la excentricidad a partir de los teóricos considerados. Dando como resultado una excentricidad de diseño igual a:

$$e_d = 1,5e + \% b$$

$$e_d = e + \% b$$

Donde:

b = es la dimensión del edificio medida paralelamente a la dirección considerada. El porcentaje va de 0,05 a 0,10. Los códigos UBC y SEAOC por

ejemplo, especifican como porcentaje 0,05 mientras que el Código Mexicano del Distrito Federal considera como porcentaje 0,10. Para este caso se optará por el porcentaje mayor de 0,10.

Cálculo del centro de masa (Cm) y centro de rigidez (CR):

- Centro de masa

$$XCm = \frac{\Sigma AX}{\Sigma A};$$

$$YCm = \frac{\Sigma AY}{\Sigma A};$$

Donde:

XCm: posición del centro de masa en X respecto a 0.

YCm: posición del centro de masa en Y respecto a 0.

A : área transversal del elemento estructural.

X : posición de centro de masa del elemento estructural respecto a 0 en dirección X.

Y : posición de centro de masa del elemento estructural respecto a 0 en dirección Y.

- Centro de masa

$$X = 22,75$$

$$Y = 5,25$$

- Centro de rigidez

$$X_{CR} = \frac{\sum k_y X_i}{\sum k_y};$$

$$Y_{CR} = \frac{\sum k_x Y_i}{\sum k_x}$$

Donde:

X_{CR} : posición del centro de rigidez en X respecto a 0

k_y : rigidez de los elementos verticales en sentido Y

X_i : posición del elemento vertical respecto a 0 en dirección X

Y_{CR} : posición del centro de rigidez en Y respecto a 0

k_x : rigidez de los elementos verticales en sentido X

Y_i : posición del elemento vertical respecto a 0 en dirección Y

Centro de rigidez

$$X = 22,75$$

$$Y = 4,83$$

- Cálculo de excentricidad

La excentricidad real es la diferencia entre el centro de masa y el centro de rigidez.

$$e_x = 0$$

$$e_y = 0,42$$

Para el cálculo de la excentricidad de diseño se usará la siguiente expresión.

$$e = 1,5 (e_{\text{real}}) + 10\%(B)$$

$$e_x = 1,5 (0) + 10\%(10,5) = 1,05 \text{ m}$$

$$e_y = 1,5 (0,42) + 10\% (48) = 1,11 \text{ m}$$

- Cálculo de torsión de piso

$$\text{Nivel 1} = 1,1(0,3)(38,41) + (1,05)(1)(38,41) = 53,00$$

$$\text{Nivel 2} = 1,1(0,3)(31,65) + (1,05)(1)(31,65) = 43,68$$

$$\text{Nivel 3} = 1,1(0,3)(25,58) + (1,05)(1)(25,58) = 35,30$$

- Cálculo de momento polar (J)

$$J = 14(3,5)^2 + 14(7)^2 + 3(3,5)^2 + 3(7)^2 + 3(10,5)^2 + 3(14)^2 + 3(17,5)^2 + 3(21)^2 + 3(24,5)^2 + 3(28)^2 + 3(31,5)^2 + 3(35)^2 + 3(38,5)^2 + 3(42)^2 + 3(45,5)^2 =$$

$$J = 36001,25 * (0,0122 \text{ E})$$

- Cálculo de deriva de torsión de piso (Δi)

Eje y

$$\Delta v_3 = \frac{53(12,5)(3)}{36001,25} = 0,055$$

$$\Delta v_2 = \frac{43,68(9,5)(3)}{36001,25} = 0,03$$

$$\Delta v1 = \frac{35,30(6,5)(3)}{36001,25} = 0,019$$

Eje x

$$\Delta v3 = \frac{53(12,5)(14)}{36001,25} = 0,25$$

$$\Delta v2 = \frac{43,68(9,5)(14)}{36001,25} = 0,16$$

$$\Delta v1 = \frac{35,30(6,5)(14)}{36001,25} = 0,09$$

Tabla X. **Tabla de fuerza horizontal por marco**

Nivel	Eje x	Eje y
3	17,14 ton	3,47 ton
2	13,64 ton	2,89 ton
1	10,62 ton	2,28 ton

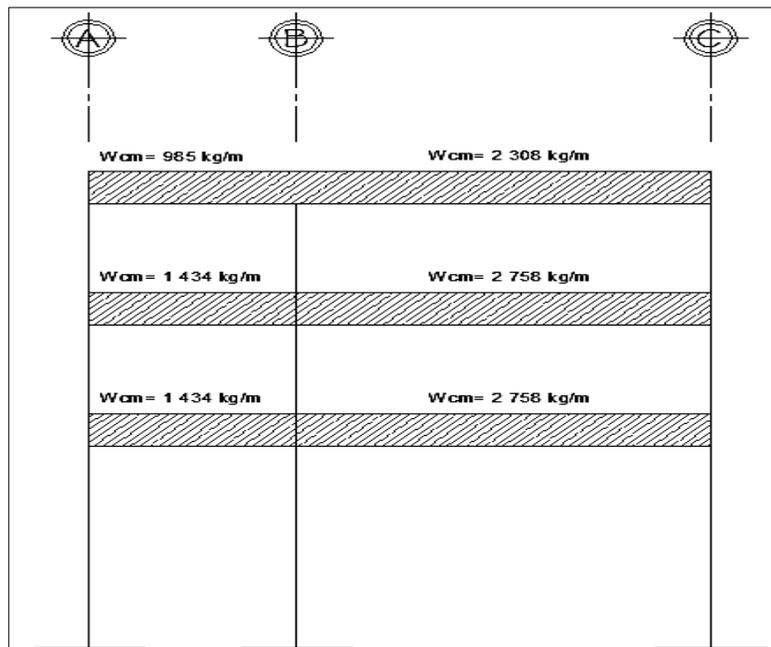
Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3.3. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

Esta es una idealización que se hace del marco de la estructura, con el fin de representar la forma en que este soporta las cargas calculadas anteriormente, con el objetivo de facilitar el análisis estructural.

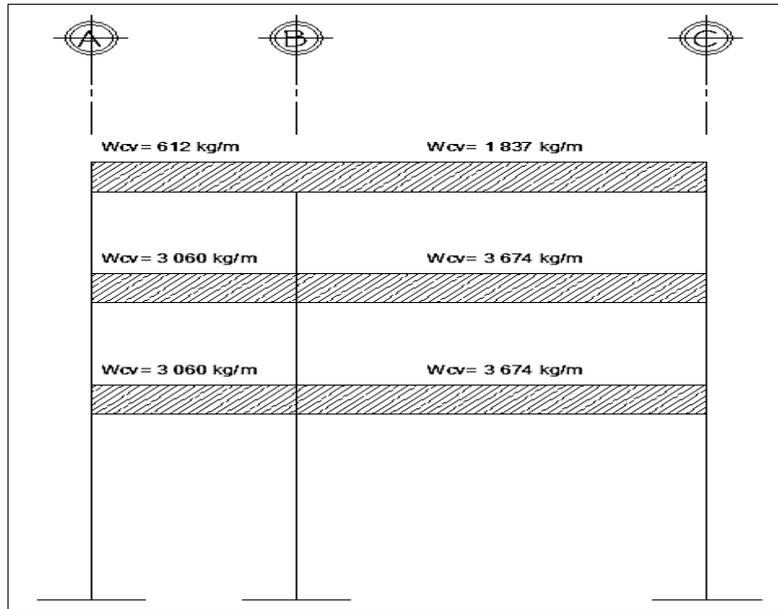
Por la similitud que tienen los marcos en geometría y en las cargas aplicadas, se analizaron únicamente los críticos. Las figuras ilustran los modelos matemáticos de los marcos dúctiles analizados para este proyecto.

Figura 4. **Modelo matemático carga muerta marco crítico 2, sentido Y**



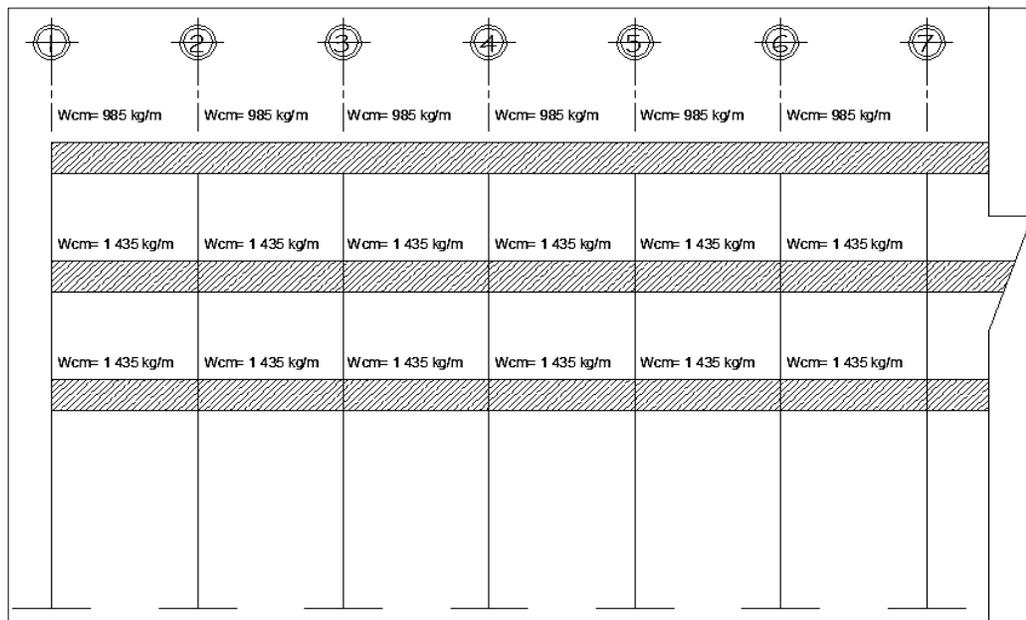
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 5. **Modelo matemático carga viva marco crítico 2, sentido Y**



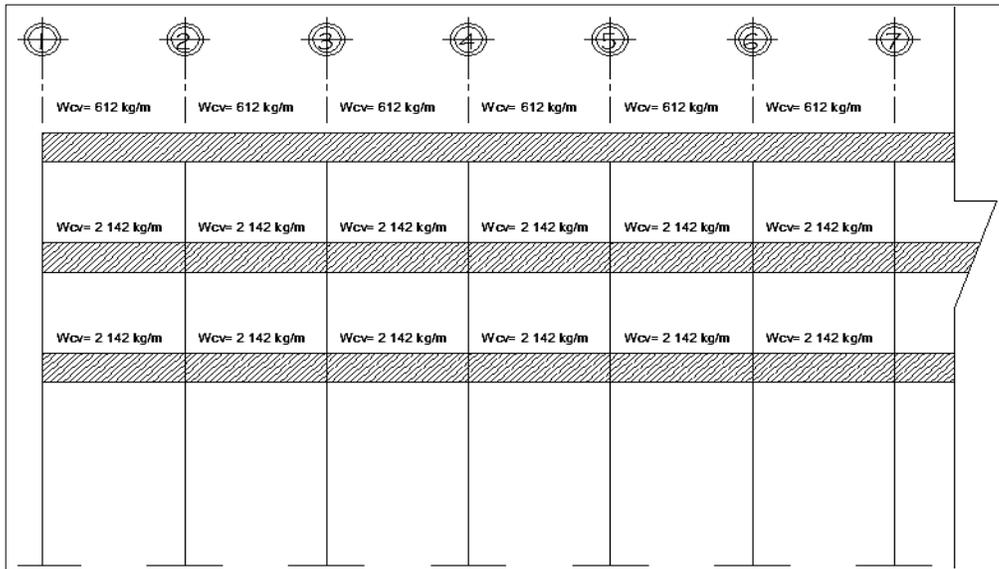
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 6. **Modelo matemático carga muerta marco crítico B, sentido X**



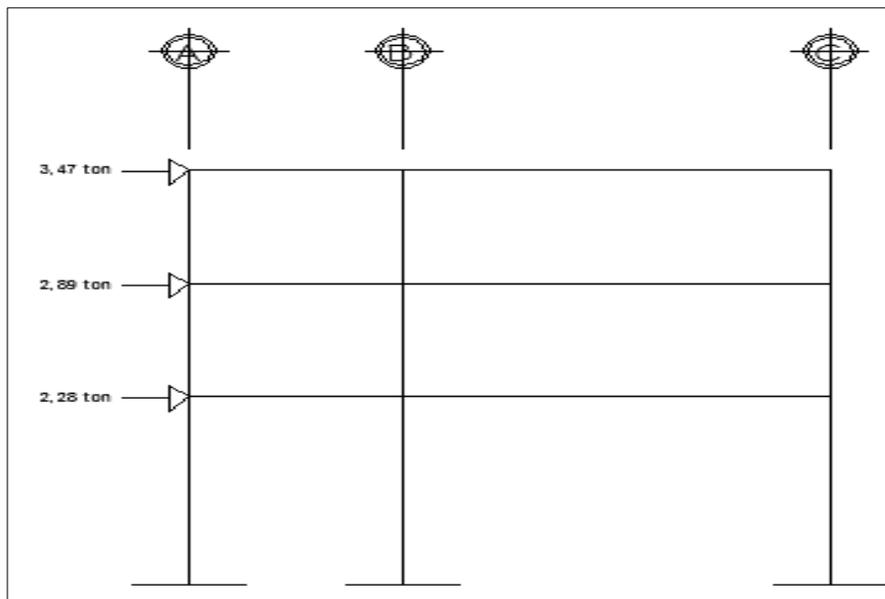
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 7. **Modelo matemático carga viva marco crítico B, sentido X**



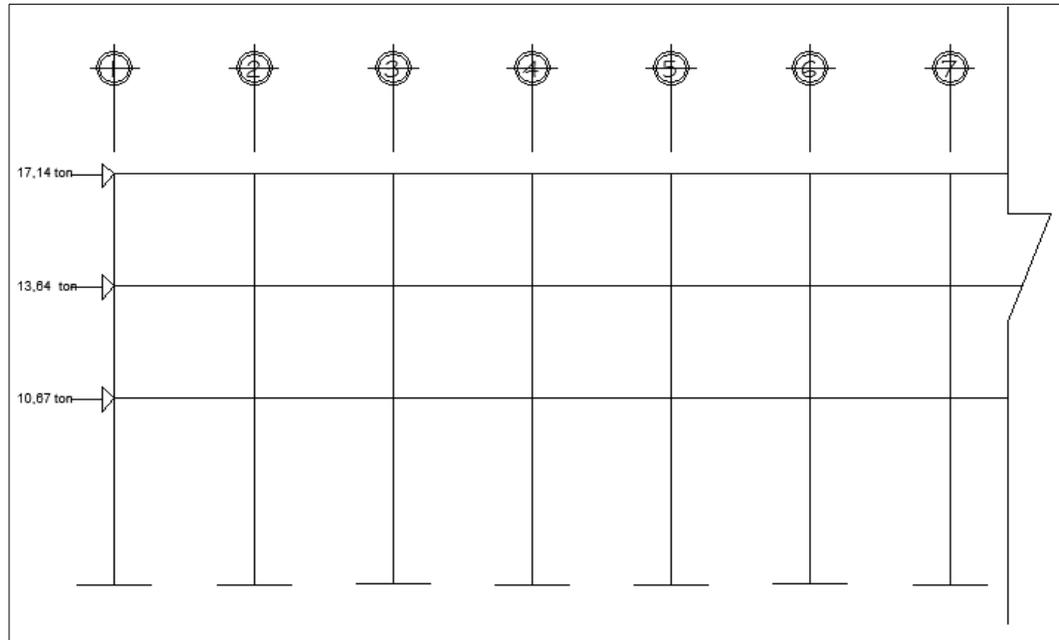
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 8. **Modelo matemático de carga horizontal marco 2, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 9. **Modelo matemático de carga horizontal marco B, sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

2.1.5.4. Análisis de marcos dúctiles por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural numérico

El análisis de los marcos se hizo con el software SAP 2000 versión 12. El programa trabaja con un método matricial, y para comprobarlo se utilizaron los métodos numéricos de determinación de estimación de la curva elástica y ubicación de los puntos de inflexión, que es un método que consiste en localizar los puntos de inflexión para separar la estructura en varios cuerpos libres, en los cuales ya se pueden aplicar las ecuaciones de estática y método del portal que es utilizado para evaluar fuerzas internas generadas en un pórtico por cargas horizontales, este método supone que la estructura está constituida por una serie de marcos o pórticos independientes, lo cual provoca que las

columnas centrales soportan el doble de fuerza cortante que las externas, al obtener el corte en la línea central del pórtico se analiza cada nudo aplicando las ecuaciones de estática. Se observó una variación menor al 10 % entre métodos aproximados de análisis estructural y el software.

Se realizó el análisis para carga viva, muerta y sismo independientemente, para el diseño de los elementos se utilizaron los valores obtenidos con los métodos numéricos de estimación de la curva elástica y ubicación de los puntos de inflexión y método del portal, esto por ser un método más conservador. Los diagramas de momentos para carga viva, muerta y sismo por métodos aproximados se encuentran en anexo 1.

2.1.5.5. Envoltente de momentos

Es la representación de los esfuerzos máximos resultantes de la combinación de carga muerta, carga viva y sismo. Las combinaciones que se utilizaron son las propuestas por el ACI:

- $M = 1,4 MCM + 1,7 MCV$
- $M = 0,75 (1,4 MCM + 1,7 MCV + 1,87 MS)$
- $M = 0,75 (1,4 MCM + 1,7 MCV - 1,87 MS)$
- $M = 0,9 MCM + 1,4 MS$
- $M = 0,9 MCM - 1,4 MS$

En las siguientes tablas se detallarán los valores de la envoltente de momentos para las vigas y columnas.

Tabla XI. Cálculo de envolventes de viga, eje Y

viga	MOMENTOS				COMBINACIONES						
		<u>Mcv</u>	<u>Mcm</u>	Ms	1	2	3	4	5	Mu	
3er nivel	A-B	M(-)	230,86	583,12	-1 379,4	1 208,83	-1 027,99	2 841,23	-1 447,73	2 497,35	2 841,23
		M(+)	296,82	749,72	0	1 554,20	1 165,65	1 165,65	674,75	674,75	1 554,20
		M(-)	557,94	1 409,26	1 030,58	2 921,46	3 636,48	745,71	2 742,06	-205,40	3 636,48
	B-C	M(-)	1 459,41	1 868,04	-2 321,28	5 096,25	566,59	7 077,78	-1 638,19	5 000,67	7 077,78
		M(+)	776,4	993,8	0	2 711,20	2 033,40	2 033,40	894,42	894,42	2 711,20
		M(-)	603,87	772,95	1 202,1	2 108,71	3 267,48	-104,41	2 414,66	-1 023,35	3 267,48
2do nivel	A-B	M(-)	458,3	764,69	-3 686,03	1 848,88	-3 783,00	6 556,31	-4 582,80	5 959,24	6 556,31
		M(+)	588,64	983,18	0	2 377,14	1 782,86	1 782,86	884,86	884,86	2 377,14
		M(-)	1 106,47	1 848,08	2 169,47	4 468,31	6 393,91	308,55	4 765,61	-1 439,07	6 393,91
	B-C	M(-)	1 564,73	2 078,68	-3 407,06	5 570,19	-800,76	8 956,05	-3 001,28	6 742,91	8 956,05
		M(+)	647,45	1 105,85	0	2 648,86	1 986,64	1 986,64	995,27	995,27	2 648,86
		M(-)	832,43	860,11	2 316,96	2 619,29	5 214,00	-1 285,07	4 087,35	-2 539,15	5 214,00
1er nivel	A-B	M(-)	457,83	764,69	-7 124,58	1 848,88	-8 605,57	11 378,88	-9 499,93	10 876,37	11 378,88
		M(+)	588,64	983,18	0	2 377,14	1 782,86	1 782,86	884,86	884,86	2 377,14
		M(-)	1 106,47	1 848,08	6 273,96	4 468,31	12 150,46	-5 448,00	10 635,03	-7 308,49	12 150,46
	B-C	M(-)	1 564,73	2 078,68	-3 848,53	5 570,19	-1 219,92	9 575,21	-3 632,59	7 374,21	9 575,21
		M(+)	647,45	1 105,85	0	2 648,86	1 986,64	1 986,64	995,27	995,27	2 648,86
		M(-)	832,43	860,11	-3 848,53	2 619,29	-3 433,10	7 362,03	-4 729,30	6 277,50	7 362,03

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Cálculo de envolventes de viga, eje X

viga	MOMENTOS				COMBINACIONES						
		<u>Mcv</u>	<u>Mcm</u>	Ms	1	2	3	4	5	Mu	
3er nivel	1-2	M(-)	458,7	1 054,45	1 007	2 256,02	3 104,33	279,70	2 389,02	-491,01	3 104,33
		M(+)	277,81	1 355,72	0	2 370,29	1 777,71	1 777,71	1 220,15	1 220,15	2 370,29
		M(-)	1 029,5	2 548,35	714	5 317,84	4 989,77	2 987,00	3 314,54	1 272,50	5 317,84
	2-3	M(-)	423,22	2 065,32	710	3 610,92	3 703,97	1 712,42	2 874,09	843,49	3 703,97
		M(+)	214,54	1 046,98	0	1 830,49	1 372,87	1 372,87	942,28	942,28	1 830,49
		M(-)	423,22	2 065,32	710	3 610,92	3 703,97	1 712,42	2 874,09	843,49	3 703,97
2do nivel	1-2	M(-)	640,31	1 626,67	2 372,5	3 365,87	5 851,83	-803,03	4 856,68	-1 928,67	5 851,83
		M(+)	823,26	2 091,43	0	4 327,54	3 245,66	3 245,66	1 882,29	1 882,29	4 327,54
		M(-)	1 547,49	3 931,28	2 010,57	8 134,53	8 920,72	3 281,07	6 413,27	663,04	8 920,72
	2-3	M(-)	1 254,17	3 186,12	1 895	6 592,66	7 602,23	2 286,76	5 577,36	157,66	7 602,23
		M(+)	635,78	1 615,15	0	3 342,04	2 506,53	2 506,53	1 453,64	1 453,64	3 342,04
		M(-)	1 254,17	3 186,12	1 895	6 592,66	7 602,23	2 286,76	5 577,36	157,66	7 602,23

Continuación de la tabla XII.

1er nivel	M(-)	640,31	1 626,67	6 361	3 365,87	11 445,70	-6 396,90	10 560,23	-7 632,23	11 445,70
	M(+)	823,26	2 091,43	0	4 327,54	3 245,66	3 245,66	1 882,29	1 882,29	4 327,54
2-3 nivel	M(-)	1 547,49	3 931,28	4 910,5	8 134,53	12 987,87	-786,08	10 560,17	-3 483,86	12 987,87
	M(-)	1 254,17	3 186,12	4 250	6 592,66	10 905,12	-1 016,13	8 945,01	-3 209,99	10 905,12
2-3 nivel	M(+)	635,78	1 615,15	0	3 342,04	2 506,53	2 506,53	1 453,64	1 453,64	3 342,04
	M(-)	1 254,17	3 186,12	4 250	6 592,66	10 905,12	-1 016,13	8 945,01	-3 209,99	10 905,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Cálculo de envolventes de columna, eje Y

columna	eje	MOMENTOS			COMBINACIONES					Mu
		Mcv	Mcm	Ms	1	2	3	4	5	
3er nivel	A	179,55	447,99	1 551	932,42	2 874,59	-1 475,96	2 621,12	-1 814,74	2 874,59
		202,28	446,03	732	968,32	1 752,87	-300,39	1 448,19	-645,33	1 752,87
		180,67	350,3	2 321	797,56	3 853,37	-2 657,03	3 634,30	-3 003,76	3 853,37
	B	108,7	313	1 407	622,99	2 440,56	-1 506,08	2 293,71	-1 730,31	2 440,56
		375,33	817,2	1202	1782,14	3022,41	-349,20	2454,34	-983,38	3022,41
		333,84	740,02	344	1 603,56	1 685,13	720,21	1 157,94	174,10	1 685,13
2do nivel	A	212,95	431	1 295	965,42	2 540,30	-1 092,18	2 239,75	-1 463,95	2 540,30
		205,88	417	1 342	933,80	2 582,50	-1 181,81	2 294,36	-1 543,76	2 582,50
		146,19	280	4 264	640,52	6 460,65	-5 499,87	6 349,52	-5 845,52	6 460,65
	B	110	283,05	3 438	583,27	5 259,25	-4 384,34	5 171,09	-4 661,60	5 259,25
		311,96	692	1 472	1 499,13	3 188,83	-940,13	2 727,76	-1 482,16	3 188,83
		326,04	721,5	348	1 564,37	1 661,35	685,21	1 146,99	151,71	1 661,35
1er nivel	A	85,3	173	5 782	387,21	8 399,66	-7 818,85	8 423,96	-8 112,56	8 423,96
		49,52	102	7 344	226,98	10 470,20	-10 129,72	10 593,72	-10 410,12	10 593,72
		48	121,99	6 684	252,39	9 563,60	-9 185,02	9 667,91	-9 448,33	9 667,91
	B	30,22	76,51	7 788	158,49	11 041,54	-10 803,80	11 205,70	-11 067,98	11 205,70
		147,17	326,26	4 984	706,95	7 520,27	-6 459,85	7 420,75	-6 833,49	7 520,27
		66,91	147,27	6 936	319,93	9 967,68	-9 487,80	10 051,02	-9 785,94	10 051,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Cálculo de envolventes de columna, eje X

columna	eje	MOMENTOS			COMBINACIONES					Mu
		Mcv	Mcm	Ms	1	2	3	4	5	
3er nivel	1,15	263,7	848,28	1 007	1 635,88	2 639,23	-185,41	2 203,46	-676,56	2 639,23
		226,92	852,72	720	1 579,57	2 194,48	174,88	1 797,05	-262,15	2 194,48
	2-14	13,27	45,02	1 509,27	85,59	2 180,94	-2 052,56	2 198,77	-2 117,74	2 198,77
		24,06	57,06	1 250	120,79	1 843,71	-1 662,54	1 838,85	-1 736,15	1 843,71

Continuación de la tabla XIV.

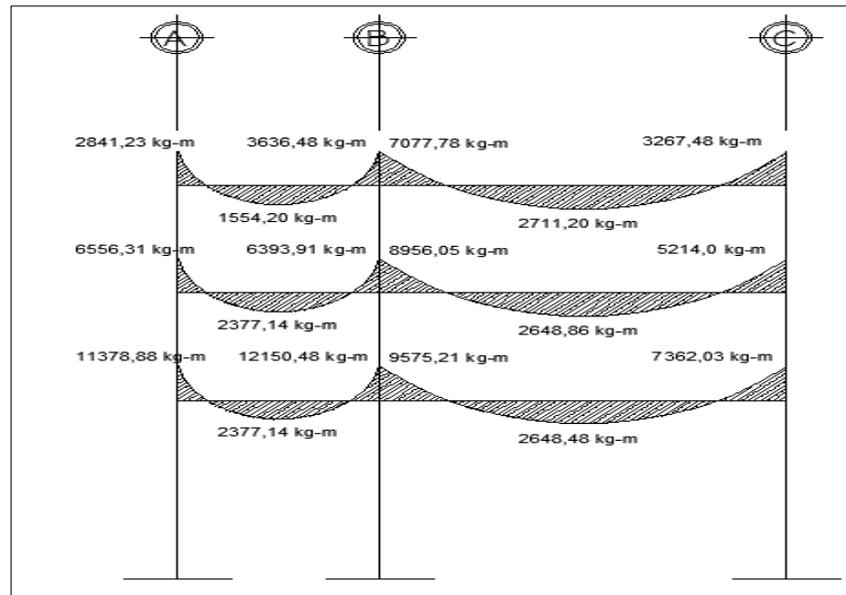
2do nivel	1,15	296,2	849,68	1 651	1 693,09	3 585,35	-1 045,71	3 125,64	-1 596,22	3 585,35
	2-14	297,92	854,76	630	1 703,13	2 160,92	393,77	1 670,18	-131,62	2 160,92
1er nivel	1,15	9,72	19,2	2 819	43,40	3 986,20	-3 921,09	4 048,45	-4 013,89	4 048,45
	2-14	3,65	14,2	2 453,35	26,09	3 460,39	-3 421,26	3 521,07	-3 495,51	3 521,07
1er nivel	1,15	64,9	185,92	5 730,62	370,62	8 315,16	-7 759,23	8 362,11	-8 027,46	8 362,11
	2-14	129,7	369,96	6 485,29	737,53	9 648,77	-8 542,47	9 606,93	-8 941,00	9 648,77
1er nivel	1,15	2,02	7,5	6 498	13,93	9 123,90	-9 102,99	9 298,89	-9 285,39	9 298,89
	2-14	4,91	2,45	6 857	11,78	9 625,78	-9 608,11	9 807,72	-9 803,31	9 807,72

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.6. Diagramas de momentos y corte

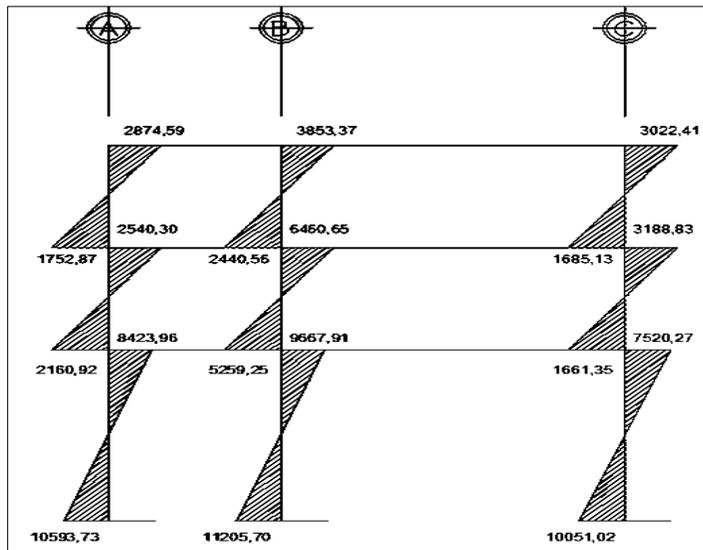
A continuación se presentan los diagramas de las envolventes de momentos para los marcos.

Figura 10. **Envolvente de momentos en viga marco 2, sentido Y**



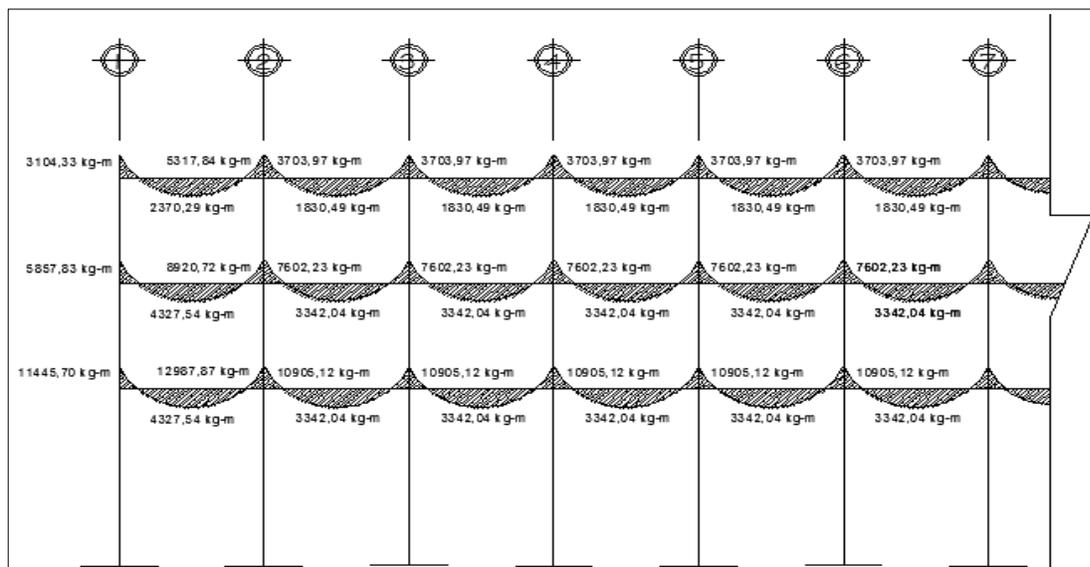
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 11. **Envolvente de momentos en columna marco 2, sentido Y**



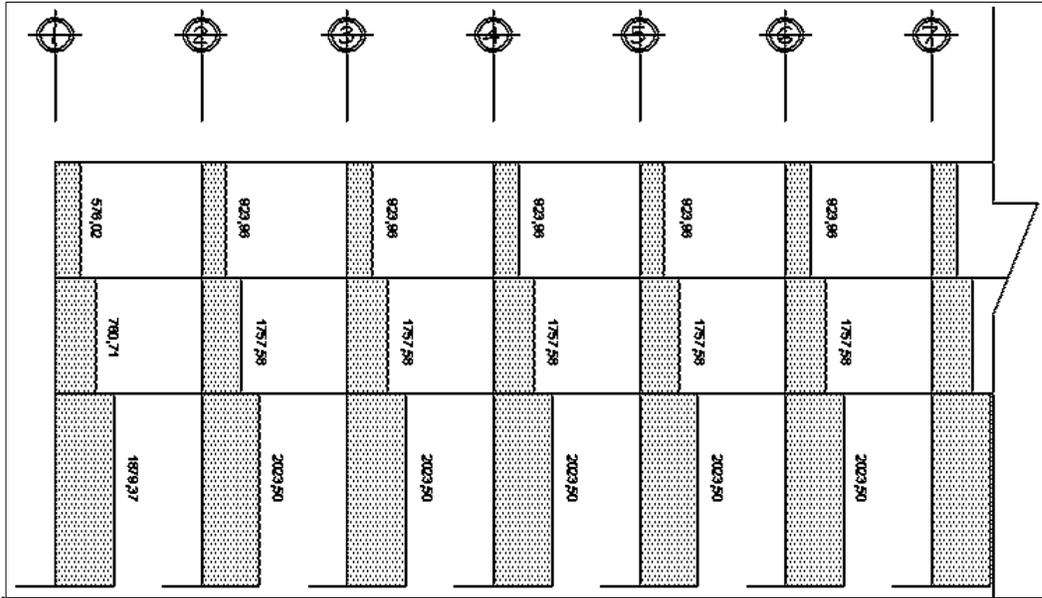
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 12. **Envolvente de momentos viga marco B, sentido X**



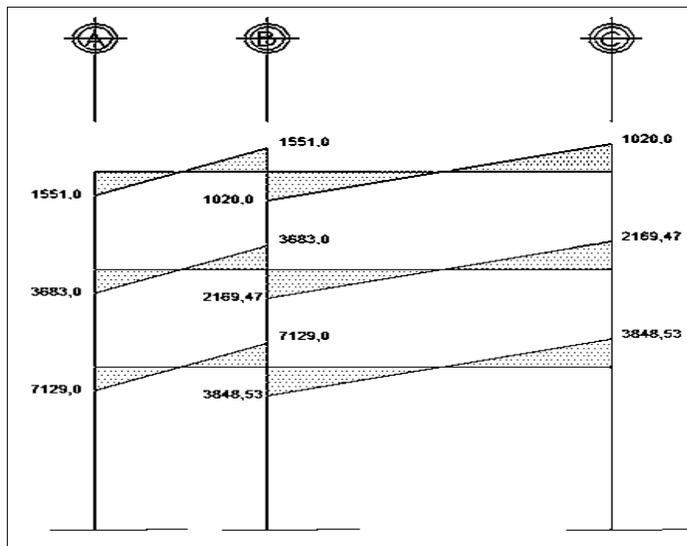
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 15. Corte en columnas en marco B, sentido X



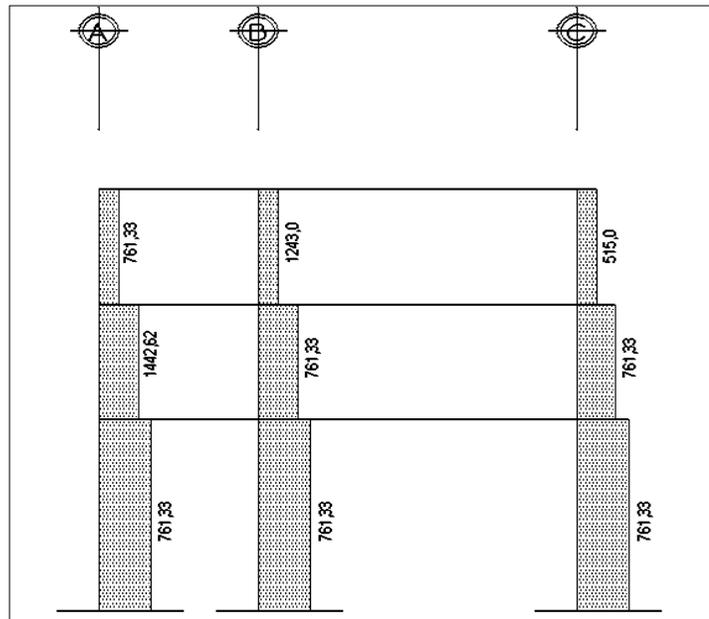
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 16. Corte en vigas marco crítico 2, sentido Y



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Figura 17. **Corte en columnas marco crítico 2, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

2.1.6. Diseño estructural

Es la actividad que se realiza por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos que componen la estructura.

2.1.6.1. Diseño de losas

Se utilizó el método 3 del Código ACI, el espesor de las losas para los 3 niveles, se calculó previamente en la sección 2.2.6.1 (predimensionamiento de elementos estructurales) dando como resultado un espesor de 0,12 metros.

- Cálculo de losa de entrepiso

Relación de lados de la losa:

Losa 1: (losa final)

$$a = 3,5; b = 7,$$

$m = 0,5$ caso 2 trabaja en 2 sentidos

Losa 2: (losa final)

$$a = 3,5; b = 3,5$$

$m = 1$, caso 2 trabaja en 2 sentidos

Losa 3:

$$a = 3,5; b = 7,$$

$m = 0,5$ caso 2 trabaja en 2 sentidos

Losa 4:

$$a = 3,5; b = 3,5$$

$m = 1$ caso 2 trabaja en 2 sentidos

Datos:

$$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Peso del concreto armado} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Espesor de la losa} = 0,12 \text{ m}$$

$$W_{\text{losa}} = 2400 * 0,12 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 90 \text{ kg/m}^2$$

- Cargas aplicadas

$$\text{Aulas CV} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pasillos CV} = 500 \text{ kg/m}^2$$

- Carga muerta última

$$\text{CMU} = \text{Peso de la losa} + \text{acabados}$$

$$\text{CMU} = 1,4 (288 + 90) = 529,2 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva última

$$\text{Aulas: CVU} = 1,7 * (200) = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pasillos: CVU} = 1,7 * (500) = 850 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última

$$\text{CU} = \text{CMU} + \text{CVU}$$

$$\text{Aulas: } 529,2 + 340 = 869,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pasillos: } 529,2 + 850 = 1\,379,2 \text{ kg/m}^2$$

Para el cálculo de los momentos actuantes $M_{(\pm)}$, se utilizan las siguientes ecuaciones:

Para momentos negativos:

$$M_{a(-)} = C_a * CU * a^2$$

$$M_{b(-)} = C_b * CU * b^2$$

Para momentos positivos:

$$M_{a(+)} = C_{am+} * CMU * a^2 + C_{av+} * CVU * a^2$$

$$M_{b(+)} = C_{bm+} * CMU * b^2 + C_{bv+} * CVU * b^2$$

Donde:

C_{a-} = coeficiente para momento negativo

C_{b-} = coeficiente para momento negativo

$C_{am+}; C_{bm+}$ = coeficiente para momento positivo debido a carga muerta

$C_{av+}; C_{bv+}$ = coeficiente para momento positivo debido a carga viva

En caso que no haya continuidad, los momentos negativos $M(-)$ en ese extremo se considerarán como 1/3 del momento positivo.

Tabla XV. **Cálculo de momentos en losa**

Nivel	losa	a	b	C_{a-}	C_{b-}	C_{a+} (cm)	C_{a+} (cv)	C_{b+} (cm)	C_{b+} (cv)	M_{a+}	M_{a-}	M_{b-}	M_{b-}
3	1	3,5	7	0,086	0,006	0,037	0,066	0,002	0,004	662,76	715,54	81,26	199,68
3	2	3,5	3,5	0,045	0,045	0,018	0,027	0,018	0,027	591,08	374,41	166,30	374,41
2	1	3,5	7	0,086	0,006	0,037	0,066	0,002	0,004	816,38	915,70	118,50	255,54
2	2	3,5	3,5	0,045	0,045	0,018	0,027	0,018	0,027	822,61	760,28	397,83	760,28
1	1	3,5	7	0,086	0,006	0,037	0,066	0,002	0,004	816,38	915,70	118,50	255,54
1	2	3,5	3,5	0,045	0,045	0,018	0,027	0,018	0,027	822,61	760,28	397,83	760,28

Fuente: elaboración propia.

Acero mínimo:

$$A_s \text{ min} = \frac{14}{f_y} b d$$

$$A_s = 4,48 \text{ cm}^2$$

$$M \text{ min} = 97974,03 \text{ kg-cm} = 979,74 \text{ kg-m}$$

Separación entre varillas, separación máxima 2t

$$S = 2 * 12\text{cm} = 24 \text{ cm}$$

Todos los momentos actuantes en las distintas losas son menores al momento resistente del acero mínimo requerido en esta, por lo tanto se armarán con el acero mínimo 4,48 cm²

$$4,48 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{4,48} = 15,84 \text{ cm}$$

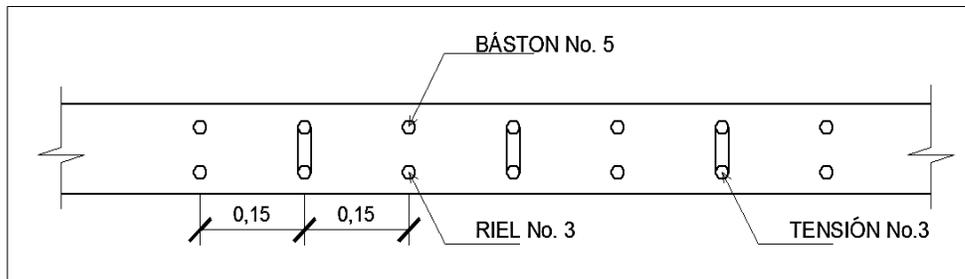
Por armado se colocarán a cada 15 cm.

