



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA
EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA
HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA**

Ricardo José Avila Alarcón
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA
EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA
HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RICARDO JOSÉ AVILA ALARCÓN
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA
EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA
HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 27 de febrero de 2017.



Ricardo José Avila Alarcón



Guatemala, 25 de febrero de 2019
REF.EPS.DOC.197.02.2019

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ricardo José Ávila Alarcón, Registro Académico 200518150 y CUI 1918 18917 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


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


c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 06 de marzo de 2019

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ricardo José Ávila Alarcón con CUI 1918189170101 Registro Académico No. 200518150, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional 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. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza
 Jefe Del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 HIDRAULICA
 USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala,
02 de septiembre de 2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ricardo José Avila Alarcón, con Registro Estudiantil No. 200518150, 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

/mrrm.





Guatemala, 02 de septiembre de 2019
Ref.EPS.D.303.09.19

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ricardo José Ávila Alarcón**, CUI 1918 18917 0101 y **Registro Académico 200518150**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

~~Ing. Oscar Argueta Hernández~~
~~Director Unidad de EPS~~

OAH/ra





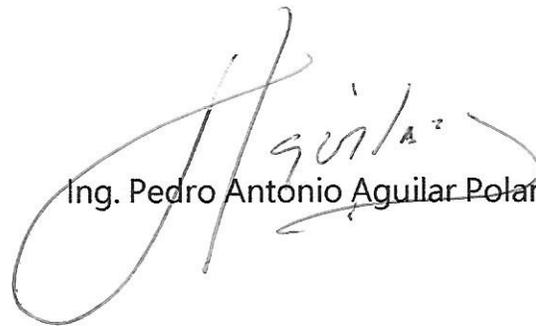
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Ricardo José Ávila Alarcón titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, noviembre 2019
/mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.552.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Ricardo José Avila Alarcón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, Noviembre de 2019



AACE/asga
cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la sabiduría para poder alcanzar mis metas.
- Mis padres** David Avila Vásquez y Lissette Alarcón Casasola, por estar a mi lado en todo momento de mi vida y ser un apoyo incondicional.
- Mis hermanos** David Alejandro y José Carlos Avila Alarcón, por ser mis amigos, compañía, apoyo en cada momento.
- Mis amigos y compañeros** Por compartir muchos momentos importantes, por sus consejos y su ayuda en mi vida personal y universitaria. Especialmente a Naty Carrera por su apoyo incondicional. A Jorge Higueros (q.e.p.d.) por su amistad durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi *alma máter*.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme formar parte de sus filas.

Carol González

Por el cariño y apoyo que me has brindado en este tiempo.

Mi asesor

Ing. Juan Merck, por aconsejarme, apoyarme, dedicar su tiempo en brindarme su conocimiento para realizar este trabajo.

**Municipalidad
de Estanduela**

En especial a la Dirección Municipal de planificación, por permitir que realice mi Ejercicio Profesional Supervisado con ellos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de la comunidad La Hondonada, Estanzuela	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Localización de la comunidad.....	2
1.1.3. Colindancias	2
1.1.4. Topografía	4
1.1.5. Vías de acceso	4
1.1.6. Clima	5
1.1.7. Demografía.....	6
1.1.8. Economía del lugar.....	7
1.1.9. Tipos de vivienda.....	7
1.1.10. Servicios públicos	8
1.1.10.1. Educación.....	8
1.1.10.2. Servicios de agua	9
1.1.10.3. Drenaje	10
1.1.10.4. Salud	10

1.2.	Diagnóstico de la necesidad de servicios básicos e infraestructura para la comunidad la Hondonada, Estanzuela	12
1.2.1.	Descripción de las necesidades	12
1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades	13
2.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA	15
2.1.	Descripción del proyecto	15
2.2.	Tasa de crecimiento poblacional	15
2.3.	Período de diseño	16
2.4.	Población futura	16
2.5.	Caudal de aforo o caudal disponible	16
2.5.1.	Factores de caudales de consumo.....	17
2.5.2.	Factor de día máximo.....	17
2.5.3.	Factor de hora máximo	18
2.6.	Dotación.....	18
2.6.1.	Caudal medio diario	19
2.6.2.	Caudal máximo diario.....	19
2.6.3.	Caudal máximo horario	20
2.6.4.	Caudal de bombeo	20
2.7.	Calidad del agua	21
2.7.1.	Análisis fisicoquímico	21
2.7.2.	Análisis bacteriológico	22
2.8.	Topografía.....	22
2.8.1.	Altimetría	22
2.8.2.	Planimetría	23
2.9.	Diseño del sistema.....	23

2.9.1.	Captación.....	23
2.9.2.	Línea de conducción.....	24
2.9.3.	Red de distribución	31
2.9.4.	Tanque de distribución	35
2.9.5.	Tratamiento del agua.....	38
2.9.6.	Obras hidráulicas.....	40
2.10.	Programa de operación y mantenimiento	41
2.11.	Planos.....	43
2.12.	Presupuesto	43
2.13.	Propuesta de tarifa	45
2.14.	Cronograma de ejecución.....	45
2.15.	Evaluación socio-económica	45
2.16.	Valor presente neto (VPN).....	46
2.17.	Tasa interna de retorno (TIR)	47
3.	DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA..	49
3.1.	Descripción del proyecto	49
3.2.	Estudio preliminar	50
3.2.1.	Terreno disponible	50
3.2.2.	Análisis del suelo	50
3.2.2.1.	Ensayo de compresión triaxial, cálculo del valor soporte y límites de Atterberg.....	50
3.3.	Diseño arquitectónico	53
3.3.1.	Distribución de ambientes.....	54
3.3.2.	Altura del edificio	54
3.3.3.	Selección del sistema estructural	54
3.4.	Análisis estructural	55

3.4.1.	Predimensionamiento estructural	55
3.4.2.	Cargas aplicadas a marcos dúctiles con nudos rígidos.....	60
3.4.3.	Integración de carga vertical	61
3.4.4.	Cálculo de cargas verticales en marcos dúctiles	64
3.4.5.	Integración de carga vertical	65
3.4.6.	Cargas horizontales según método AGIES 2018	73
3.4.7.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos.....	89
3.4.8.	Análisis de marcos dúctiles usando software y comprobación por medio de un método numérico (Kani).....	90
3.4.9.	Momentos últimos por envolventes de momentos	100
3.4.10.	Diagramas de corte	103
3.5.	Diseño estructural	107
3.5.1.	Losas.....	107
3.5.2.	Vigas	121
3.5.3.	Columnas	130
3.5.4.	Diseño de nudo sísmico	141
3.5.5.	Cimientos	142
3.5.6.	Gradas.....	154
	$t = L24 = 324 = 0,125 m$	154
3.5.7.	Instalaciones eléctricas	157
3.5.8.	Instalaciones hidráulicas	158
3.6.	Planos constructivos	163
3.7.	Presupuesto	163
3.8.	Cronograma de ejecución	165
3.9.	Evaluación de impacto ambiental inicial.....	165

CONCLUSIONES	169
RECOMENDACIONES	171
BIBLIOGRAFÍA.....	173
APÉNDICES	175
ANEXOS	179

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Perfil estratigráfico.....	30
2.	Red de distribución.....	34
3.	Espesor de vigas según el código ACI.....	56
4.	Área tributaria de columna	58
5.	Tipos de carga	61
6.	Integración de cargas y áreas tributarias	65
7.	Integración de cargas del eje D.....	71
8.	Integración de cargas del eje 2	71
9.	Eje 4 sísmico.....	88
10.	Eje B sísmico	88
11.	Marco del eje 4 eje en X.....	89
12.	Marco del eje B eje en Y	90
13.	Método de Kani	91
14.	Momentos por carga muerta en vigas en el eje Y	92
15.	Momentos por carga muerta en vigas para el eje X.....	92
16.	Momentos por carga viva en vigas para el eje en Y.....	93
17.	Momentos por carga viva en vigas para el eje en X.....	93
18.	Momentos por carga sísmica en vigas para el eje en Y	94
19.	Momentos por carga sísmica en vigas para el eje en X.....	94
20.	Momentos por carga muerta en columnas en el eje Y	95
21.	Momentos por carga muerta en columnas en el eje X.....	95
22.	Momentos por carga viva en columnas en el eje Y	96
23.	Momentos por carga viva en columnas en el eje X.....	96

24.	Momentos por carga sísmica en columnas en el eje Y	97
25.	Momentos por carga sísmica en columnas en el eje X.....	97
26.	Momentos por carga muerta en vigas para el eje X con ETABS 2016.....	98
27.	Momentos por carga muerta en vigas para el eje X con ETABS 2016.....	99
28.	Envolvente de momentos para vigas en el eje Y	102
29.	Envolvente de momentos para columnas en el eje X	102
30.	Envolvente de momentos para columnas en Y.....	103
31.	Momentos de corte eje X	104
32.	Momentos de corte eje Y	104
33.	Corte en vigas para el eje X.....	105
34.	Corte en vigas para el eje Y.....	105
35.	Corte en columnas para el eje X.....	106
36.	Corte en columnas para el eje Y.....	106
37.	Distribución de losas.....	108
38.	Balance de momentos	113
39.	Momentos de losa.....	117
40.	Detalles de viga	130
41.	Factores K para diseño de columnas.....	137
42.	Detalle columna	141
43.	Revisión por corte de cimentación	146
44.	Detalle de zapata	149
45.	Detalle de zapata de borde y de esquina.....	153
46.	Detalle de gradas.....	157
47.	Cálculo de instalaciones hidráulicas	160

TABLAS

I.	Riesgos por ubicación geográfica	3
II.	Infraestructura vial.....	5
III.	Datos de estación meteorológica	6
IV.	Tipos de Vivienda.....	8
V.	Tasa bruta de escolarización	8
VI.	Sistema de drenajes.....	10
VII.	Salud del municipio de Estanzuela	11
VIII.	Costo de bombeo mensual	28
IX.	Costo de amortización.....	29
X.	Costo total	29
XI.	Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable	44
XII.	Cargas vivas de uso frecuente código AGIES	63
XIII.	Número de marcos por eje.....	76
XIV.	Fuerza sísmica por nivel	76
XV.	Fuerza sísmica por eje	76
XVI.	Centro de masa para eje X primer nivel.....	79
XVII.	Centro de masa para eje Y primer nivel.....	79
XVIII.	Centro de masa para eje X segundo nivel	80
XIX.	Centro de masa para eje Y segundo nivel	81
XX.	Centro de rigidez para eje X primer nivel	82
XXI.	Centro de rigidez para eje Y primer nivel	83
XXII.	Centro de rigidez para eje X segundo nivel.....	83
XXIII.	Centro de rigidez para eje Y segundo nivel.....	84
XXIV.	Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje X segundo nivel.....	86
XXV.	Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje Y segundo nivel.....	86

XXVI.	Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje X primer nivel	87
XXVII.	Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje Y primer nivel	87
XXVIII.	Envolventes de momento	101
XXIX.	Losas en dos sentidos	112
XXX.	Demanda de instalaciones hidráulicas.....	159
XXXI.	Diámetro de tuberías para instalaciones hidráulicas.....	160
XXXII.	Diámetro de tuberías para instalaciones hidráulicas.....	161
XXXIII.	Diámetro de tuberías para instalaciones hidráulicas.....	161
XXXIV.	Presupuesto edificación escolar de dos niveles	164
XXXV.	Estudios de impacto ambiental	166

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
A	Área
As	Área de acero
At	Área tributaria
Wm	Carga muerta distribuida
P	Carga puntual
Cu	Carga última
Q	Caudal
Qd	Caudal de diseño
Qmáx	Caudal máximo
Qm	Caudal medio
CM	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
ρ	Cuantía de acero
\emptyset	Diámetro
V	Esfuerzo de corte
Fy	Esfuerzo de fluencia del acero
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
I	Inercia
Psi	Libras por pulgada cuadrada
M	Momento
d	Peralte efectivo

W

Peso

F'c

Resistencia del concreto

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, niples, tees, coplas, entre otros.
Aforo	Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.
Agregado	Material granular, como arena, grava, piedra chancada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio aglomerante para formar hormigón o mortero.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y que es agradable a los sentidos.
Análisis de agua	Es el conjunto de parámetros, que tienen por objeto definir la calidad del agua, al relacionarlos con normas, la cuales establecen los valores de las concentraciones máximas aceptables o permisibles, para el uso benéfico, al cual se destine.
Carga axial	Carga aplicada en el eje longitudinal de un elemento.
Carga estática	También es llamada presión estática, y es la distancia vertical que existe entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento, caja rompe presión,

o tanque de distribución, y el punto de descarga libre. Se mide en metros columna de agua (m.c.a.).

Carga dinámica

También llamada carga hidráulica o presión dinámica. Es la altura que alcanzaría el agua en tubos piezométricos a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión.

Carga muerta

Cargas permanentes soportadas por un elemento, según se define en la ordenanza general de construcción, se toma como el peso propio de la estructura, siendo esta la carga vertical.

Carga viva

Consiste, principalmente, en cargas de ocupación en edificios. Éstas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación.

Caudal

Cantidad de agua que corre en un tiempo determinado.

Cimiento corrido

Es el que se construye debajo de un muro, consiste en un elemento colocado en posición horizontal que tiene como función estructural recibir la carga de muros y transmitirla en dirección al suelo.

Columna

Elemento con una razón entre altura y menor dimensión lateral mayor que 3 usado principalmente para resistir carga axial de compresión, es un

elemento arquitectónico vertical de forma alargada que sirve para dar soporte a la estructura horizontal, que se usa para trasladar las cargas verticales hacia el suelo.

Consumo

Volumen de agua que es utilizado. Está en función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece, este dato varía de una población a otra.

Deflexión

Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al ser cargados.

Demanda

Es la cantidad de agua que una población requiere para satisfacer sus necesidades.

Desinfección

Eliminar a una cosa la infección o la propiedad de usarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.

Dotación

Cantidad de agua asignada por habitante por día para satisfacer sus necesidades, afectado por factores tales como el clima, condiciones socioeconómicas, tipo de abastecimiento.

Estribo

Armadura empleada para resistir esfuerzos de corte y de torsión en un elemento estructural; por lo general barras, alambres o malla electro soldada de

alambre, liso o estriado, ya sea sin dobleces o doblados en forma de L, de U o formas rectangulares, y situados perpendicularmente o en ángulo con respecto a la armadura longitudinal. El término estribo se aplica normalmente a la armadura transversal de elementos sujetos a flexión y el término amarra a los que están en elementos sujetos a compresión.

Excentricidad Distancia comprendida entre el centro de masa y centro de rigidez de una estructura.

Longitud de desarrollo Longitud embebida en el hormigón que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño de la armadura en una sección crítica.

Módulo de elasticidad Razón entre la tensión normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión bajo el límite de proporcionalidad de material.

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, poseen una función estructural que es soportar elementos estructurales de edificaciones.

Pérdida de carga	Es la disminución de presión dinámica debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
Piezométrica	Cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de la tubería.
Presión	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
Tanque	Es un recipiente de gran tamaño, normalmente cerrado a contener líquidos o gases.
Topografía	Parte de la geodesia que tiene por objeto representar el terreno sobre papel de la manera más exacta posible. Los dibujos que representan un terreno se llaman planos topográficos.
Viga	Miembro horizontal usado principalmente para soportar cargas, es un elemento arquitectónico rígido que se proyecta para soportar y transmitir cargas transversales a las cuales está sometida la estructura.
Zapata	Tipo de cimentación superficial adecuado, que se emplea en terrenos razonablemente homogéneos que poseen resistencia a compresión media o alta, su función es transmitir hacia el suelo las tensiones a

las cuales está sometido la estructura y darle el anclaje necesario en el suelo.

RESUMEN

Como proyectos de prioridad por parte de la municipalidad de Estanzuela, se desea cumplir con la mayoría de las necesidades básicas que la población presenta siendo estos el acceso a los servicios básicos, educación, saneamiento y otros, teniendo como meta cumplir con todos los proyectos propuestos de una forma rápida, beneficiando a la población de los sectores donde se realicen.

Para el mejoramiento de la calidad de la vida de los pobladores de la comunidad La Hondonada, es prioritaria la implementación del servicio de agua potable, requiriendo el diseño, para que sea propuesto como uno de los proyectos por realizar.

Se requiere de una edificación escolar en la comunidad, esta edificación cuenta con una longitud de 7 metros de ancho por 28 metros de largo que cuenta con 196 m² de construcción óptima distribuida en 2 niveles.

Cuenta en el primer nivel con 1 salón para dirección, salón de usos múltiples y 2 salones de clases, así mismo, en el segundo nivel se cuenta con 4 salones de clase; para que la niñez tenga acceso a educación y reducción de la tasa de analfabetismo, siendo para el año 2009 tenía una tasa de 1,25 %, según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), con este proyecto se beneficiaría aproximadamente a una población de al menos unas 650 personas contando la comunidad indicada y lugares aledaños.

Para el efecto se presentarán los documentos necesarios, planos, presupuestos y otros, para gestionar el financiamiento y llevarlos a la construcción de los mismos.

OBJETIVOS

General

Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y de una edificación escolar de dos niveles para la comunidad La Hondonada, Estanzuela, Zacapa.

Específicos

1. Elaborar planos constructivos, especificaciones y el presupuesto para la edificación escolar de dos niveles.
2. Diseñar planos constructivos y el presupuesto para el sistema de abastecimiento de agua potable.
3. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura para la comunidad La Hondonada.
4. Implementar la utilización de software Etabs 2016 o Sap 2000 para el análisis estructural para comparar resultados con un método analítico.
5. Capacitar a los miembros del COCODE de la comunidad sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

INTRODUCCIÓN

Parte fundamental en la formación profesional de un estudiante, es la aplicación de los conocimientos aprendidos durante su formación académica, siendo estos los instruidos por sus catedráticos en la Universidad y los adquiridos en las distintas prácticas realizadas, éstos son base importante para que se puedan dar a conocer y aplicarlos en los distintos proyectos, que durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se lleven a cabo.

La primera propuesta de este informe de graduación, es el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, para la comunidad que se encuentra asentada en la finca La Hondonada, en el municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, para el efecto cuenta con una fuente de agua suficiente para abastecer a una población de 350 habitantes, con un total de 70 familias.

Se utilizará un sistema de circuito cerrado debido a ser una comunidad pequeña en un espacio no muy amplio de terreno, teniendo un aproximado de 500 metros de tubería de red principal y 200 metros de red secundaria, contará con bomba de sumergible que trasladará el agua hacia un tanque de almacenamiento existente en el lugar, para luego ser distribuido por medio de gravedad.

La segunda propuesta se trata del diseño de una edificación escolar de dos niveles, siendo un beneficio para la comunidad y para las comunidades aledañas, siendo este un proyecto de prioridad debido a que se carece de la infraestructura necesaria para su educación primaria en el área en estudio.

Para la elaboración de la estructura se utilizará un sistema de marcos de dúctiles con nudos rígidos, contando con 2 niveles los cuales servirán para beneficiar a una población aproximada de 650 personas y de lugares aledaños.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la comunidad La Hondonada, Estanzuela

A continuación, se detallan datos históricos de región del país donde se desarrolló el proyecto.

1.1.1. Reseña histórica

“El municipio de Estanzuela pertenece al departamento de Zacapa, en la zona Oriental de la República de Guatemala; en su origen fue una propiedad particular. Se le bautizó con el nombre que actualmente tiene, pero según versiones de algunos vecinos, también se le conoció como Estanzuelita. Se sabe que su fundación fue bajo el mando de la Corona Española en el año de 1769, que aparecía como una hacienda. En el año 1825 fue elevada a la categoría de municipio, siendo su primer Alcalde Fernando Ordóñez. En la Constitución Política del Estado de Guatemala, se decretó por la Asamblea Constituyente 1825 el 11 de octubre quedó reconocida como municipio con el nombre de Estanzuela, perteneciente al circuito de Zacapa.

Según Acuerdo Gubernativo del 12 de agosto de 1886 cuando gobernaba Guatemala, el señor Manuel Lisandro Barrillas, se autorizó a la municipalidad para enajenar los sitios donde se encontraban las casas de la población con el propósito de reducir la propiedad particular y que pasaran a propiedad directa de cada dueño en el lugar.

Durante el auge Colonial, núcleos de españoles se asentaron en territorio guatemalteco, así se fueron formando comunidades. En lo que respecta a su historia, había un trayecto que comunicaba ciudades del centro del país con el Océano Atlántico y caravanas grandes y pequeñas se aventuraban a realizar el largo recorrido. En el año 1740 una familia proveniente de la Madre Patria lleva a cabo uno de esos viajes llegando a esta jurisdicción y como el viaje era largo y arduo decidieron descansar por unos días seleccionando una llanura para ellos.”¹

¹ *Historia de Estanzuela*. www.deguate.com. Consulta: 25 de febrero de 2017.

La comunidad La Hondonada de nueva creación, es considerado como un proyecto piloto impulsado por la municipalidad de Estanzuela desde hace 8 años, para lograr la mejor distribución de la zona del casco urbano y así poder proporcionar a un grupo de familias una vivienda, con la que se podrá desarrollar económicamente debido a su cercanía con fuentes de trabajo agrícola local.

1.1.2. Localización de la comunidad

La comunidad La Hondonada, se localiza a una distancia de 5 kilómetros de la cabecera municipal de Estanzuela, departamento de Zacapa, esta comunidad se formó como un asentamiento de una comunidad y por ser ésta de creación reciente necesita de servicios básicos e infraestructura.

El área donde está asentada la comunidad, se llama La Hondonada, y está siendo urbanizada desde aproximadamente 8 años, para proporcionar un espacio territorial para varias familias que lo necesitan, está conformada por 70 familias.

1.1.3. Colindancias

El municipio de Estanzuela pertenece al departamento de Zacapa y se localiza al este de la cabecera departamental, entre las coordenadas geográficas: 14°59'55" latitud norte y 89°34'25" longitud oeste del meridiano de Greenwich, se encuentra a una altitud de 195 msnm, su extensión territorial es de 92,40 km²; colinda al norte con el municipio de Río Hondo, al sur y al este con Zacapa, al oeste con los municipios de Teculután y Huité. Se ubica a 5 kilómetros de la cabecera departamental y a 141 kilómetros de la ciudad capital (2,5 hrs. promedio).

El municipio está conformado por un pueblo (Estanzuela, cabecera municipal) y 4 aldeas, no cuenta con caseríos y la cabecera municipal está formada por 24 barrios y 7 colonias.

En Estanzuela, no se cuenta con microregiones debido a que, por ser el municipio más pequeño del departamento, solamente cuenta con 4 aldeas y a estas mismas son a las que se consideran como microrregiones, indicando la parte de lugares poblados, pues el resto del territorio en el municipio es el de uso agrícola. Por su ubicación geográfica se puede dar la siguiente lista de acontecimientos que puedan poner en riesgo a la población.

Tabla I. **Riesgos por ubicación geográfica**

Tipo de riesgo por ubicación geográfica	
Riesgo	Descripción
Sismo	El municipio se encuentra ubicado cerca de la falla del Motagua. Última actividad sísmica registrada fue el 4 de febrero de 1976.
Terremotos	El municipio se encuentra ubicado cerca de la falla del Motagua. Última actividad sísmica registrada fue el 4 de febrero de 1976.
Deslaves, derrumbes, aludes	No hay riesgo
Huracanes, tormentas tropicales	El municipio está ubicado cerca al río Grande de Zacapa y al río Motagua. Última actividad de este tipo fue el Huracán MITCH en el año de 1998.
Erupciones volcánicas	No hay riesgos
Ondas frías, cálidas y sequías	El municipio de Estanzuela se caracteriza por su clima altamente cálido seco, por lo que no es afectado por ningún fenómeno de este tipo.
Inundaciones	El municipio está ubicado cerca al Río Grande de Zacapa y al Río Motagua. Este puede sufrir inundaciones.

Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Topografía

La topografía de La Hondonada indica que es un terreno plano, este es usado para la producción agrícola que caracteriza el lugar.

1.1.5. Vías de acceso

Estanzuela cuenta con varias entradas por la vía de rutas nacionales

CA-10, con dirección hacia Esquipulas, dentro del casco urbano se puede apreciar que el adoquinado es la materia prima de las calles, pero en ciertas partes se tiene un pavimento rústico, se compone de concreto y piedra bola dando un leve empedrado por lo que es cómodo transitar.

Pero la mayoría de los caminos que comunican el casco urbano con sus respectivas aldeas son caminos de terracería los cuales necesitan un mejoramiento, y así poder facilitar el transporte de los productos de las distintas personas que se dedican a la agricultura del lugar y su fácil movilidad entre las aldeas y el casco urbano.

La mayoría de los caminos que se comunican con el municipio de Estanzuela se pueden reconocer por las siguientes características:

- La cabecera municipal de Estanzuela está ubicada en el Km 141, de la ruta CA 10, que conduce a Esquipulas.
- La aldea Guayabal está a 7,5 Km de la cabecera municipal, y es carretera de terracería.

- La aldea San Nicolás está a 10,7 Km de la cabecera municipal, y es carretera de terracería.
- La aldea Chispán está a 5,2 Km de la cabecera municipal, y es carretera de asfalto.
- La aldea Tres Pinos está a 17,3 Km de la cabecera municipal, y es carretera de terracería.

Tabla II. **Infraestructura vial**

Categoría	Longitud (Km.)	Comunidad que comunica
Carretera asfaltada	6	Rio Hondo, Chispan, Estanzuela.
Carretera de terracería	34	Tres Pinos, San Nicolás, Estanzuela, El Guayabal, La Fragua Zacapa, aldea San José Teculután.
Camino vecinal	51,5	Caminos secundarios que comunican entre las aldeas del municipio.
otros	ninguno	Ninguno

Fuente: municipalidad de Estanzuela.

1.1.6. Clima

Datos obtenidos por la estación meteorológica ubicada en el municipio de Estanzuela por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), registran una temperatura máxima promedio de 41°C y una mínima de 22°C, registrándose además una precipitación pluvial de 750 mm anuales, con una velocidad promedio del viento de 8 km/h.

En la región de Zacapa funciona una estación hidrogeológica de INSIVUMEH, esta da los datos necesarios para el control y monitoreo del clima

en el municipio de Estanzuela, esta se describe dando los datos anuales, siendo estos de los últimos años registrados.

Tabla III. **Datos de estación meteorológica**

Nombre de la estación	La Fragua
Código de estación	220 301
Latitud	145 751
Longitud	893 504
Altitud	210
Año	1990 – 2003
Temperatura media	27,7 °C (año 2008)
Temperatura máxima	33,8 °C (año 2008)
Temperatura mínima	19,7 °C (año 2008)
Temperatura máxima Absoluta	43,0 °C (año 2003)
Temperatura mínima Absoluta	11,6 °C (año 2003)
Lluvia	453,9 mm (año 2010)
Días de Lluvia	113 días (año 2006)
Nubosidad	6 octas (año 2008)
Humedad relativa media	66 % (año 2008)
Insolación	217,6 horas (año 2006)
Velocidad del viento	3,9 Km/H (año 2008)
Dirección del viento	Variable

Fuente: INSIVUMEH.

1.1.7. Demografía

El municipio de Estanzuela está conformado por cuatro aldeas y su cabecera municipal está integrada por 24 barrios, 7 colonias, no cuenta con caseríos. La población del municipio de Estanzuela, es eminentemente ladina, caracterizándose por su hospitalidad, simpatía limpieza y amabilidad.

El sector rural se conforma por cuatro aldeas siendo las siguientes: (San Nicolás, Chispan, Guayabal y Tres Pinos). Debido a la fuerte demanda de

trabajo (agricultura) temporalmente se cuenta con mano de obra indígena de los cuales el mayor porcentaje retorna a su lugar de origen.

En el sector de La Hondonada, la población que habita esa zona es eminentemente ladina, siendo algunas personas de sectores aledaños a la comunidad, los cuales se valen del sector agrícola de la localidad.

1.1.8. Economía del lugar

La economía de La Hondonada está concentrada principalmente en la agricultura, debido a que cuenta con industrias meloneras, fuente importante de empleo para los pobladores de la comunidad; teniendo como base dos meloneras: La Labor y la empresa Producción de la Tierra S.A. (PROTISA).

En cuanto a la agricultura, sus productos predominantes son: maíz, frijol, tabaco, yuca, ockra, tomate, chile pimiento y picante, berenjena, pepino, melón, sandía, espárrago, papaya, loroco, cachito, cebolla y maní.

La producción pecuaria se fundamenta en la crianza de ganado vacuno, bovino y porcino. También cuentan con producción forestal en pequeña escala con cultivo de aripín, nim, pino, cedro, subín, guayacán y madre cacao.

1.1.9. Tipos de vivienda

Las viviendas en la comunidad están, construidas en su mayor parte con paredes de block, techo de lámina y piso concreto, por ser una comunidad que no tiene mucho tiempo de haber sido creada, está aún no cuenta con la mayoría de servicios, los cuales se están implementado.

Tabla IV. **Tipos de Vivienda**

Material del techo	Lámina	Teja	Terraza	Total de viviendas
	45	0	25	
Material de las paredes	Ladrillo	Block	Adobe	70
	0	70	0	
Material del piso	Ladrillo cerámico	Torta de cemento	Tierra	70
	0	70	0	

Fuente: municipalidad de Estandzuela, departamento de Zacapa.

1.1.10. Servicios públicos

A continuación, se detallarán los servicios con los que cuenta el municipio de Estandzuela, Zacapa.

1.1.10.1. Educación

Por ser de creación nueva no se tiene muchos datos sobre la educación del sector, lo único que se tiene es un dato global sobre la educación de la cabecera municipal obtenido de las estadísticas de la municipalidad de Estandzuela del año 2014.

Tabla V. **Tasa bruta de escolarización**

Nivel	Urbano %	Rural %	Total %
Preprimaria	61,93	64,48	81,18
Primaria	87,12	75,9	81,18
básico	46,05	47,6	46,87

Fuente: Municipalidad de Estandzuela, departamento de Zacapa.

1.1.10.2. Servicios de agua

Es de suma importancia contar con el agua dentro del casco urbano y sus alrededores, esto con el fin de lograr un desarrollo económico y social con el resto del departamento, así como para poder tener una buena higiene, alimentación y salud, con esfuerzo se logra dotar a cada casa de este beneficio necesario.

Para contar con el desarrollo integral es importante que además de los programas de educación, salud y vivienda deban coordinarse esfuerzos de beneficios sociales en el sector agua potable y saneamiento ambiental, desarrollando políticas que permitan el mantenimiento y sostenimiento de los sistemas de agua para que el vital líquido exista a largo plazo.

Agua es extraída de dos pozos profundos, de los cuales el agua se encuentra caliente y de esa forma recorre las tuberías.

- Recursos fluviales

Entre estos se puede mencionar las dos cuencas: río Grande de Zacapa y río Motagua y las quebradas que atraviesan el territorio.

- Recursos lacustres

Solamente cuenta con algunas lagunetas artificiales

- Otras fuentes (nacimientos, pozos, manantiales)

Se cuenta con nacimientos a lo largo de las quebradas, así como tres pozos que se han realizado para la extracción de agua para la red de agua potable del municipio y otros veintitrés para riegos.

1.1.10.3. Drenaje

El servicio de drenajes que tiene la cabecera municipal es de ayuda para que no se propague todo tipo de infecciones causadas por contaminación de agua, este servicio es conjunto con el servicio de agua potable, solamente se pudo obtener una tabla del servicio combinado de agua potable y drenajes.

Tabla VI. Sistema de drenajes

Lugar poblado	Agua	Drenaje	Letrinas	Porcentaje de poblados		
				Agua %	Drenaje %	Letrinas %
Cabecera municipal	1 850	1 800	450	82,22	80,00	20,00
Aldea San Nicolás	60	0	60	100,00	0,00	100,00
Aldea El Guayabal	60	0	50	92,31	0,00	76,92
Aldea Chispán	230	210	40	92,00	84,00	82,00
Aldea Tres Pinos	0	0	30	0,00	0,00	100,00
Total	2 200	2 010	630			

Fuente: municipalidad de Estanzuela, departamento de Zacapa.

1.1.10.4. Salud

La salud es un factor principal en el desarrollo del ser humano, es una de las obligaciones primordiales del estado, se considera importante la modernización y mejoramiento del sector en términos de eficiencia y calidad de servicios, impulsando un modelo de atención y prevención para contar con

personal altamente capacitado, instalaciones y equipos adecuados y un país sano con índices bajos de enfermedad, reforzando la cobertura de medicina preventiva y comunitaria, la reducción de los índices de mortalidad y morbilidad, para mantener altos de niveles de inmunización especialmente en la población infantil en relación a enfermedades infectocontagiosas.

El municipio de Estanzuela cuenta con un Centro de Salud tipo B, localizado en la cabecera municipal, brinda atención médica a toda la población, además se cuenta con un puesto de salud en la aldea Chispan, en funcionamiento actualmente.

Tabla VII. **Salud del municipio de Estanzuela**

Aspecto	Dato proporcionado
Tasa bruta de mortalidad	3,46 %
Tasa de mortalidad infantil	0 %
Tasa de mortalidad materna	0 %
Esperanza de vida	Hombres 65 años
	Mujeres 73 años

Fuente: elaboración propia.

- Principales causas de morbilidad

Faringoamigdalitis resfriado común, amigdalitis, infección de tracto urinario, enfermedades de la piel, bronquitis y parasitismo intestinal.

- Enfermedades más comunes en el municipio

Amigdalitis, resfriados, infección de tracto urinario, diarrea, enfermedades de la piel, enfermedad péptica, otitis, parasitismo intestinal, bronquitis, micosis.

- Acceso a servicios médicos

Toda la población del municipio tiene acceso a servicios médicos incluyendo todas las aldeas. El centro de salud durante todo el año realiza jornadas médicas. Además de los servicios médicos la población utiliza las prácticas tradicionales como las comadronas, curanderos y naturistas.

El centro de salud cuenta con el siguiente personal:

- Médico profesional 1
- Enfermera graduada 1
- Enfermeras auxiliares 4
- Promotores de salud activos 74

1.2. Diagnóstico de la necesidad de servicios básicos e infraestructura para la comunidad la Hondonada, Estanzuela

A continuación se detallan las necesidades que presenta la comunidad de La Hondonada en el municipio de Estanzuela, Zacapa.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Entre las necesidades de servicios básicos e infraestructura que la comunidad La Hondonada presenta se encuentran el contar con un sistema de abastecimiento de agua potable lo cual es un recurso muy importante para el desarrollo de toda comunidad y la infraestructura necesaria para una edificación escolar para la comunidad.

- Dotar a la población con el derecho al agua y contar con un saneamiento ambiental válido ante las entidades de salud correspondientes.
- Brindar un servicio de calidad para reducir las enfermedades transmitidas por el mal manejo de las aguas.
- Brindar las mejores posibilidades a la población del municipio de Estanzuela y sus alrededores para poder obtener la capacidad de desarrollarse como un pueblo con baja tasa de analfabetismo, y así promulgar una sociedad con un futuro sólido y beneficioso.
- Construir un desarrollo sostenible mediante la educación de la población.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

La municipalidad de Estanzuela al ser el ente rector del desarrollo y fomento de la situación municipal, está encargada de brindar los servicios necesarios, para esto se debe de gestionar los proyectos para que sean de calidad y den el servicio necesario a la comunidad.

Por lo que se realizará un proyecto de abastecimientos de agua potable que constará de su respectivo pozo de captación, su caseta de control, su red de distribución utilizando material PVC para la tubería.

Para el proyecto de la edificación escolar se realizará por medio de sistemas de marcos rígidos con nudos dúctiles, con muros rígidos, según las exigencias de la municipalidad y propuestas por parte de la dirección municipal de planificación.

2. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, para la comunidad La Hondonada del municipio de Estanzuela, Zacapa.

Se debe realizar un planteamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable que conste de su respectivo sistema de impulsión, tanque de distribución, red primaria de distribución y sus conexiones domiciliarias.

2.2. Tasa de crecimiento poblacional

Es la tasa o índice que determina el crecimiento o decrecimiento de una población en un período de tiempo, este dato ayuda a obtener la información necesaria para determinar la población en un lugar a un tiempo determinado.

Para este dato se usará el 2,7 por ciento para el crecimiento poblacional, dato proporcionado por la municipalidad de Estanzuela.

2.3. Período de diseño

El tiempo durante la estructura tiene un funcionamiento satisfactorio, el período de diseño para este proyecto es de 23 años, que inician con 3 años para gestión y trámites.

2.4. Población futura

Población de diseño se refiere, a la cantidad de habitantes con la que la comunidad contará para un período de 23 años. Para esto se realizará el cálculo por medio del método geométrico utilizando la siguiente ecuación.

$$Pf = Po * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde

- Pf = Población futura
- Po = Población inicial según datos obtenidos
- R = Tasa de Crecimiento poblacional
- N = periodo de diseño propuesto
- Calculando población futura

$$Pf = 350 * \left(1 + \frac{2,7}{100}\right)^{23} = 646 \text{ habitantes} = 650 \text{ habitantes}$$

2.5. Caudal de aforo o caudal disponible

El aforo realizado a la fuente, que es un pozo mecánico dio como resultado un caudal de 200 gal/min lo que equivale a 12,62 l/s.

2.5.1. Factores de caudales de consumo

En sistemas públicos de abastecimiento de agua potable, el consumo puede ser afectado por varios factores como el tiempo, costumbres, religión, condición climática, situación económica.

Al realizar una medición de caudales es posible que éste varíe dependiendo si es una muestra tomada en horario matutino, vespertino o nocturno, debido a la cantidad de personas que realizan sus actividades en esos diversos horarios.

El uso correcto de los diferentes del consumo, asegura un buen funcionamiento del sistema bajo las condiciones que este se encuentre.

2.5.2. Factor de día máximo

Se utiliza para diseñar la línea de conducción de agua potable, se debe utilizar según normas establecidas para un correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento.

Según las normas establecidas por UNEPAR y por INFOM se deben utilizar los siguientes rangos:

- Para áreas rurales 1,2 a 1,8
 - Para áreas urbanas 1,8 a 2,0
 - Para áreas metropolitanas 2,0 a 3,0
- Para fines de este proyecto se utilizará un factor de 1,9

2.5.3. Factor de hora máximo

Se utiliza para diseñar la red de distribución, se da por el uso simultáneo del servicio por parte de los habitantes de una comunidad.

Cuando la población es muy grande se debe utilizar un FHM pequeño, contrario del caso, cuando sea una población pequeña se debe usar un FHM grande, para así prever que el servicio sea irregular.

Según INFOM y UNEPAR se deben tomar en cuenta los siguientes rangos para los factores:

- Para áreas rurales 1,8 a 2,0
 - Para áreas urbanas 2,0 a 3,0
 - Para áreas metropolitanas 3,0 a 4,0
- Para este proyecto se utilizará un factor de 2,5

2.6. Dotación

Es una cantidad (volumen por unidad de tiempo) que se asigna por unidad consumidora (habitante, cama de hospital, área de riego) y ésta se expresa en: volumen por habitante por día.

Los tipos de dotaciones se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Para poblaciones: lt/habitante/día
- Para hospitales: lt/cama/día

La dotación a asignarse depende de la situación socioeconómica de la población, así también, debe de contemplarse el clima y las características naturales del lugar donde se encuentra ubicada la población. Para esta población se estará utilizando la dotación de 150 l/habitante/día.

2.6.1. Caudal medio diario

Es el cálculo que se obtiene de multiplicar la población futura estimada por la dotación propuesta y luego dividir ese resultado por la cantidad de segundos que tiene un día.

Se utiliza la siguiente ecuación: $Qmd = \frac{Dot * P}{86,400}$

Donde

- Qmd = caudal medio diario (l/s)
- Dot = dotación propuesta por habitante 150 l/habitante/día
- P = población futura 650 habitantes

$$Qmd = \frac{Dot * P}{86\ 400} = \frac{150 * 650}{86\ 400} = 1,13\ l/s$$

2.6.2. Caudal máximo diario

Es el caudal de conducción durante un día, y se observa durante un año. El cálculo se realiza al multiplicar el factor de día máximo por el caudal medio diario.

$$Qmaxdiario = Qmd * FDM = 1,13 * 1,9 = 2,15\ l/s$$

2.6.3. Caudal máximo horario

Se denomina también como caudal de distribución, es el máximo caudal producido durante una hora en un período de un año de observación. El cálculo se realiza al multiplicar el factor de hora máxima por el caudal medio.

$$Q_{maxhorario} = Q_{md} * FHM = 1,13 * 2,5 = 2,83 \text{ l/s}$$

2.6.4. Caudal de bombeo

Es el caudal que se utiliza para diseñar la línea de conducción por bombeo. Este tipo de caudal se debe diseñar conforme al tiempo de funcionamiento de la bomba, porque se debe tomar en cuenta la cantidad de caudal que se bombeará dependiendo de su funcionamiento.

Generalmente el período de bombeo es de 8 a 18 horas, para determinar el buen funcionamiento y rendimiento del sistema, debido a que se debe considerar el diámetro de la tubería y la potencia de la bomba.

Para calcularlo se utiliza la siguiente ecuación

$$Q_{bombeo} = \frac{Q_{maxdiario} * 24horas}{Tb}$$

Donde:

- Tb= Tiempo de bombeo. Se utilizará un tiempo de 8 horas

Entonces sustituyendo datos

$$Q_{bombeo} = \frac{2,15 \frac{l}{s} * 24 \text{ horas}}{8 \text{ horas}} = \frac{51,6 \text{ horas} * \frac{l}{s}}{8 \text{ horas}} = 6,45 \frac{l}{s}$$

2.7. Calidad del agua

Se le llama agua potable al tipo de agua que es sanitariamente segura y agradable a los sentidos. Sanitariamente segura significa lo siguiente.

- que no transmite enfermedades
- libre del exceso de sustancias orgánicas, minerales
- sustancias tóxicas que dañen la salud

Agradable a los sentidos significa lo siguiente:

- Inodora
- Incolora
- De sabor agradable a los sentidos

2.7.1. Análisis fisicoquímico

Este análisis se realiza para determinar las características físicas y químicas del agua, tales como el color, el sabor, aspecto, su nivel de potencial de hidrógeno (PH) y dureza.

Para esta fuente de agua los resultados son los siguientes: Ph de 7,8, sin presencia de cloro y bromo, pero con un alto valor alcalino, con una dureza

aceptable y sin presencia de ácido cianhídrico. Ver anexos para mayor información.

2.7.2. Análisis bacteriológico

Este análisis se realiza con el objetivo de determinar la probabilidad de encontrar algún tipo de agente bacteriano que pueda contaminar el agua y a su vez transmitir enfermedades. Esta clase de análisis indica el tipo y número de colonias bacterianas que el agua puede contener, por ejemplo E. Coli.

Para esta fuente de agua dio los siguientes resultados: no se encuentra presencia de bacterias dañinas para las personas que serán beneficiadas con el servicio de agua potable. Ver anexos para mayor información.

2.8. Topografía

Para el levantamiento topográfico se tomó en cuenta las líneas de conducción existentes, área donde se ubicará el tanque de almacenamiento, las áreas donde se ubicarán las obras de arte, línea y red de distribución.

El equipo utilizado para dicho levantamiento fue: estación total Gowin TKS 202, prisma con constante 30mm, plomada, bastón.

2.8.1. Altimetría

Es la rama de la topografía que determina las diferencias de elevación o nivel del terreno entre varios puntos de una superficie determinada, las cuales se pueden referenciar a partir de medidas en un plan horizontal de referencia.

Para este caso se utilizó: estación total Gowin TKS 202, prisma con constante 30mm, plomada, bastón.

2.8.2. Planimetría

Es la rama de la topografía que busca representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia un norte real o arbitrario para su orientación.

Sirve para poder determinar la longitud de un proyecto, tomando en cuenta si existen: accidentes geográficos, viviendas.

2.9. Diseño del sistema

Se presenta a continuación los parámetros y criterios para diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable que sea funcional, llevando beneficios para la comunidad en la que se realizará dicho proyecto, por lo que se deben proporcionar la determinación de la cantidad y diámetro de tubería a utilizar, los planos del diseño, presupuesto y todos los aspectos necesarios.

2.9.1. Captación

Es la obra con la que se capta el agua de una fuente, siendo esta un pozo mecánico el cual tiene una profundidad de 46 m, con un nivel dinámico que se encuentra a 42 m y un nivel estático que está a 37 m de profundidad.

Deberá incorporarse una caseta de bombeo, para el manejo del sistema, este deberá contar con un panel de control para la utilización de la bomba,

consistirá de una estructura de mampostería con su respectiva puerta y su seguro para evitar que puedan dañarla o robarla.

2.9.2. Línea de conducción

Es la tubería que transporta el caudal de día máximo, desde la captación hacia el tanque de distribución o de almacenamiento o hacia la planta de tratamiento.

Se debe diseñar de manera que esta resulte lo más económico posible, y es necesario verificar las condiciones del terreno para aprovechar al máximo las ventajas, por lo general se utiliza los métodos por gravedad y por bombeo,

Para realizar el diseño de la línea de conducción, se aplica la ecuación de Hazen & Williams.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

- H_f= Pérdida de carga disponible en metros
- L= Longitud de la tubería en metros
- D= Diámetro interno de la tubería en pulgadas
- C= Coeficiente de rugosidad del material (150 para tubería de PVC, 100 para tubería de metal).

Debido a las condiciones del proyecto, es necesario diseñar una línea de impulsión o línea de bombeo, y se debe realizar mediante la utilización de una bomba, esta impulsa el agua hacia el tanque de distribución.

Para calcular la línea de distribución se deben tomar en cuenta varios factores como el diámetro económico, carga dinámica o golpe de ariete.

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación: $D = \sqrt{\frac{1,974 * Q_{bombeo}}{V}}$

En el cual se determina los diámetros resultantes de la evaluación de las velocidades, que se encuentran entre los rangos de 0,6 m/s a 2 m/s para la conducción del agua en la tubería, sin provocar desgaste o sedimentación.

Se utilizan los rangos de velocidades para calcular los diámetros:

Donde

- D= diámetro de la tubería.
- Qbombeo= caudal de bombeo.
- V= velocidad mínima y máxima del flujo de agua.

Con V= 0,6 m/s

$$D = \sqrt{\frac{1,974 * Q_{bombeo}}{V}} = \sqrt{\frac{1,974 * 6,45 \text{ l/s}}{0,6 \text{ m/s}}} = 4,6''$$

Con V= 2 m/s

$$D = \sqrt{\frac{1,974 * Q_{bombeo}}{V}} = \sqrt{\frac{1,974 * 6,45 \text{ l/s}}{2 \text{ m/s}}} = 2,52''$$

Se debe trabajar con los diámetros internos de las tuberías y no con los exteriores de la tubería de 2,5", 3", 4" y 5", usando tubería de 250 PSI.

- Potencia de la bomba

Esta se calcula para poder determinar la potencia de la bomba, que se utilizará según la profundidad del pozo, para extraer agua hacia el depósito de almacenamiento. Para esto se debe realizar el siguiente procedimiento.

Cálculo de la potencia de la bomba y costo mensual

$$Pot = \frac{Q_{bombeo} * H_f}{76 * e}$$

- Cálculo de CDT (Carga Dinámica Total)

$$CDT = H_s + H_c + H + H_f + H_v + H_m$$

Donde

- H_s= altura del nivel dinámico a la boca del pozo
- H_c= pérdida de carga en la columna
- H= altura de la boca del pozo a la descarga
- H_f= pérdida de carga en línea de impulsión
- H_v= pérdida de velocidad
- H_m= pérdidas menores (10% de la pérdida de la línea de impulsión)

$$H_c = \frac{1\,743,811 * H_s * 6,45^{1,85}}{150^{1,85} * 4,154^{4,87}} = \frac{1\,743,811 * 46 * 6,45^{1,85}}{150^{1,85} * 4,154^{4,87}} = 0,23 \text{ m}$$

$$H_s = H_{\text{pozo}} - H_c = 46 - 0,23 = 45,77 \text{ m}$$

$$H = 230 - 213 = 17 \text{ m}$$

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 445 * 1,05 * 6,45^{1,85}}{150^{1,85} * 4,154^{4,87}} = 2,35 \text{ m}$$

$$H_v = \frac{v^2}{2 * g} = \frac{0,74^2}{2 * 9,8} = 0,03 \text{ m}$$

$$H_m = 0,10 * 2,35 = 0,235 \text{ m}$$

$$CDT = H_s + H_c + H + H_f + H_v + H_m = 45,77 + 0,23 + 17 + 2,35 + 0,03 + 0,235 \\ = 65,615 \text{ m}$$

- Potencia de la bomba $e = 0,60$

$$Pot = \frac{Q * CDT}{76 * e} = \frac{6,45 * 65,615}{76 * 0,60} = 9,28 \text{ Hp} = 10 \text{ HP}$$

El resultado indica que la potencia de la bomba es de 10 Hp.

- Expresando el resultado en KW (0,746 KW = 1 HP)

$$Pot = 10 \text{ Hp} * \frac{0,746 \text{ Kw}}{1 \text{ Hp}} = 7,46 \text{ Kw} = 7,5 \text{ Kw}$$

- Se calcular la potencia mensual, la cantidad de horas que la bomba trabajará, en este caso será de 8 horas.

$$\text{No. horas por mes} = \left(8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}\right) * \left(30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}\right) = 240 \text{ horas/mes}$$

$$\text{Pot} = 240 \frac{\text{horas}}{\text{mes}} * 7,5 \text{ Kw} = 1800 \frac{\text{Kw} - \text{horas}}{\text{mes}}$$

- Se calcula el costo del bombeo mensual.

Tabla VIII. **Costo de bombeo mensual**

Diámetro tubería (plg.)	Potencia de bombeo $\left(\frac{\text{KW-horas}}{\text{mes}}\right)$	Precio unitario (Q)	Costo mensual (Q)
4	1 800	4,00	7 200

Fuente: elaboración propia.

- Se calcula la amortización de la tubería para el proyecto

$$A = \frac{R * (R + 1)^n}{(R + 1)^n - 1}$$

Donde

- A= Amortización de la tubería
- R= tasa de interés. La tasa será de 12 %
- n= período de amortización en meses. se usarán 10 años

$$R = 12\% * 12 \text{ meses} = 0,01$$

$$n = 10 \text{ años} * 12 \text{ meses} = 120 \text{ meses}$$

$$A = \frac{R * (R + 1)^n}{(R + 1)^n - 1} = \frac{0,01 * (0,01 + 1)^{120}}{(0,01 + 1)^{120} - 1} = \frac{0,033}{2,30} = 0,014$$

- Costo de amortización

Tabla IX. **Costo de amortización**

Diámetro (Plg.)	No. Tubos	Amortización	Precio Unitario (Q)	Costo total (Q)
4	75	0,014	456,3	479,12

Fuente: elaboración propia.

