



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

**DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA**

Carlos Andres Pérez Torres

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE
UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL,
JUTIAPA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS ANDRES PÉREZ TORRES

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
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 INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de agosto de 2016.



Carlos Andrés Pérez Torres



Guatemala, 07 de marzo de 2018
Ref.EPS.DOC.243.03.18

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Andres Pérez Torres, Registro Académico 201213514 y CUI 2345 28281 2201**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA.**

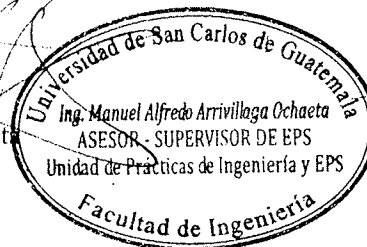
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 12 de marzo de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Andres Pérez Torres, con CUI 2345282812201 Registro Académico No. 201213514, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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. Rafael Enrique Morales Ochoa

Revisor por el Departamento de Hidráulica



/mrrm.

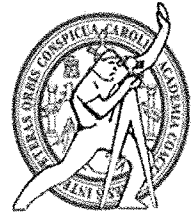




USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 06 de agosto de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Andres Pérez Torres, con Registro Estudiantil No. 201213514, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 07 de agosto de 2018
Ref.EPS.DOC.282.08.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

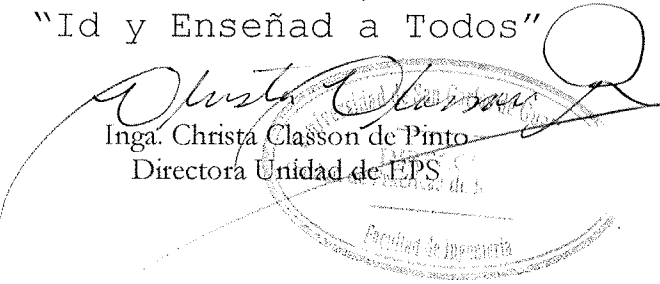
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Andres Pérez Torres, Registro Académico 201213514 y CUI 2345 28281 2201**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

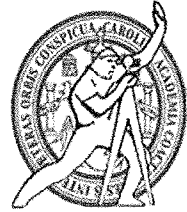
CCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Andres Pérez Torres titulado **DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2018

/mrrm.

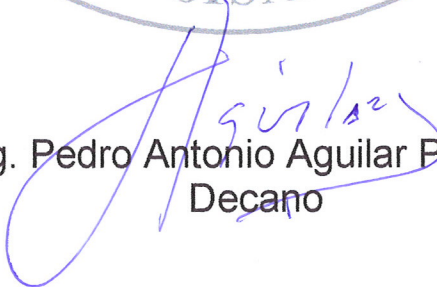


Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario: Carlos Andrés Pérez Torres, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Octubre de 2018

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis padres** Carlos Pérez (q.e.p.d.) y Claudia Torres por su apoyo incondicional lleno de amor desde mi concepción.
- Mis hermanos** Astrid y Roberto Pérez por los miles de aventuras que vivimos y viviremos.
- Mi abuela** Eva Castro, por ser mi segunda madre y brindarme sabiduría.
- Mi familia** Especialmente a la familia Mendoza Torres y Calderón Pérez por siempre estar en las buenas y en las malas.
- Mis amigos** Por hacer esta experiencia universitaria más bonita.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi segundo hogar durante este proceso académico.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme las bases para cumplir un sueño.

**Municipalidad de
Jutiapa, Jutiapa**

Por brindarme su apoyo y amistad durante el proceso del ejercicio profesional supervisado.

Mis amigos

Por pasar juntos durante los buenos y malos momentos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.1.1. Localización y ubicación	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	2
1.1.3. Vías de acceso	2
1.1.4. Clima	3
1.1.5. Población e idioma	3
1.1.6. Tipo de vivienda.....	4
1.1.7. Actividades económicas	4
1.1.8. Servicios públicos	5
1.1.9. Suelos y topografía.....	5
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar	6
1.2.1. Descripción de las necesidades	6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	6
2. DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO DE LA ALDEA VALENCIA.....	7
2.1. Normas de diseño para edificación educativa	7

2.1.1.	Parámetros de diseño de aula teórica.....	7
2.1.2.	Parámetro de diseño para dirección.....	9
2.1.3.	Parámetros de diseño para servicios sanitarios	10
2.1.4.	Circulación peatonal.....	12
2.2.	Descripción del proyecto.....	13
2.3.	Investigación preliminar.....	13
2.4.	Terreno disponible.....	14
2.5.	Estudio de suelos.....	14
2.5.1.	Método de capacidad soporte de Dr. Terzaghi.....	15
2.5.2.	Cálculo del valor soporte de suelo	16
2.6.	Diseño arquitectónico.....	18
2.6.1.	Ubicación del edificio dentro del terreno	18
2.6.2.	Distribución de ambiente	18
2.6.3.	Altura del edificio	21
2.7.	Selección del sistema estructural a utilizar.....	21
2.8.	Análisis estructural	23
2.8.1.	Predimensionamiento estructural	23
2.8.1.1.	Predimensionamiento de losas	23
2.8.1.2.	Predimensionamiento de vigas	26
2.8.1.3.	Predimensionamiento de columnas	27
2.8.2.	Modelo matemático de marcos rígidos.....	28
2.8.2.1.	Cargas aplicadas a los marcos rígidos.....	28
2.8.3.	Análisis de marcos rígidos por el método de Kani	48
2.8.3.1.	Análisis de carga muerta.....	50
2.8.3.2.	Análisis de carga viva EJE C.....	58
2.8.3.3.	Análisis de carga sísmica	60

	2.8.4.	Análisis de software ETABS	64
	2.8.5.	Momento último por envolvente de momentos	68
2.9.		Diseño estructural.....	71
	2.9.1.	Diseño de losas	71
	2.9.2.	Diseño de vigas	84
	2.9.3.	Diseño de columnas	90
	2.9.4.	Diseño de cimientos	103
	2.9.5.	Módulo de gradas	113
2.10.		Diseño de instalaciones.....	118
	2.10.1.	Instalaciones eléctricas.....	118
	2.10.2.	Instalaciones sanitarias	119
		2.10.2.1. Drenaje pluvial.....	119
		2.10.2.2. Drenaje sanitario.....	120
	2.10.3.	Instalaciones hidráulicas.....	120
2.11.		Planos constructivos.....	121
2.12.		Presupuesto	122
	2.12.1.	Valor presente neto (VPN).....	123
	2.12.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	123
2.13.		Cronograma de ejecución.....	124
2.14.		Estudio de impacto ambiental.....	125
3.		DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	127
	3.1.	Levantamiento topográfico	127
	3.2.	Condiciones generales	127
	3.3.	Tipo de sistema a utilizar	127
	3.4.	Periodo de diseño.....	128
	3.5.	Fórmulas para cálculo hidráulico	128
		3.5.1. Fórmula de Chazy	128
		3.5.2. Fórmula de Manning.....	128

3.5.3.	Fórmula de continuidad	129
3.6.	Pendiente	130
3.7.	Determinación del caudal sanitario	130
3.7.1.	Caudal domiciliar (Q_{dom})	130
3.7.2.	Caudal de conexiones ilícitas ($Q_{con-ili}$)	130
3.7.3.	Caudal sanitario (Q_{san})	131
3.7.4.	Factor de caudal medio	131
3.7.5.	Factor de Harmond	131
3.7.6.	Caudal de diseño	132
3.8.	Diseño y cálculo hidráulico	132
3.8.1.	Cálculo de pendiente del terreno	132
3.8.2.	Cálculo población actual y población futura.	133
3.8.3.	Cálculo del caudal de diseño	133
3.8.3.1.	Población actual	133
3.8.3.2.	Población futura	134
3.8.4.	Caudal a sección llena	134
3.8.5.	Relación hidráulica	135
3.8.5.1.	Población actual	135
3.8.5.2.	Población futura	135
3.8.6.	Cota invert	136
3.8.7.	Volumen de excavación	136
3.9.	Componentes de la red	136
3.9.1.	Ramales	136
3.9.2.	Pozos de visita	137
3.9.3.	Diámetros	137
3.9.4.	Conexiones domiciliarias	137
3.9.5.	Descargas	138
3.9.6.	Planta de tratamiento	138
3.9.7.	Planos	139

3.10.	Evaluación socioeconómica	140
3.10.1.	Presupuesto.....	140
3.10.2.	Valor presente neto (VPN).....	141
3.10.3.	Tasa interna de retorno (TIR)	141
3.10.4.	Cronograma de ejecución.....	142
3.10.5.	Estudio de impacto ambiental.....	143
CONCLUSIONES		145
RECOMENDACIONES		147
BIBLIOGRAFÍA.....		149
APÉNDICES		151
ANEXOS		157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Distribución de áreas en planta baja	19
2.	Distribución de áreas en planta alta	20
3.	Altura del edificio	21
4.	Losas módulo I acotadas	24
5.	Elevación frontal del edificio	30
6.	Planta general del edificio	30
7.	Elevación lateral del edificio	31
8.	Área de integración de carga del eje C	50
9.	Distribución de carga muerta en marco lateral eje C.....	53
10.	Momentos fijos producidos por carga muerta eje C	54
11.	Esquema de iteración con carga muerta en marco lateral eje C	57
12.	Distribución de carga viva en marco lateral eje C	59
13.	Momentos fijos producidos por carga viva eje C.....	59
14.	Esquema de iteración con carga viva en marco lateral eje C.....	60
15.	Distribución de cargas en marco lateral eje C.....	61
16.	Esquema de iteración debido a carga sísmica eje C	63
17.	Módulo I en Etabs	64
18.	Diagrama de momentos causados por cargas muertas eje C.....	65
19.	Diagrama de momentos causados por carga viva eje C	66
20.	Diagrama de momentos causados por carga sísmica eje C	67
21.	Diagrama de envolvente de momentos en marco lateral eje C.....	70
22.	Losas de módulo I acotadas	73
23.	Envolvente de momentos de entrepiso, módulo I (kg-m)	75

24.	Envolvente de momentos de techo, módulo I (kg-m).....	76
25.	Balance de momentos	76
26.	Balance de momentos entre losas 1 y 2 de entrepiso	77
27.	Envolvente de momentos de entrepiso, módulo I.....	78
28.	Envolvente de momentos de techo, módulo I	79
29.	Armado de viga del tramo A-B.....	90
30.	Armado de viga del tramo A-B corte F-F'	90
31.	Área tributaria de columna crítica	91
32.	Armado de columnas centrales	102
33.	Planta y dimensiones de losa de cimentación	104
34.	Perímetro crítico de una columna central.....	109
35.	Equilibrio de las fuerzas según hipótesis de diseño.....	111
36.	Armado general de losa de cimentación.....	113
37.	Armado general de losa de cimentación.....	117

TABLAS

I.	Capacidad de alumnos para aula teórica.....	8
II.	Área por alumno para aula teórica.....	9
III.	Ancho de pasillos según capacidad de área de servicio.....	12
IV.	Dimensiones de terreno disponible.....	14
V.	Resultados de ensayo de compresión triaxial.....	16
VI.	Valor soporte permisible según tipo de suelo	17
VII.	Alturas o espesores mínimos de losas reforzadas	24
VIII.	Valores de carga viva	29
IX.	Valores de carga muerta	29
X.	Características de aldea Valencia, Jutiapa, Jutiapa.....	34
XI.	Fuerza de piso	37
XII.	Centro de masa en X del segundo nivel	38

XIII.	Centro de masa en Y del segundo nivel.....	39
XIV.	Centro de masa en X del primer nivel	39
XV.	Centro de masa en Y del primer nivel	40
XVI.	Centro de rigidez para el segundo nivel sentido Y	42
XVII.	Centro de rigidez para el segundo nivel sentido X	42
XVIII.	Centro de rigidez para el primer nivel sentido Y.....	43
XIX.	Centro de rigidez para el primer nivel sentido X.....	43
XX.	Fuerzas por marco en cada nivel sentido X	47
XXI.	Fuerzas por marco en cada nivel sentido Y	48
XXII.	Cálculo de rigideces y factores de giro marco lateral eje C.....	55
XXIII.	Comparación de momentos	68
XXIV.	Tipos de losas según ACI	71
XXV.	Valores de cargas vivas	72
XXVI.	Valores de cargas muertas	72
XXVII.	Datos generales por utilizar	84
XXVIII.	Cálculo de área de acero y varillas para el refuerzo eje C	87
XXIX.	Condiciones mínimas para espaciamiento de estribos	89
XXX.	Clasificación de las columnas por su esbeltez	94
XXXI.	Distribución de cargas vivas y muertas en losa de cimentación	105
XXXII.	Presión del suelo bajo losa de cimentación	108
XXXIII.	Condiciones para módulo de gradas.....	113
XXXIV.	Datos para el diseño del módulo de gradas	114
XXXV.	Datos para refuerzo de módulo de gradas	116
XXXVI.	Área máxima de PVC para drenaje pluvial.....	120
XXXVII.	Presupuesto de proyecto de instituto básico.....	122
XXXVIII.	Cronograma de ejecución de actividades para escuela.....	124
XXXIX.	Evaluación de impacto ambiental de la escuela.....	126
XL.	Presupuesto del proyecto de alcantarillado.....	140
XLI.	Cronograma de ejecución de alcantarillado sanitario.....	142

XLII. Evaluación de impacto ambiental de alcantarillado sanitario 143

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Área de acero
Asmax	Área de acero máximo
Asmin	Área de acero mínimo
Q	Caudal
Qdiseño	Caudal de diseño
Qdom	Caudal domiciliar
Qm	Caudal medio
Qcili	Caudal por conexiones ilícitas
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
∅	Diámetro
f'c	Esfuerzo máximo a compresión
Smax	Espaciamiento máximo
F.q.m	Factor de caudal medio
F.H	Factor de Harmond
F.R	Factor de retorno
fy	Fluencia del acero
hab	Habitante
I	Inercia
kg-m	Kilogramo metro
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/m³	Kilogramo por metro cubico
km²	Kilómetro cuadrado

km/hr	Kilómetro por hora
psi	Libra por pulgada cuadrada
l/hab/día	Litros habitante día
lts/seg	Litros por segundo
l	Longitud
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cubico
m/seg	Metros por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
PVC	Policloruro de vinilo
ρ_{max}	Porcentaje de acero máximo
ρ_{min}	Porcentaje de acero mínimo
pulg	Pulgadas
q/Q	Relación caudal/caudal a sección llena
v/V	Relación velocidad/velocidad a sección llena
TIR	Tasa interna de retorno
d/D	Tirante de flujo/tirante de flujo a sección llena
Ton-m	Tonelada-metro
Ton/m²	Tonelada por metro cuadrado
VPN	Valor presente neto
v	Velocidad

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto (siglas del nombre en inglés, American Concrete Institute).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Aguas residuales	Es el fluido proveniente del uso de agua en viviendas, industrias o centros comerciales.
Alcantarillado	Sistema formado por tuberías o conductos cerrados, que no trabaja bajo presión y que conducen las aguas negras o aguas pluviales.
Carga axial	Carga aplicada en el eje longitudinal de un elemento.
Carga muerta	Peso propio de una estructura y de todas las cargas inmóviles, constantes en magnitud y asignadas permanentemente a esta.
Carga puntual	Carga concentrada en magnitud en un punto específico de un elemento.
Carga viva	Cargas no permanentes que varían en magnitud conforme al tiempo y el uso que permiten satisfacer el fin de la estructura.

Caudal	Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Concreto	Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.
Concreto reforzado	Es una combinación de concreto y acero en la que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a la tensión de que carece el concreto.
Cota de terreno	Altura de un punto teniendo como referencia un nivel determinado.
Cota Invert	Es la cota medida desde la altura del terreno natural hacia la parte inferior de la tubería ya instalada.
Desfogue	Es la salida del caudal proveniente de una red de tuberías a un lugar terminado.
Deflexión	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al aplicárseles cargas.
Dotación	Es el consumo promedio de agua por día per cápita en una población.

Estribo	Refuerzo de acero utilizado para resistir esfuerzos cortantes y de torsión en un elemento estructural.
ETABS	Por sus siglas en ingles extended three dimensional análisis of building systems, es un software utilizado para el análisis estructural dinámico y estático de edificaciones.
Excentricidad	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
Factor de Harmond	Es un factor utilizado de seguridad para las horas picos del sistema de alcantarillado.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Losa	Estructura plana horizontal de concreto reforzado que separa un nivel de la edificación de otro o que sirve de cubierta. Es un diafragma que trasmite fuerzas horizontales a los elementos verticales.
Mampostería	Sistema constructivo que se basa en elementos que van unidos entre sí, por medio de una mezcla de arena y cemento, para soportar cargas que se le apliquen.

Momento	Es la magnitud de una fuerza al que está sometido un cuerpo, resulta de la aplicación de una fuerza a una distancia desde el centro de la masa.
Refuerzo	Elementos de acero que se utilizan para aumentar el soporte estructural de los elementos de concreto reforzado.
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.
Viga	Miembro horizontal lineal en el cual la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones usado principalmente para resistir esfuerzos a flexión.
Zapata	Elemento estructural que sirve de cimentación a una columna u otro elemento superficial, transmitiendo los esfuerzos que recibe de este al terreno.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación presenta el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en el municipio de Jutiapa, Jutiapa. Los proyectos consisten en el diseño de un instituto básico para la aldea Valencia y sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Barreal.

En la fase de investigación se recopilan datos estadísticos, geográficos, monografía del municipio y necesidades de servicios e infraestructura.

En la fase de servicio técnico profesional se desarrolla el diseño de los dos proyectos anteriormente mencionados, primero se trabajó en un terreno de 750 metros cuadrados el instituto básico de dos niveles que consta de 6 aulas puras, servicios sanitarios para hombres y mujeres, módulo de gradas, dirección y un área sobre el terreno de 272 metros cuadrados el cual incluye el diseño arquitectónico, análisis estructural, diseño estructural, presupuesto y cronograma; para el alcantarillado sanitario de una longitud total de 1,343 m se realizó el diseño y calculo hidráulico, elementos principales, en ambos casos se realizaron planos finales, presupuestos, cronogramas, estudios de impacto ambiental y estudio socioeconómico.

Con este trabajo, se proyecta dar una solución a los problemas utilizando para ello los conocimientos técnicos y prácticos adquiridos durante el desarrollo de la carrera de ingeniería civil beneficiando a una población de 2 021 habitantes para la aldea el Barreal y para 210 habitantes en edad escolar en la aldea Valencia.

OBJETIVOS

General

Diseñar un edificio escolar de dos niveles en la aldea Valencia y un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Barreal, Jutiapa, Jutiapa.

Específicos

1. Mejorar los servicios básicos de infraestructura de las aldeas del municipio de Jutiapa, Jutiapa.
2. Mejorar la calidad de vida de los pobladores de la aldea El Barreal con el sistema de alcantarillado sanitario.
3. Contribuir con el desarrollo de la aldea Valencia, Jutiapa, Jutiapa por medio del diseño de un edificio escolar que brindara un ambiente óptimo para el proceso enseñanza-aprendizaje.
4. Adquirir experiencia profesional al aplicar los conocimientos técnicos adquiridos durante los estudios universitarios y el ejercicio profesional supervisado.

INTRODUCCIÓN

El programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene como objetivo contribuir al desarrollo de la población brindándoles conocimiento técnico para proyectos de infraestructura y servicios básicos.

En el municipio de Jutiapa, con la ayuda de la población, se identificaron proyectos, de los cuales, con la Dirección Municipal de Planificación, se seleccionaron, diagnosticaron y evaluaron según las prioridades de la comunidad y las necesidades que se deben cubrir.

Se seleccionaron dos proyectos que cumplen con el perfil requerido para su diseño. El primer proyecto consiste en el diseño de un instituto de educación básica de dos niveles para la aldea Valencia que consta de seis aulas puras, dirección, módulo de gradas y un módulo de baños ya que no existe lugar con una infraestructura adecuada para que los estudiantes puedan desempeñar de una mejor manera el proceso educativo que beneficiara a 210 habitantes en edad escolar. El segundo proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Barreal que permitirá reducir la tasa de morbilidad por enfermedades gastrointestinales que afectan principalmente a la población infantil del sector y beneficiara a una población de 2,021 habitantes.

1. INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

Jutiapa es el departamento número 22 de Guatemala, tiene un área aproximada de 3,219 km², consta de 17 municipios, en la cabecera municipal se compone de 192 comunidades entre las cuales están una ciudad y el resto son aldeas, cantones, parajes y fincas.

1.1.1. Localización y ubicación

El municipio de Jutiapa se encuentra en la Región IV o Región Suroriental. Las coordenadas del municipio de Jutiapa tomadas desde el parque central son lat. 14°17'28", long. 89°53'52" y una elevación de 895 msnm.

La aldea Valencia se encuentra en el noroeste del municipio de Jutiapa sus coordenadas son lat. 14°24'30", long. 89°58'20" y una elevación de 1,700 m SNM.

La aldea El Barreal se encuentra en el municipio de Jutiapa, Jutiapa. Por la ruta nacional número 23 a 3km al sureste de la cabecera municipal con coordenadas lat. 14°16'15", long. 89°51'05" y una elevación entre 920 y 1 000 m SNM.

1.1.2. Límites y colindancias

El municipio de Jutiapa tiene una extensión territorial de 620 km². Colinda al norte con Monjas (Jalapa), El Progreso y Santa Catarina Mita (Jutiapa); al este con Asunción Mita, Yupiltepeque y El Adelanta (Jutiapa); Al sur con Comapa y Jalpatagua (Jutiapa); al oeste con Quesada (Jutiapa) y Casillas (Santa Rosa).