Tabla XVI. **Armado de losas**

nivel	losa	Ma+	Ma-	Mb+	Mb-	As	S(cm)
3	1	662,76	715,54	81,26	199,68	mínimo	15
3	2	591,08	374,41	166,3	374,41	mínimo	15
2	1	816,38	915,7	118,5	255,54	mínimo	15
2	2	822,61	760,28	397,83	760,28	mínimo	15
1	1	816,38	915,7	118,5	255,54	mínimo	15
1	2	822,61	760,28	397,83	760,28	mínimo	15

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Detalle de armado de losa**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Ver detalle de armado de losa en plano de detalles estructurales en anexo.

2.1.6.2. **Diseño de vigas**

Las vigas son elementos de suma importancia para la estructura, son elementos horizontales que reciben las cargas de las losas y las transmiten a las columnas, estas trabajan fundamentalmente a flexión, serán diseñadas por el método de resistencia última, que se basa en la suposición de que los elementos fallan cuando alcanzan la resistencia utilizando cargas factorizadas y reduciendo la resistencia de los materiales por miembro estructural.

Las vigas están sometidas a esfuerzos de tensión, compresión y corte. Para el diseño de las vigas se utilizarán los datos del análisis estructural como lo son momentos y cortes últimos

- Diseño a flexión de viga módulo 1-2 de primer nivel, marco B, sentido X.

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$d = 42 \text{ cm}$$

$$M (-) 1 = 11\,445,70 \text{ kg-m}$$

$$M (+) = 4\,327,54 \text{ kg-m}$$

$$M (-) 2 = 12\,987,12 \text{ kg-m}$$

- Límites de acero

Antes de iniciar el cálculo del acero longitudinal de la viga se deben conocer los límites entre los que se encuentran, utilizando los siguientes criterios:

- Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

- Acero máximo

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

$$\rho_b = \frac{0,85 * f'c * \beta_1}{f_y} \left(\frac{6\,120}{6\,120 + f_y} \right)$$

Donde:

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

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_b = 0,85$$

Sustituyendo datos:

$d = h - \text{recubrimiento}$

$d = 45 - 3 = 42 \text{ cm}$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\,810} * 30 * 42 = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 210 * 0,85}{2\,810} \left(\frac{6\,120}{6\,120 + 2\,810} \right) = 0,0369947$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03699 * 30 * 42 = 23,31 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal

Con los momentos actuantes en la viga se procede a calcular el área de acero longitudinal requerida

- Calcular área de acero longitudinal requerido A_s :

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

Donde:

A_s = área de acero (cm^2)

M_u = momento último ($\text{kg} - \text{m}$)

b = base de la viga (cm)

d = peralte efectivo de la viga (cm)

$f'c$ = resistencia del concreto (kg/cm^2) f_y = resistencia del acero (kg/cm^2)

Esta ecuación se basa en el balance de la fuerza de tensión y la de compresión (tensión = compresión) y la teoría del bloque equivalente de Whitney.

$$A_s = \left((30 * 42) - \sqrt{((30 * 42)^2 - \frac{11\,445,70 * 30}{0,003825 * 210})} \right) * \frac{0,85 * 210}{2810} = 11,83 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left((30 * 42) - \sqrt{((30 * 42)^2 - \frac{43\,275,54 * 30}{0,003825 * 210})} \right) * \frac{0,85 * 210}{2810} = 4,24 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left((30 * 42) - \sqrt{((30 * 42)^2 - \frac{12\,987,12 * 30}{0,003825 * 210})} \right) * \frac{0,85 * 210}{2810} = 13,34 \text{ cm}^2$$

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

$A_{s\text{mín}} < A_s < A_{s\text{máx}}$

$6,28 \text{ cm}^2 < 4,24 \text{ cm}^2 < 23,31 \text{ cm}^2$ se usará el acero mínimo.

$6,28 \text{ cm}^2 < 11,83 \text{ cm}^2 < 23,31 \text{ cm}^2$

Como se observa en los resultados, todas las áreas requeridas se encuentran dentro del rango. Luego se procede a proponer diámetros de barras de acero para cubrir los momentos; el capítulo 21 del código ACI 318-08 en la sección 21.5.2.2. da los siguientes parámetros para calcular el refuerzo corrido y los bastones:

Cama superior: colocar 2 varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:

$$\text{Asmín} = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$33 \% \text{ As}(-) \text{ mayor } 4,40 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armado propuesto } 2 \text{ varillas corridas } \# 6 + 1 \text{ varilla corrida } \# 5 = 7,67 \text{ cm}^2$$

Armado final; 2 varillas # 6 + 1 varilla # 5 = 7,67 cm², As demandado por el momento negativo As = 11,83 cm², diferencia 4,16 cm², por lo que se debe colocar 2 bastones # 5 = 3,98 cm², dando en total 11,65 cm².

Cama inferior: colocar 2 varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:

$$\text{Asmín} = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$50 \% \text{ As}(+) = 2,12 \text{ cm}^2$$

$$50 \% \text{ As}(-) \text{ mayor} = 6,67 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armado propuesto } 2 \text{ varillas corridas } \# 6 + 1 \text{ varilla corrida } \# 5 = 7,67 \text{ cm}^2$$

Para este caso será necesario colocar el As (-) mayor = 6,67 cm² equivalentes armado propuesto 2 varillas corridas # 6 + 1 varilla corrida # 5 = 7,67 cm²

Para vigas en las cuales la separación entre camas exceda de 30,50 centímetros es necesario colocar un refuerzo adicional, para prevenir el agrietamiento causado por esfuerzos internos de corte, el Código ACI especifica que debe de ser 1,61 centímetros cuadrados por cada pie de alto; se

colocarán 2 varillas corridas # 4 ubicadas en el eje neutro de la viga. A continuación se presenta el armado de la viga del primer nivel en sentido Y, el armado de las vigas restantes se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XVII. **Armado longitudinal de vigas, sentido X**

VIGA		MOMENTO	AS REQ	AS	CORRIDAS	BASTONES	AS REAL	
Tercer nivel	1-2	M(-)	3 104,33	3,04	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(+)	2 370,29	2,32	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(-)	5 317,84	5,21	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	2-3	M(-)	3 703,97	3,63	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(+)	1 830,49	1,79	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(-)	3 703,97	3,63	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
Segundo nivel	1-2	M(-)	5 851,83	5,73	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(+)	4 327,54	4,24	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(-)	8 920,72	8,74	8,74	2 # 6 + 1 # 5	1 # 5	9,66
	2-3	M(-)	7 602,23	7,45	7,45	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(+)	3 342,04	3,27	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(-)	7 602,23	7,45	7,45	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
Primer nivel	1-2	M(-)	11 445,7	11,63	11,63	2 # 6 + 1 # 5	2 # 5	11,65
		M(+)	4 327,54	4,24	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(-)	12 987,87	13,34	13,34	2 # 6 + 1 # 5	3 # 5	13,64
	2-3	M(-)	10 905,12	11,03	11,03	2 # 6 + 1 # 5	2 # 5	11,65
		M(+)	3 342,04	3,27	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
		M(-)	10 905,12	11,03	11,03	2 # 6 + 1 # 5	2 No. 5	11,65

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Armado longitudinal de vigas, sentido Y

VIGA		MOMENTO	AS REQ	AS	CORRIDAS	BASTONES	AS REAL
Tercer nivel	A- M(-)	2 841,23	2,78	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	B M(+)	1 554,2	1,52	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	3 636,48	3,56	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	7 077,78	6,97	6,97	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	B- C M(+)	2 711,2	2,33	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	3 267,48	6,90	6,90	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
Segundo nivel	M(-)	6 556,31	6,94	6,94	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	A- B M(+)	2 377,14	2,33	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	6 393,91	6,94	6,94	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	8 956,05	8,92	8,92	2 # 6 + 1 # 5	1 # 5	7,67
	B- C M(+)	2 648,86	3,20	3,20	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	5 214	5,07	5,07	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
Primer nivel	M(-)	11 378,88	11,55	11,55	2 # 6 + 1 # 5	2 # 5	11,65
	A- B M(+)	2 377,14	3,11	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	12 150,46	11,70	11,70	2 # 6 + 1 # 5	2 # 5	11,65
	M(-)	9 575,21	9,58	9,58	2 # 6 + 1 # 5	1 # 5	9,66
	B- C M(+)	2 648,86	3,20	6,28	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67
	M(-)	7 362,03	7,21	7,21	2 # 6 + 1 # 5	-----	7,67

Fuente: elaboración propia.

○ Diseño a corte

El refuerzo transversal en la viga, tiene como objetivo mantener en posición al refuerzo longitudinal y resistir los efectos del corte en el elemento si la sección de concreto no es capaz de contrarrestar este efecto.

Según ACI 318S-05, sección 21.12.4.2, en ambos extremos del elemento se debe colocar, en una longitud de confinamiento igual a 2h medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, refuerzo transversal mínimo, con el menor valor de los siguientes.

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo
- 30 cm

Confinamiento mínimo en los extremos de la viga:

$$L = 2h$$

$$L = 2 * 45 = 90 \text{ cm}$$

- Cálculo del corte resistente:
 - Si $V_{res} > V_u$ la sección de la viga resiste los efectos de corte y se necesita estribos solo por armado, $s = d/2$.
 - Si $V_{res} < V_u$ diseñar estribos a corte.

Corte resistente y corte actuante

- Longitud de confinamiento

$$\frac{V_u}{L/2} = \frac{V_{res}}{X'} \rightarrow X' = \frac{V_{res}}{V_u} * L/2$$

- Corte actuante

$$V_{\text{vigas}} = 0,75 * \left(\frac{1,2 * W_{cm} * L}{2} + \frac{1,7 W_{cv} * L}{2} + \frac{1,87 \text{ sismo}}{L} \right)$$

- Corte resistente

$$V_{res} = \phi 0,53 \sqrt{(210)} * b * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 42 = 8\,225,74 \text{ kg}$$

Según ACI

- $d/4 = 10 \text{ cm}$
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal = 15,20
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo = 22,86
- 30 cm

La distancia $d/4 = 10$ centímetros es la menor para el área confinada según criterios de ACI, por armado se colocarán estribos # 3 @ 10 cm en la distancia $2h$ equivalente a 90 cm.

En el área no confinada se colocarán estribos # @ 20 cm.

Tabla XIX. Armado transversal de vigas, sentido X

Nivel	Tramo	Vu	S	zona confinada	zona no confinada
3	1-2	795,07	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
3	2-1	795,07	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	1-2	1 950,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	2-1	1 950,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	1-2	4 270,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	2-1	4 270,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
3	2-3	795,07	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
3	3-2	795,07	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	2-3	1 950,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	3-2	1 950,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	2-3	4 270,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	3-2	4 270,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm

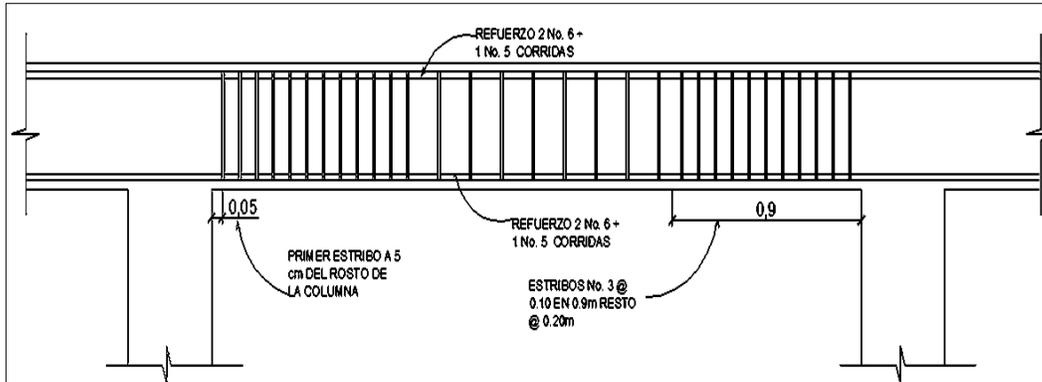
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Armado transversal de vigas, sentido Y

Nivel	Tramo	Vu	S	zona confinada	zona no confinada
3	A-B	1 551,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
3	B-A	1 551,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	A-B	3 683,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	B-A	3 683,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	A-B	7 129,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	B-A	7 129,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
3	B-C	1 020,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
3	C-B	1 020,0	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	B-C	2 169,47	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
2	C-B	2 169,47	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	B-C	3 848,53	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm
1	C-B	3 848,53	d/2	Nro. 3 @ 10 cm	d/2 = Nro. 3 @ 20 cm

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Detalle de refuerzo transversal en vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2010.

2.1.6.3. **Diseño de columnas**

Son elementos sometidos a carga axial y momento flexionantes, la carga axial es el resultado de todas las cargas verticales que soporta la columna, y los momentos flexionantes se obtienen del análisis estructural, para el diseño se utiliza el mayor de los momentos actuantes.

Se analizará la columna más crítica por nivel y el diseño final se aplicará a todas las columnas del nivel analizado, a continuación se describe el proceso de diseño para la columna crítica del primer nivel.

Columna primer nivel

Datos:

Sección: $0,40\text{m} \times 0,40\text{m} = 0,160 \text{ m}^2$

Longitud libre de la columna = $2,60 \text{ m}^2$

$$M_x = 9\,807,72 \text{ kg-m}$$

$$M_y = 11\,205,70 \text{ kg-m}$$

$$V_u = 2\,023,50 \text{ kg}$$

- Cálculo de carga axial

$$C_U = 1,4 C_M + 1,7 C_V$$

$$C_U = 1,4 ((2\,400 * 0,12) + 340) + 1,7 (500)$$

$$C_U = 1\,729,20 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo del factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{C_U}{C_V + C_M}$$

$$F_{CU} = \frac{1\,729,20}{500 + 628} = 1,53$$

- Carga axial última

$$P_{U1} = C_U * \text{área tributaria} + P_v * F_{CU} + P_{U2} + P_{U3}$$

$$P_{U1} = 1\,729,20 * 18,37 + 324 * 1,53 + 32\,261,12 + 64\,522,24 = 131\,504,03$$

- Esbeltez (E)

La esbeltez de una columna es la relación que existe entre la altura y la sección transversal de la misma, estas se pueden clasificar en cortas, intermedias y largas, tomando como base los siguientes parámetros.

- Columna corta $E < 22$
- Columna intermedia $22 < E < 100$
- Columna larga $E > 100$

La ecuación a utilizar es $E = KLu/\delta$, por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna (K), la longitud efectiva de pandeo (Lu) y el 30 por ciento del lado menor de la columna (δ).

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ), se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$\Psi = \frac{\sum K_{columna}}{\sum K_{vigas}}$$

$$K = I/L$$

$$I = 1/12 * b * h^3$$

Para la columna:

$$I_{col} = \frac{1}{12} * 40 * 40^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$K_{col} = \frac{213\,333,33}{300} = 711,11 \text{ cm}^3$$

Para la viga:

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * 30 * 45^3 = 227\,812,5 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga} = \frac{227\,812,5}{350} = 650,89 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{viga}} = \frac{227\,815,5}{700} = 325,45 \text{ cm}^3$$

Sentido Y

$$\Psi_a = \frac{711,11 + 711,11}{650,89 + 325,45} = 1,45$$

$$\Psi_b = 0 \text{ (empotrado)}$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{0 + 1,45}{2} = 0,73$$

Sentido en X

$$\Psi_a = \frac{711,11 + 711,11}{650,89 + 650,89} = 1,09$$

$$\Psi_b = 0 \text{ (empotrado)}$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{0 + 1,09}{2} = 0,55$$

- Cálculo de coeficiente K

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{prom}}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} = \quad \text{para } \Psi_{\text{prom}} < 2$$

$$K = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} = \quad \text{para } \Psi_{\text{prom}} > 2$$

$$K_y = \frac{20 - 0,73}{20} * \sqrt{1 + 0,73} = 1,27$$

$$E_y = \frac{1,27 * 2,60}{0,30 * 0,40} = 27,52$$

$$K_x = \frac{20 - 0,55}{20} * \sqrt{1 + 0,55} = 1,21$$

$$E_x = \frac{1,21 * 2,60}{0,30 * 0,40} = 26,21$$

Con los resultados obtenidos en los sentidos Y y X, se clasifica como columna intermedia, por lo que se deben magnificar los momentos.

- Magnificación de momentos

Cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, los efectos de la duración de la carga y cuyo factor principal a incluir, es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados, con el objetivo de obtener valores que toman en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

- Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta_d = \frac{CMU}{C.U}$$

$$\beta_d = \frac{1,4 * 628}{1\ 729,20} = 0,508$$

- Cálculo del total del material

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5 * (1 + \beta d)}$$

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

$$I_g = \frac{1}{12} b * h^3$$

$$E_c = 15\,100 \sqrt{210} = 218\,819,80 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} 40 * 40^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$EI = \frac{218\,819,80 * 213\,333,33}{2,5 * (1 + 0,508)} = 1\,238,23 \text{ ton} - \text{m}^2$$

- Cálculo de la carga crítica de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2}$$

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 * 1\,238,23}{(1,27 * 2,6)^2} = 1\,120,84 \text{ ton}$$

$$P_{cry} = \frac{\pi^2 * 1\,238,23}{(1,21 * 2,6)^2} = 1\,234,76 \text{ ton}$$

- Cálculo del magnificador de momentos

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

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{131,50}{\phi 1\,120,84}} = 1,16$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{131,50}{\phi 1234,76}} = 1,14$$

- Cálculo de momentos de diseño

$$M_d = \delta M_u$$

$$M_{dx} = 1,16 * 9807,72 = 11376,95 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = 1,14 * 11205,70 = 12774,50 \text{ kg} - \text{m}$$

- Refuerzo longitudinal

Según ACI 318-05 sección 21. 4. 3 .1, el porcentaje de acero en la columna debe estar dentro de los siguientes límites

$$1\% A_g \leq A_s \leq 6\% A_g \quad \text{Para zona sísmica.}$$

Donde:

A_g = área de columna

$$A_{s \text{ min}} = 0,01 * 40 * 40 = 16,00 \text{ cm}^2$$

Se sugiere un armado cercano a la cantidad mínima de acero, entonces se proponen 8 barras # 6 con un área equivalente a 22,72 cm²

- Valor de la gráfica

$$Y_{xy} = \frac{d - d'}{h} = \frac{40 - 2 * 4}{40} = 0,8$$

- Valores de la curva

$$\rho = \frac{A_s * f_y}{0,85 f'_c * A_g}$$

$$\rho = \frac{22,72 * 2810}{0,85 * 210 * 1600} = 0,22$$

- Excentricidades

$$e_x = \frac{M_x}{P_u}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P_u}$$

$$e_x = \frac{11376,95}{131504,0} = 0,086$$

$$e_y = \frac{12774,50}{131504,0} = 0,097$$

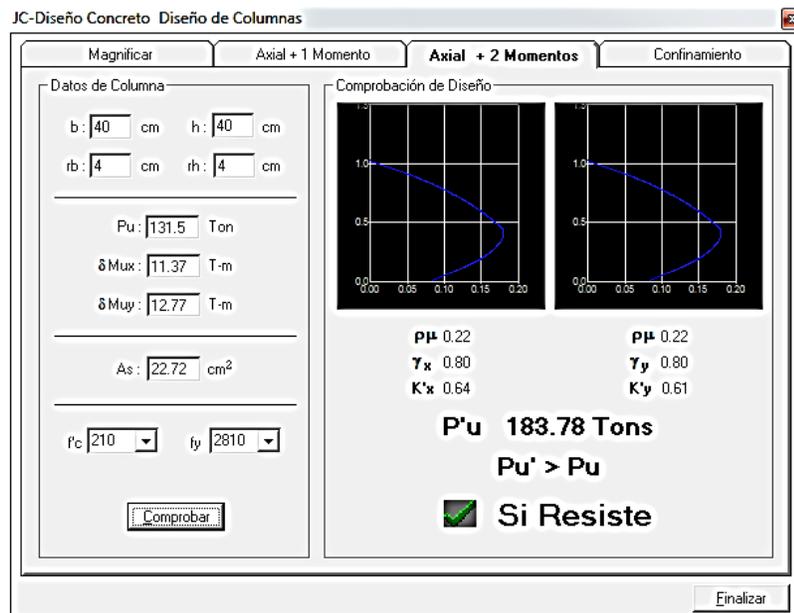
Se calcula el valor de las excentricidades

$$\frac{e_x}{h_y} = \frac{0,086}{0,40} = 0,215$$

$$\frac{e_y}{h_x} = \frac{0,097}{0,40} = 0,242$$

Los valores de los coeficientes del diagrama de interacción se obtuvieron a través del software para el diseño de columnas J. C. Diseño de concreto $K'_x=$ y K'_y

Figura 20. Valores de los coeficientes del diagrama de interacción



Fuente: CORADO FRANCO, Julio. *JC Diseño concreto*. Facultad de Ingeniería, Usac. 1998.

$K'_x = 0,64$ y $K'_y = 0,61$

- Carga resistente de la columna a una excentricidad e_x

$$P'_{ux} = K'_x * f'_c * b * h = (0,64)(210)(40)(40) = 215\ 040,0\ \text{kg}$$

- Carga resistente de la columna a una excentricidad e_y

$$P'_{uy} = K'_y * f'_c * b * h = (0,61)(210)(40)(40) = 204\ 960,0\ \text{kg}$$

- Carga axial resistente de la columna

$$P'o = \phi (0,85 * f'c (A_g - A_s) + A_s * f_y)$$

$$P'o = \phi (0,85 * 210 (1\ 600 - 22,72) + 22,72 * 2\ 810)$$

$$P'o = 241\ 771,38\ \text{kg}$$

- Carga resistente de la columna

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'o}} =$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{215\ 040,0} + \frac{1}{204\ 960,0} - \frac{1}{241\ 771,38}} = 185\ 420,06\ \text{kg}$$

$$P'u = 185\ 420,06 > P_u = 131\ 504,03$$

La carga axial última que resiste la columna, es mayor que la carga actuante última, por lo tanto el armado propuesto es adecuado para resistir las cargas que llegan a la columna.

- Refuerzo transversal

Se utiliza refuerzo transversal con el objetivo de mantener el refuerzo longitudinal en el lugar correspondiente, e incrementar la ductilidad de la columna y la capacidad que tiene para absorber los efectos de un sismo.

El ACI 318S-05 en la sección 21.12.5.2, recomienda que en ambos extremos de la columna, se coloque una longitud de confinamiento que no debe ser menor a la mayor de las siguientes condiciones:

- Una sexta parte de la luz libre del elemento
- La mayor dimensión de la sección transversal del elemento
- 0,45 m

A continuación se describe el procedimiento para proveer de refuerzo transversal a la columna, y como primer paso se procede a comparar el corte resistente con el corte actuante:

Si $V_{res} > V_{act}$ se colocan estribos solo por armado $s=d/2$

Si $V_{res} < V_{act}$ se diseñan los estribos por corte

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 f'c * b * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} * 40 * 32 = 8\,356,31 \text{ kg}$$

$$V_{res} = 8\,356,31 \text{ kg} > V_{act} = 2\,023,50 \text{ kg}$$

La columna resiste los efectos del corte actuante.

- Longitud de confinamiento

Una sexta parte de la luz libre del elemento = $2,60/6 = 0,43 \text{ m}$

La mayor dimensión de la sección transversal del elemento = $0,30 \text{ m}$

$0,45 \text{ m}$

Se toma la mayor de las anteriores para la longitud de confinamiento, en este caso se confinará $0,45 \text{ m}$.

- Separación de estribos en la longitud de confinamiento.

Relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0,85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{40^2}{32^2} - 1 \right) \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right) = 0,01608$$

$$S_s = \frac{4A_v}{\rho_s L} =$$

$$S_s = \frac{4 * 0,71}{0,01608 * 32} = 5,52 \text{ cm}$$

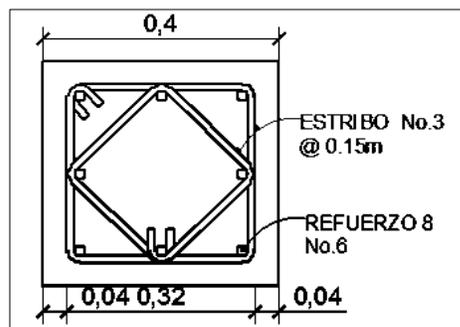
Se utilizará un espaciamiento en la zona confinada de 5 cm

- Separación de estribos en la longitud no confinada

$$\frac{d}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ cm}$$

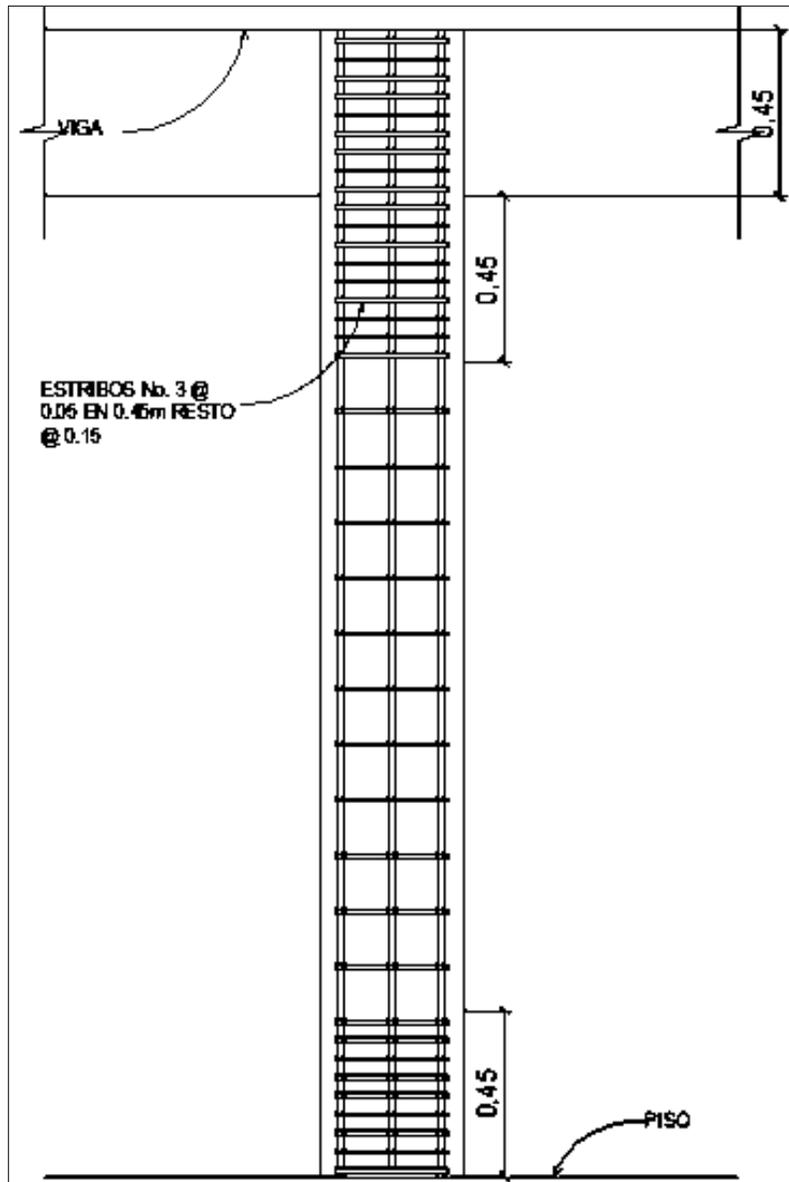
Se tomará una separación de 15 centímetros. Por tener refuerzo en las caras, se rotarán estribos a 45 grados por confinamiento.

Figura 21. **Detalle de refuerzo longitudinal en columna**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2010.

Figura 22. **Detalle de refuerzo transversal en columna**



Fuente elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Según los cálculos de las columnas de los tres niveles se colocará el mismo armado para los tres niveles.

- Diseño de nudo sísmico

Un nudo, una unión viga-columna, se define como la porción de la viga dentro de la altura de las columnas que se unen en ella. Los nudos deben diseñarse para resistir las fuerzas que las vigas y las columnas les transfieren incluyendo cargas axiales, flexión, torsión y cortante.

El comportamiento exitoso de un nudo depende, principalmente del confinamiento lateral del nudo. Este confinamiento tiene dos beneficios: aumenta la resistencia del núcleo de concreto y mejora su capacidad de deformación, y evita el pandeo de las barras verticales en la columna.

El esfuerzo para momento negativo se toma como $T = A_s F_y$ y la fuerza de compresión es $C = T$. El momento de diseño aplicado en la cara del nudo es el correspondiente a estas fuerzas máximas.

$$M_u = A_s f_y \left[d - \frac{a}{2} \right]$$

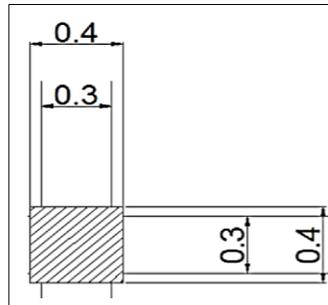
$$\text{Varilla No. 6} = T = A_s F_y = (2(2,85))(2,81) = 16,01 \text{ ton}$$

El momento en el nudo se calcula con base en la fuerza de tensión T, la altura efectiva de la viga es de 42 cms y con una altura de bloque.

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 * f'c * B_w}$$

$$a = \frac{16,01}{0,85 * 0,210 * 30} = 2,98 \text{ cm}$$

Figura 23. **Nudo sísmico**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

Los cortantes en la columna correspondiente a este momento en el nudo se encuentran con base en el diagrama de cuerpo libre de la columna entre los puntos de inflexión supuestos a la mitad de la altura.

$$V_{col} = \frac{6,32}{3} = 2,11 \text{ ton}$$

$$V_u = 16,01 - 2,11 = 13,9 \text{ ton}$$

Calculando el ancho efectivo del nudo

$$B_j = \frac{B_b + B_c}{2}$$

Donde

B_b = ancho de viga

B_c = lado corto de columna

H = lado largo de columna

$$B_j = \frac{30 + 40}{2} = 35 \text{ cm}$$

No debe exceder:

$$B_b + H = 30 + 40 = 70 \text{ c}$$

La resistencia a cortante nominal y de diseño del nudo son, respectivamente.

$$V_n = \gamma \sqrt{f'_c} B_j H$$

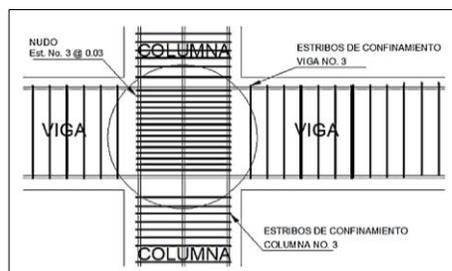
$$V_n = 20 \sqrt{210} * 35 * 0,04 = 405,75 \text{ ton}$$

$$\phi V_n = 0,85 * 405,75 = 344,85 \text{ ton}$$

El cortante aplicado $V_u = 13,9 \text{ Ton}$, no excede la resistencia de diseño, de manera que el diseño es satisfactorio.

Las vigas de borde suministran el confinamiento necesario en su dirección. En dirección de la viga normal sí es necesario proporcionar confinamiento, por lo cual se colocarán estribos # 3 @ 0,03 m; también se reforzará de acero longitudinal adicional de confinamiento: $L = 2H$, donde H será peralte de la viga, con diámetro de 6/8" a cada lado de la columna.

Figura 24. **Armado interno de nudo**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010

2.1.6.4. Diseño de gradas

Las gradas son uno de los elementos principales dentro de las edificaciones, es conformado principalmente por una serie de escalones dispuestos en un plano inclinado, diseñados y estructurados convenientemente para que permitan el acceso a los diferentes niveles de la estructura, debido a eso es importante que cumplan con los requerimientos estructurales durante su diseño.

- Cálculo de t

$$t = \frac{L}{20} = \frac{3,5}{20} = 17,5 \text{ cm}$$

$$t = 20 \text{ cm}$$

- Peso propio de gradas

$$W_e = Y \left(t + \frac{c}{2} \right)$$

$$W_e = 2\,400 * (0,20 + (0,15/2)) = 660 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 90 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CM} = 750 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CV} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{C.U} = 1,4 * (750) + 1,7 * (500) = 1\,900 \text{ kg/m}^2$$

Como la losa se encuentra inclinada, se calcula la longitud de esta:

$$D = \sqrt{2,25^2 + 3^2} = 3,75$$

La losa se considera en una dirección apoyada únicamente en los muros, por lo que el cálculo de los momentos actuantes se hace de la siguiente manera:

$$M_{(+)} = \frac{W * L^2}{9} = \frac{1\,900 * 3,75^2}{9} = 2\,968,75 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{(-)} = \frac{W * L^2}{14} = \frac{1\,900 * 3,75^2}{14} = 1\,908,48 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de acero

$$As_{\min} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 17,5 = 8,78 \text{ m}^2$$

- Acero requerido por $M_{(+)}$

$$\begin{aligned} As_{M(+)} &= (100 * 17,5 - \sqrt{(100 * 17,5)^2 - \frac{2\,968,75 * 100}{0,003825 * 210}}) * \left(\frac{0,85 * 210}{2\,810}\right) \\ &= 6,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Acero requerido por $M_{(-)}$

$$A_{sM(+)} = (100 * 17,5 - \sqrt{(100 * 17,5)^2 - \frac{1\,908,48 * 100}{0,003825 * 210} * (\frac{0,85 * 210}{2\,810})})$$

$$= 4,40 \text{ cm}^2$$

Ya que el acero mínimo es mayor al requerido por los momentos, el armado se diseñará con el acero mínimo.

- Separación para varillas # 4

$$8,78 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,29 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{1,29 * 100}{8,78} = 14,66 \text{ cm}$$

Se utilizará acero # 4 @ 14 cm

- Acero por temperatura: se colocará en sentido transversal.

$$A_s = 0,002 * b * t = 0,002 * (100) * (20) = 4 \text{ cm}^2$$

$$S_{max} = 2t = 2 * 20 = 40 \text{ cm}$$

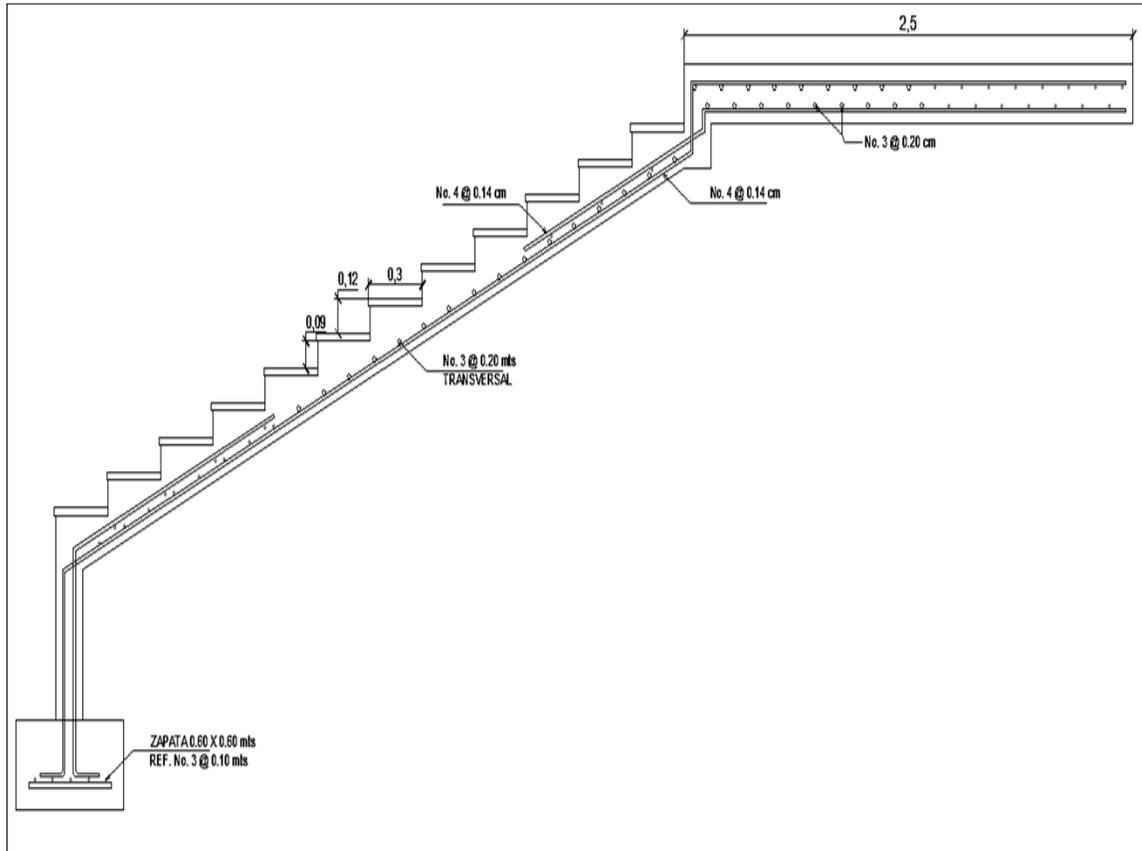
$$4 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{4} = 20 \text{ cm}$$

Se utilizará acero # 3 @ 20 cm

Figura 25. **Detalle de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

2.1.6.5. **Muros tabique**

Los muros de tabique se harán con bloques de concreto confinados, estos no soportarán carga alguna, solo el propio peso; se tomaron en cuenta las especificaciones de las *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala (AGIES NSE 7.4)*.

Requisitos generales

- Las sisas horizontales y verticales deberán tener un espesor mínimo de 7 milímetros y máximo de 13 milímetros. Todas las sisas horizontales y verticales deberán quedar pegadas con el mortero. La relación entre distancia sin apoyos, ya sea horizontal o vertical, y el espesor del muro, deberá ser tal que atienda adecuadamente al pandeo tanto horizontal como vertical. (AGIES NSE -7.4; 4.2.1)
- Los muros deberán tener un espesor nominal mínimo de 14 centímetros, los muros no estructurales que tan solo soportan el propio peso, podrán tener un espesor mínimo de 10 centímetros y una relación de la distancia sin apoyos al espesor, máximo igual a 30. (AGIES NSE -7.4; 4.2.2)
- Cuando el muro tenga soporte lateral tanto arriba como abajo la altura libre será la altura del muro. Cuando no haya soporte lateral en la parte superior del muro, la altura libre se deberá tomar como dos veces la altura del muro, medida a partir del soporte inferior. (AGIES NSE -7.4; 4.2.2.2)
- El concreto que se utilice en las soleras, sillares y dinteles de muros estructurales deberá tener una resistencia mínima a los 28 días de 176 kilogramo centímetro cuadrado. (AGIES NSE - 7.4;4.3.7)
- Pines de confinamiento
 - Ya que los muros solo funcionan como tabique, se utilizaron pines para confinar los muros. Se ubicaron pines # 3 a cada metro en todos los muros.

- Se colocó un pin en cada uno de los extremos del muro.
- Soleras de confinamiento
 - El muro consta de 3 soleras; hidrófuga, intermedia y final, la sección de la solera intermedia y final es de 15 centímetros x 15 centímetros y de la solera hidrófuga es de 15 centímetros x 20 centímetros. (AGIES NSE -7.4;4.3.2)
 - El refuerzo de las soleras consiste en 4 varillas longitudinales corridas # 3 más estribos # 2 @ 15 centímetros (AGIES NSE - 7.4;4.3.6)
- Cimentación
 - Ya que los muros no soportarán ninguna carga adicional al propio peso, los muros irán apoyados sobre la solera de humedad trapezoidal que funciona como cimiento corrido.
 - El refuerzo de la solera trapezoidal consiste en 5 varillas longitudinales corridas # 3 más estribos # 2 @ 20 cm.

2.1.6.6. Diseño de cimientos

Los cimientos son los elementos encargados de transmitir las cargas actuantes sobre la estructura hacia el suelo, existen varios tipos de cimiento y para elegir la cimentación adecuada, se deben considerar varios factores como lo son, el tipo de estructura para el que se diseñarán, las cargas que soportarán y las condiciones del suelo al que estarán expuestos.

- Zapata concéntrica

$$M_x = 11\,376,95 \text{ kg} - \text{m}$$

$$V_s = 49,75 \text{ ton/m}^2$$

$$M_y = 12\,774,50 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ ton/m}^3$$

$$P_u = 131\,504,03 \text{ kg}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cu} = 1,40$$

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

$$\gamma_{\text{suelo}} = 2,06 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Desplante} = 2,0 \text{ metros}$$

- Carga de trabajo

$$P' = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{131,504}{1,49} = 88,26 \text{ ton}$$

$$M'_x = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{11,37}{1,49} = 7,63 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M'_y = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{12,77}{1,49} = 8,57 \text{ ton} - \text{m}$$

- Área de la zapata

$$A_z = \frac{1,5 * 88,26}{49,75} = 2,66 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 2,0 metros por 2,0 metros, para un área de zapata de 4,0 metros cuadrados.

- Revisión de presión sobre el suelo

La presión de contacto entre el suelo y la zapata se define por medio de la siguiente expresión:

$$q = \frac{P_t}{A_z} \pm \frac{M_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{S_y}$$

El valor de q no debe ser negativo y tampoco debe ser mayor al valor soporte del suelo (Vs).

$$S_x = S_y = \frac{bh^2}{6} =$$

$$S_x = S_y = \frac{2 * 2^2}{6} = 1,33$$

$$P_T = P' + P_{columna} + P_{cimiento} + P_{suelo}$$

$$P_T = 88,26 + (0,4 * 0,4 * 10,55 * 2,4) + (2 * 2 * 0,50 * 2,4) + (2,06 * 1,45 * 4,68) =$$

$$P_T = 111,09 \text{ ton}$$

$$q_{\max} = \frac{111,09}{4,84} + \frac{7,63}{1,33} + \frac{8,57}{1,33} = 32,13 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 49,75 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\max} = \frac{111,09}{4,84} - \frac{7,63}{1,33} - \frac{8,57}{1,33} = 17,21 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0$$

Ambos cumplen q_{\max} no excede el valor soporte y q_{\min} es mayor que cero.