- Costo total

Tabla X. **Costo total**

Diámetro (Plg.)	Costo mensual de bombeo (Q)	Costo de amortización (Q)	Costo total (Q)
4	5 760	479,12	6 239,12

Fuente: elaboración propia.

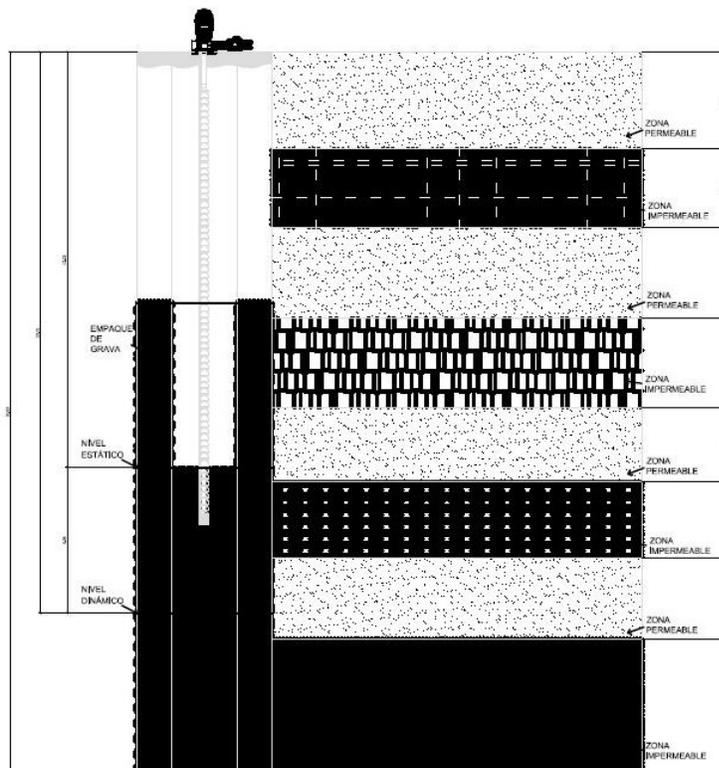
El diámetro de 4" es el más económico para la utilización del sistema de abastecimiento para el transporte de agua potable hacia el tanque de almacenamiento. Ver anexos.

Se hará una prueba del diámetro para comprobar que este cumple con los rangos de velocidad permitida.

$$V = \frac{1,974 * Q_{bombeo}}{D^2} = \frac{1,974 * 6,45}{4^2} = 0,795 \frac{m}{s} \text{ (Si cumple)}$$

Se realizará un estudio de infiltración en el lugar, y se realizará por medio de un perfil estratigráfico, este se representa así.

Figura 1. Perfil estratigráfico



Fuente: elaboración propia, empleando AUTOCAD 2014.

2.9.3. Red de distribución

Se le denomina red de distribución al sistema que se utiliza para la distribución adecuada y efectiva de los suministros de agua disponibles, constituida con una serie de tuberías, las cuales van desde el tranque de distribución hasta las viviendas que se les estará brindando el servicio.

Para ser denominada red de distribución, debe contar con dos tipos de tuberías, siendo estas la tubería principal que es la encargada de llevar el agua desde el tanque de distribución y la tubería secundaria que se encarga de hacer las conexiones domiciliarias.

Existen tres tipos de redes de distribución de agua potable las cuales se consideran: abierta, cerrada y mixtas.

- Red abierta: es el tipo de red en forma de ramificaciones, se utilizan generalmente en lugares donde las viviendas están dispersas en un espacio muy amplio, por lo general cada tramo de esta red es terminal en su extremo final.
- Red cerrada: es el tipo de red en forma de circuitos entre sí, proporcionando un caudal para cada tramo, a comparación de la red abierta este tipo de red no tiene extremos en los cuales se puede perder caudal debido a ser continua, permitiendo la circulación libre del agua. Para realizar este tipo de red se debe operar con el método de Hardy-Cross.
- Red mixta: este tipo de red incorpora a ambas redes anteriores.

Se utilizará una red cerrada para este proyecto, por la distribución del lugar, por ser una población en crecimiento y por tener una distribución de bloque. También se puede utilizar el método de gradiente hidráulico o método de Bustamante, el cual se le dio ese nombre en honor al Ingeniero Ricardo Bustamante.

Pasos para realizar el método de Bustamante:

- Se fijan los puntos de consumo y se calculan los caudales
- Se distribuyen los caudales, tomando en cuenta que en cada nodo se debe cumplir con $\Sigma Q_{\text{entrada}} = \Sigma Q_{\text{salida}}$.
- Seleccionar un tramo el cual se usará para compensar la red.
- Para los tramos restantes calcular los diámetros a usar, mediante la fórmula de Hazen & Williams usando la diferencia de cotas como altura disponible y aproximando al diámetro comercial más próximo.
- Para los tramos anteriores calcular la pérdida de carga.
- Calcular la pérdida de carga del tramo que se usará para compensar el circuito, tomando en consideración la convención de signos tomando como positivo la dirección de las agujas del reloj, además de que la $\Sigma H_f = 0$.
- Con la altura H_f determinada anteriormente calcular las combinaciones de diámetros con sus respectivas longitudes que produzcan dicha pérdida, con el cual la red queda compensada.

Ejemplo de aplicación teniendo los siguientes datos obtenidos

- $N = 70$ casas
- $n = 5$ personas
- $Dot = 150$ l/hab/día
- $R = 2,7\%$
- Cota tanque distribución = 230 m
- $F_{hmax} = 2,5$
- $L = 430$ m
- Periodo de diseño = 20 años + 3 años de gracia (n)

Procedimiento

$$habitantes = 70 * 5 = 350 \text{ habitantes}$$

$$Pf = Po(1 + R)^n = 350(1 + 0,027)^{23} = 650 \text{ habitantes}$$

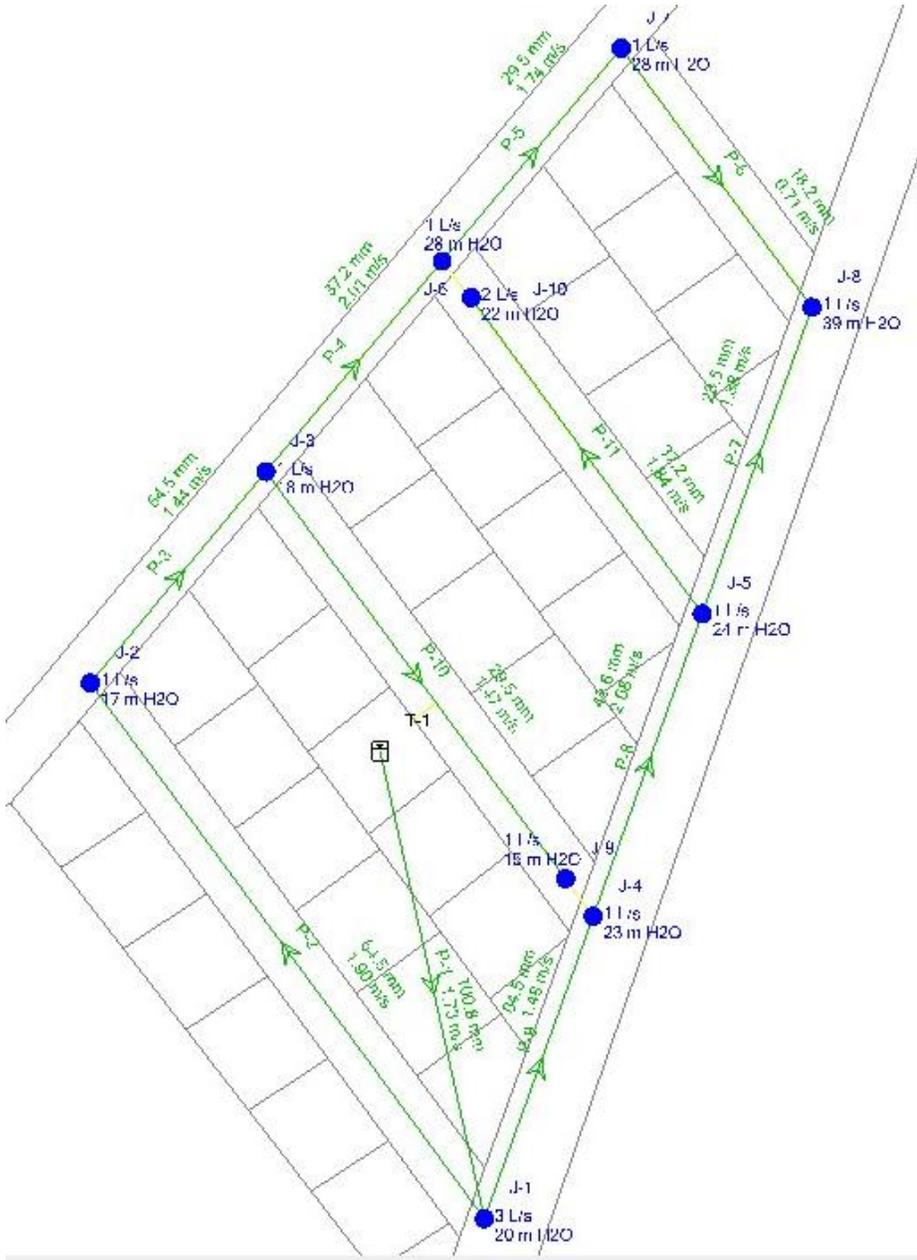
$$q = \frac{hab * Dot}{86\ 400} = \frac{650 * 150}{86\ 400} = 1,13 \text{ L/s}$$

$$q_{max} = 1,13 * 2,5 = 2,83 \text{ L/s}$$

- Distribución de caudales
 - Para esto se usará un $Q_e = 2,83$ L/s

Se realiza un cálculo de caudales por nudo, que debe cumplir con lo siguiente $\Sigma Q_e = \Sigma Q_s$, de una forma esquemática se puede determinar que los caudales quedan distribuidos de la siguiente manera.

Figura 2. Red de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando WaterCad V8i.

- Cálculo de diámetros

Se utilizó el programa WaterCad V8i para determinar los diámetros necesarios para que el sistema funcione correctamente.

$$\begin{aligned} \phi T - A &= 4" & \phi A-B &= 2 \frac{1}{2}" & \phi B - C &= 2 \frac{1}{2}" & \phi C - F &= 1 \frac{1}{4}" \\ \phi A - D &= 2 \frac{1}{2}" & \phi D-E &= 1 \frac{1}{2}" & \phi F - G &= 1" & \phi G - H &= 1 \frac{1}{2}" \\ \phi E - H &= \frac{3}{4}" & \phi E - J &= 1 \frac{1}{4}" & \phi C-I &= 1" & & \end{aligned}$$

- Cálculo de pérdidas

Se utilizó el programa WaterCad V8i para determinar las pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable.

$$\begin{aligned} \text{Nodo A} &= 20 \text{ m} & \text{Nodo B} &= 17 \text{ m} \\ \text{Nodo C} &= 18 \text{ m} & \text{Nodo D} &= 23 \text{ m} \\ \text{Nodo E} &= 24 \text{ m} & \text{Nodo F} &= 28 \text{ m} \\ \text{Nodo G} &= 28 \text{ m} & \text{Nodo H} &= 29 \text{ m} \\ \text{Nodo I} &= 15 \text{ m} & \text{Nodo J} &= 22 \text{ m} \end{aligned}$$

2.9.4. Tanque de distribución

Es un depósito de almacenamiento de agua que se diseña con la finalidad de utilizarlo para cubrir una demanda requerida de un servicio de agua para consumo humano, cumplir con cualquier inclemencia. También tiene la función de proveer agua en los horarios en los cuales la presión del agua es muy baja.

Los tanques de concreto o mampostería deben ser diseñados con una losa reforzada de concreto, y debe estar provista por una tapa de inspección de

preferencia metálica, hermética y de fácil acceso, además de contar con un cierre de seguridad, generalmente el acceso debe estar cerca de la línea de conducción para su inspección rápida y realización de aforos cuando sea debido.

Se deben tomar varios aspectos para que el funcionamiento de un tanque de distribución funcione correctamente.

- Un depósito principal.
- Caja de válvulas de entrada y salida.
- Tapadera de entrada.
- Escalera interna y externa para su fácil acceso en caso que la altura del tanque sea mayor a 1.20m.
- Depósito de desagüe y rebalse. La tubería de rebalse debe descargar libremente y su cota debe ser menor a la cota de la tubería de entrada.
- Tubo de ventilación, el cual consiste en un tubo en forma de sifón para liberar el tanque de los excesos de aire durante su llenado, provisto de una rejilla para evitar el ingreso de insectos.
- Clorador.
- Circulación para su protección.

- El mínimo de altura de agua en el tanque debe ser suficiente para que exista presión suficiente para la distribución correcta en el sistema.
- Cálculo de volumen de un tanque de distribución.
- Para realizar de una manera más exacta este proceso se debe tener un estudio de demandas, en el cual se dispone del consumo y de una forma gráfica los caudales de entrada y salida.

Tomando en cuenta que, si no se tiene dicho estudio, se puede recurrir al uso de normas de diseño que son proporcionadas por UNEPAR, los cuales establecen que para un sistema de distribución por gravedad el volumen del tanque debe ser entre 25 % y 40 % el caudal medio diario. Tomando en cuenta ciertas restricciones:

- En poblaciones menores de 1 000 personas, el 35 % del consumo medio diario, no se reserva para eventualidades.
- En poblaciones entre 1 000 y 5 000 personas, el 35 % es para consumo medio diario, más 10 % en caso de eventualidades, siendo un total de 45 %.
- En poblaciones mayores a 5 000 personas, el 40 % de consumo medio diario, más un 10 % para eventualidades.
- En sistemas por bombeo, se debe contemplar como mínimo un 40 % para consumo medio diario y un 60 % como máximo.

- Por ser un sistema por bombeo se utilizará un 55 % para su consumo medio diario.
- Procedimiento.

$$Vol = Qmd * \% \text{ de almacenamiento}$$

Donde

- Vol = Volúmen.
- Qmd = Caudal medio diario = 1,13 l/s.

$$Vol = 1,13 \frac{l}{s} * 0,55 = 0,621 \text{ l/s}$$

$$Vol = 0,621 \frac{l}{s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}} = 53,7 \text{ m}^3$$

Para fines prácticos y por cuestiones de diseño se utilizarán 55 m³ como volumen propuesto.

La comunidad cuenta con un tanque de distribución que consta con medidas de 4 x 4 x 3,75 m y capacidad para 60 m³ de agua, al cual se debe de dar mantenimiento para su funcionamiento.

2.9.5. Tratamiento del agua

Para este sistema se propone usar tabletas de hipoclorito de calcio Ca(CLO₂), por medio de un hipoclorador, con no menos del 65 % de

ingredientes activos, tomando en cuenta los siguientes datos de cada tableta: diámetro de 3 1/8 pulgadas, alto de 1 ¼ pulgada y con un peso de 300 gramos.

El hipoclorador funcionará de manera automática, sin partes móviles, no utilizará energía eléctrica y deberá permitir el flujo de agua, junto con la tableta de hipoclorito de calcio para formar una solución. Tomando en cuenta que debe tener un rango de flujo a través del clorador entre 5 y 20 gal/min.

Sus dimensiones serán de 0,30 metros de diámetro y 1 metro de altura, se deberá instalar en una caja en la entrada del tanque de distribución, graduando el flujo de agua para que permita que la cantidad de cloro residual en el punto más lejano de la red esté entre 0,7 y 1,5 partes por millón. Las dimensiones interiores del clorador deben ser de 1 x 1 metro de planta y 1 metro de altura.

Basándose en la norma COGUANOR 29001, el tratamiento preventivo contra bacterias y virus debe ser de 2 partes por millón, es decir, 2 gramos por metro cúbico de agua.

Para determinar el flujo de cloro se deberá utilizar la siguiente ecuación:

$$F_c = Q * D_c * 0,06$$

Donde:

- F_c = flujo de cloro en g/h
- Q = cuadal de línea de conducción, $Q= 2,83 \text{ l/s} = 169,8 \text{ l/min}$
- D_c = demanda de cloro, 2 g/m^3

$$Fc = Q * Dc * 0,06 = 169,8 \frac{l}{min} * 2 ppm * 0,06 = 20,38 g/h$$

$$20,38 \frac{g}{h} * 24 \frac{h}{día} * 30 \frac{días}{mes} * 1 \frac{tableta}{300 g} = 48,91 \frac{tabletas}{mes}$$

2.9.6. Obras hidráulicas

Estas constituyen un conjunto de estructuras que sirven para hacer un manejo óptimo del agua sin importar su origen, sean el caso para su utilización o su protección.

- Válvulas de control

Son las válvulas que se utilizan para controlar la distribución adecuada del agua en el sistema de abastecimiento, sirven para controlar los flujos de agua durante un mantenimiento que se realice en el mismo.

- Válvulas de compuerta

Esta válvula sirve para abrir o cerrar el flujo del agua en un sistema de distribución, estas se utilizan en el tanque de distribución, en los inicios de los tramos de redes abiertas, en cajas rompe presiones, en conexiones domiciliarias, por su bajo costo y baja pérdida de carga cuando están totalmente abiertas principalmente. Esta se colocó en los puntos de acceso a los nodos del sistema de distribución para no afectar a todo el sistema en caso de necesitar un chequeo.

- Válvulas de limpieza

Estas sirven para extraer los sedimentos que ingresen al sistema y que se almacenen en el mismo, se deben colocar en las partes del tramo más bajas, para una válvula de limpieza se utiliza una válvula de compuerta de tamaño similar al diámetro del tubo que la utiliza. Sirven para tener control de sedimentos en el tramo secundario del sistema de abastecimiento que corresponde a las conexiones domiciliarias.

- Conexión domiciliar

Es el conjunto de tuberías y accesorios que interconectados conforman una conexión domiciliar, que consta de dos partes.

- Primera parte: esta es conocida como red principal, esta conduce el agua hacia los puntos de consumo.
- Segunda parte: es conocida como red secundaria, esta se conduce desde los puntos de consumo hasta abastecer las viviendas que se beneficiarán del servicio de agua potable.

2.10. Programa de operación y mantenimiento

Para el manejo y operación del sistema de abastecimiento de agua, es necesario proponer un programa de operación y mantenimiento, y que el personal encargado siga, para dar el buen uso y evitar dar mantenimiento fuera de los rangos propuestos por el mismo ente, así tener la certeza que la vida útil de todo el sistema será cumplida sin problemas, que en conjunto será de

mucha ayuda para que la comunidad tenga su servicio de agua potable estable y sin contratiempos.

Como la comunidad cuenta con un pozo mecánico, el cual utiliza una bomba de impulsión hacia un tanque de distribución es necesario que la estructura cuente con el cuidado necesario para que el funcionamiento sea el esperado.

Se deben seguir algunos lineamientos que se expondrán a continuación:

- Operación y mantenimiento del tanque de distribución

Se debe realizar una limpieza por lo menos dos veces al mes, en el área de entrada y salida del agua, removiendo cualquier objeto que obstruya el paso del agua, por ejemplo: ramas, piedras, arena; así se evitará que el agua se contamine antes de entrar o salir del tanque de distribución. También se debe de revisar y dar el respectivo mantenimiento a las válvulas que lo compongan, si alguna está rota o no gira con facilidad proceder a darle su mantenimiento, también debe de colocar una capa de pintura anticorrosiva para evitar que el tanque pierda su utilidad por lo menos una vez al año.

- Operación y manteamiento de la línea de conducción

Realizar una inspección de rutina, por lo menos una vez por semana, para evitar que existan taponamientos o fugas que eviten que el servicio de agua sea distribuido correctamente, así también se debe de revisar si el terreno ha colapsado o hundido para evitar que el sistema no cumpla con su funcionamiento o colapse. En caso de haber fuga o rompimiento de algún tramo del sistema, se deberá cerrar las válvulas de compuerta ubicadas en la

captación al inicio y suspender el servicio durante su reparación y proceder de manera inmediata, también realizará una prueba de golpe de ariete en la sección de la compostura.

2.11. Planos

El juego de planos está compuesto de la siguiente manera:

- Planta general
- Planta-perfil de la línea de conducción y distribución
- Detalles de caja de válvulas y conexiones domiciliarias

2.12. Presupuesto

El presupuesto se elaboró a base de los precios unitarios, para lo cual los precios de materiales se obtuvieron por cotizaciones realizadas a las ferreterías y centros autorizados por la municipalidad.

Se aplicó un 30 por ciento de costos indirectos, para cubrir gastos administrativos, de supervisión y de utilidades. Los costos de mano de obra calificada y no calificada se tomaron de los sueldos que la municipalidad tiene establecidas para sus cuadrillas de trabajo.

Tabla XI. **Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable**

COSTOS DIRECTOS						
INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS						
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA						
No	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	
1	PRELIMINARES					
1,1	Bodega	Global	1	Q 3 500,00	Q	3 500,00
1,2	Replanteo topográfico	Ml	1286	Q 6,50	Q	8 359,00
					TOTAL	Q 11 859,00
2	SISTEMA DE BOMBEO					
2,1	Caseta de control	Unidad	1	Q 8 300,00	Q	8 300,00
2,2	Bomba sumergible de 10 HP e instalación	Unidad	1	Q 42 728,00	Q	42 728,00
					TOTAL	Q 51 028,00
3	LINEA DE CONDUCCIÓN					
3,1	Excavación de zanjas	m ³	255	Q 75,00	Q	19 125,00
3,2	Relleno	m ³	255	Q 50,00	Q	12 750,00
3,3	Tubería de 4" de 250 PSI	Ml	430	Q 75,00	Q	32 250,00
					TOTAL	Q 64 125,00
4	TRATAMIENTO DE AGUA					
4,1	Hipoclorador con caja	Unidad	1	Q 12 000,00	Q	12 000,00
					TOTAL	Q 12 000,00
5	RED DE DISTRIBUCIÓN					
5,1	Excavación de zanjas	m ³	776	Q 75,00	Q	58 200,00
5,2	Relleno	m ³	776	Q 50,00	Q	38 800,00
5,3	Tubería de 3/4" 250 PSI	Ml	230	Q 45,00	Q	10 350,00
5,4	Tubería de 1" 250 PSI	Ml	186	Q 55,00	Q	10 230,00
5,5	Tubería de 2 1/2" 250 PSI	Ml	238	Q 60,00	Q	14 280,00
5,6	Tubería de 4" 250 PSI	Ml	194	Q 75,00	Q	14 550,00
					TOTAL	Q 146 410,00
6	CONEXIONES DOMICILIARES					
6,1	Conexiones domiciliars	Unidad	60	Q 1 500,00	Q	90 000,00
					TOTAL	Q 90 000,00
7	VALVULAS					
7,1	Válvulas de control	Unidad	8	Q 250,00	Q	2 000,00
7,2	Caja de válvulas	Unidad	5	Q 250,00	Q	1 250,00
					TOTAL	Q 3 250,00
					COSTO TOTAL	Q 378 672,00

Fuente: elaboración propia.

2.13. Propuesta de tarifa

La tarifa se refiere al monto económico que cada usuario titular paga por el servicio que recibe en el cual se consideran mantenimiento y funcionamiento del mismo.

La propuesta de cobro de servicio es un valor económico actual que la municipalidad local tiene establecida y la cual cuenta con el apoyo de la población y es de Q25 mensuales, los cuales son tomados en cuenta para evitar que el servicio a las familias se vea afectado.

2.14. Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución es una guía que se tiene para aplicar durante la ejecución del proyecto. Es una calendarización del proceso desde su inicio hasta su final.

Este se utiliza para llevar un control del material y del presupuesto que se manejará durante el proceso de ejecución, ver anexos.

2.15. Evaluación socio-económica

A lo que se refiere una evaluación socio-económica de un proyecto, es determinar los beneficios a largo plazo de una actividad sobre el valor de realización y que conlleva el manejo de fondos de inversión, que son utilizados en varias necesidades.

2.16. Valor presente neto (VPN)

Es el procedimiento que indica el cálculo del valor de inversión inicial del flujo de cajas netas actualizadas. Según el criterio del tema de tasas de inversión, es aceptable cuando el valor presente neto está positivo, es decir que el proyecto agregaría capital. El obtener un valor presente neto ayuda a evaluar los proyectos de inversión y así una forma rentable de una administración financiera para estudiar los ingresos futuros que se generarán con la realización del proyecto.

Cuando en los registros del VPN indica que es menor que cero (0), quiere decir que es una pérdida en algún criterio de interés económico, cuando el VPN es mayor a cero (0), indica que existe una ganancia en los intereses aplicados, pero si el VPN es igual a cero (0), indica que el proyecto es indiferente.

Para este proyecto de abastecimiento de agua potable para la comunidad La Hondonada, se necesitará una inversión de Q 185 128,25, tomando en cuenta que los ingresos serán de las cuotas mensuales del servicio.

El VPN se calcula de la siguiente manera:

70 viviendas * Q25,00 * 12 meses = Q21 000 , con valor de rescate nulo y con una tasa de interés del 12 % anual por 23 años.

$$VPN = -Q378\ 672,00 + Q\ 21\ 000 \left[\frac{(1 + 0,12)^{23} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{23}} \right]$$

$$VPN = -Q\ 378\ 672,00 + Q\ 161\ 687,12$$

$$VPN = -Q 216 984,88$$

2.17. Tasa interna de retorno (TIR)

Es el proceso que se realiza al sumar los ingresos y egresos de un proyecto actualizados, los cuales igualen al valor inicial del egreso, en otras palabras, es un tipo de tasa de interés que hace que el VPN sea igual a cero (0). Es encontrar un porcentaje aplicable a una tasa de interés para que se cumpla esta condición y así poder iniciar el proyecto de inversión.

El procedimiento para encontrar el valor del TIR es sencillo, se debe calcular dos valores uno positivo y otro negativo, luego interpolarlos hasta encontrar un valor que dé un resultado que satisfaga el valor del VPN para que este sea igual a cero (0).

Tomando una tasa del 12 % de interés se obtiene:

$$VPN = -Q 216 984,88$$

Luego se toma una tasa de -5 por ciento

$$VPN = -Q 378 672 + Q 21 000 \left[\frac{(1 - 0,05)^{23} - 1}{0,05 * (1 - 0,05)^{23}} \right]$$

$$VPN = -Q 185 128,25 - Q 289 800,00$$

$$VPN = -Q 1 344 672$$

Teniendo los valores negativos y positivos que se desean se debe interpolar entre estos datos.

$$\begin{array}{r} -Q 216 984,88 - - - - - 12 \% \\ 0 - - - - - x \\ -Q 1 344 672 - - - - - -5 \% \end{array}$$

- Interpolando

$$\frac{-216 984,88 - 0}{-216 984,88 - 1 344 672} = \frac{12 - x}{12 + 5}$$

$$X = - 9,92 \%$$

El valor de la tasa interna de retorno es de TIR= - 9,92 % debido a que es un proyecto de carácter social.

3. DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COMUNIDAD LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles para la comunidad La Hondonada del municipio de Estanzuela. Muchos de estos proyectos se realizan con el fin de beneficiar a la población, con ayuda del gobierno municipal.

El proyecto se realizará para beneficio de la comunidad en cuestión, la cual debe contar con material de calidad certificada y basándose en los códigos de construcción que correspondan a Guatemala, como se indica en el código AGIES 2018 para la estructura y el código ACI 318-11 para estructuras de concreto.

La edificación consta de salones de clases con una capacidad para 30 estudiantes por salón, área administrativa, salón de reuniones, servicios sanitarios y módulo de gradas. Contará con servicios básicos como: agua potable, energía eléctrica y drenaje, también se contará con un espacio de recreación para los estudiantes. La estructura será de marcos dúctiles con nudos rígidos de concreto armado, los muros serán de mampostería y losas de concreto.

3.2. Estudio preliminar

Se ubicó un espacio de terreno lo suficientemente amplio para realizar una edificación que satisfaga a la comunidad, para que el desarrollo educativo sea óptimo.

3.2.1. Terreno disponible

El terreno con el que se cuenta, es de propiedad municipal que tiene aproximadamente 511,67 m² que equivalen a 732,25 V², por lo que tiene un tamaño aceptable para la realización del proyecto. Se encuentra ubicado a 5 km de la cabecera municipal del municipio de Estanzuela, siendo una comunidad nueva con una creación no mayor de 7 años, la actividad económica es en el sector agrícola, por estar cercana a meloneras y a la plantación de mango local.

3.2.2. Análisis del suelo

Cuando se desarrolla un trabajo de estructuras, es necesario elaborar un estudio de suelos, conocer la capacidad soporte que el suelo posee, y que soporte el peso de la estructura.

3.2.2.1. Ensayo de compresión triaxial, cálculo del valor soporte y límites de Atterberg

Se realizó un ensayo de compresión triaxial no drenado y no consolidado y un ensayo de límites de Atterberg, para determinar su plasticidad y así clasificar el tipo de suelo en el cual trabajará el proyecto.

Para efecto de estos ensayos se hace una excavación de 2 metros de profundidad, de la cual se obtiene una muestra inalterada de 1 pie cúbico, a la cual se le aplica el ensayo de compresión triaxial para determinar el valor soporte del suelo.

Datos del ensayo. Ver anexos.

- Ángulo de fricción interna: $\phi = 26,73^\circ$
- Cohesión: $CU = 3,06 \frac{T}{m^2}$
- Densidad Seca = $\gamma_{ss} = 1,43 \frac{T}{m^3}$
- Tipo de suelo = Arcilla arenosa color café
 - Análisis de resultados

Para realizar el cálculo de la capacidad soporte del suelo se aplica la ecuación del Dr. Karl Terzaghi.

Datos

- Base = 1 m
- Desplante = 2 m
- $\gamma_{ss} = 1,43 \frac{T}{m^3}$

Para obtener la capacidad de carga de cimentación es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$qd = \frac{qu}{F_s}$$

$$q_u = q_o - \gamma * D_f$$

$$q_o = 1,3CN_c + D_f * \gamma * N_q + 0,4\gamma * B * N_\gamma$$

$$N_q = \tan^2 * \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) * e^{\pi * \tan\phi}$$

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

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

Donde

- q_d = Valor soporte de diseño
- q_u = Valor soporte neto último
- q_o = Valor soporte último
- N_q = Factor de flujo de carga
- N_c = Factor de flujo de carga última
- N_γ = Factor de flujo del suelo
- F_s = Factor de seguridad. En este caso se utilizará un valor de $F_s = 5$.

Se toma este dato debido a la incertidumbre y los posibles riesgos implicados al momento y condiciones de tomar la muestra de suelo, así también, al momento de realizar las pruebas de laboratorio. Tomando en cuenta cualquier eventualidad para el posterior uso del diseño.

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{26,73}{2}\right) * e^{\pi * \tan 26,73} = 12,82$$

$$N_c = (12,82 - 1) * \text{Cot } 26,73 = 23,47$$

$$N_\gamma = 2(12,82 + 1) * \text{Tan } 26,73 = 13,92$$

$$q_o = 1,3 * 3,06 * 23,47 + 2 * 1,43 * 12,82 + 0,4 * 1,43 * 1 * 13,92 = 138 \text{ T/m}^2$$

$$q_u = 138 - 1,43 * 2 = 135,14 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$q_d = \frac{135,14}{5} = 27,03 \text{ T/m}^2$$

El resultado obtenido del valor soporte para diseño de 27,03 T/m². Se utiliza el factor de seguridad de 5, por el tipo de suelo que se tiene. El cual está dentro de los rangos consultados, siendo la fuente de consulta el trabajo de graduación titulado “Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1” del ingeniero Jadenon Cabrera en la página 44, que indica que el valor soporte permisible de un suelo arcilloso a arcillo-arenoso con solidez mediana de 22 a 43 T/m².

3.3. Diseño arquitectónico

Se realizó un diseño mediante el software AutoCad 2016 para facilitar el desarrollo del proyecto, con el cual se proporcionan detalles y correcciones a gusto de la comunidad.

Se tomó la opinión del ente encargado de la ejecución del proyecto para su aprobación en la utilización del sistema estructural propuesto, tomando en cuenta su funcionabilidad y economía.

3.3.1. Distribución de ambientes

Se diseñó una estructura acorde a los requerimientos para edificios educativos tradicionales, siendo un edificio con dos plantas, la distribución es la siguiente:

- Primer nivel: dirección, salón de reuniones y 2 aulas.
- Segundo nivel: 4 aulas.
- Los servicios sanitarios se dispondrán fuera de la estructura dentro del terreno de construcción.
- Módulo de gradas.

3.3.2. Altura del edificio

Por ser una edificación educativa la altura eficaz debido a los factores climáticos del lugar y la cantidad de estudiantes, será de 3,5 m de suelo a techo.

3.3.3. Selección del sistema estructural

Para este proyecto se consideran distintos criterios de diseño, como: economía, estética, resistencia requerida, disponibilidad de los materiales, ámbitos culturales y la técnica de construcción.

Sabiendo que Guatemala es un país sísmico y según el código AGIES 2018, se debe tomar varios aspectos por lo que se eligió un sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos, los cuales se componen de columnas, vigas, losa plana, muros, tabiques y divisiones.

3.4. Análisis estructural

Es el procedimiento que se realiza para determinar el comportamiento que tiene una estructura, al ser afectada por factores externos que la debilitan, como cargas verticales o gravitacionales y horizontales como cargas por sismo.

En este proyecto se aplicó el método de Kani y se comparó con el software de diseño Etabs 2016.

3.4.1. Predimensionamiento estructural

Se denomina predimensionamiento, al procedimiento de proporcionar medidas provisionales a los elementos estructurales, previos a realizar un análisis estructural, mediante procedimientos analíticos o con base a experiencia que se adquiere por la edificación de obras similares anteriores.

- Predimensionamiento de vigas

Existen varios criterios para predimensionar una viga, el más utilizado es el que toman en cuenta la longitud conforme a la luz libre de la misma, para este procedimiento se toma en cuenta la longitud de la viga más grande y asumir por cada metro de largo ocho centímetros de altura. El ancho de la viga queda a criterio del diseñador siempre y cuando no sea mayor al ancho de las columnas, aplicando este criterio el ancho será la mitad de la altura de las vigas.

$$\textit{longitud de viga} = 6,5 \textit{ m}$$

$$h_{\textit{viga}} = L_{\textit{viga}} * 0,08 = 6,5\textit{m} * 0,08 = 0,52\textit{m}$$

Utilizando el método del ACI 318-11, se determina la altura de la viga de forma siguiente.

Figura 3. **Espesor de vigas según el código ACI**

	Espesor mínimo, <i>h</i>			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a 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: American Concrete Institute ACI 318-11. p. 130.

$$h_{viga} = \frac{L_{viga}}{18,5} = \frac{6,5m}{18,5} = 0,35 m$$

Aplicando un promedio de los resultados obtenidos.

$$h_{promedio} = \frac{(0,52 + 0,35)}{2} = \frac{0,87}{2} = 0,44 m$$

Se propone para las vigas las dimensiones siguientes 0,50 m de altura * 0,25 m de ancho.

- Predimensionamiento de columnas

El procedimiento para predimensionar columnas, se basa en la utilización de la carga axial que se aplica a la columna crítica y con eso determinar el área bruta de la sección de la columna, utilizando la ecuación (10-2) del código ACI 318-11, capítulo 10 sección 10.3.6.2, con este dato se propone una sección de columna, que cumpla con el área requerida.

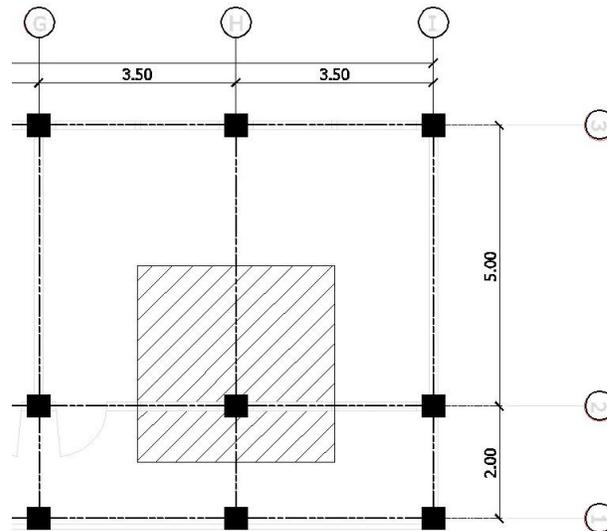
Para predimensionar las columnas utilizará la siguiente ecuación:

$$P_u = 0,80 (0,85f'c * (A_g - A_s) + f_y * A_s)$$

Donde

- P_u = carga que soporta la columna
- $f'c$ = resistencia del concreto a compresión (210 Kg/cm²)
- f_y = resistencia del acero a flexión (2 810 Kg/cm²)
- A_g = Área gruesa de la sección
- A_s = Área de sección de acero, de 1 % a 6 % de A_g . Se asume A_s = 2 %
- A_g
- Área tributaria en la columna crítica: 13,22 m²

Figura 4. Área tributaria de columna



Fuente: elaboración propia, empleando AUTOCAD 2014.

Para el cálculo de una columna crítica se usará la siguiente integración:

- Losa: $13,22 \text{ m}^2 * 2400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,10 \text{ m} = 3172,8 \text{ Kg}$
- Vigas: $((4,7 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 0,3 \text{ m}) + (1,7 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 0,3 \text{ m})) * 2400 \text{ Kg/m}^3 = 2304 \text{ Kg}$
- Sobrecarga: $13,22 \text{ m}^2 * 75 \text{ Kg/m}^2 = 991,5 \text{ Kg}$
- Carga viva Techo: $13,22 \text{ m}^2 * 100 \text{ Kg/m}^2 = 1322 \text{ Kg}$
- Carga viva 1er. Nivel: $13,22 \text{ m}^2 * (500 \text{ Kg} + 300 \text{ Kg}) = 10576 \text{ Kg}$
- Losa + viga + sobrecarga: $3172,8 \text{ Kg} + 2304 \text{ Kg} + 991,5 \text{ Kg} = 6468,3 \text{ Kg}$
- Losa + viga + sobrecarga + CVtecho + CV1er.nivel: $(6468,3 \text{ Kg} * 2) + 1322 \text{ Kg} + 10576 \text{ Kg} = 24834,6 \text{ Kg}$

$$P_u = 0,80 (0,85f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s)$$

$$24\,834,6\text{ Kg} = 0,80 (0,85 * 210 * (Ag - 0,02Ag) + 2\,810 * 0,02Ag)$$

$$24\,834,6\text{ Kg} = 0,80(178,5Ag - 3,57Ag + 56,2Ag)$$

$$24\,834,6\text{ Kg} = 184,9\text{ Ag}$$

$$Ag = \frac{24\,834,6\text{ Kg}}{184,9}$$

$$Ag = 134,24\text{ m}^2$$

Se propone para las columnas las dimensiones siguientes 0,30 m * 0,30 m, debido a estar cerca de la falla del Motagua y teniendo en cuenta que es una edificación de característica principal, pudiendo ser utilizada en casos de emergencia como albergues y centros de acopio.

- Predimensionamiento de losa

Se utilizó el criterio del perímetro de la losa dividido por 180, para losas en dos sentidos. Se trabajará con las losas de mayor dimensión.

Relación

- $m = \frac{a}{b} < 0,5$ la losa trabaja en un sentido.
- $m = \frac{a}{b} > 0,5$ la losa trabaja en dos sentidos.

Donde

- a= lado corto de la losa. a= 3,5 m

- $b =$ lado largo de la losa. $b = 5 \text{ m}$

$m = \frac{a}{b} = \frac{3,5}{5} = 0,7$, la losa trabaja en 2 sentidos.

- Espesor de losa

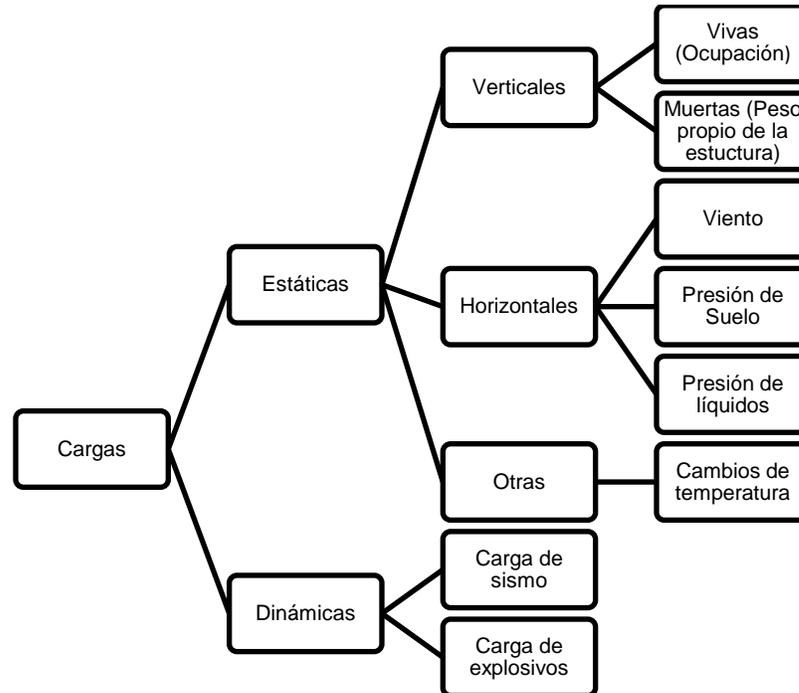
$$t = \frac{\text{perímetro de losa}}{180} = \frac{2(3,5 + 5)}{180} = 0,10 \text{ m}$$

Con el resultado obtenido se determina un espesor de losa de 10 cm.

3.4.2. Cargas aplicadas a marcos dúctiles con nudos rígidos

Las estructuras están sometidas a distintas cargas, las cuales deben ser clasificadas según su tipo de acción. Estos tipos de carga se dividen en cargas estáticas y cargas dinámicas, las cuales se subdividen de la siguiente forma:

Figura 5. Tipos de carga



Fuente: elaboración propia.

Definiéndose también de una forma más sencilla a los tipos de carga como:

- Carga estática: es la carga que se puede calcular casi al 100 %
- Carga dinámica: es la carga que no se puede calcular al 100 %

3.4.3. Integración de carga vertical

Estas cargas se dividen en cargas vivas y cargas muertas. Las cargas vivas se consideran de ocupación y varían de posición. Las cargas muertas son

consideradas como el peso propio de la estructura y son fijas en un lugar determinado.

- Cargas muertas utilizadas en el diseño
 - Peso del concreto: $2\,400\text{ kg/m}^3$
 - Peso de acabados: 100 kg/m^2
 - Peso de pañuelos: 96 kg/m^2
 - Sobrecarga: 75 kg/m^2
 - Peso del muro: 90 kg/m^2

- Cargas vivas utilizadas en el diseño
 - Aulas: 300 kg/m^2
 - Pasillos y escaleras: 500 kg/m^2
 - Techo: 100 kg/m^2

Tabla XII. **Cargas vivas de uso frecuente código AGIES**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m²)	Pv (Kg)
Vivienda		
Balcones	500	
Habitaciones y pasillos	200	
Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250	800
Áreas de cafetería	500	
Hospitales		
Pasillos	500	450
Clínicas y encamamiento	250	
Servicios médicos y laboratorios	350	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	
Hoteles		
Habitaciones	200	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de lectura de biblioteca	200	400
Áreas de estanterías de biblioteca	700	800
Reunión		
Escaleras privadas	300	ver 3,3 (d)
Escaleras públicas	500	ver 3,3 (d)
Balcones	500	
Vestíbulos públicos	500	
Plazas a nivel de calle	500	800
Salones con asiento fijo	300	
Salones sin asiento fijo	500	800
Escenarios y circulaciones	500	
Garajes		
Garajes para automóviles de pasajeros	250	ver 3,3 (c)
Garajes para vehículos de carga (2,000Kg)	500	ver 3,3 (c)
Rampas de uso colectivo	750	ver 3,3 (c)
Corredores de circulación	500	ver 3,3 (c)
Servicio y reparación	500	ver 3,3 (c)

Continuación de la tabla XII.

Instalaciones deportivas públicas		
Zonas de circulación	500	
Zonas de asientos	400	
Zonas sin asientos	800	
Canchas deportivas	ver nota (a)	
Almacenes		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1 200
Bodegas		
Carga liviana	600	800
Carla pesada	1 200	1 200
Fábricas		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1 000	1 200
Cubierta pesada (inciso 3,3 (f))		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 (b)	
Cubiertas usadas para jardín o para reuniones	500	
Cubiertas livianas (incisos 3,3 (g))		
Techos de lámina, tejas, cubiertas plásticas, lonas, Etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 (b)	
Nota		
(a) Depende del tipo de cancha		
(b) Sobre proyecciones horizontales		

Fuente: AGIES NSE 2-10 p. 6,7.

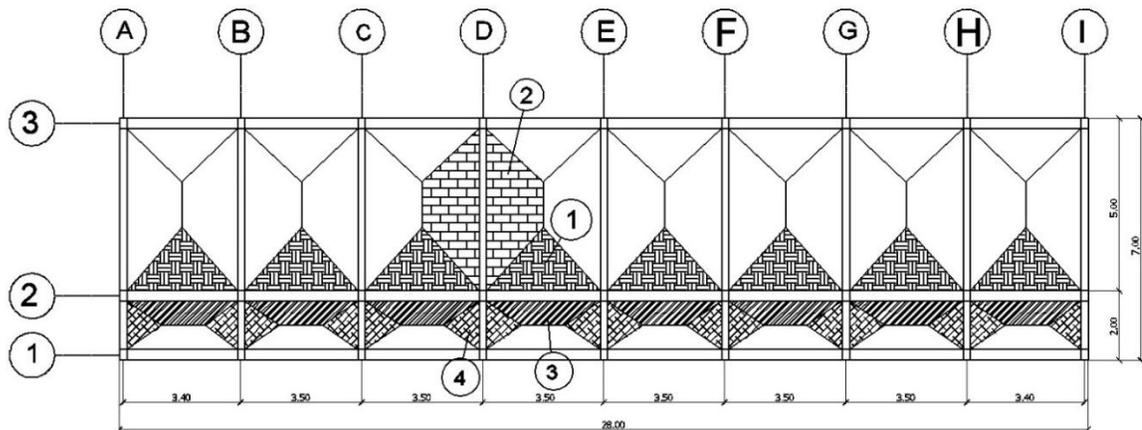
3.4.4. Cálculo de cargas verticales en marcos dúctiles

Toda estructura se diseña para resistir distintas cargas, se diseñan para soportar cargas verticales, siendo el peso propio de la estructura. Para el diseño de esta edificación se utilizará el código AGIES, el cual recomienda cargas según el uso del proyecto.