1.1.3. Vías de acceso

La principal carretera, asfaltada, que atraviesa el municipio es la Interamericana o CA-1, que por el lado oeste provienen de Cuilapa, Santa Rosa y unos 7.5 km. Al noreste enlaza con la ruta nacional 2, o CA-2, que 0.5 km al norte lleva a la cabecera municipal El Progreso, Jutiapa. Del citado entronque por la CA-2 al este son 20km. A la cabecera de Asunción Mita y 20km. Al sur franco para la aldea San Cristóbal Frontera, en la frontera con El Salvador. De Jutiapa por la ruta nacional 23 al sureste hay 21 km a la cabecera de Yupiltepeque y de allí al sursureste 17 km, a la cabecera de Jerez. Cuenta también con rutas departamentales caminos vecinales, roderas y veredas que enlazan a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los demás municipios vecinos.

El acceso a la aldea Valencia se realiza por la carretera que conduce al municipio de Ayarza del departamento de Santa Rosa, Ingresando por la aldea Tunas por carretera asfaltada en aproximadamente 10 kilómetros y 6 de terracería.

La aldea el barrial se encuentra a 1.5 km de la cabecera municipal el acceso se hace en carretera asfaltada.

1.1.4. Clima

El clima es templado en invierno y cálido en verano el cual favorece mucho a la cabecera municipal y al departamento, pero a veces se desatan fuertes vientos que por lo general soplan entre octubre y febrero, la temperatura es de 20° centígrados (promedio anual)

Se puede establecer con base en los boletines proporcionados por la estación meteorológica número 12 del Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología, Sismología e Hidrología (INSIVUMEH), ubicada en el municipio de Quesada, localizada en las coordenadas 14°15'58" latitud y 90°02'16" longitud que cuenta con los siguientes datos:

- Elevación (msnm) = 980 msnm
- Temperaturas (máx.-min) = 29.1°-15.7°
- Absolutas (máx.-min) = 39.9°-2.5°
- Precipitación (mm) = 1104.1mm
- Humedad relativa (%) = 77%
- Velocidad del viento (km/hr) = 4.3 km/hr

1.1.5. Población e idioma

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), el municipio de Jutiapa tiene un total de 162,000 habitantes de los cuales 81,126 son hombres y 80,874 son mujeres, con un 22% perteneciente al área urbana, un 75% al área rural y un 3% a la población indígena inmigrante. El 100% de los habitantes hablan español. La densidad poblacional es de 152 p/Km.

1.1.6. Tipo de vivienda

Se pueden clasificar en 4 los tipos de vivienda que predominan en el municipio de Jutiapa. Casas de ladrillo con techo de lámina (70%), casas de ladrillo con techo de teja de barro (20%), casas de ladrillo con terraza (5%) y casa de bajareque (5%).

1.1.7. Actividades económicas

Aunque la mayor parte de los terrenos que han rodeado a Jutiapa son áridos y más propios para la crianza de ganado, hay partes fértiles donde se produce café de buena calidad. Como consecuencia del impulso dado a la ganadería, en las propiedades rurales se cuenta con gran cantidad de ganado y debido a la magnífica calidad de los pastos se produce regular cantidad de queso y mantequilla de buena calidad.

Entre los productos agrícolas se encuentran el maíz, frijol, arroz, maicillo, lentejas, caña de azúcar. En los productos pecuarios se encuentran el ganado vacuno, caballar, porcino y aves de corral. También se generan productos industriales como artículos de arcilla, artículos de barro, trasmallos, atarrayas para la pesca, licores y calzado.

En la aldea Valencia la comunidad se dedica en un 85% se dedican a la agricultura, el 15% migran a otros lugares con el propósito de subsanar las necesidades de seguridad alimentaria de sus familias, la mayoría de las mujeres se dedican a actividades domésticas.

En la aldea El Barreal en un 75% se dedican a la agricultura, el 25% restante migran a otros lugares con el propósito de subsanar las necesidades de

seguridad alimentaria de sus familias, la mayoría de las mujeres se dedican a las actividades domésticas y algunas han formado asociaciones con el propósito de colaborar productivamente en el desarrollo de sus familias.

1.1.8. Servicios públicos

Servicios públicos para la aldea Valencia, agua no potable, energía eléctrica, transporte colectivo, telefonía celular, iglesias y tiendas.

Servicios públicos de la aldea El Barreal, agua potable, energía eléctrica, escuela primaria, drenaje sanitario en un 73% de la población, transporte colectivo, telefonía celular, iglesias y tiendas.

1.1.9. Suelos y topografía

En Jutiapa se pueden encontrar carbonatos neocomianos-campanianos; aluviones cuaternarios; rocas volcánicas sin dividir las cuales incluye tobas, Coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos del periodo terciario; rocas volcánicas, incluye coladas de lava, material lahárico tobas y edificios volcánicos del periodo Cuaternario; Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso. Además, se encuentran fallas geológicas, sien la más importante la falla de Jalpatagua, así como varios conos volcánicos.

La ciudad de Jutiapa cuenta con 15 ríos, 37 quebradas, 2 lagunetas, 2 zanjas y 1 riachuelo. Los ríos más importantes son el de Amayito, la Virgen y Trapichito. Posee un total de tres volcanes que son Amayo, Culma y Tatural. Entre los cerros más importantes están el Cerro Gordo y el Cerro Grande. Cuenta con montañas que han sido pobladas.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

La infraestructura necesaria para cada lugar se determinó con la colaboración de las comunidades y de la Dirección Municipal de Planificación.

1.2.1. Descripción de las necesidades

La aldea Valencia evidencia necesidades de servicios básicos, como drenajes, agua potable, carreteras y en la parte de la infraestructura hacen falta puentes, carreteras, escuelas, etc.

La aldea El Barreal se encuentra muy cerca de la cabecera departamental. Casi todos sus servicios básicos están cubiertos, excepto los drenajes y carreteras.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

La razón por la cual se priorizaron los proyectos son los siguientes.

Proyecto escuela

- La falta de una infraestructura adecuada para el proceso didáctico aprendizaje para estudiantes de nivel básico de la aldea Valencia.
- Las dificultades en épocas de invierno.

Proyecto alcantarillado sanitario

- EL 70% de la población de la aldea El Barreal carece de drenajes sanitarios.
- Aguas servidas transcurren por las calles del cantón.
- Alto índice de morbilidad a causa de la contaminación.

2. DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO DE LA ALDEA VALENCIA

2.1. Normas de diseño para edificación educativa

Los criterios utilizados para espacios educativos se describen en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación. Los espacios educativos tienen como objetivo primordial el desarrollo gradual e integral de la acción educativa.

En el reglamento se describen tres tipos de aulas educacionales las cuales son:

- Aula teórica; espacio en el cual se permite impartir de forma estratégica y didáctica los conocimientos.
- Aula unitaria; modalidad en la cual un solo profesor imparte varios cursos.
- Aula de proyecciones; aula en la cual se auxilian de la tecnología.

2.1.1. Parámetros de diseño de aula teórica

El tipo de aula que más se adecua a las características que se necesitan es el aula teórica.

Las aulas teóricas son flexibles y versátiles por lo que permiten el desarrollo de diversos procesos enseñanza-aprendizaje como la mesa redonda, lluvia de ideas, trabajo en equipo, etc. Los alumnos están en sitios fijos manteniendo la atención directamente al profesor.

- Capacidad

Tabla I. **Capacidad de alumnos para aula teórica**

NIVEL	CAPACIDAD ALMUNOS POR AULA	
	OPTIMO	MAXIMO
Preprimario	25	30
Primario	30	40
Medio básico	30	40
Medio diversificado	30	40

Fuente: Criterios Normativos para el Diseño de Edificios Escolares (USIPE) MINEDUC.

- Forma

Se recomienda que la relación ancho-largo no exceda 1:1.5 y que la altura sea como mínima de 2.5 m y como máxima de 3 m.

- Confort visual

El ángulo horizontal de visión respecto al pizarrón no debe ser menor a 30° y la distancia máxima de un alumno al pizarrón no debe ser mayor a 8 m.

- Confort de iluminación

La iluminación natural debe provenir principalmente del lado izquierdo del alumno viendo hacia el pizarrón. La superficie de ventana debe tener como mínimo un área de 1/3 del área del local.

- Confort acústico

Las aulas teóricas son de tipo 3 en generación de ruido y tolerancia.

- Confort térmico

Cuando no se puede evitar la luz directa del sol se deben utilizar parte luces. Se debe proporcionar una ventilación constante y que se pueda controlar por mecanismos.

- Área por alumno

Tabla II. **Área por alumno para aula teórica**

NIVEL	ÁREA POR ALUMNO		
	OPTIMO	MAXIMO	AULA EXTERIOR
Preprimaria	2.40	2.00	2.00
Primario	1.50	1.25	---
Medio Básico	1.50	1.30	---
Medio Diversificado	1.50	1.30	---

Fuente: Criterios Normativos para el Diseño de Edificios Escolares (USIPE) MINEDUC.

2.1.2. Parámetro de diseño para dirección

La dirección es el local donde se aloja el director del establecimiento. El director vela por su correcto funcionamiento y en la dirección se desempeñan también tareas administrativas por lo que debe ser un lugar cómodo y tranquilo para la correcta toma de decisiones.

- Capacidad

La capacidad máxima de una dirección debe ser de 6 personas.

- Forma

Subdividir de manera óptima para el espacio compartido por las personas.

- Confort visual

La iluminación debe alcanzar un nivel de 300 luxes en la superficie de trabajo.

- Confort acústico

El local debe tener un aislamiento acústico para que sea un ambiente tranquilo.

- Confort térmico

Ventilación constante que permita tener una temperatura agradable.

2.1.3. Parámetros de diseño para servicios sanitarios

Los servicios sanitarios proporcionan los medios adecuados de higiene que edificio educativo debe poseer, la cantidad de artefactos sanitarios es directamente proporcional a la población estudiantil.

- Capacidad

La cantidad mínima es de dos unidades de artefacto en cada establecimiento. Los servicios sanitarios para uso del personal docente, administrativo y de servicio deberán ser diferentes a los utilizados por los alumnos.

- 1 inodoro por cada 15 varones o 10 mujeres
- 2 mingitorios por cada 15 varones
- 2 lavamanos cada 15 varones o 10 mujeres

- Forma

Debe tener las dimensiones adecuadas para cada artefacto sanitario para poder facilitar su mantenimiento y deben estar separados para poder mantener la privacidad. Las puertas de los inodoros no deben tener un ancho inferior a 0,60m y deben estar levantadas con respecto al piso entre 0,20m a 0,30m.

- Confort visual

La iluminación debe alcanzar un nivel de 100 luxes como mínimo y debe estar en lugares adecuados para el uso correcto de los artefactos.

- Confort térmico

Se debe tener un área de ventilación de como mínimo 1/5 de la superficie del local.

2.1.4. Circulación peatonal

Este sistema permite proporcionar accesos directos a todas las áreas del edificio escolar, en las áreas de circulación se puede citar información y también tener áreas de descanso.

- Capacidad

La capacidad debe calcularse en condiciones extremas como lo pueden ser las horas de entrada y salida.

- Área por alumno

El área de circulación no debe exceder el 30% del área total construida. Para pasillos y demás circulaciones se debe tener como mínimo un ancho de 1,70 m y como máximo 3,50 m.

Tabla III. **Ancho de pasillos según capacidad de área de servicio**

Número de alumnos	Ancho mínimo
40 (1 aula)	1.70 m
80 (2 aulas)	1.90 m
120 (3 aulas)	2.10 m
160 (4 aulas)	2.30 m
200 (5 aulas)	2.50 m
240 (6 aulas)	2.70 m
280 (7 aulas)	2.90 m
320 (8 aulas)	3.10 m
360 (9 aulas)	3.30 m
400 (10 aulas)	3.50 m

Fuente: *Criterios Normativos para el Diseño de Edificios Escolares (USIPE) MINEDUC.*

2.2. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un instituto de educación básica en la aldea Valencia de Jutiapa. El edificio escolar cuenta con dos niveles y cuenta con los siguientes ambientes:

En la planta baja se encuentran tres aulas teóricas, las oficinas de la dirección y el servicio sanitario. La planta alta cuenta con tres aulas puras.

Los elementos que conforman el edificio son losas, vigas, columnas, zapatas, muros de separación, ventanas y puertas.

Para la correcta circulación peatonal el edificio cuenta con un pasillo y módulo de gradas.

2.3. Investigación preliminar

Uno de los principales problemas con los que cuenta la aldea Valencia es que la población escolar de 190 alumnos para el nivel básico carece de un lugar adecuado donde recibir clases. Esto provoca la deserción estudiantil a temprana edad. Las clases se reciben en escuelas primarias o en galeras construidas de madera o lamina las cuales no cuentan con las condiciones de confort básicas para desempeñar un proceso enseñanza-aprendizaje óptimo. El mayor problema surge en invierno cuando el agua penetra en las galeras o el calor que se genera en verano en la instalación por causa de las láminas. Estas condiciones provocan que los alumnos deban asistir a aldeas circunvecinas, lo que afecta aún más la economía familiar por los gastos que se incrementan.

En el lugar se corrobora que hay suficiente espacio para la realización del proyecto, se cuenta con energía eléctrica, pero no con sistema de alcantarillado y agua potable.

2.4. Terreno disponible

El espacio físico disponible para la construcción de la edificación es el siguiente:

Tabla IV. **Tabla I. Dimensiones de terreno disponible**

Área	Ancho	Largo
750 m ²	15 m	50 m

Fuente: elaboración propia.

2.5. Estudio de suelos

El estudio de suelos permite conocer sus características físicas y mecánicas, su fin es garantizar la estabilidad de la estructura. Los resultados permiten determinar la capacidad soporte de suelo, la profundidad y el tipo de la cimentación a utilizar.

Se extrajeron tres muestras de suelo para determinar la calidad y tipo de suelo por medio de los ensayos de compresión triaxial, límites de atterberg y análisis granulométrico con lavado previo que se realizaron en el Centro de Investigación de Ingeniería (CII) de la Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los datos de los ensayos (ver apéndice 1,2 y 3) correspondientes al centro de investigaciones de ingeniería USAC. El suelo examinado tiene una clasificación ML el cual es un limo arenoso color café cuyo límite líquido es 40.7% y límite plástico de 8,6%, Contiene un 17,82% de arena y un 82,18% de finos. Se calculará el valor soporte del suelo con los datos obtenidos con el ensayo de compresión triaxial por el método de capacidad soporte del Dr. Terzaghi.

2.5.1. Método de capacidad soporte de Dr. Terzaghi

$$q_o = (0.45\gamma_s \times B \times N_\gamma) + \frac{2}{3}(1.3 \times Cu \times Nc) + (\gamma_s \times Dc \times Nq)$$

Donde:

- q_o = valor de esfuerzo límite
- γ_s = peso específico del suelo
- Cu = coeficiente de cohesión del suelo
- ϕ = ángulo de fricción interna
- Dc = desplante del cimiento
- Nq = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
- B = base de la zapata
- N_γ = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
- F_s = factor de seguridad

2.5.2. Cálculo del valor soporte de suelo

Tabla V. Resultados de ensayo de compresión triaxial

ELEMENTO	RESULTADO	UNIDAD
Cu	3,60	T/m^2
ϕ	5,94	$^\circ$
γ_s	1,79	T/m^3
Dc	1	m
B	1,75	m
F_s	3	

Fuente: elaboración propia.

- Convirtiendo el ángulo de fricción interna de grados a radianes

$$\phi_{rad} = \frac{\phi \times \pi}{180} = \frac{5,94^\circ \times \pi}{180} = 0,1037rad$$

- Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$$Nq = \frac{e^{(3/2\pi - \phi_{rad}) * \tan\phi}}{2 * \cos^2(45 + \phi/2)} = \frac{e^{(3/2\pi - 0,1037) * \tan(5,94^\circ)}}{2 * \cos^2(45 + 5,94^\circ/2)} = 1,8018$$

- Calculando el factor de capacidad de carga debido a la cohesión

$$Nc = Cot\phi * (Nq - 1) = Cot(5,94^\circ) * (1,8018 - 1) = 7,7058$$

- Calculando el factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

$$Ny = 2 * (Nq + 1) * \tan\phi = 2 * (1,8018 + 1) * \tan(5,94^\circ) = 0,5830$$

- Calculando el valor de esfuerzo límite

$$q_o = (0,45(1,79) \times 1,75 \times 0,5830) + \frac{2}{3}(1,3 \times 3,6 \times 7,7058) + (1,79 \times 1 \times 1,8018)$$

$$= 28,0890 T/m^2$$

- Calculando el valor soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_o}{3} = \frac{28,0890}{3} = 9,36 T/m^2$$

Tabla VI. **Valor soporte permisible según tipo de suelo**

Material del suelo	T/m ²	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelo gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. P 193.

El suelo analizado es un limo arenoso con un valor soporte de 9,36 T/m² el cual está en una media de los valores proporcionados por la tabla anterior los cuales son para suelos limosos de densidad mediana de 16 T/m² y para suelos de arena fina en un rango de 22-43 T/m². Con base a esto se puede decir que el valor obtenido no está dentro del valor soporte permisible según el tipo de suelo.

2.6. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico busca optimizar los espacios disponibles para que la edificación cumpla con su funcionalidad.

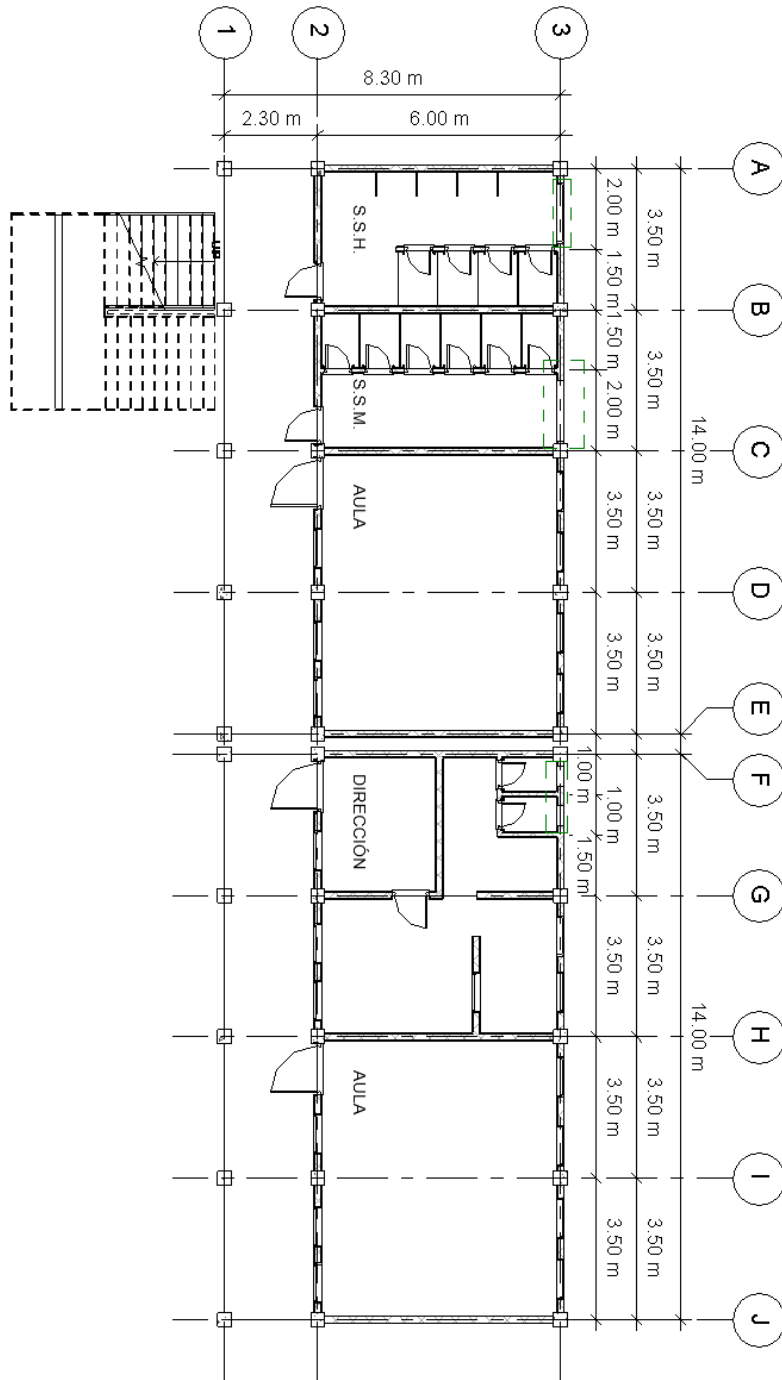
2.6.1. Ubicación del edificio dentro del terreno

Debido a las dimensiones del terreno la ubicación del edificio es directamente en el centro de él. La planta baja cuenta con dos aulas puras, un módulo de baños y una dirección. La planta alta cuenta con cuatro aulas puras.