- Presión de diseño

Debido a que las presiones del suelo, varían de un punto a otro bajo la zapata se debe calcular una presión de diseño uniforme mediante la siguiente expresión:

$$q_u = F_{cu} * q_{\max} =$$

$$q_u = 1,49 * 32,13 = 48,61 \text{ T/m}^2$$

- Espesor de zapata

El espesor de la zapata se predimensiona, tomado en cuenta que el recubrimiento del refuerzo no sea menor a 7,5 cm y que el peralte efectivo sea mayor de 15 cm más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor deber ser tal que resista los refuerzo de corte para este caso se propone $t = 50$ cm.

- Peralte efectivo

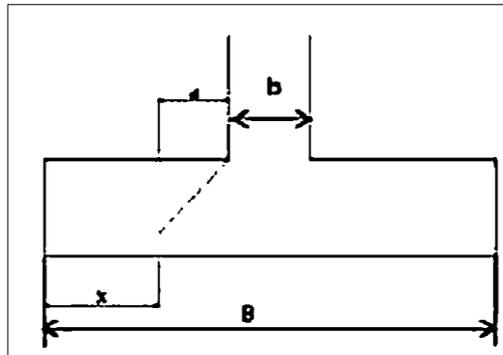
$$d = t - \text{rec} - \frac{\varnothing_{\text{varilla}}}{2}$$

$$d = 50 - 7,5 - \frac{2,84}{2} = 41,08 \text{ cm}$$

- Chequeo de corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual al peralte efectivo del borde de la columna, por tal razón se debe compará en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 26. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{2}{2} - \frac{0,4}{2} - 0,4108 = 0,39 \text{ m}$$

Corte actuante

$$V_{act} = \text{área} * q_u = 2 * 0,39 * 48,61 = 37,41 \text{ Ton}$$

Corte resistente

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{210} =$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 200 * 41,08 * \sqrt{210} = 57,68 \text{ ton}$$

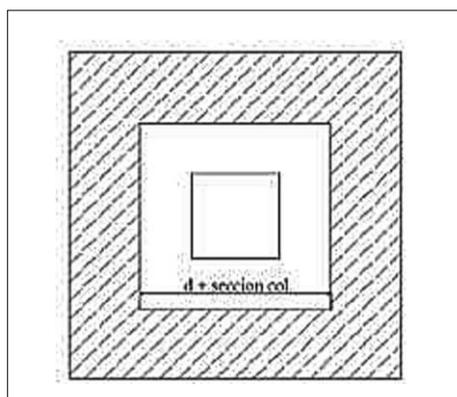
$$37,91 \text{ ton} < 57,68 \text{ ton}$$

$V_{act} < V_{res}$, el espesor resiste el corte simple.

- Chequeo de corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d/2$, del perímetro de la columna.

Figura 27. **Corte punzonante en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

- Corte actuante por punzonamiento:

$$d + \text{sección de la columna} = 41,08 + 40 = 81,08 \text{ cm}$$

$$V_{act \text{ punz}} = \text{Area} * q_u = (2 * 2 - 0,8108 * 0,8108) * 48,61$$

$$V_{act \text{ punz}} = 162,48 \text{ ton}$$

- Corte resistente a punzonamiento:

$$V_{res\ punz} = 1,06 * \phi * b_o * d * \sqrt{f'_c}, \quad b_o = 4 (b_{col} + d)$$

$$b_o = 4 (40 + 41,08) = 324,32 \text{ cm}$$

$$V_{res\ punz} = 1,06 * 0,85 * 324,32 * 41,08 * \sqrt{210} = 173\ 955,67 \text{ kg}$$

$$V_{res\ punz} = 173,95 \text{ ton}$$

$$173,95 \text{ ton} > 162,48 \text{ ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte punzonante.

- Diseño a flexión

La zapata se diseña a flexión, esta actúa como una losa en voladizo, se utiliza la siguiente expresión:

$$M = \frac{q_u * L^2}{2} =$$

$$M = \frac{48\ 610 * \left(\frac{2}{2} - \frac{0,40}{2}\right)^2}{2} = 15\ 555,20 \text{ kg - m}$$

Área de acero

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

Donde:

A_s = área de acero (cm²)

Mu = momento último (kg – m)

b = franja unitaria de la zapata (cm)

d = peralte efectivo de la zapata (cm)

f'c = resistencia del concreto (kg/cm²)

fy = resistencia del acero (kg/cm²)

Sustituyendo datos

$$A_s = \left((100 * 41,08) - \sqrt{((100 * 41,08)^2 - \frac{15\,555,20 * 100}{0,003825 * 210})} \right) * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 17,41 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo.

$$A_s = \frac{14,1 * b * d}{f_y} =$$

$$A_s = \frac{14,1 * 100 * 41,08}{2\,810} = 20,61 \text{ cm}^2$$

El acero requerido es 17,41 cm² y el acero mínimo es 23,12 cm², por lo tanto se colocará el acero mínimo.

- Separación de Asmin varillas # 6

$$20,61 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$2,84 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2,84 * 100}{20,61} = 13,28$$

Colocar varillas # 6 @ 12 cm en ambos sentidos en la cama inferior de la zapata.

As temperatura = $0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 50 = 10$, el acero por temperatura se colocará en cama superior.

- Separación de As temperatura con varilla # 6

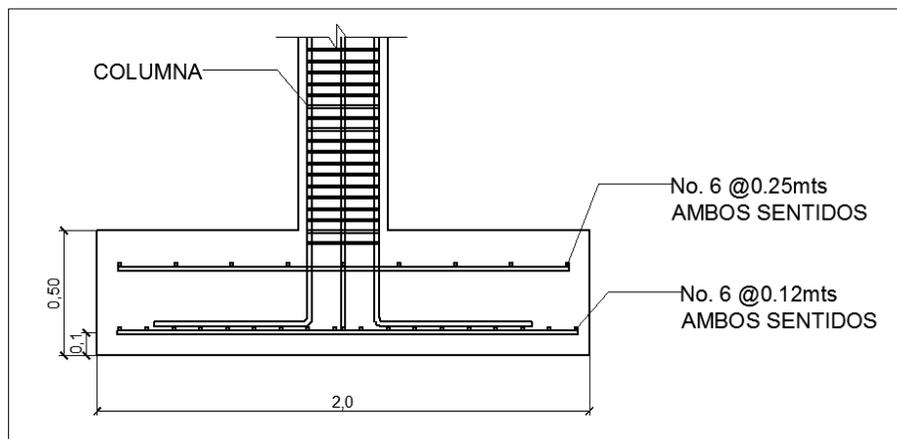
$$10 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$2,84 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2,84 * 100}{10} = 28 \text{ cm}$$

Se utilizará varilla # 6 @ 25 cm.

Figura 28. **Detalle de zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

- Cimiento corrido

Es el cimiento para los muros, se calcula como una franja unitaria; se diseñará para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a la misma, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomado en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se diseñará un cimiento trapezoidal, según las Normas FHA, en la cual funciona a la vez como solera de humedad, teniendo las dimensiones siguientes.

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

$$b = 15 \text{ cm}$$

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

Donde:

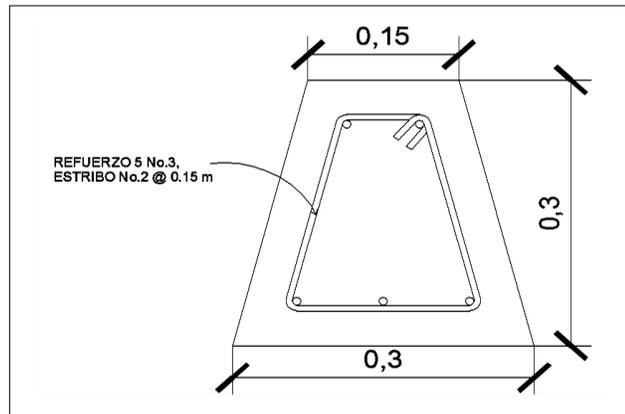
B = base mayor

b = base menor

H = altura

El refuerzo a utilizar será el siguiente: 5 varillas # 3 longitudinales, estribos # 2 @ 15 cm

Figura 29. **Detalle de cimiento corrido de sección trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

2.1.7. **Diseño de instalaciones**

Deben ser capaces de suplir los requerimientos al que son expuestas, es por ello que el diseño de estas debe de considerar la cantidad de personas que harán uso de los servicios.

2.1.7.1. **Agua potable**

- Cálculo de subramales

El diámetro de la tubería de los subramales, depende del tipo de artefacto sanitario al que se va a abastecer, estos quedaron de la siguiente manera:

- Lavamanos 1/2"
- Inodoro con tanque 1/2"
- Urinal 1/2"

- Cálculo de la línea principal

Se le asignará a cada uno de los aparatos sanitarios, unidades de gasto o unidades Hunter (UH).

La cantidad de UH por nivel será

Primer nivel

6 lavamanos X 1UH	6 UH
5 inodoros con tanque X 3UH	15 UH
3 urinales con tanque X 3UH	9 UH
8 lavamanos X 1UH	8 UH
 Total	 38 UH

Segundo nivel

6 lavamanos X 1UH	6 UH
5 inodoros con tanque X 3UH	15 UH
3 urinales con tanque X 3UH	9 UH
8 Lavamanos X 1UH	8 UH
 Total.....	 38 UH

Tercer nivel

6 lavamanos X 1UH	6 UH
5 inodoros con tanque X 3UH	15 UH

3 urinales con tanque X 3UH 9 UH

Total..... 30 UH

El total será de 106 UH, 72 UH con tanque y 26 UH con válvula, con un gasto probable de 2,58 litros por segundo (1,33 litros por segundo para las unidades con válvula y 1,25 litros por segundo para las unidades con tanque).

Con una velocidad estimada de 1 metro por segundo, una altura de 3,9 metros y tubería de PVC, se calculará el diámetro para cada tramo mediante la fórmula siguiente:

$$D = \left[\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * Hf} \right]^{\frac{1}{4,87}} = 1,47\text{plg}$$

9

Diámetro a utilizar en la red de distribución y que alimentará a los distintos niveles será de 1 ½ pulgadas.

2.1.7.2. Drenaje de agua pluvial y servida

El drenaje de la edificación deberá estar dispuesto en un sistema separativo, capaz de evacuar eficientemente las aguas negras y pluviales de la edificación.

- Drenaje sanitario

Para la red de drenaje sanitario se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los materiales del sistema deben ser resistentes a los materiales que transportan.
- Se deben colocar cajas de registro en los puntos de recibo de bajantes, en la unión de dos o más colectores, en cambios de dirección y cada 20 metros como máximo de longitud en cada colector.
- Se deberá tener un mínimo de 2 por ciento y un máximo de 6 por ciento para la pendiente de las tuberías enterradas.
- Los diámetros mínimos de tubería, caudales base y unidades mueble (UM) para cada uno de los aparatos sanitarios se muestran a continuación:

Tabla XXI. **Diámetro mínimo para aparatos sanitarios**

ARTEFACTO SANITARIO	DIÁMETRO MINIMO (plg)	CAUDAL BASE (l/s)	UM
Lavamanos	1 ¼"	0,75	2
Inodoro	3"	2	5
Urinal	1 ¼"	1	2

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla XXI se colocará un diámetro de tubería de 3 pulgadas para las derivaciones simples.

Se calcula el número de UM por cada nivel, se estima un caudal por nivel, quedando de la siguiente forma:

Primer nivel

6 lavamanos X 2UH	12 UM X 0,75 l/s = 9 l/s
8 lavados X 2UH	16 UM X 0,75 l/s = 12 l/s
5 inodoros X 5UH	25 UM X 2,00 l/s = 50 l/s
3 urinales X 2UH	6 UM X 1,00 l/s = 6 l/s
Total	59 UM 77 l/s

Segundo nivel

6 lavamanos X 2U H	12 UM X 0,75 l/s = 9 l/s
8 lavados X 2UH	16 UM X 0,75 l/s = 12 l/s
5 inodoros X 5UH	25 UM X 2,00 l/s = 50 l/s
3 urinales X 2UH	6 UM X 1,00 l/s = 6 l/s
Total	59 UM 77 l/s

Tercer nivel

6 lavamanos X 2UH	12 UM X 0,75 l/s = 9 l/s
5 inodoros X 5UH	25 UM X 2,00 l/s = 50 l/s
3 urinales X 2UH	6 UM X 1,00 l/s = 6 l/s
Total	43 UM 65 l/s

De acuerdo con los resultados obtenidos, el diámetro de tubería para el colector quedará de la siguiente manera: para el tercer nivel será necesario utilizar una tubería de diámetro 3 pulgadas, para el segundo nivel se utilizará tubería de 4 pulgadas y una de 5 pulgadas para el primer nivel.

- Drenaje pluvial

Este drenaje debe estar diseñado para evacuar las aguas provenientes de precipitaciones pluviales.

La intensidad de lluvia se calculará con la siguiente ecuación, para un período de retorno de 20 años y un tiempo de concentración $t = 5$ minutos.

$$I = \frac{1532}{(t + 12)^{0,78}}$$

$$I = \frac{1532}{(5 + 12)^{0,78}} = 168,07 \text{ mm/h}$$

El caudal a drenar será determinado con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía del concreto = 0,9

I = intensidad de lluvia

A = área de la superficie a drenar

$$Q = \frac{0,9 * 168,07 * 147}{360} = 63 \text{ litros/seg}$$

Con un caudal estimado de 63 litros/seg, una altura de 3,9 metros y tubería de PVC, se calculará el diámetro mediante la fórmula siguiente:

$$D = \left[\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H_f} \right]^{\frac{1}{4,87}} = 3,38 \text{ plg}$$

Diámetro a utilizar en el drenaje pluvial será de 4 pulgadas.

En la tabla XXII se muestra el área que es capaz de cubrir cada diámetro.

Tabla XXII. **Diámetro de tubería según área a drenar**

Diámetro	Área capaz de drenar
3"	100 m ²
4"	210 m ²
5"	418 m ²
6"	625 m ²

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla XXII se tiene un área a drenar agua pluvial de 147 m², requiriendo un diámetro de 4 pulgadas para la tubería de bajada pluvial.

2.1.7.3. Instalaciones eléctricas

Con base en el *Manual de normas para acometidas de servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (EEGSA)*, en la sección V: apartamentos, edificios, centros comerciales y construcciones similares, dispone para el diseño de instalaciones eléctricas lo siguiente.

Normas y códigos para instalación comercial

Acometida: conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir la electricidad, desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La instalación de la acometida consta de los siguientes elementos básicos:

- Poste de distribución
- Poste de acometida
- Accesorio de acometida (calavera)
- Cables de acometida
- Contador o medidor
- Caja *socket* para contador
- Medios de protección
- Tableros de distribución

De acuerdo a lo anterior, la instalación eléctrica tiene 3 tableros de control en cada edificio (uno en cada nivel), la iluminación se basó en lámparas fluorescentes de 2 x 40 watts para las aulas, baños y pasillos, el cableado estará protegido por poliducto de $\frac{3}{4}$ de pulgada empotrado en paredes y losa, en total son 12 circuitos de iluminación con un máximo de 8 unidades por circuito y 6 circuitos de fuerza con un máximo de 10 unidades por circuito. Se colocará un contador, 1 tablero principal y 3 tableros secundarios con tierra física cada uno. Para conexión de electrodos a tierra se debe colocar una varilla de cobre de una longitud mínima de 2,5 metros y $\frac{3}{8}$ de pulgada de diámetro.

El amperaje está dado por la siguiente expresión:

$$I = P/V$$

Donde:

P = potencia

I = corriente

V = voltaje

A continuación se realiza el cálculo de circuitos A de iluminación y b de fuerza.

Circuito A de iluminación:

Consta de 8 luminarias de 2 X 40 watts las cuales consumirán 640 watts de potencia

$$I = P/V = 640 \text{ W} / 120 = 5,33 \text{ A}$$

Circuito b de fuerza

Consta de 10 tomacorrientes con capacidad de 180 watts los cuales consumirán 1 800 watts

$$I = P/V = 1\ 800 \text{ W} / 120 = 15 \text{ A}$$

Se utilizarán *flipones* de 15 amperios para los circuitos de iluminación y de 20 amperios para los circuitos de fuerza, la instalación se hará con conductores de cobre calibre 12.

Tabla XXIII. **Circuitos de iluminación**

Iluminación					
Circuito	Potencia (W)	Voltaje (A)	Corriente (A)	<i>Flip-on</i>	Conductor
A	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
B	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
C	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
D	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
E	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
F	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
G	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
H	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
I	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
J	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
K	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW
L	640	120	5,33	15 A	12 AWG, TW

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Circuitos de fuerza**

Fuerza					
Circuito	Potencia (w)	Voltaje (v)	Corriente (a)	<i>Flip-on</i>	Conductor
A	1 800	120	15	20 A	12 AWG, TW
B	1 800	120	15	20 A	12 AWG, TW
C	1 800	120	15	20 A	12 AWG, TW
D	1 800	120	15	20 A	12 AWG, TW
E	1 800	120	15	20 A	12 AWG, TW
F	1 800	120	15	20 A	12 AWG, TW

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Elaboración de planos

Para este proyecto se elaboraron planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, los cuales se presentan en el apéndice, como se describe a continuación:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Secciones y elevaciones
- Agua potable
- Drenaje
- Fuerza
- Iluminación
- Cimentaciones y columnas
- Losas

2.1.9. Presupuesto

El presupuesto fue realizado con base en precios unitarios, integrando el costo directo conformado por: materiales de construcción, mano de obra calificada y no calificada, dentro de los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos, aplicando el 42 %. Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de Santa Rosa, la mano de obra se cotizó en la Cámara Guatemalteca de la Construcción.

Tabla XXV. Tabla resumen de presupuesto

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA</p>						
PROYECTO: Edificación de tres niveles para Centro Regional de Nueva Santa Rosa.						
UBICACION: Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.						
SOLICITANTE: Centro Regional de Santa Rosa, CUNSARO						
Nro.	Descripción del renglón	U	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Total renglón
1	Preliminares					
1.01	Bodega	m ²	98	Q 90,00	Q 8 820,00	
1.02	Nivelación del terreno	m ²	515	Q 25,48	Q 13 111,90	
1.03	Trazo y puenteadado	ml	515	Q 22,00	Q 11 330,00	Q 33 261,90
2	Cimentación					
2.01	Zapata 1	U	45	Q 13 320,68	Q 599 430,60	
2.03	Cimiento corrido trapezoidal	ml	148	Q 335,72	Q 49 015,12	Q 648 445,72
3	Columnas					
3.01	C-1	ml	405	Q 1 848,20	Q 747 711,00	
3.02	C-2	ml	192	Q 485,51	Q 93 217,92	Q 840 928,92
4	Vigas					
4.01	Viga cubierta N3 sentido X	ml	157,5	Q 1 244,95	Q 196 079,63	
4.02	Viga cubierta N3 sentido Y	ml	147	Q 1 244,95	Q 183 007,65	
4.03	Viga entrepiso N2 sentido X	ml	157,5	Q 1 340,48	Q 211 125,60	
4.04	Viga entrepiso N2 sentido Y	ml	147	Q 1 340,48	Q 197 050,56	
4.05	Viga entrepiso N1 sentido X	ml	157,5	Q 1 448,22	Q 228 094,65	
4.06	Viga entrepiso N1 sentido Y	ml	147	Q 1 448,22	Q 212 888,34	Q 1 228 246,43
5	Losas					
5.01	Losa maciza 3er nivel	m ²	598	Q 713,00	Q 426 374,00	
5.02	Losa maciza 2do nivel	m ²	514,5	Q 713,00	Q 366 838,50	
5.03	Losa maciza 1er nivel	m ²	514,5	Q 713,00	Q 366 838,50	Q 1 160 051,00
6	Mampostería					
6.01	Levantado	m ²	4914	Q 154,28	Q 758 131,92	
6.02	Solera intermedia	ml	609	Q 177,00	Q 107 793,00	

Continuación de la tabla XXV.

6,04	Solera sillar	ml	294	Q	164,00	Q	48 216,00	
6,05	Solera final	ml	809	Q	207,00	Q	126 063,00	
6,06	Pineado	ml	235	Q	360,00	Q	84 800,00	Q 1 166 824,92
7	Acabados							
7,01	Repello + cernido	m ²	1827	Q	95,00	Q	1 922,00	
7,02	Azulejo	m ²	220,5	Q	110,00	Q	330,50	
7,03	Piso cerámico	m ²	1543,5	Q	139,00	Q	1 682,50	Q 3 935,00
8	Puertas y ventanas							
8,01	P-1 metal	U	27	Q	1 260,00	Q	34 020,00	
8,02	P-2 metal	U	15	Q	680,00	Q	10 200,00	
8,03	P-3 metal	U	2	Q	2 350,00	Q	4 700,00	
8,04	V-1 cristal	U	74	Q	3 500,00	Q	259 000,00	
8,05	V-2 cristal	U	9	Q	950,00	Q	8 550,00	Q 316 470,00
9	Módulo de gradas							
9,01	Muro de módulo	m2	682	Q	155,00	Q	105 710,00	
9,02	Módulo de gradas	nivel	3	Q	24 755,12	Q	74 265,36	Q 179 975,36
10	Agua potable							
10,01	Agua potable	global	1	Q	21 244,74	Q	21 244,74	Q 21 244,74
11	Drenajes							
11,01	Drenaje sanitario	global	1	Q	48 435,61	Q	48 435,61	
11,02	Columnas de bajada de agua	ml	10	Q	515,78	Q	5 157,80	
11,03	Drenaje pluvial	global	1	Q	15 869,78	Q	15 869,78	Q 69 483,19
12	Artefactos sanitarios							
12,01	Inodoro fluxómetro	U	15	Q	1 016,45	Q	15 246,75	
12,02	Lavamanos	U	18	Q	428,00	Q	7 704,00	
12,03	Mingitorio	U	9	Q	1 200,00	Q	10 800,00	
12,04	Lavados	U	32	Q	750,00	Q	24 000,00	Q 57 750,75
13	Sistema eléctrico							
13,01	Iluminación lámparas de 2 X 40	global	1	Q	61 428,12	Q	61 428,12	
13,02	Fuerza	global	1	Q	30 691,40	Q	30 691,40	Q 92 119,52
COSTO TOTAL DEL PROYECTO							Q 4 977 788,53	

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Evaluación inicial de impacto ambiental

En la construcción de la edificación de tres niveles y el área de parqueo para el Centro Tecnológico de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, se llevarán a cabo actividades que afectarán al ambiente, es por ello que se busca minimizar el impacto que se producirá y afectará al entorno.

- Impacto ambiental que será producido
 - Movimiento de tierra que ocasione residuos de partículas en suspensión y polvo en las áreas circundantes al proyecto.
 - Emanación de gases provenientes de solventes y de los vehículos utilizados en la construcción para transporte de materiales.
 - Generación de ruido por la actividad realizada
 - Generación de desechos propios de la actividad

- Medidas de mitigación

Es el conjunto de las medidas mitigadoras, tienen como fin la minimización de los posibles impactos ambientales generados por el conjunto de las actividades del proyecto, desde la etapa de diseño hasta la etapa de operación y mantenimiento, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- En construcción
 - Manejo adecuado y ordenado del volumen de terreno extraído.
 - Coordinación de horarios de trabajo en horas hábiles para generar el menor ruido posible.

- Mantener limpia el área de trabajo después de cada jornada (recoger todo tipo de desechos que ponga en riesgo al ambiente y la seguridad de los trabajadores tales como: tablas con clavos, restos de hierro, basura, entre otros).
 - Proveer a los trabajadores del equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
 - Dotar de una cantidad necesaria de letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores.
 - Aprovechamiento y recuperación de la tierra vegetal que se haya extraído durante la fase de construcción. Se utilizará principalmente para la cubierta de zonas que queden fuera de servicio, como los accesos que no vayan a ser utilizados.
- En operación:
- Limpieza periódica de los drenajes, con el objetivo de garantizar su correcto funcionamiento.
 - Establecer plan de monitoreo ambiental.
 - Mantenimiento preventivo.

2.2. Diseño de área de parqueo del Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo, Centro Universitario Nueva Santa Rosa, Santa Rosa

La construcción de un parqueo adecuado pretende contribuir al mejoramiento de las condiciones de los estudiantes, ya que en época de invierno el parqueo existente, de terracería, se vuelve intransitable.

2.2.1. Determinación de área disponible

Se ocupará alrededor del 45 % del terreno para el área de parqueo, que equivale a un área de 900 m².

2.2.2. Distribución de espacios

La distribución adecuada de los espacios en área de parqueo permitirá una optimización del uso del área al considerar la posición de los vehículos para obtener una mayor cantidad de parqueos.

2.2.2.1. Identificación de los estacionamientos

Se debe establecer el tipo de estacionamiento de acuerdo al ángulo que estos forman con la dirección de flujo de la vía, la demarcación de los espacios y al uso de parquímetros cuando corresponda. La identificación permitirá determinar la oferta de espacio. La oferta está relacionada con el área unitaria de estacionamiento y con las disposiciones vigentes. Esta oferta recibe el nombre de capacidad y se expresa como:

$$N = (L - A) / Lu$$

Donde

N= capacidad

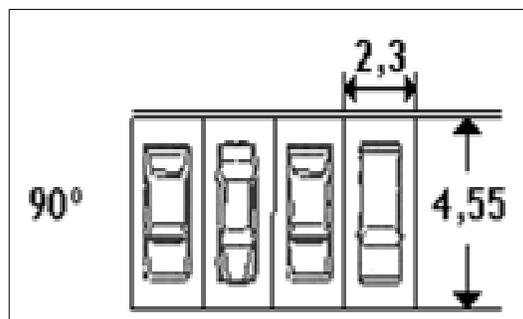
L= longitud disponible

A= factor de corrección por estacionamiento en ángulo

Lu= largo unitario

El factor A depende del ángulo y distribución que se elige para el estacionamiento.

Figura 30. **Espaciamiento requerido por vehículo según ángulo**



Fuente: *Recomendaciones para el diseño del espacio vial - urbano (REDEVU)* Sección 3.2. 1998.

En este caso se utilizó un ángulo de 90° para lograr el aprovechamiento de un 35 % más el área de estacionamiento, para un ángulo de 90° se utiliza la siguiente expresión en el cálculo de la capacidad.

$$N = \frac{L}{2,3}$$

Sustituyendo datos:

$$N = \frac{30}{2,3} = 13$$

2.2.2.2. Análisis de resultados

El parqueo tendrá una capacidad (N) de 13 estacionamientos por fila con capacidad para 4 filas. Por facilitar la movilidad de los vehículos se definieron alrededor de 9 parqueos por fila, permitiendo un espacio de 5,5 metros para mejor movilidad de los vehículos mejorando la afluencia vehicular al entrar y salir del parqueo.

Considerando lo anterior el estacionamiento constará de 37 parqueos.

2.2.3. Definición de pavimento

Pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir, suficientemente, las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente puede soportarlas sin fallas o deformaciones excesivas. Además, el pavimento debe ofrecer una superficie lisa no resbaladiza, que resista la intemperie y, finalmente, debe proteger al suelo de la pérdida de las propiedades, por efecto del sol, lluvias y el frío.

2.2.4. Toma de muestras de subrasante

La subrasante es la capa del terreno, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. El muestreo se desarrolló en

mayo de 2014. Consistió en la extracción de una muestra de 0,90 a 1 metro de profundidad y con un diámetro aproximado de 0,60 metros.

2.2.5. Ensayos de laboratorio

La muestra de la subrasante se analizó en el laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, con el objeto de clasificar y conocer la granulometría, plasticidad, densidad de húmedas y valor soporte.

Los ensayos realizados a la muestra tomada en campo fueron:

Tabla XXVI. **Normas de ensayos en subrasante**

ENSAYO	NORMA
Granulometría	
Limite líquido	AASHTO T-89
Limite plástico	AASHTO T-90
Compactación	AASHTO T-180, AASHTO T-191 (ASTM D-1556)
CBR e hinchamiento	AASHTO T-193, AASHTO M-145

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.1. Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen.

El procedimiento más expedito es el de tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de las partículas, el tamizado se hace cada vez más difícil, teniéndose entonces que recurrir a los procedimientos por sedimentación. Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con los tamices se puede efectuar sin previo lavado.

Siendo el resultado de laboratorio de suelos que el porcentaje de finos es 14,89 %, el porcentaje de arena 55,26 % y el porcentaje de grava 29,84 %. Se tiene una clasificación P.R.A: A-2-4 y en S.C.U: SM siendo una arena con grava limosa de color café claro amarillento. (Ver anexo).

2.2.5.2. Limite líquido AASHTO T-89

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al estado plástico.

El método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido es el de Casagrande, que es un recipiente de bronce o latón, con un tacón solidario del mismo material; el tacón y la copa giran en torno a un eje fijo, unido a la base. El límite líquido debe determinarse con muestras de suelo que pasen la malla # 40.

El límite líquido se calcula por medio de las siguientes ecuaciones.

$$L.L = \frac{W(N)^{0,121}}{25}$$

Donde:

W = porcentaje de humedad

N = número de golpes

El límite líquido para la muestra fue 29,7 %. (Ver anexo).

2.2.5.3. Límite plástico AASHTO T-90

Es el contenido de humedad, expresado en el porcentaje, del peso, secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 pulgadas de diámetro sin romperse. Siendo para la muestras 22 %. (Ver anexo).

2.2.5.4. Índice plástico

Es la diferencia entre el límite líquido y el plástico

$$I.P = L.L - L.P$$

Representa la variación de la humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de suelo; sin embargo, el índice de

plasticidad, depende, generalmente de la cantidad de arcilla del suelo. El índice plástico para la muestra es de 7,7 (ver anexo). Según Atterberg:

I. P. = 0 entonces, suelo no plástico

I. P. < 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq I.P \leq 17$ suelo medianamente plástico

2.2.5.5. Ensayo de compactación Proctor Modificado AASHTO T-180

La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado, depende del contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario seco (densidad) se llama contenido óptimo de humedad, para aquel método de compactación. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

En Guatemala, el método que se utiliza es el conocido como Proctor Modificado, el cual es dinámico.

Previamente a la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz # 4; entendiéndose por triturado únicamente le espolvorear terrones, no así las gravas si las hubiere. Siendo la densidad máxima de 2 089,01 kg/m³ igual a 130,40 lb/pie³ y la humedad óptima de 6,45 %. (Ver anexo).

2.2.5.6. Ensayo de expansión o Razon Soporte California AASHTO T-193

Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo que se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón, de propiedades conocidas.

Los valores de CBR que se utilizan son:

- 0.1 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3 000 libras
- 0.2 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4 500 libras

El CBR de la muestra patrón es del 100 % y los datos que se requiere para el cálculo son:

- Densidad y humedad de la muestra compactada
- Propiedades expansivas del material (hinchamiento en porcentaje)
- Resistencia de penetración.

Siendo el CBR de 23,19 % a 165,95 % de compactación. (Ver anexo).

2.2.5.7. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas pueden observarse en le apéndice. De estos resultados dependen las diferentes capas que conforman el pavimento.

Se cuenta entonces, en este caso, con un material con las siguientes características:

- Clasificación:
 - PRA = A-2-4
 - SCU= SM

- Descripción: Arena con grava limosa color café claro amarillento
- L.L. = 29,7 %
- L.P. = 22 %
- I.P = 7,7
- Peso unitario seco máximo = 130,40 libras/ pie³ (2 089,01 kg/m³)
- Humedad óptima = 6,45%
- C.B.R. =
 - Al 101 % de compactación es 165,95 %
 - Al 96,6 % de compactación es 122,56 %
 - Al 87,9 % de compactación es 23,19 %

Como puede observarse, este material cumple con los requisitos de base, por lo que se permitirá que siga funcionando como un material de base.

2.2.6. Diseño de pavimento rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos formados por una losa de concreto Pórtland sobre una base, o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, ya que el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento.

2.2.6.1. Método de diseño

Para el diseño de pavimento rígido se utilizó el método de la Portland Cement Association (PCA), procedimiento simplificado.

En este método, con base al análisis de tránsito se diseñó tipo de pavimento: rígido CI.

2.2.6.2. Período de diseño

Se diseñará para un período de 20 años.

2.2.6.3. Subrasante

Es la capa del terreno que soporta la estructura del pavimento, es de alto valor soporte. El valor soporte de la subrasante promedio es de 23,19 % a 165,95 % de compactación, que corresponde a un módulo de reacción de la subrasante de 131,69 Lb/ pie³.

La subrasante se prepara compactando a 95 % método AASHTO T-180

2.2.6.4. Base

El uso de la base en pavimentos rígidos, se hace indispensable para evitar bombeo o expulsión hacia arriba, a través de las juntas, de los finos saturados del suelo de la subrasante.

Para este tipo de pavimento se utilizará el material de la subrasante, ya que cumple con las siguientes propiedades de base; esta será con graduaciones C y D de la ASTM D-1241-79, CBR no menor del 90 % y compactada con un mínimo de 95 %, según el método AASHTO T-180 (modificado).

El módulo de reacción de la base es de 131,69 Lb/pie³.

2.2.6.5. Módulo de ruptura

Se utiliza un concreto que tenga un Módulo de Ruptura, a los 28 días de curado, no menor a 600 lbs/pulg³, según el método AASHTO T-97-64, lo cual será equivalente a usar un concreto con esfuerzo a la ruptura a la compresión a los 28 días no menor de 4 000 psi (método AASHTO T-24-74).

2.2.6.6. Tamaño de losas

Las dimensiones de la losa se deben cortar. Por normativa deben ser de 20 a 25 veces el espesor de la losa, se calculará en la siguiente expresión:

$$L = 20 * t = 20 * 0,15 = 3,00$$

Cada losa de pavimento será de 3,00 metros de longitud y 3,00 metros de ancho. La profundidad del corte de la losa es el 20 % del espesor, por lo tanto se cortará 3 cm de profundidad.

2.2.6.7. Dimensionamiento de pavimento rígido

De acuerdo con las características físicas y mecánicas del suelo de la subrasante, se consideró el tipo de pavimento rígido: C-I sin bordillo integrado.

Se utilizó el método de la Portland Cement Association PCA 1984, Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements.

Se dimensionó el pavimento de acuerdo al procedimiento que se muestra a continuación:

- Se define la categoría de pavimento según tabla I (anexo I) basado en el tráfico promedio diario al cual será sometido el pavimento. En este parqueo, el tránsito promedio diario es de 200 vehículos, lo que indica que es un pavimento rígido categoría 1.
- Se multiplica el tránsito promedio diario por un factor de 1 % a 3 % para obtener el tráfico promedio diario de camiones que transitará en el pavimento dando como resultado 6 camiones.
- Se localiza el valor del factor k en la tabla II (anexo I) basados en el porcentaje de CBR al 90 %. $K = 400$
- En la tabla III se clasifica el tipo de suelo según el valor del factor K. Se clasificó el suelo de soporte muy alto.

- Se define el módulo de ruptura de 600 psi.
- Con el módulo de ruptura y el tipo de suelo podemos localizar en la tabla IV el espesor correspondiente de la losa de pavimento. El espesor requerido es de 6 pulgadas.

En consecuencia la losa queda con los siguientes espesores:

- Base = 6 pulgadas (15 cm)
- Espesor de losa = 6 pulgadas (15 cm)
- Espesor total = 12 pulgadas (30 cm)

2.2.6.8. Diseño de mezcla

Los pavimentos de concreto hidráulico, deben llenar los requisitos siguientes:

- Proveer una resistencia de 28 MPa (4 000 psi) o mayor.
- El agregado fino debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, que llene los requisitos de AASHTO M-6, clase B, AASHTO T-104 y AASHTO T-106 con las limitaciones sobre cantidad de finos allí estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial.
- El agregado grueso debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos establecidos en AASHTO M 80, ASTM C33, AASHTO T 104 o ASTM C 88, AASHTO T 96 o ASTM C

131 y ASTM C 535, incluyendo los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas.

- El agregado grueso no debe ser mayor al 1/3 del espesor del pavimento y debe reportar un desgaste no mayor al 30 %.
- El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales. Cuando se dude de la calidad del agua deberá cumplir con AASHTO T 106, ASTM C 109, AASHTO T 131 y ASTM C 191.
- Los aditivos deberán tener la capacidad de mantener, esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o preesforzado o concretos que contengan elementos galvanizados o de aluminio.
- El asentamiento normal del pavimento debe ser 4" (10 cm) \mp 2,5 cm.

Diseño de mezcla

- Asentamiento = 7,5 cm
- Resistencia = 4 000 psi (281 kg/m²)
- Tamaño máximo de agregado grueso = 1"

A continuación se describe el procedimiento del diseño de mezcla según tabla XI (anexo I):

- Se define la resistencia requerida para el concreto de 4 000 psi que equivale a un módulo de ruptura de 600 psi.
- Según el agregado grueso máximo y la resistencia requerida se obtiene la relación de agua/cemento y con el asentamiento requerido para el elemento se obtiene la cantidad de agua en litros para la mezcla.
 - Concentración de pasta W/C = 0,49.
 - Litros de agua para un asentamiento de 7,5 cm = 171 litros por cada m³.
- Según el módulo de finura se obtiene el porcentaje de finos que requiere la mezcla.
 - Porcentaje de agregado fino para módulo de finura 2.6-2.9 (intermedio) = 39 %.
- Se sustituyen los datos de la ecuación de agua/cemento =0,49 lo que nos indica la cantidad de cemento requerida por cada m³

$$\frac{171}{0,49} = 348,98 \text{ kg}$$

- El peso unitario del concreto es igual a 2 400 kg/m³, por lo tanto al conocer la cantidad de agua y de cemento que requiere la mezcla se puede obtener, por medio de la resta de estas al peso unitario del concreto, la cantidad de agregados de la mezcla.

Peso concreto – peso de agua – peso de cemento = peso de agregados

$$2\,400 - 348,98 - 171 = 1\,880,02 \text{ kg}$$

- Al conocer el porcentaje de finos se puede definir el peso de cada uno de los agregados al multiplicar los 39 % a los 1 880,02 kg lo cual da la cantidad de agregado fino y el 61% será agregado grueso.

$$1\,880,02 \text{ kg} * 0,39 = 733,21 \text{ kg de agregado fino}$$

$$1\,880,02 \text{ kg} * 0,61 = 1\,146,81 \text{ kg de agregado grueso}$$

La cantidad necesaria de cada material por un m³ de concreto se define a continuación:

Cemento	348,98 kg
Agregado fino	733,21 kg
Agregado grueso	1 146,81 kg
Agua	171 litros
Total =	<u>2 400 kg/m³</u>

- La proporción se define dividiendo entre la cantidad de cemento para tener una relación.

$$\text{Cemento} = 42,5 \text{ kg} = 1 \text{ pie}^3 = 0,028317 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{2,10 * 42,5 \text{ kg}}{1\,400 \text{ kg/m}^3} = 0,06375 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{3,28 * 42,5 \text{ kg}}{1\,600 \text{ kg/m}^3} = 0,09 \text{ m}^3$$

Cemento	$0,028317 \text{ m}^3 / 0,028317 \text{ m}^3 = 1$
Agregado fino	$0,06375 \text{ m}^3 / 0,028317 \text{ m}^3 = 2,2513$
Agregado grueso	$0,087125 \text{ m}^3 / 0,028317 \text{ m}^3 = 3,0767$

La proporción a usar para un concreto 4 000 psi es = 1: 2,5: 3,0: 0,5

Por cada metro cúbico de concreto se utilizará las siguientes cantidades:

- Cemento $348,98 \text{ kg} / 42,5 \text{ kg} = 8,21$ sacos
- Agregado fino $733,21 \text{ kg} / 1\,400 \text{ kg/m}^3 = 0,5237 \text{ m}^3$
- Agregado grueso $1\,146,81 \text{ kg} / 42,5 \text{ kg} = 0,7167 \text{ m}^3$
- Agua 171 litros

2.2.7. Planos

Para este proyecto se elaboró un total de 3 planos, los cuales se presentan en el apéndice 3, como se describe a continuación:

- Planta conjunto
- Planta acotada
- Detalles

2.2.8. Presupuesto

El presupuesto se realizó con base en precios unitarios, integrando el costo directo de la misma manera que el del edificio de tres niveles, se aplicó el mismo factor de costos indirectos del 42 %. La integración de precios unitarios se puede observar en el anexo 1.

Tabla XXVII. **Tabla resumen de presupuesto**

RESUMEN DE PRESUPUESTO						
#	DESCRIPCION DEL RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL RENGLÓN
1	PRELIMINARES					
1,01	Nivelación del terreno	m ²	900	Q. 27,72	Q. 24 948,00	
1,02	Trazo y estaqueado	ml	132	Q. 22.17	Q. 2 926,44	Q. 27 874,44
2	LOSA DE CONCRETO					
2,01	Losa de pavimento (15 cm)	m ³	135	Q. 1 830,71	Q. 247 145,85	Q. 247 145,85
3	DRENAJE PLUVIAL					
3,01	Rejilla	ml	112	Q. 1 200,00	Q. 134 400,00	
3,02	Cuneta	ml	112	Q. 195,30	Q. 21 873,60	Q. 156 273,60
4	BORDILLO					
4,01	Bordillo	ml	132	Q. 91,25	Q. 12 045,00	Q. 12 045,00
5	JUNTAS					
5.01	Junta (profundidad de 3 cm)	ml	140	Q. 19,40	Q. 2 716,00	Q. 2 716,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						Q. 446 054,89

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Cronograma de ejecución física y financiera

Un cronograma es la interpretación en una gráfica del tiempo la cronología de un hecho o en este caso un proyecto que se representa en un par de ejes de coordenadas, el eje de abscisas se divide en fracciones de tiempo, por ejemplo:

días, semanas, meses, años, y en el eje de coordenadas se describe la tarea a realizar o la tarea realizada marcando el tiempo.

Tabla XXVIII. **Tabla de cronograma de ejecución de parqueo**

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA Y FINANCIERO																
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Periodo de ejecución												Costo
				semana												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1,01	Nivelación de terreno	900	m²	■	■											Q24 948,00
1,02	Trazo y estaqueado	132	ml		■	■										Q2 926,44
4,01	Bordillos	132	ml			■	■									Q12 045,00
3,02	Drenajes	130	ml					■								Q25 389,00
2,01	Losa de pavimento (15cm)	135	m³						■							Q247 145,85
2,01	Curado con acelerante	135	m³						■	■	■					
5,01	Corte y sellado de juntas	140	ml									■	■			Q2 716,00
3,01	Colocación de rejilla	112	ml										■			Q134 400,00
	Señalización	1	global											■		
	Delimitación de parqueos	240	ml											■	■	
																Q449 570,29

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Evaluación ambiental inicial

En la construcción del área de parqueo del Centro Tecnológico de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, se llevarán a cabo actividades que afectarán al ambiente, es por ello que se busca minimizar el impacto que se producirá y afectará al entorno.