3.4.5. Integración de carga vertical

Para la integración de cargas verticales se siguen los siguientes pasos:

Figura 6. Integración de cargas y áreas tributarias



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

- Áreas tributarias (A_t)

$$Area\ 1 = \frac{(1,70)(1,70)}{2} * 2 = 2,89\ m^2$$

$$Area\ 2 = \frac{(5 + 1,6)}{2} * 1,70 = 5,61\ m^2$$

$$Area\ 3 = \frac{(3,5 + 1,5)}{2} * 1 = 2,5\ m^2$$

$$Area\ 4 = \frac{(1)(1)}{2} * 2 = 1\ m^2$$

$$eje D = A2 + A2 = 5,61 + 5,61 = 11,22 m^2$$

$$eje D = A4 + A4 = 1 + 1 = 2 m^2$$

$$eje 2 = A1 + A3 = 2,89 + 2,5 = 5,39 m^2$$

- Integración de cargas
 - EJE D segundo nivel

$$\text{Área} = 11,22 m^2 \quad L1 = 5 m, \quad \text{Área} = 2 m^2 \quad L2 = 2 m$$

- Carga muerta para L1

$$Losa = \frac{11,22 * 0,10 * 2400}{5} = 538,56 Kg/m$$

$$sobrecarga = \frac{11,22 * 75}{5} = 168,30 Kg/m$$

$$Pañuelos = \frac{11,22 * 96}{5} = 215,42 Kg/m$$

$$Vigas = (0,5 - 0,10) * 0,3 * 2400 = 288 Kg/m$$

$$\text{Total carga muerta} = 1210,28 Kg/m$$

- Carga viva para L1

$$CV = \frac{11,22 * 100}{5} = 224,4 Kg/m$$

- EJE D primer nivel

$$Losa = \frac{11,22 * 0,10 * 2\ 400}{5} = 538,56\ Kg/m$$

$$sobrecarga = \frac{11,22 * 75}{5} = 168,3\ Kg/m$$

$$Acabados = \frac{11,22 * 100}{5} = 224,4\ Kg/m$$

$$Vigas = (0,5 - 0,10) * 0,3 * 2\ 400 = 288\ Kg/m$$

$$Muros = \frac{90 * 5 * 3,5}{5} = 315\ Kg/m$$

Total carga muerta= 1 534,26 Kg/m

- Carga viva

$$CV = \frac{11,22 * 300}{5} = 673,2\ Kg/m$$

- EJE D segundo nivel

- Carga muerta para L2

$$Losa = \frac{2 * 0,10 * 2\ 400}{2} = 240\ Kg/m$$

$$sobrecarga = \frac{2 * 75}{2} = 75\ Kg/m$$

$$\text{Pañuelos} = \frac{2 * 96}{2} = 96 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Vigas} = (0,5 - 0,10) * 0,3 * 2\,400 = 288 \text{ Kg/m}$$

Total carga muerta= 699 Kg/m

- Carga viva para L2

$$\text{CV} = \frac{2 * 100}{2} = 100 \text{ Kg/m}$$

- EJE D primer nivel

$$\text{Losa} = \frac{2 * 0,10 * 2\,400}{2} = 240 \text{ Kg/m}$$

$$\text{sobrecarga} = \frac{2 * 75}{2} = 75 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Acabados} = \frac{2 * 100}{2} = 100 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Vigas} = (0,5 - 0,10) * 0,3 * 2\,400 = 288 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Muros} = \frac{90 * 2 * 3,5}{2} = 315 \text{ Kg/m}$$

Total carga muerta= 1 018 Kg/m

- Carga viva

$$CV_{aula} = \frac{2 * 300}{2} = 300 \text{ Kg/m}$$

$$CV_{pasillo} = \frac{2 * 500}{2} = 500 \text{ Kg/m}$$

Total carga viva: 800 Kg/m

- EJE 2 segundo nivel

$$\text{Área} = 5,39 \text{ m}^2 \quad L = 3,5 \text{ m}$$

- Carga muerta

$$Losa = \frac{5,39 * 0,10 * 2\ 400}{3,5} = 369,6 \text{ Kg/m}$$

$$sobrecarga = \frac{5,39 * 75}{3,5} = 115,5 \text{ Kg/m}$$

$$Pañuelos = \frac{5,39 * 96}{3,5} = 147,84 \text{ Kg/m}$$

$$Vigas = (0,5 - 0,10) * 0,3 * 2\ 400 = 288 \text{ Kg/m}$$

Total carga muerta= 920,94 Kg/m

- Carga viva

$$CV = \frac{5,39 * 100}{3,5} = 154 \text{ Kg/m}$$

- EJE 2 primer nivel

$$Losa = \frac{5,39 * 0,10 * 2\ 400}{3,5} = 369,6 \text{ Kg/m}$$

$$sobrecarga = \frac{5,39 * 75}{3,5} = 115,5 \text{ Kg/m}$$

$$Acabados = \frac{5,39 * 100}{3,5} = 154 \text{ Kg/m}$$

$$Vigas = (0,5 - 0,10) * 0,3 * 2\ 400 = 288 \text{ Kg/m}$$

$$Muros = \frac{90 * 3,5 * 3,5}{3,5} = 315 \text{ Kg/m}$$

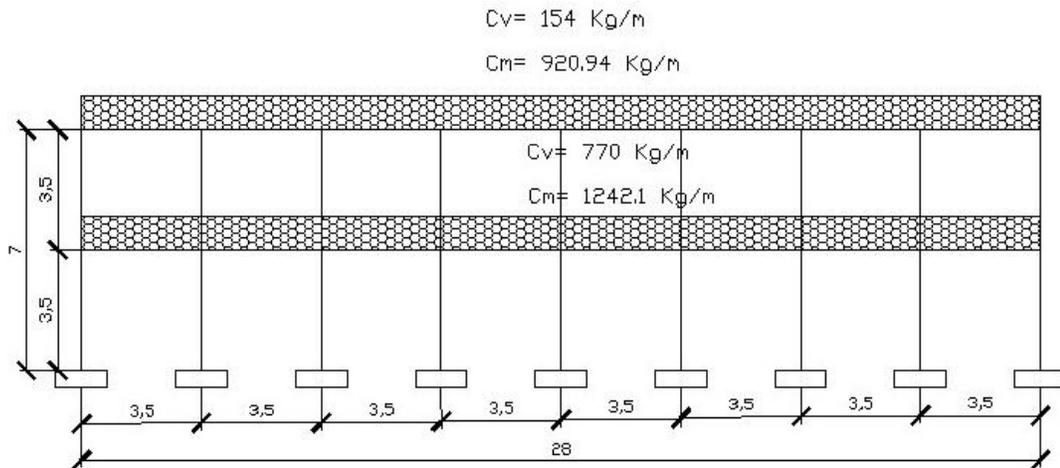
Total, carga muerta= 1 242,1 Kg/m

- Carga viva

$$CVaula = \frac{5,39 * 500}{3,5} = 770 \text{ Kg/m}$$

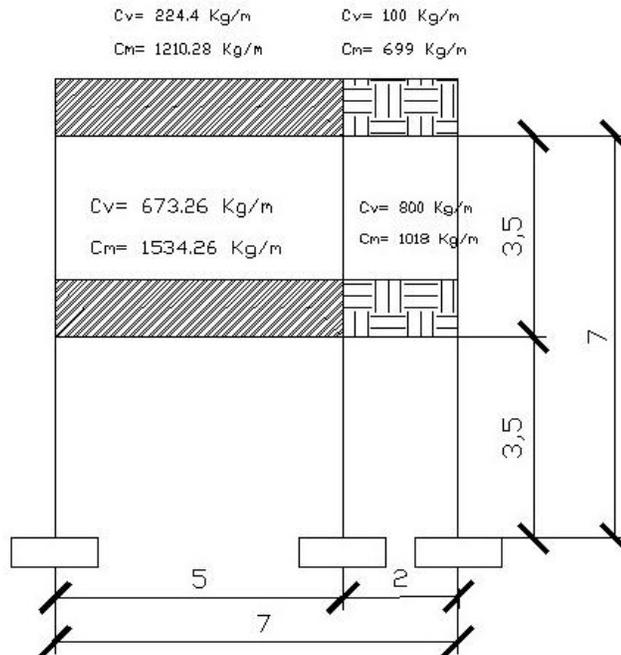
- Cargas de la estructura

Figura 7. Integración de cargas del eje D



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 8. Integración de cargas del eje 2



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

- Carga muerta 2do. Nivel

$$Losa = 0,10 \text{ m} * 210,16 \text{ m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 50\,438,4 \text{ Kg}$$

$$Vigas = 134,4 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 48\,384 \text{ Kg}$$

$$Columnas = 0,3 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 31,5 \text{ m} * 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 6\,804 \text{ Kg}$$

$$Pañuelos = 210,16 \text{ m}^2 * 96 \text{ Kg/m}^2 = 20\,175,4 \text{ Kg}$$

$$Muros = 107,4 \text{ m}^2 * 90 \text{ Kg/m}^2 = 9\,666 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga total} = 135\,467,8 \text{ Kg}$$

- Carga muerta 1er. Nivel

$$Losa = 0,10 \text{ m} * 210,16 \text{ m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 50\,438,4 \text{ Kg}$$

$$Vigas = 134,4 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 48\,384 \text{ Kg}$$

$$Columnas = 94,5 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 2\,400 \text{ Kg/m}^3 = 20\,412 \text{ Kg}$$

$$Acabados = 210,16 \text{ m}^2 * 100 \text{ Kg/m}^2 = 21\,016 \text{ Kg}$$

$$Muros = 187,95 \text{ m}^2 * 90 \text{ Kg/m}^2 = 16\,915,5 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga total} = 157\,165,9 \text{ Kg}$$

- Peso total 2do. nivel

$$Wt2 = Wm2 + (Wv2 * 0,25) = 135\ 467,8\ Kg + \left[\left(100 \frac{Kg}{m^2} * 7m * 28m \right) * 0,25 \right]$$

$$= 140\ 367,8\ Kg$$

- Peso total 1er. Nivel

$$Wt1 = Wm1 + (Wv2 * 0,25)$$

$$= 157\ 165,9\ Kg + \left[\left(300 \frac{Kg}{m^2} * 5m * 28m \right) + \left(500 \frac{Kg}{m^2} * 28m * 2m \right) \right]$$

$$* 0,25] = 174\ 665,9\ Kg$$

- Carga total de la estructura

$$Wtotal = Wt2 + Wt1 = 140\ 367,8 + 174\ 665,9\ Kg$$

$$\text{Carga total} = 315\ 033,7\ Kg = 315,03\ \text{toneladas}$$

3.4.6. Cargas horizontales según método AGIES 2018

Con las fuerzas horizontales se utiliza el código AGIES 2018, que da el cálculo de los efectos sísmicos sobre una estructura, determinando deformaciones causadas a las columnas. A esta fuerza que actúa sobre la estructura se le llama corte basal.

Para la integración de cargas verticales se deben seguir los siguientes pasos:

- Características del sitio y edificación

- Fuente de sismo tipo C, tipo de suelo suave, falla geológica a 10 km, edificación importante, sismo severo, sistema E1.

$$I_o = 4,1, S_{cr} = 1,30g, S_{1r} = 0,5g.$$

- Período de vibración empírico.

$$T_a = Kt(h)^x = 0,047(7)^{0,9} = 0,27 \text{ segundos}$$

- Ajuste por intensidad sísmica.

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a = 1,30g * 0,9 * 1 = 1,17g$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v = 0,5g * 2,4 * 1 = 1,2g$$

- Espectro calibrado al nivel del diseño requerido.

$$S_{cd} = K_d * S_{cs} = 0,8 * 1,17g = 0,94g$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s} = 0,8 * 1,2g = 0,96g$$

- Período de transición.

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{1,2g}{1,17g} = 1,03$$

$$T_o = 2T_s = 2 * 1,03 = 2,06$$

- Ordenadas espectrales.

$$Sa(T) = Scd \text{ Si } To \leq Ta \leq Ts$$

$$Sa(T) = \frac{S1d}{T} \text{ Si } Ta > Ts$$

$$Sa(T) = Scd \left[0,4 + 0,6 \left(\frac{Ta}{To} \right) \right] \text{ Si } Ta < To$$

$$\text{Se usará } Sa(T) = Scd \left[0,4 + 0,6 \left(\frac{Ta}{To} \right) \right]$$

$$Sa(T) = 0,94 * \left[0,4 + 0,6 \left(\frac{0,27}{2,06} \right) \right] = 0,45$$

- Coeficiente sísmico al límite de sedancia.

$$Csm = \frac{Sa(T)}{R} = \frac{0,45}{8} = 0,06$$

- Valor mínimo de C

$$Cs \geq 0,044Scd \geq 0,1 = 0,06 \geq 0,044 * 0,94 \geq 0,1 = 0,06 \geq 0,041 \geq 0,1$$

- Corte basal

$$V = Cs * W = 0,06 * 315\,033,7 \text{ Kg} = 18\,902,02 \text{ Kg} = 18,90 \text{ Toneladas}$$

- Distribución vertical de fuerza sísmica.

Tabla XIII. **Número de marcos por eje**

Eje Y / Eje 2	3
Eje X / Eje D	9

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Fuerza sísmica por nivel**

Nivel	Wi (ton)	H (m)	Wi*H	Cvx	Fx (Ton)
3	0	0	0	0.00	0.00
2	145,66	7	1 019,62	0,60	11,43
1	190,54	3,5	666,89	0,40	7,47
			1 686,51		18,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Fuerza sísmica por eje**

Nivel	Fx (Ton)	Eje x (ton)	Eje Y (ton)
3	0.00	0.00	0.00
2	11,43	1,27	5,71
1	7,47	0,83	3,74

Fuente: elaboración propia.

- Carga sísmica por torsión.

- Centro geométrico

$$X = \frac{(17,5 * 1,75) + (17,5 * 5,25) + (17,5 * 8,75) + (17,5 * 12,25) + (17,5 * 15,75) + (17,5 * 19,25) + (17,5 * 22,75) + (17,5 * 26,25) + (7 * 1,75) + (7 * 5,25) + (7 * 8,75) + (7 * 12,25) + (7 * 15,75) + (7 * 19,25) + (7 * 22,75) + (7 * 26,25)}{(8 * 17,5) + (8 * 7)}$$

$$= \frac{2744}{196} = 14 \text{ m}$$

$$Y = \frac{[8 * (17,5 * 4,5)] + [8 * (7 * 1)]}{(8 * 17,5) + (8 * 7)} = \frac{686}{196} = 3,5 \text{ m}$$

- Centro de masa.

- Carga muerta para los dos niveles para losas 1 a 8

$$Losa = 3,5 * 5 * 0,10 * 2400 = 4200 \text{ Kg}$$

$$Sobrecarga = 3,5 * 5 * 75 = 1312,5 \text{ Kg}$$

$$Total = 5512,5 \text{ Kg}$$

- Carga muerta para los dos niveles para losas 9 a 16

$$Losa = 3,5 * 2 * 0,10 * 2400 = 1680 \text{ Kg}$$

$$Sobrecarga = 3,5 * 2 * 75 = 525 \text{ Kg}$$

$$Total = 2205 \text{ Kg}$$

- Carga viva 2do nivel para losas 1 a 8

$$W = 3,5 * 5 * 100 = 1\ 750\ Kg$$

- Carga viva 2do nivel para losas 9 a 16

$$W = 3,5 * 2 * 100 = 700\ Kg$$

- Carga viva 1er nivel para losas 1 a 8

$$W = 3,5 * 5 * 300 = 5\ 250\ Kg$$

$$W = 3,5 * 5 * 500 = 8\ 750\ Kg$$

$$Total = 14\ 000\ Kg$$

- Carga viva 1er nivel para losas 9 a 16

$$W = 3,5 * 2 * 300 = 2\ 100\ Kg$$

$$W = 3,5 * 2 * 500 = 3\ 500\ Kg$$

$$Total = 5\ 600\ Kg$$

- Carga de muros

$$W_{muro} = 35,8\ m * 90 \frac{Kg}{m^2} * 3,5\ m = 11\ 277\ Kg$$

Tabla XVI. Centro de masa para eje X primer nivel

Cmx 1er nivel						
Losa	Área	Wcm (losa+sc)	wcv	w total	L mts	Wi*li
1	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	3,5	68 293,8
2	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	7	136 588
3	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	10,5	204 881
4	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	14	273 175
5	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	17,5	341 469
6	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	21	409 763
7	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	24,5	478 056
8	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	28	546 350
9	7	2 205	5 600	7 805	3,5	27 317,5
10	7	2 205	5 600	7 805	7	54 635
11	7	2 205	5 600	7 805	10,5	81 952,5
12	7	2 205	5 600	7 805	14	109 270
13	7	2 205	5 600	7 805	17,5	136 588
14	7	2 205	5 600	7 805	21	163 905
15	7	2 205	5 600	7 805	24,5	191 223
16	7	2 205	5 600	7 805	28	218 540
muros				11 277	14	157 878
				229 817		3 599 883

Cmx	16
------------	-----------

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Centro de masa para eje Y primer nivel

Cmy 1er nivel						
Losa	Área	Wcm (losa+sc)	wcv	w total	L mts	Wi*li
1	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
2	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
3	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
4	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
5	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
6	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
7	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
8	17,5	5 512,5	14 000	19 512,5	4,5	87 806,3
9	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805

Continuación de la tabla XVII:

10	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
11	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
12	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
13	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
14	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
15	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
16	7	2 205	5 600	7 805	1	7 805
muros				11 277	3,5	39 469,5
				229 817		804 360
Cmy	3,5					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Centro de masa para eje X segundo nivel**

Cmx 2do nivel						
Losa	Área	Wcm (losa+sc)	wcv	w total	L mts	Wi*li
1	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	3,5	25 418,8
2	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	7	50 837,5
3	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	10,5	76 256,3
4	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	14	101 675
5	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	17,5	127 094
6	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	21	152 513
7	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	24,5	177 931
8	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	28	203 350
9	7	2 205	700	2 905	3,5	10 167,5
10	7	2 205	700	2 905	7	20 335
11	7	2 205	700	2 905	10,5	30 502,5
12	7	2 205	700	2 905	14	40 670
13	7	2 205	700	2 905	17,5	50 837,5
14	7	2 205	700	2 905	21	61 005
15	7	2 205	700	2 905	24,5	71 172,5
16	7	2 205	700	2 905	28	81 340
				81 340		1 281 105
Cmx	16					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Centro de masa para eje Y segundo nivel

Cmy 2do nivel						
Losa	Área	Wcm (losa+sc)	wcv	w total	L mts	Wi*li
1	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
2	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
3	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
4	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
5	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
6	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
7	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
8	17,5	5 512,5	1 750	7 262,5	4,5	32 681,3
9	7	2 205	700	2 905	1	2 905
10	7	2 205	700	2 905	1	2 905
11	7	2 205	700	2 905	1	2 905
12	7	2 205	700	2 905	1	2 905
13	7	2 205	700	2 905	1	2 905
14	7	2 205	700	2 905	1	2 905
15	7	2 205	700	2 905	1	2 905
16	7	2 205	700	2 905	1	2 905
				81 340		284 690
Cmy		3,5				

Fuente: elaboración propia.

- Fuerza sísmica por nivel

$$F_x = \frac{V * W_i H}{W_i H}$$

- Segundo nivel

$$F_x = \frac{18\,902,02 * 7 * 140\,367,8}{(7 * 140\,367,8) + (3,5 * 174\,665,9)} = 11\,652,29 \text{ Kg} = 11,65 \text{ Toneladas}$$

- Primer nivel

$$F_x = \frac{18\,902,02 * 3,5 * 174\,665,9}{(7 * 140\,367,8) + (3,5 * 174\,665,9)} = 7\,249,73 \text{ Kg} = 7,25 \text{ Toneladas}$$

- Centro de rigidez

- Segundo nivel

$$K_c = \frac{1}{\frac{11\,652,29 * 350^3}{3(15\,100 * \sqrt{210}) * (\frac{1}{12} * 30 * 30^3)} + \frac{1,2 * 11\,652,29 * 350}{(30 * 30 * 0,4 * 15\,100 * \sqrt{210})}}$$

$$= \frac{1}{3,733 + 0,037} = 0,09 \text{ cm}^{-1}$$

- Primer nivel

$$K_c = \frac{1}{\frac{7\,249,73 * 350^3}{12(15\,100 * \sqrt{210}) * (\frac{1}{12} * 30 * 30^3)} + \frac{1,2 * 7\,249,73 * 350}{(30 * 30 * 0,4 * 15\,100 * \sqrt{210})}}$$

$$= \frac{1}{0,61 + 0,02} = 0,56 \text{ cm}^{-1}$$

Tabla XX. Centro de rigidez para eje X primer nivel

CrX 1er nivel					
Marco	No. Columnas	Kc	Km	L	Km*L
A	3	0,56	1,68	0	0
B	3	0,56	1,68	3,5	5,88
C	3	0,56	1,68	7	11,76
D	3	0,56	1,68	10,5	17,64
E	3	0,56	1,68	14	23,52

Continuación de la tabla XX.

F	3	0,56	1,68	17,5	29,4
G	3	0,56	1,68	21	35,28
H	3	0,56	1,68	24,5	41,16
I	3	0,56	1,68	28	47,04
			15,12		211,68
Crx	14				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Centro de rigidez para eje Y primer nivel**

Cry 1er nivel					
Marco	No. Columnas	Kc	Km	L	Km*L
1	9	0,56	5,04	0	0
2	9	0,56	5,04	2	10,08
3	9	0,56	5,04	7	35,28
			15,12		45,36
Cry	3				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Centro de rigidez para eje X segundo nivel**

Crx 2do nivel					
Marco	No. Columnas	Kc	Km	L	Km*L
A	3	0,09	0,27	0	0
B	3	0,09	0,27	3,5	0,945
C	3	0,09	0,27	7	1,89
D	3	0,09	0,27	10,5	2,835
E	3	0,09	0,27	14	3,78
F	3	0,09	0,27	17,5	4,725

Continuación de la tabla XXII.

G	3	0,09	0,27	21	5,67
H	3	0,09	0,27	24,5	6,615
I	3	0,09	0,27	28	7,56
			2,43	34,02	
Crx	14				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Centro de rigidez para eje Y segundo nivel**

Cry 2do nivel					
Marco	No. Columnas	Kc	Km	L	Km*L
1	9	0,09	0,81	0	0
2	9	0,09	0,81	2	1,62
3	9	0,09	0,81	7	5,67
			2,43	7,29	
Cry	3				

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidades directas

$$ex = |Cmx - Crx| \quad , \quad ey = |Cmy - Cry|$$

- Segundo nivel

$$ex = |16 - 14| = 2 \quad , \quad ey = |3,5 - 3| = 0,5$$

- Primer nivel

$$ex = |16 - 14| = 2 \quad , \quad ey = |3,5 - 3| = 0,5$$

- Excentricidades indirectas $L_x = 28 \text{ m}$ $L_y = 7 \text{ m}$

- Segundo nivel

$$ex1 = 2 + (0,05 * 28) = 3,4$$

$$ex2 = 2 - (0,05 * 28) = 0,6$$

$$ey1 = 0,5 + (0,05 * 7) = 0,85$$

$$ey2 = 0,5 - (0,05 * 7) = 0,15$$

- Primer nivel

$$ex1 = 2 + (0,05 * 28) = 3,4$$

$$ex2 = 2 - (0,05 * 28) = 0,6$$

$$ey1 = 0,5 + (0,05 * 7) = 0,85$$

$$ey2 = 0,5 - (0,05 * 7) = 0,15$$

Tabla XXIV. **Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje X segundo nivel**

Eje X 2do nivel											
Eje	e	Fx	Km/10	Di	Di ²	Km*Fx	Km*Di	Km*Di ²	Vs	Vt	VT= Vs+Vt
A	3,4	11 652,29	0,027	-14	196	314,61	-0,378	5,29	1294,70	-754,62	540,07
	0,6									-133,17	1161,53
B	3,4	11 652,29	0,027	-10,5	110,25	314,61	-0,2835	2,98	1294,70	-565,97	728,73
	0,6									-99,88	1194,82
C	3,4	11 652,29	0,027	-7	49	314,61	-0,189	1,32	1294,70	-377,31	917,39
	0,6									-66,58	1228,11
D	3,4	11 652,29	0,027	-3,5	12,25	314,61	-0,0945	0,33	1294,70	-188,66	1106,04
	0,6									-33,29	1261,41
E	3,4	11 652,29	0,027	0	0	314,61	0	0,00	1294,70	0,00	1294,70
	0,6									0,00	1294,70
F	3,4	11 652,29	0,027	3,5	12,25	314,61	0,0945	0,33	1294,70	188,66	1483,36
	0,6									33,29	1327,99
G	3,4	11 652,29	0,027	7	49	314,61	0,189	1,32	1294,70	377,31	1672,01
	0,6									66,58	1361,28
H	3,4	11 652,29	0,027	10,5	110,25	314,61	0,2835	2,98	1294,70	565,97	1860,67
	0,6									99,88	1394,58
I	3,4	11 652,29	0,027	14	196	314,61	0,378	5,29	1294,70	754,62	2049,32
	0,6									133,17	1427,87
			0,243					19,85			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje Y segundo nivel**

Eje Y 2do nivel											
Eje	e	Fx	Km/10	Di	Di ²	Km*Fx	Km*Di	Km*Di ²	Vs	Vt	VT= Vs+Vt
1	0,85	11 652,29	0,0081	-3,5	12,25	94,38	-0,02835	0,0992	3884,10	-1295,91	2588,19
	0,15									-228,69	3655,41
2	0,85	11 652,29	0,0081	-1,5	2,25	94,38	-0,01215	0,0182	3884,10	-555,39	3328,71
	0,15									-98,01	3786,09
3	0,85	11 652,29	0,0081	3,5	12,25	94,38	0,02835	0,0992	3884,10	1295,91	5180,01
	0,15									228,69	4112,79
			0,0243					0,2167			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje X primer nivel**

Eje X 1er nivel											
Eje	e	Fx	Km/10	Di	Di ²	Km*Fx	Km*Di	Km*Di ²	Vs	Vt	VT= Vs+Vt
A	3,4	7 249,73	0,168	-14	196	1217,95	-2,352	32,93	805,53	-469,51	336,02
	0,6									-82,85	722,67
B	3,4	7 249,73	0,168	-10,5	110,25	1217,95	-1,764	18,52	805,53	-352,13	453,40
	0,6									-62,14	743,39
C	3,4	7 249,73	0,168	-7	49	1217,95	-1,176	8,23	805,53	-234,75	570,77
	0,6									-41,43	764,10
D	3,4	7 249,73	0,168	-3,5	12,25	1217,95	-0,588	2,06	805,53	-117,38	688,15
	0,6									-20,71	784,81
E	3,4	7 249,73	0,168	0	0	1217,95	0	0,00	805,53	0,00	805,53
	0,6									117,38	922,90
F	3,4	7 249,73	0,168	3,5	12,25	1217,95	0,588	2,06	805,53	20,71	826,24
	0,6									234,75	1040,28
G	3,4	7 249,73	0,168	7	49	1217,95	1,176	8,23	805,53	41,43	846,95
	0,6									352,13	1157,66
H	3,4	7 249,73	0,168	10,5	110,25	1217,95	1,764	18,52	805,53	62,14	867,67
	0,6									469,51	1275,03
I	3,4	7 249,73	0,168	14	196	1217,95	2,352	32,93	805,53	82,85	888,38
	0,6										
			1,512					123,48			

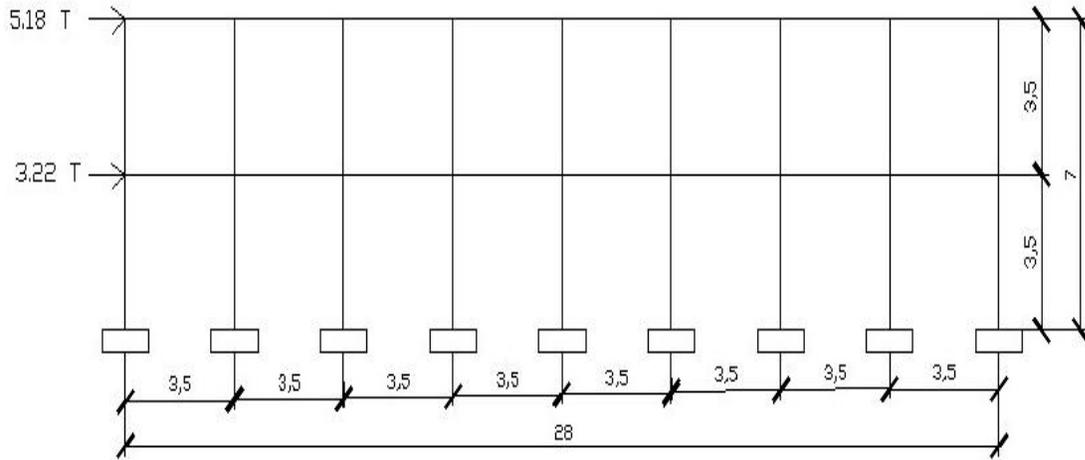
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Corte por sismo, Corte por torsión y corte total para eje Y primer nivel**

Eje Y 1er nivel											
Eje	e	Fx	Km/10	Di	Di ²	Km*Fx	Km*Di	Km*Di ²	Vs	Vt	VT= Vs+Vt
1	0,85	7 249,73	0,504	-3,5	12,25	3653,86	-1,764	6,174	2416,58	-806,28	1610,30
	0,15									-142,28	2274,29
2	0,85	7 249,73	0,504	-1,5	2,25	3653,86	-0,756	1,134	2416,58	-345,55	2071,03
	0,15									-60,98	2355,60
3	0,85	7 249,73	0,504	3,5	12,25	3653,86	1,764	6,174	2416,58	806,28	3222,86
	0,15									142,28	2558,86
			1,512					13,482			

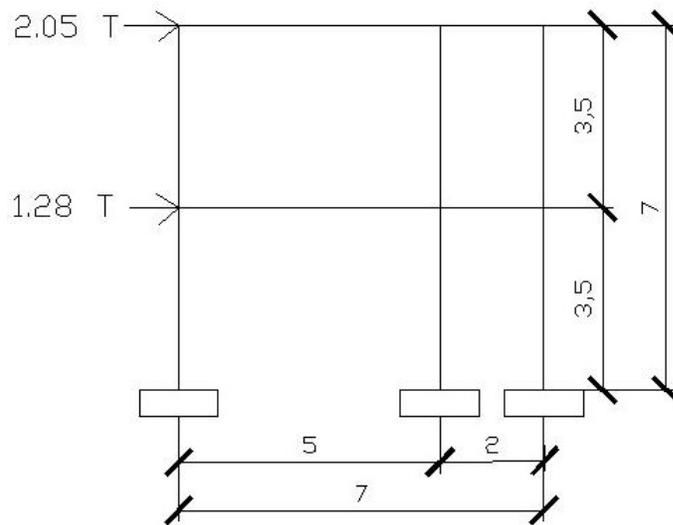
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Eje 4 sísmico



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 10. Eje B sísmico

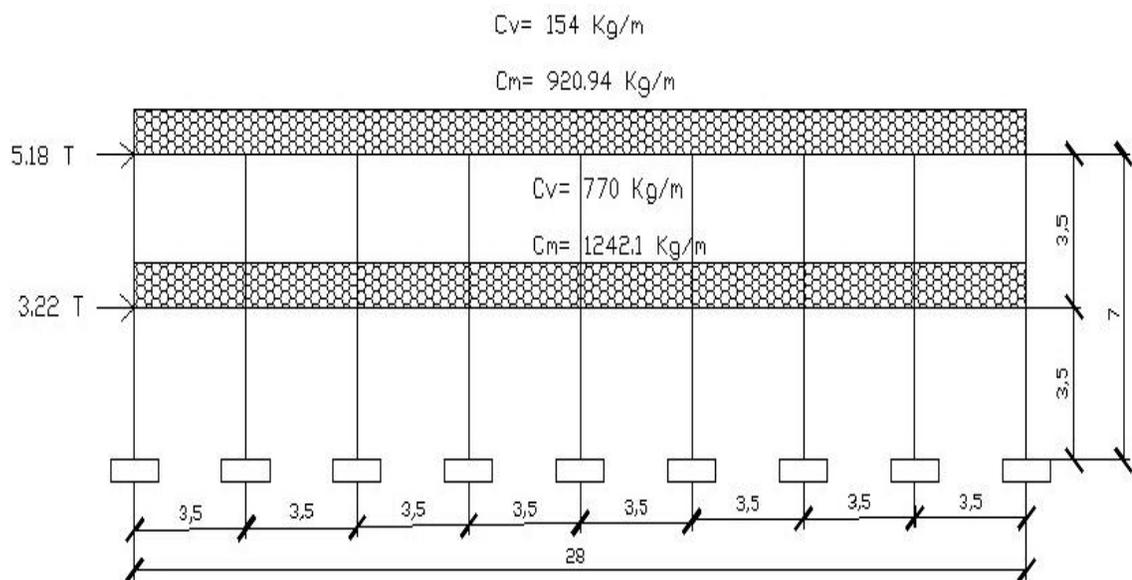


Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.4.7. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

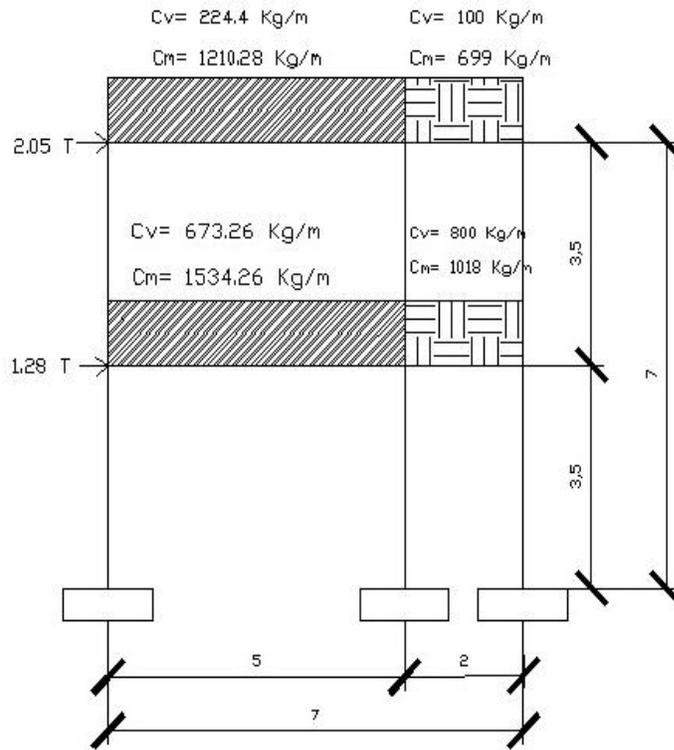
Los modelos matemáticos de los marcos dúctiles, son las representaciones gráficas que ayudan a analizar, de una forma empírica, las distintas situaciones a las que una estructura está sometida. Estos modelos sirven para realizar el análisis de nudos y el diseño estructural de la edificación, tomando en cuenta que se deben analizar los ejes X e Y.

Figura 11. Marco del eje 4 eje en X



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 12. Marco del eje B eje en Y



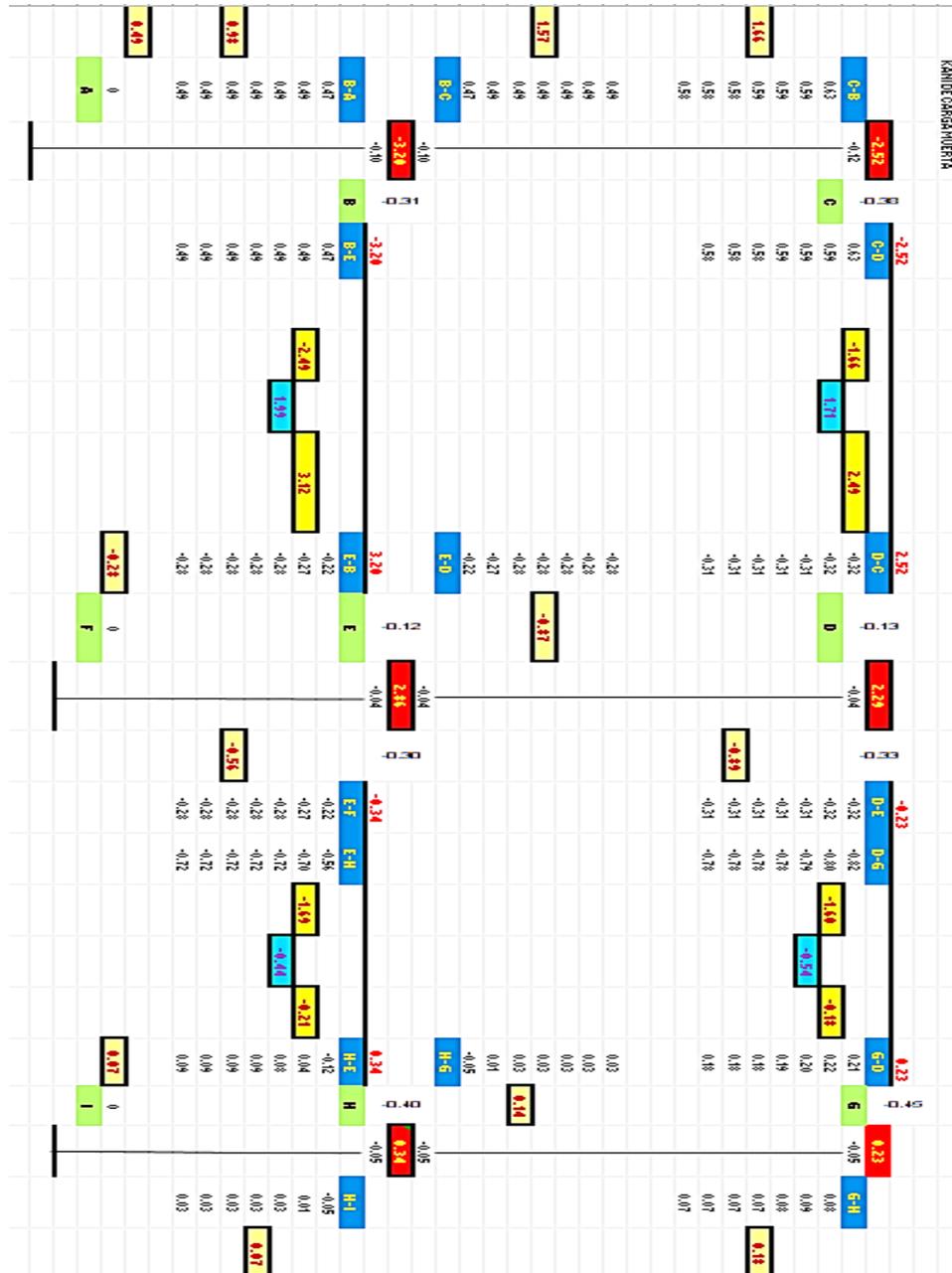
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.4.8. Análisis de marcos dúctiles usando software y comprobación por medio de un método numérico (Kani)

Se realiza un análisis de los marcos de la estructura, mediante la comparación del método numérico y la utilización con el software para determinar los aspectos en que la intervención de un programa y del procedimiento empírico puede variar. Se desarrolla mediante la aplicación del método de Kani, el cual es un procedimiento iterativo que analiza los nudos de la estructura y da un resultado de momentos en sus apoyos. Dando un ejemplo

del procedimiento realizado para el cálculo de momentos mediante el método de Kani.

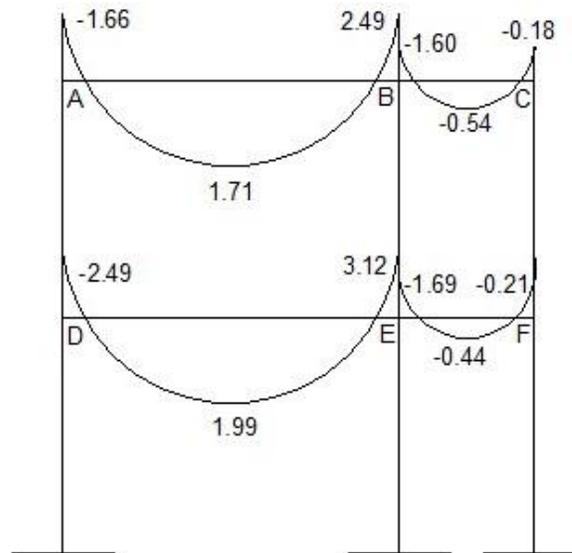
Figura 13. Método de Kani



Fuente: elaboración propia.

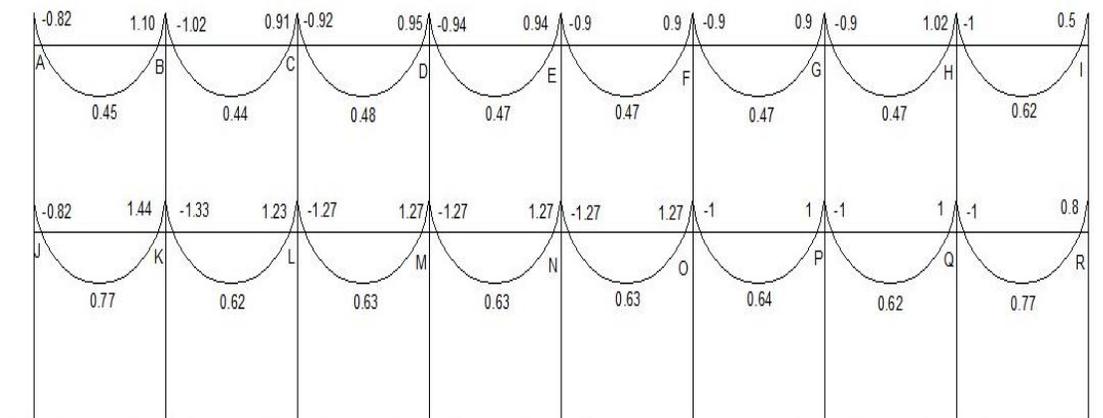
Se representan los momentos de la siguiente manera

Figura 14. **Momentos por carga muerta en vigas en el eje Y**



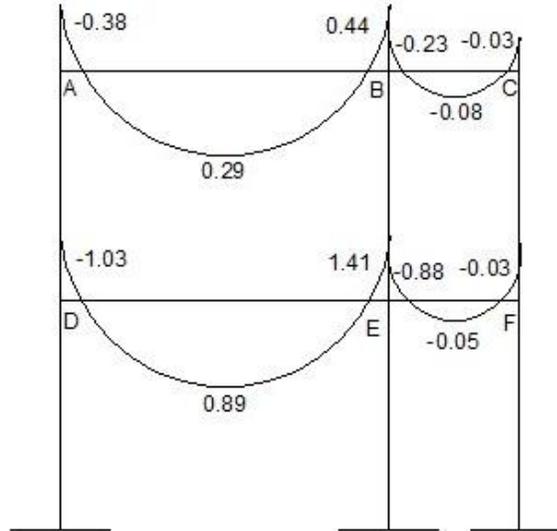
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 15. **Momentos por carga muerta en vigas para el eje X**



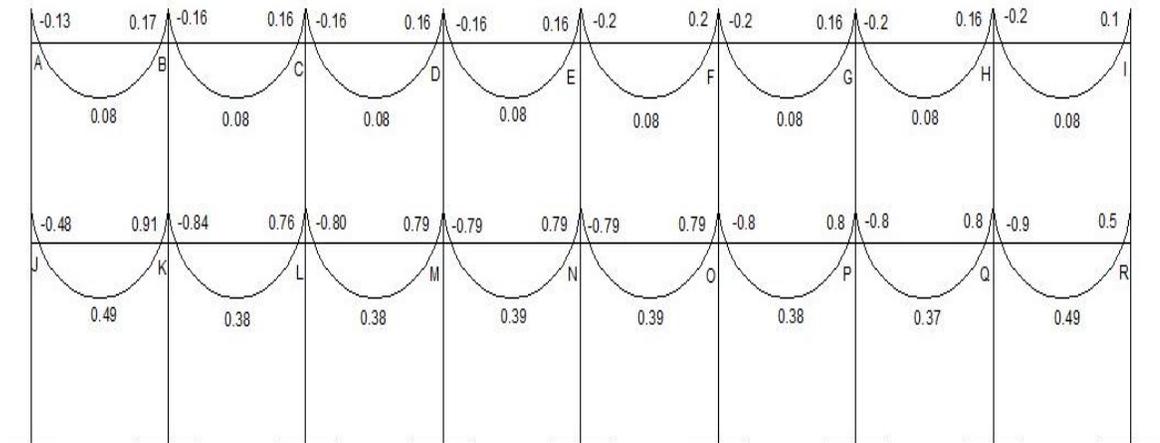
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 16. **Momentos por carga viva en vigas para el eje en Y**



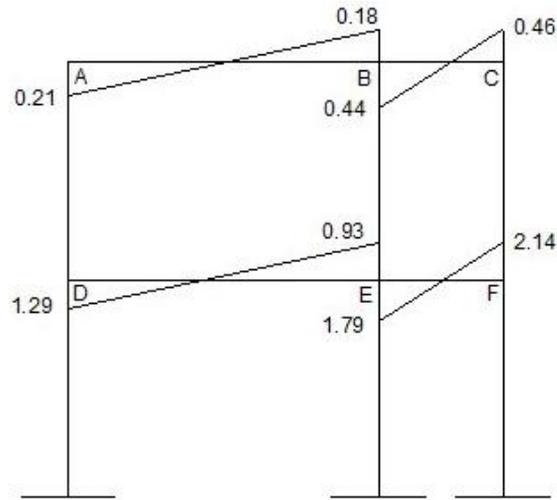
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 17. **Momentos por carga viva en vigas para el eje en X**



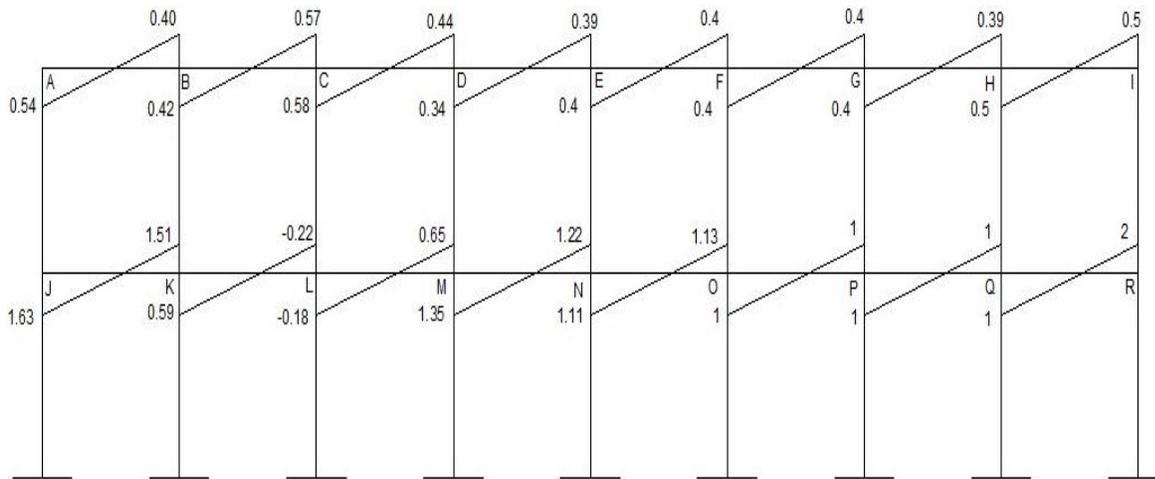
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 18. **Momentos por carga sísmica en vigas para el eje en Y**



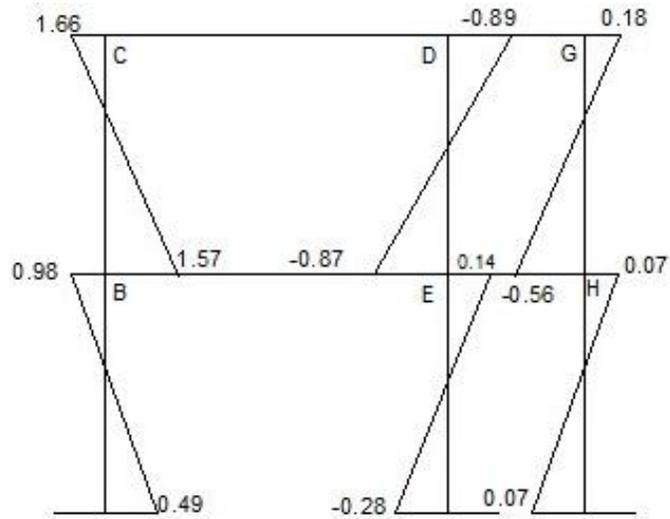
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 19. **Momentos por carga sísmica en vigas para el eje en X**



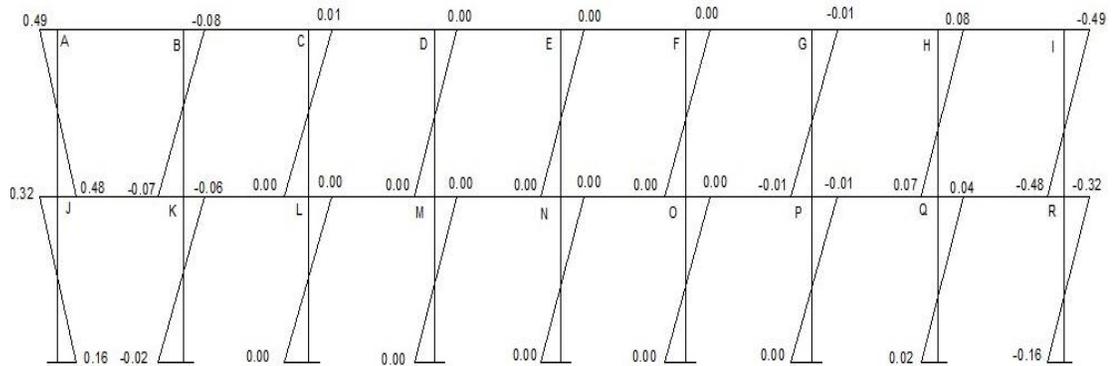
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 20. **Momentos por carga muerta en columnas en el eje Y**



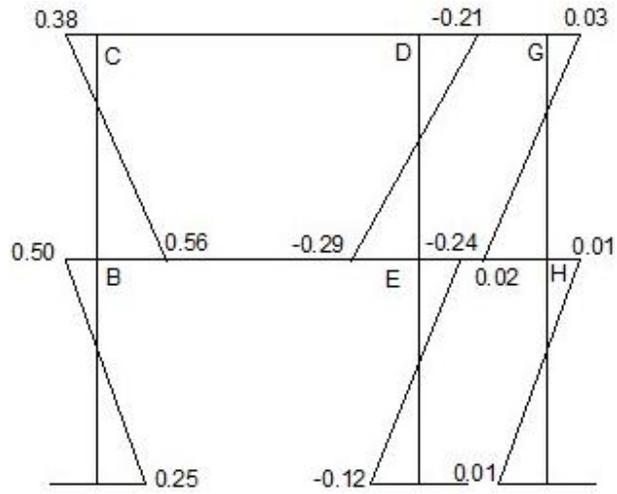
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 21. **Momentos por carga muerta en columnas en el eje X**



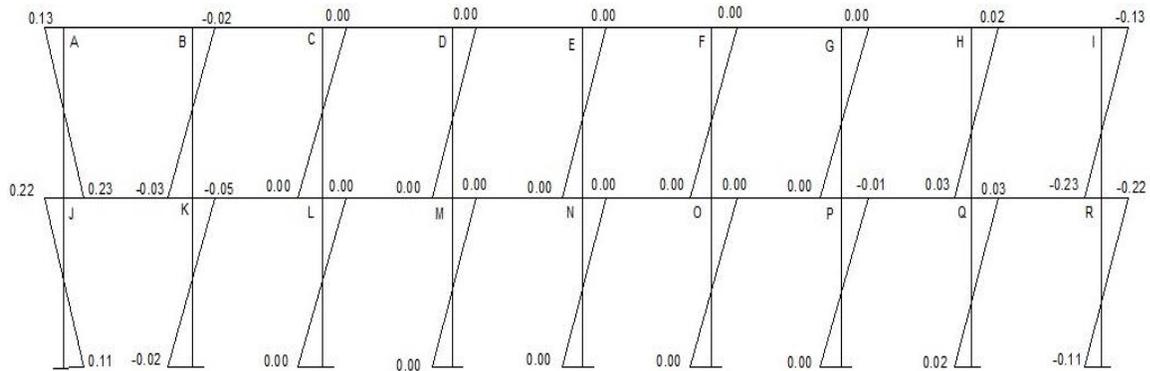
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 22. **Momentos por carga viva en columnas en el eje Y**



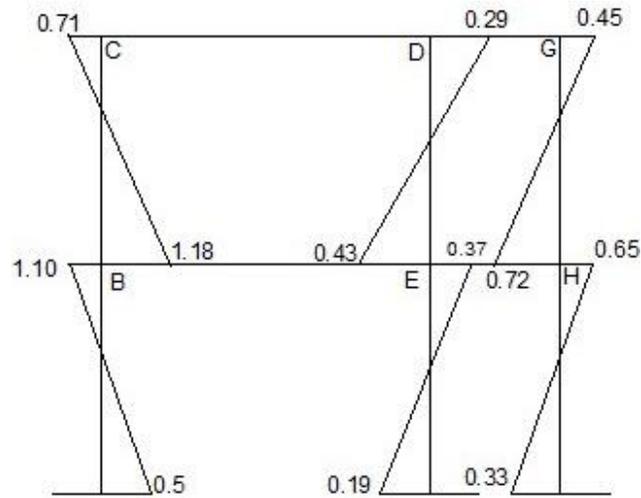
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 23. **Momentos por carga viva en columnas en el eje X**



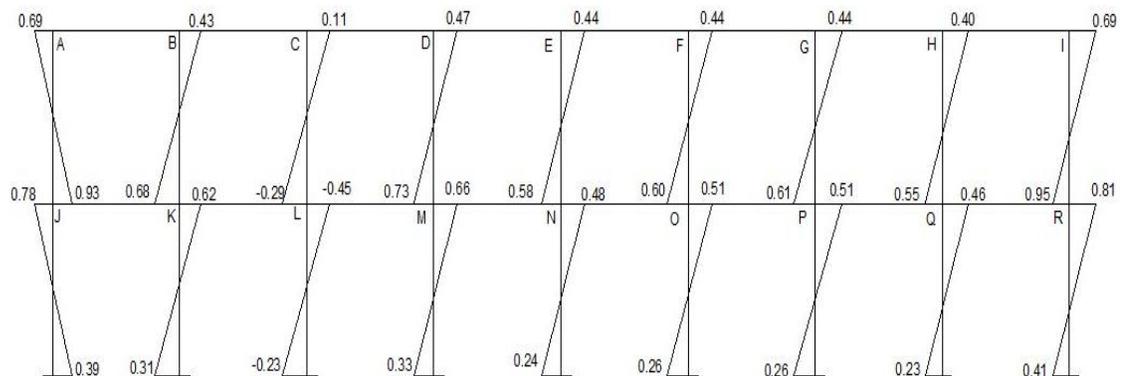
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 24. **Momentos por carga sísmica en columnas en el eje Y**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 25. **Momentos por carga sísmica en columnas en el eje X**

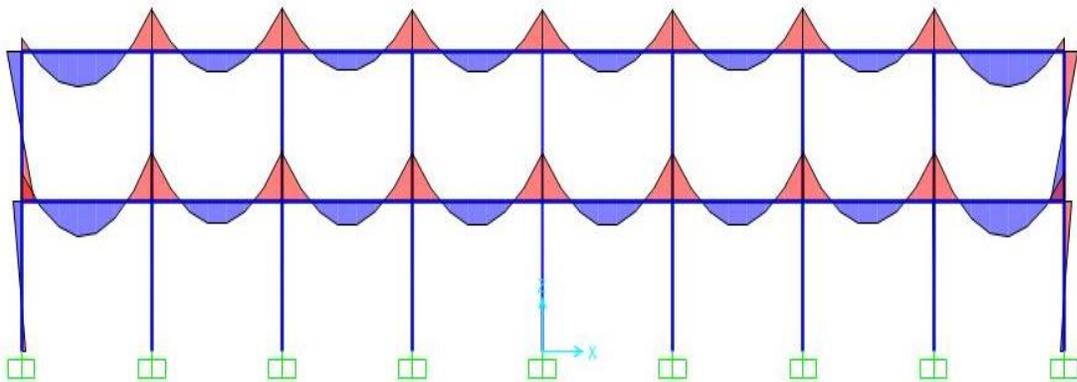


Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Como parte del análisis a la estructura, por métodos teóricos y software de diseño, los cuales son por medio del método de Kani y la utilización de

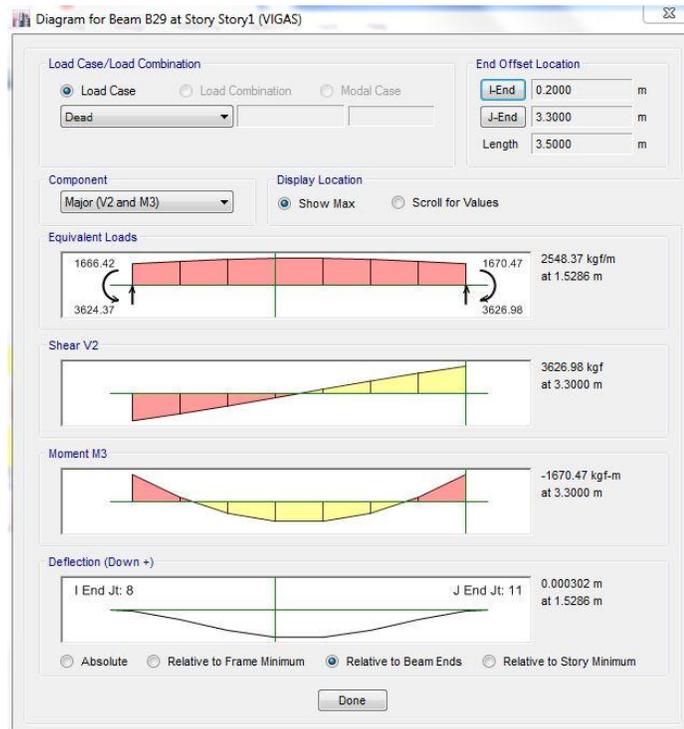
Etabs 2016, debe dar un resultado el cual tenga una diferencia de mínimo porcentaje entre los resultados de momentos obtenidos.