2.6.2. Distribución de ambiente

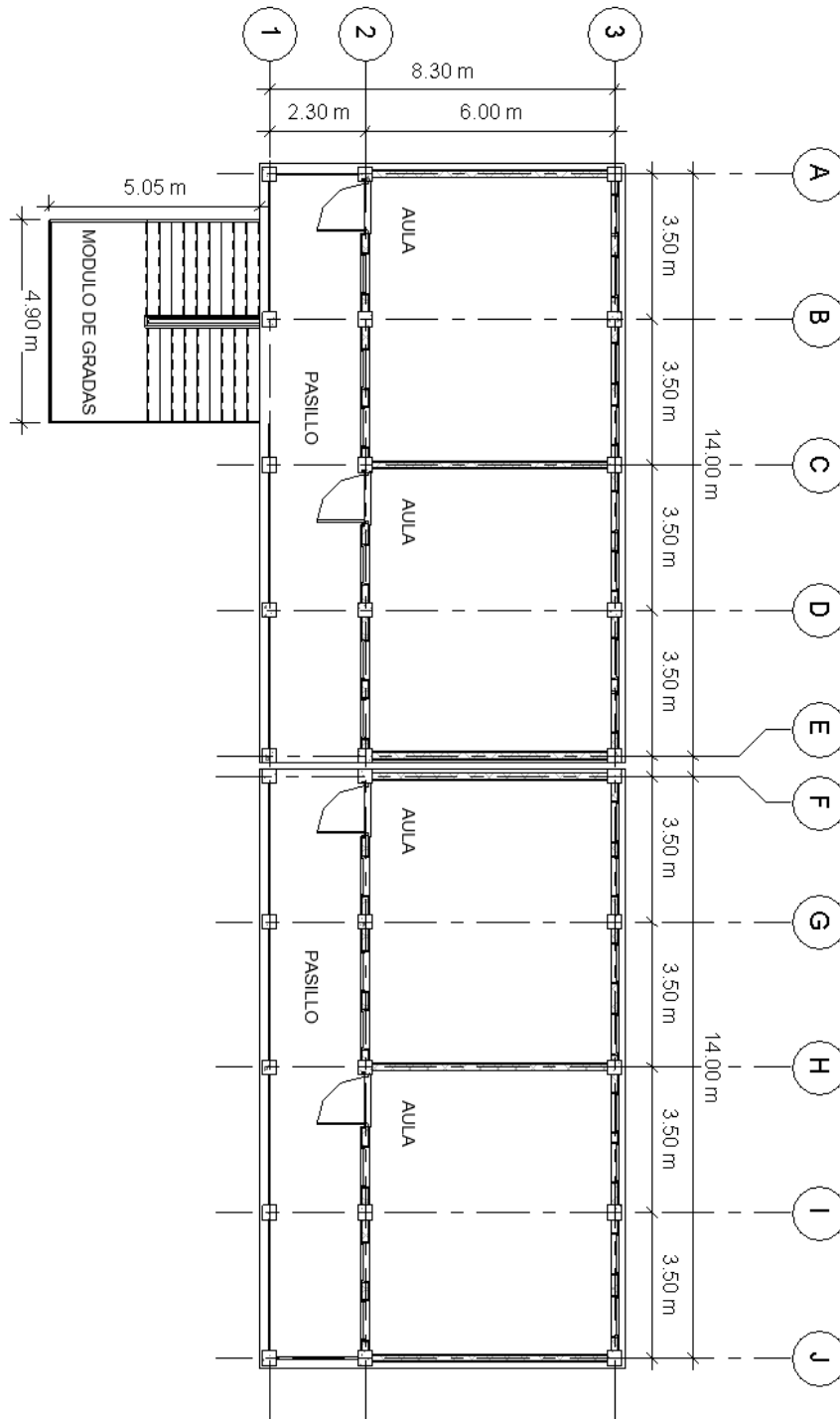
Cumpliendo con los Criterios Normativos para el Diseño de Edificación Escolares se llegó a la siguiente distribución:

Figura 1. Distribución de áreas en planta baja



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 2. Distribución de áreas en planta alta

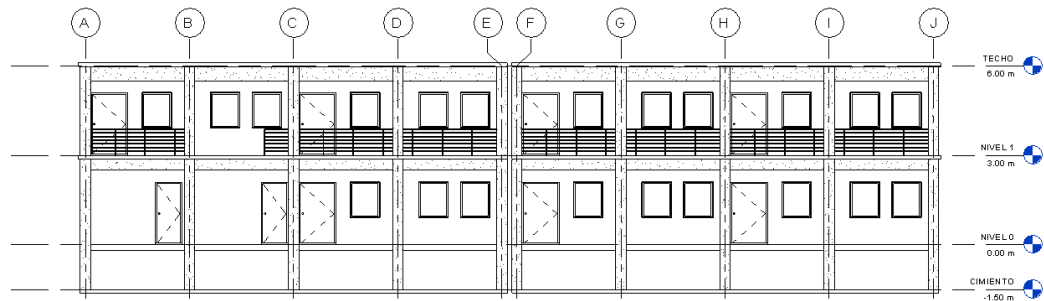


Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

2.6.3. Altura del edificio

La edificación cuenta con dos niveles de 3,00 m de altura cada uno y una cimentación con una profundidad de 1,50 m.

Figura 3. **Altura del edificio**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

2.7. Selección del sistema estructural a utilizar

Las estructuras se diseñan para que, durante su vida útil no fallen o dejen de cumplir, de manera adecuada, con la función para la cual fueron hechas. Debe soportar, con un factor de seguridad adecuado, las cargas que puedan afectar la integridad o que puedan generar algún inconveniente en la estructura.

Las cargas vivas y muertas son relativamente fáciles de calcular, por otro lado es muy difícil ser preciso en cargas producidas por el viento o sismos. En el caso de los sismos no se utiliza el temblor más intenso que deberá resistir en su vida útil, sino que los sismos que han afectado al lugar.

Para que la estructura sea sismorresistente debe cumplir con tres sollicitaciones sísmicas las cuales son:

- Resistencia suficiente para soportar los efectos producidos por las cargas y sismo.
- Rigidez adecuada para que las deformaciones no sean excesivas.
- Ductilidad suficiente si un sismo supera los valores estimados la estructura se deforme en el rango inelástico, pero no colapse.

Existen en forma generalizada tres grandes métodos para el diseño estructural, los cuales son:

- Diseño a la resistencia
- Diseño para cargas de servicio
- Diseño para estados limites

En el desarrollo de este proyecto se aplicará el método de diseño a la resistencia. Este método se basa en que la estructura tenga la capacidad de resistir fuerzas resultantes generadas por estados hipotéticos de sobrecarga mayores a los que se verá afectada la estructura durante su servicio. Se utilizan factores de carga y factores de reducción a la resistencia para garantizar la integridad estructural.

Soportar de manera segura las cargas, cumplir con los requisitos de funcionalidad, estética, economía y factibilidad son los objetivos principales para la selección de un sistema estructuras.

Se debe encontrar un balance entre los factores que influyen en las obras, para el desarrollo de este proyecto se utilizará el sistema estructural de pórticos dúctiles a flexión y losas de concreto reforzado que actúan como diafragmas que transmiten las fuerzas horizontales.

2.8. Análisis estructural

Los elementos estructurales deben diseñarse con la combinación más desfavorable de cargas a las cuales pudieran estar expuestas durante su vida útil. El efecto combinado de las cargas vivas, muertas y de sismo producen los momentos, fuerzas cortantes y deformaciones máximas y permite dimensionar elementos que conforman la estructura como losas, vigas, columnas y cimientos, deben cumplir parámetros según ACI 318S-14

2.8.1. Predimensionamiento estructural

Los elementos estructurales se predimensionan con base en los datos o procedimientos recomendados por las normas de construcción los cuales son resultado de una serie de ensayos o experiencia adquirida a través del tiempo.

Su finalidad es proporcionar dimensiones a los elementos estructurales las cuales soporten las cargas estimadas; sin embargo, estas dimensiones no son las definitivas ya que posteriormente deben ser verificadas para que cumplan con los reglamentos de diseño.

2.8.1.1. Predimensionamiento de losas

Las losas, en un sistema estructural de marcos dúctiles, actúan como diafragmas que transfieren las fuerzas horizontales a las vigas y columnas. Las losas reforzadas se separan en dos grupos, losas reforzadas en una dirección y losas reforzadas en dos direcciones.

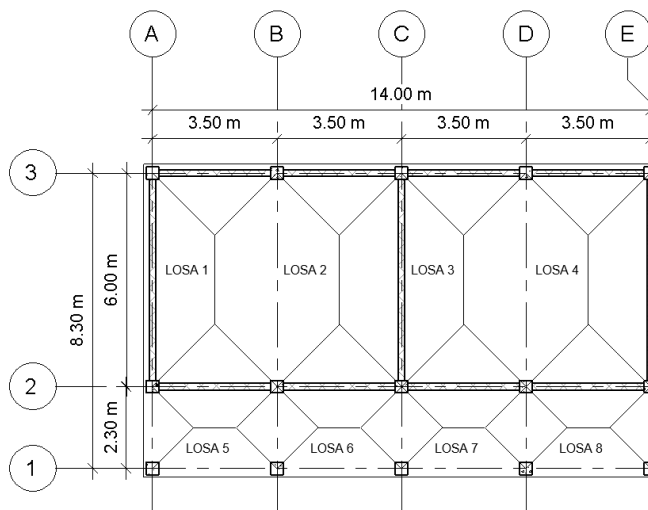
Para losas en una dirección, el American Concrete Institute (ACI) propone la siguiente tabla con la cual se pueden definir las alturas o espesores mínimos según las condiciones de apoyo y tipo de losa.

Tabla VII. **Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección**

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyadas	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	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$

Fuente: *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)*. P. 92.

Figura 4. **Losas módulo I acotadas**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Para realizar el cálculo se debe determinar si las losas actúan en 1 o 2 sentidos por medio de la siguiente ecuación:

$$m = \frac{A}{B}$$

La relación $m=A/B$, relaciona el lado menor A con el lado mayor B y ayuda a determinar si la losa trabaja en uno o dos sentidos, si m es mayor o igual a 0,5 entonces las losas trabajan en dos sentidos.

$$m_{1,2,3,4} = \frac{3,5}{6} = 0,58, \text{ losa de dos sentidos}$$

$$m_{5,6,7,8} = \frac{2,3}{3,5} = 0,66, \text{ losa de dos sentidos}$$

Para losas en dos direcciones ACI 318S-14 propone la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P}{180}$$

Donde:

t = espesor de la losa

P = perímetro de la losa

En el caso de este edificio solo existen losas en dos direcciones, por lo tanto se utiliza la última ecuación:

$$t = \frac{6(2) + 3.5(2)}{180} = 0.106 \text{ m}$$

Por razones de simplicidad y para tener un margen de seguridad se utilizará para el diseño un espesor de 0,10 m

2.8.1.2. Predimensionamiento de vigas

Las vigas se diseñan para resistir deformaciones por corte, deflexión y torsión producidas por las cargas gravitacionales. El peralte de una viga es directamente proporcional a su longitud y a la magnitud de la carga para la cual será diseñada.

Las vigas pueden ser primarias o secundarias. Una viga secundaria es la que se apoya en una viga primaria.

Para el predimensionamiento de una viga se ha determinado a través de ensayos que una viga primaria el peralte incrementa 8 por ciento por cada metro de longitud y que una viga secundaria el peralte incrementa 6 por ciento por cada metro de longitud como se expresa en las siguientes ecuaciones:

$$d = 8\% \times Lu$$

$$d = 6\% \times Lu$$

En el caso de este edificio, en la figura 4, página 25 se visualiza que serán vigas principales aplicando el siguiente criterio

$$d = 8\% \times 6m = 0.48 m$$

Por razones de simplicidad y para tener un margen de seguridad se utilizará para el diseño un peralte de 0,50 m. La base de la viga es equivalente a medio peralte. En este caso las dimensiones de la viga son de 0,50 * 0,25 m. Estas dimensiones cumplen con los límites dimensionales de ACI 318S-14 sección 18.6.1 donde especifica que la base debe ser al menos igual al menor de 0,3h y 0.25 m.

2.8.1.3. Predimensionamiento de columnas

Las columnas son elementos estructurales que soportan cargas axiales que pueden ser acompañadas o no de momentos flectores, torsión o tensiones cortantes. Su longitud debe ser tres veces o más su menor dimensión. ACI recomienda que, para áreas sísmicas, la dimensión menor sea de 0,30 m. Las columnas deben ser rígidas y las vigas flexibles, para determinar esto se debe calcular la rigidez de los elementos con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{I}{L}$$

Donde:

K = rigidez

I = inercia

L = longitud entre elementos

Y las rigideces de diseño son las obtenidas en la fórmula multiplicando por un factor de rigidez el cual es de 0.70 para columnas y de 0.35 para vigas. Utilizando estas ecuaciones para columnas de 0.35 * 0.35 m y vigas de 0.50 * 0.25 m se obtiene:

$$K_{columna} = \frac{\left(\left(\frac{1}{12}\right) * 35 * 35^3\right)}{300} = 416.84 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga} = \frac{\left(\left(\frac{1}{12}\right) * 25 * 50^3\right)}{600} = 434.03 \text{ cm}^4$$

Utilizando los factores de rigidez se obtiene:

$$K_{columna} = 416.84 \text{ cm}^4 * 0.70 = 291.79 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga} = 434.03 \text{ cm}^4 * 0.35 = 151.91 \text{ cm}^4$$

Las ecuaciones demuestran que el elemento con mayor rigidez es la columna por lo cual cumple con la filosofía de columna rígida y viga flexible. Por lo tanto, la columna es de 0.35 * 0.35 m.

2.8.2. Modelo matemático de marcos rígidos

Un modelo matemático de marcos rígidos es la representación de manera simplificada basándose en los ejes de columnas y vigas en sentido X y en sentido Y. Esto permite realizar de forma menos compleja el análisis estructural.

2.8.2.1. Cargas aplicadas a los marcos rígidos

Las cargas se clasifican en dos grupos: las cargas verticales que incluyen las cargas vivas, cargas muertas y sobrecargas; las cargas horizontales, como las producidas por los sismos y el viento.

- Carga viva (CV)

Las cargas vivas son generadas por la ocupación y el uso que se le dará a cada uno de los ambientes. Las cargas utilizadas para esta escuela tienen como referencia las cargas mínimas proporcionadas por AGIES, se utilizarán las siguientes:

Tabla VIII. **Valores de carga viva**

CV	<i>W_v (kg/m²)</i>
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Techo	100

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de AGIES 2010.

- **Cargas muertas (CM)**

Las producen las cargas de los elementos fijos en la construcción, como los muros, losas, vigas, pisos, etc.

Tabla IX. **Valores de carga muerta**

CM	<i>Peso</i>
Concreto	2 400 kg/m ³
Acabados	60 kg/m ²
Muros	150 kg/m ²
S.C. Pisos	60 kg/m ²

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de AGIES 2010.

- **Cargas horizontales**

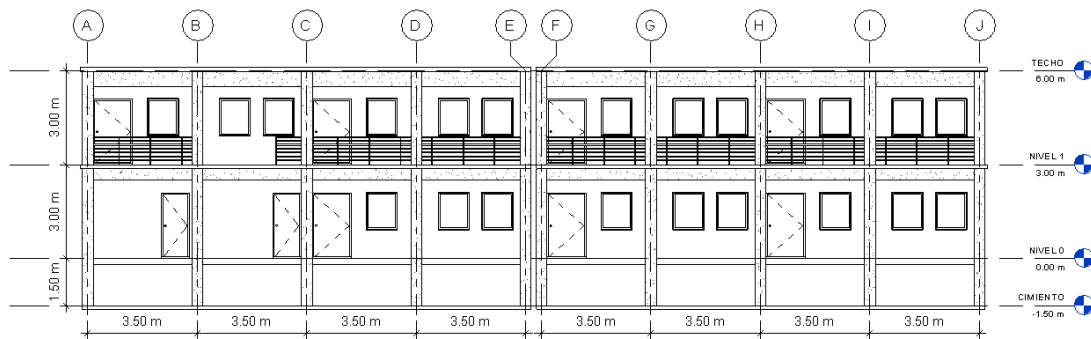
Las cargas horizontales son dinámicas producidas por sismos, viento o impacto, de estas tres causas para Guatemala la más importante es la producida por sismos ya que está ubicada geográficamente entre la intersección de tres placas tectónicas en el área conocida como el cinturón de fuego. Los sismos son

movimientos horizontales y verticales sin ningún patrón específico. La respuesta sísmica es directamente proporcional a la geometría de la estructura.

- Integración de cargas

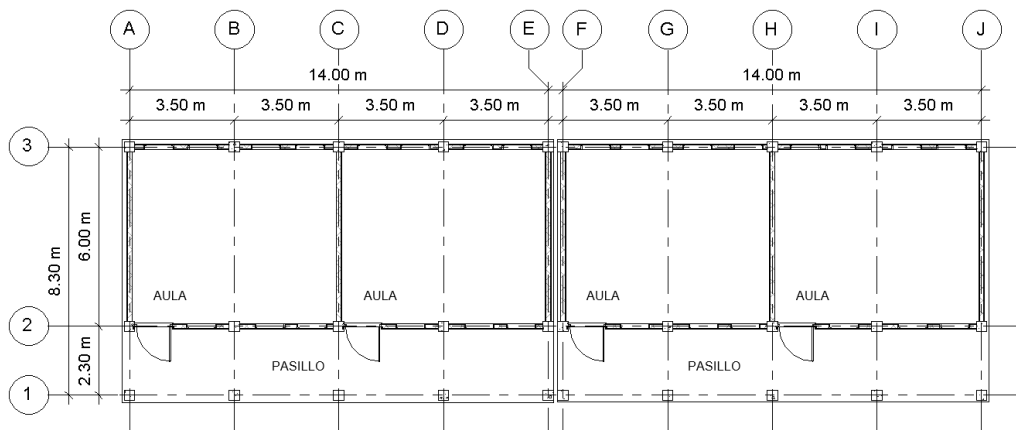
A continuación, se presenta el procedimiento llevado a cabo para la integración de cargas, guiándose por las siguientes figuras.

Figura 5. Elevación frontal del edificio



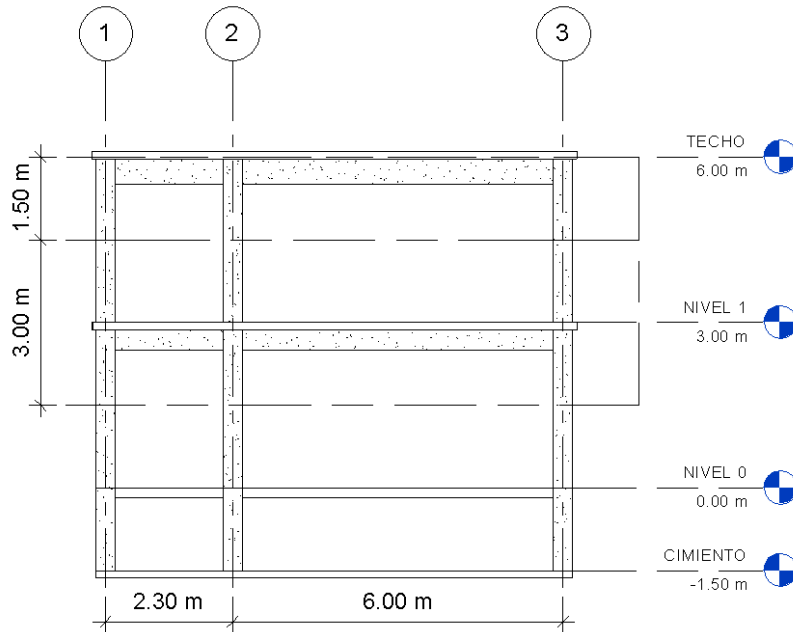
Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 6. Planta general del edificio



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 7. Elevación lateral del edificio



Fuente: Elaboración propia, programa REVIT.