Impacto ambiental que será producido

- Destrucción directa del suelo.
- Movimiento de tierra, que ocasione residuos de partículas en suspensión y polvo en las áreas circundantes al proyecto.
- Emanación de gases provenientes de solventes y de los vehículos utilizados en la construcción para transporte de materiales.
- Generación de ruido, emisión de material y erosión.
- Generación de desechos propios de la actividad.

Medidas de mitigación

- En construcción
 - Manejo adecuado y ordenado del volumen de terreno extraído.
 - Coordinación de horarios de trabajo en horas hábiles para generar el menor ruido posible.
 - Mantener limpia el área de trabajo después de cada jornada (recoger todo tipo de desechos que ponga en riesgo al ambiente y la seguridad de los trabajadores tales como: tablas con clavos, restos de hierro, basura, entre otras.).
 - Proveer a los trabajadores del equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
 - Dotar de una cantidad necesaria de letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores.
 - Aprovechamiento y recuperación de la tierra vegetal que se haya extraído durante la fase de construcción. Se utilizará principalmente para la cubierta de zonas que queden fuera de servicio, como los accesos que no vayan a ser utilizados.

- En operación
 - Limpieza periódica de los drenajes, con el objetivo de garantizar su correcto funcionamiento.
 - Establecer plan de monitoreo ambiental.
 - Mantenimiento preventivo.

CONCLUSIONES

1. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado es muy importante para el estudiante de ingeniería, ya que le permite realizar proyectos reales, poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica, razón por la cual constituye un complemento esencial por la adquisición de experiencia laboral y criterio técnico, por lo que las autoridades facultativas deben apoyarlo e impulsarlo.
2. Con la construcción del edificio de tres niveles para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo, los estudiantes de las carreras técnicas se verán beneficiados al tener un área de laboratorios adecuada y nuevas aulas donde recibir las clases, por la importancia de este proyecto, las autoridades deberán ejecutarlo a la brevedad posible por los beneficios que aporta al mismo.
3. El pavimentar el área de parqueo para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo, permitirá a los estudiantes contar con un área de parqueo adecuado, así como evitar que en época de invierno se convierta en un espacio intransitable.

RECOMENDACIONES

A las autoridades del Centro Regional de Nueva Santa Rosa:

1. seguir con exactitud las especificaciones contenidas en los planos de los proyectos, ya que muchos de los parámetros son mínimos, alterarlas o modificarlas, cambiaría el diseño.
2. Que el proceso de ejecución cuente con la debida supervisión técnica por un profesional de la ingeniería civil, para garantizar la integridad del diseño.
3. Actualizar los presupuestos, previo a la contratación de los proyectos, debido a que los precios están sujetos a cambios, principalmente por las circunstancias económicas que existan en alzas a los materiales y mano de obra.
4. Realizar un sondeo dinámico, para verificar la capacidad soporte del suelo antes de iniciar el proyecto de edificación de 3 niveles.
5. Elaborar un plan de limpieza para los drenajes del proyecto de pavimentación, antes de la época de invierno, ya que es difícil evacuar el agua pluvial cuando estos se encuentran repletos de basura, lo cual puede traer como consecuencia inundaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318S-08)*. Michigan: ACI, 2007. 495 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y otras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES. 2010. 75 p.
3. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a ed. Mexico: International Thomson, 2001. 862 p.
4. HERNÁNDEZ MONZON, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 149 p.
5. McCORMAN, Jack C; NELSON, James K. *Diseño de concreto reforzado*. 7a ed. EE.UU.: John Wiley & Song, 2006. 721 p.
6. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.

7. PELLECERMENDOZA, Allan Javier. *Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío el castro y edificación escolar de dos niveles para el instituto básico por cooperativa María Tecún (IBCOMAT), municipio de Sololá, departamento de Sololá.* Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 275 p.

8. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. *Design of concrete pavement for city streets.* USA: PCA, 1974. 8 p.

APÉNDICES

APÉNDICE 1 PRECIOS UNITARIOS DE ÁREA DE PARQUEO

Integración de costos unitarios para área de parqueo

1.01				
RENGLÓN	PRELIMINARES			
MATERIALES				
materiales	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
nivelación del terreno	m ²	1	10	10
		total		10
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada		10,00		
mano de obra no calificada		3,00		
M.O con prestaciones		18,59		
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra		0,93		
total de costo directo		19,52		
costo indirecto		8,20		
total de renglón		27,72		

1.02				
RENGLÓN	PRELIMINARES			
MATERIALES				
materiales	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
nivelación del terreno	m ²	1	8	8
		total		8
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada		8,00		
mano de obra no calificada		2,40		
M.O con prestaciones		14,87		
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra		0,74		
total de costo directo		15,62		
costo indirecto		6,56		
total de renglón		22,17		

2.01				
RENGLON	LOSAS			
MATERIALES				
materiales	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
cemento	Saco	7,8	70	546
arena	m ³	0,47	90	42,3
grava	m ³	0,76	152,5	115,9
		total		704,2
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada			20	
mano de obra no calificada			6	
M.O con prestaciones			47,18	
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra			1.85	
total de costo directo				753,24
costo indirecto				316,36
total de renglón			1069,60	

3.01				
RENGLON	DRENAJE			
MATERIALES				
materiales	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
tragante	MI	1	800	800
		total		800
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada				320,00
mano de obra no calificada				96,00
M.O con prestaciones				594,88
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra				69,74
total de costo directo				1464,62
costo indirecto				615,14
total de renglón			2079,77	

3.02				
RENGLÓN	DRENAJES			
MATERIALES				
materiales	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
cimento	saco	0,9	70	63
arena	m ³	0,05	90	4,5
grava	m ³	0,05	152,5	7,625
		total		75,125
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada				30,05
mano de obra no calificada				9,02
M.O con prestaciones				55,86
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra				6,55
total de costo directo				137,54
costo indirecto				57,77
total de renglón			195,30	

4.01				
RENGLON	BORDILLO			
MATERIALES				
materiales	unidad	Cantidad	costo unitario	costo total
cimento	saco	5,6	70	392
arena	m ³	0,53	90	47,7
grava	m ³	0,96	152,5	146,4
		total		586,1
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada				20
mano de obra no calificada				70,33
M.O con prestaciones				435,82
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra				51,10
total de costo directo				1073,02
costo indirecto				450,67
total de renglón			1523,69	

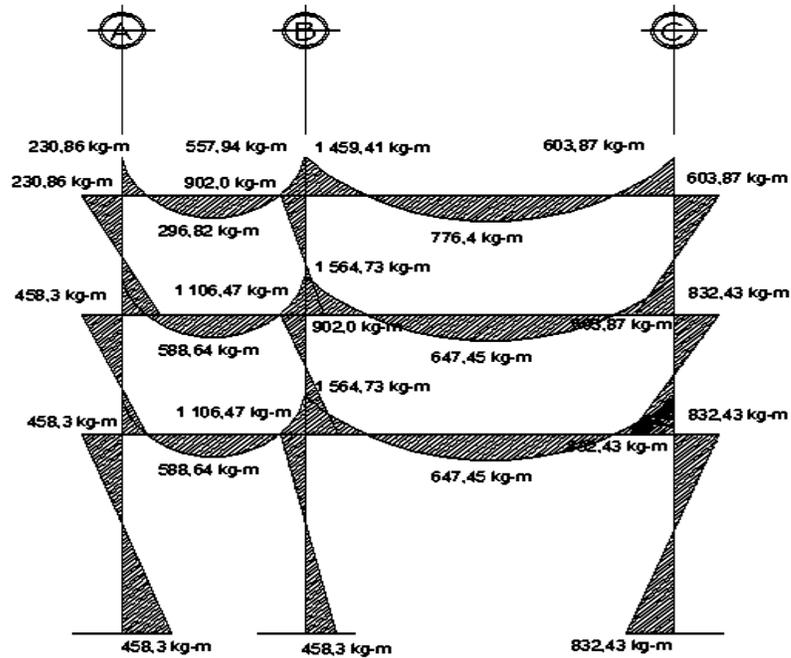
5.01				
REGLÓN	JUNTAS			
MATERIALES				
materiales	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
junta	ml	1	7	7
		total		7
MANO DE OBRA				
mano de obra calificada				7
mano de obra no calificada				3,60
M.O con prestaciones				22,31
HERRAMIENTAS				
5% de costo de materiales y mano de obra				1,12
total de costo directo				23,42
costo indirecto				9,84
total de renglón				33,26

Fuente: elaboración propia.

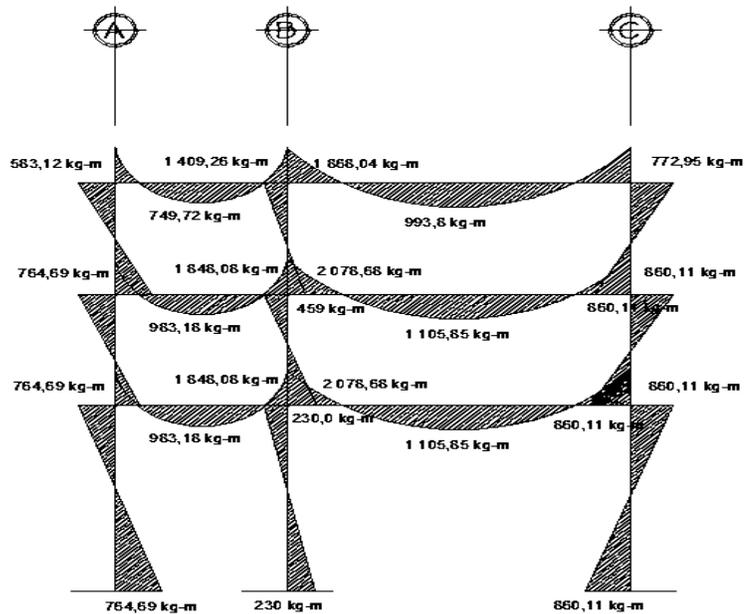
APÉNDICE 2
DIAGRAMA DE MOMENTOS DE MÉTODOS APROXIMADOS.

Diagrama de momentos de carga viva, carga muerta y sismo, en marcos críticos, por métodos aproximados

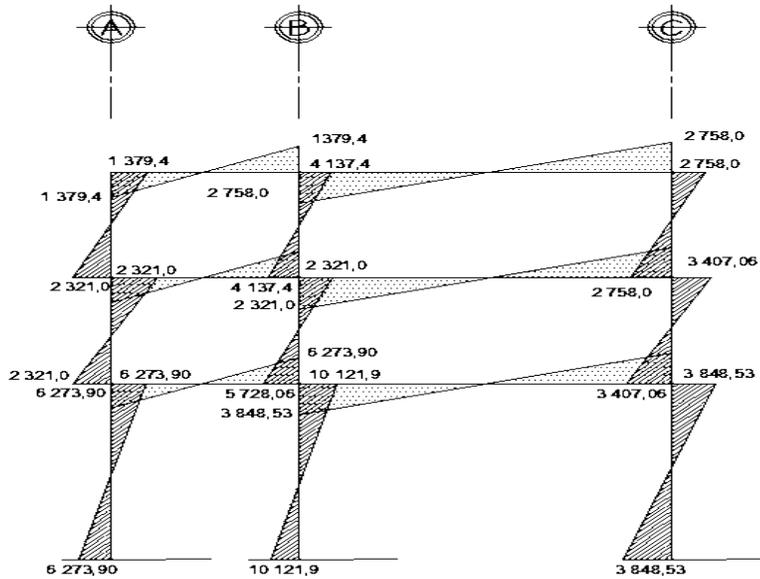
Momentos por carga viva marco 2, eje Y



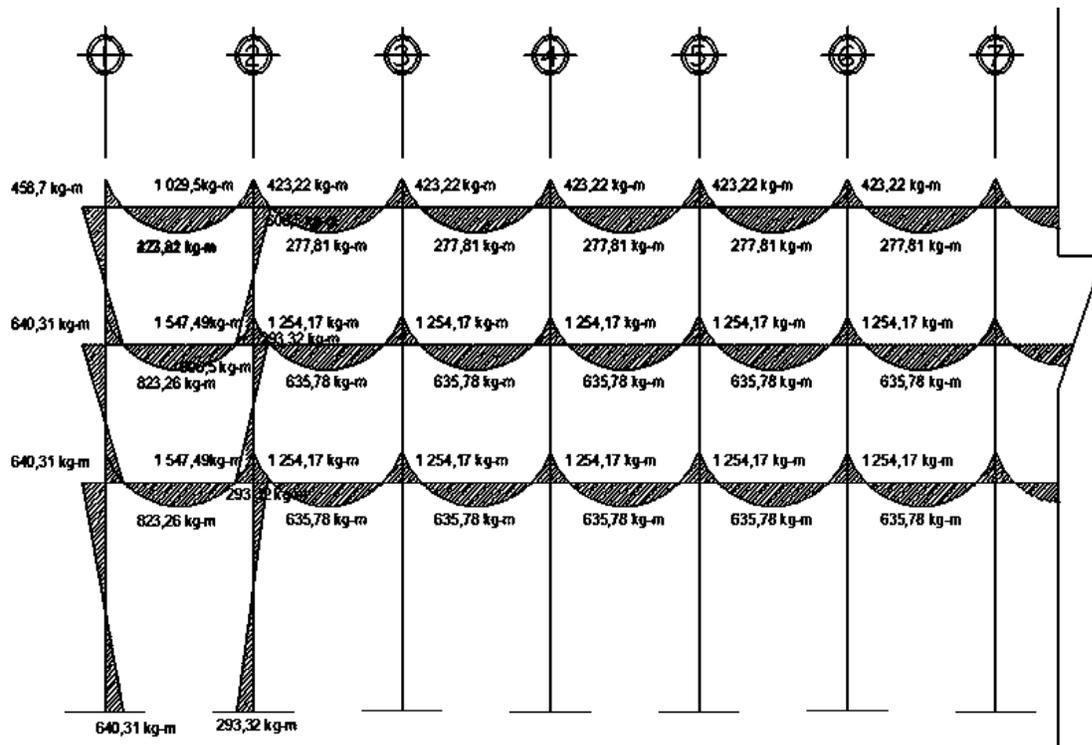
Momentos por carga muerta marco 2, eje Y



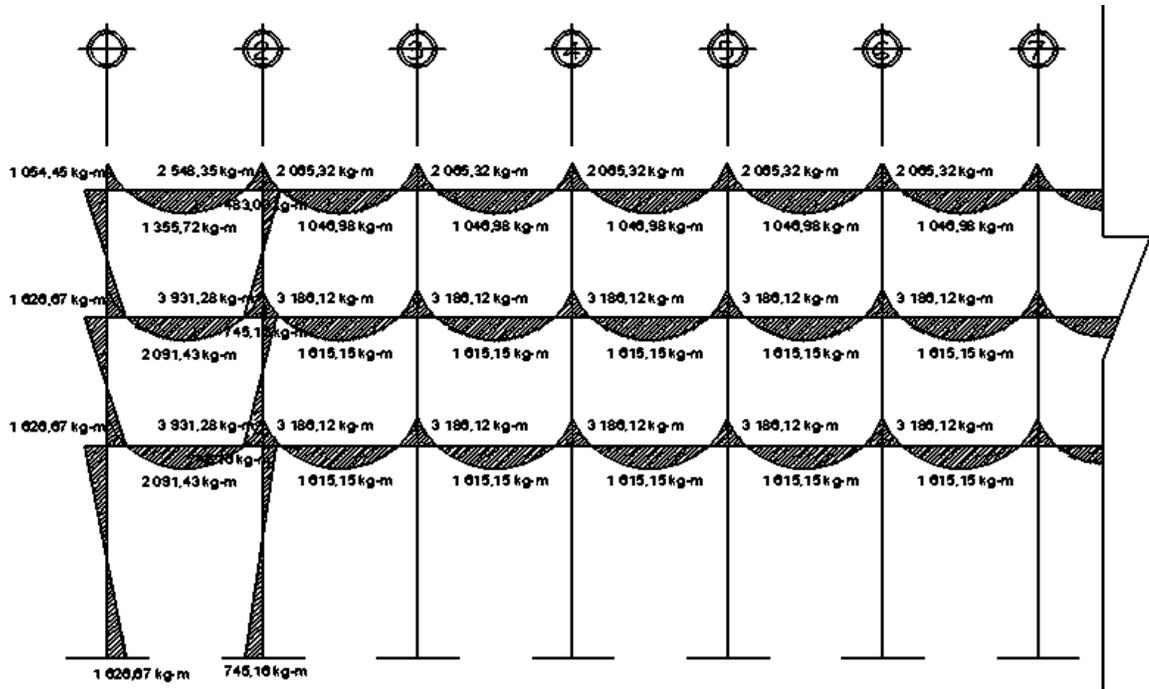
Momento por sismo marco 2, eje Y



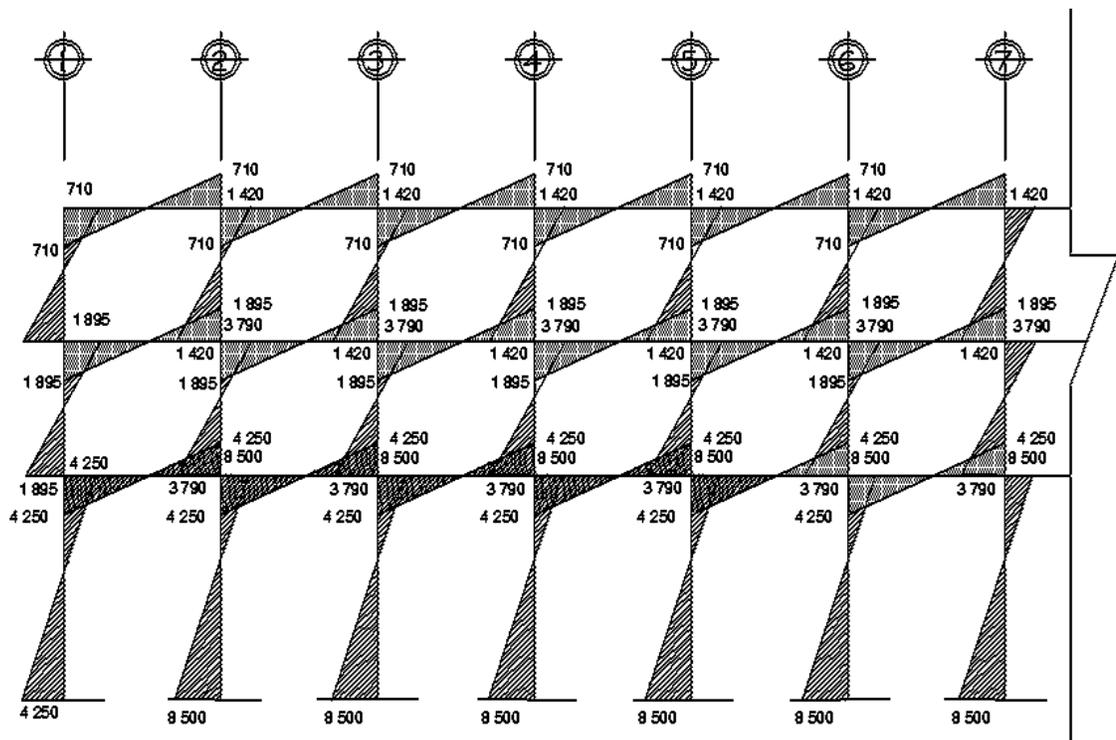
Momentos por carga viva marco B, eje X



Momentos por carga muerta marco B, eje X



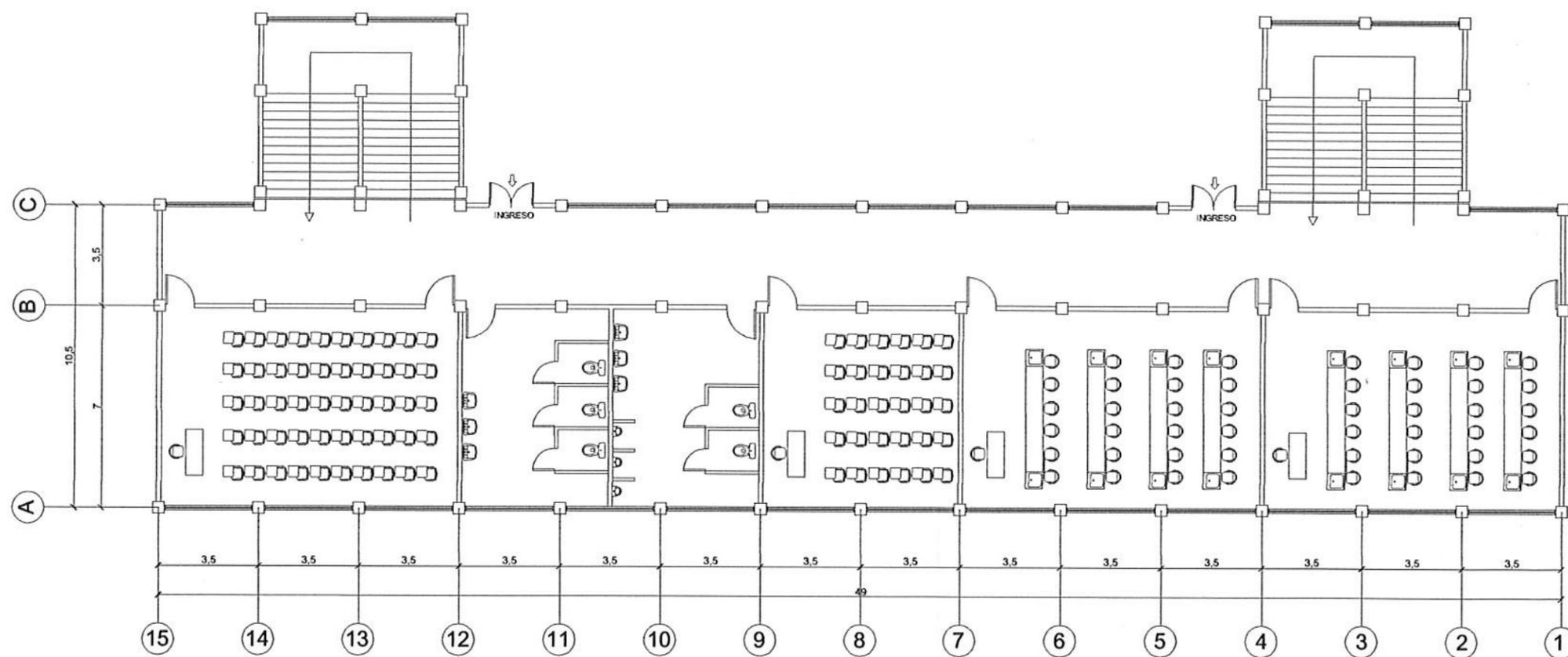
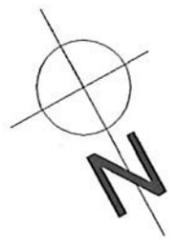
Momentos por carga sismo marco B, eje X



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

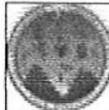
APÉNDICE 3 PLANOS CONSTRUCTIVOS

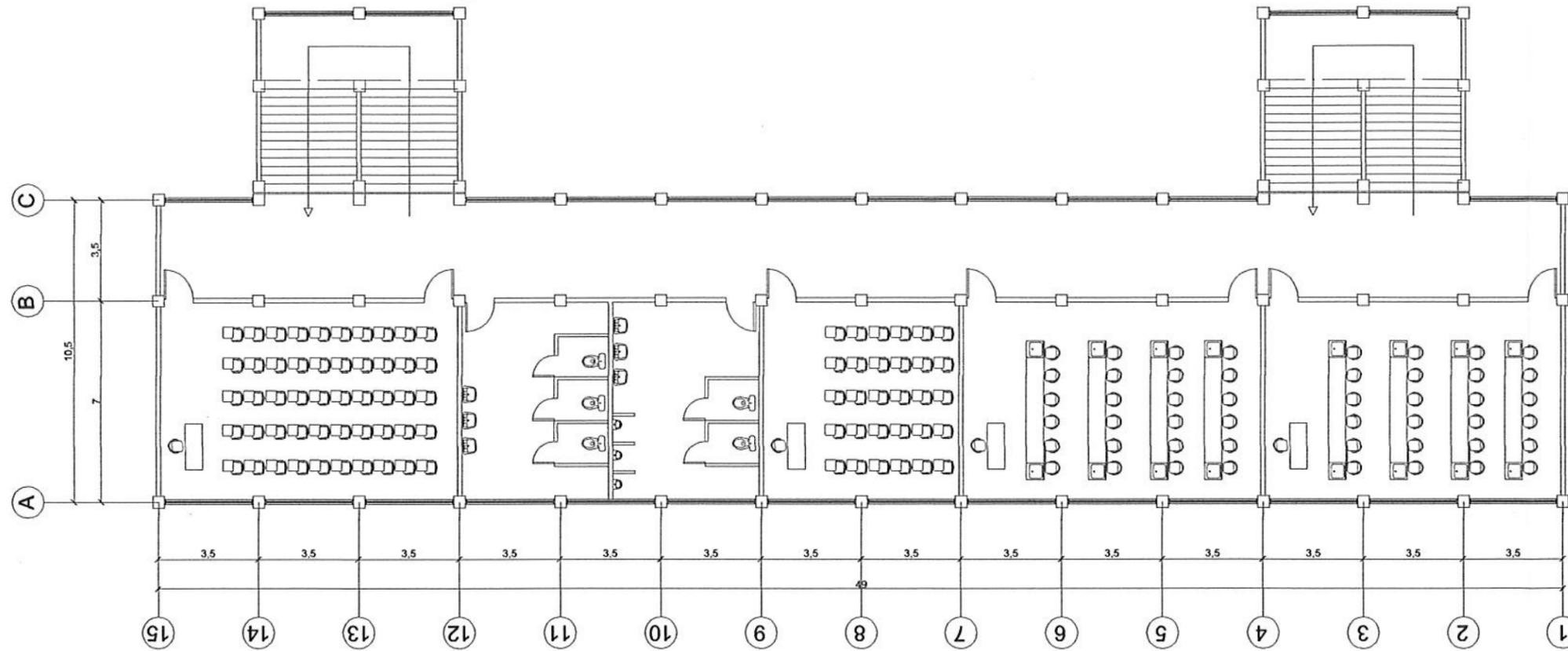
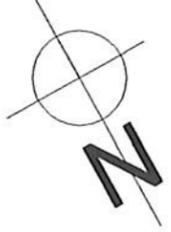
La escala indicada en los planos son originales para un formato A-1, por lo que los dibujos dentro de los planos, no corresponden a la escala indicada. Se han tenido que reducir para incorporarlos en el trabajo de graduación.



PRIMER NIVEL



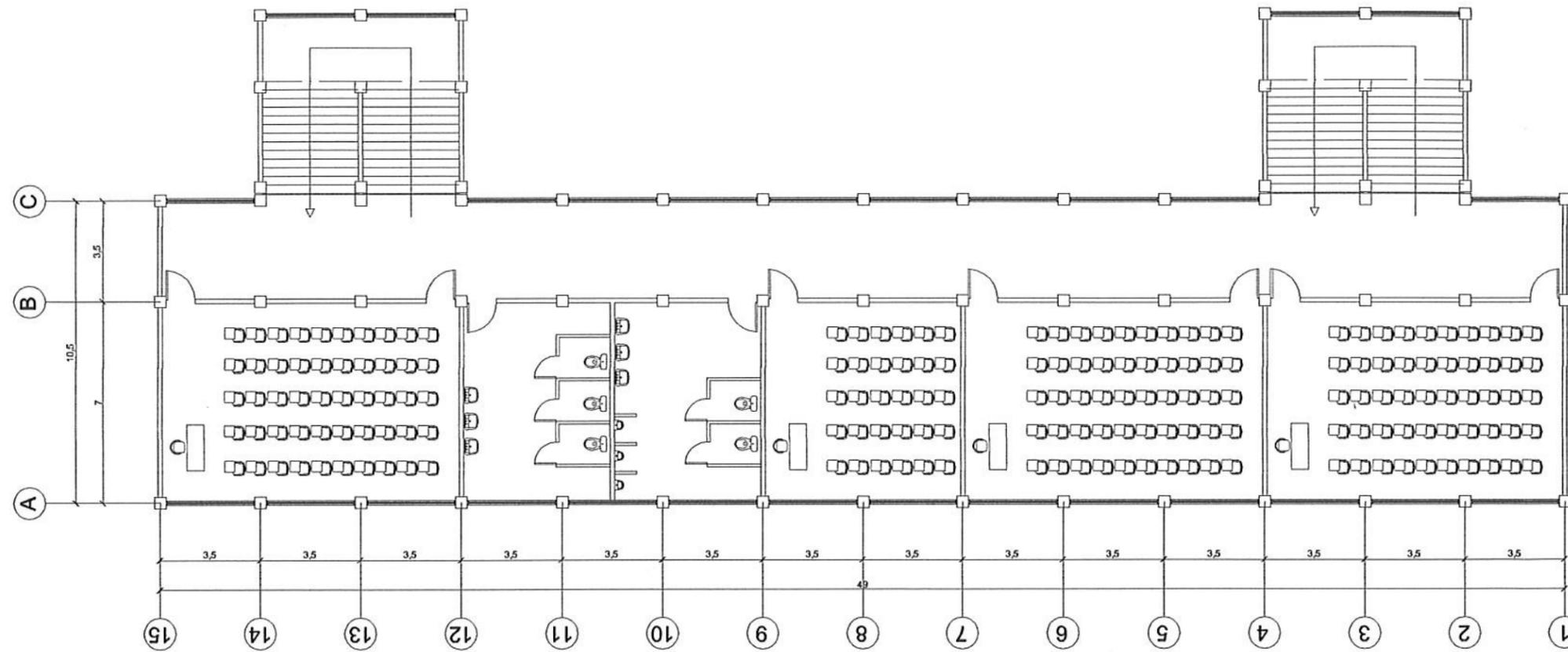
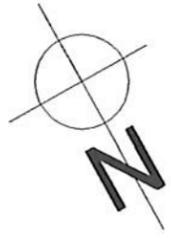
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA CUNEARO	ELABORADO POR MAR ELA ANELIZ MOTA B	CONTENIDO PLANTA AMUEBLADA	
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	FECHA AGOSTO DEL 2014		1
DISEÑADO POR MAR ELA ANELIZ MOTA B	ESCALA 1:100		22



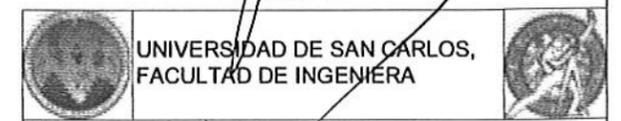
SEGUNDO NIVEL

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Juan Merck Cos
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Escuela de Ingeniería

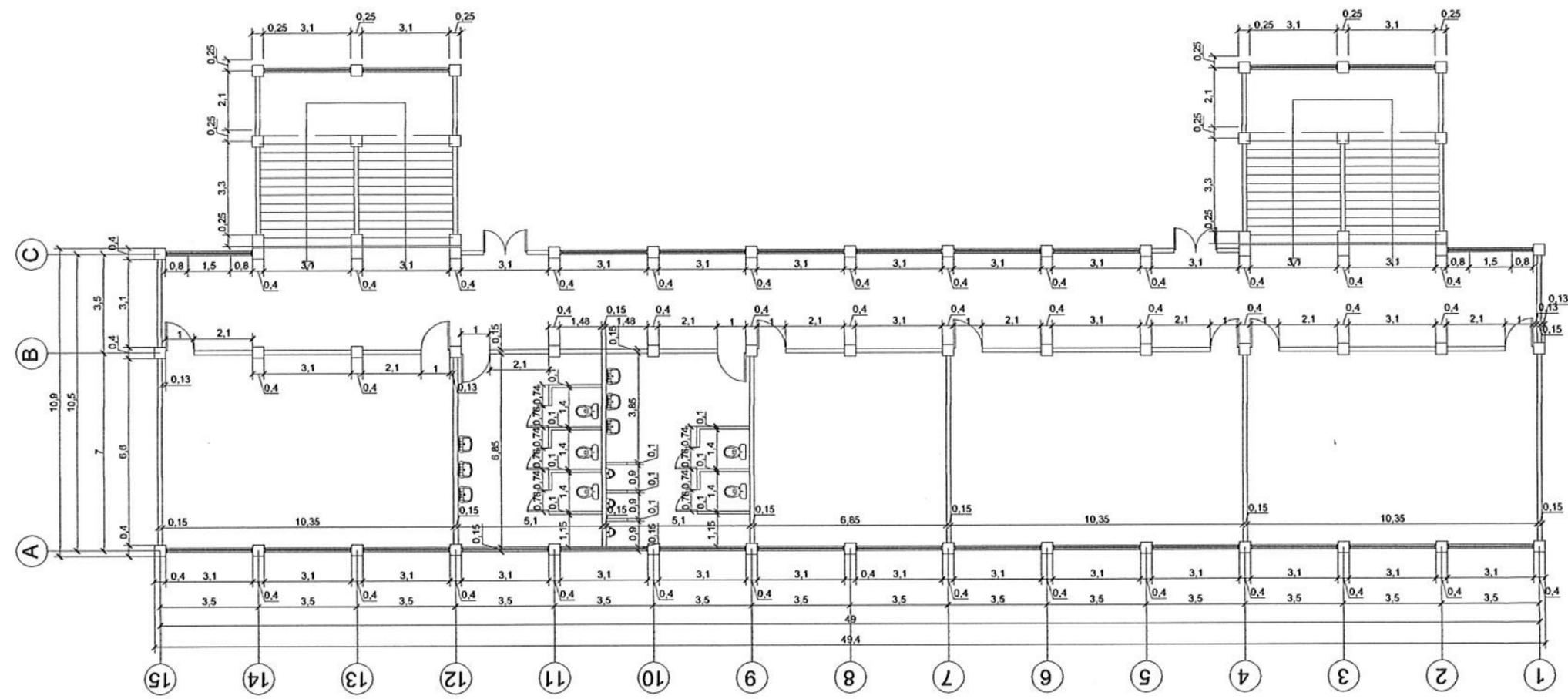
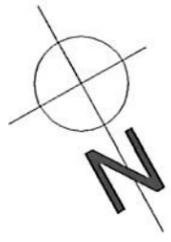
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA QUINTA	CONTIENE PLANTA AMUEBLADA				
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014	2			
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100	32			
DESEÑADO POR MARELA ANELIZ MOTA B					



TERCER NIVEL



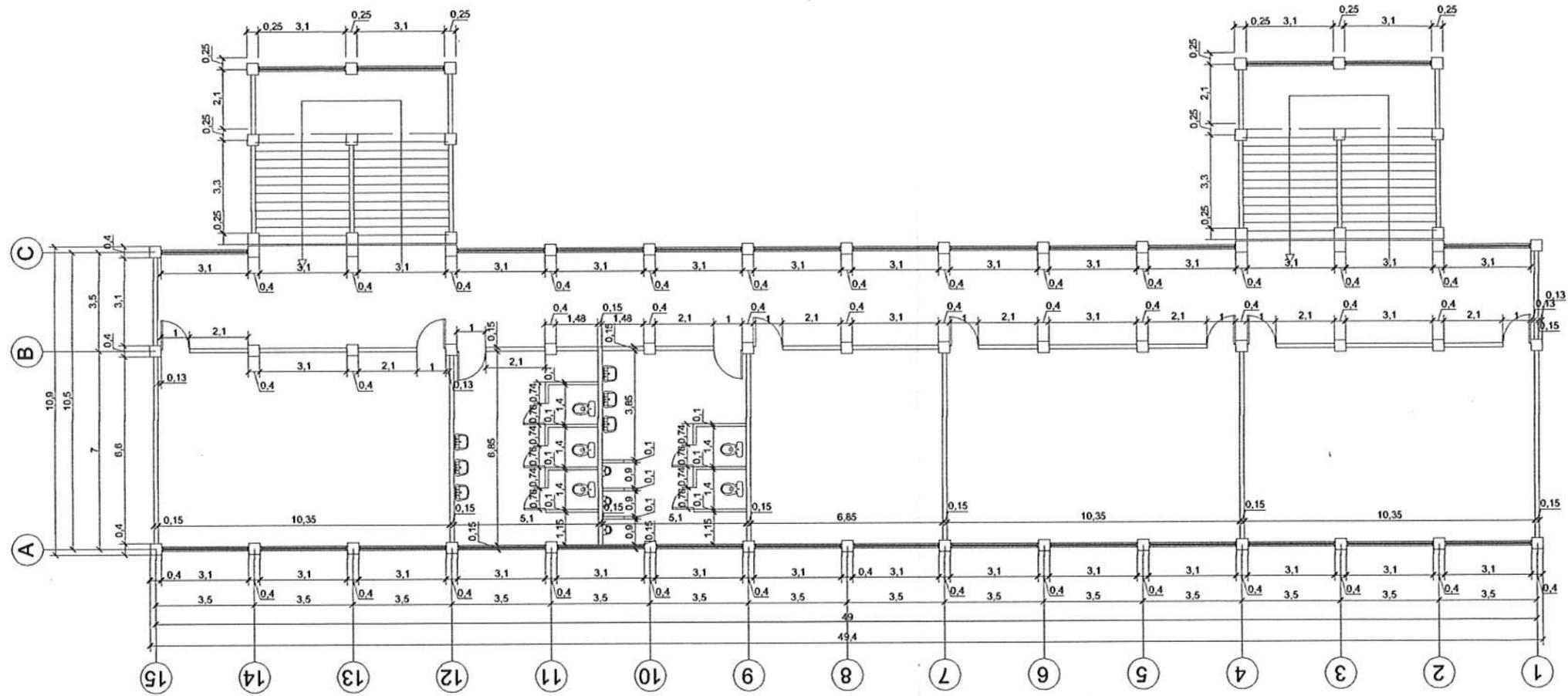
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA OLIVAR	CONTIENE PLANTA AMUEBLADA
ELABORADO POR MARIELA ANELIZMOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100
DESEÑADO POR MARIELA ANELIZMOTA B	3
	32



PRIMER NIVEL

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

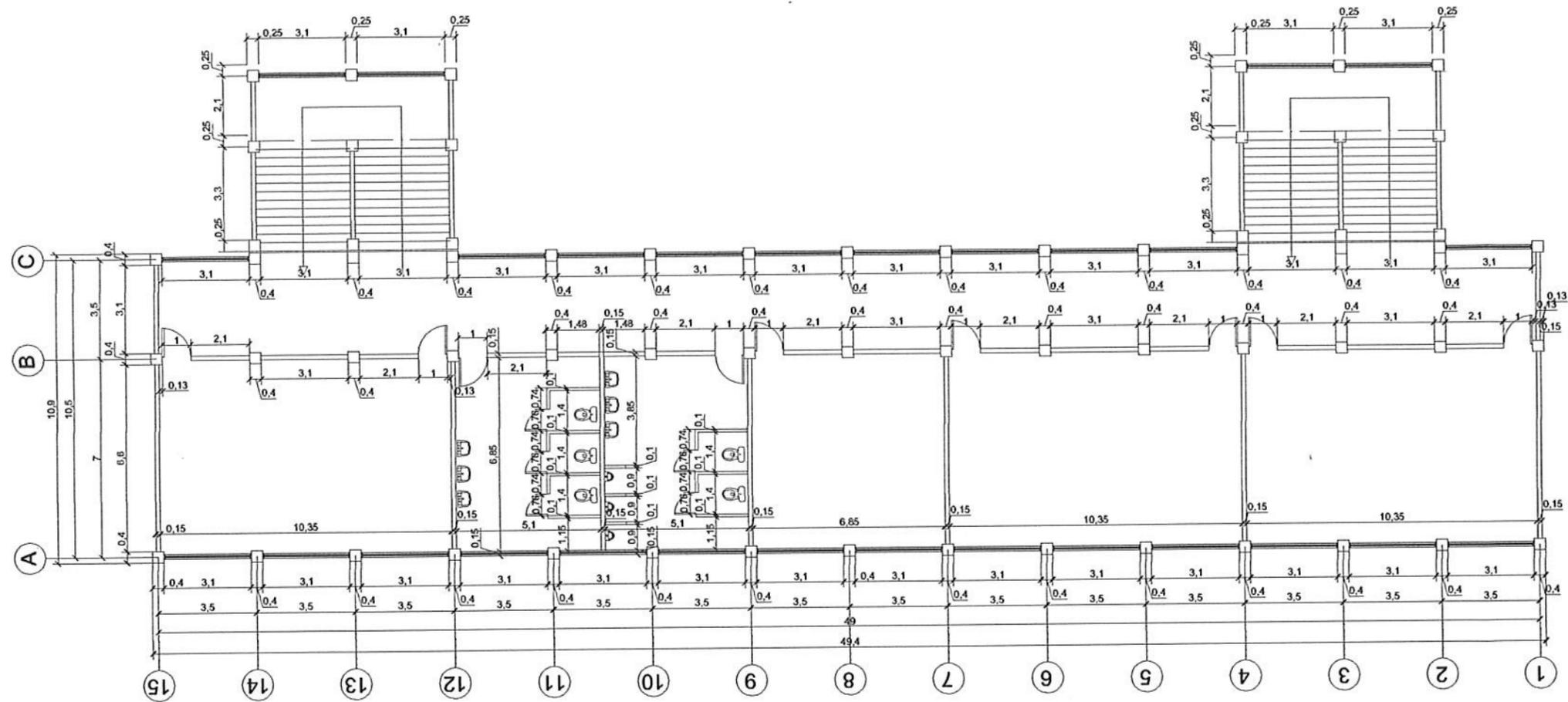
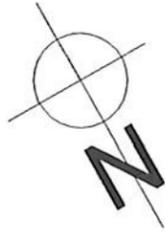
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA QUINTO	CONTIENE: PLANTA ACOTADA		
ELABORADO POR: MARELA ANELIZMOTA B		FECHA: AGOSTO DEL 2014	4
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	DISEÑADO POR: MARELA ANELIZMOTA B	ESCALA: 1:100	32