Figura 26. **Momentos por carga muerta en vigas para el eje X con ETABS 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 27. **Momentos por carga muerta en vigas para el eje X con ETABS 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

- Comparación de resultados

Los resultados obtenidos con el método de Kani indican que en los extremos de la viga km tiene un momento de 1 270 Kg-m y en el centro 630 Kg-m, evaluando la misma viga KM en el programa de ETABS 2016, indica que los momentos en los extremos de la viga son de 1 666,42 Kg-m y en el centro de 752 Kg-m, dando como resultado un porcentaje de 23 % para los momentos en los extremos y de un 16 % para los momentos centrales. Por lo que para realizar el diseño de los elementos se utilizará los resultados obtenidos en el método de Kani.

3.4.9. Momentos últimos por envolventes de momentos

Se denomina envolvente de momentos a la representación de los esfuerzos máximos que se obtiene al combinar las distintas cargas, que afectan a la estructura a lo largo de su vida útil, como la carga muerta, carga viva y carga sísmica.

Las combinaciones que indica el código ACI-08, son las siguientes:

- $M = 1,4 C_m + 1,7 C_v$
- $M = 1,4 C_m + 1 C_v + C_s$
- $M = 1,4 C_m + 1 C_v - C_s$

Las combinaciones que indica el método AGIES 2018, son las siguientes:

- $M = 1,4 C_m$
- $M = 1,3 C_m + 1,6 C_v$
- $M = 1,3 C_m + 1 C_v$
- $M = 1,2 C_m + 1 C_v + C_s$
- $M = 0,9 C_m - C_s$

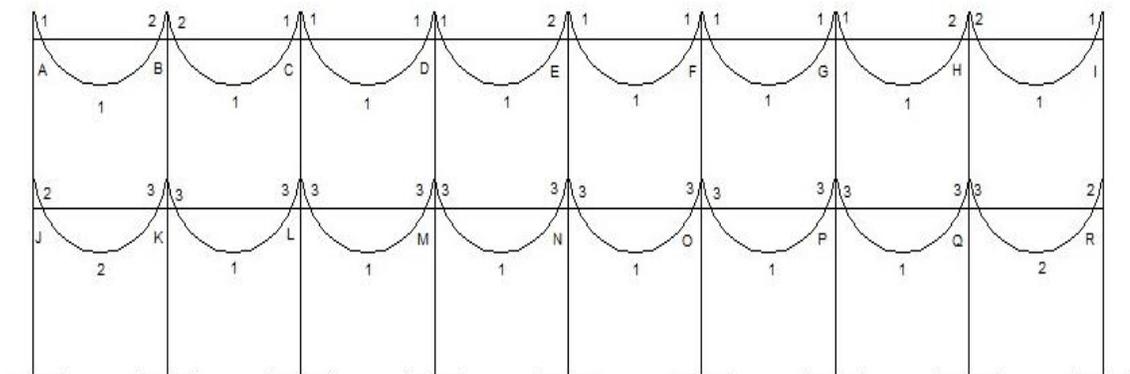
- Para efectos de diseño se utilizará el método AGIES 2018

Se realizará los cálculos utilizando los momentos obtenidos en el método de kani, para poder realizar una serie de combinaciones de momentos finales. De la siguiente forma se podrá realizar el procedimiento.

Tabla XXVIII. **Envolventes de momento**

AB			BC		
Izq.	centro	Der.	Izq.	centro	Der.
-2	2	3	-3	-1	0
-3	4	4	-4	-1	0
-3	3	4	-3	-1	0
-2	3	4	-3	-1	0
-3	2	0	-3	0	-1
DE			EF		
Izq.	centro	Der.	Izq.	centro	Der.
-1	3	4	0	-1	0
-1	4	6	-2	-1	0
-1	3	5	-1	-1	0
1	3	6	1	-1	2
-2	2	2	-2	0	-2

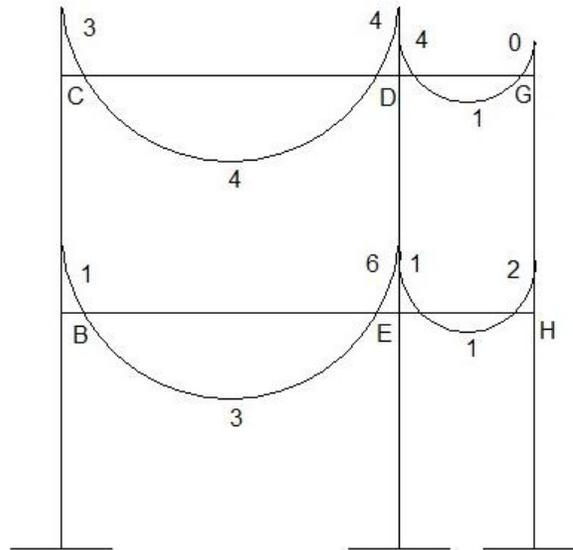
Fuente: elaboración propia.



Envolvente de momentos para vigas en el eje X

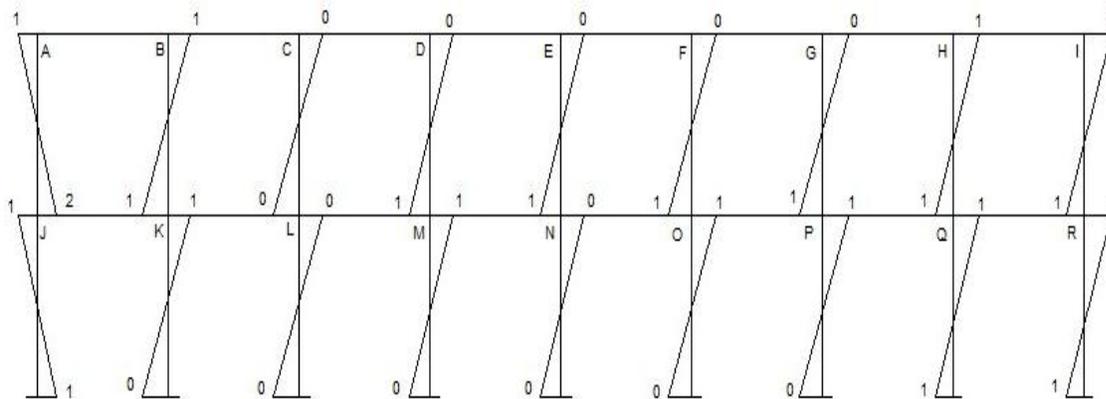
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 28. **Envolvente de momentos para vigas en el eje Y**



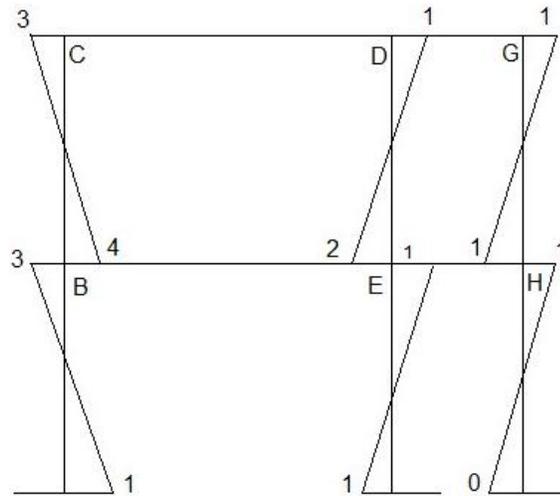
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 29. **Envolvente de momentos para columnas en el eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 30. **Envolvente de momentos para columnas en Y**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.4.10. Diagramas de corte

Para encontrar las fuerzas cortantes en las vigas y columnas, se aplican las siguientes ecuaciones.

- Corte para vigas $V_v = 0,75 * \left[\frac{1,4(W_{cm}*L)}{2} + \frac{1,7(W_{cv}*L)}{2} + \frac{1,87\Sigma M_s}{L} \right]$
- Corte para columnas $V_c = \frac{\Sigma M_{col}}{L}$

Figura 31. Momentos de corte eje X

Eje X							
para el nivel 2	parte de arriba	TONELADAS		Longitud para todos		3,5	
carga muerta		0,90294		vigas de arriba			
carga viva		0,154					
momento sísmico en columnas				Vv	2	columnas A-J , I-R	0,54
	A-J , I-R	0,95	ambos lados			columnas B-K a H-Q	0,27
	B-K a H-Q	0,47	ambos lados				
momento sísmico en vigas	todas la vigas	0,54					
para el nivel 1	parte de abajo			vigas de abajo			
carga muerta		1,2421					
carga viva		0,77		Vv	6	columnas A-J , I-R	0,35
momento sísmico en columnas		arriba	abajo			columnas B-K a H-Q	0,28
	J-S , R-AA	0,81	0,41				
	K-T a Q-Z	0,66	0,33				
momento sísmico en vigas	todas la vigas	2					

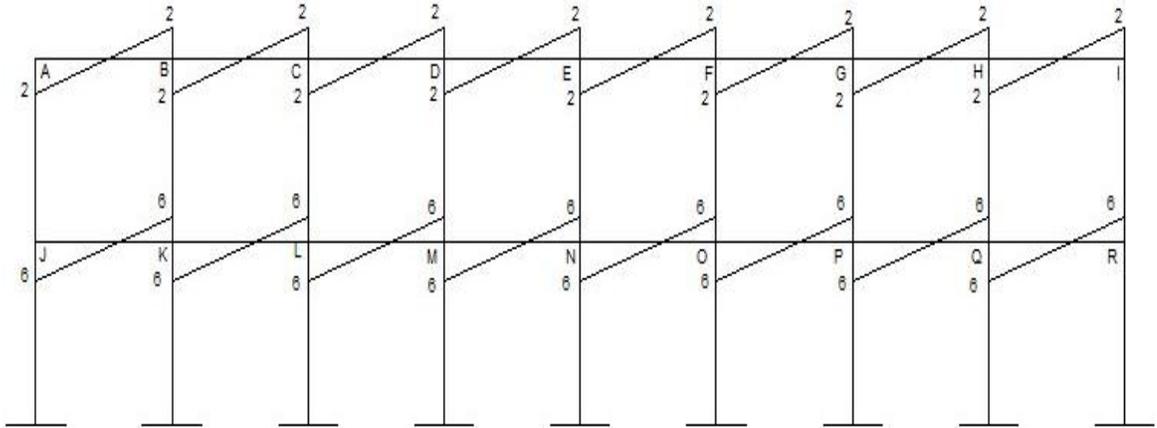
Fuente: elaboración propia

Figura 32. Momentos de corte eje Y

Eje Y							
para el nivel 2	parte de arriba			Longitud horizontal para AB VIGAS		5	
	L= 5	L= 2					
carga muerta	1,21028	0,699		Longitud horizontal para BC VIGAS		2	
carga viva	0,2244	0,1					
momento sísmico en columnas	A-D Y C-F	0,72	ambos lados	Vv vigas A-B	4	columnas A-D y C-F	0,41
	B-E	0,29	ambos lados			columnas B-E	0,17
				Vv vigas B-C	1		
momento sísmico en vigas	todas la vigas	A-B	0,21				
		B-C	0,44				
	LONGITUD DE COLUMNAS PARA TODO			3,5			
para el nivel 1	parte de abajo			Longitud horizontal para AB vigas		5	
	L= 5	L= 2					
carga muerta	1,53426	1,018					
carga viva	0,67326	0,8		Longitud horizontal para BC VIGAS		2	
momento sísmico en columnas	D-G Y F-I	arriba	abajo	Vv vigas D-E	7	columnas D-G y F-I	0,47
	E-H	1,1	0,55			columnas E-H	0,16
		0,37	0,19				
momento sísmico en vigas	todas la vigas	D-E	1,29				
		E-F	1,79	Vv vigas E-F	5		

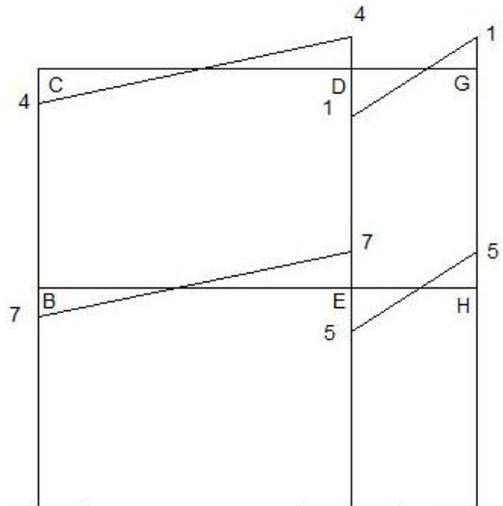
Fuente: elaboración propia

Figura 33. Corte en vigas para el eje X



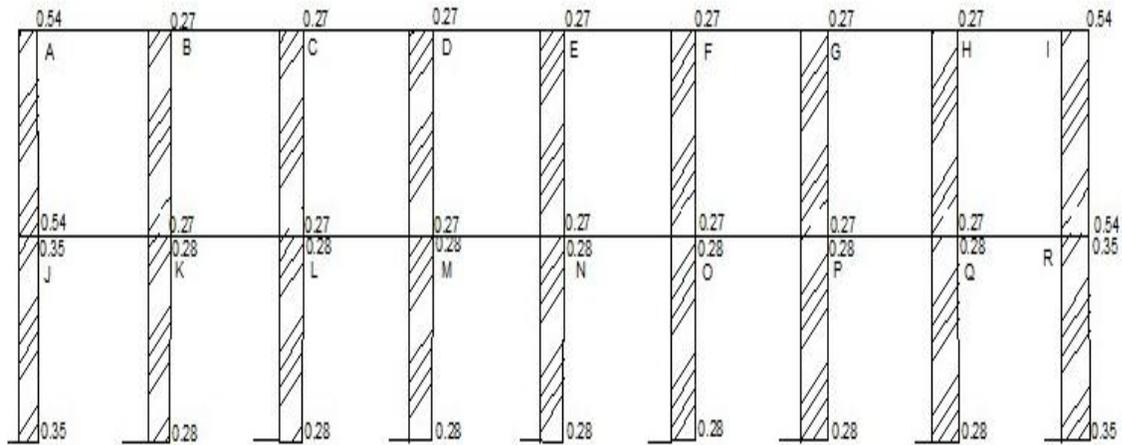
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 34. Corte en vigas para el eje Y



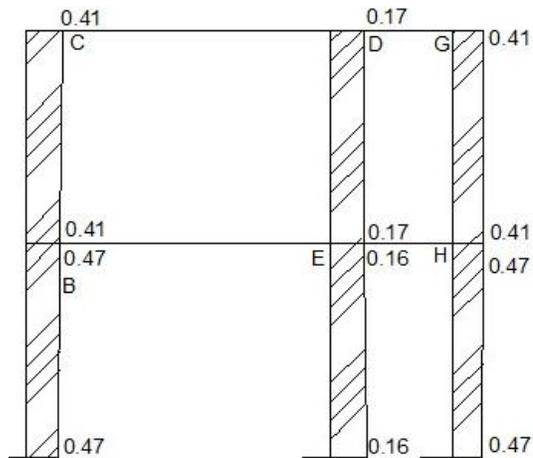
Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 35. Corte en columnas para el eje X



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Figura 36. Corte en columnas para el eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.5. Diseño estructural

El diseño estructural es la acción de realizar varios cálculos, para obtener las características de los distintos elementos que conforman a la estructura; en esta parte del trabajo de gabinete se da a conocer las cargas que va a soportar la estructura durante su vida útil.

3.5.1. Losas

Son los elementos estructurales que sirven de protección de la intemperie, sirven para separación de niveles o entrepisos, transmiten las cargas verticales o como un diafragma y las cargas horizontales. Se debe considerar el tipo de separación para su clasificación:

- Cascarones $t < 0,09$
- Planas $0.09 < t < 0,12$
- Nervadas $t > 0.12$

Se puede calcular de varias formas, en este caso se aplicará el método 3 del código ACI318-11, se utilizará la tabla de momentos de losa de las estructuras de concreto.

Figura 37. **Distribución de losas**

losa 1	losa 2	losa 3	losa 4	losa 5	losa 6	losa 7	losa 8
losa 9	losa 10	losa 11	losa 12	losa 13	losa 14	losa 15	losa 16

Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

$$Losa 1 a 8 = \frac{a}{b} = \frac{3,3}{4,8} = 0,69$$

$$Losa 9 a 16 = \frac{a}{b} = \frac{1,8}{3,3} = 0,54$$

Datos para el primer nivel:

- $f_y = 2\ 810\ \text{Kg/cm}^2$
- $f'c = 210\ \text{Kg/cm}^2$
- peso del concreto = $2\ 400\ \text{Kg/m}^3$
- $W_{\text{acabados}} = 100\ \text{Kg/m}^2$
- $W_{\text{sobrecarga}} = 75\ \text{Kg/m}^2$
- Espesor de losa = 10 cm
- $W_{\text{losa}} = 2\ 400 * 0,10 = 240\ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$
- $Cv_{\text{aulas}} = 300\ \text{Kg/m}^2$
- $Cv_{\text{pasillos}} = 500\ \text{Kg/m}^2$

- Integración de cargas

$$CUt = 1,4Cm + 1,7Cv$$

Losas 1 a 8

$$CUt = 1,4(240 + 75 + 100) + 1,7(300)$$

$$CUt = 1\ 091\ Kg/m^2$$

Losa 9 a 16

$$CUt = 1,4(240 + 75 + 100) + 1,7(500)$$

$$CUt = 1\ 431\ Kg/m^2$$

- Cálculo de momentos actuantes

Se utilizarán las siguientes ecuaciones para la realización del cálculo de momentos.

$$Ma^+ = Ca^+(Cvu)(a)^2 + Ca^+(Cmu)(a)^2$$

$$Mb^+ = Cb^+(Cvu)(b)^2 + Cb^+(Cmu)(b)^2$$

$$Ma^- = Ca^-(Cut)(a)^2$$

$$Mb^- = Cb^-(Cut)(b)^2$$

Donde

- a = Lado corto de la losa
- b = Lado largo de la losa
- $Ca^{+/-}$, $Cb^{+/-}$ = factores de relación a/b
- Ma^+ , Mb^+ = momentos positivos en losa
- Ma^- , Mb^- = momentos negativos en losa

En losas sin continuidad el momento negativo es igual a:

$$Ma^- = \frac{1}{3} * Ma^+$$

$$Mb^- = \frac{1}{3} * Mb^+$$

Para la losa 1, 8, 9, 16 corresponde el caso 4 de la tabla

- Momentos negativos para las losas 1 y 8

$$Ma^- = 0,081(1\ 091)(3,3)^2$$

$$Ma^- = 962,36\ Kg - m$$

$$Mb^- = 0,019(1\ 091)(4,8)^2$$

$$Mb^- = 477,6\ Kg - m$$

- Momentos negativos para las losas 9 y 16

$$Ma^- = 0,081(1\ 431)(1,8)^2$$

$$Ma^- = 375,55 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^- = 0,019(1\ 431)(3,3)^2$$

$$Mb^- = 296,09 \text{ Kg} - m$$

- Momentos positivos para losa 1 y 8

$$Ma^+ = 0,057(1,7 * 300)(3,3)^2 + 0,046(1,4(240 + 75 + 100))(3,3)^2$$

$$Ma^+ = 607,62 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^+ = 0,014(1,7 * 300)(4,8)^2 + 0,011(1,4(240 + 75 + 100))(4,8)^2$$

$$Mb^+ = 311,75 \text{ Kg} - m$$

- Momentos positivos para losa 9 y 16

$$Ma^+ = 0,057(1,7 * 300)(1,8)^2 + 0,046(1,4(240 + 75 + 100))(1,8)^2$$

$$Ma^+ = 180,78 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^+ = 0,014(1,7 * 300)(3,3)^2 + 0,011(1,4(240 + 75 + 100))(3,3)^2$$

$$Mb^+ = 147,35 \text{ Kg} - m$$

- Momentos negativos del lado de la losa sin continuidad losa 1 y 8

$$Ma^- = \frac{1}{3} * 607,62 \text{ Kg} - m$$

$$Ma^- = 202,54 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^- = \frac{1}{3} * 311,75 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^- = 103,92 \text{ Kg} - m$$

- Momentos negativos del lado de la losa sin continuidad losa 9 y 16

$$Ma^- = \frac{1}{3} * 180,78 \text{ Kg} - m$$

$$Ma^- = 60,25 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^- = \frac{1}{3} * 147,35 \text{ Kg} - m$$

$$Mb^- = 49,12 \text{ Kg} - m$$

Como las losas trabajan en 2 sentidos, se realiza de forma rápida una tabla que se presenta a continuación.

Tabla XXIX. **Losas en dos sentidos**

Losa	Momentos Negativos		Momentos Positivos CM	
	Ma (-)	Mb (-)	Ma (+)	Mb (+)
1	962,36	477,6	607,62	311,75
2	807,91	728,96	563,82	316,66
3	807,91	728,96	563,82	316,66
4	807,91	728,96	563,82	316,66
5	807,91	728,96	563,82	316,66
6	807,91	728,96	563,82	316,66
7	807,91	728,96	563,82	316,66
8	962,36	477,6	607,62	311,75
9	375,55	296,09	180,78	147,35
10	315,28	451,92	167,75	149,67

Continuación de la tabla XXIX.

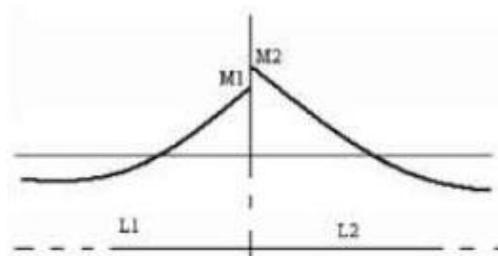
11	315,28	451,92	167,75	149,67
12	315,28	451,92	167,75	149,67
13	315,28	451,92	167,75	149,67
14	315,28	451,92	167,75	149,67
15	315,28	451,92	167,75	149,67
16	375,55	296,09	180,73	147,35

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos

Muchas veces los momentos negativos no son idénticos en los resultados de las mismas losas lo cual se debe a su rigidez, por lo que un cálculo propuesto por el código ACI318-11, permite encontrar el resultado del momento.

Figura 38. **Balance de momentos**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Se debe realizar con las siguientes ecuaciones propuestas por el código ACI318-11.

$$M1 < M2$$

$$\text{Si } M1 > 0,8 * M2, \text{ entonces, } Mb = \frac{(M1 + M2)}{2}$$

Si $M1 < 0,8 * M2$, se distribuye proporcional a la rigidez de las losas

$$K1 = \frac{1}{L1}, K2 = \frac{1}{L2}$$

K1, K2= Rigidez de las losas a y b

L1, L2= Longitud de las losas

D1, D2= Factores de distribución de losas

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2}, D2 = \frac{K2}{K1 + K2}$$

Se deben utilizar las siguientes ecuaciones.

Mb= momento balanceado

$$Mb = M1 + (M2 - M1) * D1$$

$$Mb = M2 - (M2 - M1) * D2$$

Se tomarán los siguientes casos para el balanceo de momentos:

- Caso 1: losas 1-9, 8-16
- Caso 2: losas 2-10, 7-15
- Caso 3: losas 1-2, 9-10, 7-8, 15-16

Sustituyendo datos de losas

- Caso 1

- M1= 962,36 Kg-m
- M2= 375,55 Kg-m
- L1= 4,8 m
- L2= 1,8 m

$$M1 > 0,8 * M2$$

$$962,36 > 0,8 * 375,55$$

$$962,36 > 300,44$$

$$Mb = \frac{(M1 + M2)}{2}$$

$$Mb = \frac{(962,36 + 375,55)}{2} = 669 \text{ Kg} - m$$

- Caso 2

- M1= 807,91 Kg-m
- M2= 315,28 Kg-m
- L1= 4,8 m
- L2= 1,8 m

$$M1 > 0,8 * M2$$

$$807,91 > 0,8 * 315,28$$

$$807,91 > 252,22$$

$$Mb = \frac{(M1 + M2)}{2}$$

$$Mb = \frac{(807,91 + 315,28)}{2} = 561,6 \text{ Kg} - m$$

- Caso 3

- M1= 962,36 Kg-m
- M2= 807,91 Kg-m
- L1= 3,3 m
- L2= 3,3 m

$$M1 > 0,8 * M2$$

$$962,36 > 0,8 * 807,91$$

$$962,36 > 646,32$$

$$Mb = \frac{(M1 + M2)}{2}$$

$$Mb = \frac{(962,36 + 807,91)}{2} = 885,14 \text{ Kg} - m$$

- M1= 375,55 Kg-m
- M2= 315,28 Kg-m
- L1= 1,8 m
- L2= 1,8 m

$$M1 > 0,8 * M2$$

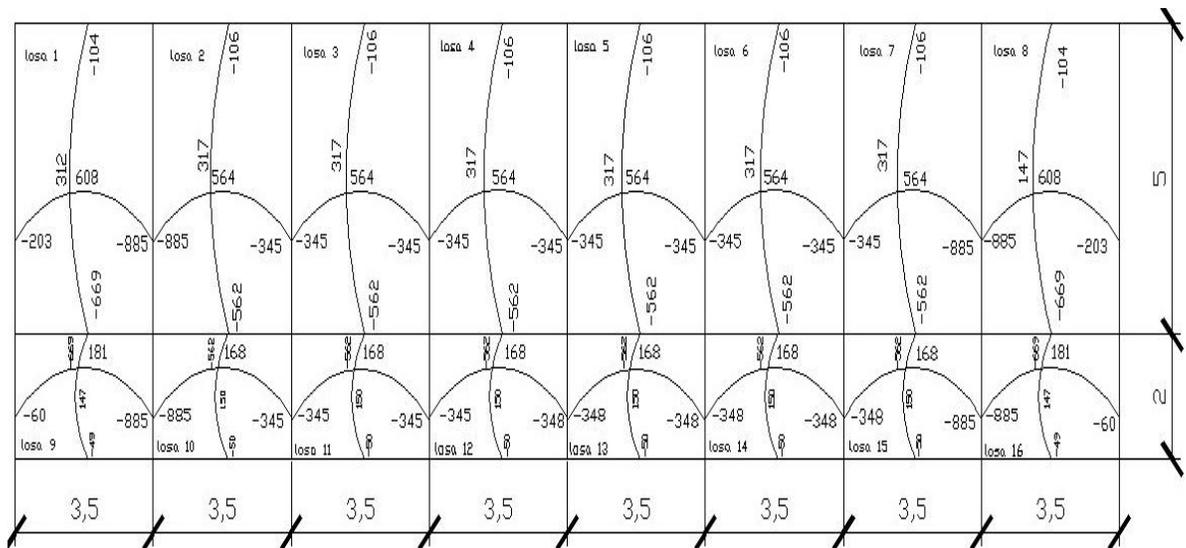
$$375,55 > 0,8 * 315,28$$

$$375,55 > 252,22$$

$$Mb = \frac{(M1 + M2)}{2}$$

$$Mb = \frac{(375,55 + 315,28)}{2} = 345,42 \text{ Kg} - m$$

Figura 39. Momentos de losa



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

- Cálculo de acero mínimo para refuerzo a flexión

Datos:

- $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$
- $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- espesor de losa = 0,10 m
- $B = 100 \text{ cm}$
- Recubrimiento = 2,5 cm
- \emptyset de refuerzo = $3/8" = 0,95 \text{ cm} = 0,0095 \text{ m}$

- Cálculo del acero mínimo

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset}{2} = 0,10 - 0,025 - \frac{0,0095}{2} = 0,07025 \text{ m} = 7,02 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ min} = 14 * \frac{bd}{f_y}$$

$$\rho \text{ min} = 14 * \frac{100 \text{ cm} * 7,02 \text{ cm}}{2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 14 * \frac{702 \text{ cm}^2}{2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 3,5 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,80 * \sqrt{f'_c} * \frac{bd}{f_y} = 0,80 * \sqrt{210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} * \frac{100 \text{ cm} * 7,02 \text{ cm}}{2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 2,90 \text{ cm}^2$$

Aplicando una regla de tres para calcular el espaciamiento, con varillas

No. 3.

$$\frac{3,5}{0,71} \rightarrow \frac{100}{s}$$

$$s = \frac{0,71 * 100}{3,5} = 20,28 \text{ cm}$$

Se debe tomar en cuenta que el Código ACI318-11 permite una separación máxima de 2t.

$$S_{max} = 2t = 2(0,10 \text{ m}) = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Ya realizando la comprobación de la separación máxima da un valor menor que el permitido. Se debe colocar acero No. 3 a cada 20 cm.

- Cálculo del momento que resiste el Asmin

$$M_{Asmin} = \phi * \left[A_s * f_y * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{Asmin} = 0,95 * \left[2,9 * 2\,810 * \left(7\,025 - \frac{2,9 * 2\,810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 52\,617,30 \text{ Kg} - \text{cm}$$

El Asmin resistirá un momento de 526,17 Kg-m. Para los momentos menores a M_{Asmin} se deberán armar con el Asmin y con un S= 20 cm. Para los momentos mayores se deberá armar según indique la siguiente ecuación.

- Cálculo de As para los momentos negativos en las losas 1 y 2

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

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\,810} * \left[100 * 7,025 - \sqrt{(100 * 7,025)^2 - \frac{932,66 * 100}{0,003825 * 210}} \right] = 5,6 \text{ cm}^2$$

- Calculando el espaciamiento

$$S = \frac{0,71 * b}{A_s} = \frac{0,71 * 100}{5,6} = 12,7 \text{ cm}$$

Se utilizará varillas No. 3 a 12 cm de espaciamiento

- Cálculo de A_s para los momentos negativos en las losas 5 y 6

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

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[100 * 7,025 - \sqrt{(100 * 7,025)^2 - \frac{410,33 * 100}{0,003825 * 210}} \right] = 2,4 \text{ cm}^2$$

Propuesta de armado: colocar varillas No. 3 con un espaciamiento de 12 cm en ambos sentidos, tanto en losa de primer nivel como en el segundo nivel, debido a ser una estructura pública con funcionalidad primaria, se debe tomar medidas en caso que sea requerida para alguna necesidad inesperada.

- Revisión por corte

Esta revisión se realiza para saber si el espesor de losa propuesto es correcto.

$$V_{max} = Cut * \frac{L}{2}$$

$$V_{max} = 1091 * \frac{4,8}{2} = 2618,4 \text{ Kg}$$

- Corte máximo resistente

$$V_{res} = 0,53 * \phi * d * b * \sqrt{f'c}$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 100 * 7,025 * \sqrt{210} = 4\ 586,2\ Kg$$

Como resultado de la comprobación por corte el $V_{res} > V_{max}$, el espesor de losa es aceptable.

3.5.2. Vigas

Las vigas son elementos estructurales los cuales están sometidos a tensión, compresión y corte. El procedimiento para diseñarlas utiliza los datos de cortes y momentos últimos obtenidos en la fase del análisis estructural.

Viga N-O marco 2 del eje X primer nivel

Datos:

- $F_y = 2\ 810\ Kg/cm^2$
- $F'c = 210\ Kg/cm^2$
- Sección: 30 x 50 cm
- $Rec = 5\ cm$
- $E_s = 2,1 \times 10^6\ Kg/cm^2$
- $M(-)1 = 3\ 000\ kg\cdot m$
- $M(-)2 = 3\ 000\ kg\cdot m$
- $M(+) = 1\ 000\ kg\cdot m$
- $V_u = 6\ 000\ kg$

$$d = h - Rec = 50 - 5 = 45\ cm$$

- Cálculo del A_s mínimo

Para el cálculo del acero mínimo según el ACI 318-11, en un elemento a flexión en pórticos especiales, que son resistentes a momentos se deben considerar 2 ecuaciones tomando el resultado mayor.

$$A_{s \min} = 14 * \frac{bd}{F_y} = 14 * \frac{30 \text{ cm} * 45 \text{ cm}}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 6,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \min} = 0,80 * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{30 \text{ cm} * 45 \text{ cm}}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} = 5,6 \text{ cm}^2$$

Al realizar las ecuaciones se utilizará $6,73 \text{ cm}^2$ como acero mínimo para el diseño de esta viga.

- Cálculo del $A_{s \max}$

$$A_{s \max} = 0,5 * \rho_{bal} * b * d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 * f'_c}{f_y} * \frac{6120}{6120 + f_y}$$

$$\text{Si } f'_c \leq 281 \text{ kg/cm}^2, \beta = 0,85$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} * \frac{6120}{6120 + 2810} = 0,04$$

- Refuerzo longitudinal solicitado

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

- Calculando A_s para $M(-)1$ y $M(-) 2= 3\ 000$ kg-m

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left(30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{3\ 000 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 2,70\ cm^2$$

- Calculando A_s para $M(+)= 1\ 000$ kg-m

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left(30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{1\ 000 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 0,90\ cm^2$$

El armado final de la viga, debe cumplir con los requisitos sísmicos según el código ACI-318-11 capítulo 21. Se tomará el área de acero mínimo que corresponde a $6,73\ cm^2$.

- Cama superior

Colocar dos varillas como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones.

- 2 varillas # 6 con un diámetro de $2,84\ cm^2$
- $A_{smin} = 6,73\ cm^2$
- 33 % del $A_s(-)$ mayor= $0,89\ cm^2$

$$\text{Usar } A_{smin} = 6,73 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar 2 \#6 y 1 \#4 corridas, } A_{smin} = 6,97 \text{ cm}^2$$

Para cubrir los momentos negativos, se completa con bastones el A_s , tomando en cuenta que no debe ser mayor de dos números el diámetro entre barras, para este caso no hay diferencia, no se necesitan bastones.

- Cama inferior

Colocar dos varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones siguientes.

- $A_{smin} = 6,73 \text{ cm}^2$
- 50 % del $A_s(-)$ mayor= $1,35 \text{ cm}^2$
- 50 % del $A_s(+)$ = $0,45 \text{ cm}^2$

$$\text{Usar } A_{smin} = 6,73 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar 2 \#6 y 1 \#4 corridas, } A_{smin} = 6,97 \text{ cm}^2$$

El momento positivo se cubrirá con A_{smin} no es necesario utilizar bastones.

- Diseño a corte

Si $V_{res} > V_u$, la viga necesita estribos sólo por el armado, a $S_{max} = d/2 < 30 \text{ cm}$. Si $V_{res} < V_u$, se diseñan estribos por corte.

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f'c}$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 30 * 45 * \sqrt{210} = 8\ 813,3\ Kg$$

$$V_u = 6\ 000\ kg$$

$V_{res} > V_u$, para este elemento se debe diseñar los estribos por armado, usando varillas #3.

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{45}{2} = 22,5\ cm$$

Según el código ACI, sección 21.3.4.2, colocar estribos en una longitud igual a $2d$, para este caso es de 90 centímetros, tomando en cuenta que el primer estribo de la viga debe estar a 5 cm.

- Espaciamiento de estribos

El espaciamiento de estribos en esta sección el mayor de las siguientes:

- $d/4 = 45/4 = 11,25\ cm$
- 8 veces el \emptyset varilla longitudinal más pequeña = $8 * 1,29 = 10,32\ cm$
- 24 veces el \emptyset varilla transversal de confinamiento = $24 * 0,71 = 17,04\ cm$
- 30 cm

Colocar estribos en zona confinada a 10 cm y en zona no confinada a 15 cm, con varilla No. 3.

- Viga E-F marco 2 del eje X segundo nivel

Datos:

- $F_y = 2\,810 \text{ Kg/cm}^2$ $M(-)1 = 1\,000 \text{ kg-m}$
- $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ $M(-)2 = 1\,000 \text{ kg-m}$
- Sección: 30 x 50 cm $M(+) = 1\,000 \text{ kg-m}$
- Rec = 5 cm $V_u = 2\,000 \text{ kg}$
- $E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

$$d = h - \text{Rec} = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$$

- Cálculo del A_s mínimo

$$A_{s \text{ min}} = 14 * \frac{bd}{F_y} = 14 * \frac{30 \text{ cm} * 45 \text{ cm}}{2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 6,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,80 * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{30 \text{ cm} * 45 \text{ cm}}{2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} = 5,6 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del A_s max

$$A_{s \text{ max}} = 0,5 * \rho_{bal} * b * d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 * f'_c}{f_y} * \frac{6\,120}{6\,120 + f_y}$$

$$\text{Si } f'_c \leq 281 \text{ kg/cm}^2, \beta = 0,85$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2\,810} * \frac{6\,120}{6\,120 + 2\,810} = 0,04$$

- Refuerzo longitudinal solicitado

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

- Calculando A_s para $M(-)1$ y $M(-) 2= 1\ 000\ \text{kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left(30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{1\ 000 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 0,90\ \text{cm}^2$$

- Calculando A_s para $M(+)= 1\ 000\ \text{kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left(30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{1\ 000 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 0,90\ \text{cm}^2$$

El armado final de la viga, debe cumplir con los requisitos sísmicos según el código ACI-318-11 capítulo 21.

- Cama superior

Colocar dos varillas como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones.

- 2 varillas # 6 con un diámetro de $2,84\ \text{cm}^2$
- $A_{s\text{min}} = 6,73\ \text{cm}^2$
- 33 % del $A_s(-)$ mayor= $0,89\ \text{cm}^2$

Usar $A_{smin} = 6,73 \text{ cm}^2$

Usar 2 #6 y 1 #4 corridas, $A_{smin} = 6,97 \text{ cm}^2$

Para cubrir los momentos negativos, se completa con bastones el A_s , tomando en cuenta que no debe ser mayor de dos números el diámetro entre barras, para este caso no hay diferencia, en este elemento no se necesitan bastones.

- Cama inferior

Colocar dos varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones siguientes.

- $A_{smin} = 6,73 \text{ cm}^2$
- 50 % del $A_s(-)$ mayor= $1,35 \text{ cm}^2$
- 50 % del $A_s(+)$ = $0,45 \text{ cm}^2$

Usar $A_{smin} = 6,73 \text{ cm}^2$

Usar 2 #6 y 1 #4 corridas, $A_{smin} = 6,97 \text{ cm}^2$

El momento positivo se cubrirá con A_{smin} , por lo tanto, no se utilizarán bastones.

- Diseño a corte

Si $V_{res} > V_u$, la viga necesita estribos sólo por el armado, a $S_{max} = d/2 < 30 \text{ cm}$. Si $V_{res} < V_u$, se diseñan estribos por corte.

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f'c}$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 30 * 45 * \sqrt{210} = 8\ 813,3\ Kg$$

$$V_u = 6\ 000\ kg$$

$V_{res} > V_u$ por lo tanto se debe diseñar los estribos por armado. Usando varillas #3

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{45}{2} = 22,5\ cm$$

Según el código ACI, sección 21.3.4.2, colocar estribos en una longitud igual a $2d$, para este caso es de 90 centímetros, tomando en cuenta que el primer estribo de la viga debe estar a 5 cm.

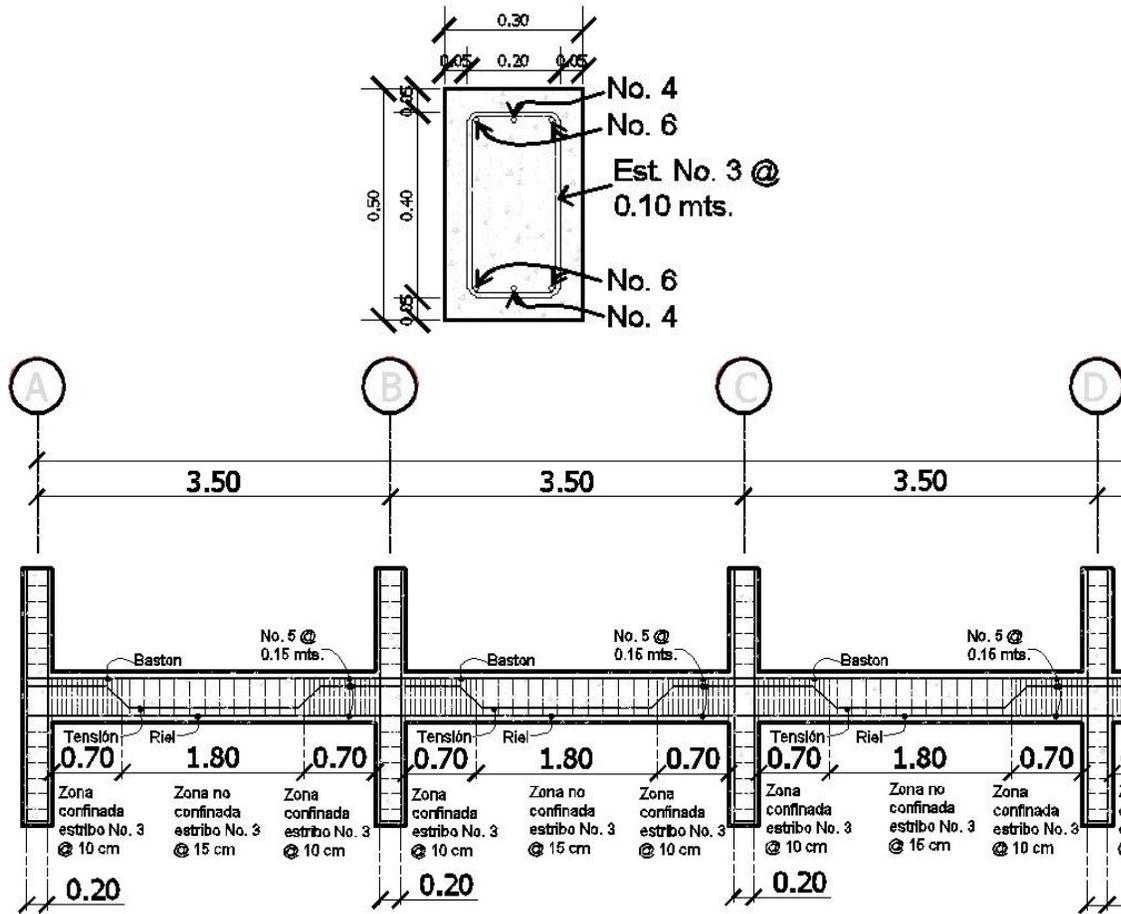
- Espaciamiento de estribos

El espaciamiento de estribos en esta sección el mayor de las siguientes:

- $d/4 = 45/4 = 11,25\ cm$
- 8 veces el \emptyset varilla longitudinal más pequeña = $8 * 1,29 = 10,32\ cm$
- 24 veces el \emptyset varilla transversal de confinamiento = $24 * 0,71 = 17,04\ cm$
- 30 cm

Colocar estribos en zona confinada a 10 cm y en zona no confinada a 15 cm, con varilla No. 3.

Figura 40. Detalles de viga



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.5.3. Columnas

Son elementos estructurales sometidos a carga axial y a momentos flexionantes. Para su diseño se utiliza la carga axial, que es el valor de todas las cargas últimas verticales que soportan, esta carga se determina por el área tributaria, los momentos flexionantes son tomados de la envolvente de momentos.

Datos de columna primer nivel por método de ACI

- Columna = 30 x 30 cm Vu=280 kg
- Vigas = 30 x 50 cm Lcol= 3,5 m
- Mx = 1 000 kg-m Lviga= 3,5 m
- My= 1 000 kg-m área tributaria = 13,22 m²
- t losa= 0,10 m
- Peso del segundo nivel = 6 468,3 kg
- F'c= 210 kg/cm²
- Fy= 2 810 kg/cm²

- Factor de carga última

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV}$$

$$CMU = 1,4(Wlosa + Wacabados + Wmuros + Wsobrecarga)$$

$$CMU = 1,4(240 + 100 + 90 + 75) = 1,4(505) = 707 Kg$$

$$CVU = 1,7(Wcv) = 1,7(275,30) = 468,01 Kg$$

$$CU = CMU + CVU = 707 + 468,01 = 1 175,01$$

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{1 175,01}{505 + 275,3} = 1,51$$

- Calculo de carga axial

$$Pu = (At * CU) + (PPvigas * Fcu) + (W2do nivel)$$

$$Pu = (13,22 * 1\,175,01) + (2\,400 * 0,5 * 0,3 * 9 * 1,51) + (6\,468,3)$$

$$= 26\,894,33 \text{ kg}$$

- Esbeltez

La clasificación de las columnas se da según su esbeltez, esto permite ubicarlas y diseñarlas en base a una carga aplicada, dependiendo de su comportamiento.

- Columna corta ($E < 22$): se diseña usando sus datos originales.
 - Columna intermedia ($22 < E < 100$): se diseña magnificando los momentos actuantes.
 - Columnas largas ($E > 100$): no es recomendable construirlas.
- Coeficiente de grado de empotramiento (ψ)

$$I_{col} = \frac{(0,30)(0,30)^3}{12} = 0,001$$

$$I_{vig} = \frac{(0,30)(0,50)^3}{12} = 0,00313$$

$$k_{col} = \frac{0,001}{3,5} = 0,0002$$

$$k_{vigaizq} = \frac{0,00313}{2,8} = 0,0011$$

$$k_{vigader} = \frac{0,00313}{2,8} = 0,0011$$

$$\psi a = \frac{2 * 0,0002}{(0,001 + 0,003)} = 0,1 \text{ (extremo superior)}$$

$$\psi b = 0 \text{ (extremo inferior)}$$

$$\psi p = \frac{0,1 + 0}{2} = 0,05$$

- Cálculo de K

- si $\psi p < 2 = k = \frac{(20 - \psi p)}{20} * \sqrt{1 + \psi p}$

- si $\psi p > 2 = k = 0,9 * \sqrt{1 + \psi p}$

- como $\psi p < 2$.

$$k = \frac{(20 - 0,05)}{20} * \sqrt{1 + 0,05} = 1,02$$

- calculo de la esbeltez.

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma} = \frac{1,02 * 3,5}{(0,3 * 0,30)} = 39,7$$

$22 < E < 100 = 22 < 39,7 < 100$ es una columna intermedia

Debido a que las columnas son intermedias, se recomienda magnificar los momentos.