- Primer nivel módulo 1

- Carga muerta

$$W_{Losas} = (14,00 \text{ m} \times 8,30 \text{ m})(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 27\,888,00 \text{ kg}$$

$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) [3 \text{ u } (14,00 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,25) + 5 \text{ u } (8,30 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,25)] = 20\,040,00 \text{ kg}$$

$$W_{Col} = 15 \text{ u } (3,00 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 13\,230,00 \text{ kg}$$

$$W_{Acabados} = (14,00 \text{ m} \times 8,30 \text{ m}) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 6\,972,0 \text{ kg}$$

$$W_{S.c.} = (14,00 \text{ m} \times 8,30 \text{ m}) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 6\,972,00 \text{ kg}$$

$$W_{Muros} = (3,00 \text{ m}) \left(150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) (2 \text{ u } \times 14,00 \text{ m} + 3 \text{ u } \times 6,00 \text{ m}) = 20\,700,00 \text{ kg}$$

$$CM_{Nivel\ 1} = 95\ 802,00\ kg$$

- Carga viva

$$W_{Pasillos} = (14,00\ m \times 2,30\ m) \left(500 \frac{kg}{m^2} \right) = 16\ 100,00\ kg$$

$$W_{Aulas} = (14,00\ m \times 6,00\ m) \left(200 \frac{kg}{m^2} \right) = 16\ 800,00\ kg$$

$$CV_{Nivel\ 1} = 32\ 900,00\ kg$$

- Peso total Nivel 1 módulo 1

$$W_{Nivel\ 1} = CM_{Nivel\ 1} + 0.25\ CV_{Nivel\ 1}$$

$$W_{Nivel\ 1} = 95\ 802,00\ kg + 0.25\ (32\ 900,00\ kg)$$

$$W_{Nivel\ 1} = 104\ 027,00\ kg$$

- Segundo nivel módulo 1

- Carga muerta

$$W_{Losa} = (14,00\ m \times 8,30\ m)(0,10\ m) \left(2\ 400 \frac{kg}{m^3} \right) = 27\ 888,00\ kg$$

$$W_{Viga} = \left(2\ 400 \frac{kg}{m^3} \right) [3\ u\ (14,00\ m \times 0,40\ m \times 0,25) \\ + 5\ u\ (8,30\ m \times 0,40\ m \times 0,25)] = 20\ 040,00\ kg$$

$$W_{Col} = 15\ u\ (1,50\ m \times 0,35\ m \times 0,35\ m) \left(2400 \frac{kg}{m^3} \right) = 6\ 615,00\ kg$$

$$W_{Acabados} = (14,00\ m \times 8,30\ m) \left(60 \frac{kg}{m^2} \right) = 6\ 972,00\ kg$$

$$W_{S,c} = (14,00\ m \times 8,30\ m) \left(60 \frac{kg}{m^2} \right) = 6\ 972,00\ kg$$

$$W_{Muros} = (1,50m) \left(150 \frac{kg}{m^2}\right) (2 u \times 14,00 m + 3 u \times 6,00 m) = 10\,350,500 kg$$

$$CM_{Nivel\ 2} = 78\,742,00 kg$$

- Carga viva

$$W_{Techo} = (14,00 m \times 8,30 m) \left(100 \frac{kg}{m^2}\right) = 11,620,00 kg$$

$$CV_{Nivel\ 2} = 11,620,00 kg$$

- Peso total Nivel 2 módulo 1

$$W_{Nivel\ 2} = CM_{Nivel\ 2} + 0.25 CV_{Nivel\ 2}$$

$$W_{Nivel\ 2} = 78\,742,00 kg + 0.25 (11\,620,00 kg)$$

$$W_{Nivel\ 2} = 81\,742,00 kg$$

- Peso Total Módulo 1

$$W_{Total} = W_{Nivel\ 1} + W_{Nivel\ 2}$$

$$W_{Total} = 104\,027,00 kg + 81\,742,00 kg$$

$$W_{Total} = 185\,769,00 kg = 185,77 Ton$$

El módulo 2 de la edificación posee las mismas dimensiones por lo que su peso es el también de 185,77 Ton.

Corte basal

Por medio del AGIES NSE 2-10 y NSE 3-10 se calculó el corte basal el cual se define como la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. Está dado por la siguiente ecuación.

Tabla X. **Características de aldea Valencia, Jutiapa, Jutiapa**

Características del lugar	
Suelo	Clasificación E
Proximidad da la falla	> 15 km
Estructura	E-1
Ubicación	Jutiapa, Jutiapa
Tipo de fuente	B

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de AGIES 2010.

Índice de sismicidad y ordenados espectrales para Jutiapa, Jutiapa (Anexo, AGIES NSE 2-10)

$$I_o = 4 \quad S_{cr} = 1,50 \text{ g} \quad S_{1r} = 0,55$$

Periodo de vibración empírico (sección 2.1.4, AGIES NSE 3-10)

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

Para una estructura tipo E-1 se utiliza los siguientes valores.

$$K_t = 0,047 \text{ (fe de errata)} \quad x = 0,90 \text{ (fe de errata)}$$

$$h_n = 6,00 \text{ m (sobre la base)}$$

$$T = 0,047 (6,00)^{0,90} = 0,24$$

Debido a que el periodo de vibración es inferior a 0,50 s y la estructura es menor a 5 niveles se permite recalculer la meseta del espectro.

Ajuste de clase de sitio

$$S_{cs} = S_{cr} \times F_a \times N_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} \times F_v \times N_v$$

Fa y Fv son factores por clase de sitio (sección 4.3.3, AGIES NSE 2-10); Na y Nv son factores por proximidad a la falla (tabla 4-5, AGIES NSE 2-10).

$$S_{cs} = 1,5 \times 0,9 \times 1,00 = 1,35$$

$$S_{1s} = 0,55 \times 2,4 \times 1,00 = 1,32$$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido (sección 4.3.4.2)

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

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

El factor Kd (sección 2.1.4, AGIES 3-10) depende del tipo de sismo, se utilizará la constante de 0,8 el cual se define para un sismo severo con un 5% de probabilidad de ser excedido en 50 años.

$$S_{cd} = 0,8(1,35) = 1,08$$

$$S_{1d} = 0,8(1,32) = 1,06$$

Periodo de transición (sección 4.3.3.4, AGIES 2-10)

$$T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}} = \frac{1,06}{1,08} = 0,98 \text{ (fe de errata)}$$

Ordenadas Espectrales (sección 4.3.3.4, AGIES 2-10)

$$S_a(T) = S_{cd} \text{ si } T \leq T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{cd}}{T} \text{ si } T > T_s$$

Debido a que $T \leq T_s$ se utiliza la primera ecuación.

$$S_a(T) = 1,08$$

Coeficiente sísmico al límite de cadencia (sección 2.1.2, AGIES 3-10)

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

R depende del sistema estructural para E-1 R es igual a 8 por lo tanto,

$$C_s = \frac{1,08}{8} = 0,14$$

Valores mínimos de C_s (sección 2.1.2, AGIES 3-10)

$$C_s \geq 0,044S_{cd} \qquad C_s \geq \frac{0,75S_{1r}K_d}{R} \text{ (fe de errata)}$$

$$0,14 \geq 0,05$$

$$0,14 \geq 0,04$$

El coeficiente sísmico al límite de cadencia cumple con los valores mínimos requeridos por lo tanto el valor del corte basal es el siguiente:

$$V_b = C_s W$$

$$V_b = 0,14 (185,77 \text{ Ton}) = 26,01 \text{ Ton}$$

- Fuerza por nivel

Tras obtener el valor del corte basal y conociendo el peso del edificio por nivel, se lleva a cabo el cálculo de las fuerzas de piso.

Tabla XI. **Fuerza de piso**

Nivel	Vb (Ton)	Wi (kg)	Altura	Altura * Wi	Cvx	Fuerza Nivel (Ton)
2	26,01	81 742,00	6,00	490 452,00	0,61	15,90
1	26,01	104 027,00	3,00	312 081,00	0,39	10,11
				802 533,00		

Fuente: elaboración propia.

- Centro de masa

El centro de masa es el punto donde hipotéticamente debe estar concentrado la masa de la estructura y en la cual actuaría la estructura. Para calcularla se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{mx} = \frac{\sum_{i=1}^m W_i X_i}{\sum_{i=1}^m W_i}$$

$$C_{my} = \frac{\sum_{i=1}^m W_i Y_i}{\sum_{i=1}^m W_i}$$

Donde:

Y_i = distancia al centro de coordenadas.

W_i = peso de losa

C_{my} = longitud entre elementos

De la misma manera que se calculan las cargas en la integración de CV y CM se realizan de manera individual obteniendo como resultado:

Tabla XII. **Centro de masa en X del segundo nivel**

Cm X 2do Nivel						
LOSA	AREA	W L+SC+AC	Wcv	Wtotal	L m	Wi*L
1,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	1,75	16 905,00
2,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	5,25	50 715,00
3,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	8,75	84 525,00
4,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	12,25	118 335,00
5,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	1,75	6 480,25
6,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	5,25	19 440,75
7,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	8,75	32 401,25
8,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	12,25	45 361,75
				53 452,00		374 164,00

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{374\,164,00}{53\,452,00} = 7,00\,m$$

Tabla XIII. Centro de masa en Y del segundo nivel

Cm Y 2do Nivel						
LOSA	AREA	W L+SC+AC	Wcv	Wtotal	L m	Wi*L
1,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	5,30	51 198,00
2,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	5,30	51 198,00
3,00	21,00	7 560,00	2 100,00	9 660,00	5,30	51 198,00
4,00	21,00	7 560,00	2100,00	9 660,00	5,30	51 198,00
5,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	1,15	4 258,45
6,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	1,15	4 258,45
7,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	1,15	4 258,45
8,00	8,05	2 898,00	805,00	3 703,00	1,15	4 258,45
				53 452,00		221 825,80

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{221\ 825,80}{53\ 452,00} = 4,15\ m$$

Tabla XIV. Centro de masa en X del primer nivel

Cm X 1er Nivel						
LOSA	AREA	W L+SC+AC	Wcv	Wtotal	L m	Wi*L
1,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	1,75	20 580,00
2,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	5,25	61 740,00
3,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	8,75	102 900,00
4,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	12,25	144 060,00
5,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	1,75	12 115,25
6,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	5,25	36 345,75
7,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	8,75	60 576,25
8,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	12,25	84 806,75
				74 732,00		523 124,00

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{523\,124,00}{74\,732,00} = 7,00\,m$$

Tabla XV. Centro de masa en Y del primer nivel

Cm Y 1er Nivel						
LOSA	AREA	W L+SC+AC	Wcv	Wtotal	L m	Wi*L
1,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	5,30	62 328,00
2,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	5,30	62 328,00
3,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	5,30	62 328,00
4,00	21,00	7 560,00	4 200,00	11 760,00	5,30	62 328,00
5,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	1,15	7 961,45
6,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	1,15	7 961,45
7,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	1,15	7 961,45
8,00	8,05	2 898,00	4 025,00	6 923,00	1,15	7 961,45
				74 732,00		281 157,80

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{281\,157,80}{74\,732,00} = 3,76m$$

El centro de masa para el segundo nivel es de 7,00 m en el eje X y 4,15 m en el eje Y y para el primer nivel es 7,00 m en el eje X y 3,76 m en el eje Y.

- Centro de rigidez

Se determina para dos condiciones para columnas de último nivel que se analizan bajo la condición de voladizo y para columnas de pisos intermedios para lo que se supone biempotramiento. Las ecuaciones son:

- Para columnas de último nivel.

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_c I} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

- Para columnas de pisos intermedios.

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12E_c I} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

Donde:

K_c = coeficiente de rigidez

F = fuerza actuante en el nivel analizado

h = altura de columnas

I = inercia de la sección

G = módulo de cortante = $0,4E_c$

E_c = módulo de elasticidad del concreto = $1500\sqrt{f'c}$

A = área de la sección

- Cálculo de coeficiente de rigidez para columna de último piso y de piso intermedio.

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_c I} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

$$= \frac{1}{\frac{17\,022,34\text{ kg} (300\text{ cm})^3}{3(252\,671,33\frac{\text{kg}^2}{\text{cm}})(125\,052,08\text{cm}^4)} + \frac{1,2(17\,022,34\text{ kg}) (300\text{ cm})}{1225\text{ cm}^2 (101\,068,53\text{ kg/cm}^2)}} = 0,204$$

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12E_cI} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

$$= \frac{1}{\frac{11\,207,66\text{ kg} (450\text{ cm})^3}{12(252\,671,33\frac{\text{kg}^2}{\text{cm}})(125\,052,08\text{cm}^4)} + \frac{1,2(11\,207,66\text{ kg})(450\text{ cm})}{1\,225\text{ cm}^2 (101\,068,53\text{ kg/cm}^2)}} = 0,365$$

Tabla XVI. Centro de rigidez para el segundo nivel sentido Y

CALCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ (CRy 2do Nivel)					
MARCO	#COL	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
1,00	5,00	0,20	1,02	0,00	0,00
2,00	5,00	0,20	1,02	2,30	2,35
3,00	5,00	0,20	1,02	8,30	8,47
			3,06		10,82

Fuente: elaboración propia.

$$CRy = \frac{10,82}{3,06} = 3,53m$$

Tabla XVII. Centro de rigidez para el segundo nivel sentido X

CALCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ (CRx 2do Nivel)					
MARCO	#COL	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
A	3,00	0,20	0,61	0,00	0,00
B	3,00	0,20	0,61	3,50	2,14
C	3,00	0,20	0,61	7,00	4,29
D	3,00	0,20	0,61	10,50	6,43
E	3,00	0,20	0,61	14,00	8,57
			3,06		21,44

Fuente: elaboración propia.

$$CRx = \frac{21,44}{3,06} = 7,00 \text{ m}$$

Tabla XVIII. Centro de rigidez para el primer nivel sentido Y

CALCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ (CRy 1er Nivel)					
MARCO	#COL	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
1	5,00	0,36	1,82	0,00	0,00
2	5,00	0,36	1,82	2,30	4,19
3	5,00	0,36	1,82	8,30	15,13
			5,47		19,33

Fuente: elaboración propia.

$$CRy = \frac{19,33}{5,47} = 3,53m$$

Tabla XIX. Centro de rigidez para el primer nivel sentido X

CALCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ (CRx 1er Nivel)					
MARCO	#COL	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
A	3,00	0,36	1,09	0,00	0,00
B	3,00	0,36	1,09	3,50	3,83
C	3,00	0,36	1,09	7,00	7,66
D	3,00	0,36	1,09	10,50	11,49
E	3,00	0,36	1,09	14,00	15,31
			5,47		38,29

Fuente: elaboración propia.

$$CRx = \frac{38,29}{5,47} = 7,00m$$

El centro de rigidez para el segundo nivel es de 7,00 m en el eje X y 3,53 m en el eje Y y para el primer nivel es 7,00 m en el eje X y 3,53 m en el eje Y.

- Excentricidades

Cuando la fuerza de sismo actúa, se produce un incremento en las fuerzas horizontales a causa de la torsión que se genera en la estructura. Este incremento se relaciona con el sentido en que las fuerzas ingresan la estructura y de las excentricidades que se posean en los ejes de las estructuras.

La excentricidad se define como la diferencia entre el centro de masa y el centro de rigidez en los ejes X y Y.

- Excentricidad directa

Esta excentricidad es la diferencia como valor absoluto entre el centro de masa y el centro de rigidez como se define en la siguiente ecuación:

$$e_x = |C_{mx} - CR_x|$$
$$e_y = |C_{my} - CR_y|$$

Donde:

e = excentricidad
 C_m = fuerza actuante en el nivel analizado
 CR = altura de columnas

Con los centros de masa y centros de rigidez calculados anteriormente se obtiene:

- Segundo nivel

$$e_x = |7m - 7m| = 0$$
$$e_y = |4,15m - 3,53m| = 0,62m$$

- Primer nivel

$$e_x = |7m - 7m| = 0$$
$$e_y = |3,76m - 3,53m| = 0,23m$$

- Excentricidades accidentales

Según la norma NSE 3 de AGIES debe ser una variación de un 5% por lado de la estructura, todo esto debe ser por nivel y por eje siendo las fórmulas.

$$e_x = |C_{mx} - CR_x| \pm 0,05b$$
$$e_y = |C_{my} - CR_y| \pm 0,05b$$

Donde:

- e = excentricidad
- C_m = fuerza actuante en el nivel analizado
- CR = altura de columnas
- b = longitud en el eje de la edificación

Utilizando los resultados de excentricidades directas se obtiene:

- Segundo nivel

$$e_{1x} = |7m - 7m| + 0,05(14 m) = 0,7m$$

$$e_{2x} = |7m - 7m| - 0,05(14 m) = -0,7m$$

$$e_{1y} = |4,15m - 3,53m| + 0,05(8,3 m) = 1,03m$$

$$e_{2y} = |4,15m - 3,53m| - 0,05(8,3 m) = 0,20m$$

- Primer nivel

$$e_{1x} = |7m - 7m| + 0,05 (14 m) = 0,7m$$

$$e_{2x} = |7m - 7m| - 0,05 (14 m) = -0,7m$$

$$e_{1y} = |3,76m - 3,53m| + 0,05(8,3m) = 0,64m$$

$$e_{2y} = |3,76m - 3,53m| - 0,05(8,3m) = -0,19m$$

Para el segundo nivel las excentricidades accidentales en el eje X son de 0,7 y -0,7 m, para el eje Y son de 1,03 y 0,20 m. Para el primer nivel las excentricidades accidentales en el eje X son de 0,7 y -0,7 m, para el eje Y son de 0,64 y -0,19 m.

- Distribución de fuerzas por marco

La distribución de la fuerza sísmica en los marcos depende de la simetría de la estructura, su centro de masa, rigideces de los elementos y excentricidades como se muestra en la siguiente ecuación:

$$FM = FM' + FM'' = 0$$

$$FM' = \frac{R * F_{ni}}{\sum Ri}$$

$$FM'' = \frac{e * F_{ni}}{\frac{\sum(Ri * di)^2}{Rt * dt}}$$

Donde:

FM = fuerza por marco

FM' = fuerza o corte traslacional

FM'' = Fuerza o corte inducido por sismo

e = excentricidad

Ri = Rigidez del marco

di = Distancia del centro de rigidez al eje de cada marco

Tabla XX. Fuerzas por marco en cada nivel sentido X

CALCULO DE FUERZAS POR MARCO EN CADA NIVEL (X)									
				NIVEL 1			NIVEL 2		
				F=	10 114,51	kg	F=	15 895,49	kg
Eje	Ri	di	$(Ri*di)^2$	FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
A	0,66	-7,00	21,08	2 022,90	-616,83	1 406,07	3 179,10	-969,38	2 209,72
B	0,66	-3,50	5,27	2 022,90	-308,41	1 714,49	3 179,10	-484,69	2 694,41
C	0,66	0,00	0,00	2 022,90	0,00	2 022,90	3 179,10	0,00	3 179,10
D	0,66	3,50	5,27	2 022,90	308,41	2 331,32	3 179,10	484,69	3 663,79
E	0,66	7,00	21,08	2 022,90	616,83	2 639,73	3 179,10	969,38	4 148,48
	3,28	0,00	52,70						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Fuerzas por marco en cada nivel sentido Y**

CALCULO DE FUERZAS POR MARCO EN CADA NIVEL (Y)									
				NIVEL 1			NIVEL 2		
				F=	10 114,51	kg	F=	15 895,49	kg
Eje	Ri	di	(Ri*di) ²	FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
1	1,09	-3,53	14,92	3 371,50	-573,14	2 798,36	5 298,50	-1 443,20	3 855,30
2	1,09	-1,23	1,82	3 371,50	-200,06	3 171,44	5 298,50	-503,76	4 794,74
3	1,09	4,77	27,15	3 371,50	773,20	4 144,71	5 298,50	1 946,96	7 245,46
	3,28	0,00	43,89						

Fuente: elaboración propia.

Las fuerzas horizontales se distribuyen de la manera resumida en las tablas debido al efecto de torsión causado por la distinta distribución entre el centro de masa y el centro de rigidez.

2.8.3. Análisis de marcos rígidos por el método de Kani

El método de Kani es una variante del método de Cross. Consiste en un método de aproximaciones sucesivas y los resultados se logran con la exactitud que se desee. Este método conduce a una eliminación prácticamente automática de los errores ocasionales, la ventaja sobre otros métodos de aproximaciones sucesivas es que es de forma directa y considera el efecto del desplazamiento de los miembros.

Para realizar el método de Kani como primer paso se debe calcular la rigidez de cada elemento que integra el marco con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{I}{L}$$

Donde:

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

A su vez la inercia se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

Donde:

- b = base de la viga o columna
- h = peralte de la viga o columna

Tras determinar los valores de rigidez de cada elemento estructural, se realiza el cálculo de los factores de giro de reparto por medio de la siguiente ecuación:

$$\mu = -\frac{1}{2} \times \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$$

Donde:

- μ = factor de giro o de reparto
- K_{ij} = rigidez del elemento
- $\sum K_{ij}$ = sumatoria de rigideces en el nudo

Los momentos se realizan con la siguiente ecuación debido a que la carga es uniformemente distribuida:

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

Donde:

MF = momento fijo

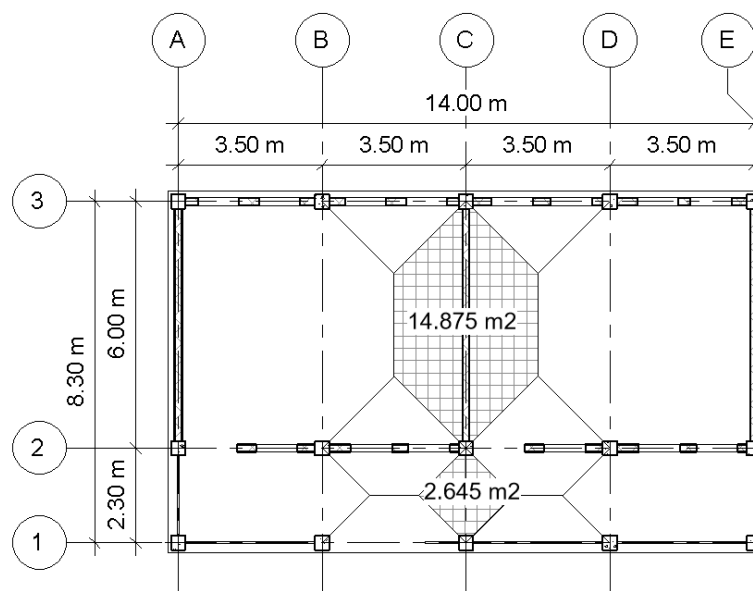
W = carga

L = longitud de viga

Tras conocer los momentos y los factores de giro, se lleva a cabo las iteraciones en cada uno de los nodos como se muestra a continuación en el análisis de la carga muerta.