SEGUNDO NIVEL

Universidad de San Carlos de Guatimala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

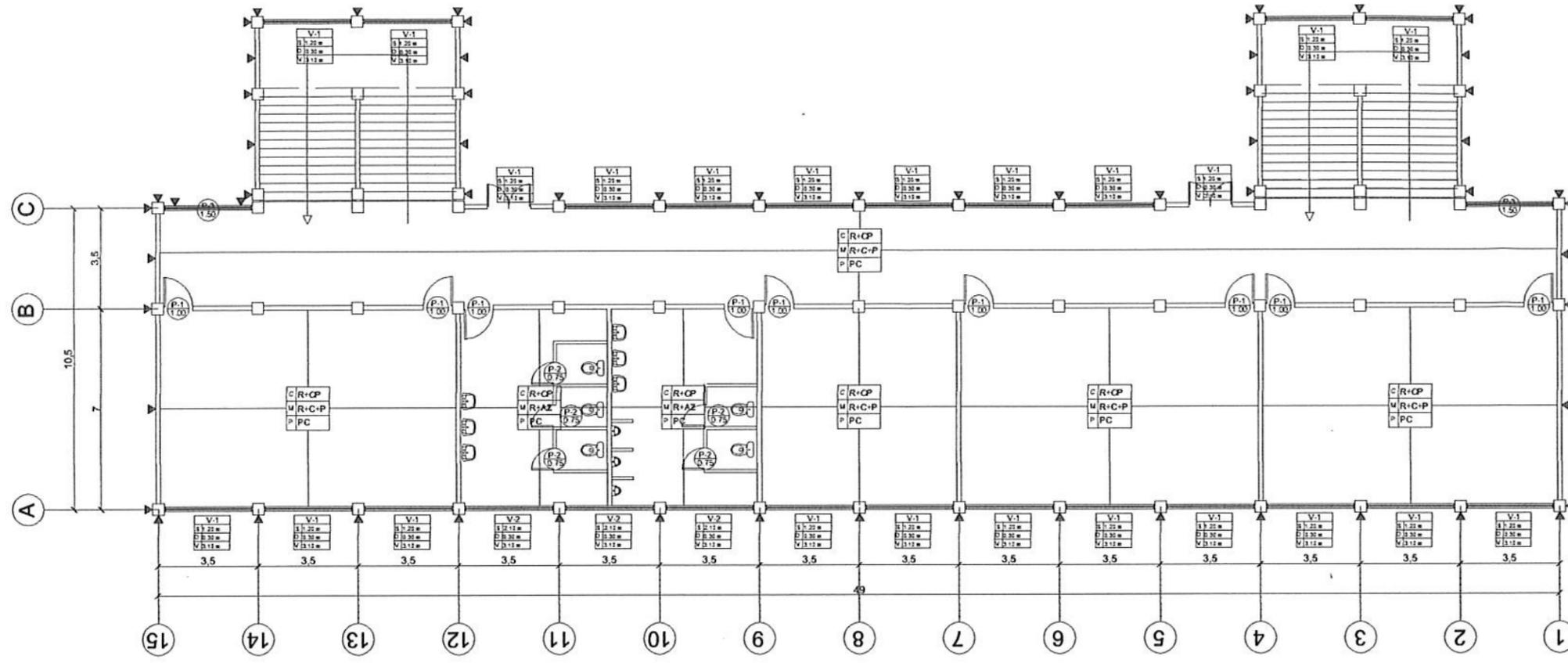
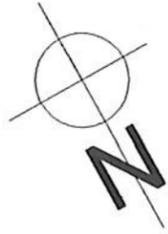
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA OLINDA	ELABORADO POR: MARELA ANELIZMOTA B	CONTENIDO: PLANTA ACOTADA	
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	FECHA: AGOSTO DEL 2014	5	
DIBUJADO POR: MARELA ANELIZMOTA B	ESCALA: 1:100	32	



TERCER NIVEL

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	PLANTA ACOTADA
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA QUESADO	CONTENIDO:
ELABORADO POR: MARIELA ANELIZMOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DELIBERADO POR: MARIELA ANELIZMOTA B.	6 32



PRIMER NIVEL

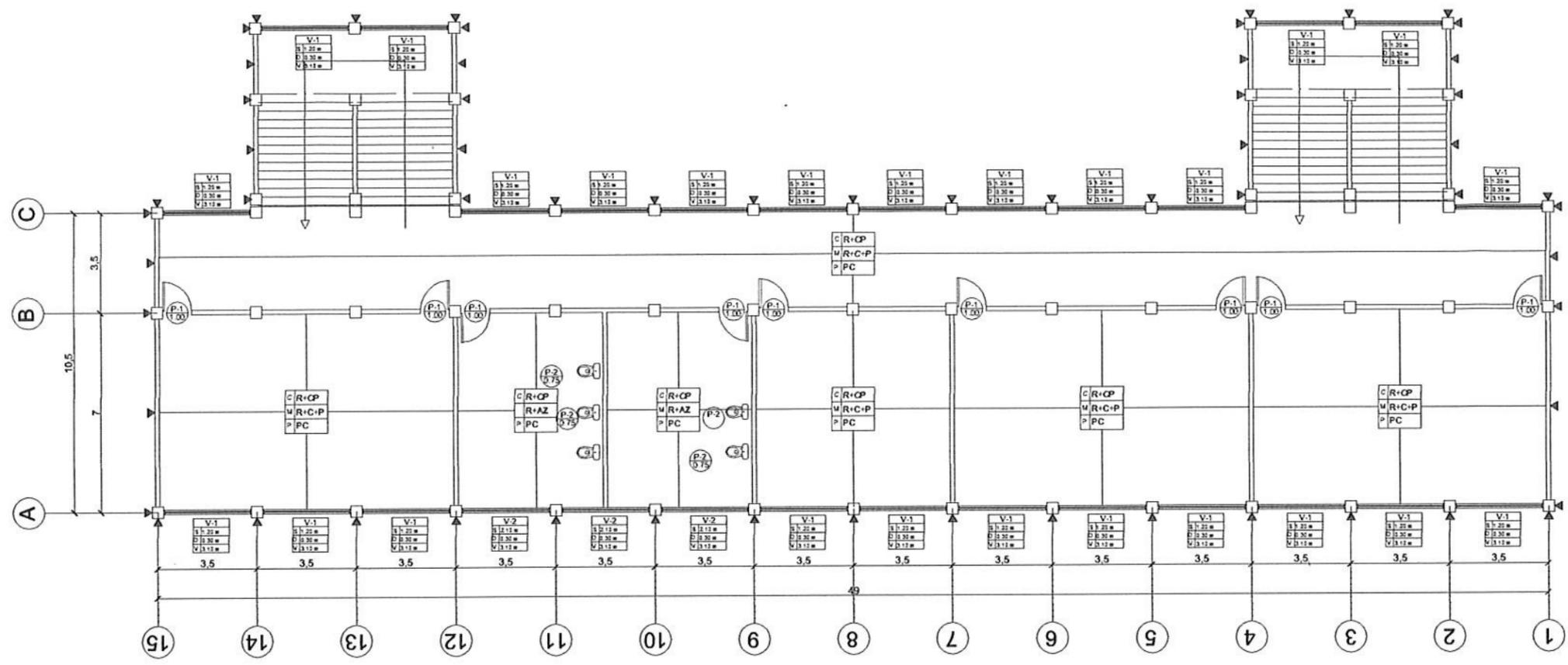
NOMENCLATURA	
C	INDIDCA ACABADO EN EL CIELO
W	INDIDCA ACABADO EN EL MURO
P	INDIDCA ACABADO EN EL PISO
▲	CERNIDO + REPELLO + PINTURA EN MUROS EXTERIORES
R+C+P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R+AZ	REPELLO + AZULEJO HASTA 1.2 m
PAD	PISO ANTIDESLIZANTE
PC	PISO CERAMICO
R+CP	REPELLO + CERNIDO PLASTICO
○	TIPO DE PUERTA ANCHO DE VANO
□	TIPO DE VENTANA SILLAR DE LA VENTANA
□	INDICEL DE LA VENTANA
□	VANO DE LA VENTANA

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	UNIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
1	27	1.00 m	2.10 m	METAL
2	15	0.75 m	1.80 m	METAL
3	1	1.50 m	2.10 m	METAL

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	UNIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
1	74	3.10 m	1.50 m	CRISTAL
2	9	3.10 m	0.60 m	CRISTAL



PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA CURSADO	CONTENIDO: PLANTA ACABADOS
ELABORADO POR: MAR ELA ANELIZ MOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DISEÑADO POR: MAR ELA ANELIZ MOTA B.	7 / 32



SEGUNDO NIVEL

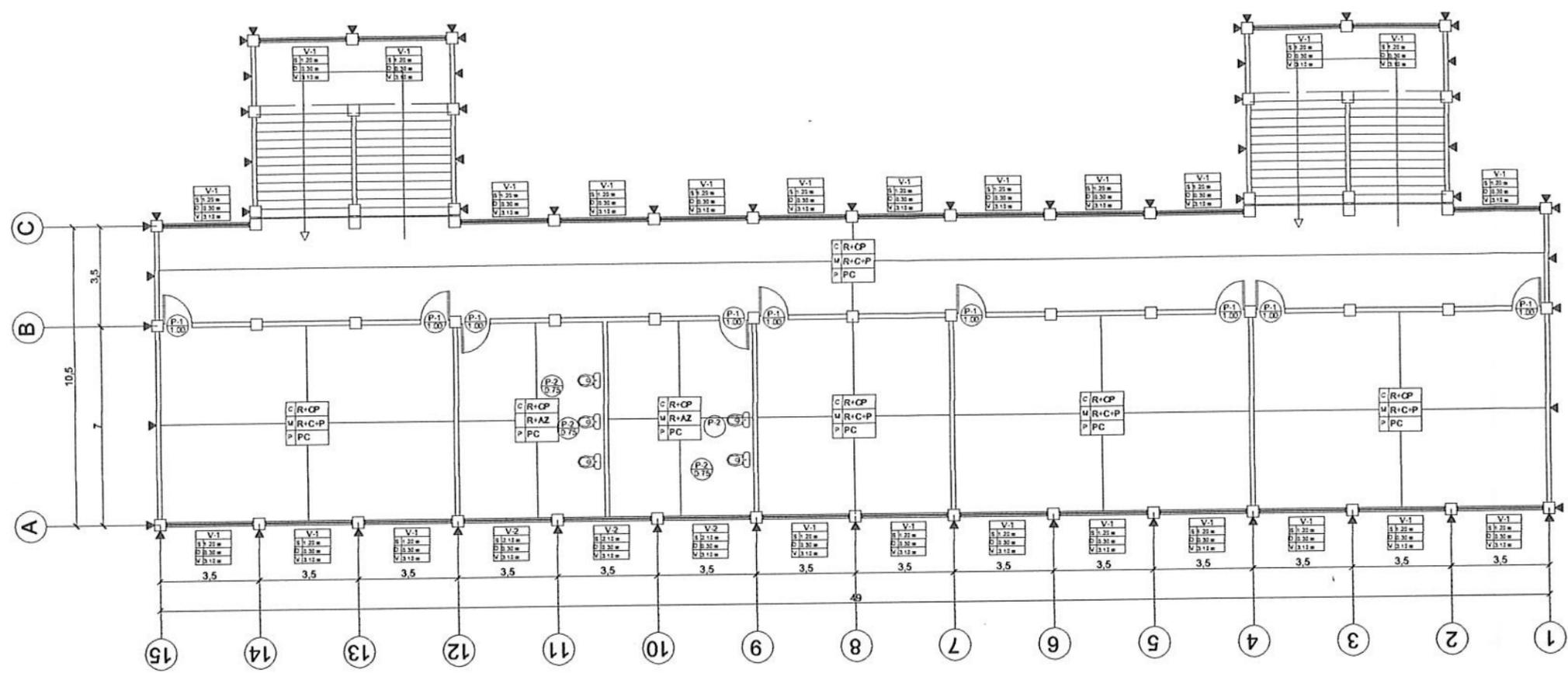
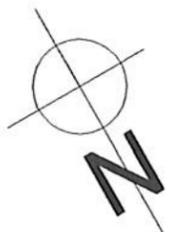
NOMENCLATURA	
C	INDICA ACABADO EN EL CIELO
M	INDICA ACABADO EN EL MURO
P	INDICA ACABADO EN EL PISO
▲	CERNIDO + REPELLO + PINTURA EN MUROS EXTERIORES
R+C+P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R+AZ	REPELLO + AZULEJO HASTA 1.2m
PAD	PISO ANTIDESLIZANTE
PC	PISO CERAMICO
R+CP	REPELLO + CERNIDO PLASTICO
○	TIPO DE PUERTA ANCHO DE VANO
□	TIPO DE VENTANA SILLAR DE LA VENTANA
□	DIFEL DE LA VENTANA
□	VANO DE LA VENTANA

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	UNIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
1	27	1.00 m	2.10 m	METAL
2	15	0.75 m	1.80 m	METAL
3	1	1.50 m	2.10 m	METAL

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	UNIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
1	74	3.10 m	1.50 m	CRISTAL
2	9	3.10 m	0.60 m	CRISTAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA CUNIBARD	CONTIENE PLANTA ACABADOS
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B.	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA
8	



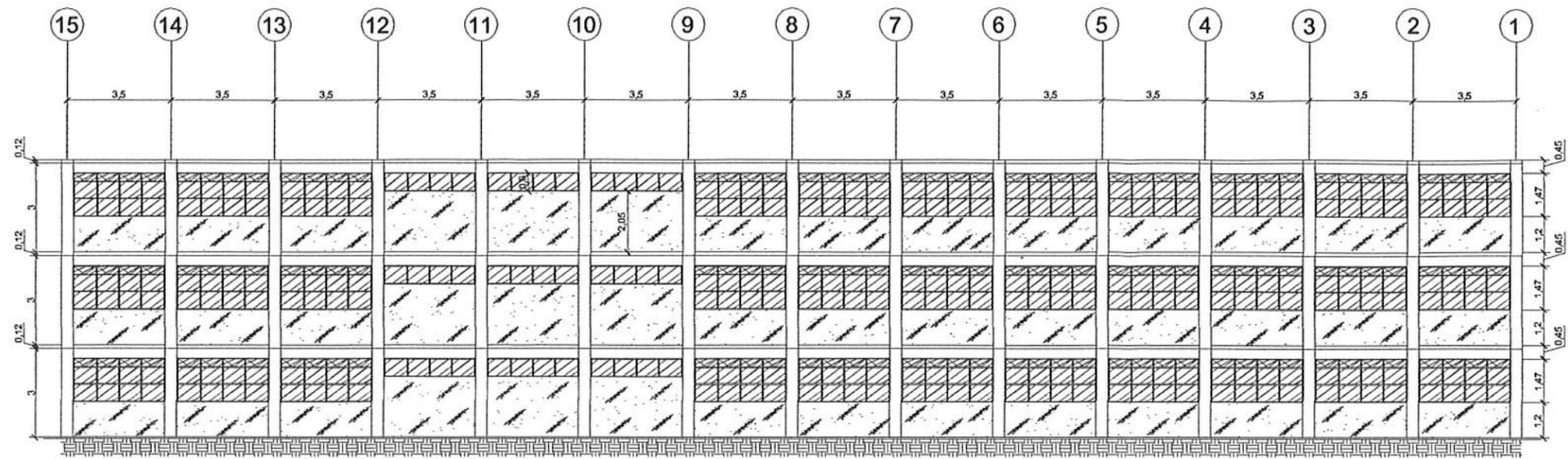
NOMENCLATURA	
	INDIDCA ACABADO EN EL CIELO
	INDIDCA ACABADO EN EL MURO
	INDIDCA ACABADO EN EL PISO
	CERNIDO + REPELLO + PINTURA EN MUROS EXTERIORES
R+C+P	REPELLO + CERNIDO + PINTURA
R+AZ	REPELLO + AZULEJO HASTA 1.2m
PAD	PISO ANTIDESLIZANTE
PC	PISO CERAMICO
R+CP	REPELLO + CERNIDO PLASTICO
	TIPO DE PUERTA ANCHO DE VAND
	TIPO DE VENTANA SILLAR DE LA VENTANA DITELO DE LA VENTANA VAND DE LA VENTANA

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	UNIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
1	27	1.00 m	2.10 m	METAL
2	15	0.75 m	1.80 m	METAL
3	1	1.50 m	2.10 m	METAL

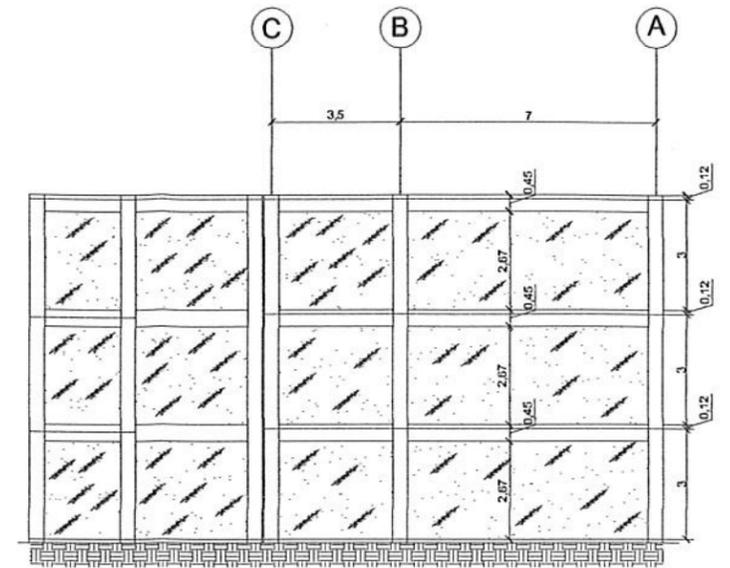
PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	UNIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
1	74	3.10 m	1.50 m	CRISTAL
2	9	3.10 m	0.60 m	CRISTAL



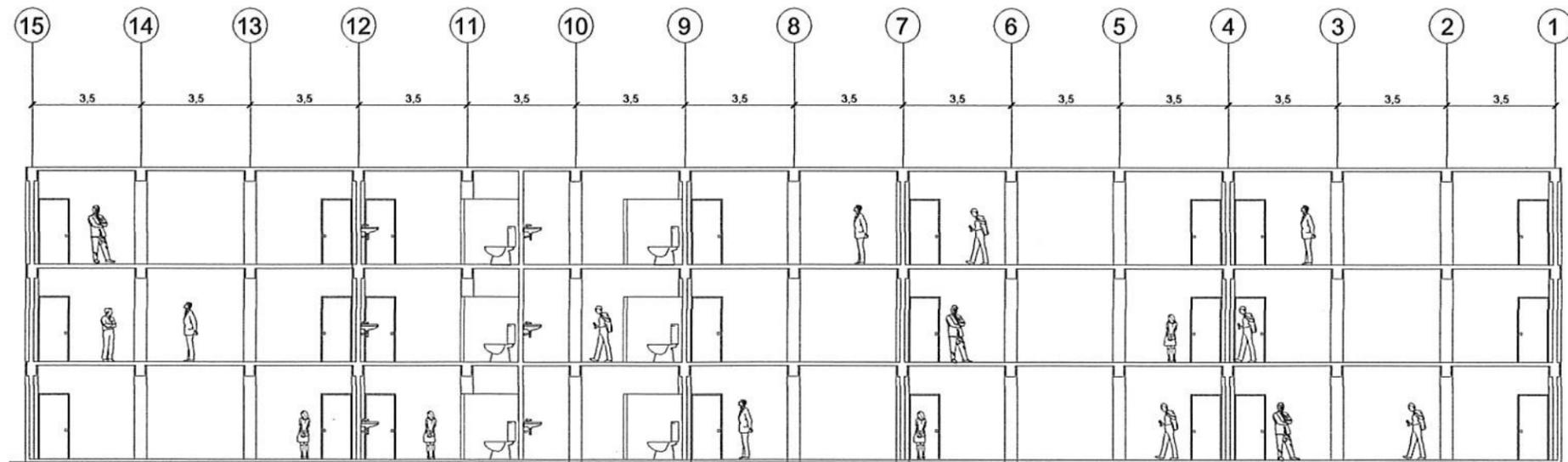
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERA	
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA QUINTARO	ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	PLANTA ACABADOS	
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	FECHA: AGOSTO DEL 2014	ESCALA: 1:100	9
DISEÑADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B			32



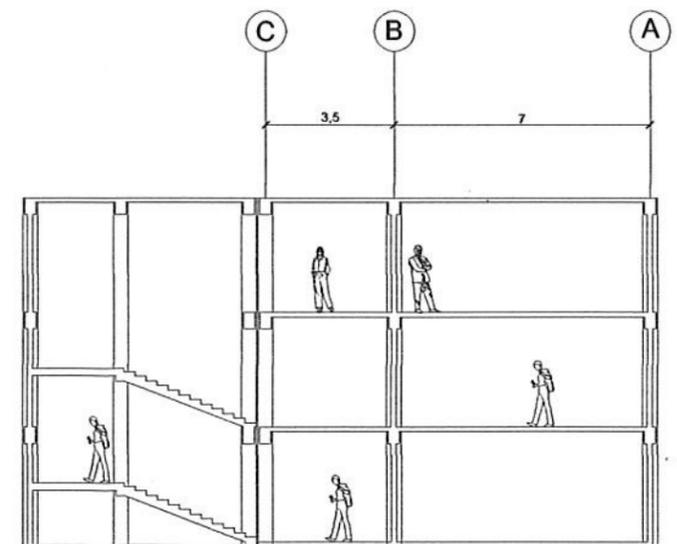
ELEVACION POSTERIOR



ELEVACION LATERAL



SECCION LONGITUDINAL

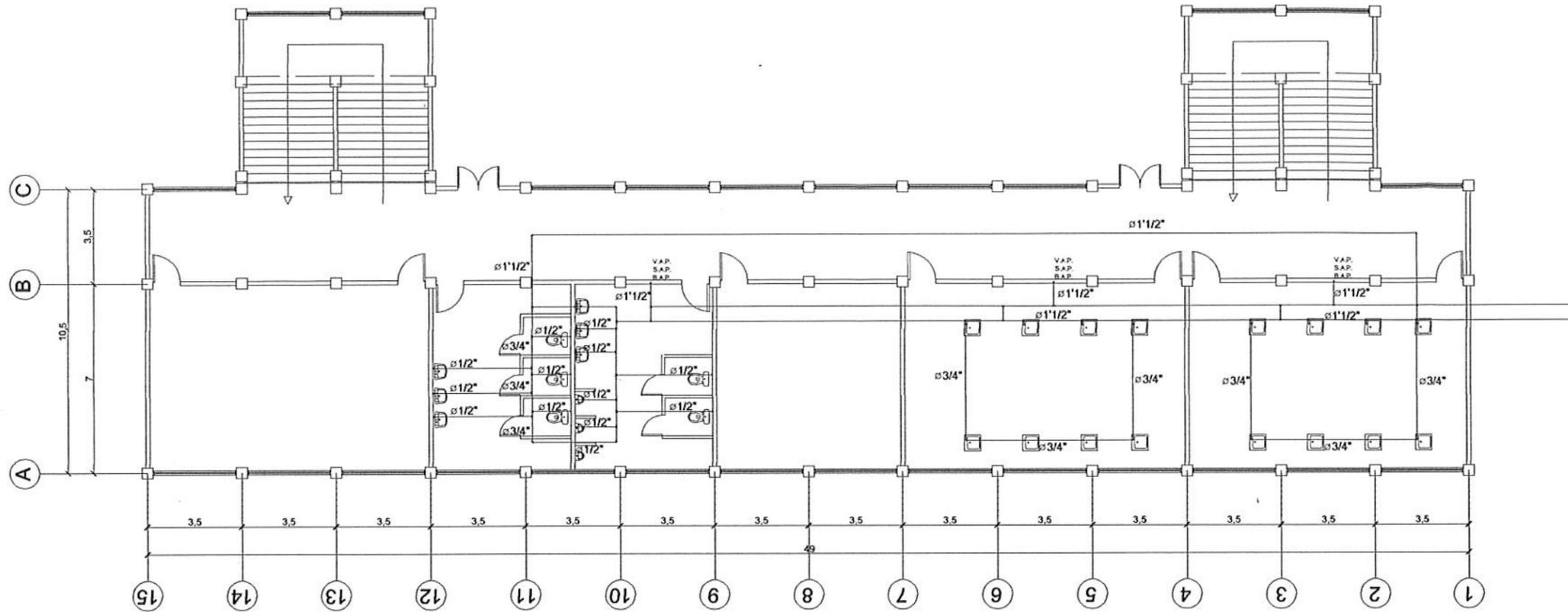
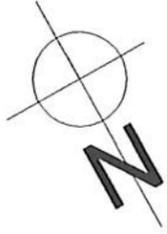


SECCION TRANSVERSAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA

TÍTULO: EDIFICIO AGRICOLA CUNEARO	CONTENIDO: ELEVACIONES Y SECCIONES
ELABORADO POR: MARELA ANELIZ MOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DIBUJADO POR: MARELA ANELIZ MOTA B.	10 / 32

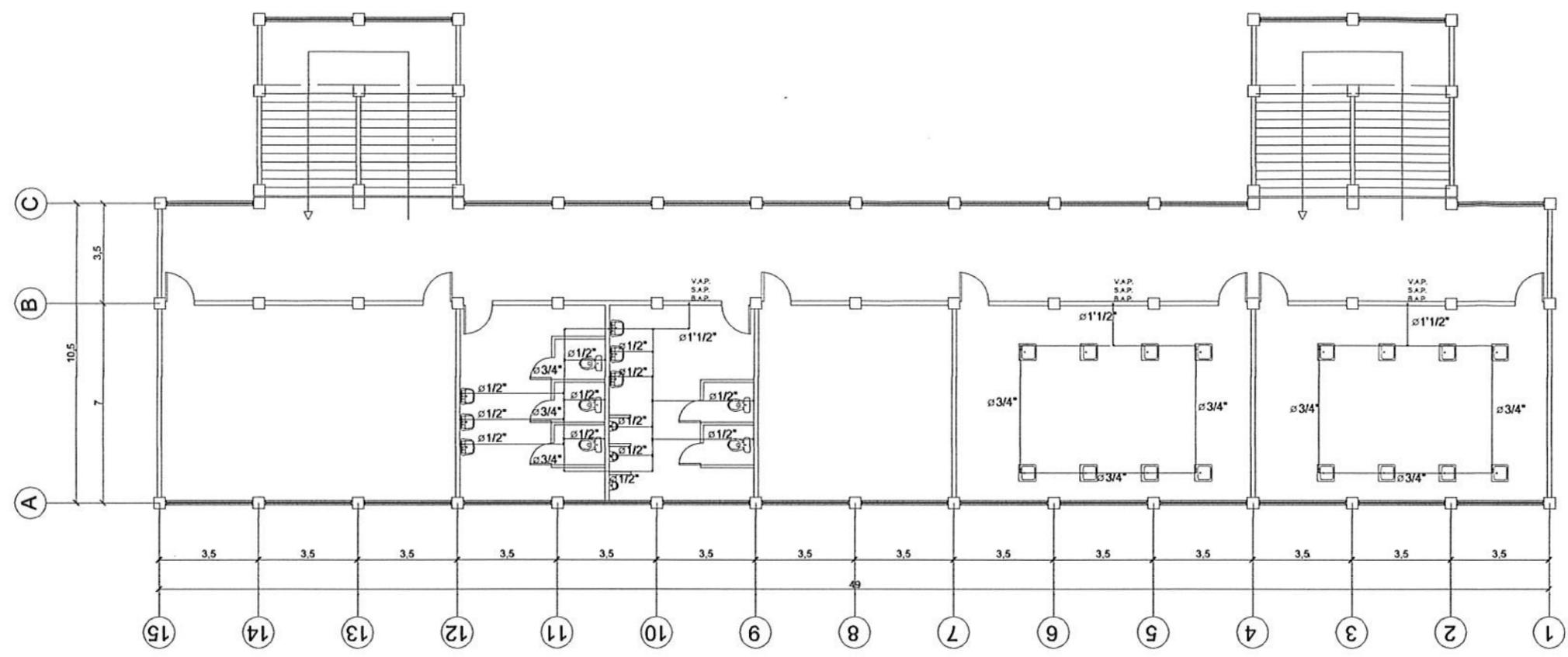
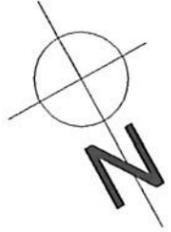


PRIMER NIVEL

NOMENCLATURA	
V.A.P. S.A.P. B.A.P.	VA AGUA POTABLE. SUBE AGUA POTABLE BAJA AGUA POTABLE
	TUBERIA DIAMETRO 3/4" y 1/2"
	CODOS A 90°
	TEE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA CUNEARO	CONTENIDO: PLANTA DE AGUA POTABLE		
ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	FECHA: AGOSTO DEL 2014	11
DIBUJADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	ESCALA: 1:100	32	

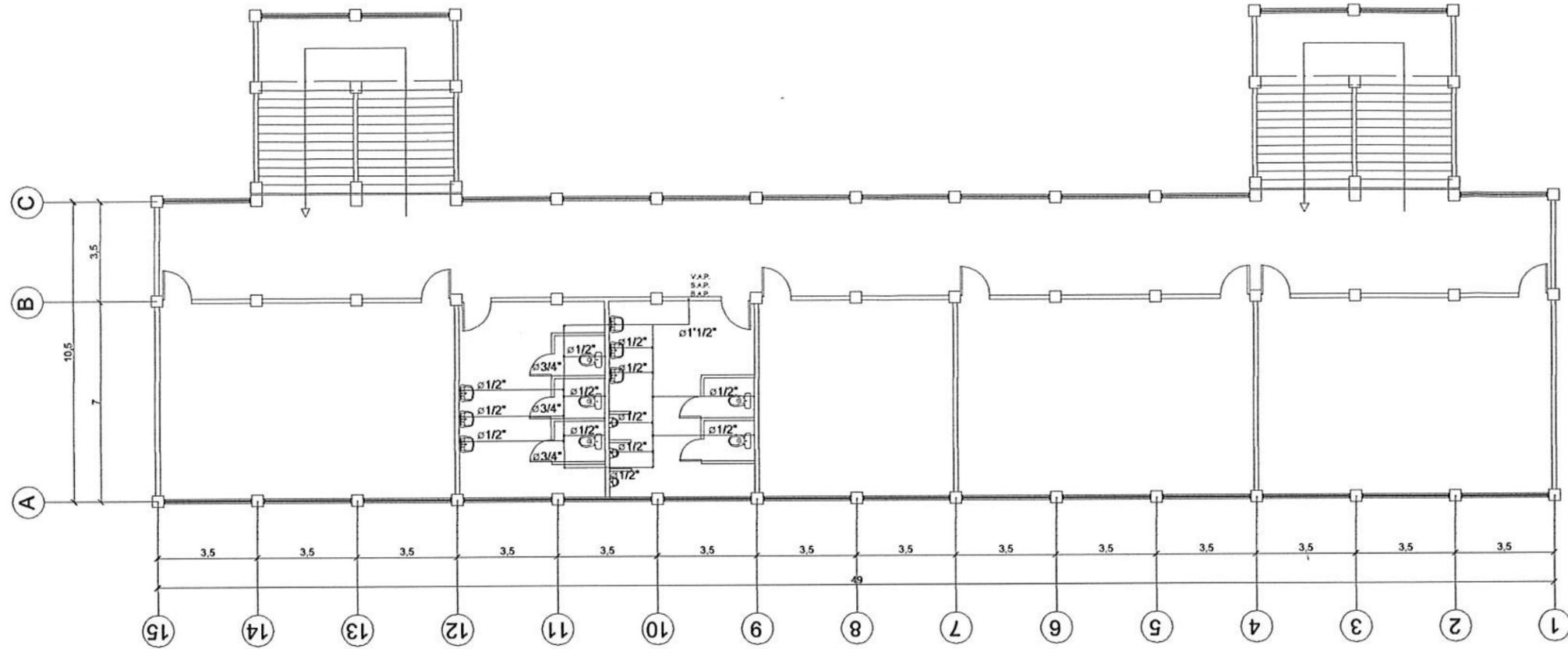
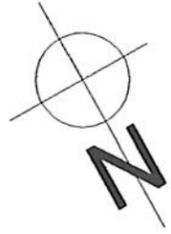


SEGUNDO NIVEL

NOMENCLATURA	
V.A.P. S.A.P. B.A.P.	VA AGUA POTABLE. SUBE AGUA POTABLE BAJA AGUA POTABLE
	TUBERIA DIAMETRO 3/4" y 1/2"
	CODOS A 90°
	TEE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA QUINTO	CONTIENE PLANTA DE AGUA POTABLE
ELABORADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B.	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100
DEBILADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B.	12 / 32

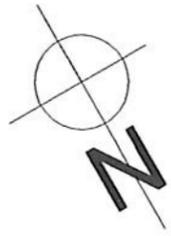


TERCER NIVEL

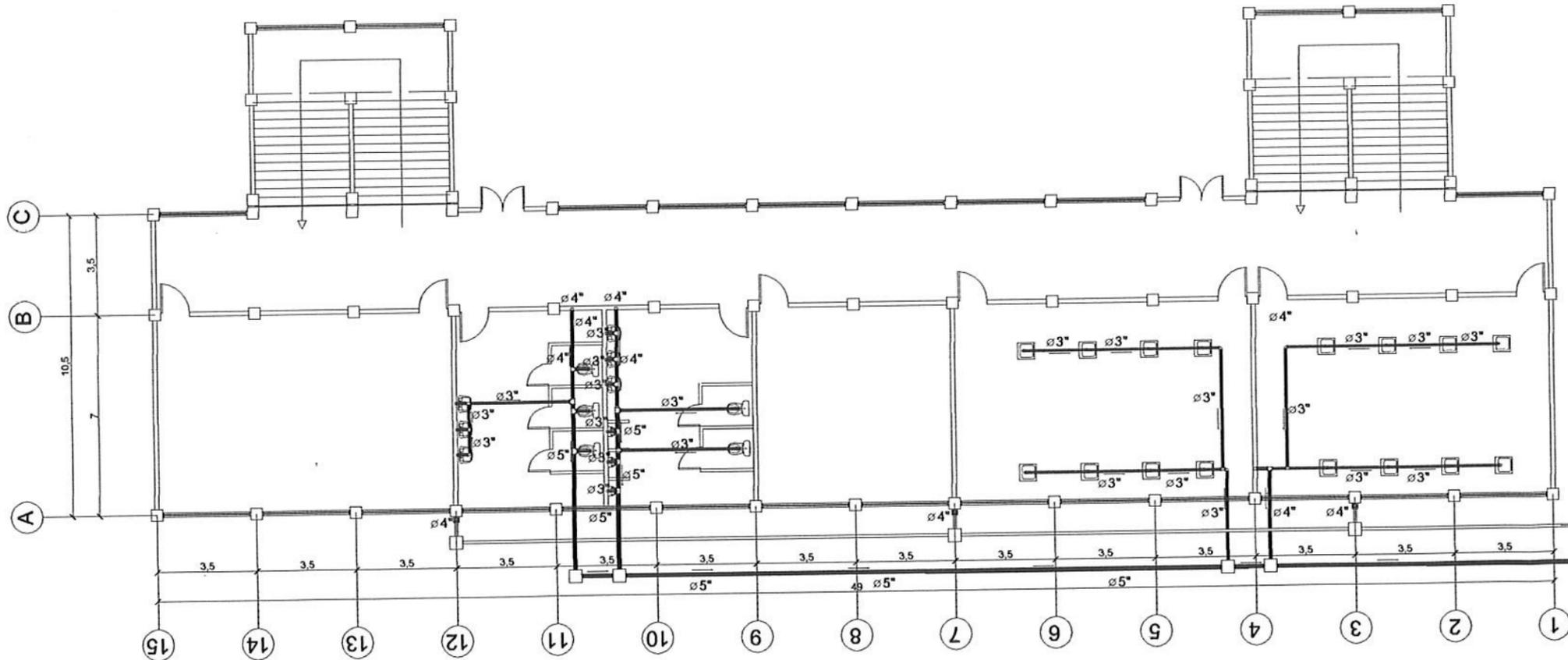
NOMENCLATURA	
V.A.P. S.A.P. B.A.P.	VA AGUA POTABLE. SUBE AGUA POTABLE BAJA AGUA POTABLE
	TUBERIA DIAMETRO 3/4" y 1/2"
	CODOS A 90°
	TEE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA CURSARO	CONTIENE PLANTA DE AGUA POTABLE
ELABORADO POR MARIELA ANELIZMOTA B	FED-A AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100
DISEÑADO POR MARIELA ANELIZMOTA B	13 / 32



NOMENCLATURA	
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	TUBERIA DE AGUA PLUVIAL
	SENTIDO DEL AGUA
	CODOS A 90°
	TEE
	CAJAS
	REDUCTORES



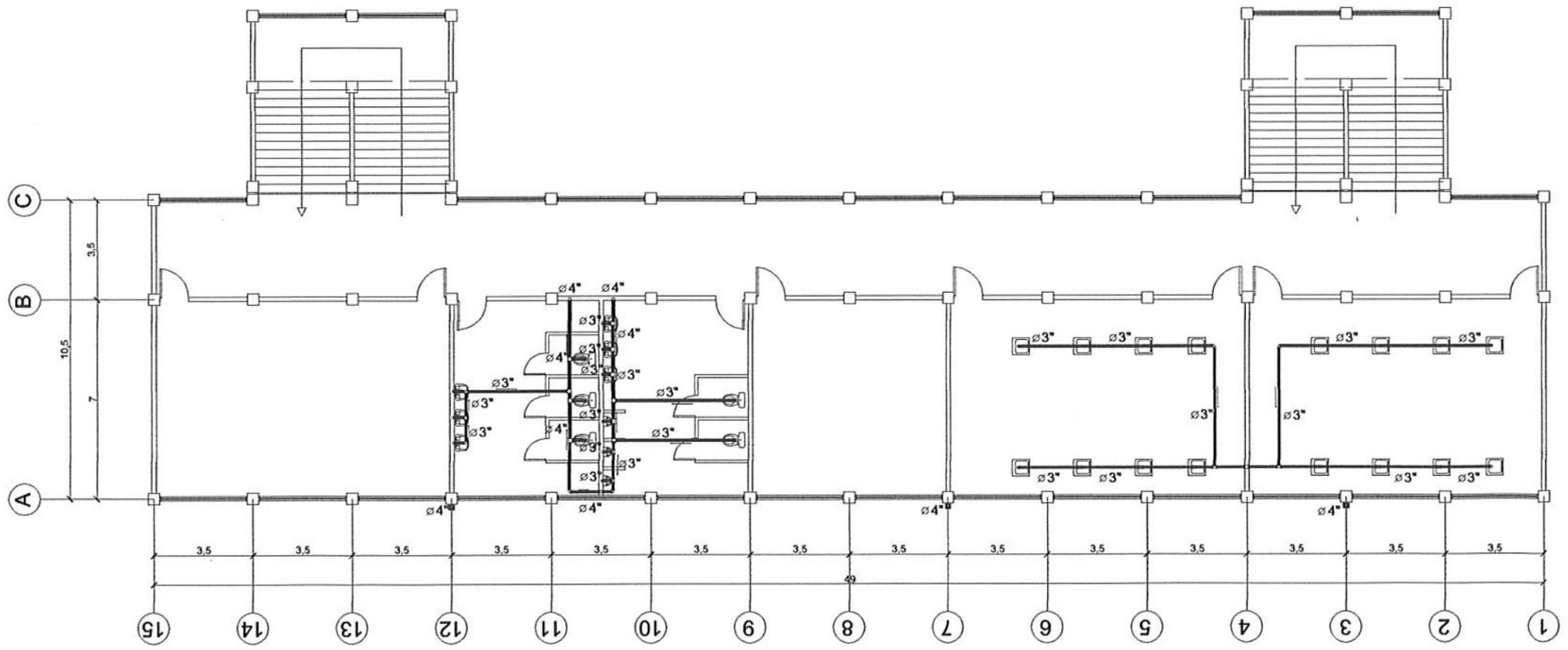
PRIMER NIVEL

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA CUNEARO	CONTENIDO: DRENAJE		
ELABORADO POR: MARELA ANELIZMOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014	14	
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100	32	



NOMENCLATURA	
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	TUBERIA DE AGUA PLUVIAL
	SENTIDO DEL AGUA
	CODOS A 90°
	TEE
	CAJAS
	REDUCTORES



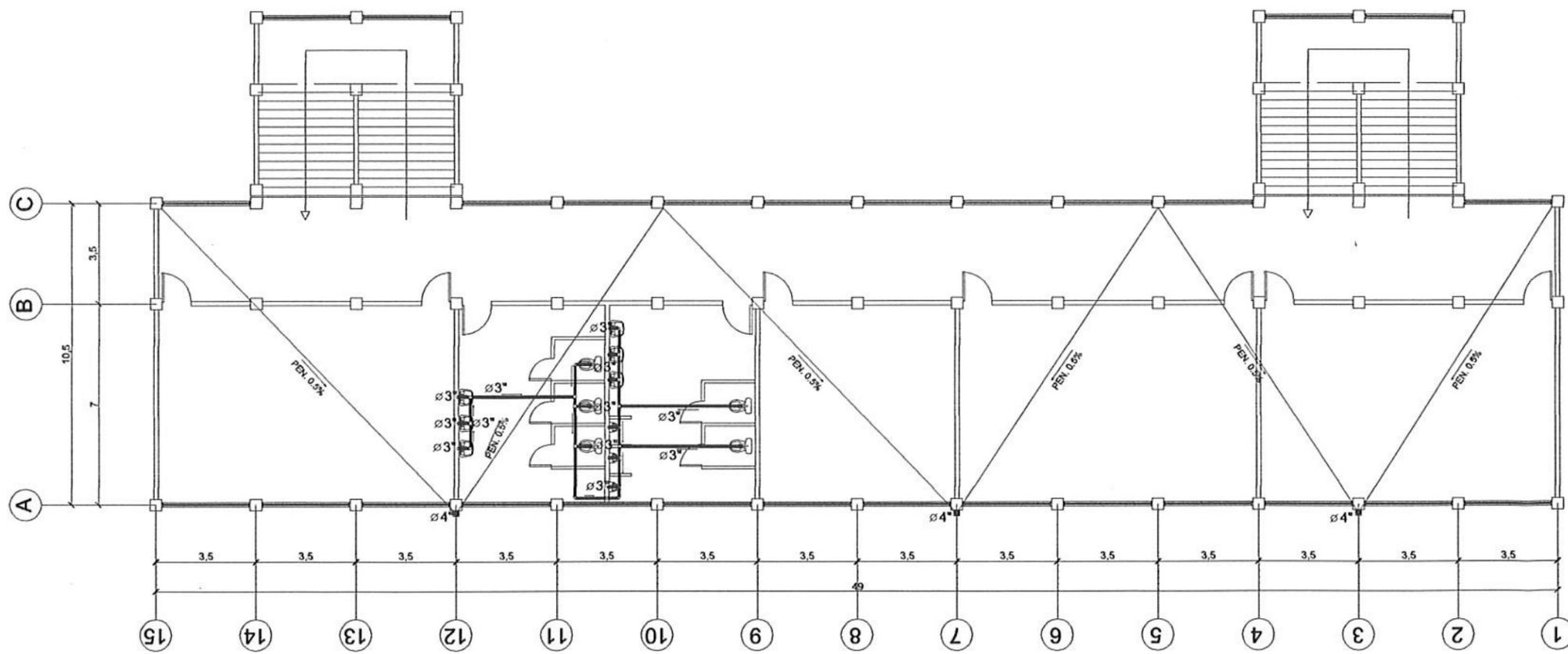
SEGUNDO NIVEL



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA OLINDA	CONTIENE DENAJES				
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014	15			
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100	32			
DESEÑADO POR MARELA ANELIZ MOTA B					