- Magnificación de momentos

Para un análisis estructural de segundo orden tomando en cuenta las rigideces reales, la esbeltez, los efectos de la duración de las cargas aplicadas, los efectos de las deflexiones y su factor principal es el que se realiza con los efectos de los momentos para las deflexiones laterales, se diseñan las columnas utilizando los momentos calculados.

Si se realiza un análisis estructural de primer orden, se debe ignorar los efectos de los desplazamientos y utilizar las rigideces, es necesario modificar los cálculos obtenidos, para esto se utiliza el método de magnificación de momentos que se encuentra en el código ACI.

- Sentido X
 - Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta d = \frac{CMU}{CU} = \frac{707}{1\,175,01} = 0,60$$

- Cálculo total del material

$$Ec = 15\,100\sqrt{f'c} = 15\,100\sqrt{210} = 218\,819,78\text{ kg}$$

$$Ig = \frac{b * h^3}{12} = \frac{30 * 30^3}{12} = \frac{810\,000}{12} = 67\,500\text{ kg}$$

$$EI = \frac{0,4 * Ec * Ig}{2,5(1 + \beta d)} = \frac{0,4 * 218\,819,78 * 67\,500}{2,5(1 + 0,60)} = 1,477033515 \times 10^{10}\text{ T} - m^2$$

- Cálculo de la carga crítica del pandeo de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(kLu)^2} = \frac{9,87 * 1,477033515 * 10^{10}}{(1,02 * 3,5)^2} = 114,385 * 10^9 \text{ T}$$

- Magnificador de momentos

$$\sigma = 1 \text{ y } \varphi = 0,75 \text{ si se usan estribos}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{26,89}{0,75 * 114,385 * 10^9}} = 1,04$$

- Momento de diseño en sentido X

$$M_{dx} = \delta * M_{ux} = 1,04 * 1\ 000 = 1\ 040 \text{ Kg} - m$$

- Momento de diseño en sentido Y

$$M_{dy} = \delta * M_{uy} = 1,04 * 1\ 000 = 1\ 040 \text{ Kg} - m$$

- Límites de acero para las columnas

El área de acero de una columna es de 1 % $a_g < A_s < 6$ % A_g , en zona sísmica.

$$A_{smin} = 0,01 * (30 * 30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0,06 * (30 * 30) = 54 \text{ cm}^2$$

Se usarán 4 varillas #6 y 4 varillas #7 para cubrir un área de 28 cm².

$$P_{tu} = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * A_g} = \frac{40,56 * 2810}{0,85 * 210 * 1600} = 0,4$$

- Excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{1,0}{26,9} = 0,04$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{1,0}{26,9} = 0,04$$

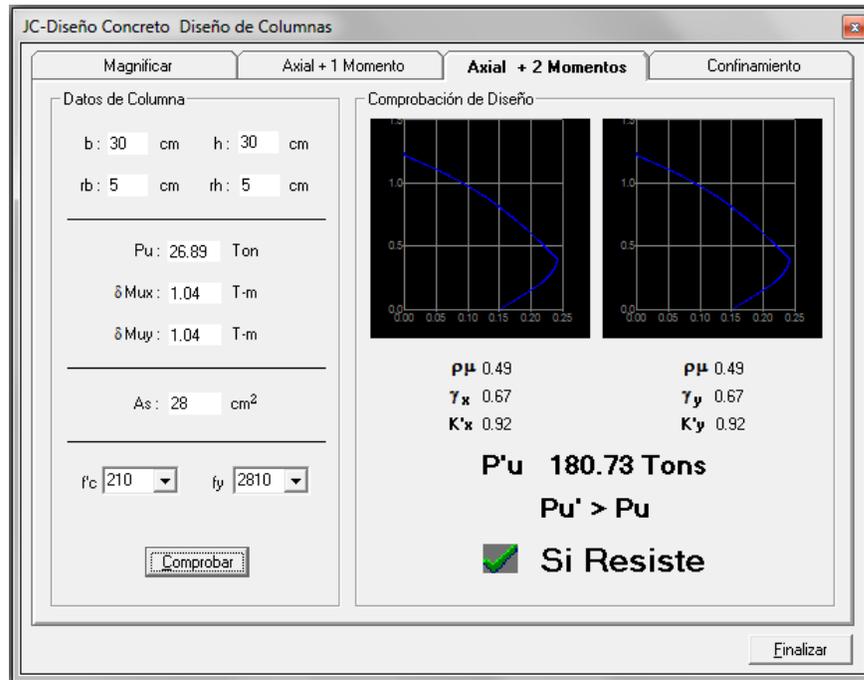
- Diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,04}{0,4} = 0,1$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,04}{0,4} = 0,1$$

- Usando el programa JC-Diseño Concreto se obtienen los siguientes datos de K_x= 0,92 y K_y=0,92

Figura 41. Factores K para diseño de columnas



Fuente: elaboración propia, utilizando JC-Diseño Concreto versión 1.01.

- Cargas
 - Carga resistente de una columna para la excentricidad X

$$P_{ux} = K_x * f'c * b * h = 0,92 * 210 * 30 * 30 = 173\ 880\ Kg$$

- Carga resistente de una columna para la excentricidad Y

$$P_{uy} = K_y * f'c * b * h = 0,92 * 210 * 30 * 30 = 173\ 880\ Kg$$

- Carga axial resistente de la columna

$$P'o = \phi(0,85 * f'c * (Ag - As) + (As * fy))$$

$$P'o = 0,7 * (0,85 * 210 * (900 - 28) + (28 * 2 810))$$

$$P'o = 164 032,4 Kg$$

- Carga resistente de la columna

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'o}} = \frac{1}{\frac{1}{173 880} + \frac{1}{173 880} - \frac{1}{164 032,4}} = 184 985,5 Kg$$

Por los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que el $P_u = 184 985,5$ Kg, se determina el armado de la columna es correcto, en caso contrario se debería replantear el acero por debajo del A_{smax} .

- Calculo de acero transversal

El acero transversal sirve para darle rigidez a la columna. Esto con el requisito de que obtenga ductilidad y con el objetivo de que absorba gran parte de la energía causada por un sismo, se logra dándole un mayor confinamiento en los extremos. Las ventajas del confinamiento son notables en cuestión de capacidad de carga y mejora su ductilidad.

- Comparación de V_r y V_u

- Si $V_r > V_u$, deben colocar estribos a $S = d/2$
- Si $V_r < V_u$, se deben diseñar estribos por corte

$$Vr = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 40 * 35 = 9\ 139,71\ Kg$$

$$Vu = 280\ Kg$$

El corte resistente es mayor que el corte actuante por lo tanto, no es necesario colocar estribos por corte.

Usando varillas No. 3

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{25}{2} = 12,5\ cm$$

Debido que la separación solicitada por Vu es mayor a la separación máxima se considera 15 centímetros de separación para facilitar el armado, pero es necesario calcular el refuerzo transversal para la zona de confinamiento.

- Refuerzo confinado

Para establecer la longitud de confinamiento, se escoge entre la mayor obtenida de las siguientes condiciones

- $\frac{Lu}{6} = \frac{3,5}{6} = 0,58\ m$
- Lado mayor de la columna 40 cm
- 45 cm

Se usará una longitud de confinamiento de 60 cm, para ambos extremos.

- Cálculo de relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 \left(\left(\frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\left(\frac{40^2}{30^2} \right) - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right) = 0,35 * 0,063 = 0,022$$

Es necesario chequear que $\rho_s > \frac{0,12 * f'c}{fy}$

$$0,022 > \frac{0,12 * 210}{2810} = 0,022 > 0,009, \text{ si cumple.}$$

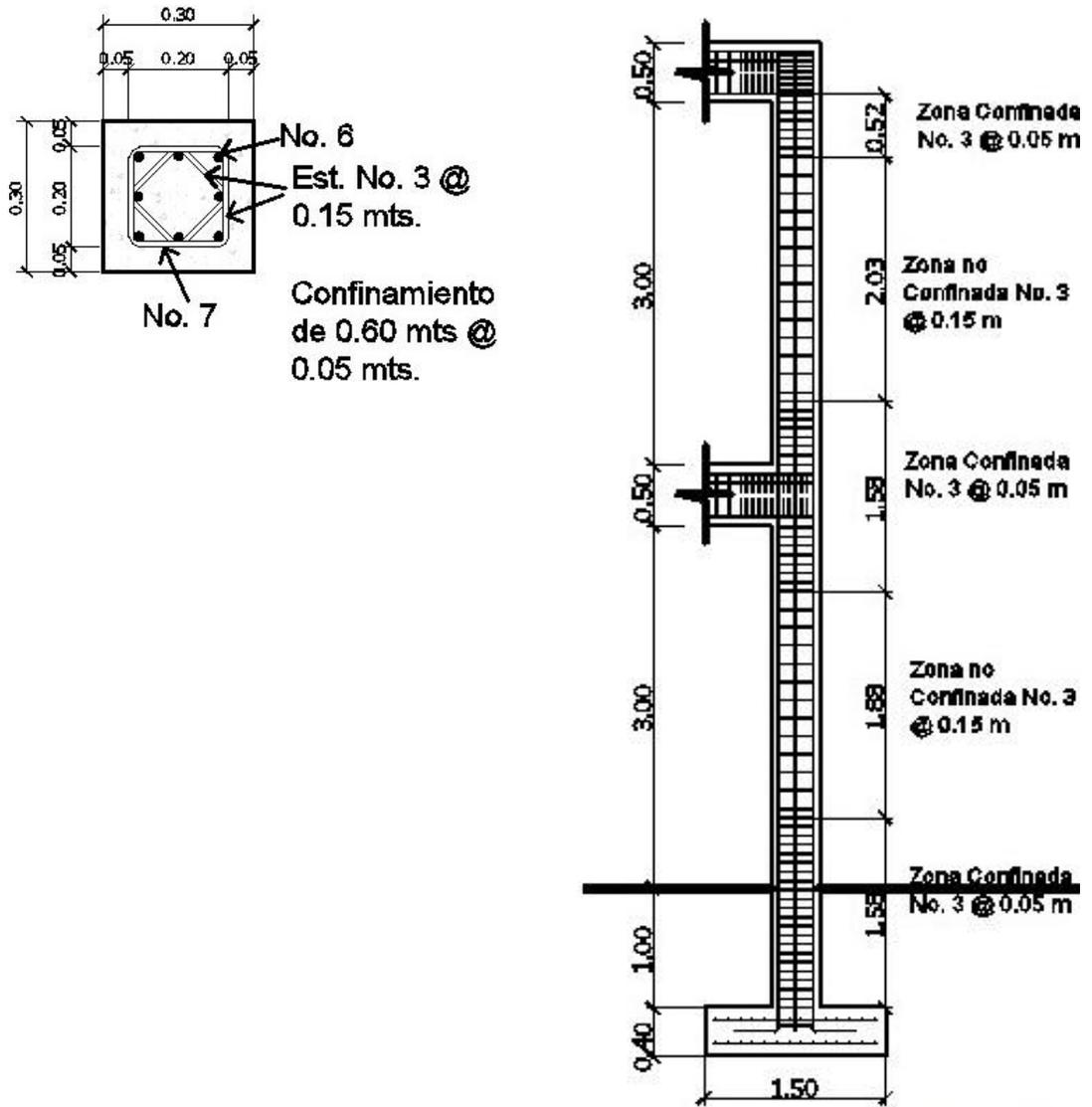
- Se calcula el espaciamiento en función a la cuantía volumétrica, usando varillas #3

$$S = \frac{4 * Av}{\rho_s * Ln} = \frac{4 * 0,71}{0,022 * 30} = 4,30 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se colocan estribos #3 @ 5 cm en la zona de confinamiento.

Este proceso se aplicó a las columnas del segundo nivel dando como resultado un refuerzo longitudinal de 4 varillas #6 y 4 varillas #7 y estribos #3 @ 5 cm en zona de confinamiento y a 15 cm en el resto de las columnas.

Figura 42. Detalle columna



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.5.4. Diseño de nudo sísmico

Este tipo de nudos se realiza para darle soporte a marcos especiales, el cual puede afectarse por rotaciones inelásticas que se asocia a deformaciones

unitarias en el refuerzo que se excedan de forma considerable la deformación unitaria de fluencia. Para poder obtener una resistencia a la cortante se realiza magnificando el f_y del acero por 1,25, como lo indica la sección 21.7.2.1 del código ACI 318-11.

La expresión utilizada es $V = 1,25f_y$

Todo refuerzo longitudinal de una viga que termine en columna, debe de prolongarse hasta la cara más distante del núcleo de confinado de la columna y luego anclarse a la misma. En la sección donde el refuerzo longitudinal atraviesa el sistema Viga-Columna, la dimensión de la columna opuesta al refuerzo no debe ser menor a 20 veces el diámetro de la varilla longitudinal de la viga de mayor diámetro.

- Resistencia al corte

El V_n no debe ser mayor que los valores que se especifican a continuación para concreto de peso normal.

- Para nudos confinados en las cuatro caras $1,7\sqrt{f'_c A_j}$
- Para nudos confinados en tres o dos caras opuestas $1,2\sqrt{f'_c A_j}$
- Para otros casos $1,0\sqrt{f'_c A_j}$

3.5.5. Cimientos

Son elementos estructurales que son destinados para soportar todas las cargas de la estructura y transmitir las al suelo. Los tipos de cimentación dependen del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, el costo y las condiciones del suelo. En este caso se diseñarán zapatas típicas, de forma

cuadrada concéntrica y excéntrica. Los datos para el diseño de las mismas son obtenidos por los estudios de suelos y el análisis previamente hecho.

Datos:

- $M_x = 1\,000 \text{ kg-m}$ $\gamma_{ss} = 1,43 \frac{T}{m^3}$
- $M_y = 1\,000 \text{ kg-m}$ $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- $V_s = 27,03 \text{ T/m}^2$ $f_y = 2\,810 \text{ Kg/cm}^2$
- $P_u = 24\,834,6 \text{ kg}$
- $F_{cu} = 1,51$
- Desplante = 2 m
- $\gamma_{concreto} = 2\,400 \text{ Kg/m}^3$

$$P_t = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{24,83}{1,51} = 16,45 \text{ T}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{1}{1,51} = 0,66 \text{ T - m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{1}{1,51} = 0,66 \text{ T - m}$$

- Predimensionamiento del área de zapata

$$A_z = \frac{1,5P_t}{V_s} = \frac{1,5 * 16,45}{27,03} = 0,91 \text{ m}^2$$

Se propondrá una zapata de 1,5 x 1,5, para cubrir un área de 2,25 m² y un espesor de 0,40 m.

- Revisión de la presión sobre el suelo

La función de una zapata es transmitir las cargas que recibe de la estructura hacia el suelo, para ello se calcula la presión que se ejerce en el mismo, por medio de la siguiente ecuación.

$$q = \frac{Pcg}{Az} \pm \frac{Mtx}{Sx} + \frac{Mty}{Sy}$$

Donde $S = \frac{ab^2}{6}$

Se toma en cuenta que los valores de q no pueden ser negativos, ni valores mayores que el Vs.

$$Sx = Sy = \frac{ab^2}{6} = \frac{1,5 * 1,5^2}{6} = 0,56$$

$$P = Pt + Pcolumna + Psuelo + Pcimiento$$

$$P = 16,45 + (0,3 * 0,3 * 4,5 * 2,4) + (4 * 2 * 1,43) + (0,91 * 0,4 * 2,4) = 29,74 T$$

$$q_{max} = \frac{Pcg}{Az} + \frac{Mtx}{Sx} + \frac{Mty}{Sy} = \frac{29,74}{2,25} + \frac{0,66}{0,56} + \frac{0,66}{0,56} = 15,57 T/m^2$$

$$q_{min} = \frac{Pcg}{Az} - \frac{Mtx}{Sx} - \frac{Mty}{Sy} = \frac{29,74}{2,25} - \frac{0,66}{0,56} - \frac{0,66}{0,56} = 10,86 T/m^2$$

Por los datos obtenidos se determina que $q_{max} < V_s$ por lo tanto si cumple y q_{min} cumple sólo para compresiones. Las presiones no son las mismas en

distintos puntos de apoyo de la cimentación, se supone que la presión es la misma para toda la cimentación.

$$q_u = F_{cu} * q_{max} = 1,51 * 15,57 = 23,51 \text{ T/m}^2$$

- Espesor de zapata

Para predimensionar el espesor de la zapata, se toma en cuenta que el recubrimiento no es menor de 7,5 cm y que el peralte efectivo sea mayor de 15 cm más el recubrimiento y el diámetro de las varillas a utilizar. Dicho espesor debe resistir efectos de corte, se propone un espesor de 40 cm.

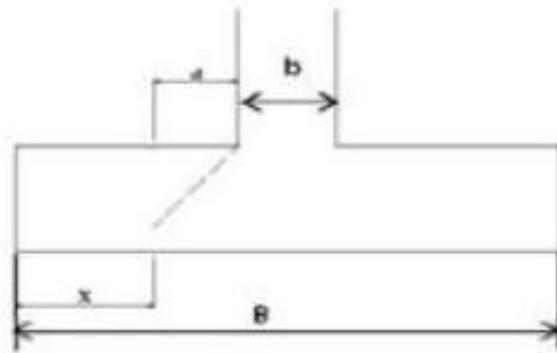
- Peralte efectivo

$$d = t - rec - \frac{\phi_{varilla}}{2} = 40 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 31,55 \text{ cm}$$

- Revisión por corte

La falla por corte simple ocurre en las zapatas a una distancia igual a d, del borde de la columna, por lo tanto, se calcula en ese límite y ver si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 43. **Revisión por corte de cimentación**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{1,5}{2} - \frac{0,40}{2} - 0,3155 = 0,2345 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{act} = \text{área} * q_u = 0,91 * 0,2345 * 23,51 = 5,02 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f'c} = 0,53 * 0,85 * 150 * 31,55 * \sqrt{210} = 30,9 \text{ T}$$

Dados los resultados se determina que el $V_{res} > V_{act}$, el espesor de la cimentación soporta el corte simple.

- Revisión de corte punzante

La fuerza que aplica la columna sobre la zapata, puede punzonar la misma, debido a que se aplica sobre el perímetro, esta falla se encuentra ubicada a $d/2$ del perímetro de nuestra columna.

- Corte actuante por punzonamiento

$$d + \text{sección de columna} = 31,55 + 30 = 61,55 \text{ cm}$$

$$V_{p \text{ act}} = \text{área} * q_u = ((1,5 * 1,5) - (0,6155 * 0,6155)) * 23,51 = 44 \text{ T}$$

- Corte resistente por punzonamiento

$$V_{p \text{ res}} = 1,06 * \phi * b_o * d * \sqrt{f'c}$$

Donde

$$b_o = 4(b_{col} + d) = 4(30 + 31,55) = 246,2 \text{ cm}$$

$$V_{p \text{ res}} = 1,06 * 0,85 * 246,2 * 31,55 * \sqrt{210} = 101,42 \text{ T}$$

Dados los resultados se determina que el $V_{pres} > V_{pact}$, por lo que el espesor de la cimentación soporta el corte punzonante.

- Diseño de refuerzo por flexión

Por ser un tipo de losa que funciona como voladizo, es necesario que se diseñe a flexión.

$$L = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - 0,3155 = \frac{2}{2} - \frac{0,3}{2} - 0,3155 = 0,5345$$

$$Mu = \frac{qu * L^2}{2} = \frac{23\,510 * 0,5345^2}{2} = 3\,358,3 \text{ Kg} - m$$

El área de acero se debe calcular con la misma ecuación para el refuerzo de la viga.

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

$$As = \frac{0,85 * 210}{2\,810} \left(100 * 31,55 - \sqrt{(100 * 31,55)^2 - \frac{3\,358,3 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 4,3 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 14 * \frac{bd}{fy} = 14 * \frac{100 * 31,55}{2\,810} = 15,71 \text{ cm}^2$$

- Aplicando regla de tres para la separación con varillas #6

$$\begin{array}{l} 15,71 \text{ --- } 100 \\ 2,25 \text{ --- } S \end{array}$$

$$S = \frac{2,25 * 100}{15,71} = 14,32 \text{ cm}$$

Colocar varillas #6 @ 15 centímetros en ambos sentidos en la cama inferior de la zapata.

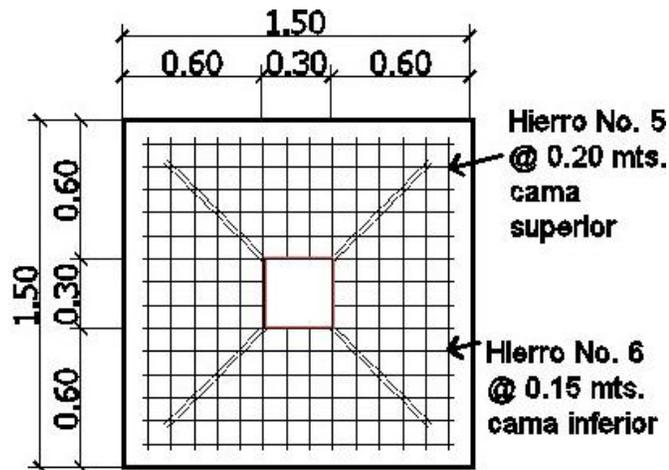
- Acero por temperatura

Se realiza el cálculo para el acero por temperatura con la siguiente ecuación.

$$As_{temp} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 30 = 6 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas #5 el espaciamiento es de 20 cm a ambos sentidos, en la cama superior de la zapata.

Figura 44. Detalle de zapata



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

- Cimiento corrido

Es el cimiento que se utilizará en para los muros, se calcula en forma de unidad, son diseñados para soportar cargas superpuestas, tomando en cuenta la resistencia del terreno siendo continuos. Según normas FHA, el cual funciona como solera de humedad y cimiento.

Datos

- B= 30 cm
- b= 15 cm
- h= 30 cm

Para esto se utilizarán 5 varillas longitudinales número 3, con estribos número 2 @15 cm.

Datos para una zapata de borde y esquina:

- $M_x = 1\ 000\ \text{kg}\cdot\text{m}$ $\gamma_{ss} = 1,43\ \frac{T}{m^3}$
- $M_y = 1\ 000\ \text{kg}\cdot\text{m}$ $f'_c = 210\ \text{Kg}/\text{cm}^2$
- $V_s = 27,03\ \text{T}/\text{m}^2$ $f_y = 2\ 810\ \text{Kg}/\text{cm}^2$
- $P_u = 24\ 834\ 6\ \text{kg}$
- $F_{cu} = 1,51$
- Desplante= 2 m
- $\gamma_{concreto} = 2\ 400\ \text{Kg}/\text{m}^3$

$$e = \frac{M_x}{P} = \frac{1\ T - m}{24,83\ T} = 0,04\ m$$

$$q_{max} = \frac{P}{(B - 2e) * L} = \frac{24,83\ T}{(1,5 - 2(0,04)) * 1,5} < 15,57 = 11,66\ T < 15,57\ T$$

$$d = 0,3 - 0,075 > 1,5 = 0,23 > 1,5$$

$$k_1 = \frac{3,06}{1,5(1 - 0,25^2)} = \frac{3,06}{1,41} = 2,17\ m$$

$$f = \frac{1 + 0,5 \left(\frac{1,5}{1,5} \right)}{1,5} = 1 \text{ m}$$

$$k = \frac{f}{0,67} * k1 = \frac{1}{0,67} * 2,17 = 3,24 \text{ m}$$

$$T_s = \frac{24,83 \left(\frac{1,5 - 0,3}{2} \right) - 1}{3,5 + 0,3 + \frac{3,24 * 0,75^2 * 3,5^2}{36 (56,516 * 10^3)(213,33 * 10^3)} * 1,5^4} = \frac{13,9}{3,8} = 3,66 \text{ T}$$

$$q_{smax} = \frac{24,83}{1,5 * 1,5} + \frac{3,24 * 0,75^2 * 3,5^2 * 1,5}{6 * 56,516 * 10^3 * 213,33 * 10^3} * 3,66 \leq 15,57$$

$$q_{smax} = 11,04 \leq 15,57 \text{ T}$$

$$q_{smin} = \frac{24,83}{1,5 * 1,5} - \frac{3,24 * 0,75^2 * 3,5^2 * 1,5}{6 * 56,516 * 10^3 * 213,33 * 10^3} * 3,66 > 0$$

$$q_{smin} = 11,04 > 0 \text{ T}$$

$$q_{smax} = 11,04 * 1,5 = 16,56 \text{ T}$$

$$q_{smin} = 11,04 * 1,5 = 16,56 \text{ T}$$

- Corte por punzonamiento

$$P_u = 24,83 * 1,5 = 37,25 \text{ T}$$

$$q \frac{d}{2} = q_{max} - \frac{q_{max} - q_{min}}{B} \left[b_2 + \frac{d}{2} \right]$$

$$q \frac{d}{2} = 16,56 - \frac{16,56 - 16,56}{1,5} \left[0,3 + \frac{0,3}{2} \right] = 16,56 \text{ T}$$

$$Vu = 37,25 - \frac{16,56 + 16,56}{2} \left((0,3 + 0,3) * \left(0,3 + \frac{0,3}{2} \right) \right) = 36,6 T$$

- Esfuerzo cortante

$$vup = \frac{36,6 T}{1,5 * 0,3} = 81,33 \frac{T}{m^2}$$

- Esfuerzo longitudinal

$$qud = 16,56 - \frac{16,56 - 16,56}{1,5} [1,5 - 0,3 - 0,3] = 16,56 \frac{T}{m^2}$$

$$vud = \frac{16,56 + 16,56}{1,5} [1,5 - 0,3 - 0,3] * 1,5 = 29,81 \frac{T}{m^2}$$

$$vud = \frac{29,81}{1,5 * 0,3} = 66,24 T$$

- Esfuerzo transversal

$$\frac{L - b1}{2} * d = \frac{1,5 - 0,3}{2} * 0,3 = 0,18$$

$$vud = 16,56 - \frac{16,56 - 16,56}{1,5} [0,18] = 16,56 T$$

$$vud = \frac{16,56}{1,5 * 0,3} = 36,8 T$$

- Refuerzo longitudinal

$$Lv = \frac{1,5}{2} - \frac{0,3}{2} = 0,6 \text{ m}$$

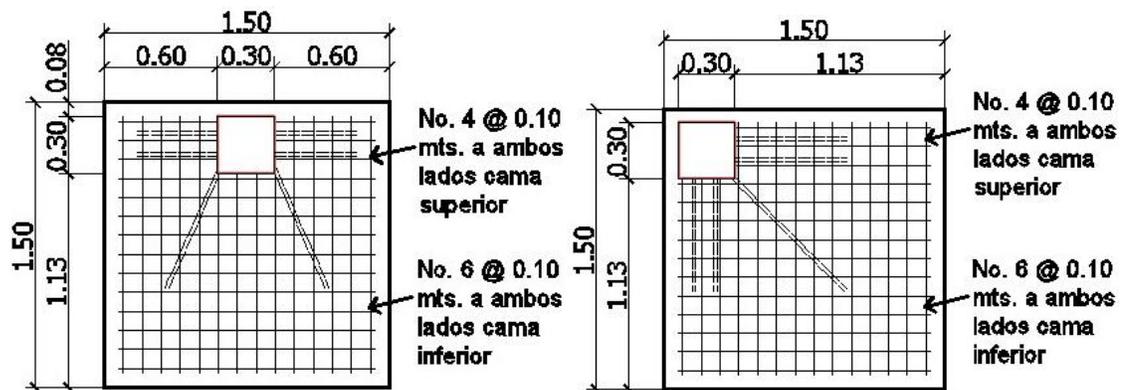
$$Mu = \left(\frac{16,56 + 16,56}{2} \right) \left(\frac{0,62^2}{2} \right) * 1,5 = 4,5 \text{ T - m}$$

- Área de refuerzo

$$As = \rho B d = 0,002 * 150 * 30 = 9 \text{ cm}^2$$

El armado de la zapata de borde consta de varillas No. 4 @ 10 cm en ambos sentidos para la cama superior y para la cama inferior se usarán varillas No. 6 en ambos sentidos.

Figura 45. Detalle de zapata de borde y de esquina



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.5.6. Gradas

El módulo de gradas se diseña como una estructura independiente, consta de su respectivo graderío y una baranda de seguridad, está en la parte externa de la estructura de la edificación escolar. Esto determina que su inercia y el período de vibración serán distintos al de la estructura en sí.

Todo módulo de gradas debe ser cómoda y segura para las personas que las utilicen, se logra dependiendo de la relación de los peldaños que lleve, por lo tanto, servir para ruta de evacuación cuando la situación lo amerite y evitar accidentes.

Se diseñan aplicando las condiciones y criterios siguientes:

- La contrahuella máxima es $C= 19,5$ cm
- La huella mínima es $H= 30$ cm
- La altura disponible es de $3,5$ m
- Se propone usar los rangos máximos y mínimos para la huella y contrahuella.
- No. de escalones $3,5/0,195= 17,5$.
- Se construirán 18 escalones con $C=19,5$ cm.
- Cargas de diseño para una escalera.

$$C_m = P_{\text{escalera}} * P_{\text{acabados}}$$

$$t = \frac{L}{24} = \frac{3}{24} = 0,125 \text{ m}$$

- Integración de cargas.

$$P_{\text{escalera}} = \gamma c * \left(t + \frac{c}{2} \right) = 2\,400 * \left(0,10 + \frac{0,195}{2} \right) = 474 \text{ Kg/m}^2$$

$$acabados = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_m = P_{\text{escalera}} * P_{\text{acabados}} = 474 + 100 = 574 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_v = 500 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4c_m + 1,7c_v = 1,4(574) + 1,7(500) = 1\,653,6 \text{ kg/m}^2$$

Como la longitud de la losa será inclinada se calcula de la siguiente manera

$$L_{\text{losa}} = \sqrt{2,5^2 + 1,66^2} = 3 \text{ m}$$

- Cálculo de momentos actuantes en la losa.

$$M(+)= \frac{Wl^2}{9} = \frac{1\,653,6 * 3^2}{9} = 1\,653,6 \text{ Kg} - m$$

$$M(-)= \frac{Wl^2}{14} = \frac{1\,653,6 * 3^2}{14} = 1\,063,03 \text{ Kg} - m$$

- Acero mínimo.

$$A_{\text{min}} = \rho_{\text{min}} * b * d$$

$$\rho_{min} = \frac{14,1}{2810} = 0,005$$

$$d = t - rec\ min - \frac{\emptyset}{2} = 7,02\ cm$$

$$As_{min} = 0,005 * 100 * 7,02 = 3,51\ cm^2$$

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

$$AsM(-) = \frac{0,85 * 210}{2810} \left(100 * 7,02 - \sqrt{(100 * 7,02)^2 - \frac{1653,6 * 100}{0,003825 * 210}} \right)$$

$$= 10,65\ cm^2$$

- Separación para varillas No. 4.

$$10,65 \text{ ----- } 100$$

$$1,27 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{10,65} = 11,92\ cm$$

Para el armado de las escaleras se utilizarán varillas #4 @10 cm

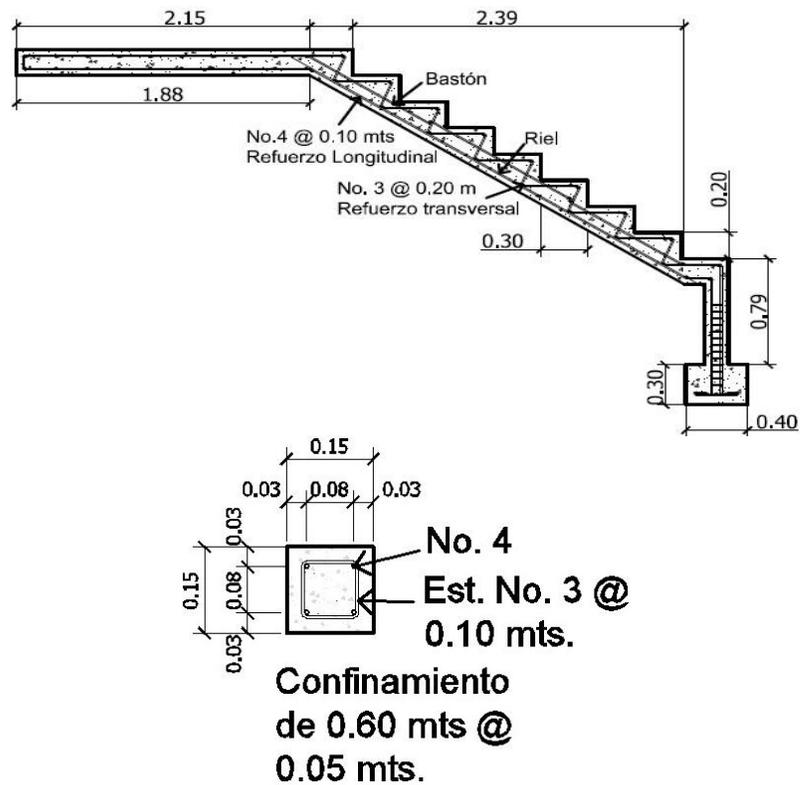
- Acero por temperatura.

$$As_{temp} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 10 = 2\ cm^2$$

$$S_{max} = 2 * t = 2 * 10 = 20\ cm$$

Se pondrán varillas #3 con una separación de 20 cm. Por ser acero a temperatura se colocan de manera transversal.

Figura 46. **Detalle de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

3.5.7. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas sirven para dar a los distintos ambientes de la estructura la iluminación necesaria para ésta, determinando el tipo de accesorios y su distribución.

Se utilizarán en aulas, pasillos y servicios sanitarios, siendo estas lámparas de tipo industrial de 2x40W, también contará con un sistema de fuerza el cual consta de un circuito para aulas, uno para corredores, y servicios sanitarios, con un máximo de cinco unidades por circuito (tomacorrientes dobles con placa metálica).

Los circuitos son iguales para cada local y cada nivel, se utilizará alambre calibre 12, que resiste un amperaje de 20 amperios y flipones de 20 amperios.

Datos

- 8 juegos de lámparas de 2x40watts
- Voltaje 120V
- Factor de seguridad = 0,95

$$\Sigma cu = 152 \frac{m}{\Omega mm^2}$$

$$I = \frac{640watts}{(0,95)(120)} = 5,61 A$$

Al conocer que el radio del alambre eléctrico es de 0,4 mm, se indica que el calibre mínimo recomendado es el 12, el cual tiene un área transversal mayor a la requerida.

3.5.8. Instalaciones hidráulicas

Agua Potable: todo el sistema de agua potable será distribuida por una red cerrada, la red principal está por lo menos a 0.30 metros bajo el nivel del piso,

por lo que también se colocan sus respectivas llaves de paso, de globo y contador.

Se toma en cuenta que el circuito incluye los distintos artefactos sanitarios que lo componen. Para determinar el caudal necesario, se debe tomar en cuenta el peso o demandas de cada artefacto y con este se dará el diámetro del ramal, se usará el método de Hunter para la realización del siguiente cálculo.

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma p}$$

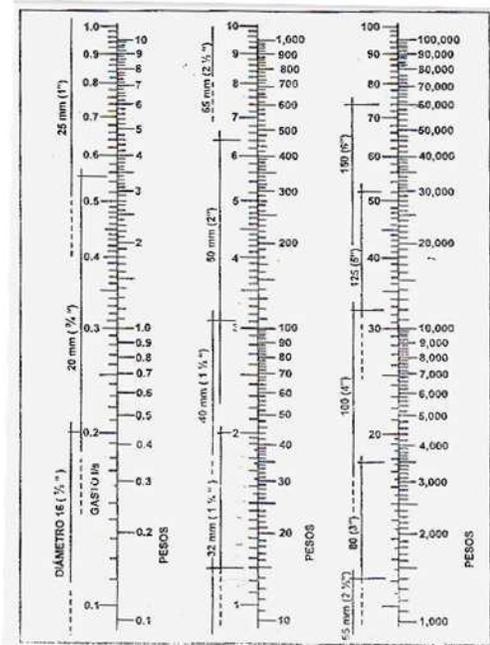
Tabla XXX. **Demanda de instalaciones hidráulicas**

Pieza o Accesorio	Peso
Inodoro con caja de descargo	0,30
Lavado (lavamanos)	0,50
Llave de chorro	1,00

Fuente: elaboración propia.

$$Q = 0,30 * \sqrt{\Sigma p} = 0,30 * \sqrt{(7 * 0,3) + (4 * 0,5)} = 0,61 \frac{L}{s}$$

Figura 47. **Cálculo de instalaciones hidráulicas**



Fuente: HARPER ENRÍQUEZ, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas, sanitarias, residenciales y comerciales. Ábaco 1. p. 128.

Una vez obtenido el caudal, según la ilustración 41, en la parte izquierda de la segunda columna indica que el ramal de alimentación es de 1 pulgada de diámetro, para los sub-ramales, los cuales alimentan a los accesorios será de 1/2 pulgada de diámetro, como se indica en la siguiente ilustración.

Tabla XXXI. **Diámetro de tuberías para instalaciones hidráulicas**

Accesorios de uso	Diametro (plg.)
Inodoro con caja de descarga	1/2"
Lavado (lavamanos)	1/2"
Llave de chorro	1/2"

Fuente: elaboración propia.

Drenaje sanitario: la edificación para los servicios sanitarios se sitúa fuera de la estructura escolar, será dotado con 11 artefactos, es necesario un diámetro de tubería necesaria para descargas de 60 lt/hab/día, con un mínimo de 1 por ciento de pendiente, como se indica en la ilustración siguiente.

Tabla XXXII. **Diámetro de tuberías para instalaciones hidráulicas**

Aparatos	Unidades	Diámetro nominal (plg.)
Inodoro	6	4
Lavamanos	2	1 1/2"

Fuente: elaboración propia.

Toda tubería a la cual se dirige el ramal de descarga recibe el nombre de ramal de drenaje y se usa los siguientes diámetros propuestos en la siguiente ilustración del método de Hunter.

Tabla XXXIII. **Diámetro de tuberías para instalaciones hidráulicas**

Diámetro nominal (plg.)	Máximo de unidades
1	1
1 1/2"	3
2	6
3	20
4	160
5	620

Fuente: elaboración propia.

Por la cantidad de artefactos, el diámetro de la tubería será de 3 pulgadas, tomando en cuenta que se colocarán 11 unidades.

- Agua pluvial

Datos:

- Pendiente: 1,5 %
- Área tributaria: $21,44 \text{ m}^2 = 0,002144 \text{ hectáreas}$
- Tiempo para el tramo inicial $t = 12 \text{ minutos}$
- PVC= 3 pulgadas
- Coeficiente de rugosidad del PVC $n = 0,010$
- Coeficiente de escorrentía para concreto $C = 0,90$
- Intensidad de lluvia para Estanzuela, Zacapa en 10 años

$$i = \frac{A}{(B + t)^n} = \frac{3\,480}{(18 + 12)^{0,983}} = 122,90 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

- Caudal de diseño

$$Q_{di} = \frac{0,90 * 122,90 * 0,002144}{360} = 0,000658 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,66 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- Velocidad de flujo de sección llena

$$= \frac{0,03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * 3^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1,5}{100}\right)^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 0,87 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Área de sección de tuberías

$$A = 5,067 \times 10^{-10} * D^2 = 5,067 \times 10^{-10} * 3^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

- Caudal a sección llena

$$Q = A * V = 0,00456 * 0,87 = 3,96 \frac{L}{s}$$

Como Q es mayor que el dato de Qdi, el diámetro es correcto.

3.6. Planos constructivos

El juego de planos está compuesto de la siguiente manera.

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Elevaciones
- Planta de cimientos y columnas
- Planta de losa y vigas
- Detalles y sección de vigas
- Gradadas y detalles estructurales
- Planta de acabados
- Instalaciones hidráulicas y drenaje
- Plano de iluminación
- Plano de fuerza

3.7. Presupuesto

El presupuesto determina el valor de los trabajos a realizar por medio de los precios obtenidos por cotizaciones realizadas en el área.

Se aplicará un 30 por ciento de costos indirectos para cubrir gastos administrativos, de supervisión y de utilidades. Los salarios de mano de obra calificada y no calificada se tomaron los que la municipalidad tiene establecidas para trabajos similares.

Tabla XXXIV. Presupuesto edificación escolar de dos niveles

COSTOS DIRECTOS					
INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS					
EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES, LA HONDONADA, ESTANZUELA, ZACAPA					
No	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
1	PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y nivelación	m ²	196	Q 20,00	Q 3 920,00
1,2	Trazo y estaqueado	m ²	196	Q 20,00	Q 3 920,00
				TOTAL	Q 7 840,00
2	CIMENTACIONES				
2,1	Excavación y relleno	m ³	294	Q 75,00	Q 22 050,00
2,2	Zapatas	unidad	27	Q 1 375,00	Q 37 125,00
2,3	Cimiento corrido	ml	70	Q 225,00	Q 15 750,00
				TOTAL	Q 74 925,00
3	MUROS				
3,1	Muros de 0.15x0.20x0.40	m ²	196	Q 200,00	Q 39 200,00
3,2	Solera hidrófuga 0.15x0.20	ml	70	Q 175,00	Q 12 250,00
3,3	Solera intermedia 0.15x0.20	ml	70	Q 175,00	Q 12 250,00
3,4	Solera de corona 0.15x0.20	ml	70	Q 175,00	Q 12 250,00
				TOTAL	Q 75 950,00
4	ESTRUCTURAS				
4,1	Columna tipo 1	Unidad	54	Q 1 200,00	Q 64 800,00
4,2	Columna tipo 2	Unidad	9	Q 1 150,00	Q 10 350,00
4,3	Vigas	Unidad	84	Q 1 000,00	Q 84 000,00
				TOTAL	Q 159 150,00
5	TECHOS				
5,1	Losa primer nivel	m ²	196	Q 220,00	Q 43 120,00
5,2	Losa segundo nivel	m ²	196	Q 220,00	Q 43 120,00
				TOTAL	Q 86 240,00
6	INDEPENDIENTE				
6,1	Módulo de gradas	Global	1	Q 1 200,00	Q 1 200,00
6,2	Lavamanos	Unidad	4	Q 275,00	Q 1 100,00
6,3	Inodoros	Unidad	5	Q 500,00	Q 2 500,00
6,4	Mingitorios	Unidad	2	Q 450,00	Q 900,00
				TOTAL	Q 5 700,00
7	ACABADOS				
7,1	Piso cerámico	m ²	196	Q 250,00	Q 49 000,00
7,2	Base de concreto	m ²	196	Q 190,00	Q 37 240,00
7,3	Repello	m ²	392	Q 35,00	Q 13 720,00
7,4	Pintura	m ²	392	Q 100,00	Q 39 200,00
7,5	Cernido vertical	m ²	392	Q 75,00	Q 29 400,00
7,6	Columnas	m ²	12	Q 135,00	Q 1 620,00
7,7	Vigas	m ²	15	Q 135,00	Q 2 025,00
7,8	Losa	m ²	392	Q 135,00	Q 52 920,00
				TOTAL	Q 225 125,00

Continuación de la tabla XXXIV.

8	SISTEMA DE AGUA Y DRENAJE				
8,1	Sistema de agua potable	Global	1	Q 9 600,00	Q 9 600,00
8,2	Drenaje sanitario	Global	1	Q 8 000,00	Q 8 000,00
8,3	Drenaje pluvial	Global	1	Q 7 690,00	Q 7 690,00
TOTAL					Q 25 290,00
9	SISTEMA ELÉCTRICO				
9,1	Iluminación	Global	26	Q 750,00	Q 19 500,00
9,2	Fuerza	Global	20	Q 500,00	Q 10 000,00
TOTAL					Q 29 500,00
10	PUERTAS Y VENTANAS				
10,1	Puertas	Unidad	12	Q 1 000,00	Q 12 000,00
10,2	Ventanas	m ²	55	Q 500,00	Q 27 500,00
10,3	Portón de entrada	Global	1	Q 6 500,00	Q 6 500,00
TOTAL					Q 46 000,00
11	OTROS				
11,1	Barandas	m ²	22,45	Q 500,00	Q 11 225,00
TOTAL					Q 11 225,00
COSTO TOTAL					Q 746 945,00

Fuente: elaboración propia.

3.8. Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución es una guía al cual el proyecto se debe regir, denominando el tiempo de ejecución de cada proceso de la obra. Es una calendarización desde su inicio hasta su final.

Este se utiliza para llevar un control del material y del presupuesto que se manejará durante el proceso de ejecución.

3.9. Evaluación de impacto ambiental inicial

Se denomina impacto ambiental a toda alteración a las condiciones ambientales o creación de un conjunto nuevo de condiciones que sean adversas o beneficiosas, provocada por la acción humana o fuerza natural. Se

presentará un cuadro donde se identifican los distintos posibles daños o modificaciones ambientales que son generados como el resultado de la construcción del proyecto.

Tabla XXXV. Estudios de impacto ambiental

No.	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto	Lugar donde se genera	Manejo ambiental
1	Aire	Gases o partículas	Levantamiento de polvo y de cemento	Lugar cercano a la construcción	Manejo adecuado a los sacos de cemento y áreas a excavar.
	Ruido	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica por ser un proyecto nuevo.
	Vibraciones	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica por ser un proyecto nuevo.
	Olores	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica por ser un proyecto nuevo y de infraestructura.
2	Agua	Abastecimiento de agua	Generación de gran cantidad de aguas residuales	En la comunidad que se va a abastecer	Usar únicamente la cantidad de agua necesaria para el proyecto.
		Aguas residuales ordinarias	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Aguas residuales especiales	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Agua de lluvia	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
3	Suelo	Desechos sólidos	Cantidad producida por los materiales	En todas las áreas del proyecto	Recolectar los sobrantes de los materiales.
		Desechos peligrosos	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Descarga de aguas residuales	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Modificación del relieve del área	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.

Continuación tabla XXXV.

4	Biodiversidad	Flora	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Fauna	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Ecosistema	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
5	Visual	Modificación del paisaje	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado es la experiencia académica que como estudiantes, permite tomar conciencia de los distintos tipos de criterios que se deben tener, para la realización de los distintos proyectos en los que se está asignado, esto permite capacitarse de forma empírica para acoplar nuestro conocimiento de gabinete con el conocimiento de campo.
2. Con la ejecución de la edificación escolar se dará a la comunidad La Hondonada la oportunidad de crecer, desarrollar y capacitar a las personas, para un nivel educativo adecuado y crear oportunidades para un desarrollo futuro, por ese motivo es de suma importancia que este proyecto se lleve a la municipalidad en el menor tiempo posible por los beneficios que representa
3. Con la implementación del sistema de abastecimiento de agua potable, se dotará a la comunidad de un servicio indispensable para el consumo, limpieza y salud de la población de La Hondonada, teniendo así el acceso de un elemento indispensable en el día a día de las personas a quienes se beneficiará.
4. Como estudiantes es necesario la implementación obligatoria del Ejercicio Profesional Supervisado, para demostrar las capacidades y deficiencias que como futuros profesionales se tienen, y sería un beneficio a futuras generaciones de profesionales el poder beneficiar a distintas entidades con el equipo estudiantil de Ingeniería.

RECOMENDACIONES

1. A la municipalidad de Estanzuela, se le exhorta a implementar el diseño y cálculos realizados para este proyecto en el presente informe de graduación, y basarse en las especificaciones que van detalladas en el juego de planos adjunto basándose en datos de códigos y cálculos con ensayos de laboratorio.
2. Cumplir con las especificaciones de saneamiento y dar tratamiento y mantenimiento al tanque de distribución, para que cumpla con las normas UNEPAR Y COGUANOR, especificadas en el presente informe, siguiendo los pasos del manual descrito.
3. Proporcionar a la comunidad La Hondonada programas de educación de tratamiento de agua potable, así brindar un servicio de calidad y con ayuda de los vecinos realizar el servicio y chequeo de los artefactos para el correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

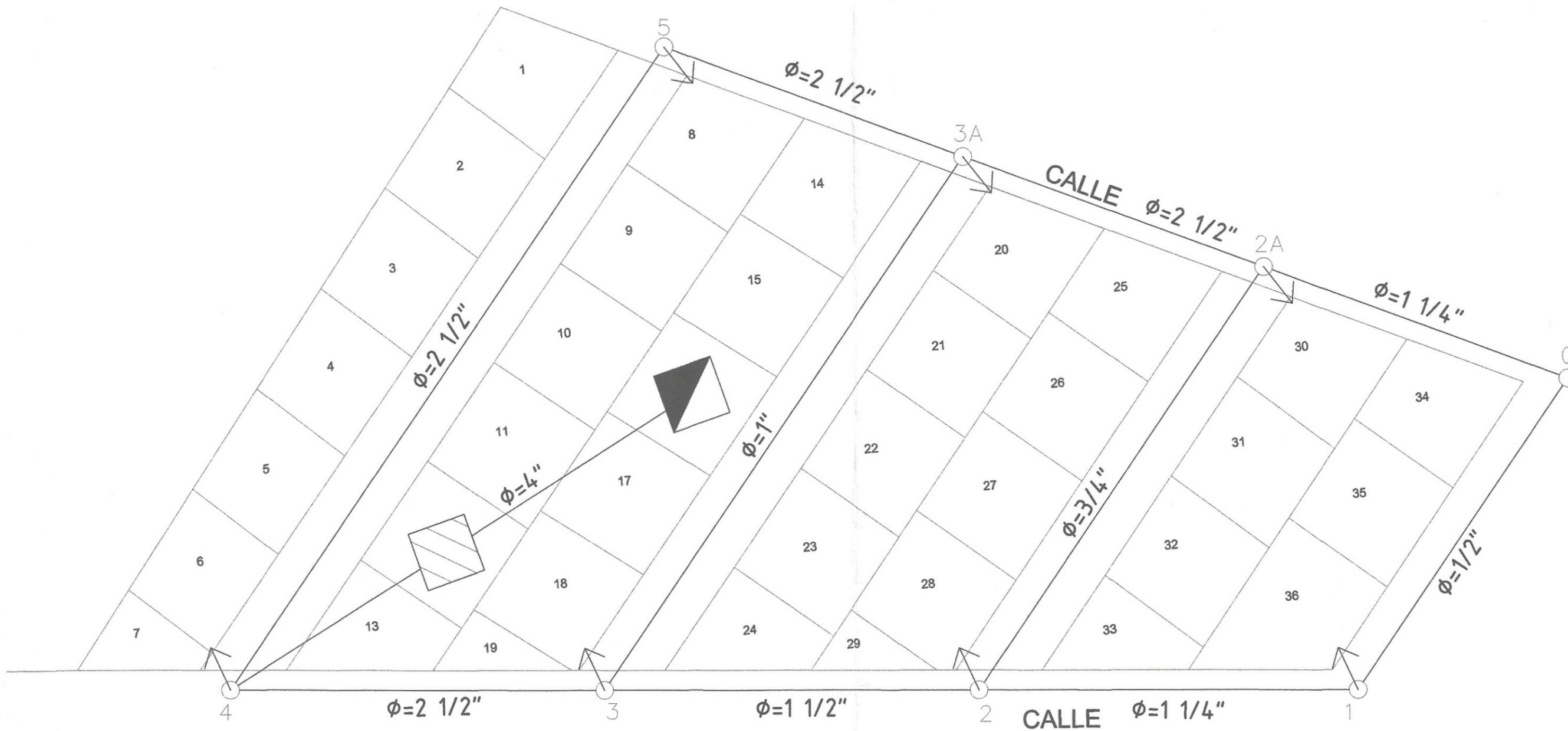
1. AGUILAR RUIZ, Pedro. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007, 196 p.
2. American Concrete Institution. *Código de diseño de concreto armado y
comentarios*. ACI-318-11, USA, 2011. 548 p.
5. Deguate.com. Historia de Estandzuela. [en línea].
<[https://www.deguate.com/municipios/pages/zacapa/estanzuela/historia.
php](https://www.deguate.com/municipios/pages/zacapa/estanzuela/historia.php)>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
3. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12 a ed. Estados
Unidos: McGraw-Hill, 1999. 738 p.
4. INFOM, Normas de diseño de abastecimiento de agua potable en áreas
rurales. Guatemala, UNEPAR, 2011. 64 p.
5. SELKIN ALDANA, Bill Tommy. Diseño del edificio escolar para el
instituto Oscar Humberto Enríquez Guerra y diseño del sistema de
abastecimiento de agua potable para aldea Santa Marta del
municipio de Sumpango, Sacatepéquez. Trabajo de graduación de
Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de
Guatemala, 2005, 268 p.