2.8.3.1. Análisis de carga muerta

Figura 8. Área de integración de carga del eje C



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

- Integración de cargas primer nivel

- Carga muerta Eje C 2-3

$$W_{Losa} = (14,875 \text{ m}^2)(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 3\,570,00 \text{ kg}$$

$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (6,00 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,25) = 1\,440,00 \text{ kg}$$

$$W_{Acabados} = (14,875 \text{ m}^2) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 892,50 \text{ kg}$$

$$W_{S.C.} = (14,86) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 892,50 \text{ kg}$$

$$W_{Muros} = (3,00 \text{ m}) \left(150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) (6,00 \text{ m}) = 2\,700,00 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{9\,495,00 \text{ kg}}{6 \text{ m}} = 1582,50 \text{ kg/m}$$

- Carga muerta Eje C 1-2

$$W_{Losa} = (2,645 \text{ m}^2)(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 634,80 \text{ kg}$$

$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (2,30 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,25) = 552,00 \text{ kg}$$

$$W_{Acabados} = (2,645 \text{ m}^2) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 158,70 \text{ kg}$$

$$W_{S.C.} = (2,645) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 158,70 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{1\,504,20 \text{ kg}}{2,3 \text{ m}} = 654,00 \text{ kg/m}$$

- Integración de cargas segundo nivel

- Carga muerta Eje C 2-3

$$W_{Losa} = (14,875 \text{ m}^2)(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 3\,570,00 \text{ kg}$$

$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (6,00 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,25) = 1\,440,00 \text{ kg}$$

$$W_{Acabados} = (14,875 \text{ m}^2) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 892,50 \text{ kg}$$

$$W_{s.c.} = (14,86) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 892,50 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{6\,795,00 \text{ kg}}{6 \text{ m}} = 1132,50 \text{ kg/m}$$

- Carga muerta Eje C 1-2

$$W_{Losa} = (2,645 \text{ m}^2)(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 634,80 \text{ kg}$$

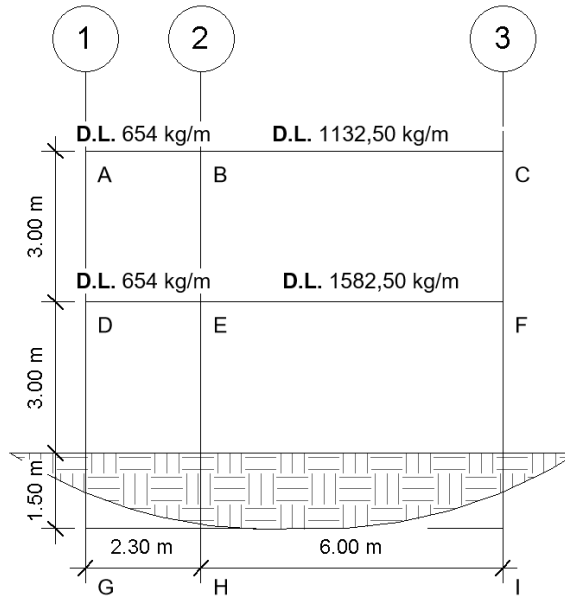
$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (2,30 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,25) = 552,00 \text{ kg}$$

$$W_{Acabados} = (2,645 \text{ m}^2) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 158,70 \text{ kg}$$

$$W_{s.c.} = (2,645) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 158,70 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{1\,504,20 \text{ kg}}{2,3 \text{ m}} = 654,00 \text{ kg/m}$$

Figura 9. Distribución de carga muerta en marco lateral eje C



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

- Cálculo de momento fijo para marco lateral

$$MF_{AB} = -\frac{0,654 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} (2,30 \text{ m})^2}{12} = -0,288 \text{ ton} - \text{m}$$

$$MF_{BA} = -MF_{AB} = 0,288 \text{ ton} - \text{m}$$

$$MF_{BC} = -\frac{1,13250 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} (6,00 \text{ m})^2}{12} = -3,40 \text{ ton} - \text{m}$$

$$MF_{CB} = -MF_{BC} = 3,40 \text{ ton} - \text{m}$$

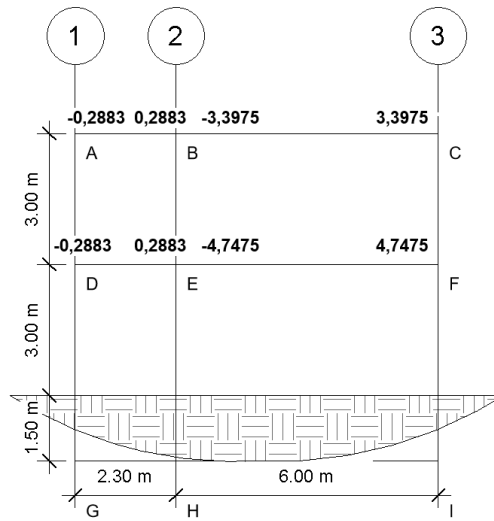
$$MF_{DE} = -\frac{0,654 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} (2,30 \text{ m})^2}{12} = -0,288 \text{ ton} - \text{m}$$

$$MF_{ED} = -MF_{DE} = 0,288 \text{ ton} - \text{m}$$

$$MF_{EF} = -\frac{1,5825 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} (6,00 \text{ m})^2}{12} = -4,748 \text{ ton} - \text{m}$$

$$MF_{FE} = -MF_{EF} = 4,748 \text{ ton} - m$$

Figura 10. **Momentos fijos producidos por carga muerta eje C**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Tabla XXII. **Cálculo de rigideces y factores de giro marco lateral eje C**

NODO	BARRA	ELEMENTO	INERCIA	LONGITUD (m)	I/L	FACTORES DE GIRO	CHEQUEO
A	AB	VIGA	0,00260417	2,30	0,00113225	-0,365456114	-0,50
	AD	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,134543886	
B	BA	VIGA	0,00260417	2,30	0,00113225	-0,285471771	-0,50
	BC	VIGA	0,00260417	6,00	0,00043403	-0,109430845	
	BE	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,105097384	
C	CB	VIGA	0,00260417	6,00	0,00043403	-0,25504999	-0,50
	CF	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,24495001	
D	DA	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,106016218	-0,50
	DE	VIGA	0,00260417	2,30	0,00113225	-0,287967563	
	DG	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,106016218	
E	ED	VIGA	0,00260417	2,30	0,00113225	-0,235889113	-0,50
	EB	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,086843363	
	EH	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,086843363	
	EF	VIGA	0,00260417	6,00	0,00043403	-0,09042416	
F	FE	VIGA	0,00260417	6,00	0,00043403	-0,171185976	-0,50
	FC	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,164407012	
	FI	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,164407012	
G	GD	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,5	-0,50
H	HE	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,5	-0,50
I	IF	COL	0,00125052	3,00	0,00041684	-0,5	-0,50

Fuente: elaboración propia.

Conociendo los momentos fijos y los factores de giro se procede a realizar la primera iteración siguiendo el orden A-B-C-F-E-D.

- Nodo A

$$AB = (-0,288) * (-0,365) = 0,105$$

$$AD = (-0,288) * (-0,135) = 0,039$$

- Nodo B

$$BA = (-3,109 + 0,105) * (-0,285) = 0,856$$

$$BE = (-3,109 + 0,105) * (-0,105) = 0,315$$

$$BC = (-3,109 + 0,105) * (-0,109) = 0,327$$

- Nodo C

$$CB = (3,398 + 0,327) * (-0,255) = -0,950$$

$$CF = (3,398 + 0,327) * (-0,245) = -0,913$$

- Nodo F

$$FC = (4,748 - 0,913) * (-0,164) = -0,629$$

$$FE = (4,748 - 0,913) * (-0,171) = -0,656$$

$$FI = (4,748 - 0,913) * (-0,164) = -0,629$$

- Nodo E

$$EF = (-4,459 - 0,656 + 0,315) * (-0,090) = 0,432$$

$$EB = (-4,459 - 0,656 + 0,315) * (-0,087) = 0,418$$

$$EH = (-4,459 - 0,656 + 0,315) * (-0,087) = 0,418$$

$$ED = (-4,459 - 0,656 + 0,315) * (-0,236) = 1,133$$

- Nodo D

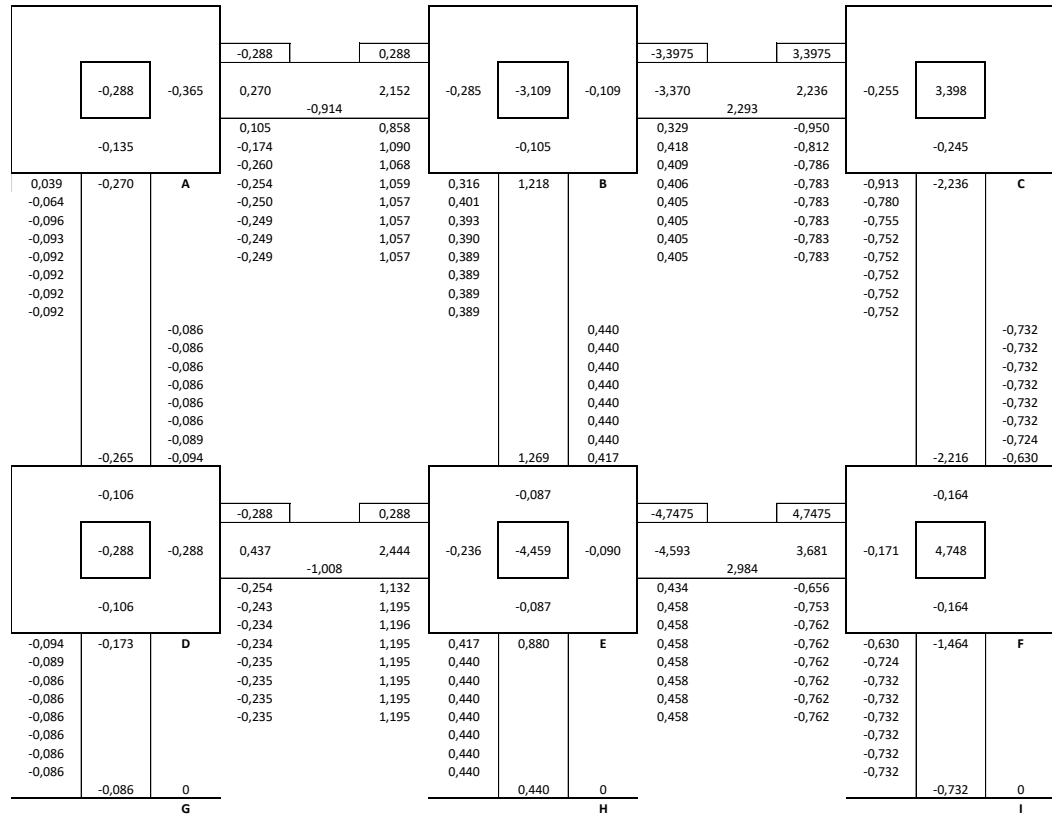
$$DE = (-0,288 + 0,039 + 1,133) * (-0,288) = -0,254$$

$$DG = (-0,288 + 0,039 + 1,133) * (-0,106) = -0,094$$

$$DA = (-0,288 + 0,039 + 1,133) * (-0,106) = -0,094$$

Las iteraciones se repiten hasta que se vea un patrón repetido de números como se muestra a continuación.

Figura 11. Esquema de iteración con carga muerta en marco lateral eje C



Fuente: elaboración propia, programa EXCEL

2.8.3.2. Análisis de carga viva EJE C

- Integración de cargas primer nivel

- Carga viva Eje C 2-3

$$W_{Aula} = (14,875 \text{ m}^2)(200 \text{ kg/m}^2) = 2\,975,00 \text{ kg}$$

$$CV = 2\,975,00 \text{ kg} / 6 \text{ m} = 495,83 \text{ kg/m}$$

- Carga viva Eje C 1-2

$$W_{pasillo} = (2,645 \text{ m}^2)(500 \text{ kg/m}^2) = 1\,322,50 \text{ kg}$$

$$CV = 1\,322,50 \text{ kg} / 2,3 \text{ m} = 575,00 \text{ kg/m}$$

- Integración de cargas segundo nivel

-

- Carga viva Eje C 2-3

$$W_{Techo} = (14,875 \text{ m}^2)(100 \text{ kg/m}^2) = 1\,487,50 \text{ kg}$$

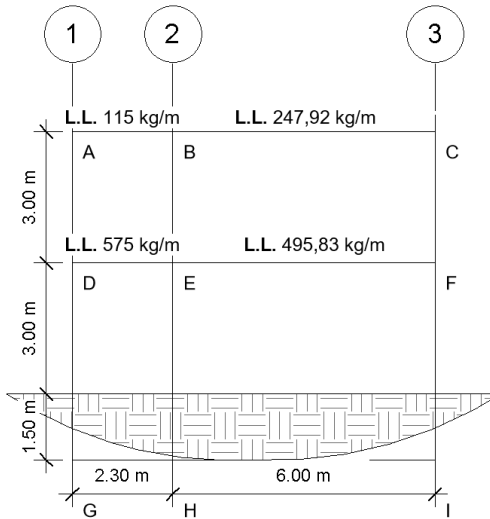
$$CV = 1\,487,50 \text{ kg} / 6 \text{ m} = 247,92 \text{ kg/m}$$

- Carga viva Eje C 1-2

$$W_{Techo} = (2,645 \text{ m}^2)(100 \text{ kg/m}^2) = 264,50 \text{ kg}$$

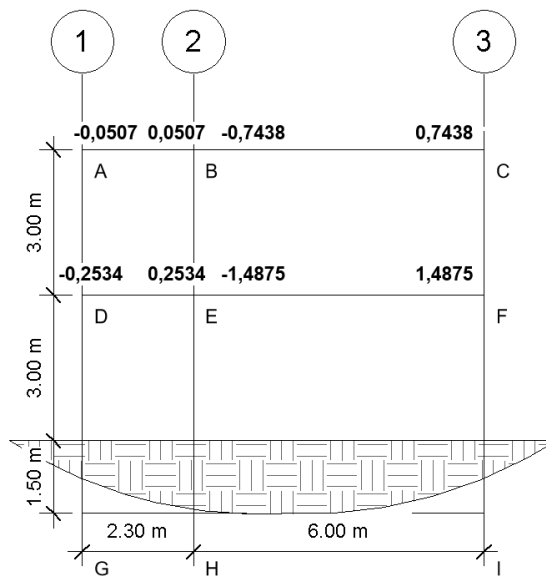
$$CV = 264,50 \text{ kg} / 2,3 \text{ m} = 115,00 \text{ kg/m}$$

Figura 12. **Distribución de carga viva en marco lateral eje C**



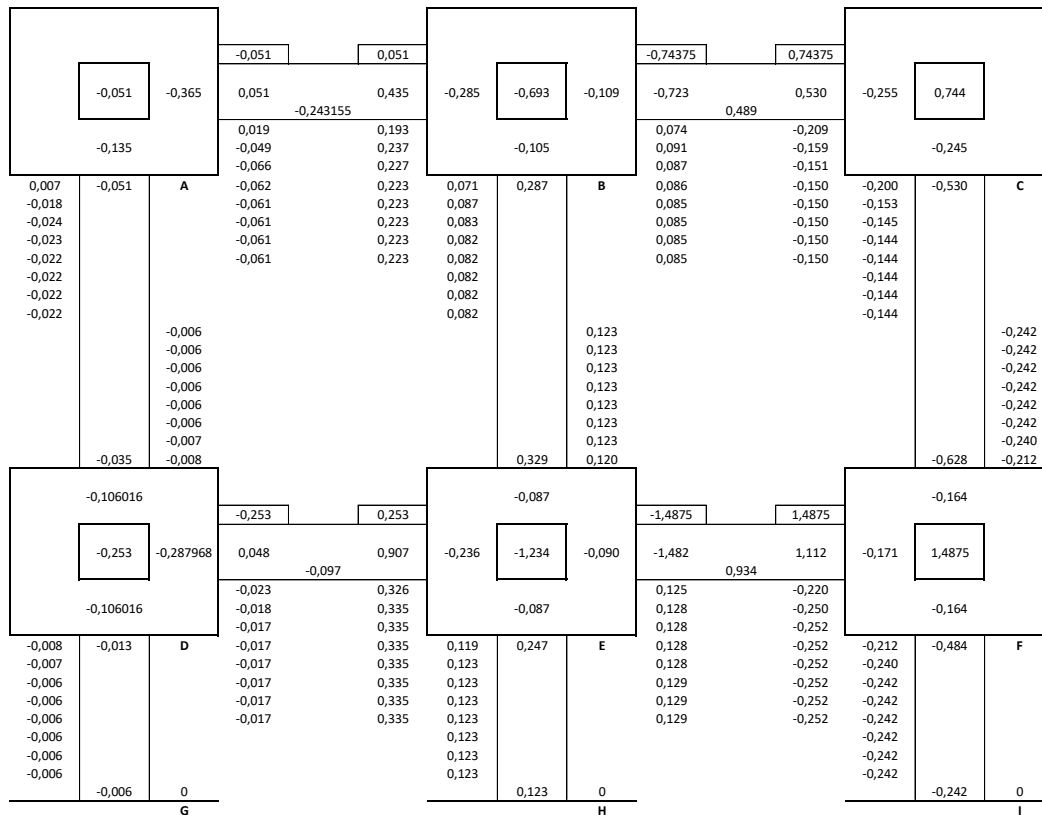
Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 13. **Momentos fijos producidos por carga viva eje C**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 14. Esquema de iteración con carga viva en marco lateral eje C

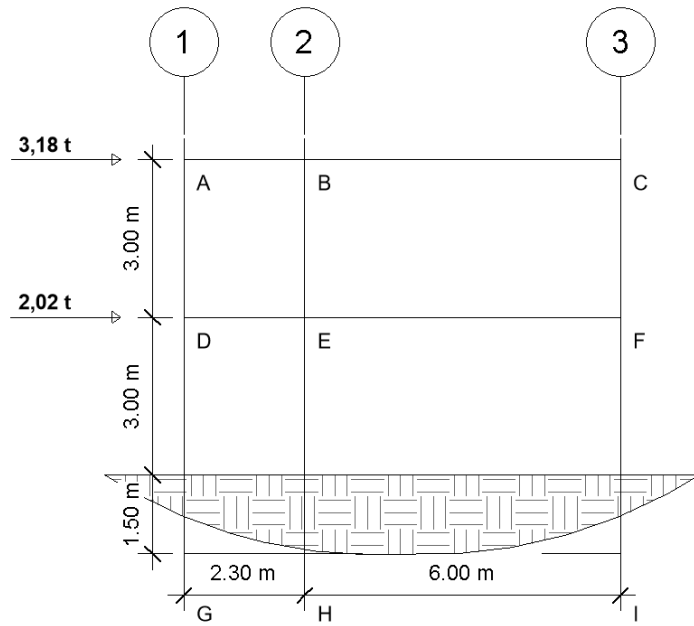


Fuente: elaboración propia, programa EXCEL.

2.8.3.3. Análisis de carga sísmica

Se toman los mismos valores de rigidez y factores de giro utilizados en el análisis con carga viva y carga muerta. Este análisis se aplica a fuerzas laterales en el cual existe un factor de corrimiento de columnas un momento de piso correspondiente a todas las columnas de un mismo piso.

Figura 15. **Distribución de cargas en marco lateral eje C**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

- Cálculo factor de corrimiento

Se realizan con las rigideces de todas las columnas pertenecientes a un solo nivel, para este proyecto las rigideces son las mismas debido a las dimensiones de columna por cada nivel, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\gamma = -\frac{3 K_{col\ nivel}}{2 \sum K_{col\ nivel}}$$

Donde:

γ = factor de corrimiento

K_{col} = rigidez de la columna

$\sum K_{ij}$ = sumatoria de rigideces de las columnas del nivel en cuestión

Debido a que las rigideces de las columnas son las mismas se puede definir que:

$$\gamma_{1er\ nivel} = \gamma_{2do\ nivel} = -\frac{3}{2} \frac{0,000417}{3(0,000417)} = -0,50$$

- Cálculo del momento de piso

Para las cargas laterales, se calculan los momentos de piso de la estructura de la siguiente manera.

$$M_p = -\frac{F_h(h_{niv})}{3}$$

Donde:

M_p = momento de piso

F_h = fuerzas horizontales acumuladas

h_{niv} = altura del nivel analizado

$$M_{2do\ nivel} = -\frac{3,18\ ton\ (3\ m)}{3} = -3,18\ ton - m$$

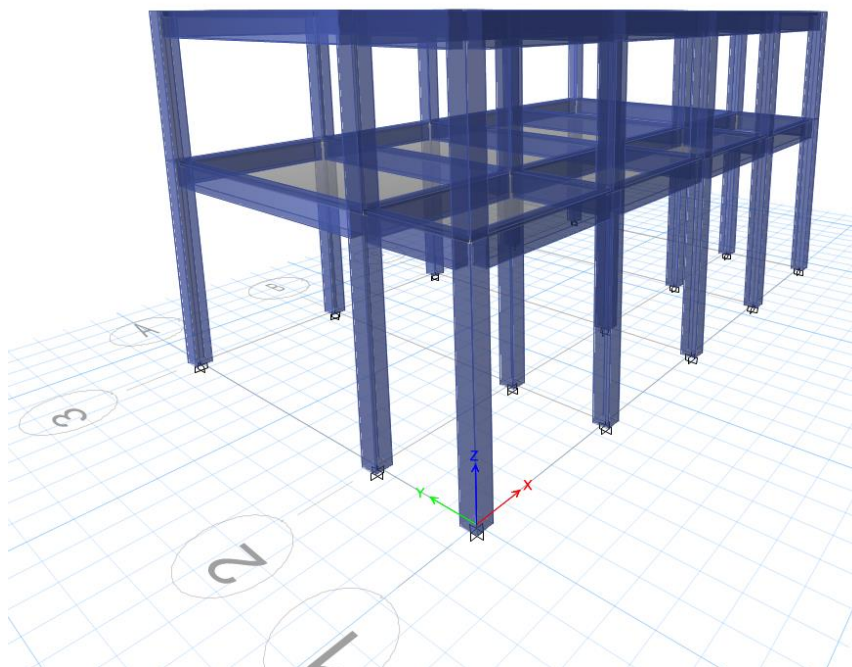
$$M_{1er\ nivel} = -\frac{(3,18\ ton + 2,02\ ton)(3\ m)}{3} = -5,20\ ton - m$$

2.8.4. Análisis de software ETABS

ETABS es un software que presenta una interfaz amigable para el análisis y dimensionamiento de las edificaciones. En él se pueden realizar modelados tridimensionales de forma simple y realista, análisis lineal y no lineal para distintos materiales. De forma intuitiva permite hacer informes, cuadros resumen de armaduras, tablas informativas de los perfiles y conexiones dimensionadas, detalles de elementos estructurales y recortes.