NOMENCLATURA	
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	TUBERIA DE AGUA PLUVIAL
	SENTIDO DEL AGUA
	CODOS A 90°
	TEE
	CAJAS
	REDUCTORES

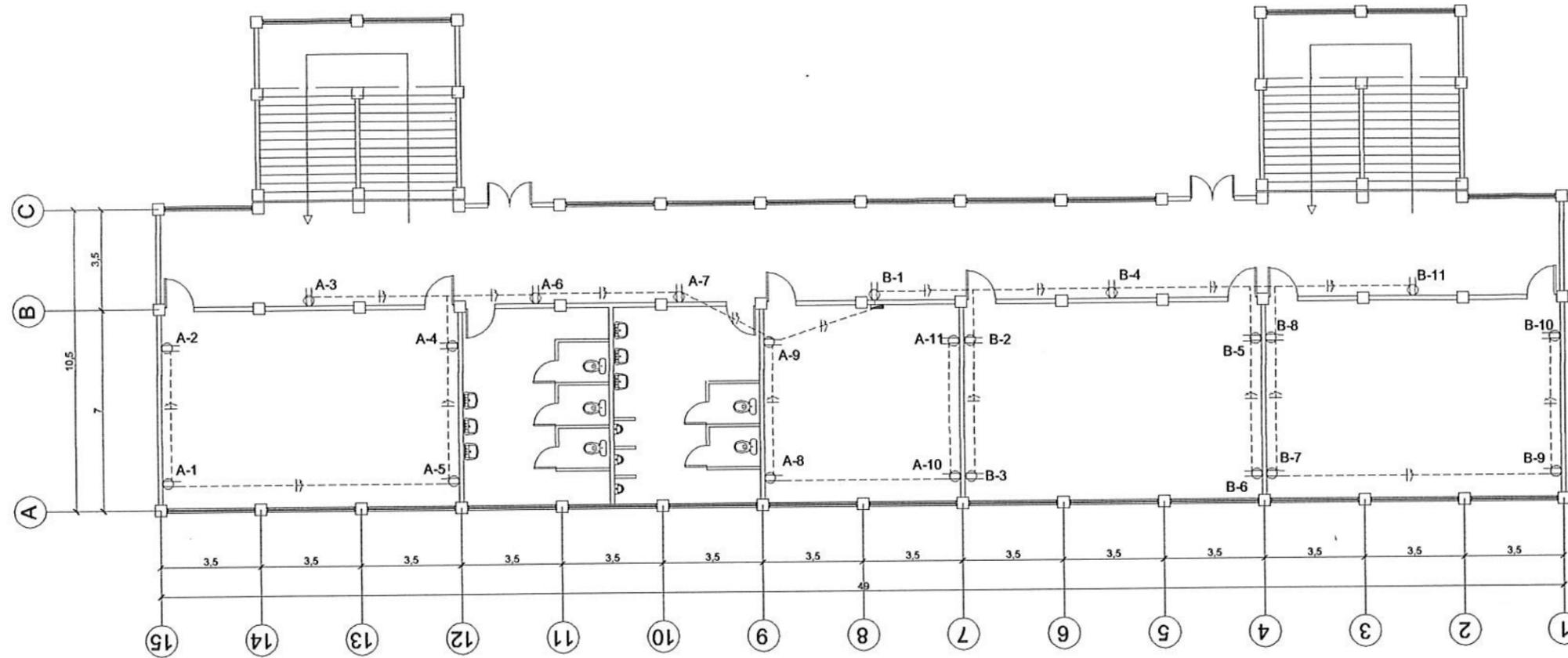


TERCER NIVEL



[Handwritten signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA		CONTIENE	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMA OUSARD	DENAJES		
ELABORADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014	16	
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100	32	
DESEÑADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B			



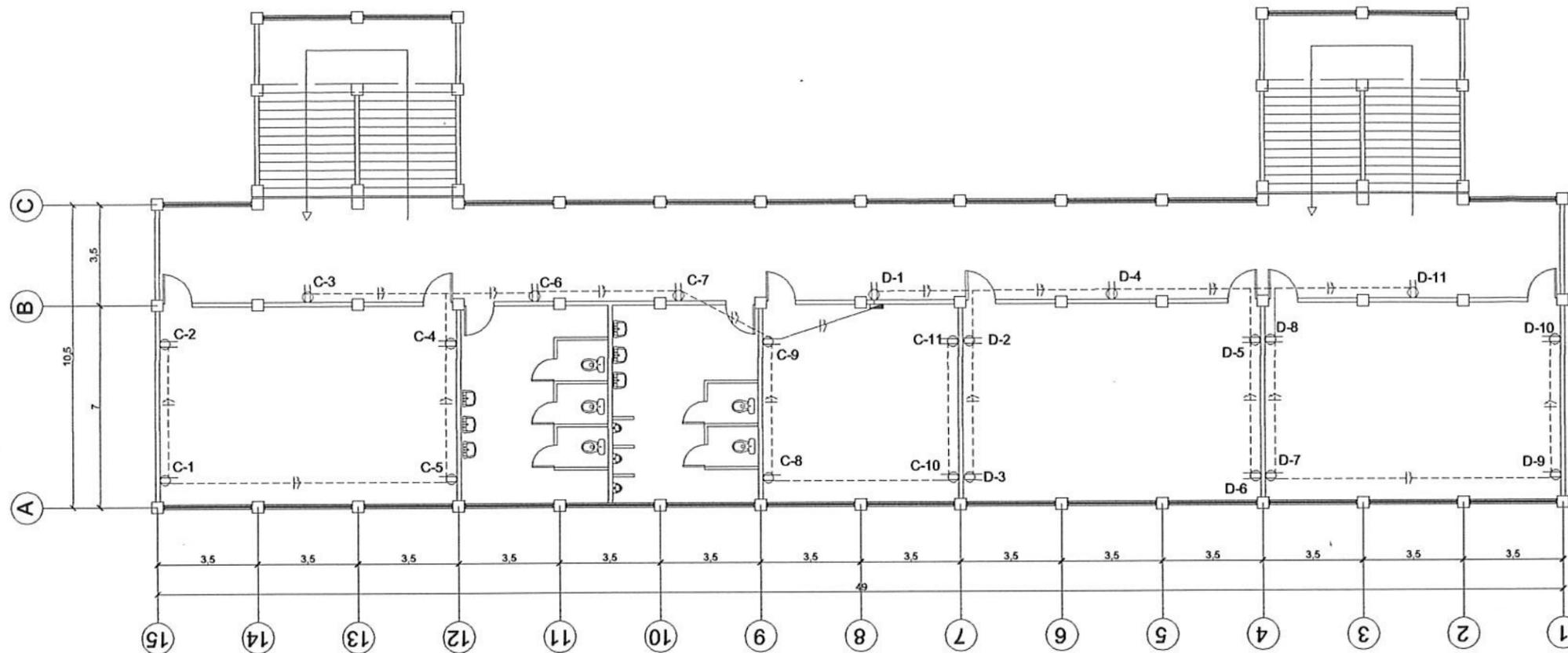
PRIMER NIVEL

NOMENCLATURA	
	TOMACORRIENTES DE 110 V
	DUCTO EN EL PISO
	POSITIVO
	NEGATIVO
	CAJA DE FLIPONES

NOTAS:
 LA ALTURA DE LOS TOMACORRIENTES DE 110V ES DE 0,40 mts
 LOS CONDUCTORES POSITIVOS SON TW CALIBRE 12
 LOS CONDUCTORES NEGATIVOS SON TW CALIBRE 12
 CADA CIRCUITO CONSTA DE 11 TOMACORRIENTES



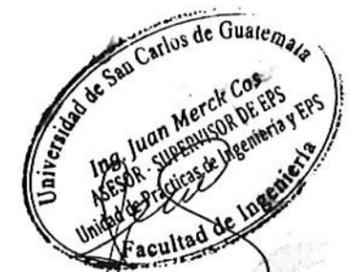
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMA CURSARO	CONTIENE PLANO DE FUERZA
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100
DESARROLLADO POR LIZBETH A. AMERIZ MOTA B	



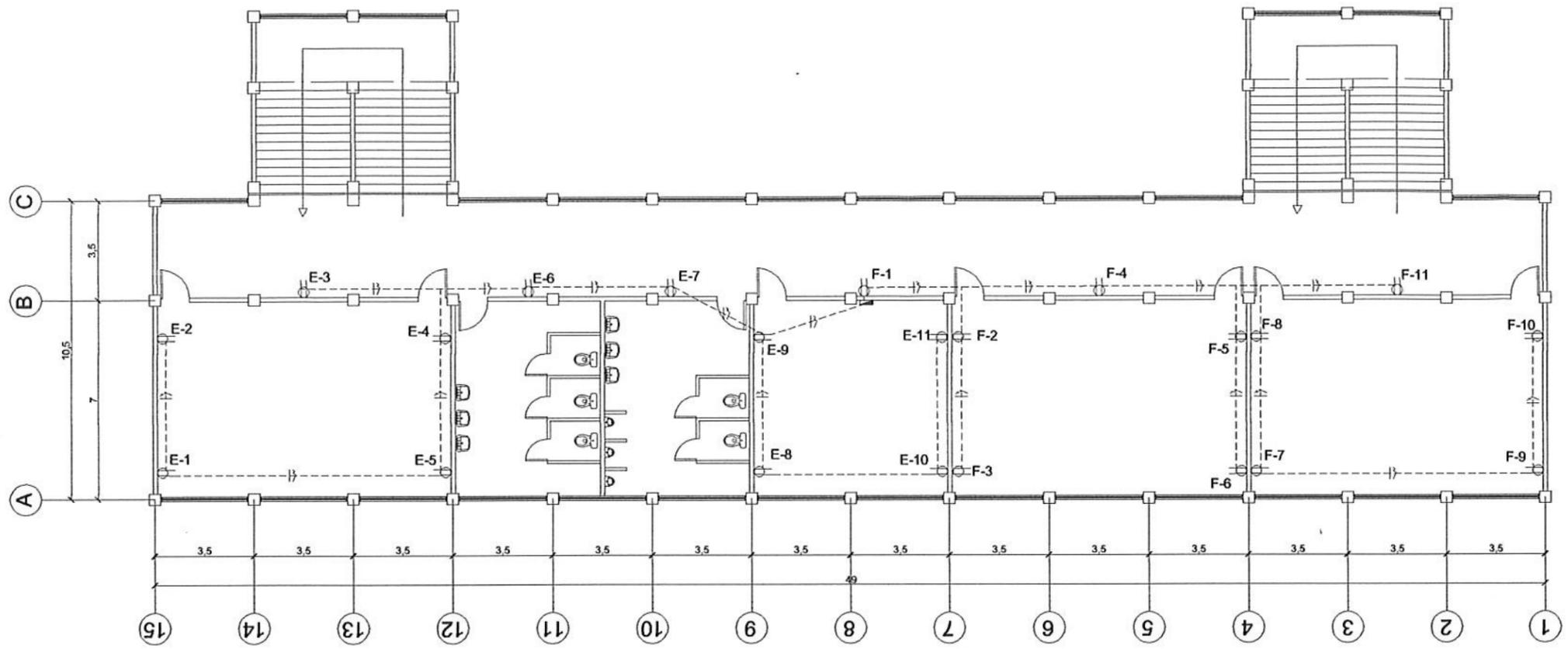
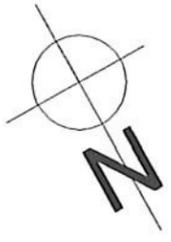
SEGUNDO NIVEL

NOMENCLATURA	
	TOMACORRIENTES DE 110 V
	DUCTO EN EL PISO
	POSITIVO
	NEGATIVO
	CAJA DE FLIPONES

NOTAS:
 LA ALTURA DE LOS TOMACORRIENTES DE 110V ES DE 0.40 mts
 LOS CONDUCTORES POSITIVOS SON TW CALIBRE 12
 LOS CONDUCTORES NEGATIVOS SON TW CALIBRE 12
 CADA CIRCUITO CONSTA DE 11 TOMACORRIENTES



PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA OLINARO	CONTENIDO: PLANO DE FUERZA
ELABORADO POR: MARELA ANELIZMOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DISEÑADO POR: MARELA ANELIZMOTA B.	18 / 32



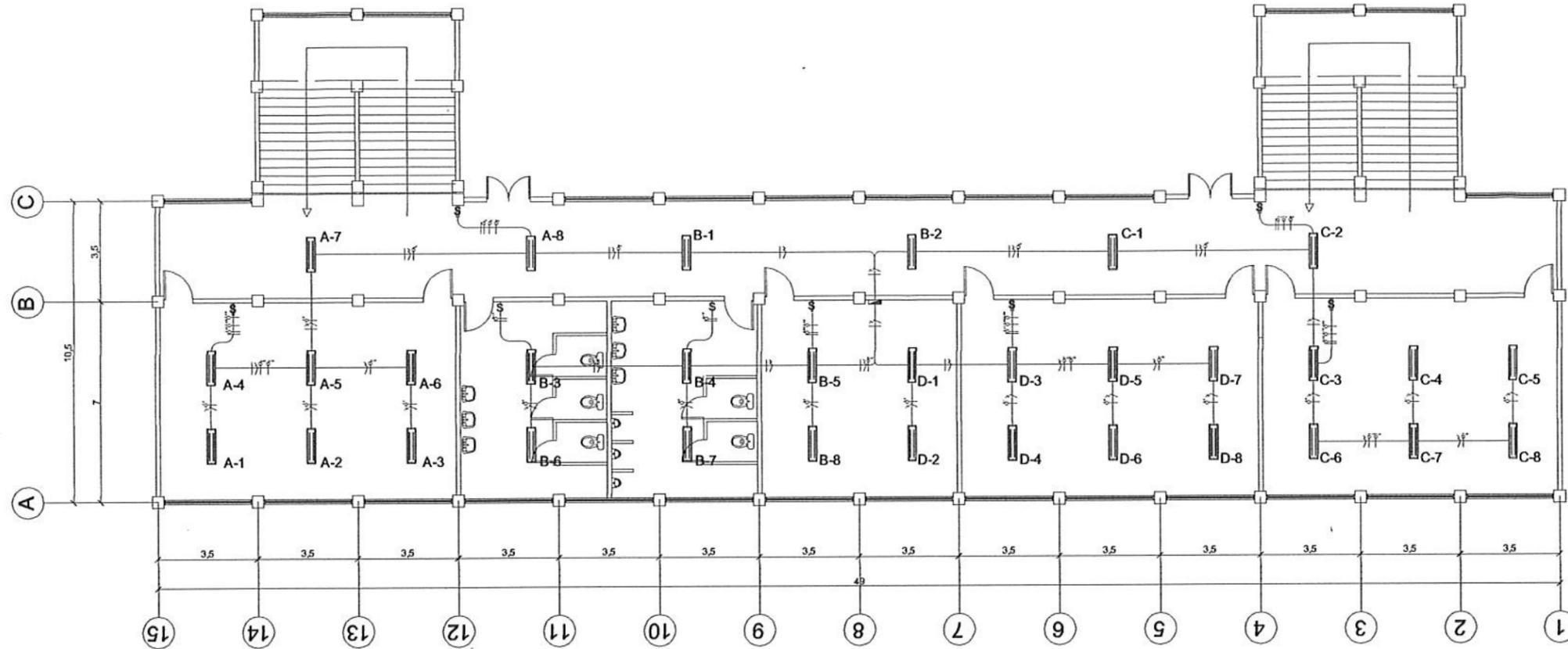
TERCER NIVEL

NOMENCLATURA	
	TOMACORRIENTES DE 110 V
	DUCTO EN EL PISO
	POSITIVO
	NEGATIVO
	CAJA DE FLIPONES

NOTAS:
 LA ALTURA DE LOS TOMACORRIENTES DE 110V ES DE 0.40 mts
 LOS CONDUCTORES POSITIVOS SON TW CALIBRE 12
 LOS CONDUCTORES NEGATIVOS SON TW CALIBRE 12
 CADA CIRCUITO CONSTA DE 11 TOMACORRIENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA CUNEARO	CONTIENE PLANO DE FUERZA
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100
DESEÑADO POR MARELA ANELIZ MOTA B	19
	32



PRIMER NIVEL

NOMENCLATURA

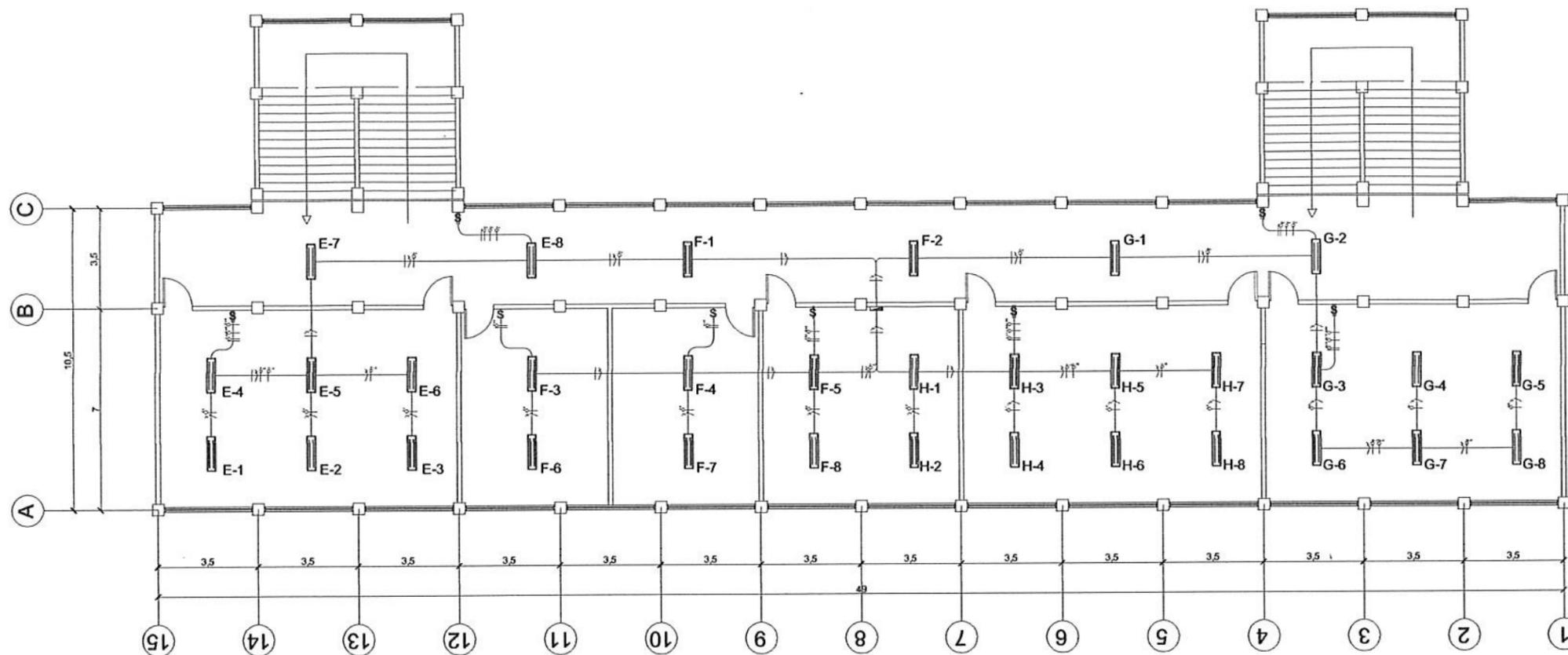
	LAMPARAS FLOURECENTES 2 POR 40 WTTs
	INTERRUPTOR TRIPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	DUCTO EN EL CIELO
	POSITIVO
	NEGATIVO
	RETORNO
	CAJA DE FLIPONES

NOTAS:

- LOS INTERRUPTORES ESTAN COLOCADOS A UNA ALTURA DE 1.50 mts.
- LOS CONDUCTORES POSITIVOS SON THHN CALIBRE 12
- LOS CONDUCTORES NEGATIVOS SON THHN CALIBRE 12
- CADA CIRCUITO CONSTA DE 8 TOMACORRIENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGROMONIA OLINARIO	CONTENIDO PLANO DE ILUMINACION
ELABORADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK OOS	ESCALA 1:100
DESEÑADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B	20 / 32



SEGUNDO NIVEL

NOMENCLATURA

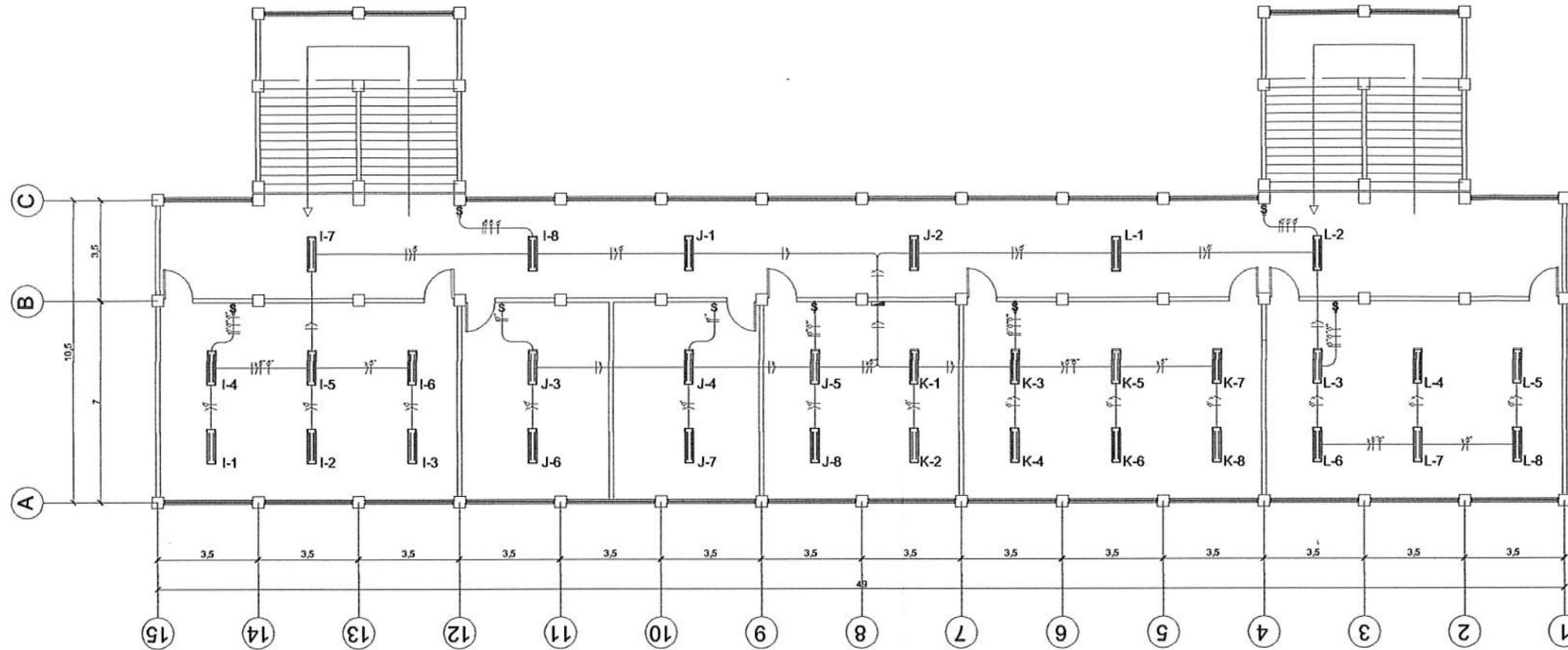
	LAMPARAS FLOURECENTES 2 POR 40 WTS
	INTERRUPTOR TRIPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	DUCTO EN EL CIELO
	POSITIVO
	NEGATIVO
	RETORNO
	CAJA DE FLIPONES

NOTAS:

- LOS INTERRUPTORES ESTAN COLOCADOS A UNA ALTURA DE 1.50 mts.
- LOS CONDUCTORES POSITIVOS SON THHN CALIBRE 12
- LOS CONDUCTORES NEGATIVOS SON THHN CALIBRE 12
- CADA CIRCUITO CONSTA DE 8 TOMACORRIENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERA	
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA OLINARO	CONTENIDO: PLANO DE ILUMINACION
ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DISEÑADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	21 / 32



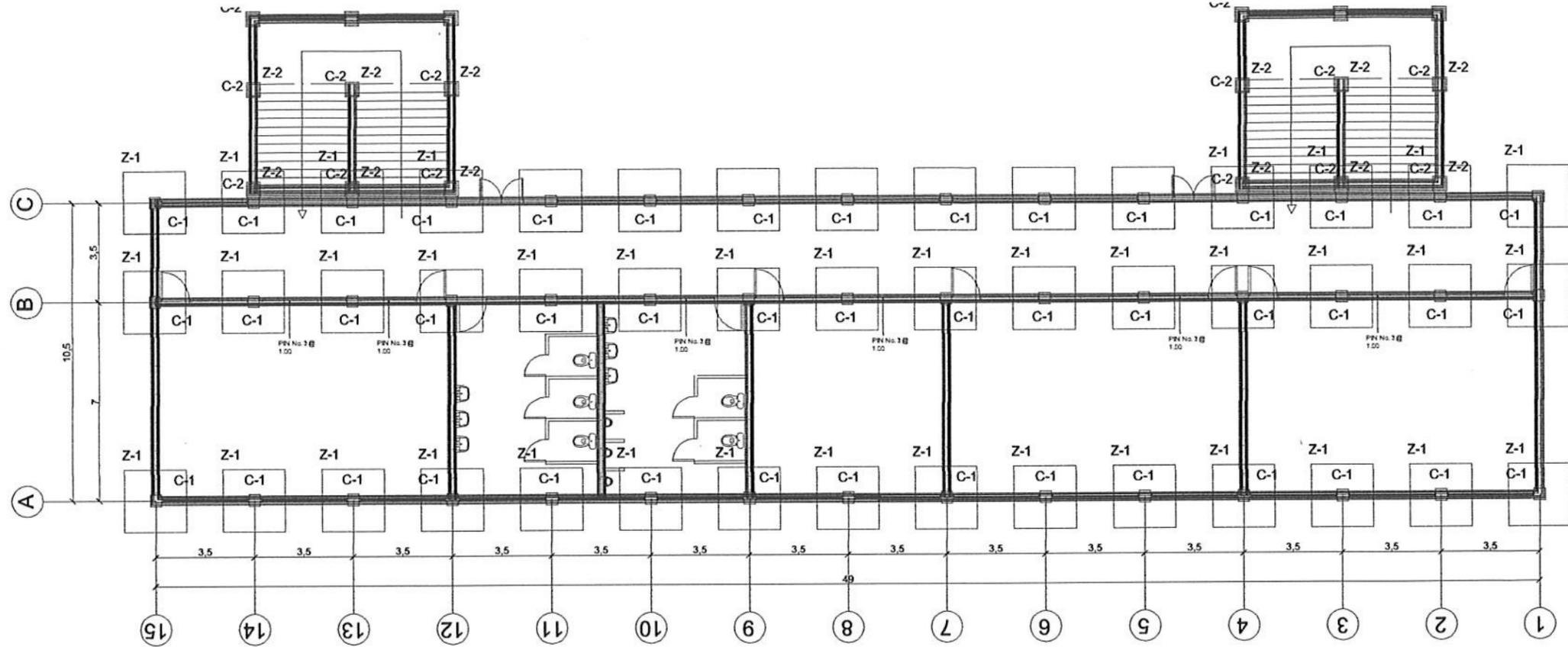
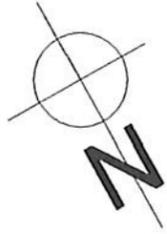
TERCER NIVEL

NOMENCLATURA	
	LAMPARAS FLOURECENTES 2 POR 40 WTTs
	INTERRUPTOR TRIPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	DUCTO EN EL CIELO
	POSITIVO
	NEGATIVO
	RETORNO
	CAJA DE FLIPONES

NOTAS:
 LOS INTORRUPTORES ESTAN COLOCADOS A UNA ALTURA DE 1.50 mts.
 LOS CONDUCTORES POSITIVOS SON THHN CALIBRE 12
 LOS CONDUCTORES NEGATIVOS SON THHN CALIBRE 12
 CADA CIRCUITO CONSTA DE 8 TOMACORRIENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERA	
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA OUSARO	CONTIENE: PLANO DE ILUMINACION
ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DIBUJADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	22 / 32



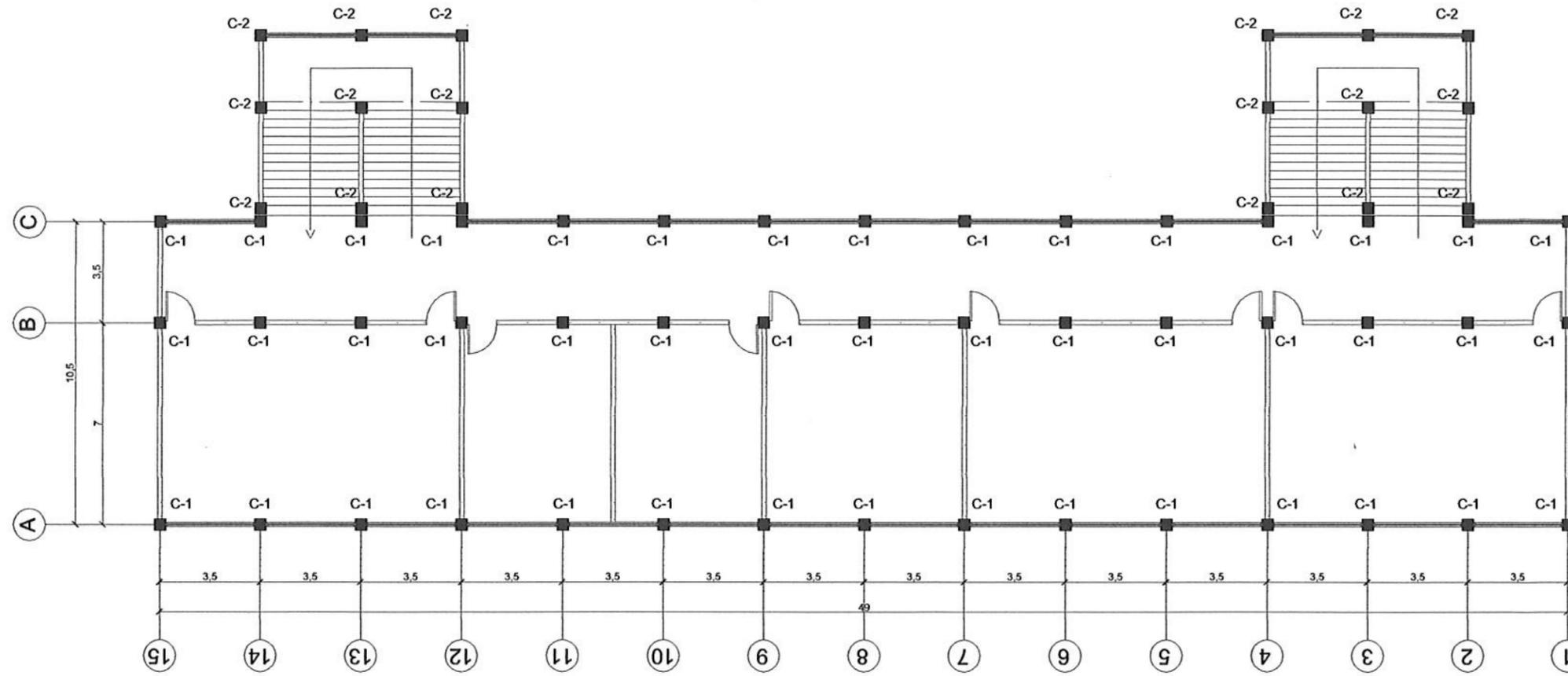
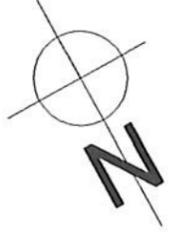
PRIMER NIVEL

NOMENCLATURA	
	CIMIENTO CORRIDO
	COLUMNAS
	ZAPATAS
	PIN No. 3 @ 1.00 mts

ESPECIFICACIONES TECNICAS
 -F_y= G40= 2800 kg/cm²
 -F'_c= 3000 psi= 210 kg/cm²
 -F'_m= 35 kg/cm²

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMA OUSBARD	CONTIENE PLANO DE COLUMNAS Y CIMENTACIONES
ELABORADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B	FECHA AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA 1:100
DESEÑADO POR MARIELA ANELIZ MOTA B	23 32

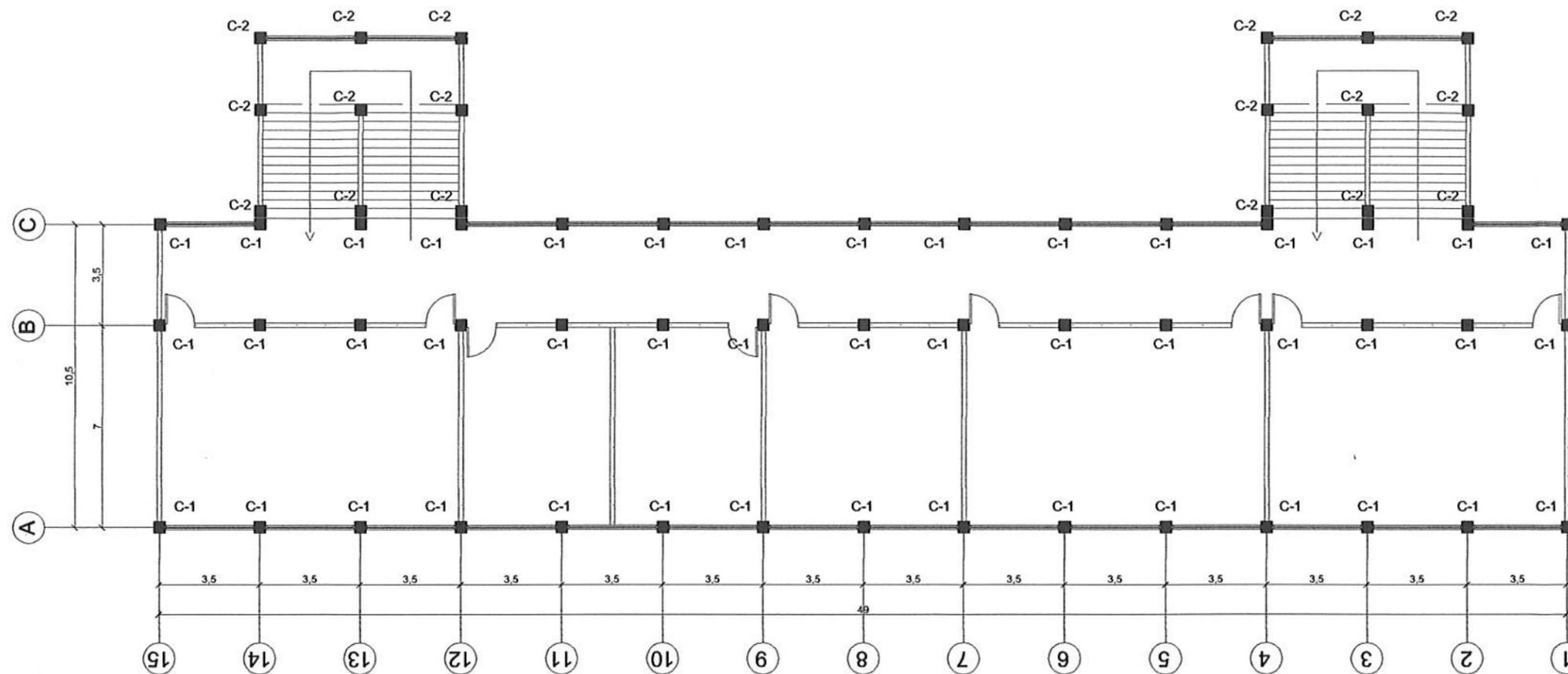


SEGUNDO NIVEL

NOMENCLATURA	
	CIMIENTO CORRIDO
	COLUMNAS
	ZAPATAS
	PIN No. 3 @ 1.00 mts

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA CUNEARO	CONTENIDO: PLANO DE COLUMNAS Y CIMENTACIONES
ELABORADO POR: MARIELA ANELUZ MOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DISEÑADO POR: MARIELA ANELUZ MOTA B.	24 / 32

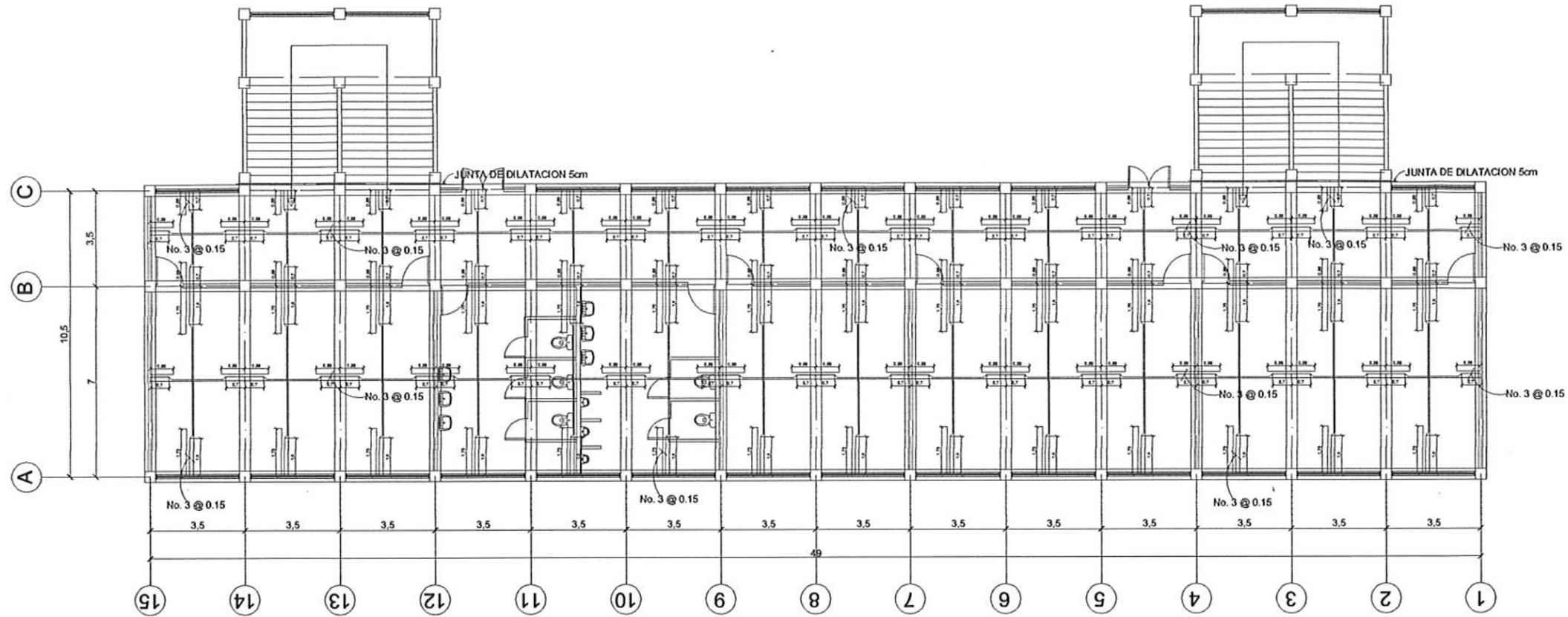


TERCER NIVEL

NOMENCLATURA	
	CIMIENTO CORRIDO
	COLUMNAS
	ZAPATAS
	PIN No. 3 @ 1.00 mts



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA QUESARO	CONTENIDO: PLANO DE COLUMNAS Y CIMENTACIONES
ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DISEÑADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B.	25 / 32