6. SIGUÍ VILLEDA, Max Adolfo. Diseño de edificación escolar de dos niveles para aldea limones y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para aldea Zapote municipio de Gualán, Zacapa. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008, 225 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.



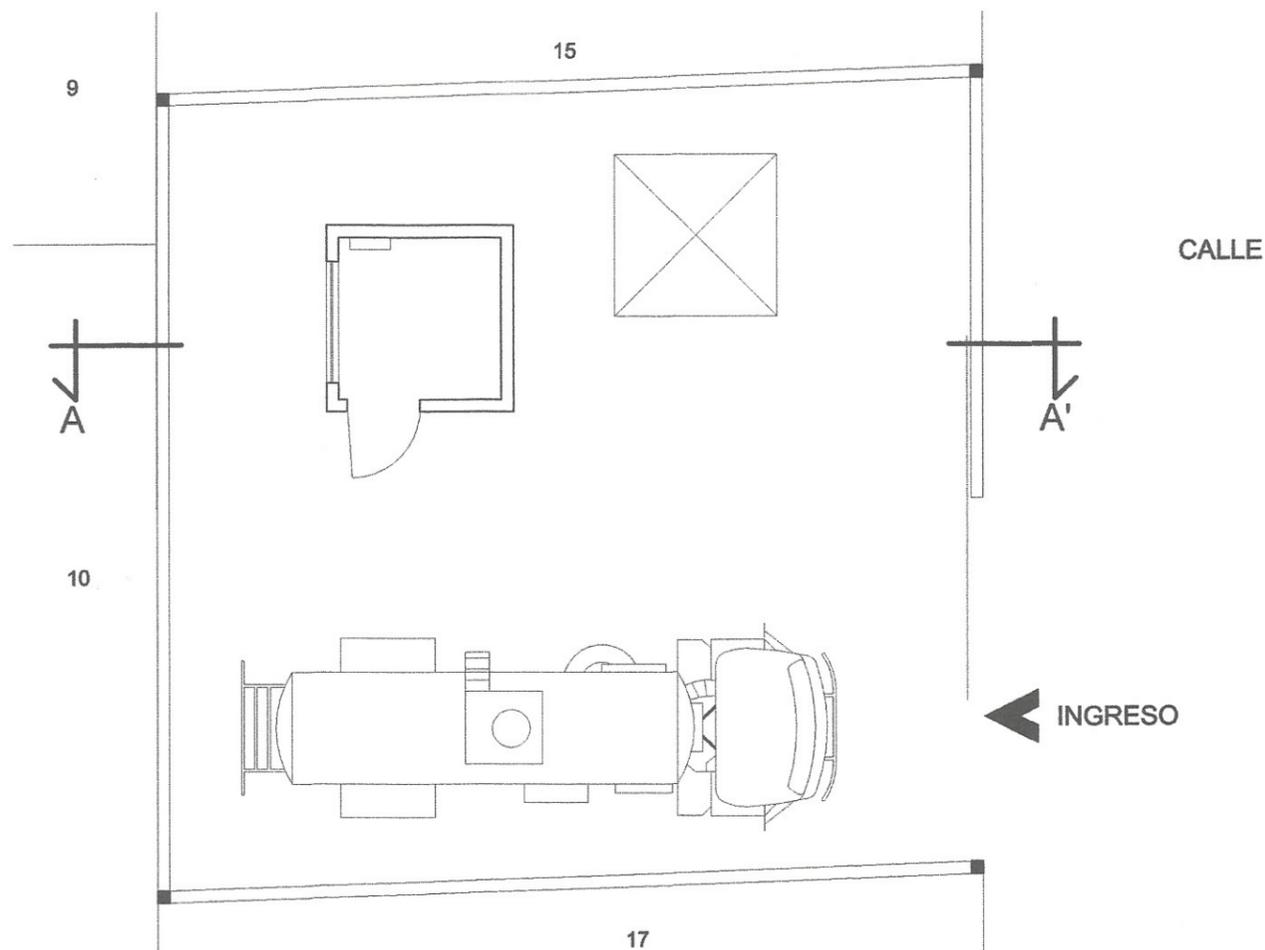
EST.-P.O.	AZIMUT	DIST. EN m.
0 1	143°40'26"	31.54
1 2	199°47'20"	31.84
2 3	199°47'20"	31.49
3 4	199°47'20"	31.39
4 5	323°40'26"	65.06
5 0	39°53'32"	80.97
2 2A	323°40'26"	42.81
3 3A	323°40'26"	53.95

Planta General red principal

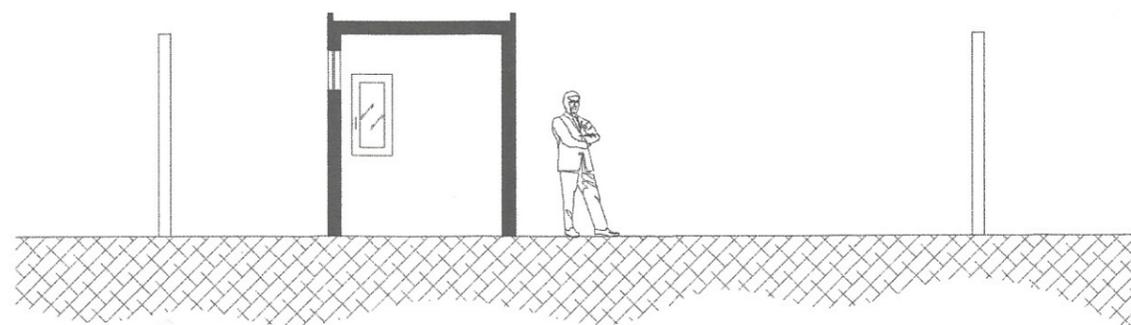
Escala 1:1000

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO: DENSIDAD DE VIVIENDA Y PLANTA GENERAL DEL SISTEMA		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:1000
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB/2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		Ing. JUAN MERCK COS

01 / 06

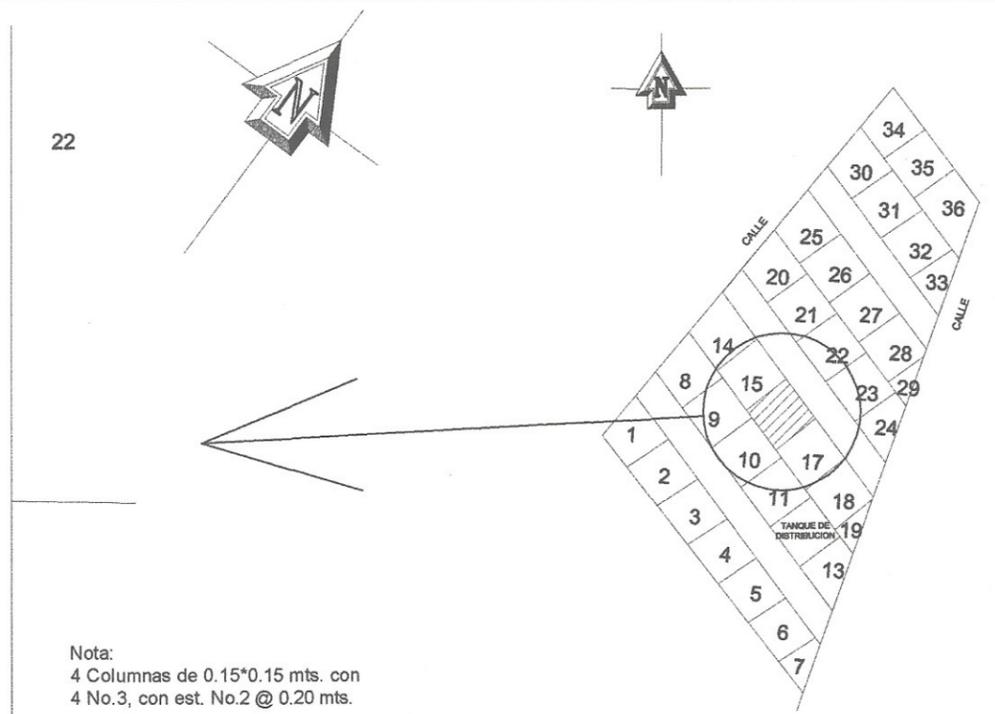


Plano de caseta de pozo
Escala 1:250

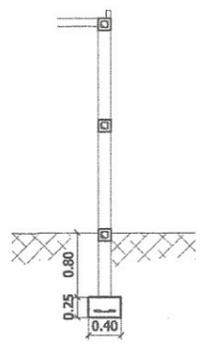


Elevación
Escala 1:250

Planta General del Sistema
Escala 1:125

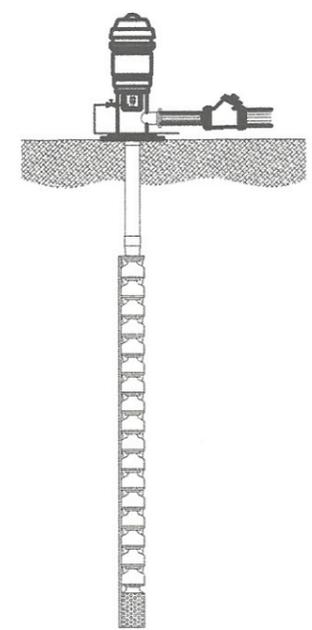


Nota:
4 Columnas de 0.15*0.15 mts. con
4 No.3, con est. No.2 @ 0.20 mts.



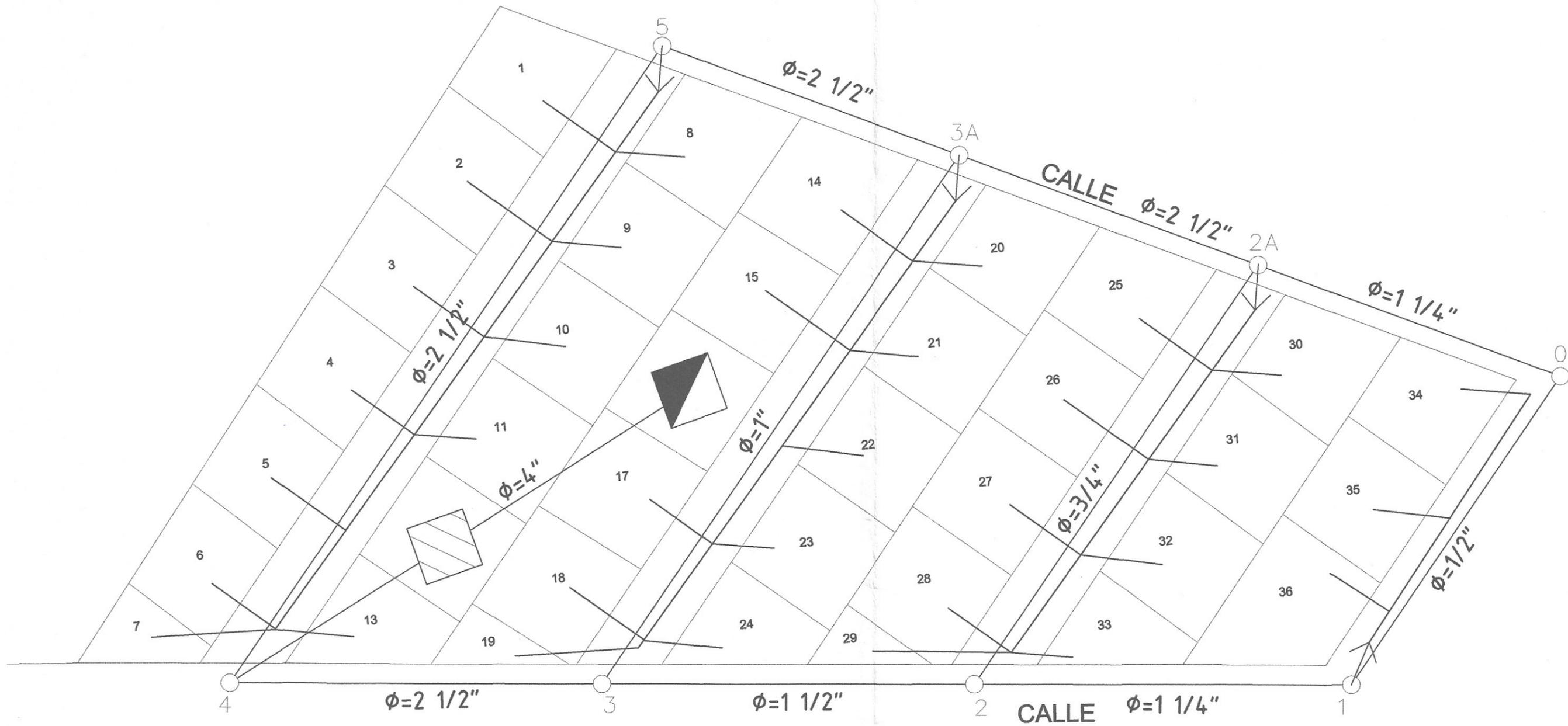
Losa: t=0.10 mts.
Refuerzo: No.3 @0.20 mts. a
ambos lados
Soleras: 0.15*0.15 mts. 4No.3
Estribos: No.2 @ 0.20 mts.

Corte de Muro
Escala 1:250



Detalle de Bomba
Escala 1:50

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: DETALLE DE CASETA DE POZO y BOMBA	
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	variado
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		03/06 FEB. 2019

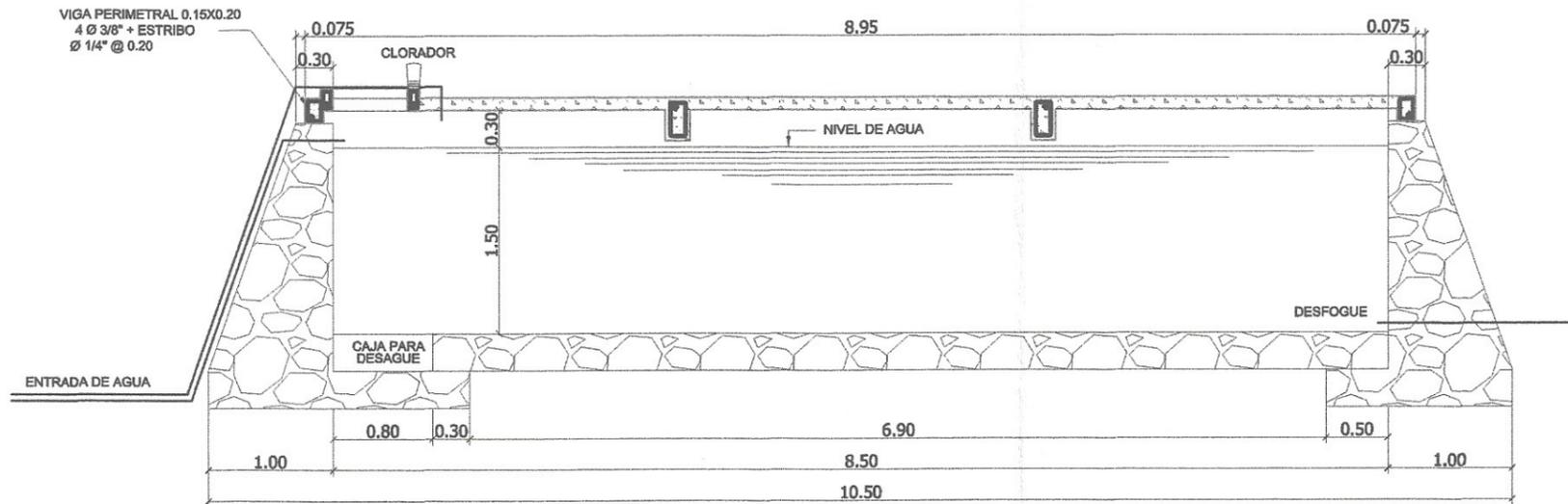


EST.-P.O.	AZIMUT	DIST. EN m
0 1	143°40'26"	31.54
1 2	199°47'20"	31.84
2 3	199°47'20"	31.49
3 4	199°47'20"	31.39
4 5	323°40'26"	65.06
5 0	39°53'32"	80.97
2 2A	323°40'26"	42.81
3 3A	323°40'26"	53.95

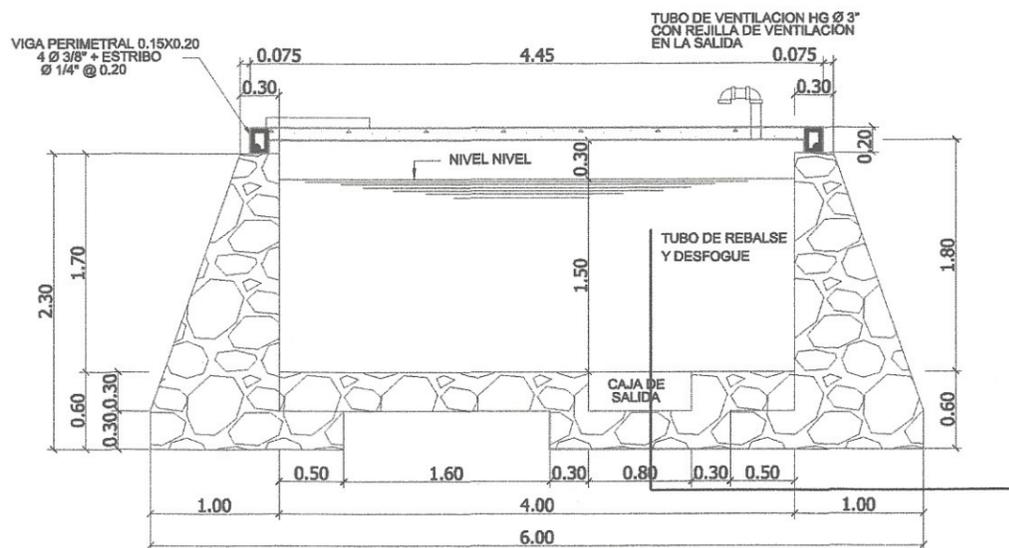
Planta General red secundaria

Escala 1:1000

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO:		DENSIDAD DE VIVIENDA Y PLANTA GENERAL DEL SISTEMA
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:1000
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FASE: I
V.B. DIRECTOR D.M.P.		FECHA DE ENTREGA: FEB 2019
		02/06



Sección A-A'
Escala 1:25



Sección B-B'
Escala 1:25

NOTAS GENERALES

MATERIALES

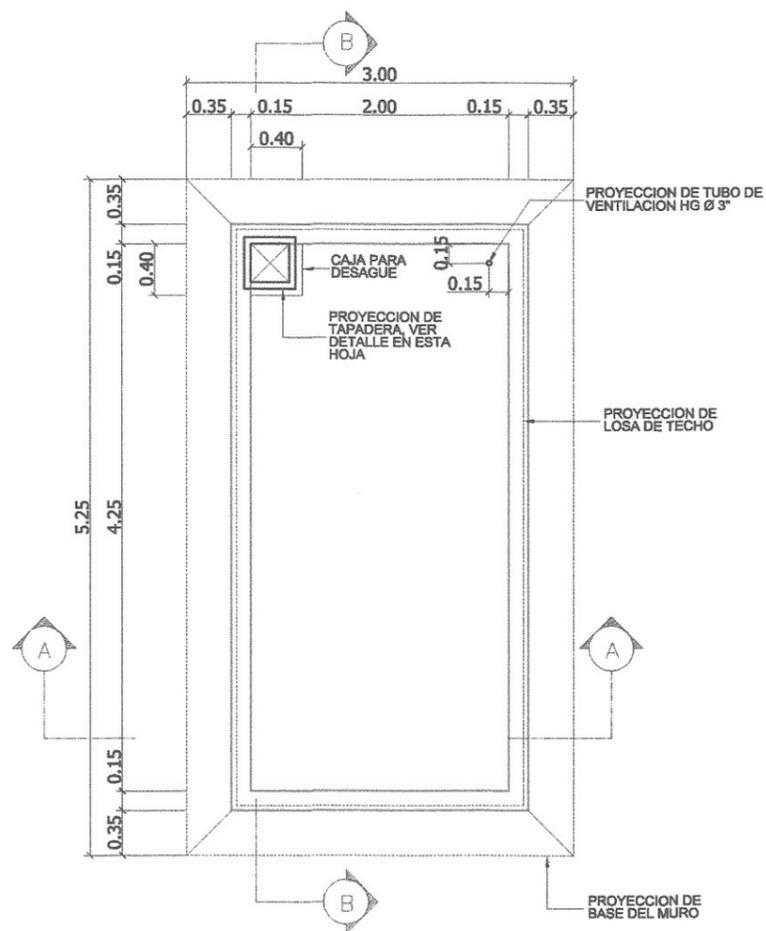
- 1° CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm² (3000 lb/Pig²) A LOS 28 DIAS DDD
- 2° ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE fy = 2810 Kg/cm² (GRADO 40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615 DDD
- 3° VARIOS:
LOS MUROS ESTAN DISENADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
- 4° TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- 5° LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
- 6° EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.
- 7° LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- 8° LOS MUROS DE CONCRETO CICLOPEO DEBERAN IMPERMEZBILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.
- 9° LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.
- 10° LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE CONCRETO CICLOPEO
33% PIEDRA BOLA
67% CONCRETO
- 11° EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.

Planta de entrada y salida

Escala 1:125

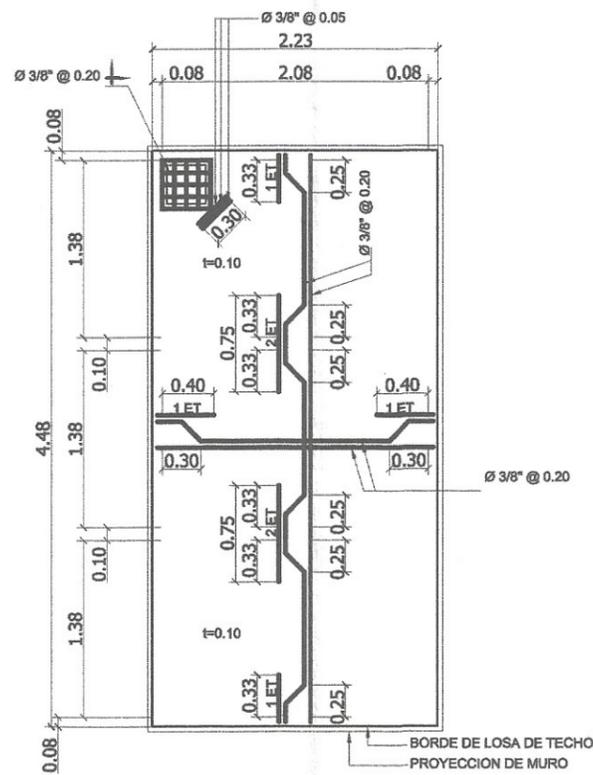
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: DETALLE DE CASETA DE POZO y BOMBA	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON		FASE: I
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON		FECHA DE ENTREGA: FEB 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	Ing. JUAN MERCK COS	

04 / 06



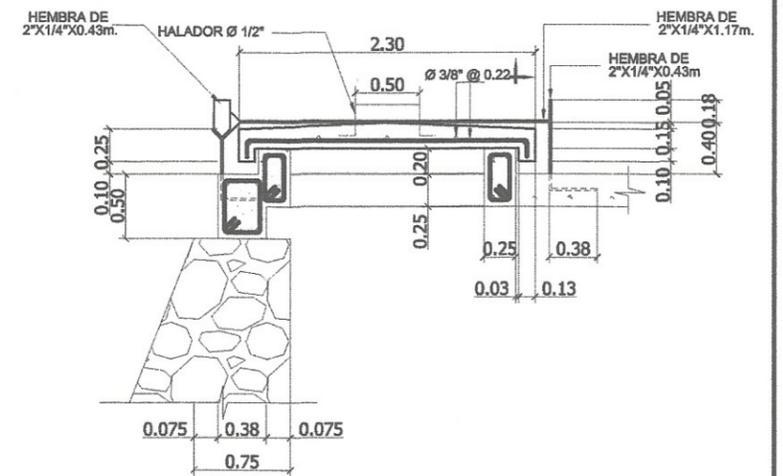
Planta de Tanque

Escala 1:50



Planta de Losa de Techo

Escala 1:50



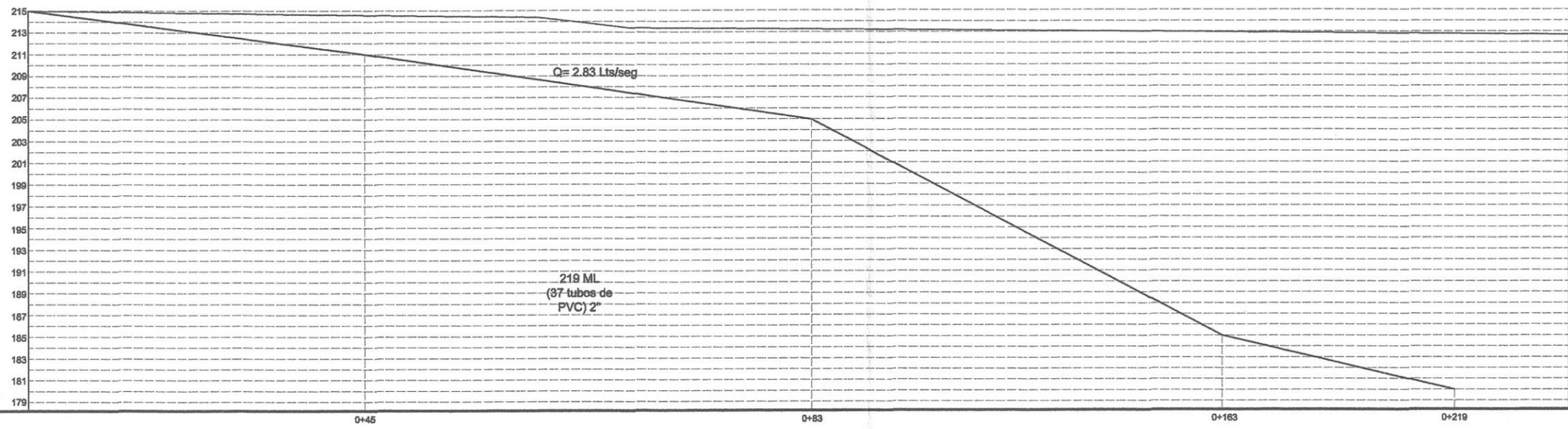
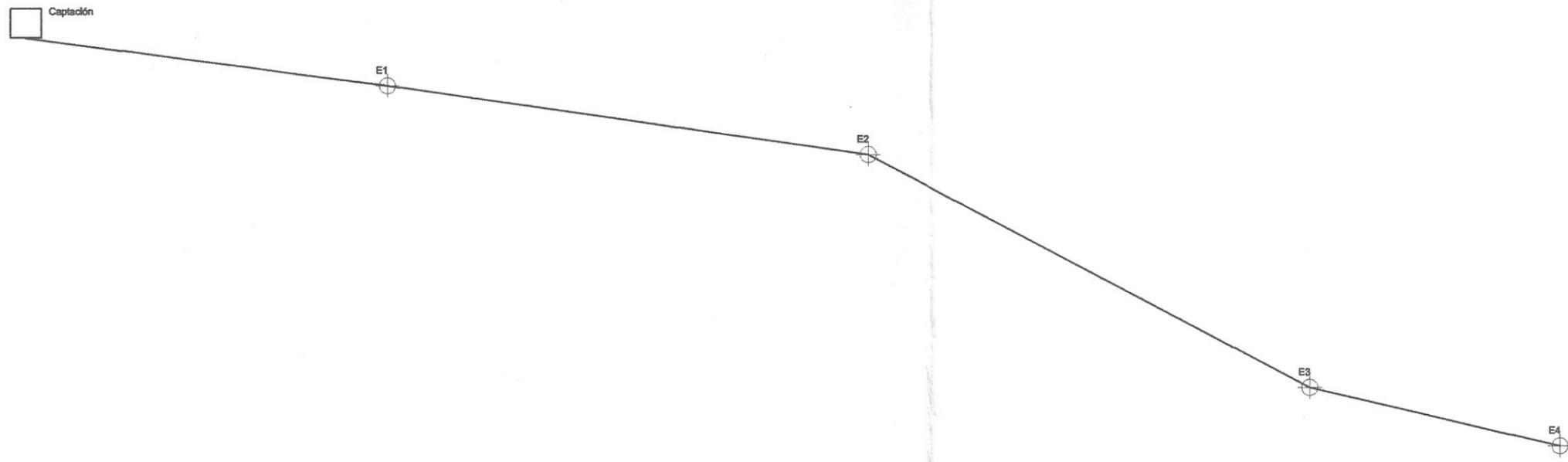
Detalle de Tapadera

Escala 1:10

Planta de entrada y salida

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
CONTENIDO: DETALLE DE CASETA DE POZO Y BOMBA			ESCALA: 1:125 FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON		
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON		05 / 06
Vo.Bo. DIRECTOR DMP			

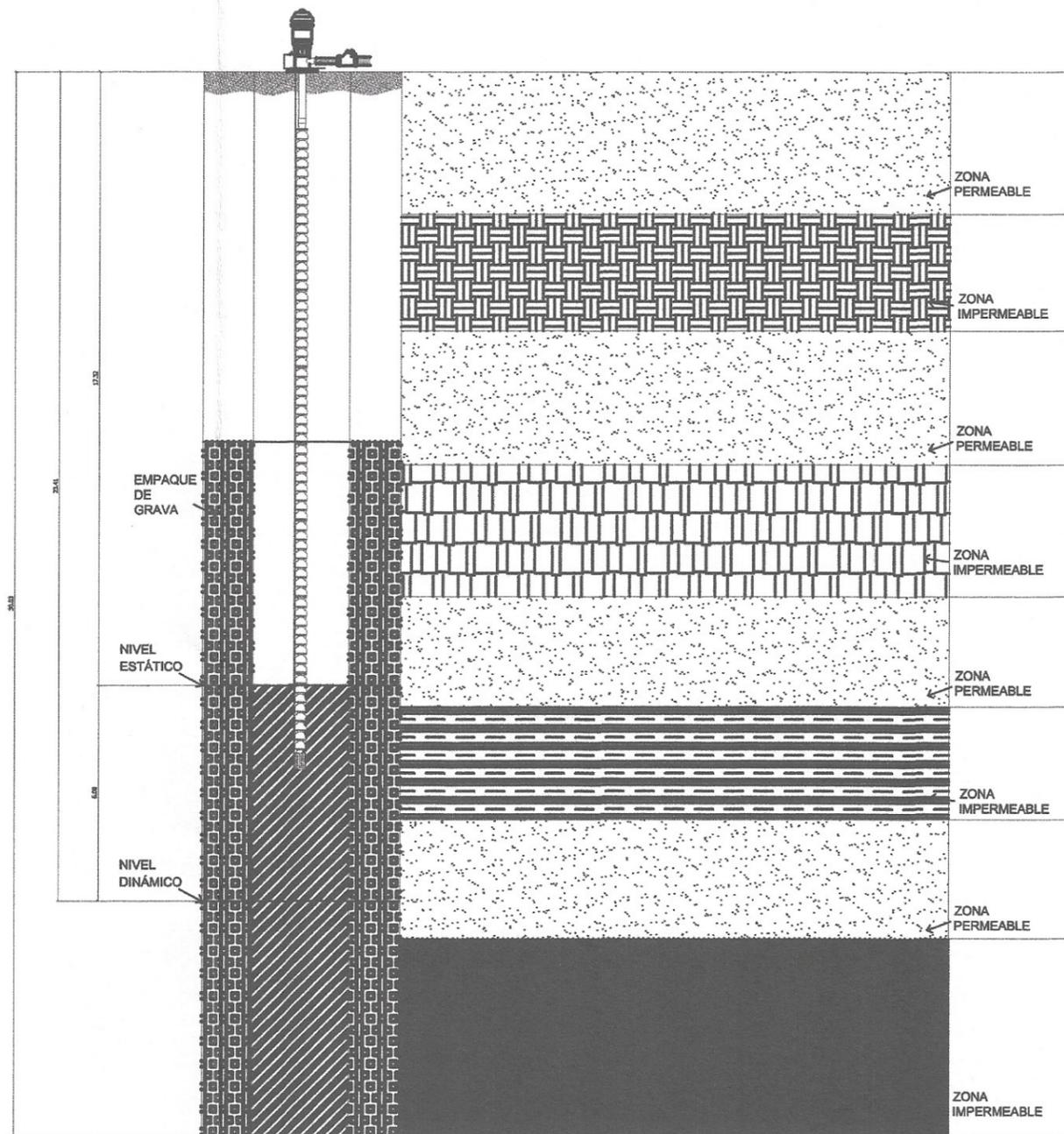


Plano de perfil de terreno

Escala 1:500

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: Plano de San Carlos de Guatemala PLANO DE PERFIL DE TERRENO	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:500	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	Unidad de Planeación y Desarrollo de BPS Ing. DANMERCK COS	
V.O. DIRECTOR DMP	06/06	

Simbología	
Altura del pozo	46 m
Nivel Estático	37 m
Nivel Dinámico	42 m
Bombeo del pozo	8 horas
Caudal de Bombeo	6.45 l/s



Perfil Estratigráfico del suelo

Escala 1:1000

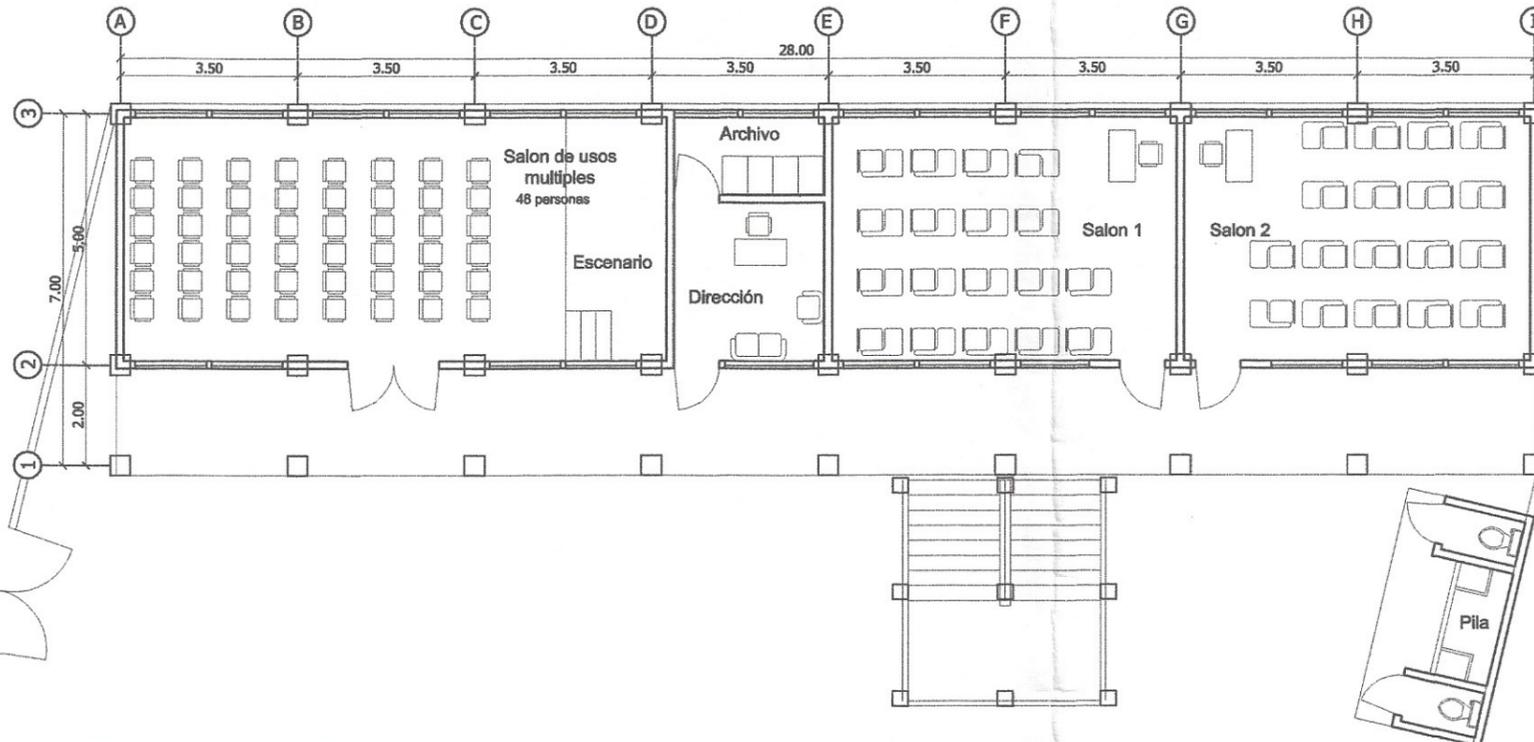
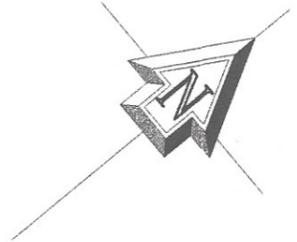
 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO: DENSIDAD DE VIVIENDA Y PLANTA GENERAL DEL SISTEMA	
DIBUJO: RICARDO JOSÉ AVILA ALARCON	ESCALA: 1:1000
DISEÑO: RICARDO JOSÉ AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	Ing. JUAN MERCK COS

07/06

Apéndice 2. **Diseño de una edificación escolar de dos niveles**

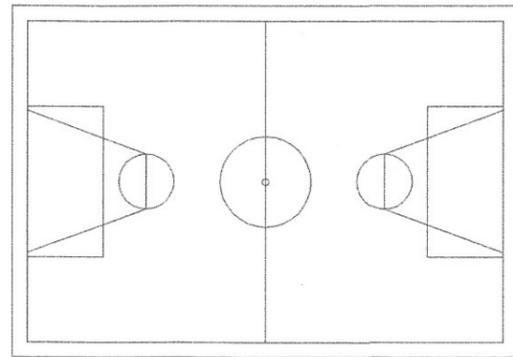
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Calle Principal



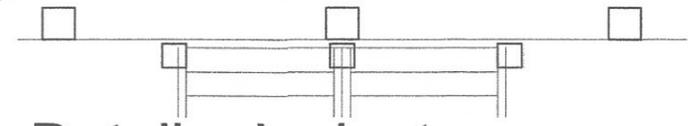
Iglesia

Calle Secundaria



Planta Baja

Calle Principal



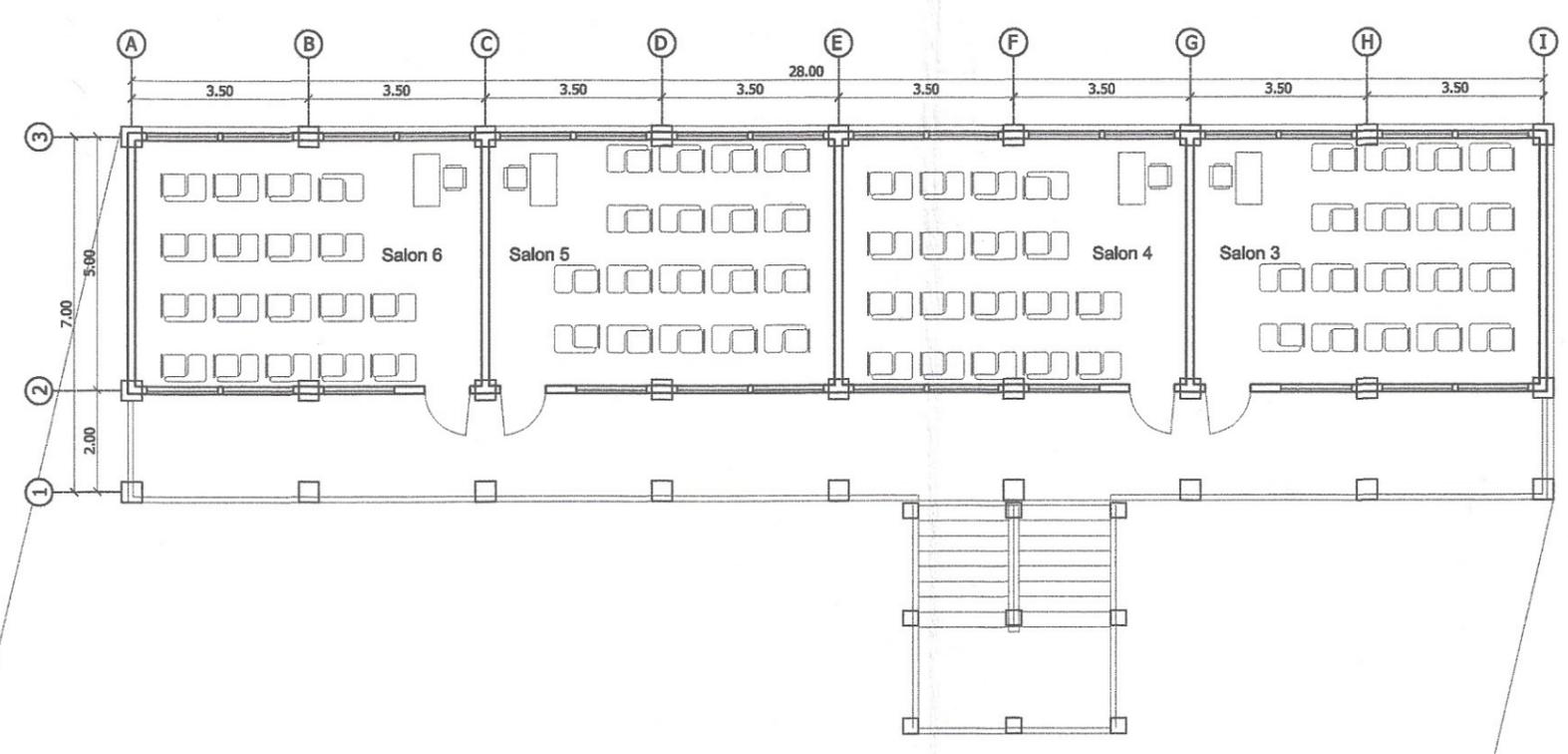
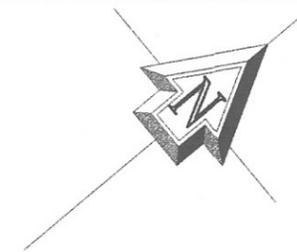
Detalle de Junta

Escala 1:125

Plano de Conjunto

Escala 1:200

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE CONJUNTO	
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:200
DISENO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		01 / 08

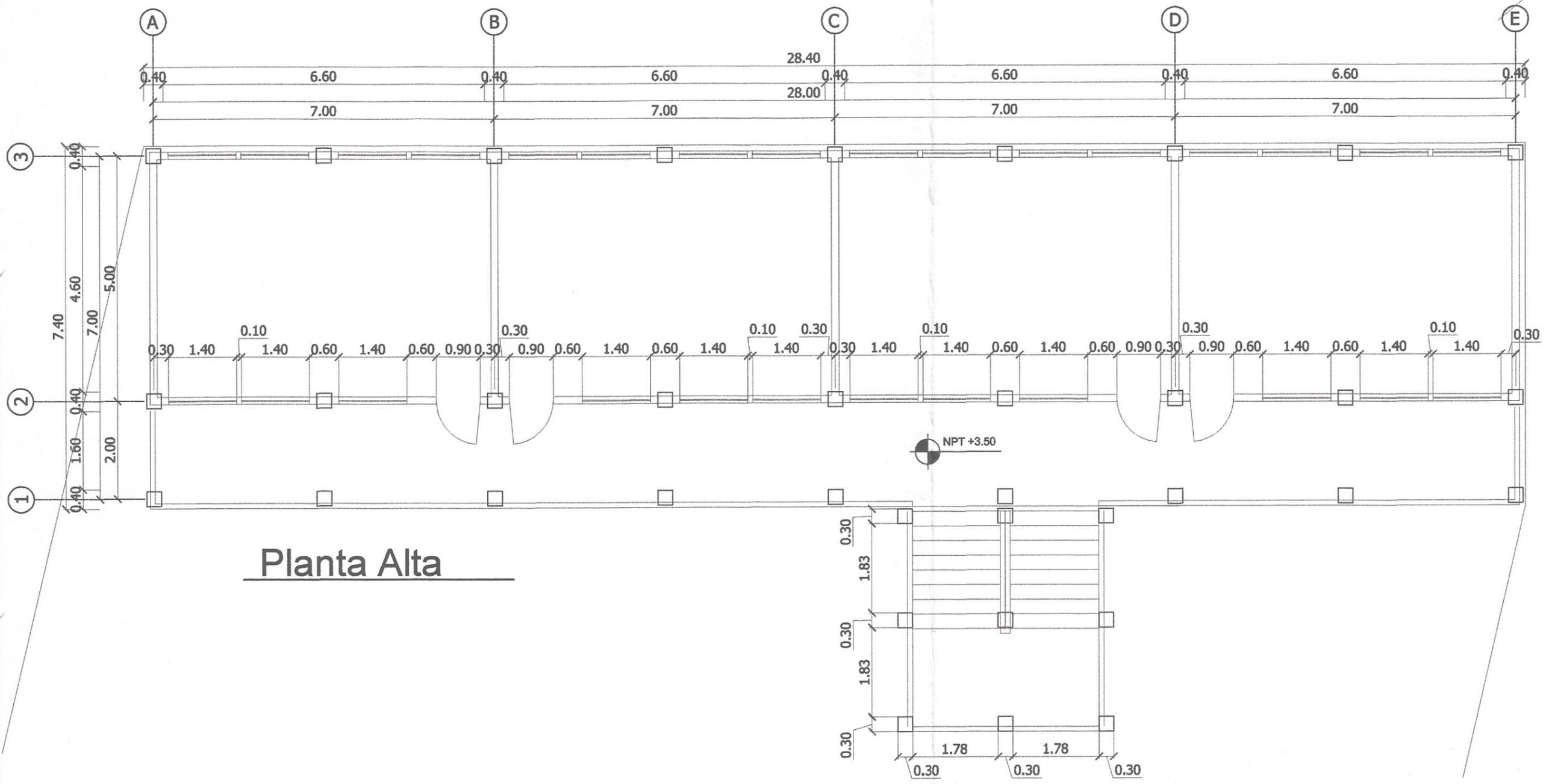
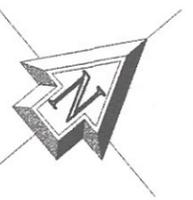


Planta Alta

Plano de Conjunto

Escala 1:200

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: Plano de San Carlos de Guatemala PLANO DE CONJUNTO	
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:200
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	UNIDAD DE INGENIERIA DE EPS
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		ING. JESUS MERCK COS FEB. 2019
		02 / 08

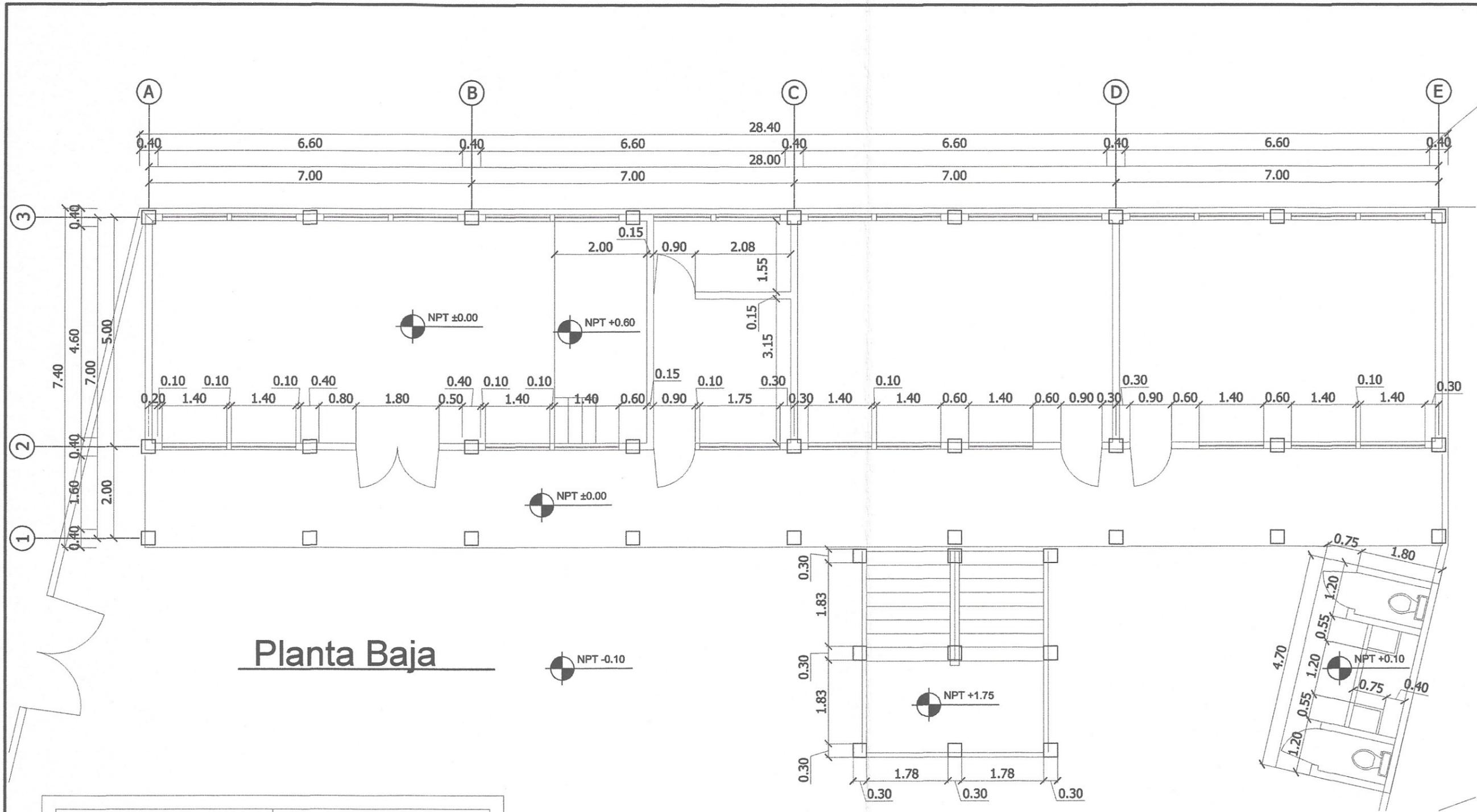


Planta Alta

Plano Acotado

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO:	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125	03 / 08
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	UNIDAD:	
V.B. DIRECTOR:	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019	