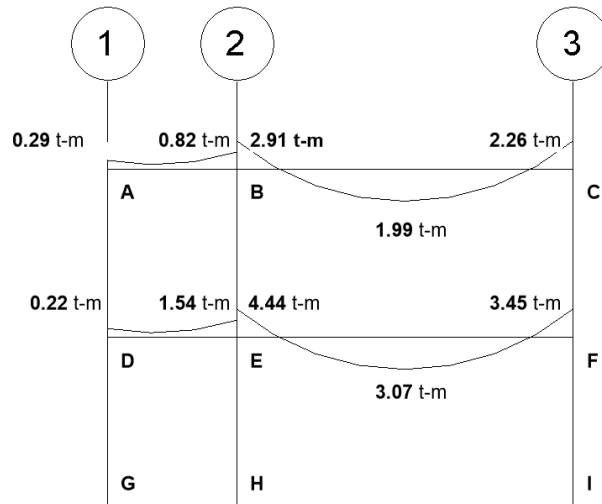
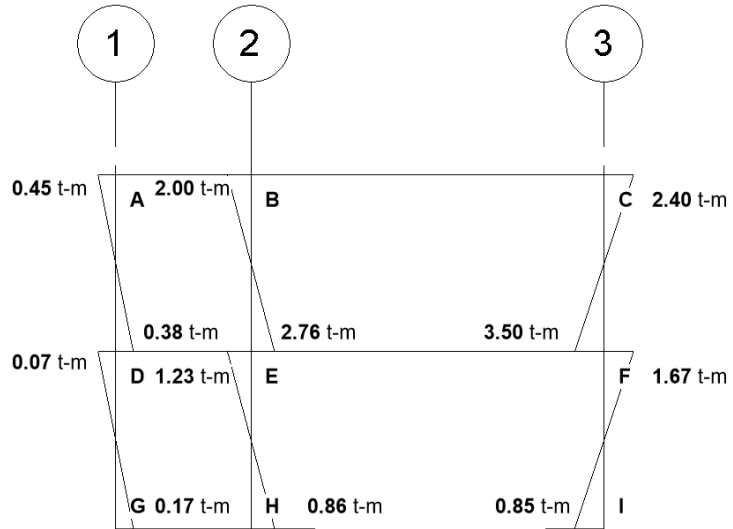
Para la comprobación del análisis estructural por el método de Kani se utilizó este software obteniendo los siguientes resultados:

Figura 17. **Módulo I en Etabs**



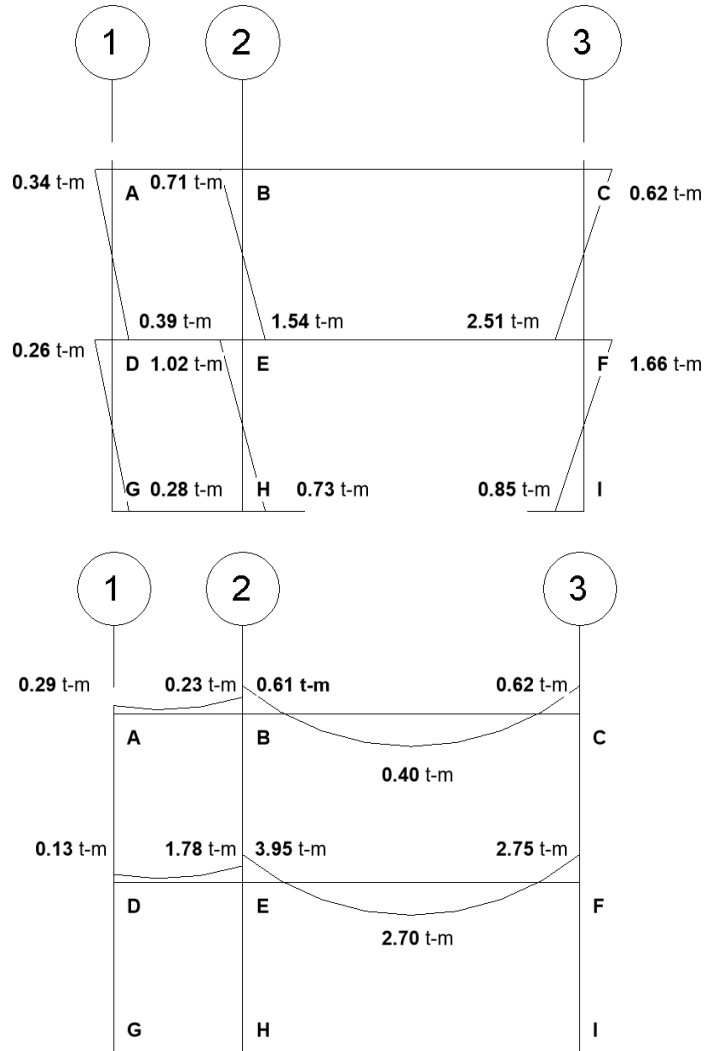
Fuente: elaboración propia, programa Etabs 2016.

Figura 18. Diagrama de momentos causados por cargas muertas eje C



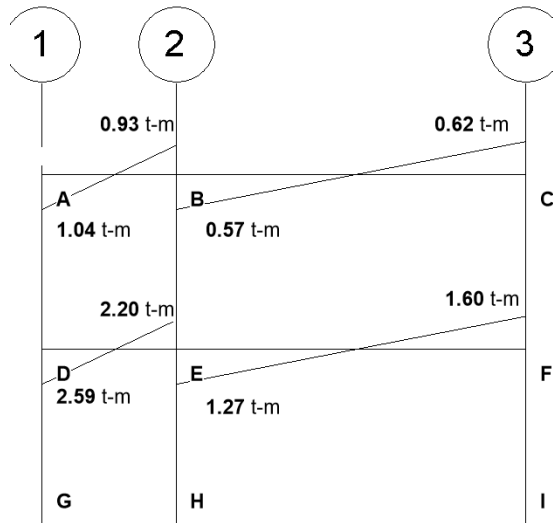
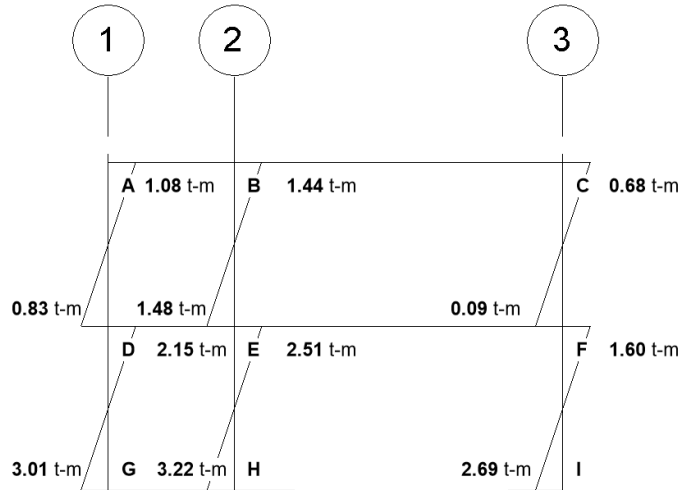
Fuente: elaboración propia, programa REVIT

Figura 19. Diagrama de momentos causados por carga viva eje C



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 20. Diagrama de momentos causados por carga sísmica eje C



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Tabla XXIII. **Comparación de momentos**

ELEMENTO	M - (Izquierda)			M + (Centro)			M - (Derecho)			
	KANI	ETABS	DIFERENCIA	KANI	ETABS	DIFERENCIA	KANI	ETABS	DIFERENCIA	
M cm	E-F	3,37	2,91	14%	2,29	1,99	13%	2,24	2,26	1%
M cv	E-F	0,72	0,61	15%	0,49	0,4	18%	0,53	0,62	15%
M sismo	E-F	1	1,27	18%				1,41	1,6	12%

Fuente: elaboración propia, programa EXCEL.

La tabla XXI muestra los datos comparativos para el tramo B-C del segundo nivel del marco estructural. Se obtuvo una variación aproximada del 15% entre el análisis de ETABS y el análisis de Kani. Para el diseño se utilizarán los cálculos obtenidos por medio de Kani.

2.8.5. Momento último por envolvente de momentos

Los diagramas de momento flexionante son aquellas graficas que muestran la variación de los momentos a lo largo de la viga realizándolos para momentos críticos de cada marco según el nivel.

Se consideran todas las combinaciones posibles de carga que se puedan presentar en la edificación en un momento dado, las cuales consisten en encontrar la condición crítica que pueda afectar la misma; es decir en las condiciones menos favorables. Dicha condición se determina con el valor más alto dentro de una serie de posibles combinaciones de carga, para este proyecto se utilizan las ecuaciones dadas por AGIES NSE 2-10 las cuales son:

$$1,3M + 1,6V$$

$$1,2M + V + S$$

$$0,9 M - S$$

Donde:

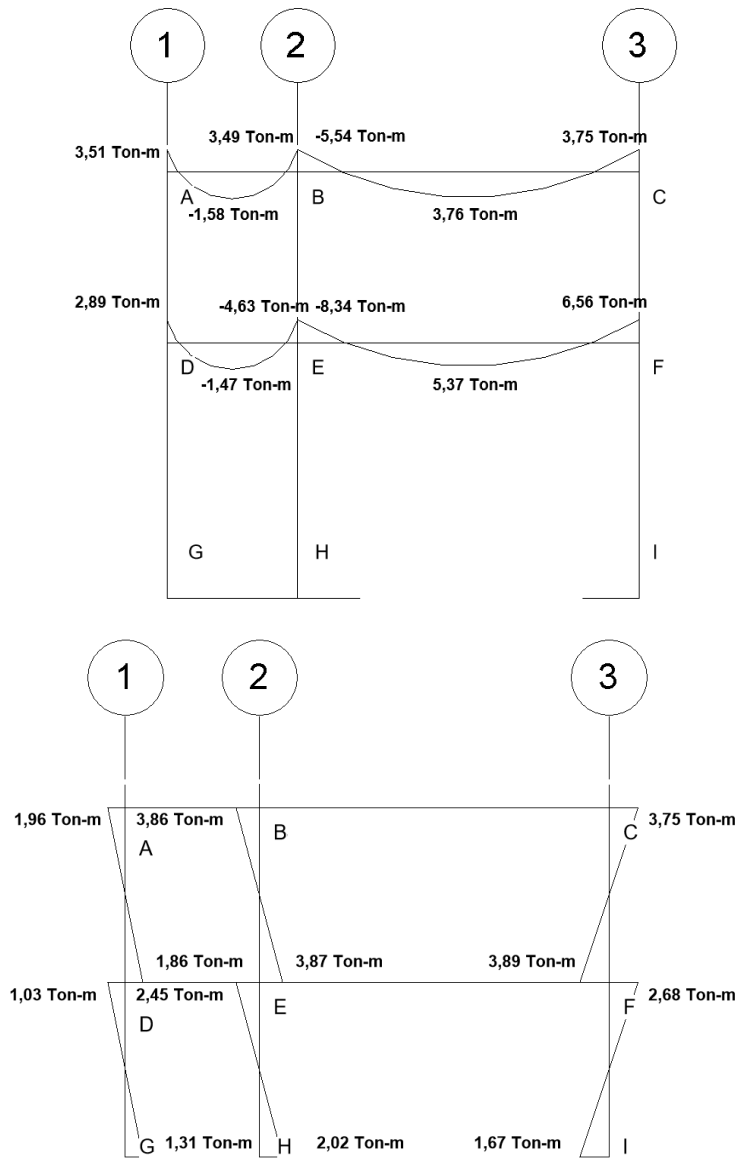
M = cargas muertas

V = cargas vivas

S = cargas sísmicas

De los resultados de las combinaciones se toman los valores mayores para representar la envolvente de momentos, a continuación, se presentan los resultados de los momentos mayores de las tres combinaciones posibles:

Figura 21. Diagrama de envolvente de momentos en marco lateral eje C



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

2.9. Diseño estructural

El objetivo de un diseño estructural es producir una estructura que desempeñe una función eficiente, segura y económicamente. Para lograr este objetivo se debe predecir las cargas y condiciones de servicio, calcular los esfuerzos correspondientes en los componentes estructurales y comparar estos esfuerzos con esfuerzos crítico de falla lo cual dependen del modo de falla.

2.9.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que actúan como diafragma los cuales transmiten elementos horizontales, sirven como cubierta que protege de la intemperie y entrepisos para transmitir a las vigas las cargas verticales. Existen, en general, tres grupos los cuales son:

Tabla XXIV. **Tipos de losas según ACI**

TIPO	DIMENSIÓN
Cascarones	$t \leq 0,09$
Planas	$0,9 < t < 0,12$
Nervadas	$T \geq 0,12$

Fuente: elaboración propia.

Para este proyecto se utilizarán losas planas y se diseñarán por el método de los coeficientes. Para el diseño de la losa se utilizarán las siguientes cargas.

Tabla XXV. **Valores de cargas vivas**

CV	<i>Wv (kg/m²)</i>
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Techo	100

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de AGIES 2010.

Tabla XXVI. **Valores de cargas muertas**

CM	<i>Peso</i>
Concreto	2400 kg/m ³
Acabados	60 kg/m ²
S.C. Pisos	60 kg/m ²

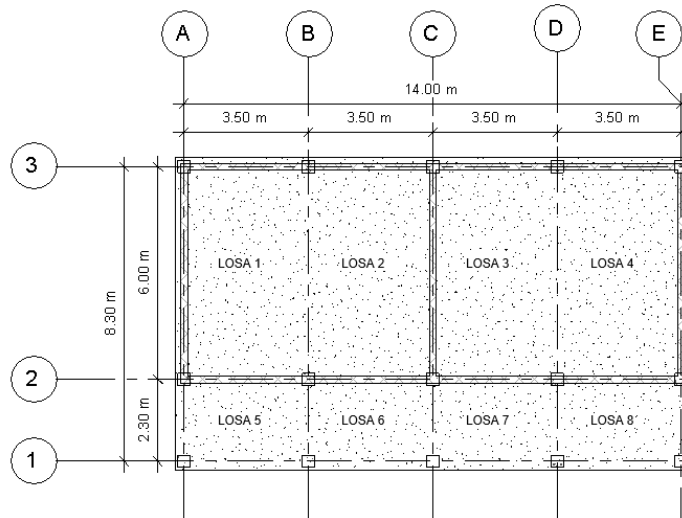
Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de AGIES 2010.

Para realizar el cálculo se debe determinar si las losas actúan en 1 o 2 sentidos por medio de la siguiente ecuación:

$$m = \frac{A}{B}$$

La relación $m=A/B$, relaciona el lado menor A con el lado mayor B y ayuda a determinar si la losa trabaja en uno o dos sentidos, si m es mayor o igual a 0,5 entonces las losas trabajan en dos sentidos.

Figura 22. **Losas de módulo I acotadas**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

$$m_{1,2,3,4} = \frac{3,5}{6} = 0,58, \text{ losa de dos sentidos}$$

$$m_{5,6,7,8} = \frac{2,3}{3,5} = 0,66, \text{ losa de dos sentidos}$$

Se calcula la carga última que actúa sobre cada losa por medio de la ecuación siguiente:

$$C_u = 1,3CM + 1,6 CV$$

Donde:

- Cu = carga última
- CM = carga muerta
- CV = carga viva

- Carga última

$$Cu = 1,3((2400 * 0,10) + 60 + 60) + 1,6 (200)$$

$$Cu = 468 + 320 = 788 \text{ kg/m}^2$$

Se calcula para una franja de 1,00 de ancho, por lo que resulta así:

$$Cu = 788 \text{ kg/m}^2 * 1,00 \text{ m} = 788 \text{ kg/m}$$

Se procede a determinar los momentos actuantes en casa sentido de la losa:

$$M_{(-)} = C * CU * A^2$$

$$M_{(+)} = C * CMU * A^2 + C * CVU * A^2$$

Donde:

C = coeficiente de tablas ACI

CU = carga última

CMU = carga muerta mayorada

CVU = carga viva mayorada

A = dimensión del lado considerado de losa

Para bordes discontinuos

$$M_{(-)} = \frac{1}{3} M_{(+)}$$

$$M_{(-)a} = 0,089 * 788 * 3,5^2 = 859,12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{(-)b} = 0,011 * 788 * 6,0^2 = 312,05 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)a} = 0,053 * 468 * 3,5^2 + 0,067 * 320,0 * 3,5^2 = 566,49 \text{ kg} - m$$

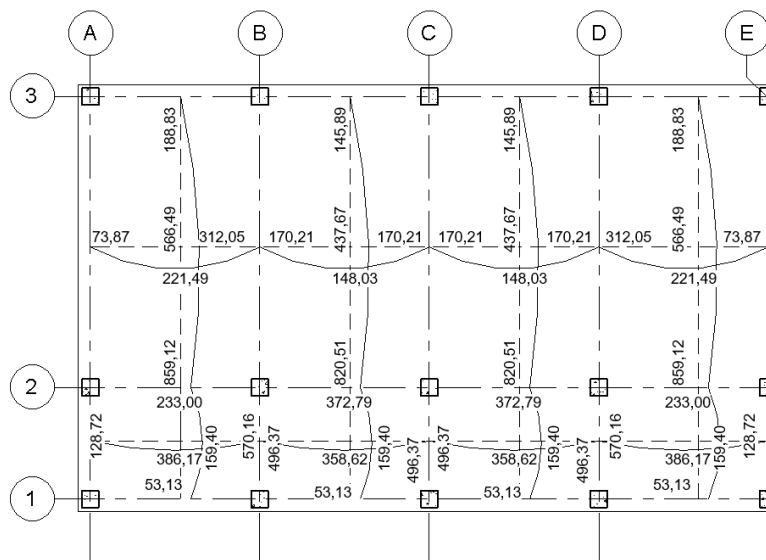
$$M_{(+)b} = 0,007 * 468 * 6,0^2 + 0,009 * 320,0 * 6,0^2 = 221,62 \text{ kg} - m$$

$$M_{(-)a} = \frac{1}{3} M_{(+)} = 188,83 \text{ kg} - m$$

$$M_{(-)b} = \frac{1}{3} M_{(+)} = 73,87 \text{ kg} - m$$

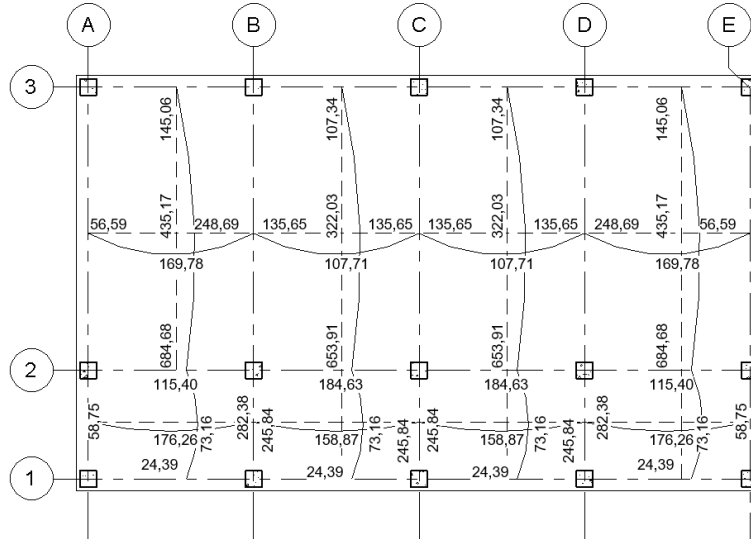
Se realizan los mismos pasos para las losas en distintas condiciones de continuidad por lo que se obtiene:

Figura 23. **Envolvente de momentos de entrepiso, módulo I (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 24. **Envolvente de momentos de techo, módulo I (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

En los lados continuos de cada losa se observa que los momentos actuantes son distintos por lo cual se realiza un balance de momentos antes de calcular el refuerzo. Hay dos condiciones para el balanceo los cuales son:

$$\text{Si } 0,8 * M_{mayor} \leq M_{menor} \rightarrow M_b = \frac{M_{mayor} + M_{menor}}{2}$$

Si $0,8 * M_{mayor} > M_{menor} \rightarrow$ se balancea por rigidez

Figura 25. **Balance de momentos**

	D1	D2	
-	M1	M2	+
	dM(D1)	dM(D2)	
	MB	MB	

Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

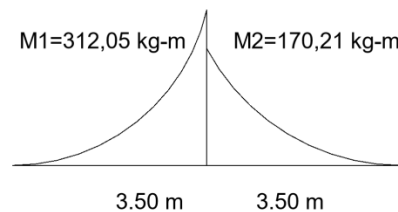
Donde:

$$DI = K1/(K1+K2), K1=1/L1$$

L = Longitud de losa considerada

$$dM = M1 - M2$$

Figura 26. **Balance de momentos entre losas 1 y 2 de entrepiso**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

$$0,8 * 312,05 \text{ kg} - m \leq 170,21 \text{ kg} - m$$

$$249,64 \text{ kg} - m \leq 170,21 \text{ kg} - m$$

No cumple con la primera condición.