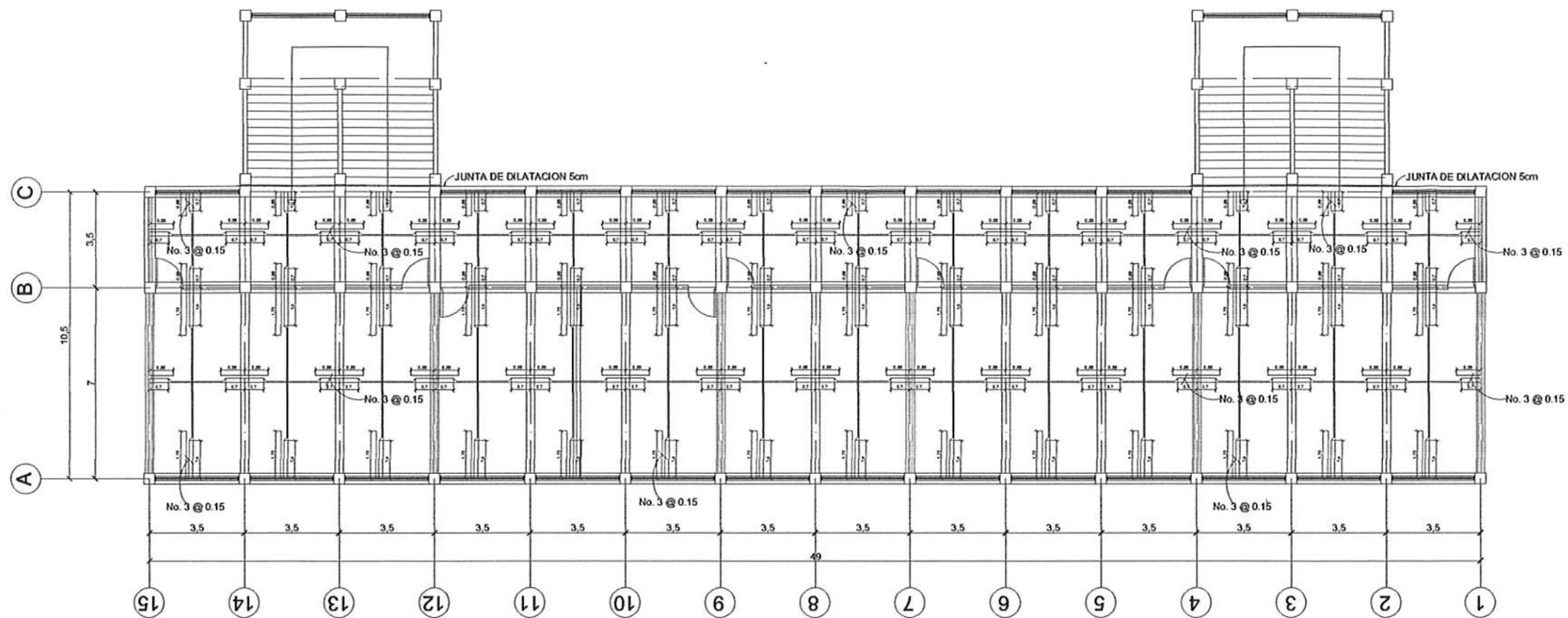
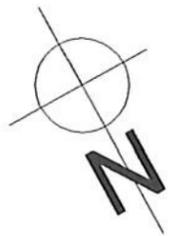


PRIMER NIVEL

NOMENCLATURA	
	BASTONES CON LONGUITUD DE L/4
	TENSIONES CON LONGUITUD DE L/5
	RIEL
	VIGA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA CUNEARO	ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B	CONTIENE: PLANO DE LOSAS	
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	FECHA: AGOSTO DEL 2014	ESCALA: 1:100	26 32

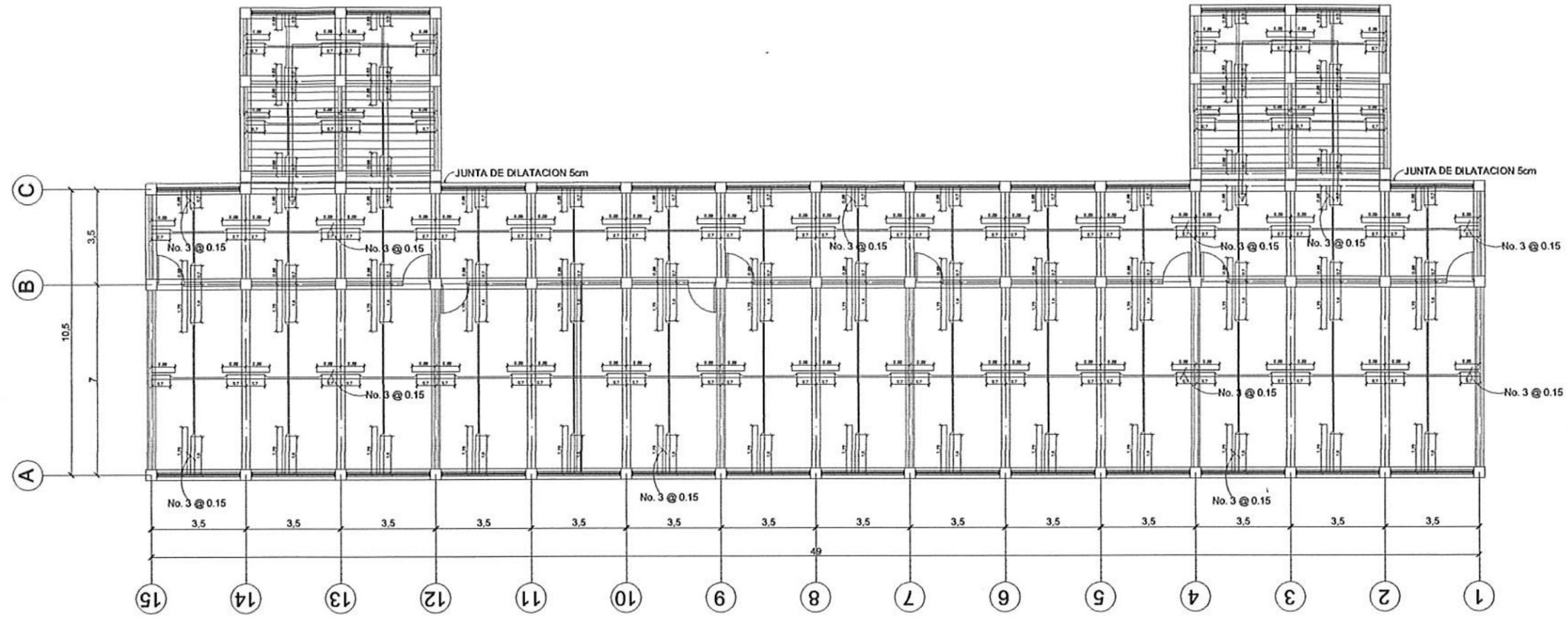


SEGUNDO NIVEL

NOMENCLATURA	
	BASTONES CON LONGUITUD DE L/4
	TENSIONES CON LONGUITUD DE L/5
	RIEL
	VIGA

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMA OLINARO	CONTENIDO: PLANO DE LOSAS
ELABORADO POR: MARELA ANELIZ MOTA B	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DEBUCADO POR: MARELA ANELIZ MOTA B	27 32

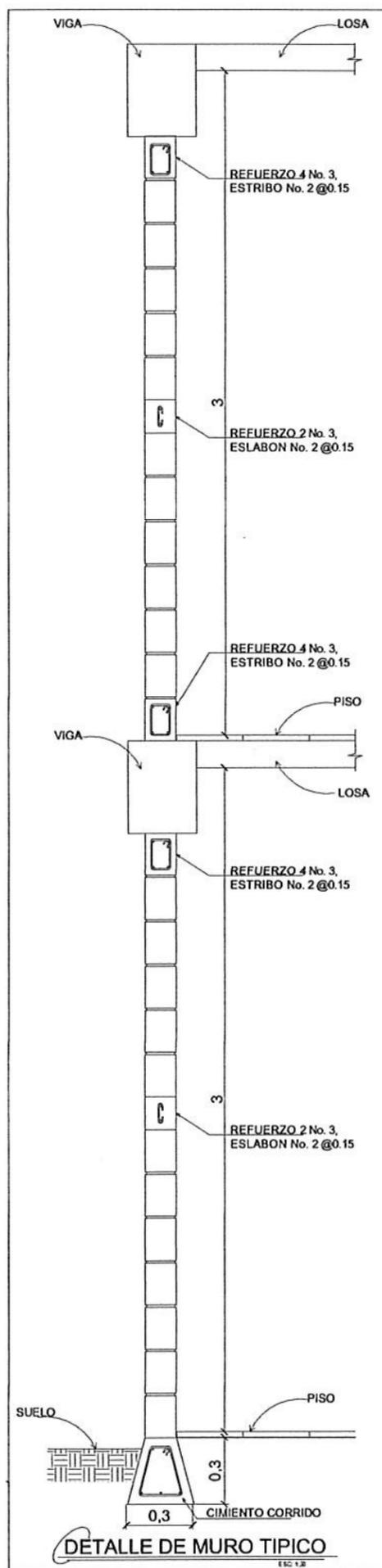


TERCER NIVEL

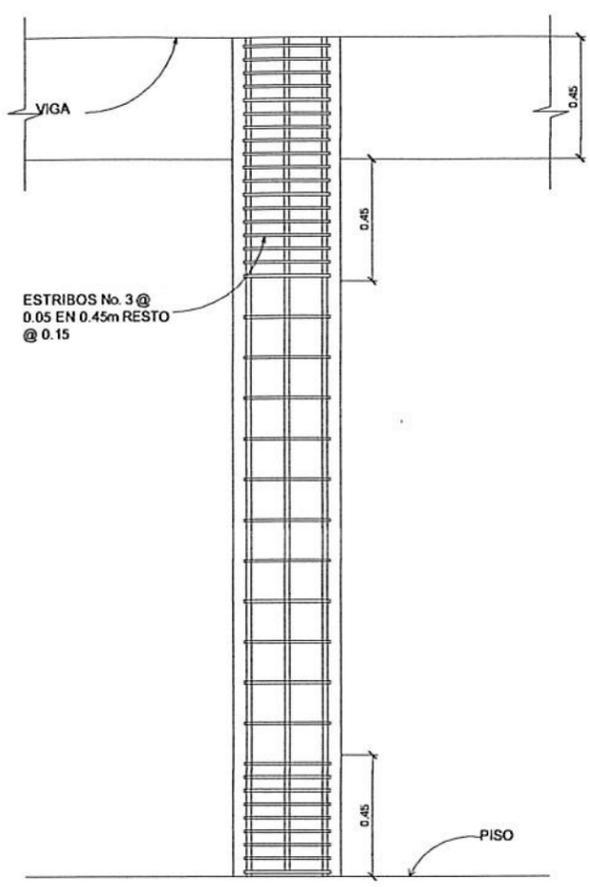
NOMENCLATURA	
	BASTONES CON LONGUITUD DE L/4
	TENSIONES CON LONGUITUD DE L/5
	RIEL
	VIGA



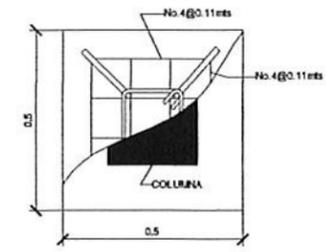
PROYECTO: EDIFICIO AGRONOMIA CURSARO	CONTIENE: PLANO DE LOSAS
ELABORADO POR: MARELA ANELIZ MOTA B	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: 1:100
DEBILADO POR: MARELA ANELIZ MOTA B	28 / 32



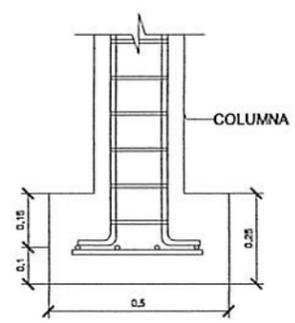
DETALLE DE MURO TÍPICO
ESC. 1:2



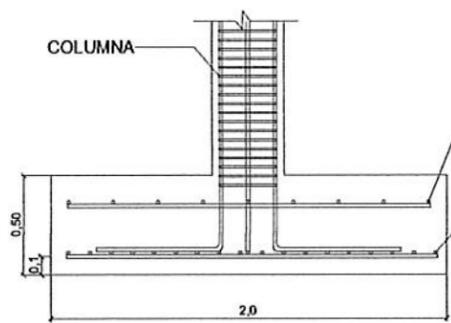
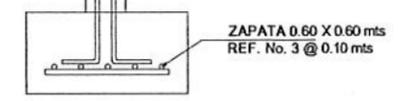
DETALLE DE COLUMNA
ESC. 1:2



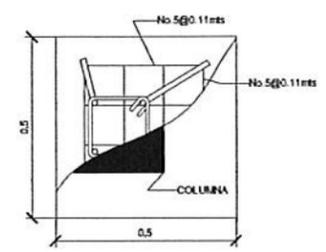
ZAPATA Z-2
ESC. 1:2



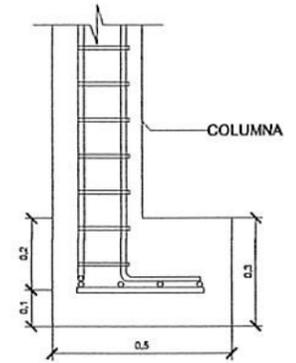
SECCION DE Z-2
ESC. 1:2



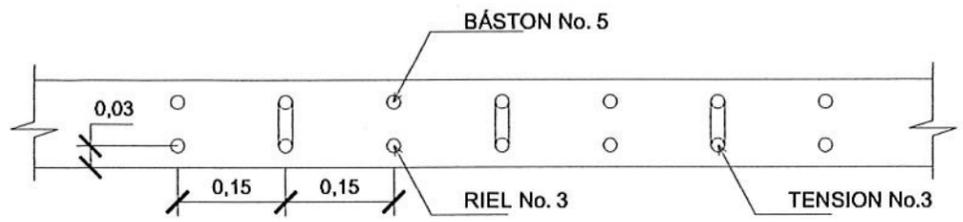
SECCION DE Z-1
ESC. 1:2



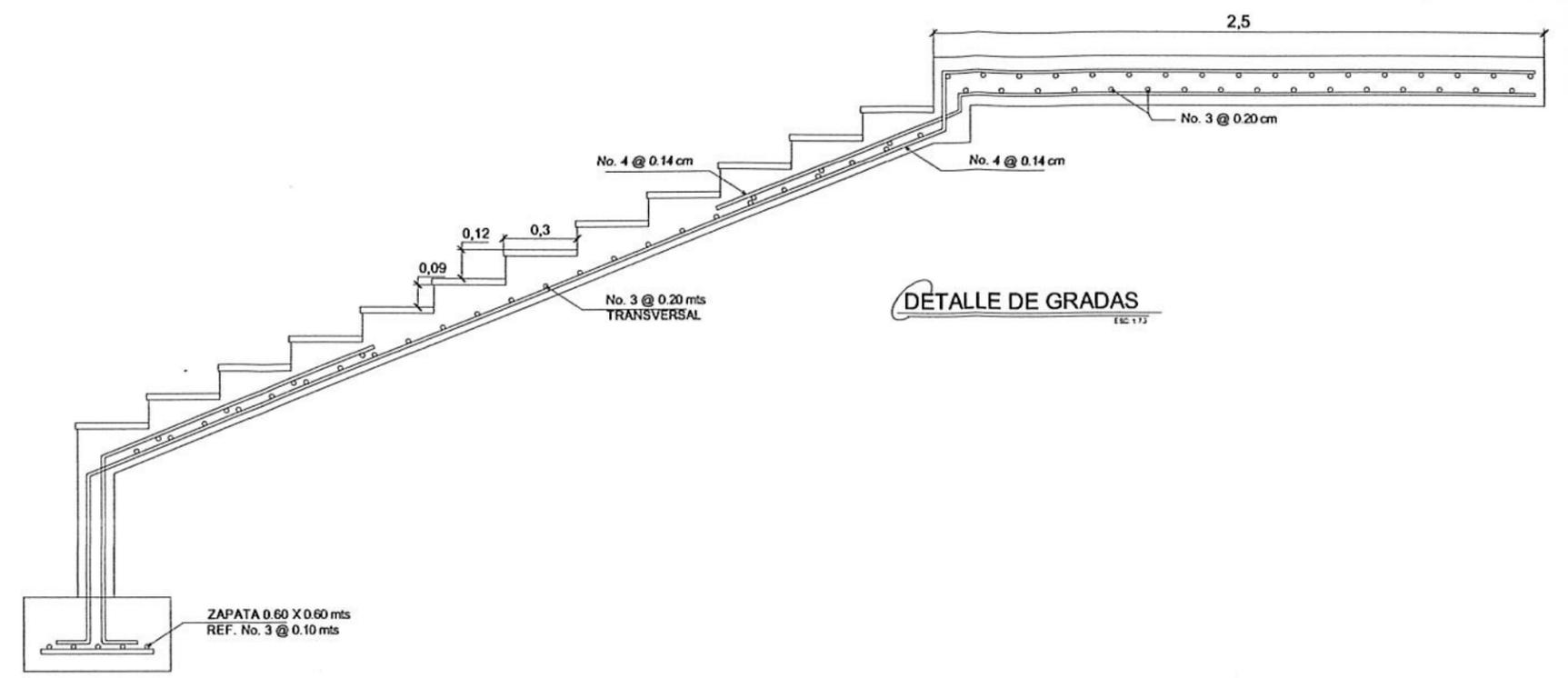
ZAPATA Z-3
ESC. 1:2



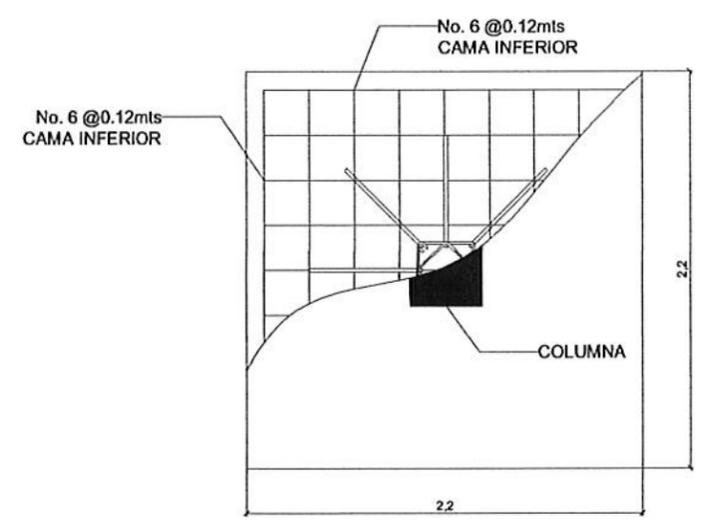
SECCION DE Z-3
ESC. 1:2



DETALLE DE LOSA
ESC. 1:2



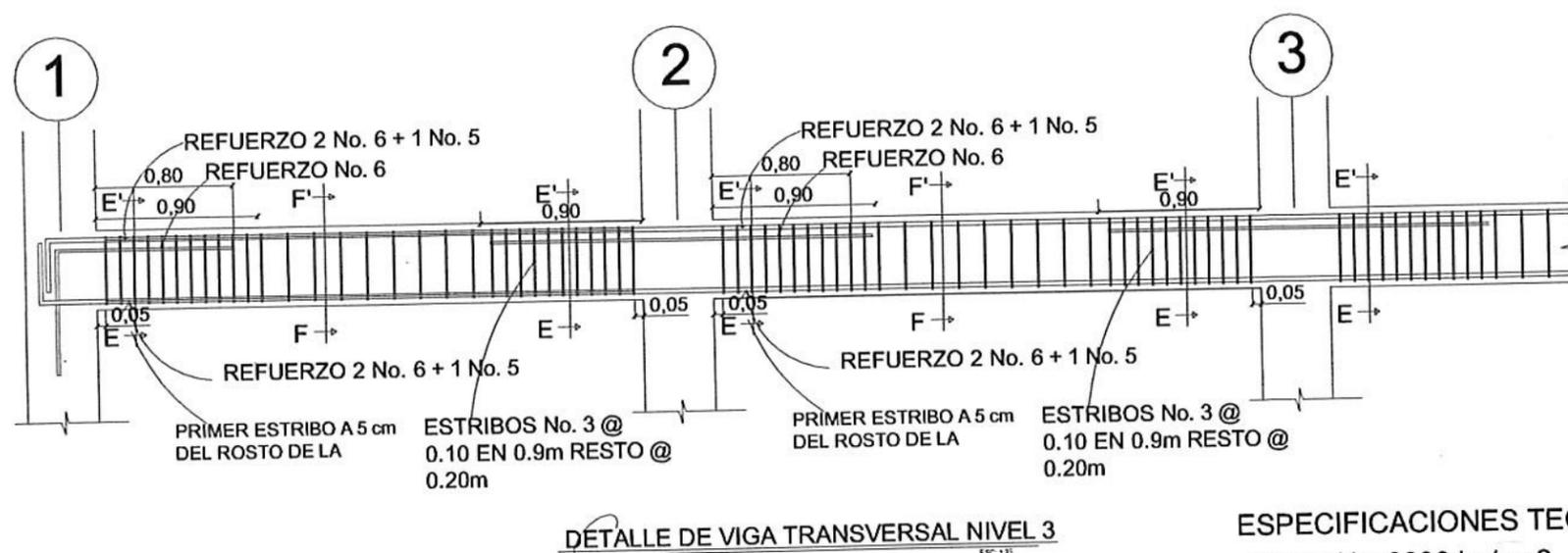
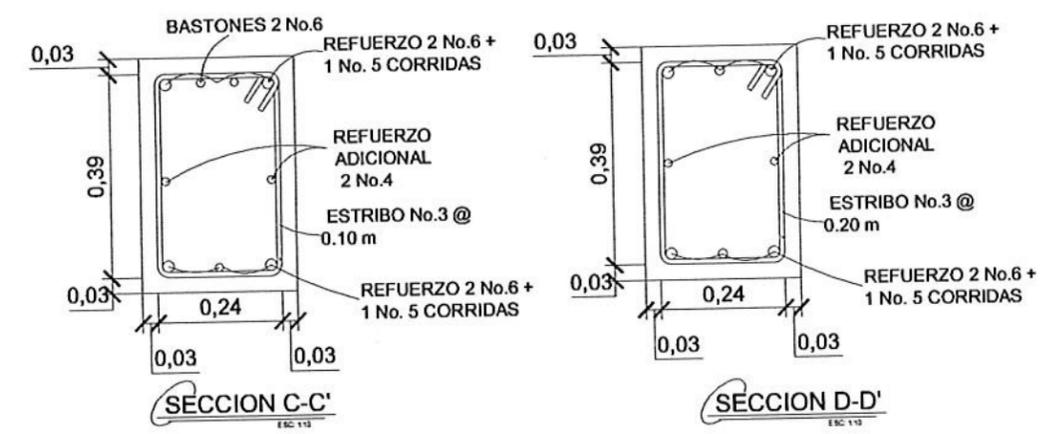
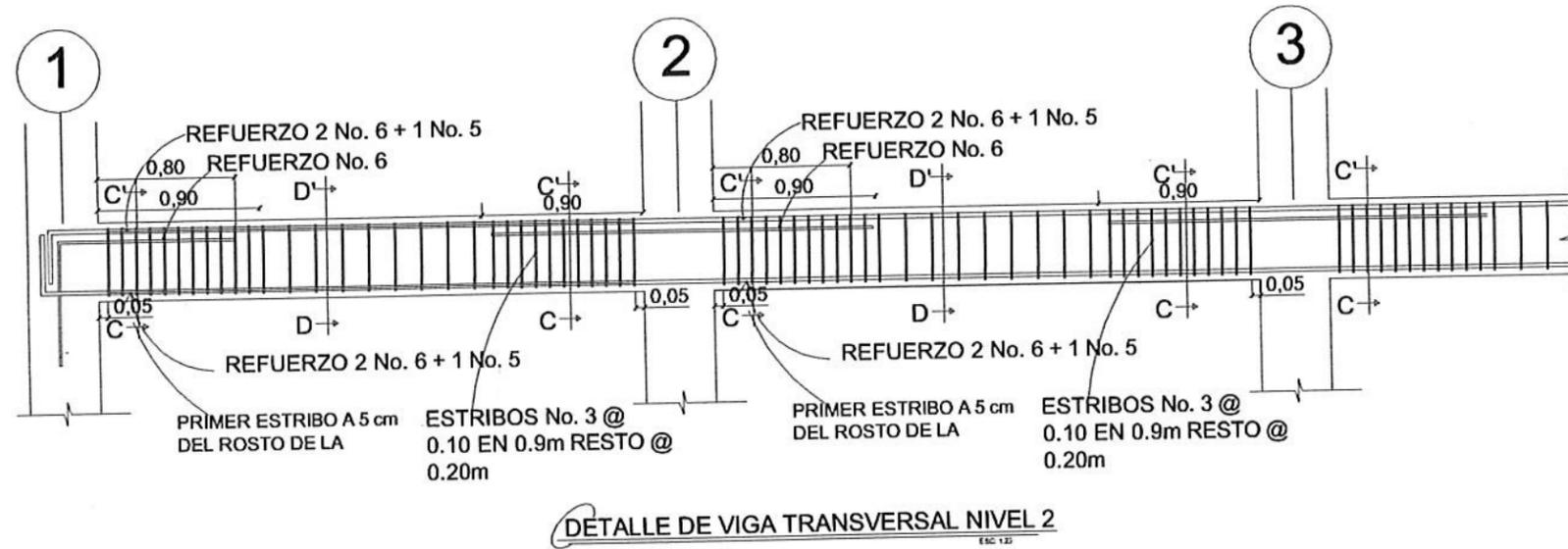
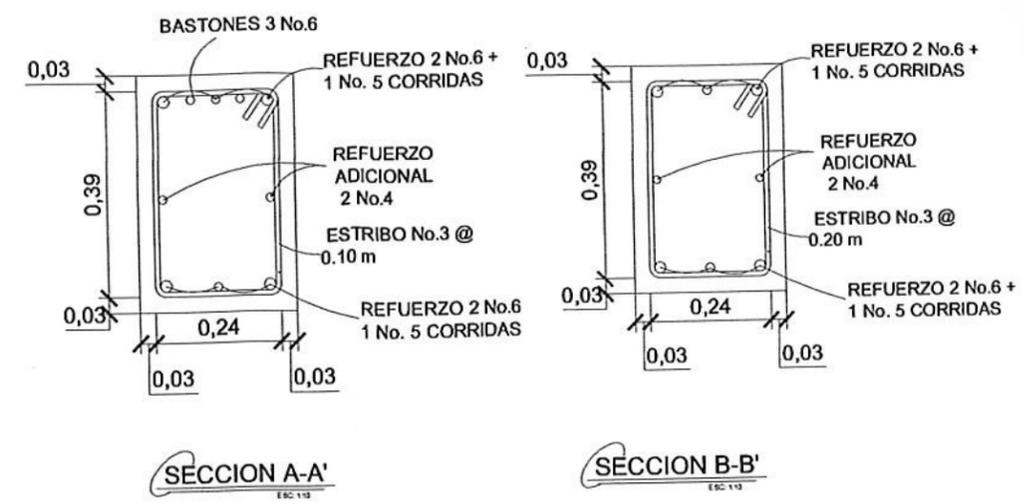
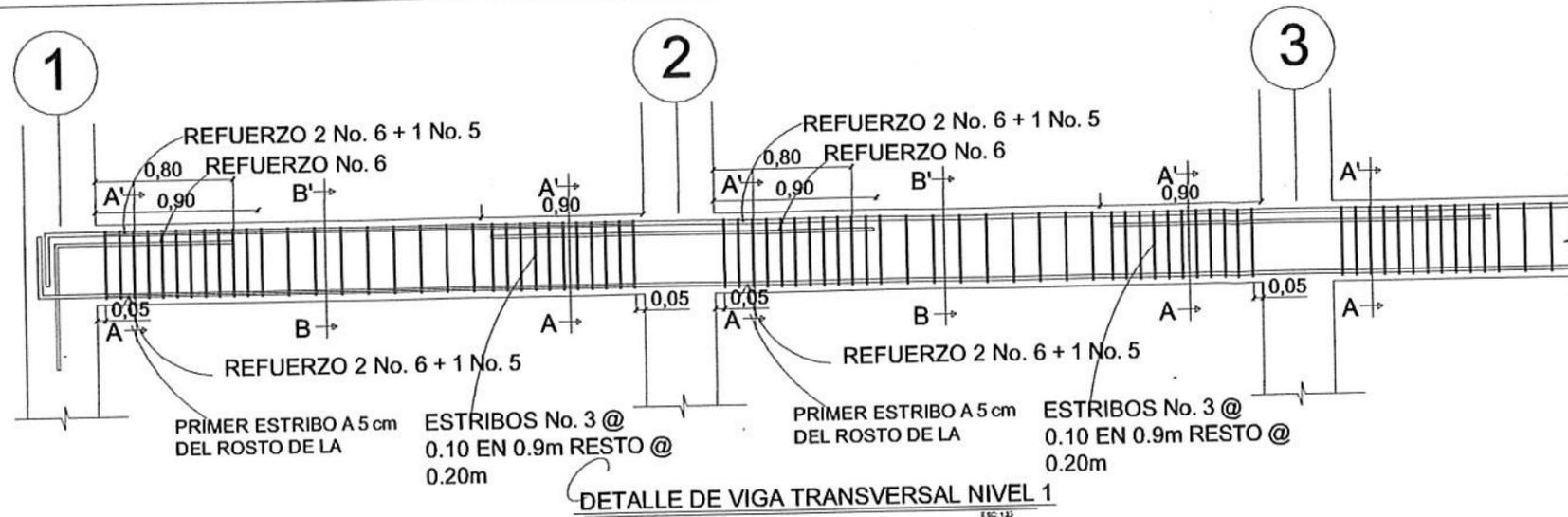
DETALLE DE GRADAS
ESC. 1:2



ZAPATA Z-1
ESC. 1:2

ESPECIFICACIONES TECNICAS
 $F_y = 44000 \text{ kg/cm}^2$
 $F'_c = 3000 \text{ psi} = 210 \text{ kg/cm}^2$
Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS,
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA CUSARE	CONTENIDO	DETALLES ESTRUCTURALES	
ELABORADO POR MARIELA ANELIZ NOTAS	FECHA AGOSTO DEL 2014	ESCALA INDICADA	31
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	INDICADA		32



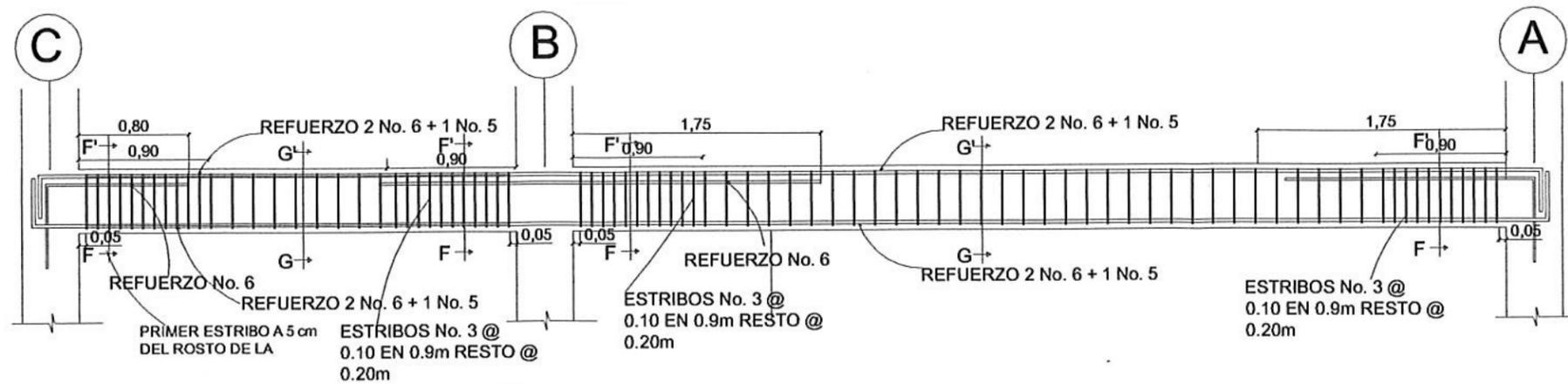
ESPECIFICACIONES TECNICAS
 -Fy= G40= 2800 kg/cm²
 -F'c= 3000 psi= 210 kg/cm²
 -REC= 3 cm
 -LONG. DESARROLLO= 600 mm

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

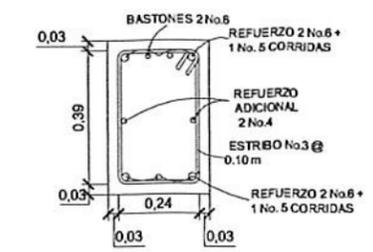
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS,
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO	EDIFICIO ACORONAMA OCEANO	CONTENIDO	DETALLES ESTRUCTURALES
ELABORADO POR	MARIELA ANELIZ MOTA B.	FECHA	AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR	JUAN MERCK COS	ESCALA	1:100
DIBUJADO POR	MARIELA ANELIZ MOTA B.		

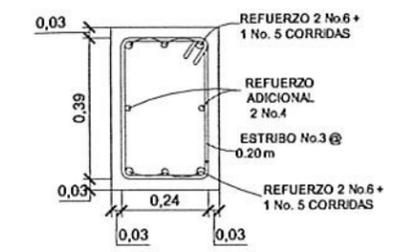
30 / 32



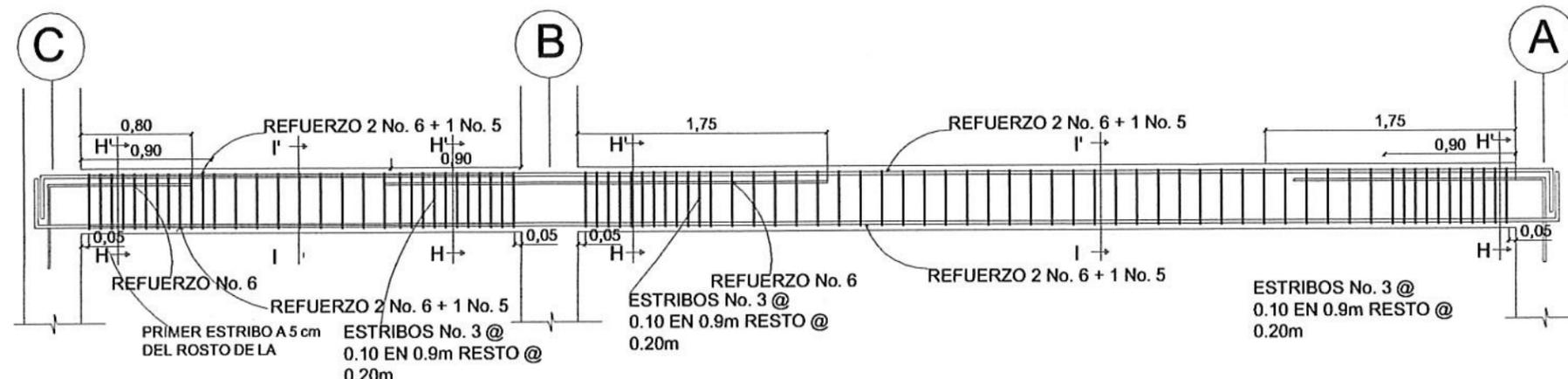
DETALLE DE VIGA TRANSVERSAL NIVEL 1



SECCION F-F'



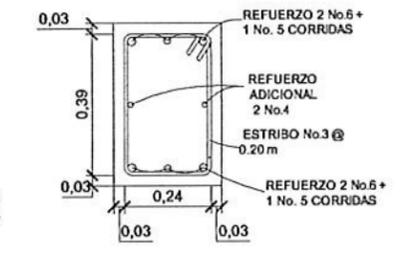
SECCION G-G'



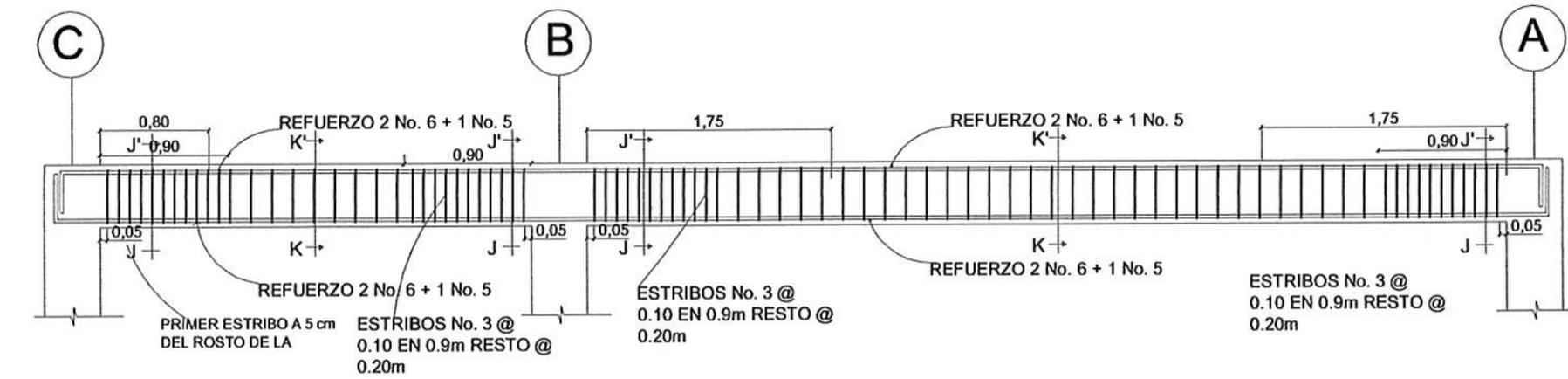
DETALLE DE VIGA TRANSVERSAL NIVEL 2



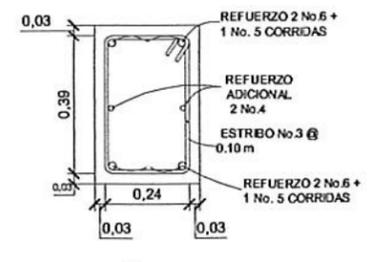
SECCION H-H'



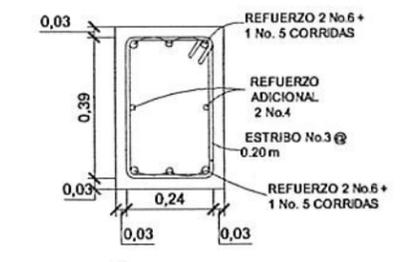
SECCION I-I'



DETALLE DE VIGA TRANSVERSAL NIVEL 3



SECCION J-J'



SECCION K-K'

- ESPECIFICACIONES TECNICAS
- Fy= G40= 2800 kg/cm²
 - F'c= 3000 psi= 210 kg/cm²
 - LONG. DESARROLLO= 600 mm
 - REC= 3 cm

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Juan Merck Cos
ASESOR - SUPERVISOR DE ERS
Unidad de Prácticas de Ingeniería

Facultad de Ingeniería

PROYECTO: [] CONTENIDO: []