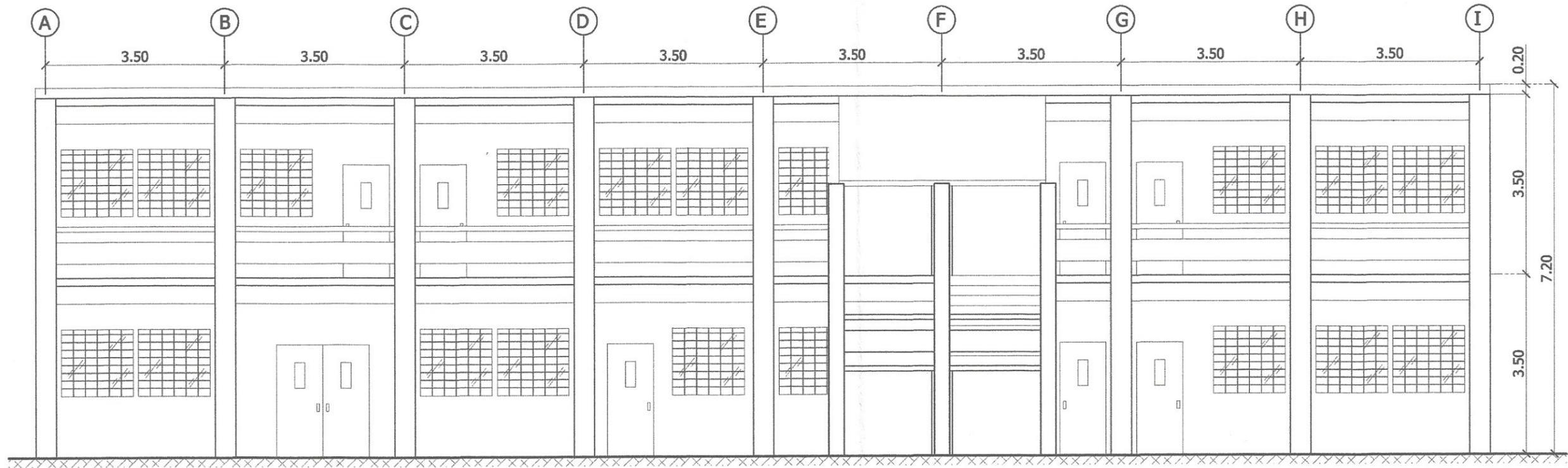
Planta Baja

Plano Acotado

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO ACOTADO	
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA DE EPS
Va.Bo. DIRECTOR DMP		ING. JUAN MERCK COS Escuela de Ingeniería FEB. 2019

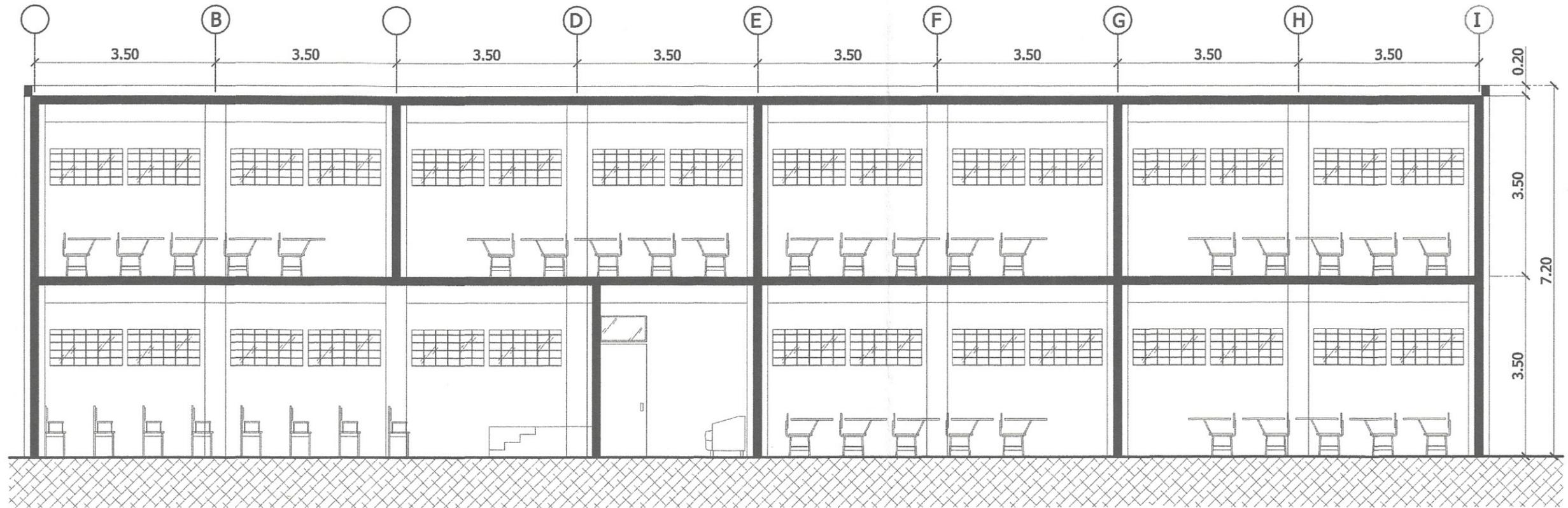
04 / 08



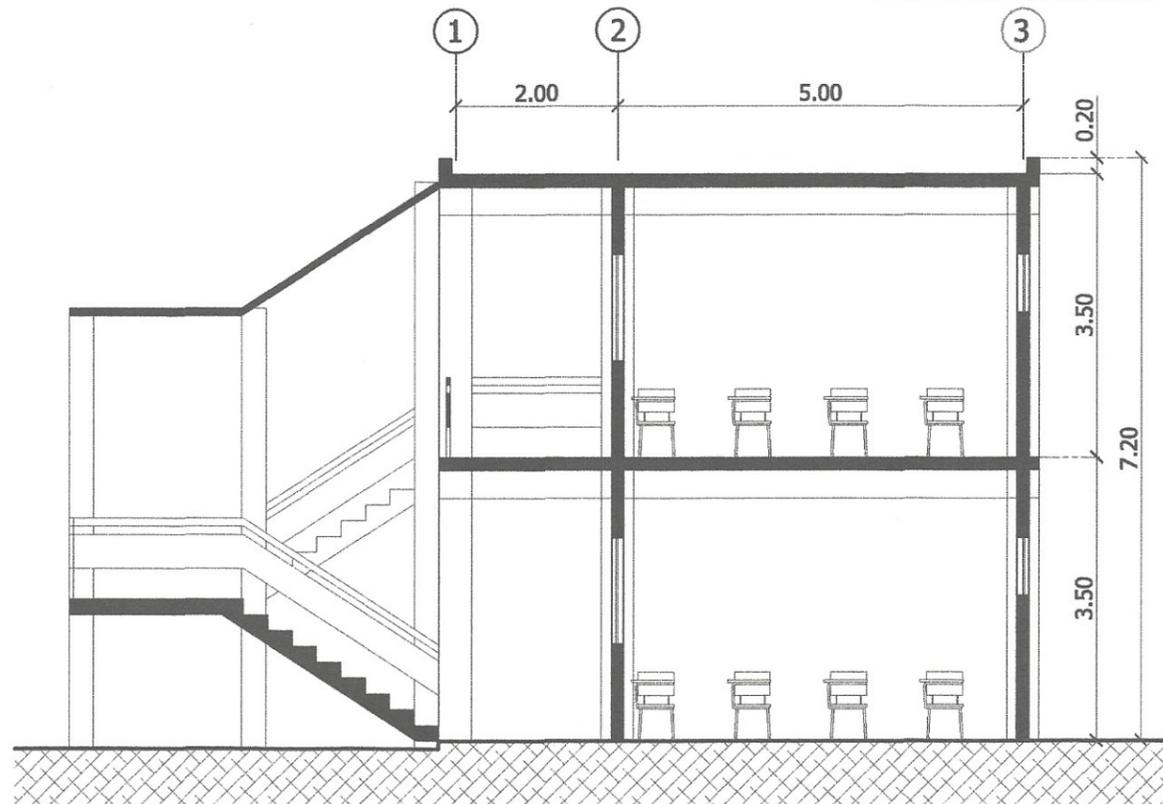
Elevación frontal

Escala 1:125

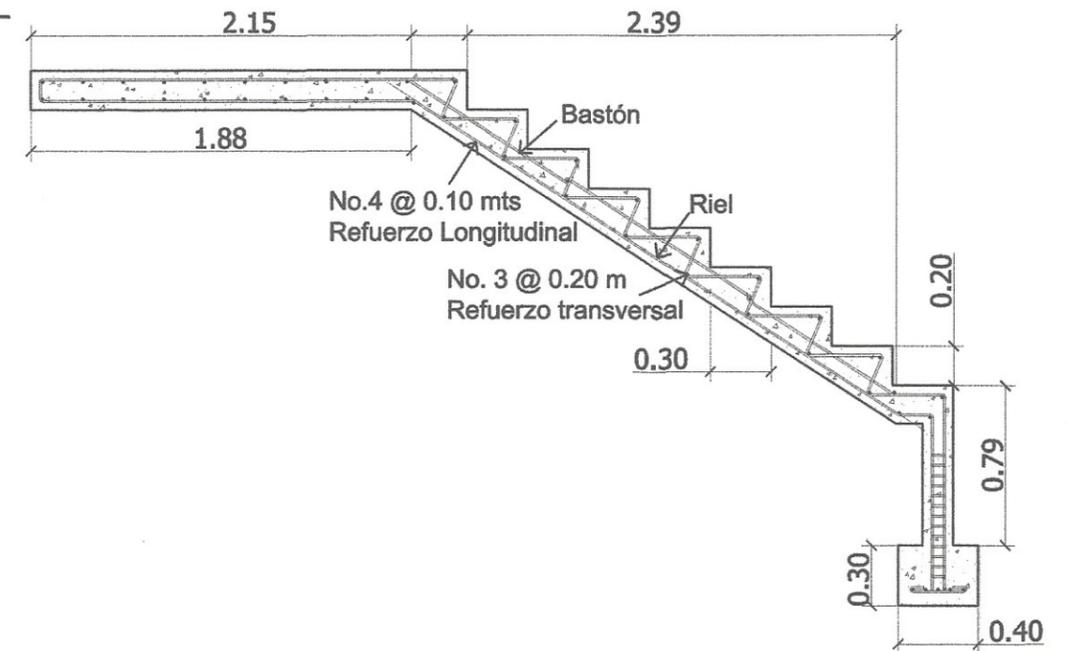
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE ELEVACION	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125	FASE: A
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	UNIDAD: Articulas de Ingeniería	FECHA DE ENTREGA: 05/08
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	ING. JUAN MERCK COS	FEB. 2019



Sección A-A'



Sección B-B'

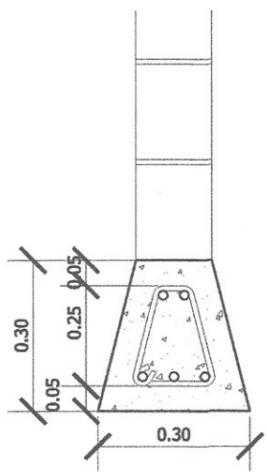
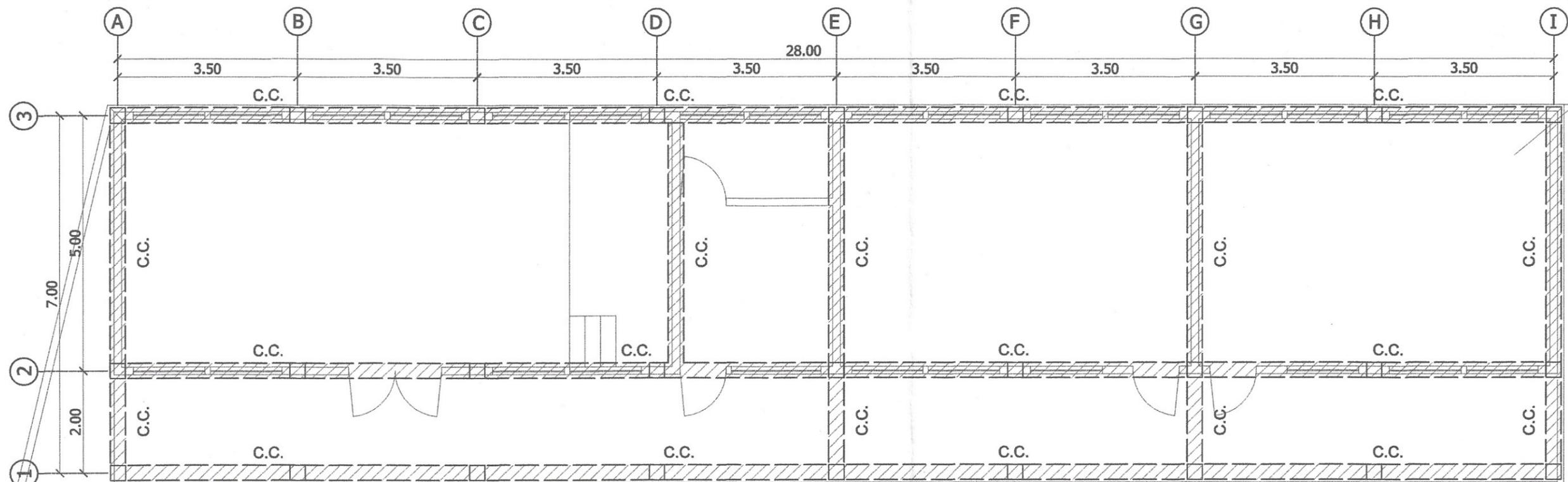


Detalle de Gradass

Secciones

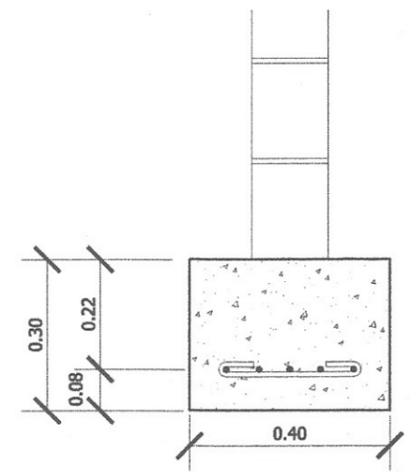
Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE SECCIONES	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125	06 / 08
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019	



Detalle de cemento corrido

Escala 1:20



Detalle de cemento corrido de escalera

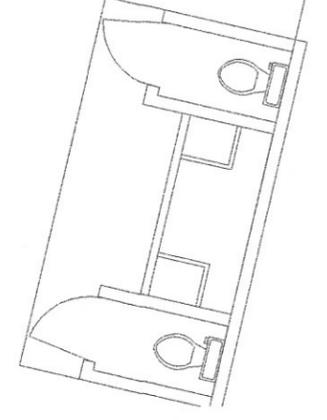
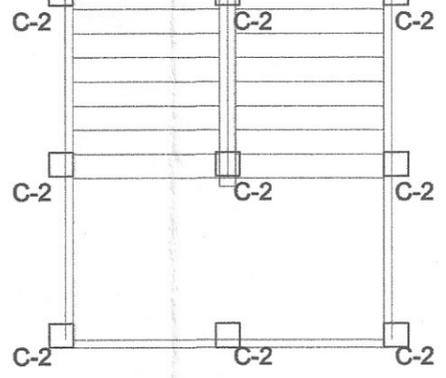
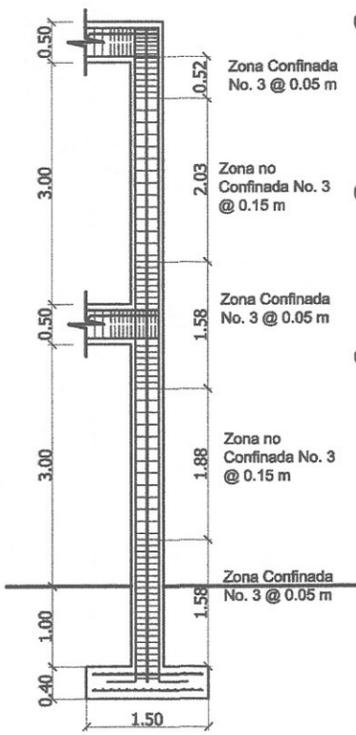
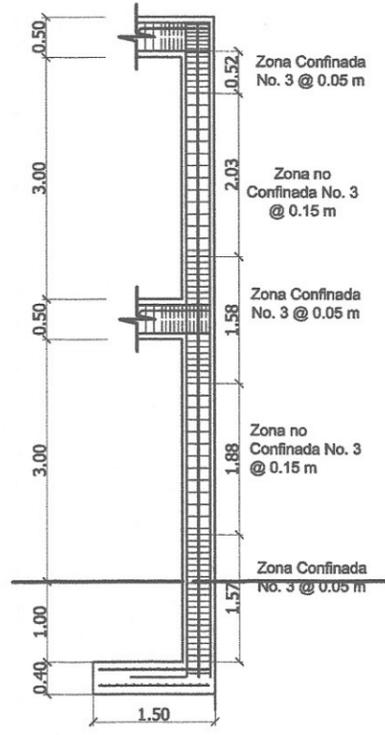
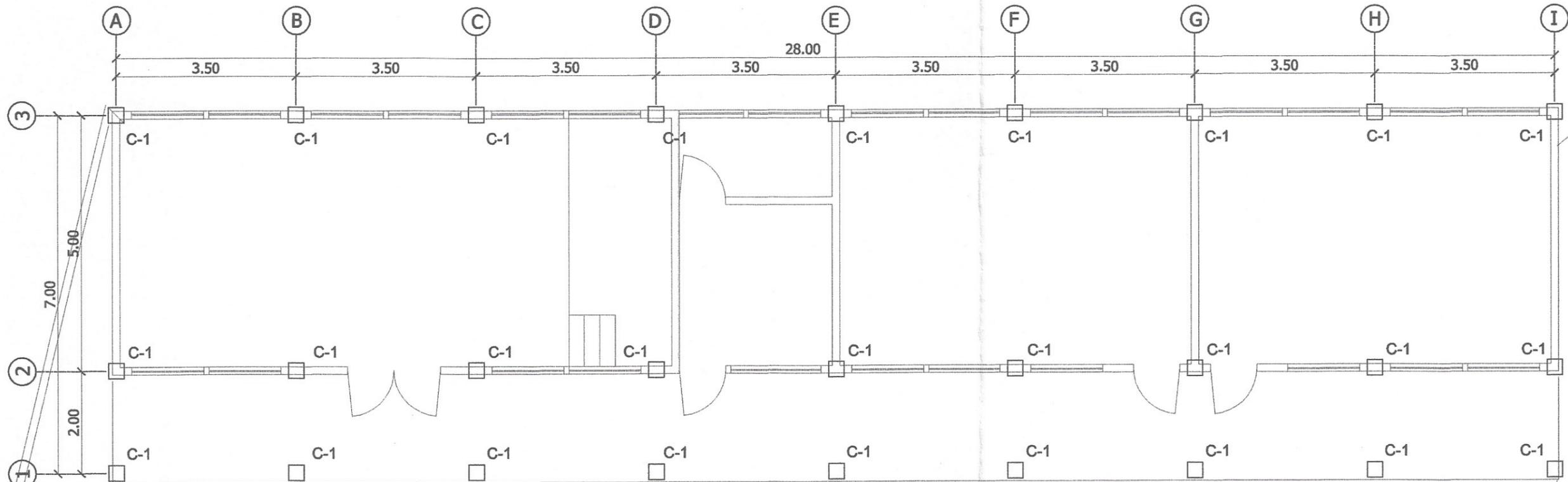
Escala 1:20

Simbología	
Simbolo	Significado
	Cimiento Corrido
c.c.	Nombre de Cimiento Corrido

Plano de cemento corrido

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO:		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA: FEB. 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		01 / 08



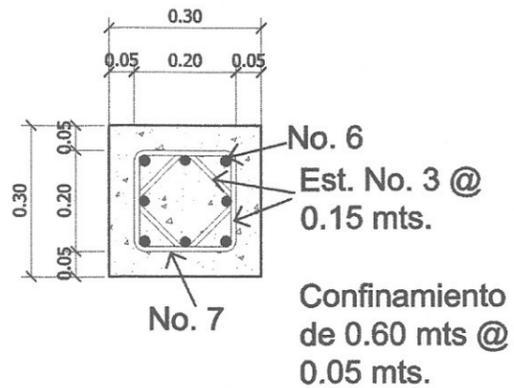
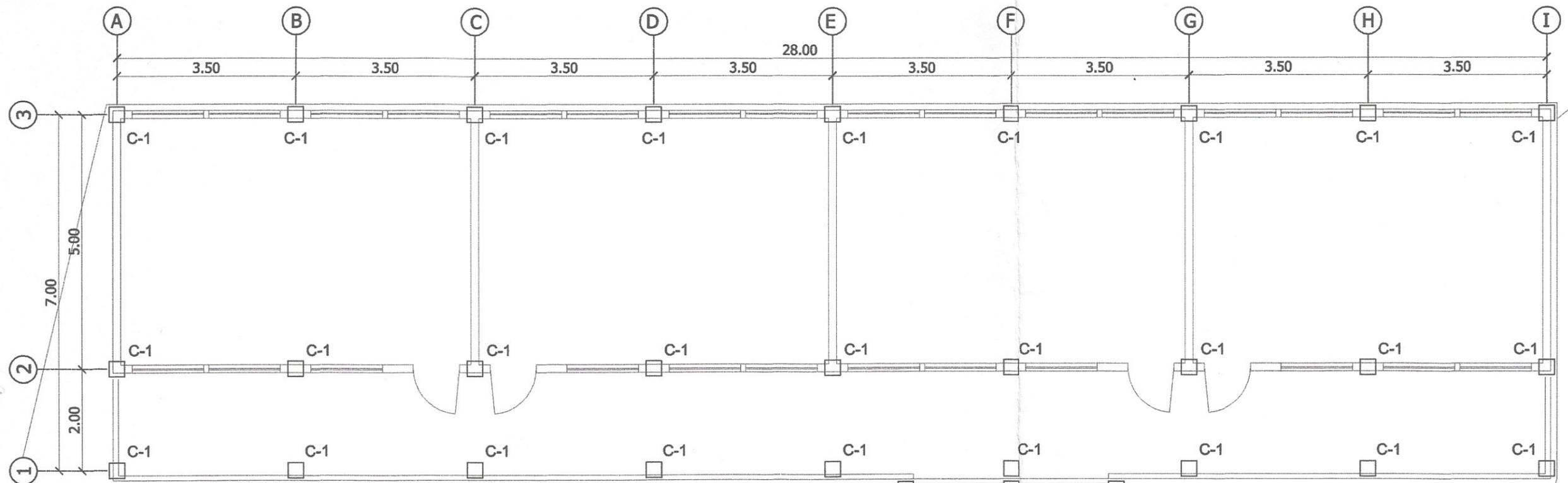
Detalle de Columna C1
con Z2 y Z3
Escala 1:50

Detalle de Columna C1
con Z1
Escala 1:50

Plano de Columnas

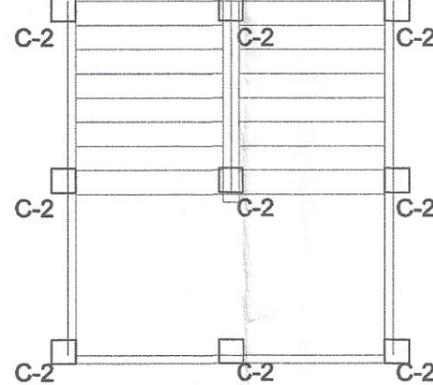
Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE COLUMNAS	
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FASE: ENTREGA
Unidad:	Unidad de Ingeniería	FEB. 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	02/08



Detalle de columna tipo C-1

Escala 1:20



Detalle de columna tipo C-2

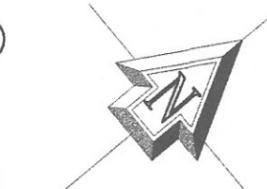
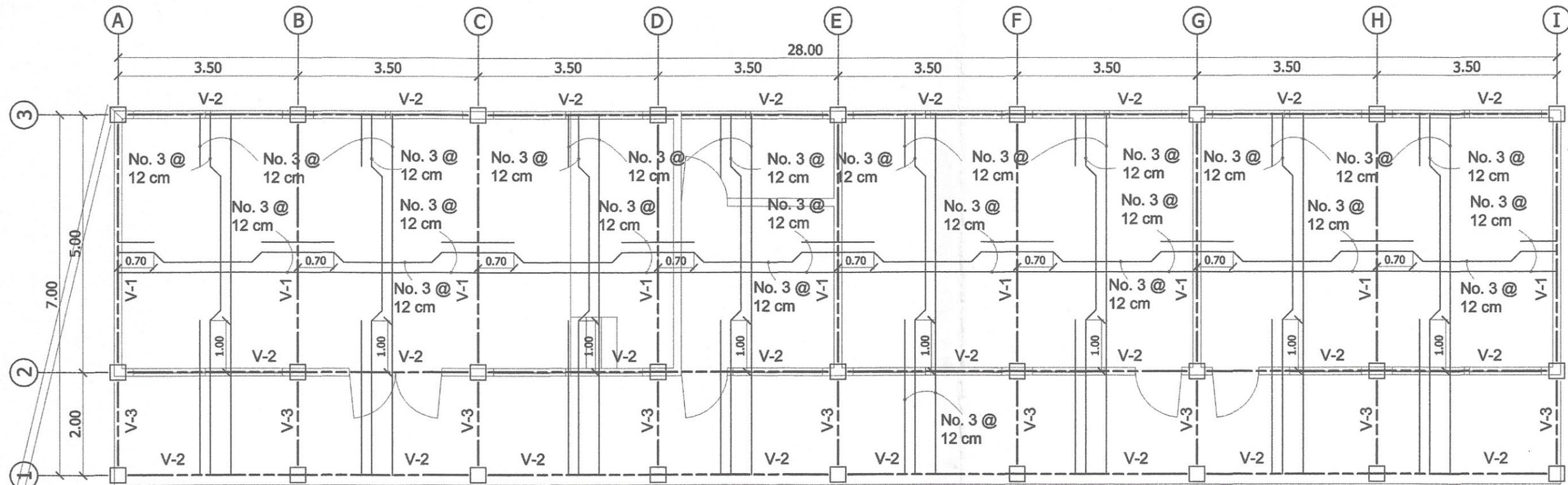
Escala 1:20

Plano de Columnas

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO: Universidad de San Carlos de Guatemala PLANO DE COLUMNAS		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:25
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	E
Vó.Bo. DIRECTOR DMP		FECHA DE ENTREGA: FEB 2019

03 / 08



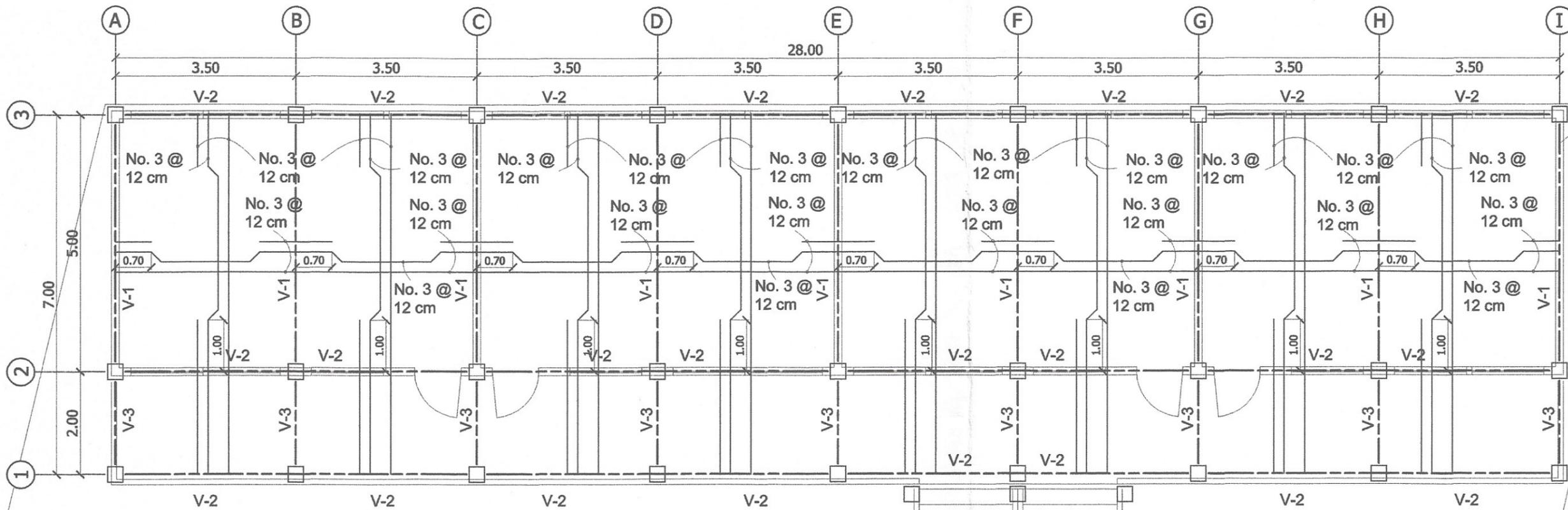
NOTA:
 Longitud de bastón: $1/4 L + Ld(0.30 \text{ m})$
 Doble tensión: $1/5 L$
 t de losa: 10 Cm

Simbología	
Simbolo	Significado
	Viga
	Riel
	Tensión
	Bastón
V-2	Tipo de viga

Plano de Losa primer nivel

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE VIGAS Y ARMADO DE LOSA	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ASesor: SUPERVISOR DE EPS	PÁGINA: 1
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: 18 FEB 2019	04 / 08
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	ING. RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ING. RICARDO JOSE AVILA ALARCON



NOTA:
 Longitud de bastón: $1/4 L+Ld(0.30\text{ m})$
 Doble tensión: $1/5 L$
 t de losa: 10 Cm

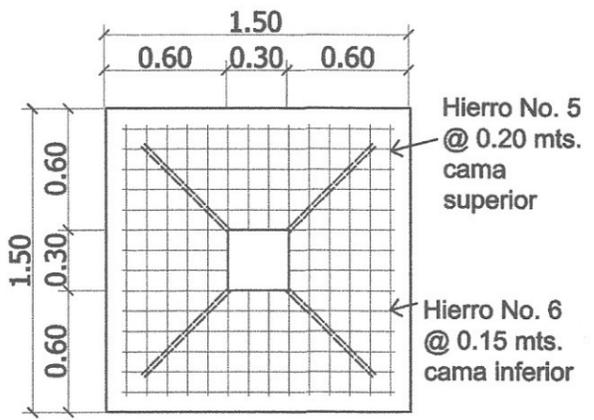
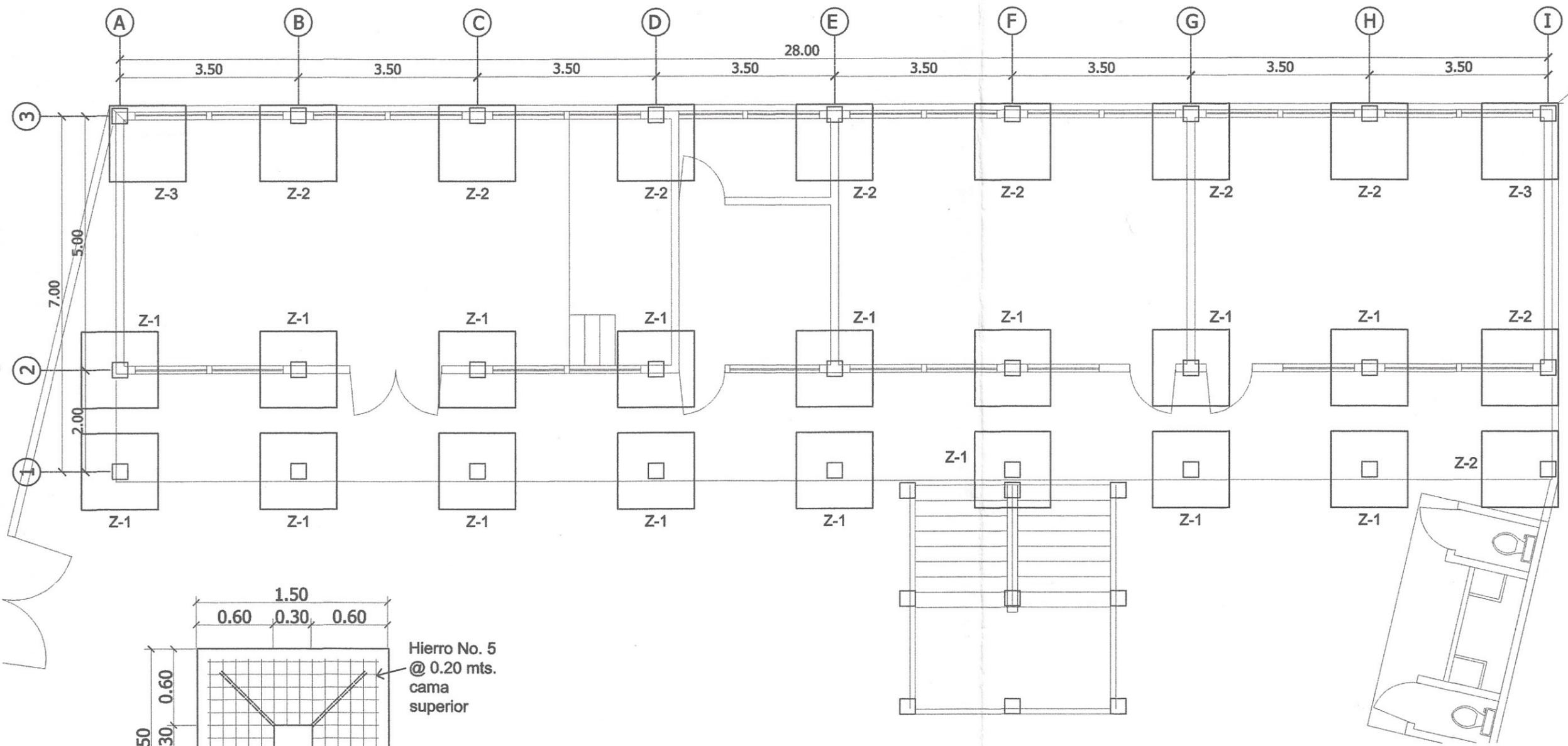
Simbología	
Simbolo	Significado
	Viga
	Riel
	Tensión
	Bastón
V-2	Tipo de viga

Nota:
 Las vigas cuentan todas con el mismo armada, con la única diferencia su longitud.

Plano de Losas segundo nivel

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANO DE VIGAS Y ARMADO DE LOSA
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ASesor: RICARDO JOSE AVILA ALARCON
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: 05/08/2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	ING. JUAN CARLOS DE INGENIERIA



Detalle de zapata tipo Z-1

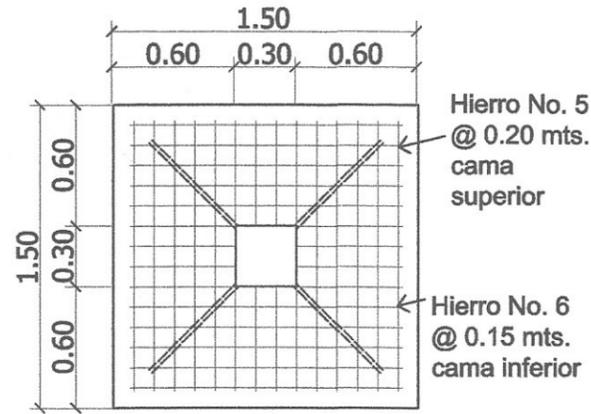
Escala 1:50

Plano de Zapatas

Escala 1:125

Simbología	
Angulo de fricción interna	26.73°
Cohesión	3.06
Densidad Seca	1.43
Tipo de suelo	Arcilla arenosa color café

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO: PLANO DE ZAPATAS		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	E
Va.Bo. DIRECTOR DMP ING. JUAN MERCK CGS		FEB. 2019 06/08

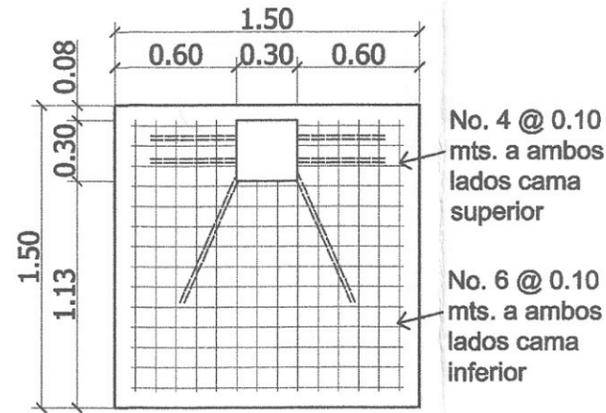


Hierro No. 5 @ 0.20 mts. cama superior

Hierro No. 6 @ 0.15 mts. cama inferior

Detalle de zapata tipo Z-1

Escala 1:50

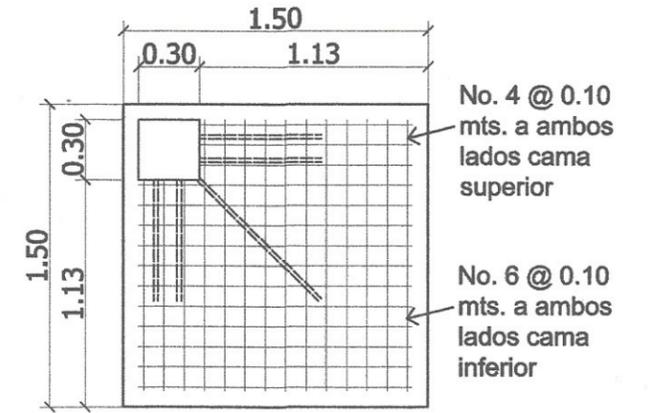


No. 4 @ 0.10 mts. a ambos lados cama superior

No. 6 @ 0.10 mts. a ambos lados cama inferior

Detalle de zapata tipo Z-2

Escala 1:50

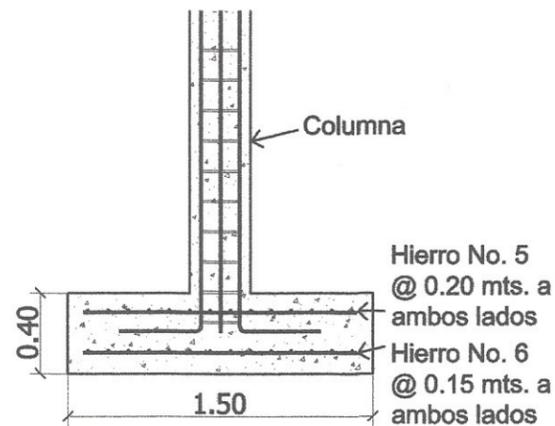


No. 4 @ 0.10 mts. a ambos lados cama superior

No. 6 @ 0.10 mts. a ambos lados cama inferior

Detalle de zapata tipo Z-3

Escala 1:50



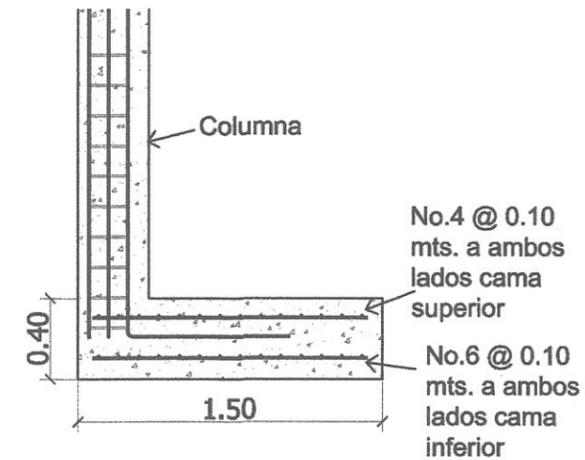
Columna

Hierro No. 5 @ 0.20 mts. a ambos lados

Hierro No. 6 @ 0.15 mts. a ambos lados

Elevación de zapata tipo Z-1

Escala 1:50



Columna

No.4 @ 0.10 mts. a ambos lados cama superior

No.6 @ 0.10 mts. a ambos lados cama inferior

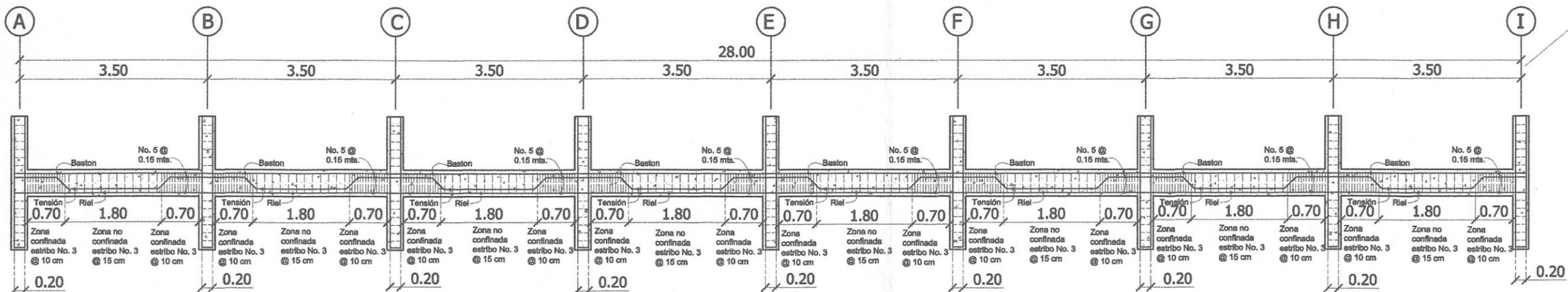
Elevación de zapata tipo Z-2 y Z-3

Escala 1:50

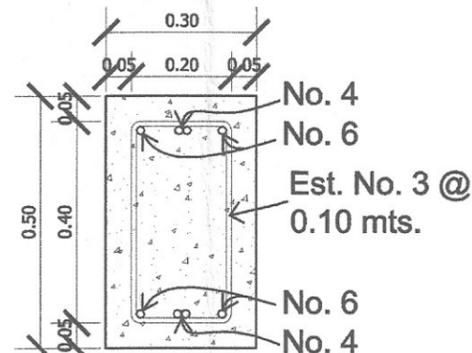
Simbología	
Angulo de fricción interna	26.73°
Cohesión	3.06
Densidad Seca	1.43
Tipo de suelo	Arcilla arenosa color café

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: Detalles de Zapatas
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:50
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ASISTENTE: JUAN MERCK GOS
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	ING. JUAN MERCK GOS FEB. 2019

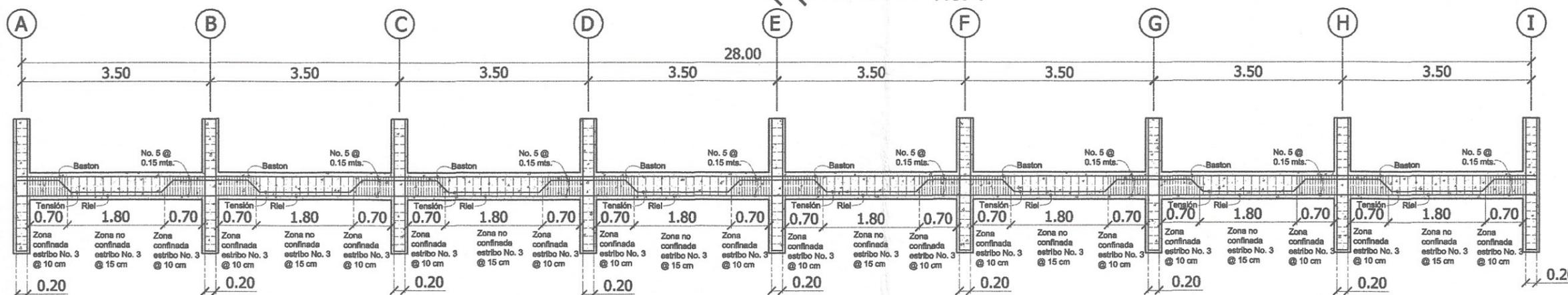
07/08



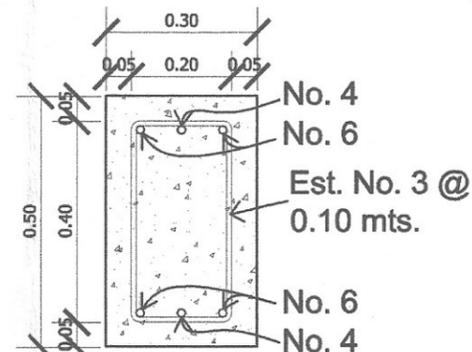
Detalle de Viga Segundo Nivel
Escala 1:50



Simbología	
—	Significado
—	Viga
—	Riel
—	Tensión
—	Baston
V-2	Tipo de viga



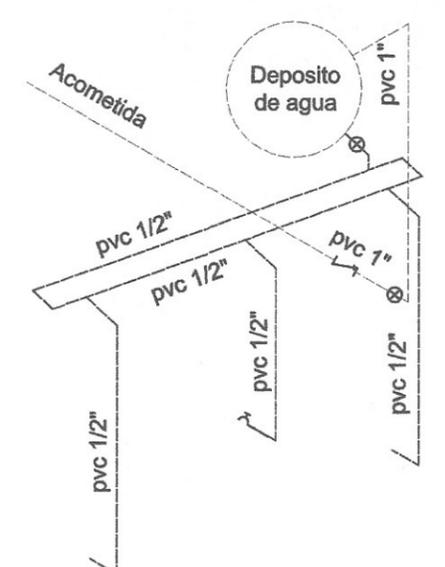
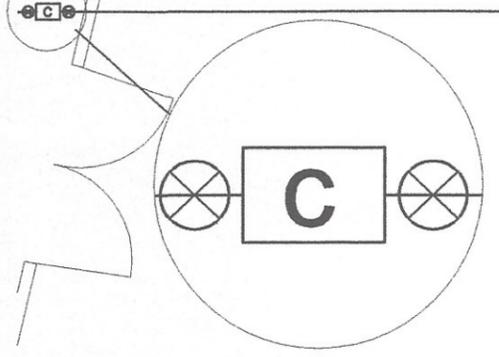
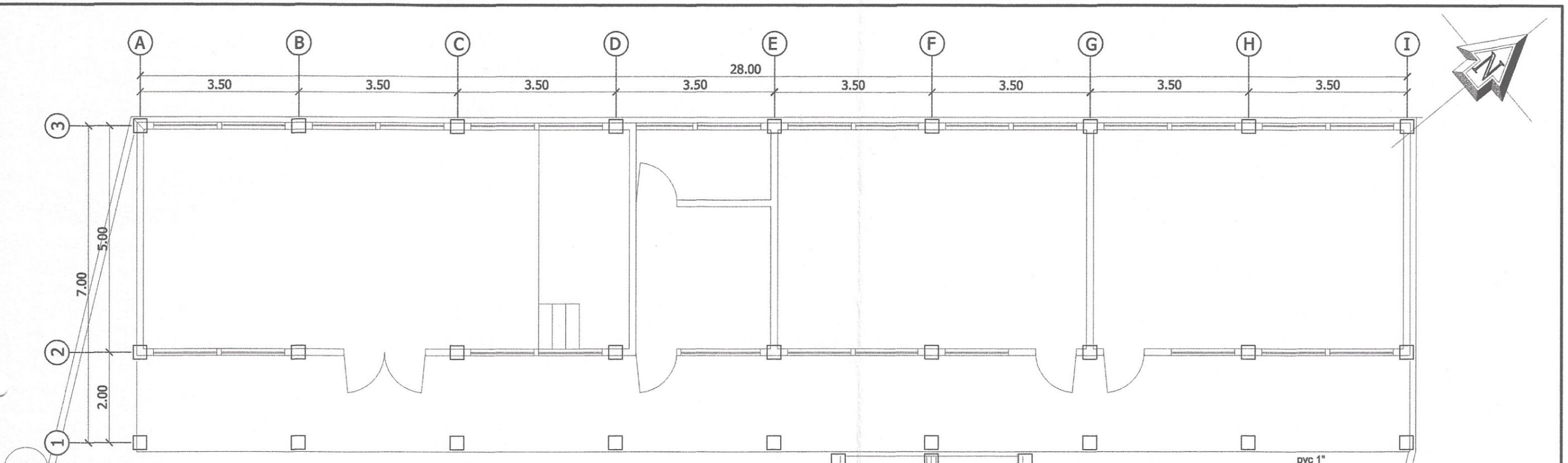
Detalle de Viga Primer nivel
Escala 1:50