$$249,64 \text{ kg} - m > 170,21 \text{ kg} - m$$

Cumple la segunda condición, por lo tanto,

$$K_1 = 1/3,50 = 0,29$$

$$D_1 = 0,29/(0,29+0,29) = 0,50$$

$$K_2 = 1/3,50 = 0,29$$

$$D_2 = 0,29/(0,29+0,29) = 0,50$$

$$D_1 = 0,50$$

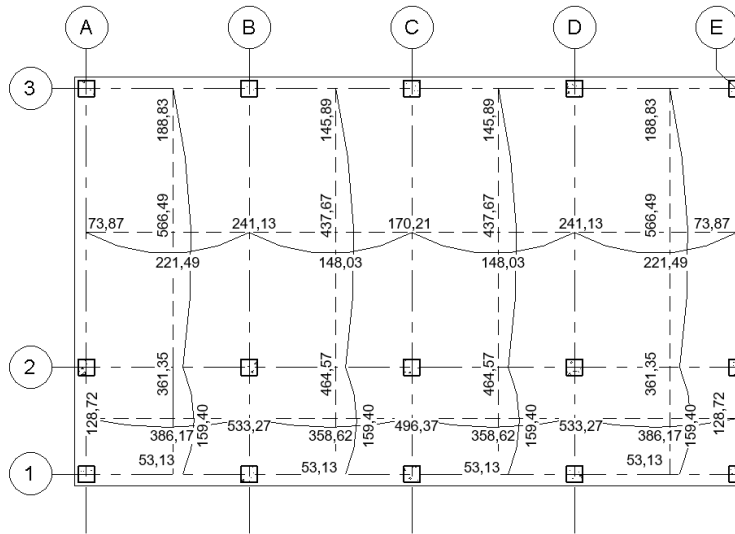
$$D_2 = 0,50$$

$$M_1 = 312,05 - (312,05 - 170,21) * 0,50 = 241,13 \text{ kg-m}$$

$$M_2 = 170,21 - (170,21 - 312,05) * 0,50 = 241,13 \text{ kg-m}$$

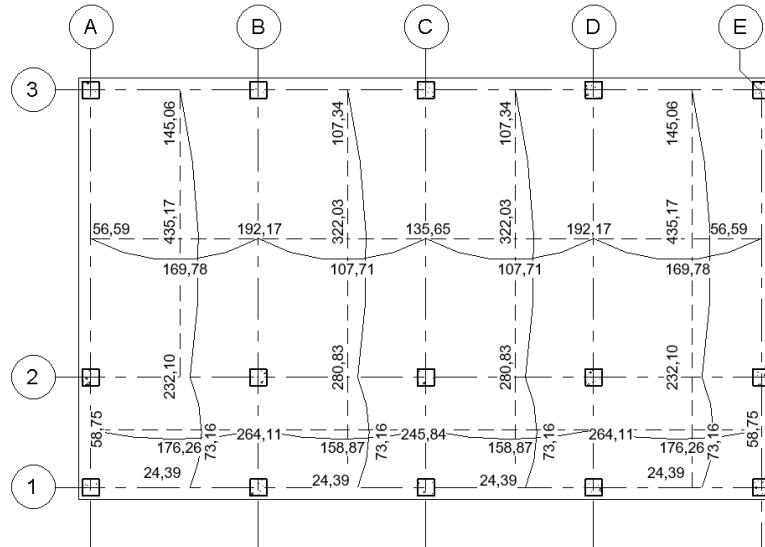
Se realiza el mismo procedimiento para las distintas condiciones por lo que resulta como en la siguiente figura:

Figura 27. **Envolvente de momentos de entrepiso, módulo I**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Figura 28. **Envolvente de momentos de techo, módulo I**



Fuente: elaboración propia, programa REVIT.

Con los datos obtenidos, se calcula el acero de refuerzo necesario en las losas. Se inicia encontrando el área de acero necesario para resistir los momentos de una losa, conociendo el peralte efectivo a través de la siguiente ecuación:

$$d = t - rec - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

- d = peralte efectivo de losa
- t = espesor de losa
- rec = Recubrimiento
- \emptyset = diámetro de varilla

Se utilizará la varilla la No. 3, el espesor de la losa t es de 0,11m, $f'y$ de 2810 kg/cm², $f'c$ = 210 kg/cm² y un recubrimiento de 2.00 cm por lo que se obtiene:

$$d = 10\text{cm} - 2\text{cm} - \frac{0,95\text{cm}}{2}$$

$$d = 7,53\text{ cm}$$

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = 0,4 * \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

Donde:

$A_{s_{max}}$ = área de acero mínimo
 f_y = límite de fluencia del acero
 b = base (franja unitaria)
 d = peralte efectivo de losa

$$A_{s_{min}} = 0,4 * \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,53 = 1,51\text{cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 0,4 * 0,8 * \frac{\sqrt{210}}{2810} * 100 * 7,53 = 1,24\text{cm}^2$$

El espaciamiento se calcula por medio de la regla de tres:

$$S = \frac{100 * 0,71}{1,51} = 47,02\text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo según ACI 318S-14 sección 8.7.2.2

$$S_{max} = 2t$$

$$S_{max} = 2(10) = 20\text{ cm}$$

Se utilizará una separación de 20 cm.

$$A_s = \frac{100 * 0,71}{20} = 3,55 \text{ cm}^2 \text{ Acero No.3 a cada 20 cm}$$

- Momento máximo que resiste el Asmin

$$M = 0,9 * A_s * f_y * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * 100} \right)$$

$$M = 0,9 * 3,55 * 2810 * \left(7,53 - \frac{3,55 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right)$$

$$M = 65095,29 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M = 650,95 \text{ kg} - \text{m}$$

- Área de acero máximo

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,85 * 0,85 * \frac{f'_c}{f_y} * \frac{6090}{f_y + 6090} * b * d$$

Donde:

$A_{s_{max}}$ = área de acero máximo

f_y = límite de fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo de losa

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,85 * 0,85 * \frac{210}{2810} * \frac{6090}{2810 + 6090} * 100 * 7,53 = 13,91 \text{ cm}^2$$

- Momento máximo que resiste el Asmax

$$M = \varphi * A_s * f_y * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'_c * 100} \right)$$

$$M = 0,9 * 13,91 * 2810 * \left(7,53 - \frac{15,75 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right)$$

$$M = 221282,42 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M = 2212,82 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento máximo que resiste el acero mínimo es de 650,95 kg-m y el que resiste el acero máximo es de 2 212,82 kg-m, tras el balanceo del momento último se determinó que ninguno de ellos sobrepasa lo soportado por el acero mínimo, por lo tanto, se utiliza varilla No.3 a cada 20 cm.

- Revisión por corte

El esfuerzo de cortante debe ser resistido únicamente por el concreto de la losa por lo cual se debe verificar si el espesor es adecuado para cumplir que el cortante resistente sea mayor al producido por el cortante máximo.

- Cortante resistente

$$V_r = 45 * f'_c^{\frac{1}{2}} * t$$

Donde:

V_r = cortante resistente

f'_c = esfuerzo máximo de compresión del concreto

t = espesor de losa

$$V_r = 45 * (210)^{\frac{1}{2}} * 10 = 6521,12 \text{ kg}$$

- Cortante máximo

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

Donde:

V_{max} = cortante máximo

C_u = carga ultima total de la losa analizada

L = lado corto de losa analizada

$$V_{max \text{ aulas}} = \frac{788 * 3,50}{2} = 1\,379,00 \text{ kg}$$

$$V_{max \text{ pasillo}} = \frac{1268 * 2,30}{2} = 1\,458,20 \text{ kg}$$

$$V_{max \text{ techo}} = \frac{628 * 2,30}{2} = 722,20 \text{ kg}$$

$$V_{max \text{ techo}} = \frac{628 * 3,50}{2} = 1\,099,00 \text{ kg}$$

Se determina si cumple con la condición de la cortante:

$$V_r > V_{max}$$

$$6\,521,12 \text{ kg} > 1\,379,00 \text{ kg}, 1\,458,20 \text{ kg}, 722,20 \text{ kg}, 1\,099,00 \text{ kg}$$

El espesor utilizado es correcto ya que el cortante resistente es mayor al cortante máximo de las losas. Ver armado final de losa en plano ubicado en los anexos, hoja 7/9

2.9.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, torsión y corte. Se diseñará para elementos que trabajan esencialmente a flexión el cual cumplirá los requisitos para las dimensiones de sección y el refuerzo longitudinal y transversal.

Tabla XXVII. Datos generales por utilizar

Dato	valor
b	0,25 m
h	0,50 m
$f'c$	210 kg/cm ²
fy	2810 kg/cm ²

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de peralte efectivo de la viga

$$d = h - rec - d_{bt} - \frac{1}{2} * d_{bl}$$

Donde:

d = peralte efectivo de la viga

h = altura de la viga

rec = recubrimiento

d_{bt} = diámetro de varilla para refuerzo por corte

d_{bl} = diámetro de varilla para el esfuerzo a flexión

$$d = 50 - 4 - 0,952 - \frac{1}{2} * 1,91 = 44,09 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero mínimo

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

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1 * 44,09 * 25}{2810} = 5,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c} * bd}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8 * \sqrt{210}}{2810} * 25 * 44,09 = 4,55 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero máximo

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

$$\rho_b = 0,85 * \frac{f'c}{f_y} * 0,85 * \frac{6090}{f_y + 6090}$$

$$\rho_b = 0,85 * \frac{210}{2810} * 0,85 * \frac{6090}{2810 + 6090} = 0,037$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,037 * 25 * 44,09 = 20,39 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

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

Donde:

A_s = área de acero

d = peralte efectivo de la viga

b = base de la viga

M_u = momento último

f'_c = resistencia específica a la compresión

f_y = resistencia específica a la fluencia de refuerzo

Para un momento último de 6 000 kg/m se obtiene:

$$A_s = \left[50 * 44,09 - \sqrt{(25 * 44,09)^2 - \frac{6\,000}{0,003825(281)}} \right] * 0,85 \frac{210}{2810}$$

$$A_s = 5,54 \text{ cm}^2$$

Tabla XXVIII. Cálculo de área de acero y varillas requeridas para el refuerzo eje C

		MOMENTO (kg-m)	As (cm ²)	No. Varilla	Área varilla (cm ²)	No. Varilla	No. Varilla	Área varilla (cm ²)	Cantidad	As Total
A-B	-	3510	3,22	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	+	1580	1,43	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	-	3490	3,2	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
B-C	-	5540	5,16	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	+	3760	3,46	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	-	3750	3,45	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
D-E	-	2890	2,64	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	+	1470	1,33	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	-	4680	4,33	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
E-F	-	8340	7,93	6	2,82	2	4	1,27	2	8,18
	+	5370	4,99	6	2,82	2	4	1,27	0	5,64
	-	6560	6,15	6	2,82	2	4	1,27	1	6,91

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se verifica el área de acero utilizada sea satisfecha por la requerida y que este dentro de los límites del Acero mínimo y Acero máximo.

- Cálculo del refuerzo a corte

Para determinar si es necesario colocar refuerzo a corte en la viga, la fuerza cortante (V_c) del concreto debe ser mayor a la causada por cargas actuantes (V_r). Se calculan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$V_{cu} = 0,85 * 0,53 \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_R = \frac{CU * l}{2}$$

Donde:

- V_c = cortante que resiste el concreto
- V_r = cortante causado por las cargas
- b = base de la viga
- d = peralte efectivo de la viga
- CU = carga ultima actúa sobre la viga
- l = longitud de la viga

$$V_{cu} = 0,85 * 0,53\sqrt{210} * 25 * 44,09 = 7196,30 \text{ kg}$$

$$V_R = \frac{2850,58 * 6}{2} = 8551,734 \text{ kg}$$

$$V_c > V_R$$

La condición no se cumple para la carga crítica por lo cual se procede a calcular la separación de estribos como indica el ACI 318S-14 en la sección 18.4.2.4 debe ser menor a las siguientes condiciones:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de la varilla longitudinal
- 24 veces el diámetro de varilla de estribos
- 30 cm

El espaciamiento resultante debe aplicarse en una longitud igual a 2 veces el peralte efectivo en cada extremo de la viga.

Tabla XXIX. **Condiciones mínimas para espaciamiento de estribos**

$2d$	$d/4$	8ϕ	24ϕ	
88,19 cm	11,02 cm	15,28 cm	22,86 cm	30 cm

Fuente: elaboración propia.

Se utiliza la menor de las condiciones anteriores y se adecua a una distancia que facilite la trabajabilidad es este caso 10 cm.

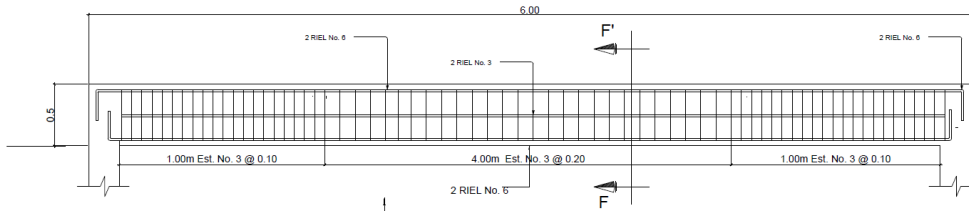
Se propone acero No.3 grado 40 y se chequea la resistencia nominal al corte proporcionado por refuerzo transversal.

$$V_s = \frac{\phi * 2 * A_v * f_y * d}{S}$$

$$V_s = \frac{0.53 * 2 * 0.71 * 2810 * 50}{10} = 16\,559,33 \text{ kg}$$

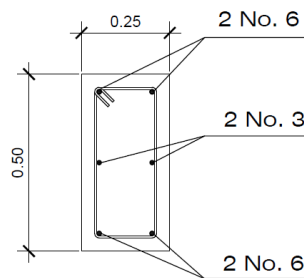
Como V_s es mayor al V actuante, el acero propuesto cumple con lo requerido. Se colocarán estribos No.3 el primero a 5cm de la cara de apoyo los siguientes a cada 10 cm en cada extremo hasta 1,00 m y el resto a cada 15 cm. El armado final de las vigas puede observarse en los planos de detalle.

Figura 29. **Armado de viga del tramo A-B**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

Figura 30. **Armado de viga del tramo A-B corte F-F'**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

2.9.3. Diseño de columnas

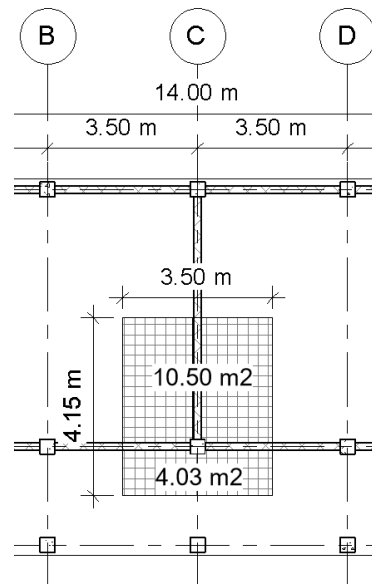
Las columnas son elementos estructurales que están sometidos principalmente a cargas axiales y en menor medida resisten momentos, cortantes y torsión. Los principales tipos de columnas de concreto reforzado son:

- Columnas con estribos: en ellas las barras longitudinales se confinan con refuerzo transversal en estribo espaciados cada cierta distancia. Pueden ser cuadradas, rectangulares o polígonos.
- Columnas con espirales: en ellas las barras longitudinales se confinan con refuerzo transversal en forma de espiral. Pueden ser circulares o cuadradas con refuerzos circulares.

- Columnas compuestas: en ellas se embebe el concreto en un perfil de acero. Pueden contener barras longitudinales con estribos o espirales.
- Columnas con tubos de acero: en ellas el tubo se llena con concreto simple.

Para el proyecto se utilizarán columnas con estribo cuadradas. Se diseñarán las columnas con cargas críticas. La columna crítica tiene un área tributaria de 14,53 m.

Figura 31. **Área tributaria de columna crítica**



Fuente: elaboración propia, con programa REVIT.

- Integración de cargas primer nivel

- Carga muerta

$$W_{Losa} = (14,53 \text{ m}^2)(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 3\,487,20 \text{ kg}$$

$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) ((3,50 \text{ m} + 3 \text{ m}) \times 0,40 \text{ m} \times 0,25) = 1\,560,00 \text{ kg}$$

$$W_{Acabados} = (14,53 \text{ m}^2) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 871,80 \text{ kg}$$

$$W_{s.c.} = (14,53) \left(60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 871,80 \text{ kg}$$

$$W_{Muros} = (3,00 \text{ m}) \left(150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (3,50 \text{ m} + 3,00 \text{ m}) = 2\,925,00 \text{ kg}$$

$$W_{columna} = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (4,50 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 0,35) = 1\,323,00 \text{ kg}$$

$$CM_{1er \text{ nivel}} = 11\,038,80 \text{ kg}$$

- Integración de cargas primer nivel

- Carga viva

$$W_{Aula} = (10,50 \text{ m}^2)(200 \text{ kg/m}^2) = 2\,100,00 \text{ kg}$$

$$W_{pasillo} = (4,03 \text{ m}^2)(500 \text{ kg/m}^2) = 2\,015,00 \text{ kg}$$

$$CV_{1er \text{ nivel}} = 4\,115,00 \text{ kg}$$

- Integración de cargas segundo nivel

- Carga muerta

$$W_{Losa} = (14,53 \text{ m}^2)(0,10 \text{ m}) \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 3\,487,20 \text{ kg}$$

$$W_{Viga} = \left(2400 \frac{kg}{m^3}\right) ((3,50 m + 3 m) \times 0,40 m \times 0,25) = 1\,560,00kg$$

$$W_{Acabados} = (14,53 m^2) \left(60 \frac{kg}{m^2}\right) = 871,80 kg$$

$$W_{S.C.} = (14,53) \left(60 \frac{kg}{m^2}\right) = 871,80 kg$$

$$W_{columna} = \left(2400 \frac{kg}{m^3}\right) (3,00 m \times 0,35 m \times 0,35) = 882,00kg$$

$$CM_{2do nivel} = 7\,672,80 kg$$

- Integración de cargas segundo nivel
 - Carga viva

$$W_{Techo} = (14,53 m^2)(100 kg/m^2) = 1\,453,00 kg$$

$$CV_{2do nivel} = 1\,453,00 kg$$

- Resumen de integración de cargas

$$CM_{1er nivel} = 11\,038,80 kg$$

$$CV_{1er nivel} = 4\,115,00 kg$$

$$CM_{2do nivel} = 7\,672,80 kg$$

$$CV_{2do nivel} = 1\,453,00 kg$$

$$CM_{total} = 18\,711,60 kg$$

$$CV_{1er nivel} = 5\,568,00 kg$$

- Cálculo de carga última

$$CU = 1,3 CM + 1,6 CV$$

$$CU = 1,3(18\,711,60) + 1,6(5\,568,00)$$

$$CU = 24\,325,08 + 8\,908,80 = 33\,233,88 \text{ kg}$$

- Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{33\,233,88}{18\,711,60 + 5\,568,00} = 1,37$$

- Carga axial

$$PU = 24\,279,60 \text{ kg} * 1,37 = 33\,263,05 \text{ kg}$$

- Esbeltez de la columna

Tabla XXX. **Clasificación de las columnas por su esbeltez**

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN
Si $E < 21$	Columna corta	No magnificar momentos
Si $21 \leq E < 100$	Columna intermedia	Magnificar momentos actuantes
Si $E > 100$	Columna larga	No construir, falla por pandeo

Fuente: elaboración propia.

La esbeltez de las columnas se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{K * Lu}{r}$$

Donde:

- Lu = longitud de la columna entre apoyos
- r = radio de giro de la sección transversal de la columna
- $r_{columna}$ = 0,30 por lado menor
- K = factor de longitud efectiva

- Coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación
 - Superior extremo

$$\Psi = \frac{(\sum Em * \frac{I}{L}) * columnas}{(\sum Em * \frac{I}{L}) * vigas}$$

Donde:

$$Em = 1$$

I = inercia de cada elemento estructural

L = longitud de cada elemento estructural

Para los elementos estructurales de sección cuadrada, la inercia se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Donde:

b = base del elemento en cuestión

h = altura o peralte del elemento en cuestión

$$I_{vigas} = \frac{25 * 50^3}{12} = 260416,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{col} = \frac{35 * 35^3}{12} = 125052,08 \text{ cm}^4$$

$$\Psi = \frac{(1 * \frac{125052,08}{3}) * 2}{(1 * \frac{260416,67}{3,8}) * 4} = 0,30$$

- Extremo inferior

$$\Psi = 0, \text{ por ser empotramiento en la base}$$

- Promedio

$$\Psi_{Promedio} = \frac{0,30 + 0}{2} = 0,15$$

- Factor de longitud efectiva K

Este factor depende de las condiciones de vínculo de las condiciones de los extremos de la columna:

- Para $\Psi_{Promedio} < 2$

$$K = \frac{20 - \Psi_{Prom}}{20} * (1 + \Psi)^{1/2}$$
$$K = \frac{20 - 0,15}{20} * (1 + 0,15)^{\frac{1}{2}} = 1,06$$

- Cálculo de esbeltez

$$E = \frac{1,06(3)}{(0,35)(0,35)} = 25,96$$

La columna tiene una esbeltez de 25,96 por lo que entra en el rango de $21 < 100$ por lo que se define como una columna intermedia.