REVISADO POR: MARIELA ANEJZ MOTA B

ASESORADO POR: JUAN MERCK COS

DISEÑADO POR: MARIELA ANEJZ MOTA B

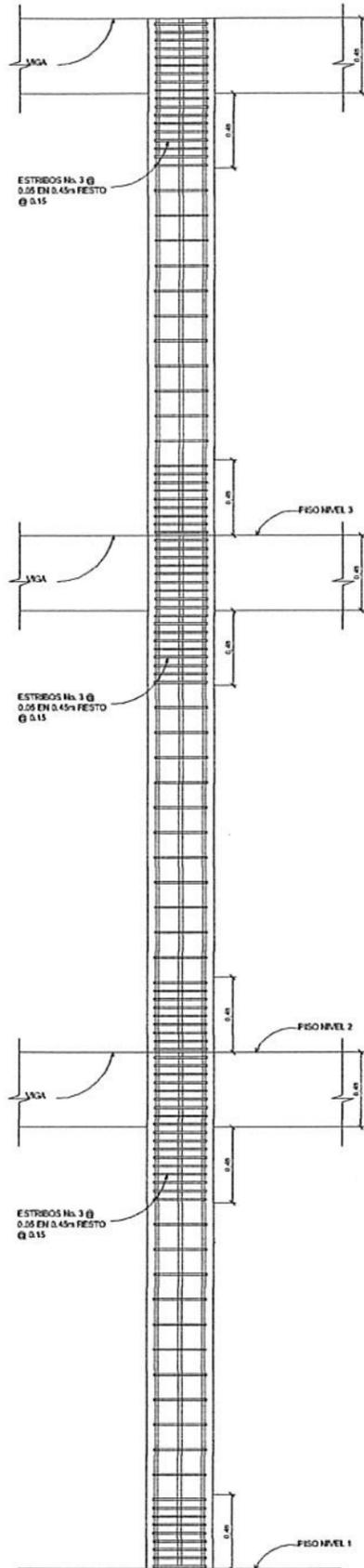
FECHA: AGOSTO DEL 2014

ESCALA: 1:100

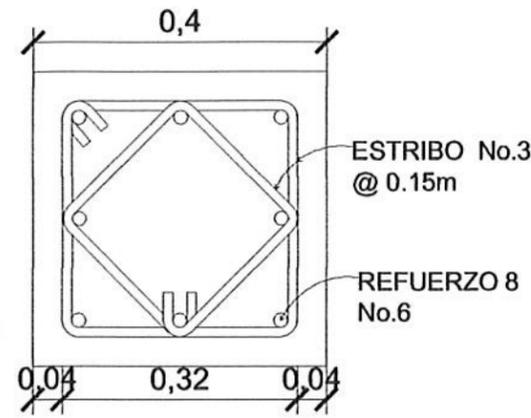
DETALLES ESTRUCTURALES

29

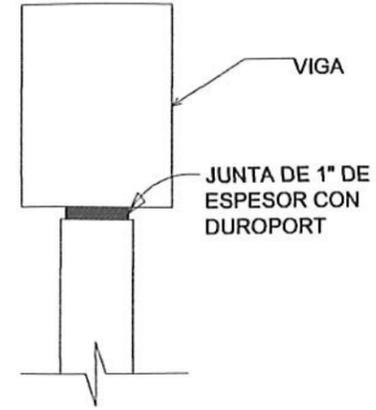
32



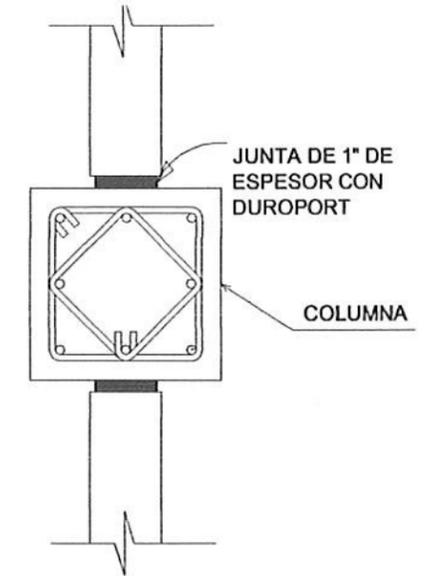
DETALLE DE COLUMNA C-1
ESC. 1:10



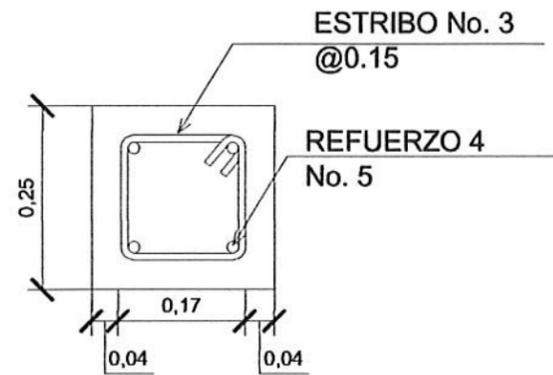
DETALLE DE COLUMNA C-1
ESC. 1:10



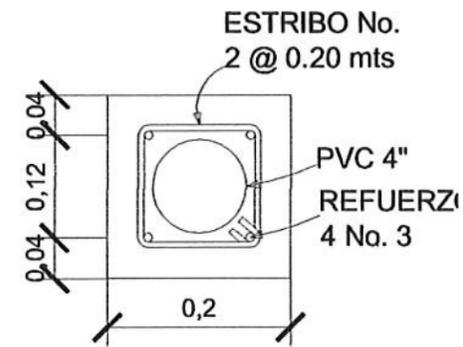
DETALLE DE JUNTA MURO-VIGA
ESC. 1:10



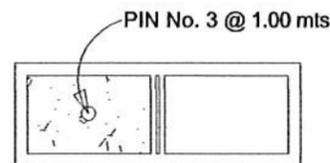
DETALLE DE JUNTA COLUMNA-MURO
ESC. 1:10



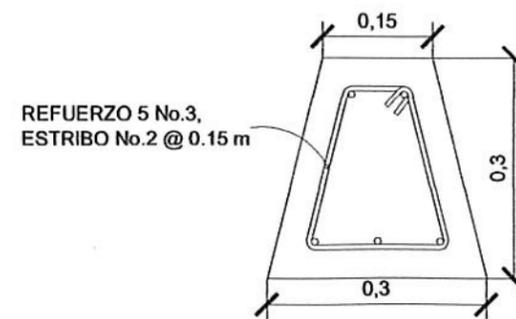
DETALLE DE COLUMNA C-2
ESC. 1:10



DETALLE DE BAJADA DE AGUA PLUVIAL
ESC. 1:20



DETALLE DE PIN EN MUROS

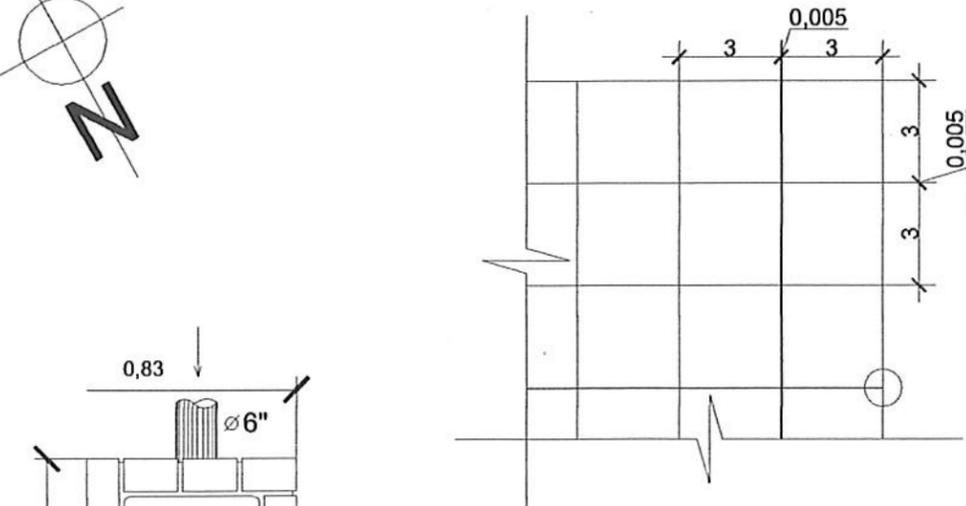


DETALLE DE CIMENTO CORRIDO
ESC. 1:20

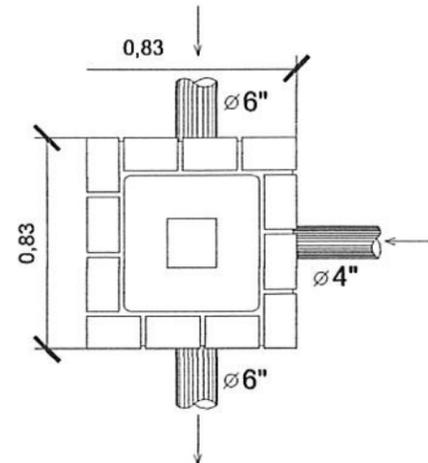
ESPECIFICACIONES TECNICAS
 -Fy= G40= 2800 kg/cm²
 -F'c= 3000 kg/cm²
 -F'm= 35 kg/cm²



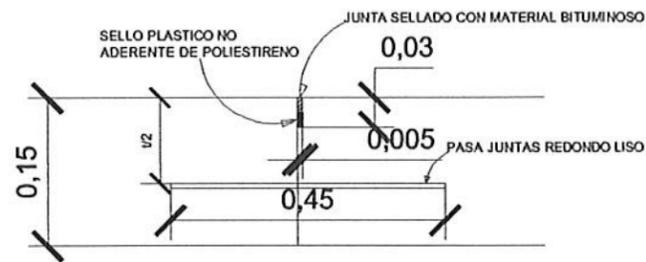
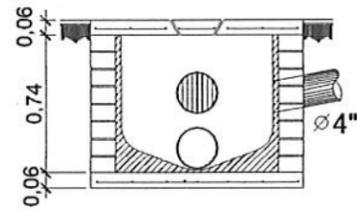
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA		32	
PROYECTO EDIFICIO AGRONOMIA CURSAPD	CONTIENE DETALLES ESTRUCTURALES	FECHA AGOSTO DEL 2014	32
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B.	ASESORADO POR JUAN MERCK OOS	ESCALA INDICADA	32



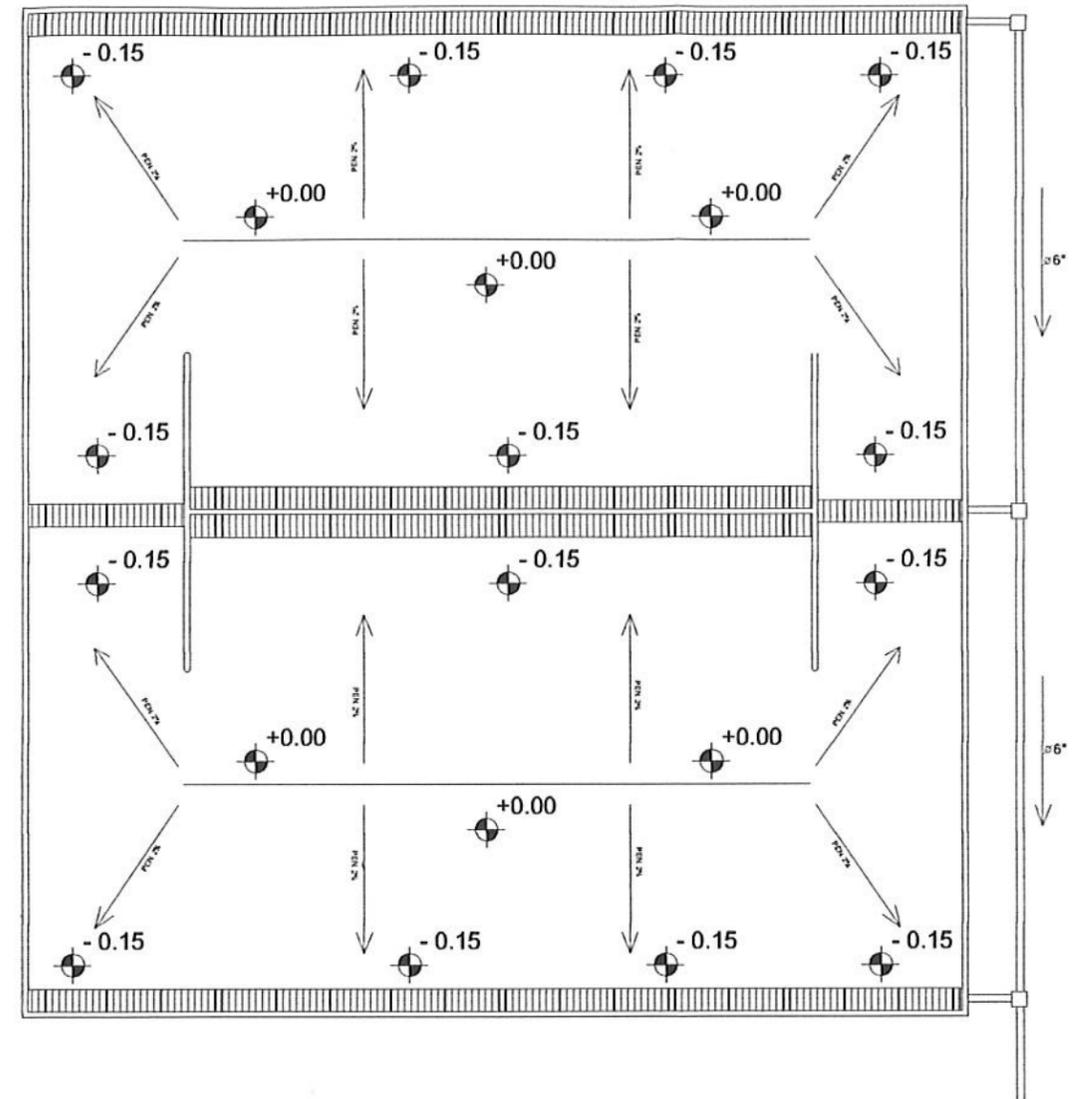
DETALLE DE LOSAS
ESC. 1/20



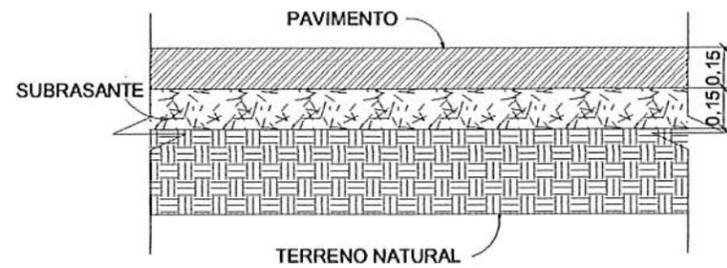
DETALLE DE CAJA DE UNION
ESC. 1/10



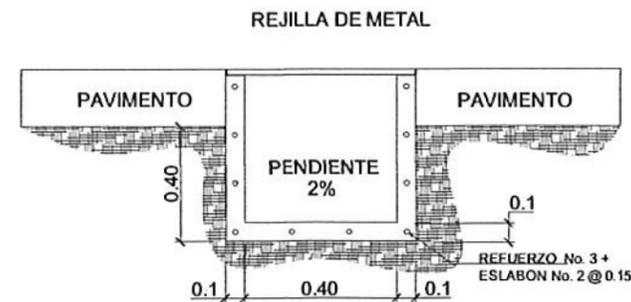
DETALLE DE LOSAS
ESC. 1/10



DETALLE DE DRENAJES
ESC. 1/20



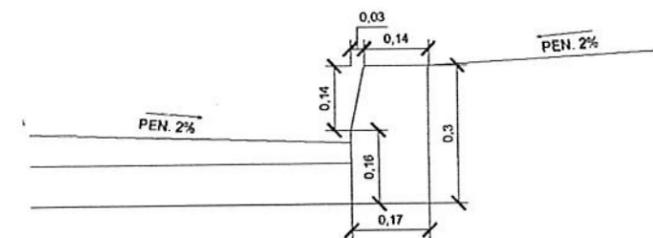
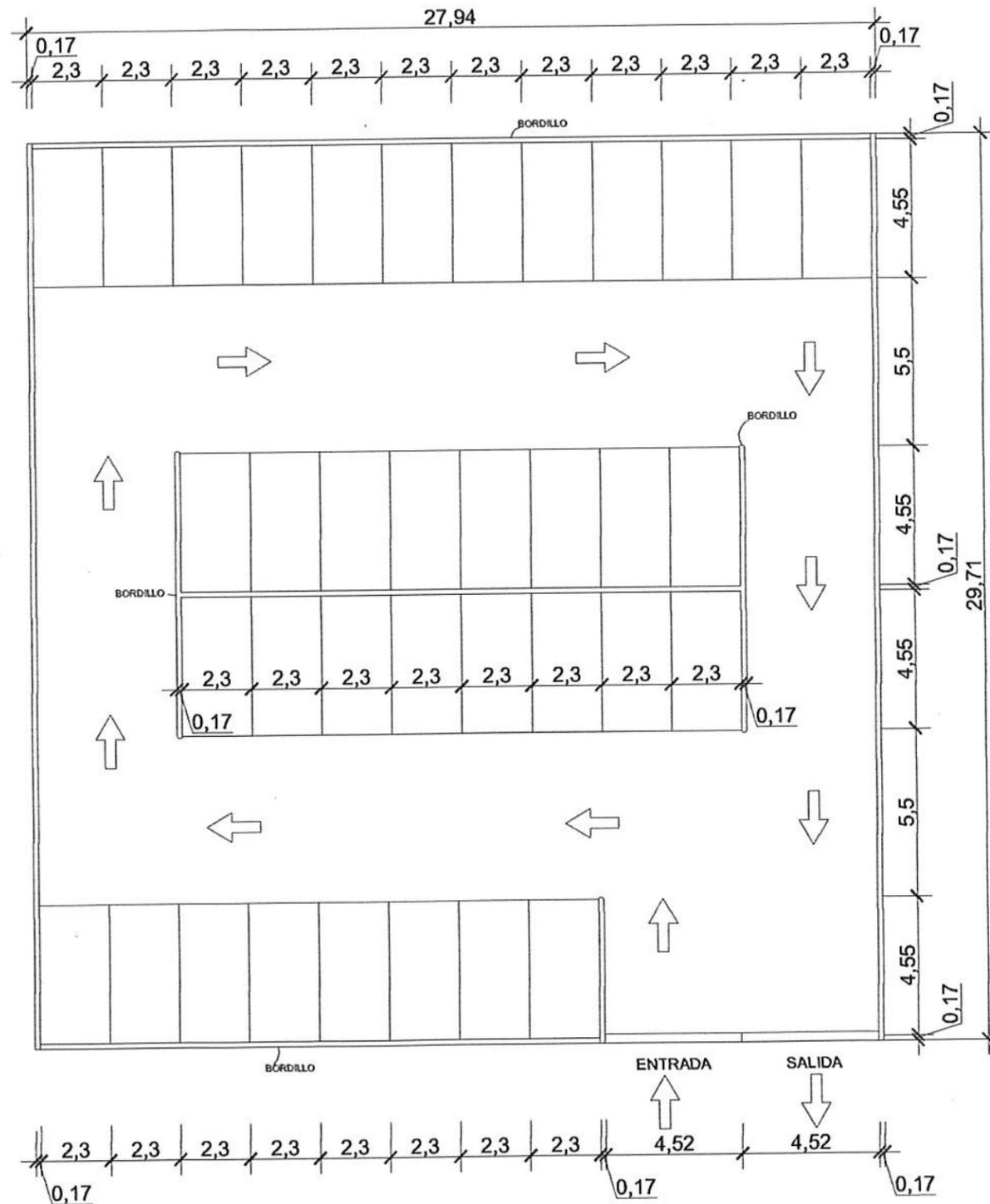
DETALLE DE LOSAS
ESC. 1/20



DETALLE DE REJILLA
ESC. 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: PARQUE AGRONOMA DUS-SARD	CONTENIDO: PLANO DE LOSAS Y DRENAJE
ELABORADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B.	FECHA: AGOSTO DEL 2014
ASESORADO POR: JUAN MERCK COS	ESCALA: INDICADA
DISEÑADO POR: MARIELA ANELIZ MOTA B.	
	1 / 3

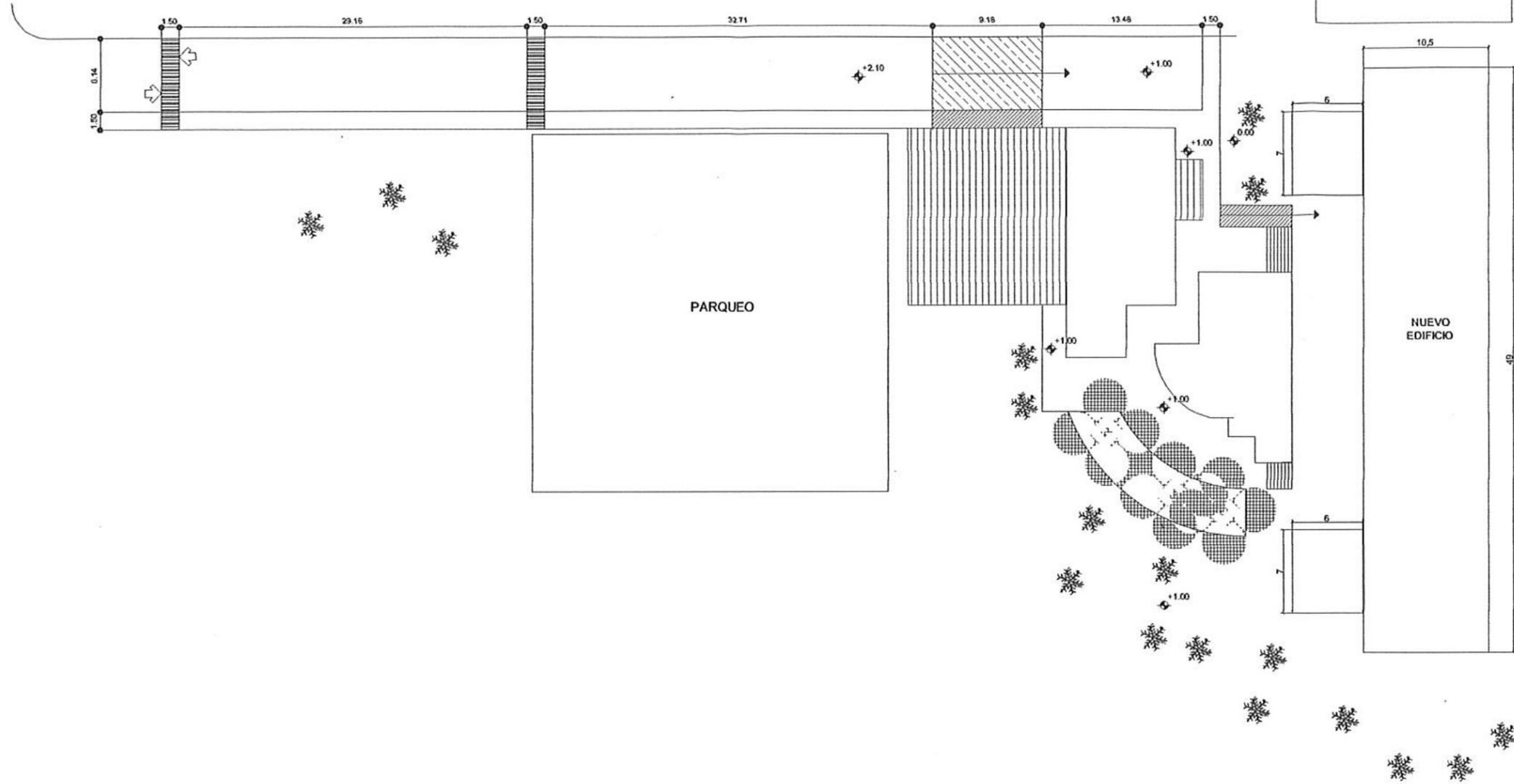


DETALLE DE BORDILLO
ESC. 1:10



PLANTA ACOTADA
ESC. 1:100

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO PARQUE AGRONOMIA OLINARO	CONTIENE PLANO DE ACOTADA				
ELABORADO POR MARIELA ANELUZ MOTA B.	ASESORADO POR JUAN MERCK COS	FECHA AGOSTO DEL 2014	2		
DIBUJADO POR MARIELA ANELUZ MOTA B.	ESCALA INDICADA	3			



PLANO DE CONJUNTO
ESC. 1:50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO PARQUEO A GRUPO CINCUAFO	CONTIENE PLANTA DE CONJUNTO		
ELABORADO POR MARELA ANELIZ MOTA B.	FECHA AGOSTO DEL 2014		
ASESORADO POR JUAN MERCK COS	ESCALA INDICADA		
REVISADO POR MARELA ANELIZ MOTA B.		3 3	

ANEXOS

ANEXO 1

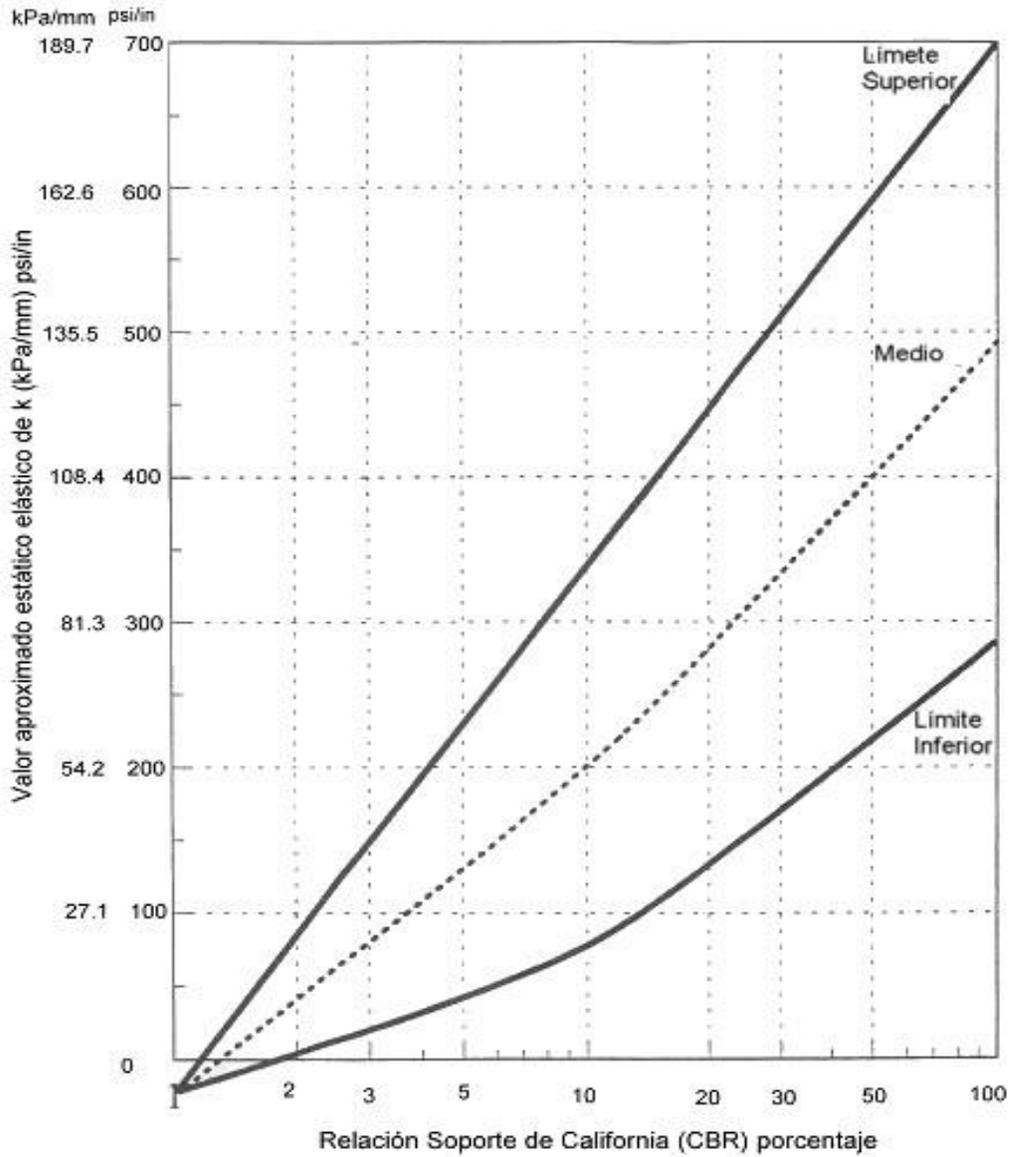
**TABLAS DE DISEÑO DE PAVIMENTO, DISEÑO DE LOSA Y CRITERIOS
PARA CONCRETO HIDRÁULICO.**

Tabla I clasificación de vehículos según su categoría de carga por eje

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	%	TPDC por día	Sencillo	Tandem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a Medio).	200 a 800	1 A 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 A 10	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 Para 4 carriles o más	8 A 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más.	8 A 30	de 1500 a 8000	34	60

Fuente: Hernandez Monzon, Jorge. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes pavimentos*. p. 67.

Tabla II Relación porcentaje de CBR y coeficiente K



Fuente: Hernandez Monzon, Jorge. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes pavimentos*. p. 68.

Tabla III. **Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de K**

TIPO DE SUELO	SOPORTE	Rango de valores de K lb/pulg³
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo arcilla	Mediano	130 - 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 - 220
Sub-base tratada con cementos	Muy alto	250 - 400

Fuente: Hernandez Monzon, Jorge. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes pavimentos*. p. 67.

Tabla IV. TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimento con juntas

MR	Espesor de losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte sub-rasante subbase				Espesor de losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte sub-rasante subbase			
		Bajo	Mediano	Alto	Muy alto		Bajo	Mediano	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5,5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6,5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5,5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8,5	560	2200			7,5	1100			
	9	2400								

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes pavimentos*. p. 68.

Tabla V. **Requisitos de agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico**

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisitos por Categoría de Tránsito		
			T0-T1	T2-T3	T4-T5
Petrografía					
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar		
Dureza					
Desgaste Los Angeles (Gradación B)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218	35	30	30
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		7 (RO)	6 (RO)	6 (RO)
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)		50 (RO)	50 (RO)	50
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2 (RO)	2 (RO)	2
Micro Deval, % máximo (FT)		ASTM D-6928	30	25	25
10% de finos (RO)	Valor en seco, kN mínimo	BS 812	60	75	75
	Relación húmedo/seco, % mínimo	PART 111	75	75	75
Durabilidad					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo		- Sulfato de Magnesio INV E-220	18	18	18
Limpieza					
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		INV E-211	0.25	0.25	0.25
Partículas livianas, % máximo		INV E-221	1.0	1.0	1.0
Geometría de las Partículas					
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara	INVE-227	60	75	85
	- 2 caras		35	50	70
Índice de Aplanamiento, % máximo (2)		INV E-230	25	25	20
Índice de Alargamiento, % máximo (3)		INV E-230	25	25	20
Características Químicas					
Contenido de sulfatos expresado como SO ₄ ⁼ , % máximo		INV E-233	1.0	1.0	1.0

Fuente: Especificaciones IDU-ET-2005, Cap. 6, tabla 600.1

Tabla VI. **Requisitos de agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico**

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisito
Petrografía			
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	15
Limpieza			
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	No plástico
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	No plástico
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	50
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		INV E-211	1
Partículas livianas, % máximo		INV E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 μm (No.200), % máximo		INV E-214	5
Contenido de Material Orgánica			
Color más oscuro permisible		INV E-212	Igual a Muestra patrón
Características Químicas			
Contenido de sulfatos expresado como $\text{SO}_4=$, % máximo		INV E-233	1.2
Absorción			
Absorción de agua, % máximo		INV E-222	4

Fuente: Especificaciones IDU-ET-2005, Cap. 6, tabla 600.3

Tabla VII. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga muerta en losas**

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas										
la/lb		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca,dl	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	Cb,dl	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.020	0.020
0.95	Ca,dl	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	Cb,dl	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	Ca,dl	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	Cb,dl	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	Ca,dl	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	Cb,dl	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	Ca,dl	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	Cb,dl	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	Ca,dl	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	Cb,dl	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	Ca,dl	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	Cb,dl	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	Ca,dl	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	Cb,dl	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	Ca,dl	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	Cb,dl	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	Ca,dl	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	Cb,dl	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	Ca,dl	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	Cb,dl	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Fuente: ACI 318-05.

Tabla VIII. **Coefficientes para momentos negativos en losas**

Coefficientes para momentos negativos en losas										
la/lb		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca,neg		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
	Cb,neg		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95	Ca,neg		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
	Cb,neg		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90	Ca,neg		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
	Cb,neg		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85	Ca,neg		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
	Cb,neg		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80	Ca,neg		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
	Cb,neg		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75	Ca,neg		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
	Cb,neg		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70	Ca,neg		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
	Cb,neg		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65	Ca,neg		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
	Cb,neg		0.014	0.043	0.015			0.031	0.024	0.008
0.60	Ca,neg		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
	Cb,neg		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55	Ca,neg		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
	Cb,neg		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50	Ca,neg		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
	Cb,neg		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

Fuente: ACI 318.

Tabla IX. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva en losas**

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas										
la/lb		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca,II	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	Cb,II	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	Ca,II	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	Cb,II	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	Ca,II	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	Cb,II	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	Ca,II	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	Cb,II	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	Ca,II	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	Cb,II	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	Ca,II	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	Cb,II	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	Ca,II	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	Cb,II	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	Ca,II	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	Cb,II	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	Ca,II	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	Cb,II	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	Ca,II	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	Cb,II	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	Ca,II	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	Cb,II	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Fuente: ACI 318-05.

Tabla X. **Tabla de integración de carga según relación de carga
W en dirección a y b**

Relacion de la carga W que se transmite en las direcciones la y lb.										
la/lb		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Wa	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
	Wb	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33
0.95	Wa	0.55	0.55	0.20	0.55	0.86	0.75	0.33	0.38	0.71
	Wb	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.62	0.29
0.90	Wa	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	Wb	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.25
0.85	Wa	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	Wb	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.80	Wa	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	Wb	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17
0.75	Wa	0.76	0.76	0.39	0.76	0.94	0.88	0.56	0.61	0.86
	Wb	0.24	0.24	0.61	0.24	0.06	0.12	0.44	0.39	0.14
0.70	Wa	0.81	0.81	0.45	0.81	0.95	0.91	0.62	0.68	0.89
	Wb	0.19	0.19	0.55	0.19	0.05	0.09	0.38	0.32	0.11
0.65	Wa	0.85	0.85	0.53	0.85	0.96	0.93	0.69	0.74	0.92
	Wb	0.15	0.15	0.47	0.15	0.04	0.07	0.31	0.26	0.08
0.60	Wa	0.89	0.89	0.61	0.89	0.97	0.95	0.76	0.80	0.94
	Wb	0.11	0.11	0.39	0.11	0.03	0.05	0.24	0.20	0.06
0.55	Wa	0.92	0.92	0.69	0.92	0.98	0.96	0.81	0.85	0.95
	Wb	0.08	0.08	0.31	0.08	0.02	0.04	0.19	0.15	0.05
0.50	Wa	0.94	0.94	0.76	0.94	0.99	0.97	0.86	0.89	0.10
	Wb	0.06	0.06	0.24	0.06	0.01	0.03	0.14	0.11	0.03

Fuente: ACI 318-05.

Tabla XI. Tabla de diseño de mezcla

Resistencia media requerida a los 28 días		Tamaño máximo del agregado		Concentración de pasta		Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm.				% de agregado fino Vol. Abs./Agr. Total			% aire		
										M.F.			M.F.		
Kg./cm. ²	Lb./plg. ²	mm.	plg.	W/C	C/W	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2
140	2000	19.1	3/4	0.65	1.54	165	175	186	197	47	49	51	4.8	4.9	5
		25.4	1	0.65	1.54	157	165	173	181	44	46	48	4.4	4.5	4.6
		38.1	1 1/2	0.65	1.54	154	160	166	193	42	44	46	4	4.1	4.2
175	2500	19.1	3/4	0.60	1.67	165	175	186	197	45	47	49	4.3	4.4	4.5
		25.4	1	0.60	1.67	157	165	173	181	42	44	46	3.7	3.8	3.9
		37.1	1 1/2	0.60	1.67	154	160	166	193	40	42	44	3.3	3.4	3.5
210	3000	19.1	3/4	0.58	1.79	164	171	184	195	44	46	48	3.6	3.7	3.8
		25.4	1	0.56	1.79	156	164	172	180	41	43	45	3	3.1	3.2
		38.1	1 1/2	0.56	1.79	154	160	166	191	39	41	43	2.6	2.7	2.8
246	3500	19.1	3/4	0.52	1.92	164	174	184	195	42	44	46	3.1	3.2	3.3
		25.4	1	0.52	1.92	156	164	172	180	39	41	43	2.3	2.4	2.5
		38.1	1 1/2	0.52	1.92	154	160	166	191	37	39	41	1.9	2	2.1
281	4000	19.1	3/4	0.49	2.04	162	172	182	193	40	42	44	2.6	2.7	2.8
		25.4	1	0.49	2.04	155	163	171	179	37	39	41	2	2.1	2.2
		38.1	1 1/2	0.49	2.04	154	160	166	189	35	37	39	1.6	1.7	1.8
316	4500	19.1	3/4	0.46	2.17	162	172	182	193	38	40	42	2.4	2.5	2.6
		25.4	1	0.46	2.17	155	163	171	179	35	37	39	1.7	1.8	1.9
		38.1	1 1/2	0.46	2.17	154	160	166	189	33	35	37	1.4	1.5	1.6

Fuente: ACI 318-03.

ANEXO 2
ESTUDIO DE SUELOS



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 393 S.S.

O.T.: 33.106

No. 1127

Interesado: Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond

Proyecto: EPS "Diseño del Área de Parqueo para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo de Nueva Santa Rosa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Nueva Santa Rosa, Santa Rosa

FECHA: Jueves, 17 de Julio de 2014

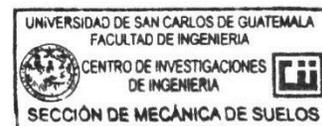
RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	29,7	7,7	ML	Arena con Grava Limosa Color Café Claro Amarillento

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

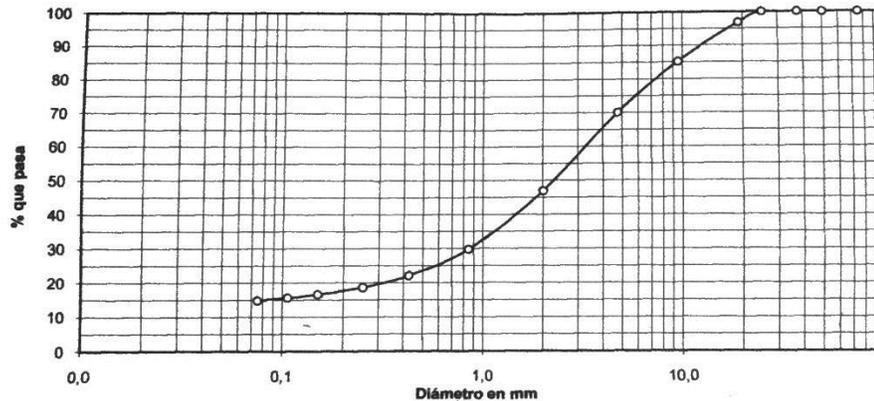


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 394 S.S. O.T. No. 33.106 No. 1128
 Interesado: **Marieia Aneliz Ximena Mota Barneond**
 Tipo de Ensayo: **Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo**
 Norma: **ASTM D6913-04**
 Proyecto: **EPS "Diseño del Área de Parqueo para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo de Nueva Santa Rosa"**
 Ubicación: **Nueva Santa Rosa, Santa Rosa**
 Fecha: **Jueves, 17 de Julio de 2014** Muestra: 1

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2.00 mm	46,97
2"	50 mm	100,00	20	850 μ m	29,78
1 1/2"	37.5 mm	100,00	40	425 μ m	22,10
1"	25 mm	100,00	60	250 μ m	18,62
3/4"	19.0 mm	96,88	100	150 μ m	16,58
3/8"	9.5 mm	85,17	140	106 μ m	15,67
4	4.75 mm	70,16	200	75 μ m	14,89

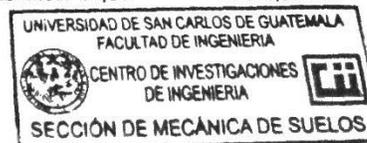


Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café Amarillento
Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 29,84 D10: *
 P.R.A.: A-2-4 % de Arena: 55,26 D30: 0,85 mm
 % de finos: 14,89 D60: 3,30 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

* Diámetro efectivo no aplica

Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. **Teima Maricela Cano Morales**
 DIRECTORA CII/USAC

Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



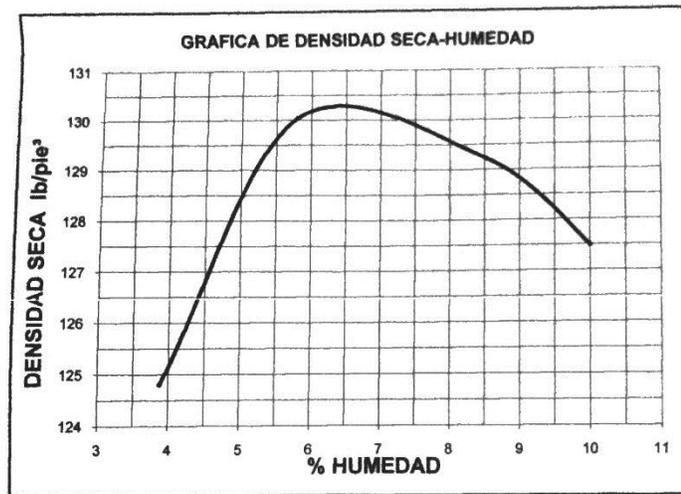
INFORME No.: 395 S.S.

O.T.: 33.106

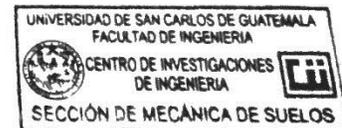
No. 1129

Interesado: Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
Proyecto: EPS "Diseño del Área de Parqueo para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo de Nueva Santa Rosa"
Ubicación: Nueva Santa Rosa, Santa Rosa
Fecha: Jueves, 17 de Julio de 2014

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180



Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa color Café Claro Amarillento
Densidad seca máxima γ_d : 2.089,01 Kg/m³ 130,40 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 6,45 %
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.
Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cane Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

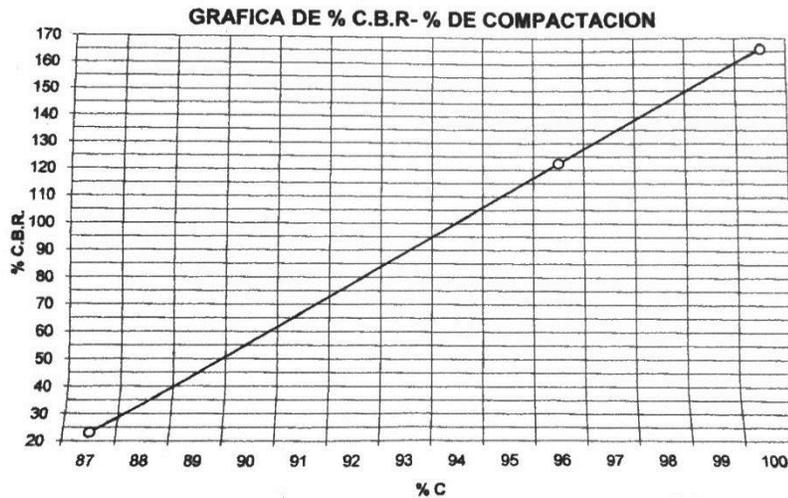


INFORME No. 396 S.S.

O.T. No. 33.106 No. 1130

Interesado: Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Diseño del Área de Parqueo para el Centro Tecnológico de Investigaciones para el Desarrollo de Nueva Santa Rosa"
Ubicación: Nueva Santa Rosa, Santa Rosa
Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa color Café Claro Amarillento
Fecha: Jueves, 17 de Julio de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	6,45	114,64	87,9	0,09	23,19
2	30	6,45	125,92	96,6	0,07	122,56
3	65	6,45	131,69	101,0	0,11	165,95



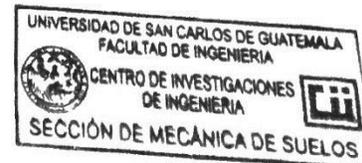
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Inga. Telma Mariela Cano Morales

Vo. Bo.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

No. 1191

INFORME No.: 451 S.S.

O.T.: 33.107

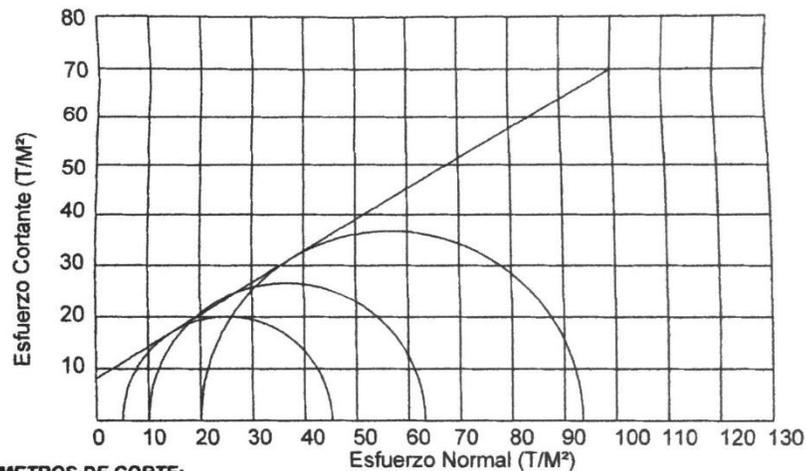
INTERESADO: Mariela Aneliz Ximena Mota Barneond

PROYECTO: EPS "Diseño de Edificación de Tres Niveles para el Centro Tecnológico de Investigación para el Desarrollo de Nueva Santa Rosa"

UBICACIÓN: Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

FECHA: Martes, 19 de Agosto de 2014

POZO: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 31,74^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 8,10 \text{ Ton/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Grava y arena limosa color beige
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	40,18	53,15	73,49
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3,0	4,0	6,0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1,95	1,95	1,95
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	2,06	2,06	2,06
HUMEDAD (%H)	2,24	2,24	2,24

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Caño Morales
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