Plano de Vigas

Escala 1:125

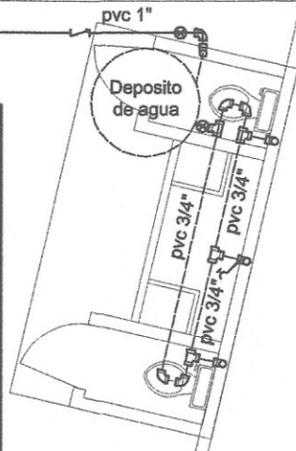
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE VIGAS	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:25	08 08
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019	
V. B. DIRECTOR DMP		ING. JUAN MERCK COS



Isometrico
Escala 1:100

Planta Baja

Simbología	
Simbolo	Significado
	Codo de 90° vertical
	Codo de 90° horizontal
	Tee horizontal
	Valvula de globo
	Valvula de retorno
	Tubería de red
	Tubería de red sobre losa
	Chorro
	Contador municipal
	Válvula de paso municipal
pvc 1"	Material y diametro de tubería

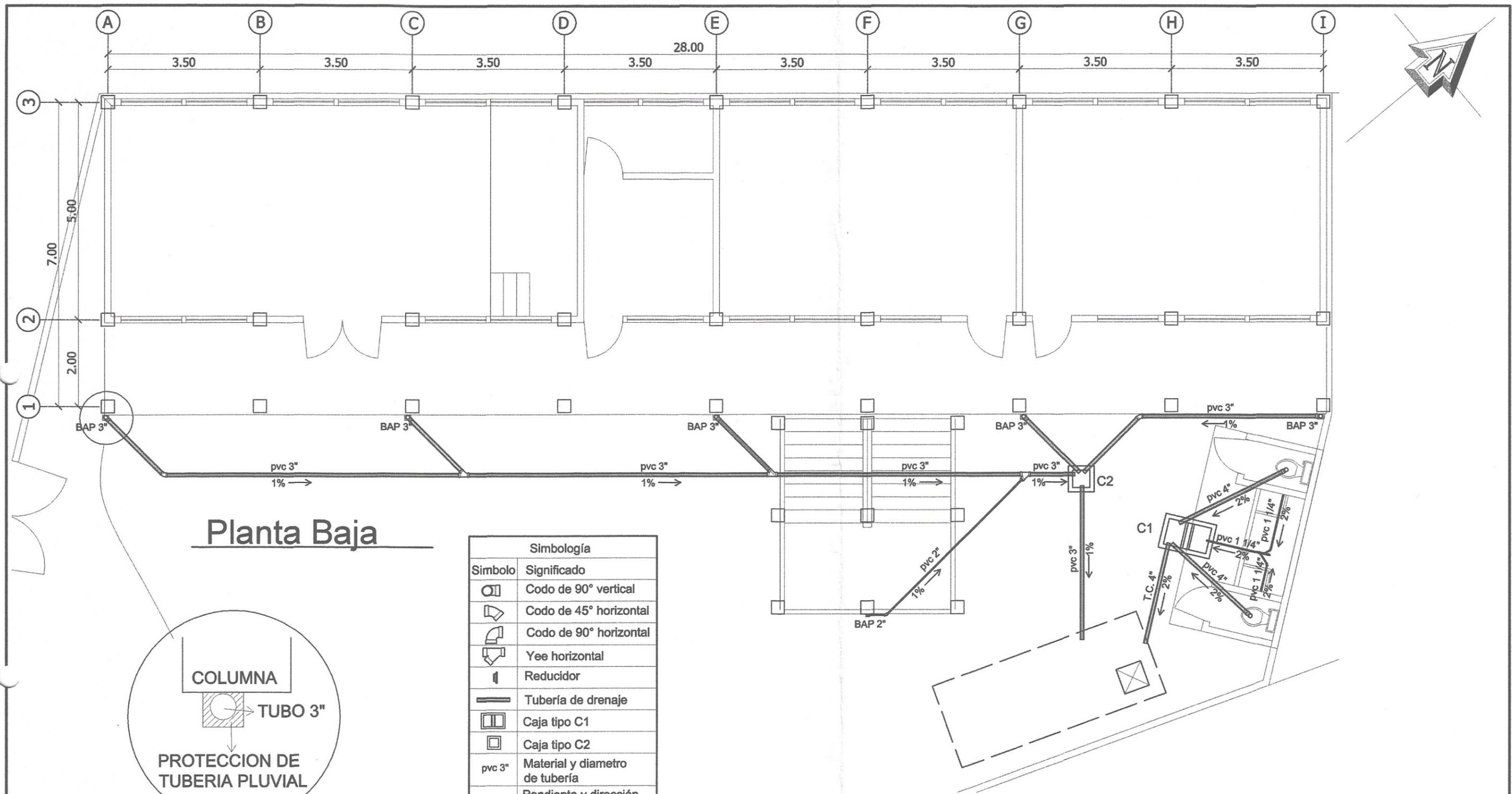


Plano de Instalación de Agua Potable

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANO DE INSTALACIONES SANITARIAS
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	ING. JUAN MENCHIKOS Ingeniero

01 / 08



Planta Baja



Detalle de protección de tubería
sin escala

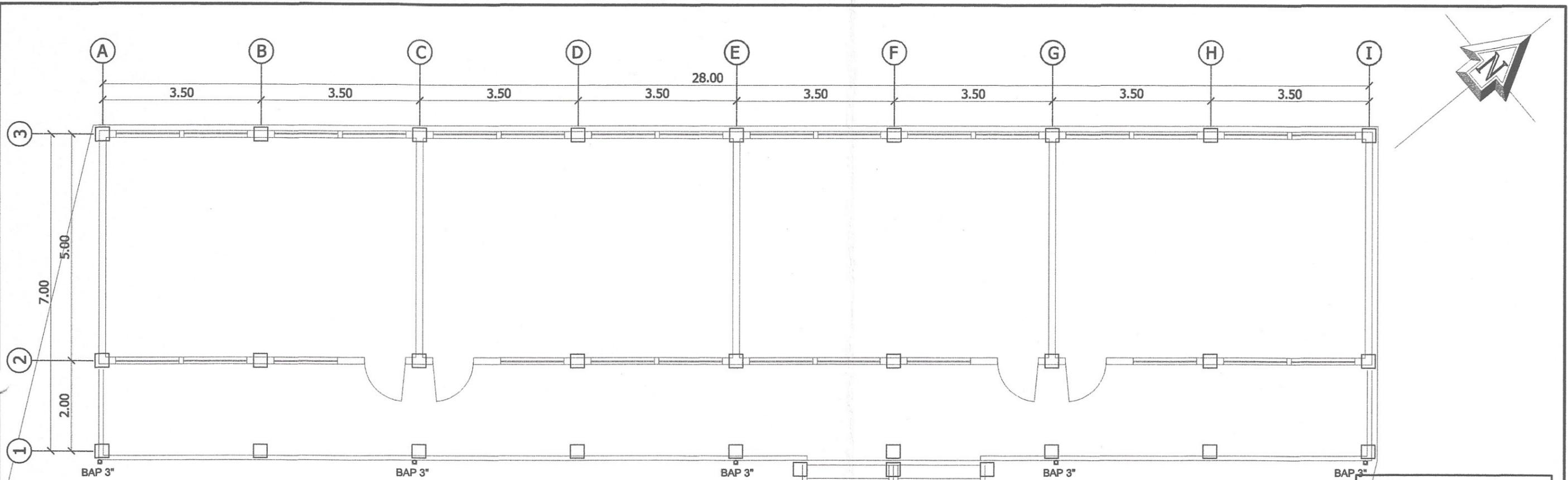
Simbología	
Simbolo	Significado
	Codo de 90° vertical
	Codo de 45° horizontal
	Codo de 90° horizontal
	Yee horizontal
	Reducidor
	Tubería de drenaje
	Caja tipo C1
	Caja tipo C2
pvc 3"	Material y diametro de tubería
1% →	Pendiente y dirección de tubería
C2	Tipo de Caja
BAP	Bajada de agua pluvial
T.C.	Tubería de concreto

Plano de Instalación de Drenaje

Escala 1:125

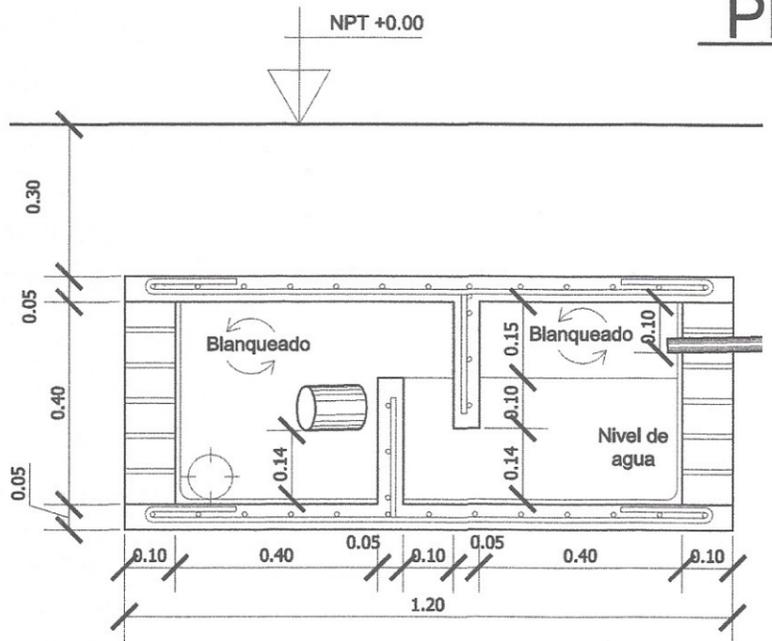
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO:		
PLANO DE INSTALACIONES SANITARIAS		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA:
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		Ing. JUAN MERCK COS
		FECHA: FEB 2019

02 / 08



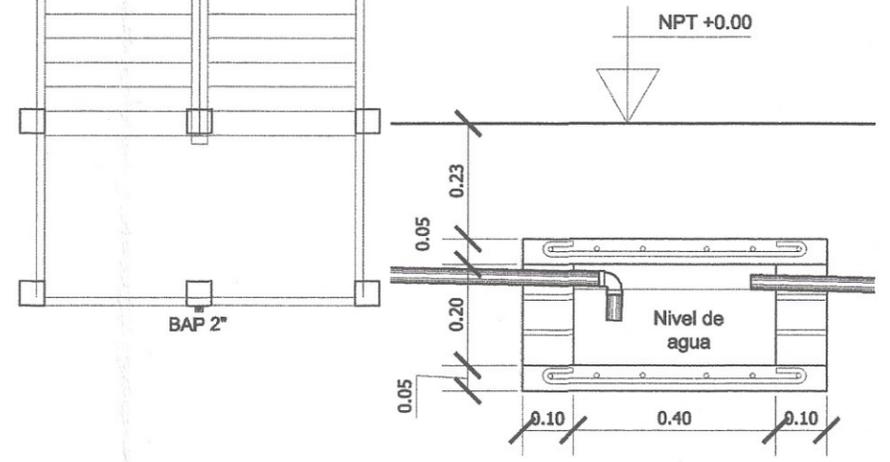
Planta Alta

Simbología	
Simbolo	Significado
	Codo de 90° vertical
	Codo de 45° horizontal
	Codo de 90° horizontal
	Yee horizontal
	Reductor
	Tubería de drenaje
	Caja tipo C1
	Caja tipo C2
pvc 3"	Material y diametro de tubería
1% →	Pendiente y dirección de tubería
C2	Tipo de Caja
BAP	Bajada de agua pluvial
T.C.	Tubería de concreto



Detalle de caja tipo C1

Escala 1:20



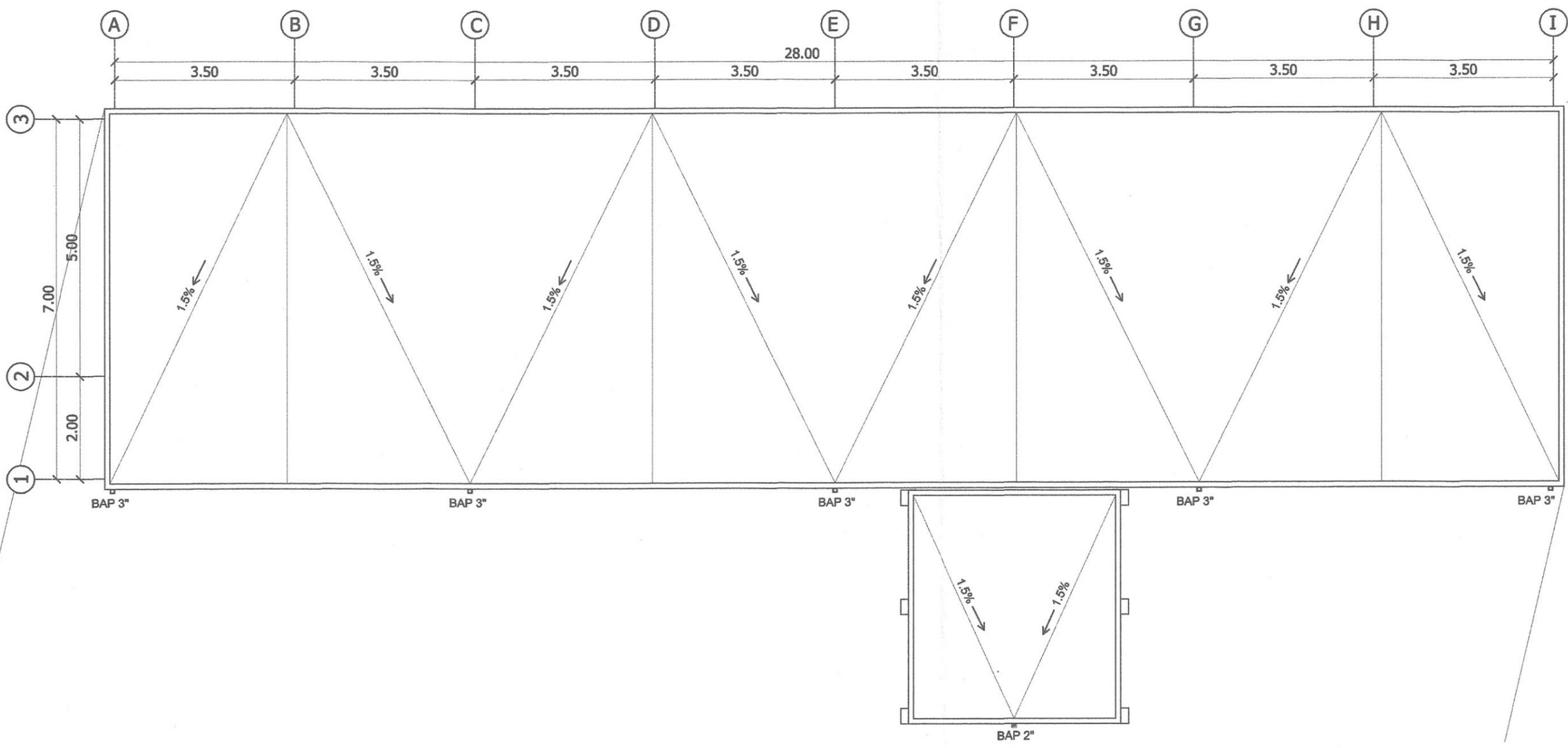
Detalle de caja tipo C2

Escala 1:20

Plano de Instalación de Drenaje

Escala 1:125

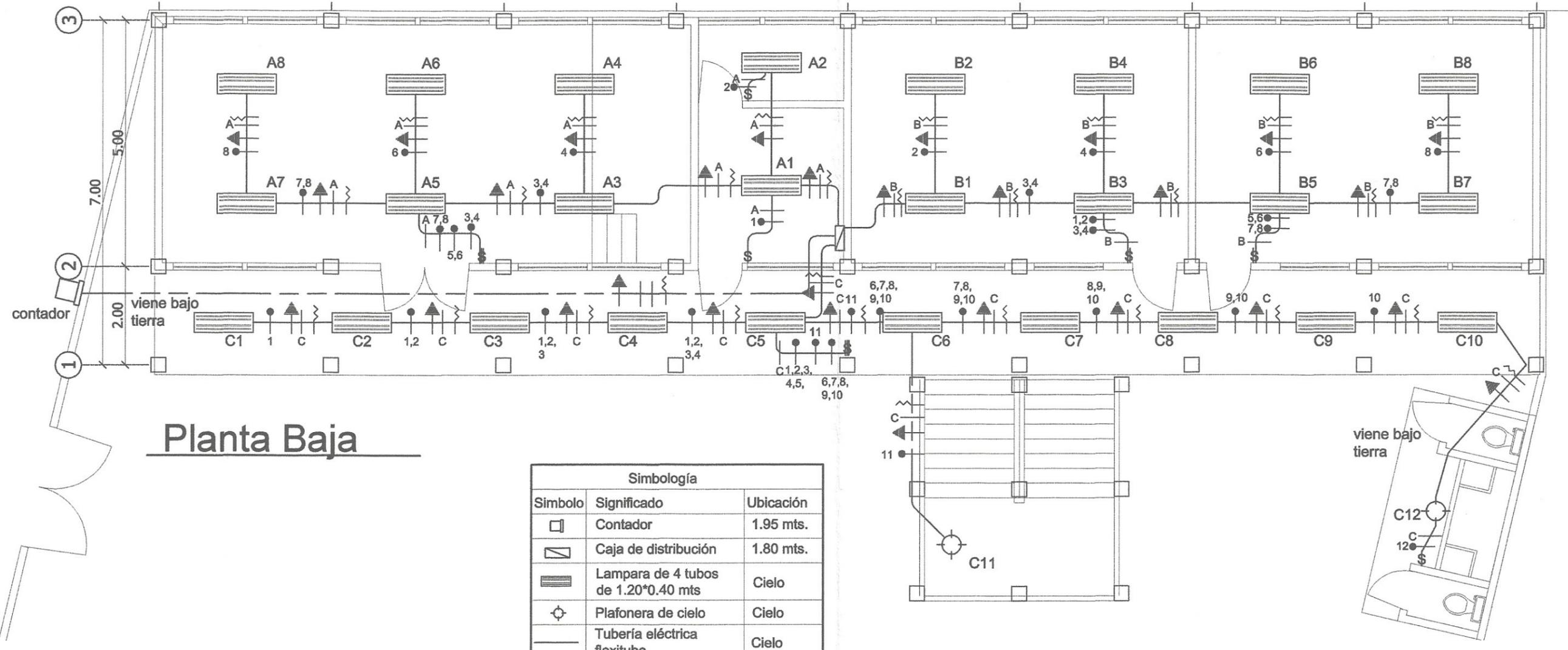
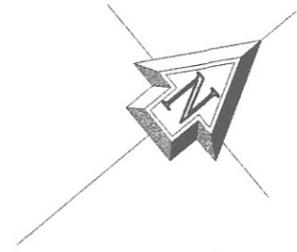
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE INSTALACIONES SANITARIAS	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125	03 / 08
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA: FEB 2019	
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	ING. SAN MERCK COS	Unidad de Ingeniería



Plano de Techos

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE INSTALACIONES SANITARIAS	
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FASE: P
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		ING. JUAN CARLOS Unidad de Planificación de Ingeniería
		04 / 08
		FEB 2019



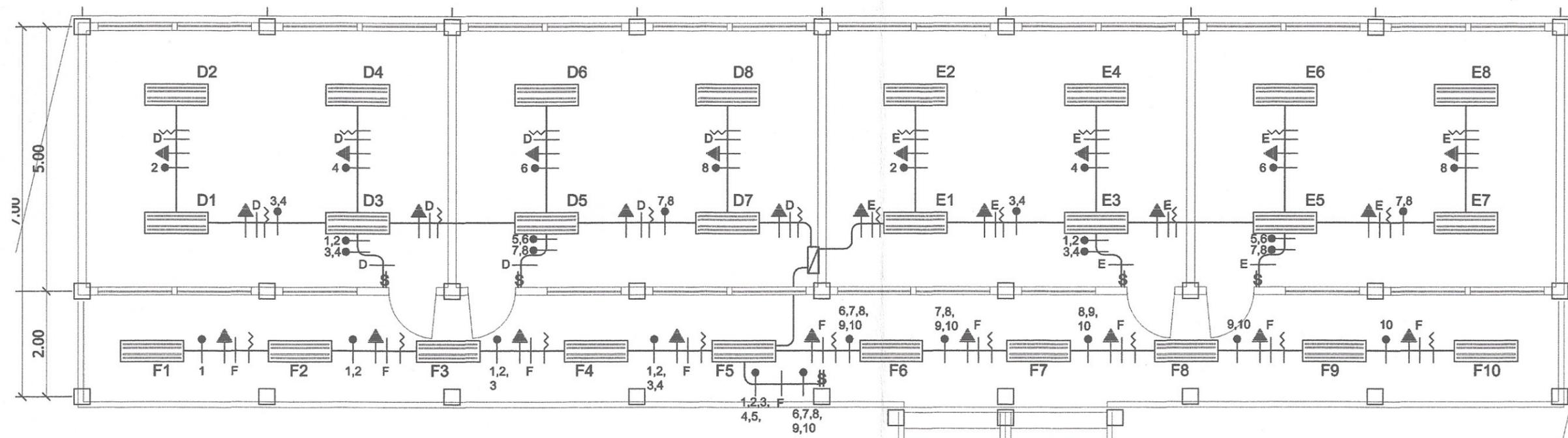
Planta Baja

Simbología		
Simbolo	Significado	Ubicación
	Contador	1.95 mts.
	Caja de distribución	1.80 mts.
	Lampara de 4 tubos de 1.20*0.40 mts	Cielo
	Plafonera de cielo	Cielo
	Tubería eléctrica flexitubo	Cielo
	Línea positiva cal. 10	En tubería
	Línea de retorno cal. 10	En tubería
	Línea neutra cal. 10	En tubería
	Línea de tierra cal. 10	En tubería
	Interruptor simple	1.20 mts.
	Interruptor doble	1.20 mts.
	Interruptor triple	1.20 mts.
A,B,C	Nombre de circuito	En tubería

Plano de Instalación Eléctrica

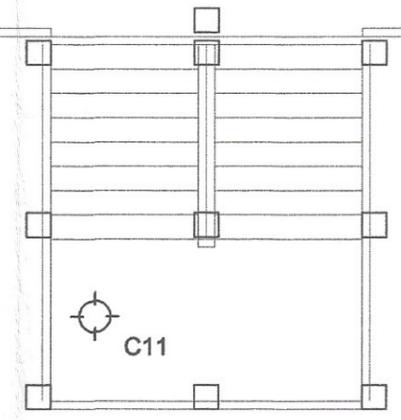
Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	CONTENIDO: PLANO DE INSTALACIONES DE ILUMINACION	
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125	FASE:
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	UNIDAD:	FECHA DE ENTREGA: FEB. 2019
Vo.Bo. DIRECTOR DMP	Ing. JUAN MERCK	05 / 08



Planta Alta

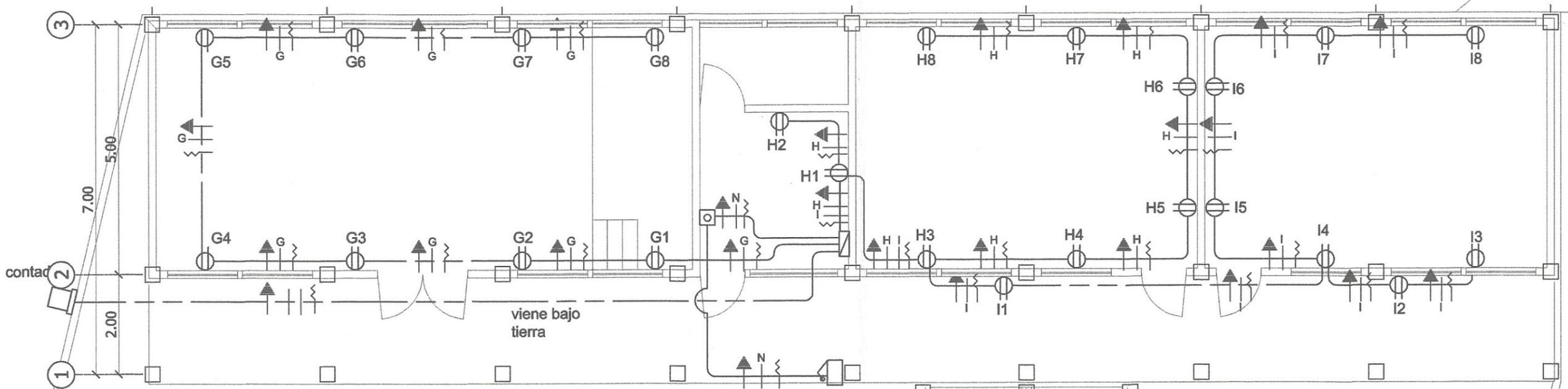
Simbología		
Simbolo	Significado	Ubicación
□	Contador	1.95 mts.
▭	Caja de distribución	1.80 mts.
▬	Lampara de 4 tubos de 1.20*0.40 mts	Cielo
⊙	Plafonera de cielo	Cielo
—	Tubería eléctrica flexitubo	Cielo
	Línea positiva cal. 10	En tubería
↑	Línea de retorno cal. 10	En tubería
∩	Línea neutra cal. 10	En tubería
↑	Línea de tierra cal. 10	En tubería
\$	Interruptor simple	1.20 mts.
⌘	Interruptor doble	1.20 mts.
⌘	Interruptor triple	1.20 mts.
A,B,C	Nombre de circuito	En tubería



Plano de Instalación Eléctrica

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO: PLANO DE INSTALACIONES DE		FECHA DE ENTREGA:
Ing. Juan Merck Cos		06 / 08
DIBUJO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FASE:	
DISEÑO: RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA:	
Va.Bo. DIRECTOR DMP	ING. JUAN MERCK COS	FEB. 2019



Planta Baja

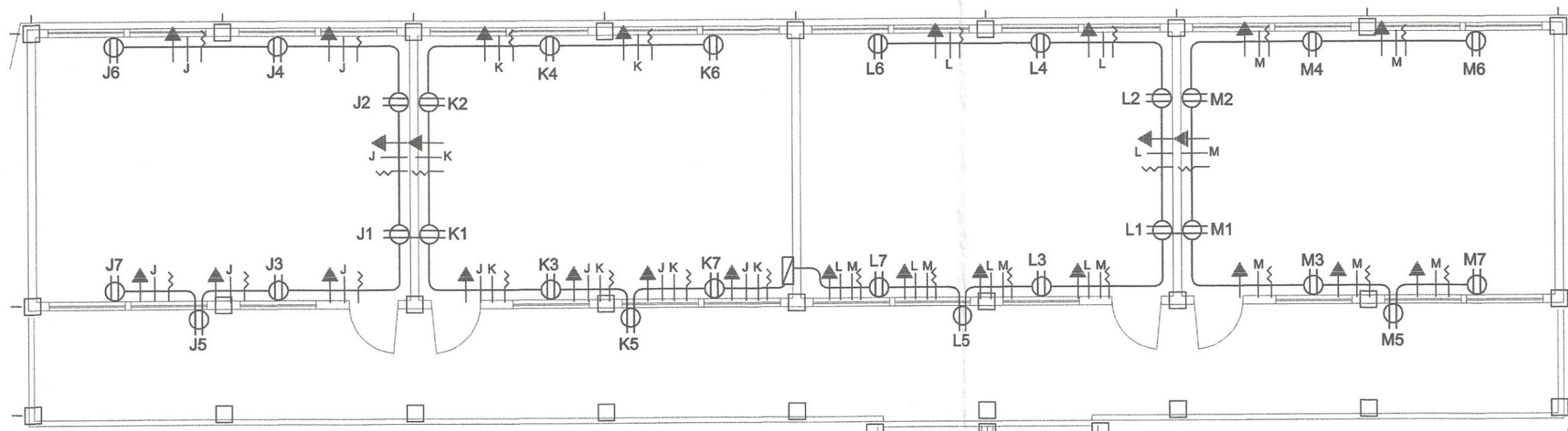
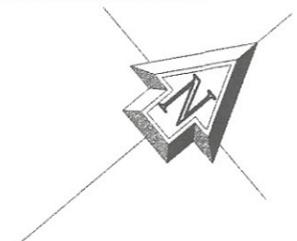
Simbología		
Simbolo	Significado	Ubicación
□	Contador	1.95 mts.
▭	Caja de distribución	1.80 mts.
⊕	Tomacorriente doble	0.30 mts.
—	Tubería eléctrica flexitubo	Cielo
	Línea positiva	En tubería
}	Línea neutra	En tubería
↑	Línea de tierra	En tubería
⊙	Interruptor de timbre	1.20 mts.
⊞	Chicharra de timbre	2.30 mts.
A,B,C	Nombre de circuito	En tubería

Plano de Instalación de Fuerza

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO:		
PLANO DE INSTALACIONES DE FUERZA		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	ESCALA: 1:125
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	FECHA DE ENTREGA:
Vo.Bo. DIRECTOR DMP		ING. JUAN MERCER COS FEB. 2019

07 / 08



Planta Alta

Simbología		
Simbolo	Significado	Ubicación
	Contador	1.95 mts.
	Caja de distribución	1.80 mts.
	Tomacorriente doble	0.30 mts.
	Tubería eléctrica flexitubo	Cielo
	Línea positiva	En tubería
	Línea neutra	En tubería
	Línea de tierra	En tubería
	Interruptor de timbre	1.20 mts.
	Chicharra de timbre	2.30 mts.
A,B,C	Nombre de circuito	En tubería

Plano de Instalación de Fuerza

Escala 1:125

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTENIDO:		
PLANO DE INSTALACIONES DE FUERZA		
DIBUJO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	08/08
DISEÑO:	RICARDO JOSE AVILA ALARCON	08/08
Va.Bo. DIRECTOR DMP		08/08

ANEXOS

Anexo 1. Factores de capacidad de carga

▼ TABLA 3.4 Factores* de capacidad de carga

ϕ	N_c	N_q	N_r	N_q/N_c	$\tan\phi$	ϕ	N_c	N_q	N_r	N_q/N_c	$\tan\phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

* Según Vesic (1973)

Fuente: BRAJA, M Das. Principios de ingeniería de cimentaciones 1. p.168.

Anexo 2. Coeficientes de losas en dos sentidos

TABLA 12.3

Coeficientes para momentos negativos en losas*

$$M_{x,ny} = C_{x,ny} w^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{x,ny} = C_{x,ny} w^2$$

Relación $m = \frac{l_x}{l_y}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	$C_{x,ny}$ $C_{x,ny}$	0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

* Un borde aclarado indica que la losa continúa a través o se encuentra soportada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Continuación del anexo 2.

TABLA 12.4
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas^a

$$M_{x,y,u,v} = C_{x,y} w l_u^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{x,y,u,v} = C_{x,y} w l_v^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9	
l_u	<input type="checkbox"/>									
1.00	$C_{x,u}$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{y,u}$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{x,u}$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{y,u}$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{x,u}$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{y,u}$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{x,u}$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{y,u}$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{x,u}$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{y,u}$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{x,u}$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{y,u}$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{x,u}$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{y,u}$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{x,u}$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{y,u}$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{x,u}$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{y,u}$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{x,u}$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{y,u}$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{x,u}$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{y,u}$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Continuación anexo 2.

TABLA 12.5

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^m

$$M_{x,y,u,v} = C_{x,y} w l^2$$

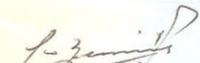
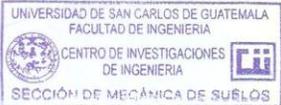
donde w = carga viva uniforme total

$$M_{x,y,u,v} = C_{x,y} w l^2$$

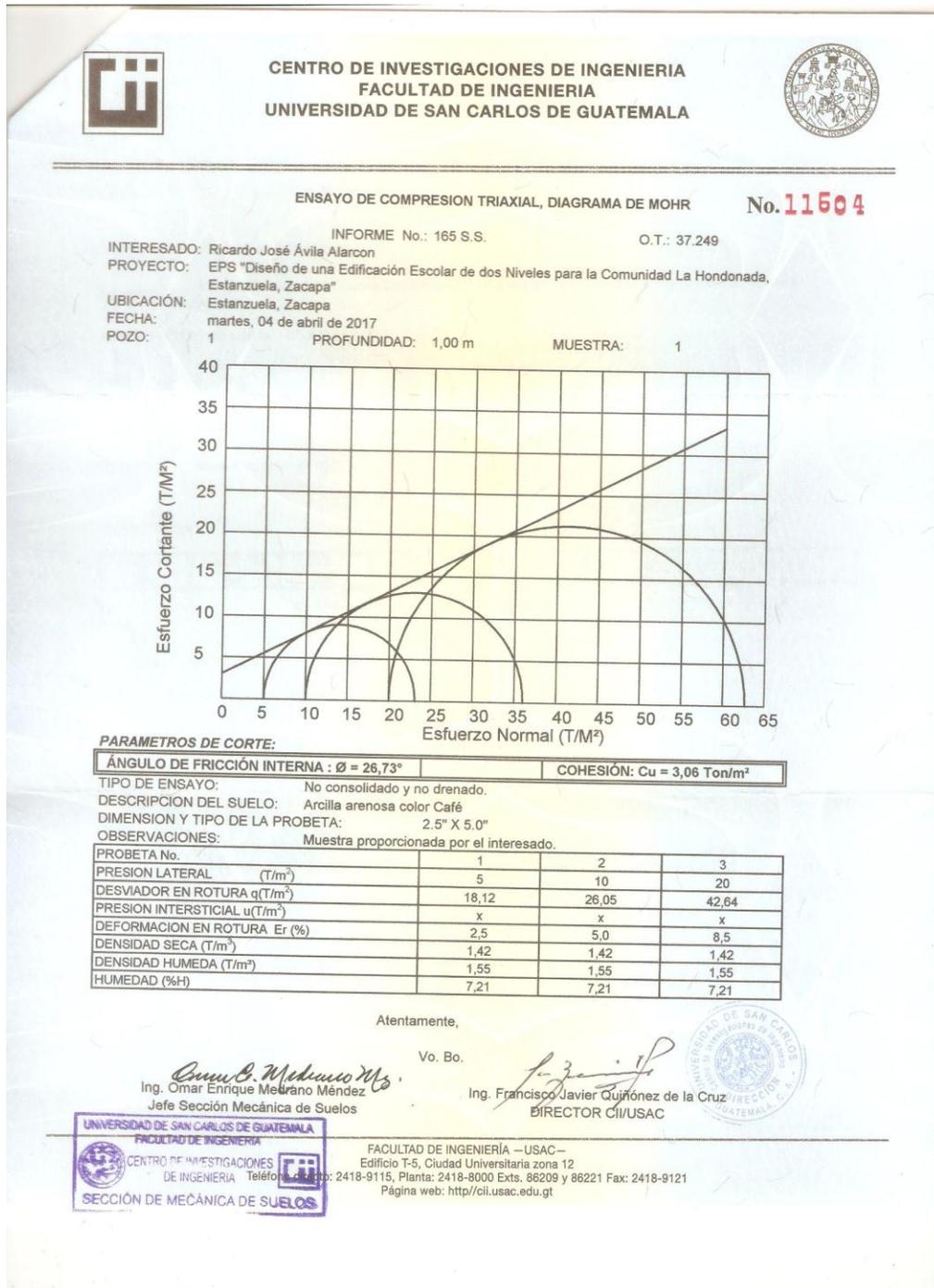
Relación $m = \frac{l_x}{l_y}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
	<input type="checkbox"/>									
1.00	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.036 0.036	0.027 0.027	0.027 0.032	0.032 0.032	0.032 0.027	0.035 0.032	0.032 0.035	0.028 0.030	0.030 0.028
0.95	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.040 0.033	0.030 0.025	0.031 0.029	0.035 0.029	0.034 0.024	0.038 0.029	0.036 0.032	0.031 0.027	0.032 0.025
0.90	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.045 0.029	0.034 0.022	0.035 0.027	0.039 0.026	0.037 0.021	0.042 0.025	0.040 0.029	0.035 0.024	0.036 0.022
0.85	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.050 0.026	0.037 0.019	0.040 0.024	0.043 0.023	0.041 0.019	0.046 0.022	0.045 0.026	0.040 0.022	0.039 0.020
0.80	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.056 0.023	0.041 0.017	0.045 0.022	0.048 0.020	0.044 0.016	0.051 0.019	0.051 0.023	0.044 0.019	0.042 0.017
0.75	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.061 0.019	0.045 0.014	0.051 0.019	0.052 0.016	0.047 0.013	0.055 0.016	0.056 0.020	0.049 0.016	0.046 0.013
0.70	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.068 0.016	0.049 0.012	0.057 0.016	0.057 0.014	0.051 0.011	0.060 0.013	0.063 0.017	0.054 0.014	0.050 0.011
0.65	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.074 0.013	0.053 0.010	0.064 0.014	0.062 0.011	0.055 0.009	0.064 0.010	0.070 0.014	0.059 0.011	0.054 0.009
0.60	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.081 0.010	0.058 0.007	0.071 0.011	0.067 0.009	0.059 0.007	0.068 0.008	0.077 0.011	0.065 0.009	0.059 0.007
0.55	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.088 0.008	0.062 0.006	0.080 0.009	0.072 0.007	0.063 0.005	0.073 0.006	0.085 0.009	0.070 0.007	0.063 0.006
0.50	$C_{x,u}$ $C_{x,v}$	0.095 0.006	0.066 0.004	0.088 0.007	0.077 0.005	0.067 0.004	0.078 0.005	0.092 0.007	0.076 0.005	0.067 0.004

Fuente: NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto. p. 738.

Anexo 3. Estudios de suelos

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA				
INFORME No. 164 S.S.		O.T.: 37.249			
		No. 11602			
Interesado:	Ricardo José Ávila Alarcon				
Proyecto:	EPS "Diseño de una Edificación Escolar de Dos Niveles para la Comunidad la Hondonada, Estanzuela, Zacapa"				
Asunto:	ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG				
Norma:	AASHTO T-89 Y T-90				
Ubicación:	Estanzuela, Zacapa				
FECHA:	lunes, 8 de mayo de 2017				
RESULTADOS:					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	25,5	5,5	CL	Arcilla Arenoso Color Café
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD					
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.					
Atentamente,					
 Ing. Omar Enrique Méndez Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos	Vo.Bo.		 Ing. Francisco Javier Quijón de la Cruz DIRECTOR CII/USAC		
					
FACULTAD DE INGENIERIA –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					

Continuación del anexo 3.



Fuente: Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 4. Estudios bacteriológicos y fisicoquímicos del agua

Muestra 1

<p>Lic. JOSE ROBERTO RAMIREZ LACS Q.B. - EIHBS Colegiado No. 2230 SERVICIO A DOMICILIO</p>	<p>LABORATORIO CLINICO BIOLOGICO LABTEC Calzada Miguel García Granados Centro Clínico, Zacapa. Tel: 7941-2694 Emergencias las 24 hrs.: 5950-8249, 5981-3733</p>	
---	---	---

NOMBRE	RICARDO AVILA
DIRECCION	Zacapa
FECHA DE RECEPCION	24/04/2017

MUESTRA	# 1 LA HONDONADA
TIPO DE MUESTRA	AGUA
VOLUMEN	750 ML
TIPO DE RECIPIENTES	PLASTICO

A. INFORME DE RESULTADO MICROBIOLÓGICO:

ANALISIS	RESULTADO	COGUANOR NGO
COLIFORMES TOTALES	0 NMP/100 mL	Menor de 2
<i>Escherichia coli</i> *	0 NMP/100 mL	Menor de 2

*Merck. Envirochec Contact C.

B. INFORME DE RESULTADO FISICO QUIMICO:

ANALISIS	RESULTADO	REFERENCIA
COLOR/SEDIMENTO	INCOLORO/ AUSENTE	INCOLORO / AUSENTE
PH	7.7	7.1--7.5
CLORO	0 PPM	2---3 PPM
BROMO	0 PPM	MENOR DE 4 PPM
ALCALINIDAD TOTAL	250 PPM	80-120 PPM
DUREZA TOTAL	71 PPM	MENOR DE 200 PPM
ACIDO CIANHIDRICO	0 PPM	MENOR DE 30 PPM



Continuación del anexo 4.

Muestra 2

Lic. JOSE ROBERTO RAMIREZ LACS
Q.B. - EIHBS
Colegiado No. 2230
SERVICIO A DOMICILIO

LABORATORIO CLINICO BIOLOGICO
LABTEC
Calle Miguel García Granados
Centro Clínico, Zacapa. Tel: 7941-2694
Emergencias las 24 hrs.: 5950-8249, 5981-3733



NOMBRE RICARDO AVILA
DIRECCION Zacapa
FECHA DE RECEPCION 24/04/2017

MUESTRA # 2 LA HONDONADA
TIPO DE MUESTRA AGUA
VOLUMEN 750 ML
TIPO DE RECIPIENTES PLASTICO

A. INFORME DE RESULTADO MICROBIOLÓGICO:

ANALISIS	RESULTADO	COGUANOR NGO
COLIFORMES TOTALES	0 NMP/100 mL	Menor de 2
<i>Escherichia coli</i> *	0 NMP/100 mL	Menor de 2

*Merck. Envirochec Contact C.

B. INFORME DE RESULTADO FÍSICO QUÍMICO:

ANALISIS	RESULTADO	REFERENCIA
COLOR/SEDIMENTO	INCOLORO/ AUSENTE	INCOLORO / AUSENTE
PH	7.8	7.1--7.5
CLORO	0 PPM	2---3 PPM
BROMO	0 PPM	MENOR DE 4 PPM
ALCALINIDAD TOTAL	220 PPM	80-120 PPM
DUREZA TOTAL	70 PPM	MENOR DE 200 PPM
ACIDO CIANHIDRICO	0 PPM	MENOR DE 30 PPM

ZACAPA
TELÉFONO

Continuación del anexo 4.

Muestra 3

Lic. JOSE ROBERTO RAMIREZ LACS
Q.B. - EIHB5
Colegiado No. 2230
SERVICIO A DOMICILIO

LABORATORIO CLINICO BIOLÓGICO
LABTEC

Calzada Miguel García Granados
Centro Clínico, Zacapa. Tel: 7941-2694
Emergencias las 24 hrs.: 5950-8249, 5981-3733



NOMBRE RICARDO AVILA
DIRECCION Zacapa, LA HONDONADA
FECHA DE RECEPCION 24/04/2017

MUESTRA # 3 LA HONDONADA
TIPO DE MUESTRA AGUA
VOLUMEN 750 ML
TIPO DE RECIPIENTES PLASTICO

A. INFORME DE RESULTADO MICROBIOLÓGICO:

ANALISIS	RESULTADO	COGUANOR NGO
COLIFORMES TOTALES	0 NMP/100 mL	Menor de 2
<i>Escherichia coli</i> *	0 NMP/100 mL	Menor de 2

*Merck. Envirochec Contact C.

B. INFORME DE RESULTADO FÍSICO QUÍMICO:

ANALISIS	RESULTADO	REFERENCIA
COLOR/SEDIMENTO	INCOLORO/ AUSENTE	INCOLORO / AUSENTE
PH	7.7	7.1--7.5
CLORO	0 PPM	2---3 PPM
BROMO	0 PPM	MENOR DE 4 PPM
ALCALINIDAD TOTAL	240 PPM	80-120 PPM
DUREZA TOTAL	72 PPM	MENOR DE 200 PPM
ACIDO CIANHÍDRICO	0 PPM	MENOR DE 30 PPM

Fuente: Laboratorio Clínico Biológico LABTEC, Estanzuela, Zacapa, Guatemala.

Anexo 5. Cotización de bombas sumergibles

Cotización 1, bomba de 5 Hp

				
3a. Calle y 8a. Av. Zona 2, Barrio la Bolsa, Zacapa Numeros 79413504 / 56976181 / 30263555 E-mail: aquaorientezacapa@gmail.com				
Lugar y fecha:		ZACAPA, 24 DE FEBRERO DE 2018		
Señor (es)		RICARDO AVILA	TEL. 50182741	
Apreciable (s) señor (es):				
Atentamente nos permitimos ofrecerle el siguiente material y/o equipo, según solicitud que recibimos de usted (es).				
No.	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIOS	
			UNITARIO	TOTAL
1	1	MOTOR SUMERGIBLE DE 5 HP 230 V	Q 8,223.00	Q 8,223.00
2	1	BOMBA SUM 5 HP SERIE 150	Q 4,500.00	Q 4,500.00
3	1	PANEL DE ARRANQUE 5 HP 230 V	Q 3,062.00	Q 3,062.00
4	1	GABINETE DE ARRANQUE ARMADO CON PROTECTOR		
5		DE FASE GUARDA NIVEL DE ELECTRODOS FLIPON,		
6		ELECTRODOS Y SU PARA RAYOS	Q 3,600.00	Q 3,600.00
1	8	TUBOS HG DE 3"	Q 350.00	Q 2,800.00
2	1	SERVICIO DE GRUA	Q 7,000.00	Q 7,000.00
3	50	CABLE SUMERGIBLE 3 x 10	Q 50.00	Q 2,500.00
4	50	METROS DE CABLE TSJ 3X14	Q 10.00	Q 500.00
5	1	UNION NIVERSAL DE 3" HG	Q 600.00	Q 600.00
12		ACCESORIO ELECTRICO	Q 350.00	Q 350.00
13		INSTALACION	Q 1,200.00	Q 1,200.00
14				Q 34,335.00
15				
16				
17				
18				
19				
			TOTAL	Q34,335.00
VALIDEZ:		QUINCE (15) DIAS		ENTREGA:
CONDICIONES DE PAGO:		CONTADO		
OBSERVACIONES:		2 GUARDANIVEL SE OCUPARAN PARA LA BOMBA DEL POZO, COMO MONITORES PARA QUE TRABAJE EN FORMA AUTOMATICA.		
Cérsar Efraín España Alarcón Aqua Oriente Administrador				

Continuación del anexo 5.

Cotización 2, bomba de 7.5 Hp

				
3a. Calle y 8a. Av. Zona 2, Barrio la Bolsa, Zacapa Numeros 79413504 / 56976181 / 30263555 E-mail: aquaorientezacapa@gmail.com				
Lugar y fecha:		ZACAPA, 24 DE FEBRERO DE 2018		
Señor (es)		RICARDO AVILA	TEL. 50182741	
Apreciable (s) señor (es):				
Atentamente nos permitimos ofrecerle el siguiente material y/o equipo, según solicitud que recibimos de usted (es).				
No.	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIOS	
			UNITARIO	TOTAL
1	1	MOTOR SUMERGIBLE DE 10 HP 230 V	Q 13,563.00	Q 13,563.00
2	1	BOMBA SUM 10 HP SERIE 230	Q 5,300.00	Q 5,300.00
3	1	PANEL DE ARRANQUE 10 HP 230 V	Q 4,915.00	Q 4,915.00
4	1	GABINETE DE ARRANQUE ARMADO CON PROTECTOR		
5		DE FASE GUARDA NIVEL DE ELECTRODOS FLIPON,		
6		ELECTRODOS Y SU PARA RAYOS	Q 4,000.00	Q 4,000.00
1	8	TUBOS HG DE 3"	Q 350.00	Q 2,800.00
2	1	SERVICIO DE GRUA	Q 7,000.00	Q 7,000.00
3	50	CABLE SUMERGIBLE 3 x 10	Q 50.00	Q 2,500.00
4	50	METROS DE CABLE TSJ 3X14	Q 10.00	Q 500.00
5	1	UNION NIVERSAL DE 3" HG	Q 600.00	Q 600.00
12		ACCESORIO ELECTRICO	Q 350.00	Q 350.00
13		INSTALACION	Q 1,200.00	Q 1,200.00
14				Q 42,728.00
15				
16				
17				
18				
19				
			TOTAL	Q42,728.00
VALIDEZ:		QUINCE (15) DIAS		ENTREGA:
CONDICIONES DE PAGO:		CONTADO		
OBSERVACIONES:		2 GUARDANIVEL SE OCUPARAN PARA LA BOMBA DEL POZO, COMO MONITORES PARA QUE TRABAJE EN FORMA AUTOMATICA.		
				3 DIAS PREVIO ANTICIPO DEL 50%
César Efraín España Alarcón Aqua Oriente Administrador				

Continuación del anexo 5.

Cotización 3, bomba de 10 Hp

				
3a. Calle y 8a. Av. Zona 2, Barrio la Bolsa, Zacapa Numeros 79413504 / 56976181 / 30263555 E-mail: aquaorientezacapa@gmail.com				
Lugar y fecha:		ZACAPA, 24 DE FEBRERO DE 2018		
Señor (es)		RICARDO AVILA	TEL. 50182741	
Apreciable (s) señor (es):				
Atentamente nos permitimos ofrecerle el siguiente material y/o equipo, según solicitud que recibimos de usted (es).				
No.	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIOS	
			UNITARIO	TOTAL
1	1	MOTOR SUMERGIBLE DE 7.5 HP 230 V	Q 12,200.00	Q 12,200.00
2	1	BOMBA SUM 7.5 HP SERIE 150	Q 5,000.00	Q 5,000.00
3	1	PANEL DE ARRANQUE 7.5 HP 230 V	Q 3,568.00	Q 3,568.00
4	1	GABINETE DE ARRANQUE ARMADO CON PROTECTOR		
5		DE FASE GUARDA NIVEL DE ELECTRODOS FLIPON,		
6		ELECTRODOS Y SU PARA RAYOS	Q 4,500.00	Q 4,500.00
1	8	TUBOS HG DE 3"	Q 350.00	Q 2,800.00
2	1	SERVICIO DE GRUA	Q 7,000.00	Q 7,000.00
3	50	CABLE SUMERGIBLE 3 x 10	Q 50.00	Q 2,500.00
4	50	METROS DE CABLE TSJ 3X14	Q 10.00	Q 500.00
5	1	UNION NIVERSAL DE 3"	Q 600.00	Q 600.00
12		ACCESORIO ELECTRICO	Q 350.00	Q 350.00
13		INSTALACION	Q 1,200.00	Q 1,200.00
14				Q 40,218.00
15				
16				
17				
18				
19				
			TOTAL	Q40,218.00
VALIDEZ:		QUINCE (15) DIAS		ENTREGA:
CONDICIONES DE PAGO:		CONTADO		
OBSERVACIONES:		2 GUARDANIVEL SE OCUPARAN PARA LA BOMBA DEL POZO, COMO MONITORES PARA QUE TRABAJE EN FORMA AUTOMATICA.		
Cérsar Efraín España Alarcón Aqua Oriente Administrador				

Fuente: Aqua-Oriente S.A., Zacapa, Guatemala.