- Magnificación de momentos
 - Factor de flujo plástico del concreto

$$Bd = \frac{CMU}{CU_{Total}}$$

$$Bd = \frac{24\,325,08\text{ kg}}{33\,233,88\text{ kg}} = 0,73$$

- El total del material

$$EI = \frac{Ec * Ig}{2,5(1 + Bd)}$$

Donde:

$$Ec = 15100\sqrt{f'c}$$

$$I = \text{Inercia de columna}$$

$$EI = \frac{15100\sqrt{210} * 125052,08}{2,5(1 + 0,73)} = 632,69\text{ t} - m^2$$

- Carga crítica de Euler

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

$$Pcr = \frac{\pi^2 * 632,69}{(1,06 * 3)^2} = 617,50\text{ t}$$

- Magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{Pu}{\theta * P_{cr}} \right)} \geq 1$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{33,26}{0,70 * 617,50} \right)} \geq 1$$

$$\delta = 1,08 \geq 1$$

- Momentos de diseño magnificados

$$M_x = 3\,860 * 1,08 = 4168,80 \text{ kg} - m$$

$$M_y = 3\,870 * 1,08 = 4179,60 \text{ kg} - m$$

- Refuerzo longitudinal aplicando el método de Bresler

- Área de acero mínima y máxima según ACI 318S-14 sección 10.6.1.1

-

$$1\%A_g \leq A_s \leq 8\% A_g$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,01(35 * 35) = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0,08(35 * 35) = 98,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ propuesta}} = 0,015(35 * 35) = 18,38 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de 4 varillas No. 8, lo que da un área de acero de 20,27 cm².

- Diseño de columnas por medio de diagrama de interacción

Para utilizar cualquier diagrama de interacción se debe calcular el valor de γ por medio de la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{b - 2rec}{h} = \frac{0,35 - 2 * 0,03}{0,35} = 0,80$$

Se calculan los valores requeridos por la gráfica para encontrar k:

$$P_{\mu} = \frac{As * fy}{Ag * 0,85 * f'c} \quad E_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{Pu}$$

$$P_{\mu} = \frac{20,27 * 2810}{(35 * 35) * 0,85 * 210} = 0,26$$

$$\frac{E_x}{h_x} = \frac{4168,80 \text{ kg} - m}{33 \ 263,05 \text{ kg}} = 0,35 \quad \frac{E_y}{h_y} = \frac{4179,60 \text{ kg} - m}{33 \ 263,05 \text{ kg}} = 0,36$$

De los diagramas de interacción se obtuvieron los valores de k':

$$K'_x = 0,50$$

$$K'_y = 0,51$$

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad dada

$$P'_{ux} = k'_x * \emptyset * f'c * b * h = 0,50 * 0,70 * 210 * 35 * 35 = 90 \ 037,50 \text{ kg}$$

$$P'_{uy} = k'_y * \emptyset * f'c * b * h = 0,51 * 0,70 * 210 * 35 * 35 = 91 \ 838,25 \text{ kg}$$

- Carga axial de resistencia para la columna

$$P'_o = \phi[0,85 - f'_c * (A_g - A_s) + A_s * f_y]$$

$$P'_o = 0,70[0,85 * 210 * (1225 - 20,27) + 20,27 * 2810] = 190\,402,10 \text{ kg}$$

- Carga de resistencia de la columna

$$P'_u = \frac{1}{\left(\frac{1}{P'_{u_x}}\right) + \left(\frac{1}{P'_{u_y}}\right) + \left(\frac{1}{P'_o}\right)} = 36\,700,97 \text{ kg}$$

Si $P'_u > P_u$ no se debe aumentar A_s , como $36\,700,97 \text{ kg} \geq 33\,263,05 \text{ kg}$ no debe incrementarse el área de acero.

- Cálculo del refuerzo transversal

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 35 * 30,1 = 10,0770.63 \text{ kg}$$

$$V_a = 4\,509,00 \text{ kg}$$

- Separación máxima

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{30,10}{2} = 15,05 \text{ cm}$$

- Refuerzo de confinamiento

1. $L/6 = 3 \text{ m}/6 = 0,50 \text{ m}$

2. Lado mayor de columna = 0,35 m

3. 45 cm

El caso 1 tiene el mayor valor por lo tanto se utilizó una longitud de confinamiento de 0,50 m.

- Relación volumétrica

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

$$\rho_s \geq 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

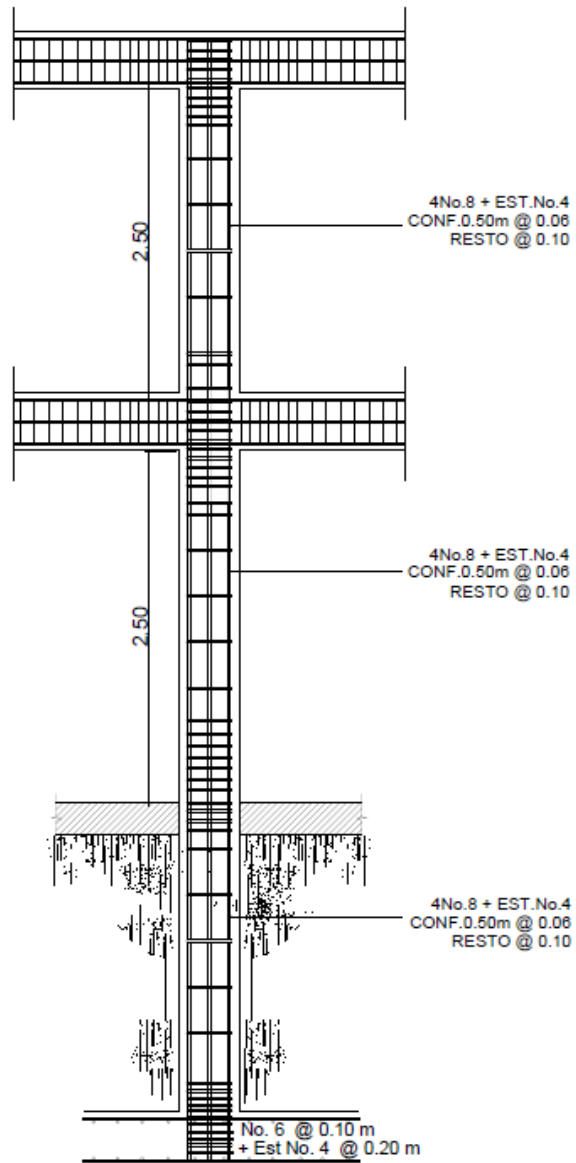
$$0,45 \left(\frac{35 * 35}{29 * 29 - 1} \right) \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right) \geq 0,12 \left(\frac{210}{2810} \right)$$

$$0,01305 \geq 0,008967$$

$$S = \frac{2A_{var}}{\rho_s * L_n} = \frac{2 * 1,27}{0,01305 * 29} = 6,70 \text{ cm}$$

El armado final de la columna es de 4 varillas No. 8 para el refuerzo longitudinal y estribos No.4 confinado a 0,50 m a cada 6,00 cm y el resto a 10,00 cm.

Figura 32. Armado de columnas centrales



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

2.9.4. Diseño de cimientos

Luego de verificar que en el lugar hay estructuras efecto de licuefacción por la baja capacidad portante del suelo y un nivel freático alto se utilizará una losa de cimentación por su elevado costo puede hacer que el proyecto no sea factible. La losa de cimentación es una variante de la zapata combinada que cubre toda la superficie bajo una estructura que soporta varias columnas y muros. Se utilizan cuando el suelo tiene baja capacidad de carga y que bajo las mismas condiciones una zapata aislada puede generar un traslape. Existen 4 variantes de la losa de cimentación:

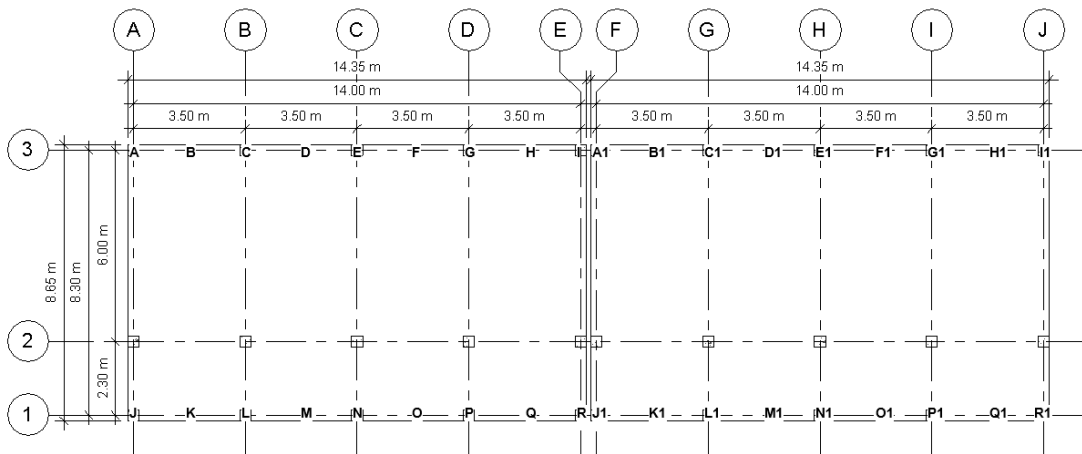
- Placa plana. La losa es de espesor uniforme.
- Placa plana con mayor espesor bajo la columna.
- Vigas y losas. Las vigas corren en ambas direcciones y las columnas se localizan en la intersección de las vigas.
- Losa con muros de sótanos como parte de la placa. Los muros actúan como rigidizadores de la losa.

Para el diseño de la cimentación se pueden utilizar dos métodos convencionales:

- Método rígido convencional. La losa se supone infinitamente rígida, la presión del suelo se distribuye en línea recta y el centroide de la presión del suelo coincide con la línea de acción de las cargas resultantes de la columna.
- Método flexible aproximado. El suelo se supone equivalente a un número infinito de resortes elásticos denominada cimentación Winkler.

Para el proyecto se diseñará una losa de cimentación de placa plana a través del método rígido convencional.

Figura 33. **Planta y dimensiones de losa de cimentación**



Fuente: elaboración propia, con programa REVIT.

- Distribución de cargas vivas y cargas muertas

Se realizan los cálculos para la losa de cimentación del primer módulo.

Tabla XXXI. **Distribución de cargas vivas y muertas actuantes en losa de cimentación**

COLUMNA	CARGA MUERTA (t)	CARGA VIVA (t)
1A	4,23	0,96
1B	6,55	2,14
1C	6,19	2
1D	6,55	2,14
1E	4,23	0,96
2A	13,27	3,67
2B	22,48	7,7
2C	22,29	7,62
2D	22,48	7,7
2E	13,27	3,67
3A	9,3	1,93
3B	15,59	4,06
3C	15,39	4,02
3D	15,59	4,06
3E	9,3	1,93
TOTAL	186,71	54,56

Fuente: elaboración propia, con programa EXCEL.

- Carga de servicio

$$Carga\ de\ servicio = CM + CV = 186,71 + 54,56 = 241,27\ t$$

- Carga mayorada

$$Carga\ mayorada = 1,2\ CM + 1,6\ CV = 311,35\ t$$

- Cálculo de los momentos de inercia y los momentos causados por excentricidades
 - Inercia de losa de cimentación

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

$$I_x = \frac{1}{12} * 14,35 * 8,65^3 = 773,96 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} * 8,65 * 14,35^3 = 2130,05 \text{ m}^4$$

- Centro de masa y excentricidades

Calculados previamente en el análisis estructural se obtuvieron los siguientes datos para centro de masa y excentricidades accidentales:

$$CM_x = 7,00 \text{ m}$$

$$CM_y = 3,87 \text{ m}$$

$$e_x = 0,70 \text{ m}$$

$$e_y = 0,76 \text{ m}$$

- Momentos causados por excentricidades

$$M_x = Q * e_x = 311,35 * 0,70 = 217,95 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_y = Q * e_y = 311,35 * 0,76 = 236,63 \text{ t} - \text{m}$$

Determinación de la presión del suelo debajo de la losa de cimentación.

Con base en la planta y cimentaciones de la losa se calculan las presiones del suelo en los puntos de columnas a través de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y * x}{I_y} \pm \frac{M_x * y}{I_x}$$

Donde:

- q = presión del suelo
- I = inercia respecto a eje
- M = momento de las cargas de las columnas respecto al eje
- A = área de la losa de cimentación
- Q = carga mayorada

Tabla XXXII. Presión del suelo bajo losa de cimentación

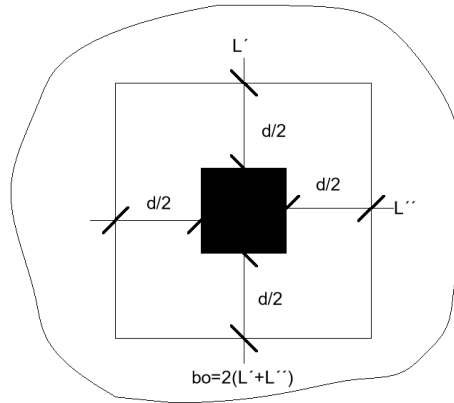
PUNTO	Q/A (t/m ²)	x (m)	(MyX)/I _y	y(m)	(MxY)/I _x	q (t/m ²)
A	2,508	-7,18	-0,797	4,33	1,219	2,931
B	2,508	-5,25	-0,583	4,33	1,219	3,144
C	2,508	-3,50	-0,389	4,33	1,219	3,339
D	2,508	-1,75	-0,194	4,33	1,219	3,533
E	2,508	0,00	0,000	4,33	1,219	3,728
F	2,508	1,75	0,194	4,33	1,219	3,922
G	2,508	3,50	0,389	4,33	1,219	4,116
H	2,508	5,25	0,583	4,33	1,219	4,311
I	2,508	7,18	0,798	4,33	1,219	4,525
J	2,508	-7,18	-0,797	-4,33	-1,219	0,492
K	2,508	-5,25	-0,583	-4,33	-1,219	0,706
L	2,508	-3,50	-0,389	-4,33	-1,219	0,900
M	2,508	-1,75	-0,194	-4,33	-1,219	1,095
N	2,508	0,00	0,000	-4,33	-1,219	1,289
O	2,508	1,75	0,194	-4,33	-1,219	1,483
P	2,508	3,50	0,389	-4,33	-1,219	1,678
Q	2,508	5,25	0,583	-4,33	-1,219	1,872
R	2,508	7,18	0,798	-4,33	-1,219	2,087

Fuente: elaboración propia.

Comparando los valores de las presiones del suelo se determina que si se cumple con la condición $q \leq q_{adm}$ ya que $4,52 \frac{t}{m^2} \leq 9,36 \frac{t}{m^2}$.

- Cálculo del peralte de la losa de cimentación

Figura 34. **Perímetro crítico de una columna central**



Fuente: elaboración propia.

$$b_o = 2(L' + L'') = 2[(35 + d) + (35 + d)] = 140 + 4d$$

$$V_c = 0,93 * \phi * \sqrt{f'c} * b * d = 0,93 * 0,85 * \sqrt{210} * (140 + 4d) * d$$

$$= 11,46 (140d + 4d^2)$$

$$U_{2D} = 1,2(22,48) + 1,6(7,7) = 39,30 t = 39300 kg$$

$$11,46 (140d + 4d^2) \geq 39300 kg$$

$$d \approx 17 cm$$

El ACI 318S-14 en la sección establece como espesor de recubrimiento mínimo 7.5 cm y acero No. 8.

$$d = 17 + 7,5 + 2,50 = 28 cm$$

Según el ACI 318S-14 en la sección 18.7.5.6 se debe tener una longitud de desarrollo de las barras longitudinales de las columnas dentro de las zapatas o losas de cimentación de 300 mm. Por lo que el peralte será tomado como el mínimo.

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

- Chequeo de espesor permitido

$$\frac{1}{10} * Luz \text{ mayor} = \frac{1}{10} * 600 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{12} * Luz \text{ mayor} = \frac{1}{10} * 600 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

- Chequeo de rigidez

$$bf = \frac{6 \text{ m}}{2} + \frac{2,3 \text{ m}}{2} = 4,15 \text{ m}$$

$$I = \frac{4,15 \text{ m} * 0,50^3}{2} = 0,043 \text{ m}^4$$

$$ec = 15200 \sqrt{210} * 10 = 2,2E5 \text{ ton/m}^2$$

$$ks = 120 * 9,63 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} = 1123,2 \text{ ton/m}^2$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{1123,2 * 4,15}{4 * 2,2E6 * 0,043}} = 0,333$$

$$\frac{1,75}{0,333} = 5,25 > 4,15 \text{ chequea}$$

El nuevo espesor por chequeo de rigidez es de 50 cm.

- Cálculo del refuerzo

Para la franja BCDKLM se calcula la carga mayorada que actúa sobre cada uno de los puntos obtenidos de la tabla XXVIII.

$$Q_1 = (1,2 * 6,55) + (1,6 * 2,14) = 11,28 t$$

$$Q_2 = (1,2 * 22,48) + (1,6 * 7,7) = 39,30 t$$

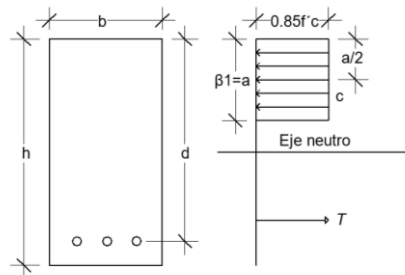
$$Q_3 = (1,2 * 15,59) + (1,6 * 4,06) = 25,20 t$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 75,78 t$$

- Cálculo de acero requerido

Basándose en la hipótesis de equilibrios de fuerzas se calcula el acero requerido para la franja crítica:

Figura 35. **Equilibrio de las fuerzas según hipótesis de diseño**



Fuente: elaboración propia.

$$C = 0,85 * f'c * a * b$$

$$T = A_s * f_y$$

$$T = C$$

$$0,85 * f'c * a * b = A_s * f_y$$

$$Mn = T * (d - a/2)$$

$$Mu = \phi * Mn$$

$$Mu = \phi * T * (d - a/2) = \phi * A_s * f_y * (d - a/2)$$

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

Donde:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$M_u = \text{momento positivo máximo}$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210 * a * 100}{2810} = 6,3523 a$$

$$Mu = 812250 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$1175000 = 0,9 * 6,3523 a * 2810 * (40 - a/2)$$

$$a = 1,28$$

$$A_s = 1,87 * 6,3523 = 11,87 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo

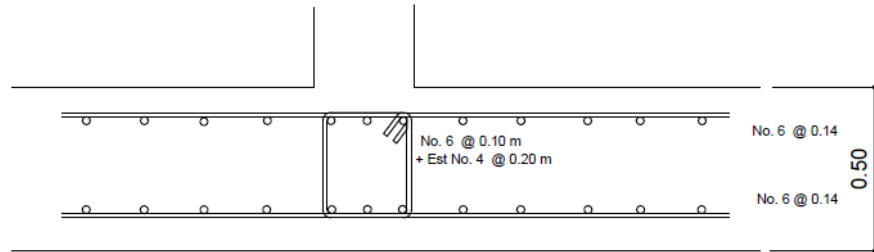
$$A_{smin} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \geq \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$\frac{0,8 * \sqrt{210}}{2810} * 100 * 40 \geq \frac{14}{2810} * 100 * 40$$

$$16,50 \geq 19,93$$

Como el refuerzo débil a M_u es $11,87 \text{ cm}^2$ siendo menor al acero mínimo se utilizará el área de acero mínimo que es $19,93 \text{ cm}^2$ por lo que queda un armado similar para cama superior e inferior de varillas No. 6 a cada 14 cm.

Figura 36. **Armado general de losa de cimentación**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

2.9.5. Módulo de gradas

La finalidad de un módulo de gradas es conectar distintos niveles de una infraestructura. Consiste en una escalera formada por tramos, descansos y barandas. Los tramos son escalones conformados por huellas y contrahuellas los cuales son uniformes. Las escaleras pueden estar fuera o dentro de la estructura y deben cumplir con los requisitos mínimos siguientes:

Tabla XXXIII. **Condiciones para módulo de gradas**

DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN
Huella mínima	30 cm
Contrahuella máxima	20 cm
Pasos continuos máximo	17
Descanso mínimo	0,90 m

Fuente: elaboración propia.

Para desarrollar una correcta funcionalidad, comodidad y seguridad, el módulo de gradas debe cumplir con las siguientes relaciones:

- $H > C$
- $2C + H \leq 64\text{cm}$
- $C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$
- $C * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$

Donde:

H = huella
 C = contrahuella

Tabla XXXIV. Datos para el diseño del módulo de gradas

DATO	VALOR
$f'c$	210 kg/m ²
fy	2810 kg/m ²
h	3,00 m

Fuente: elaboración propia.

Asumiendo una huella de 30 cm, una contrahuella de 16,5 cm y un descanso de 2,30 m, utilizando como sentido largo para gradas de 3,00 m se obtiene:

$$\text{No. de } H \text{ en un sentido} = \frac{3,00 \text{ m}}{0,30 \text{ m}} = 10$$

Dando un total de 19 huellas para los dos sentidos y teniendo una cantidad de contrahuellas = $H + 1 = 20$ contrahuellas. Por lo que se comprueban las relaciones:

- 30 cm > 16,5 cm
- 63 cm ≤ 64cm
- 46.5 = 45 a 48 cm
- 495 = 480 a 500 cm²

Las dimensiones propuestas cumplen las condiciones y relaciones de diseño.

- Altura total

$$h = 19 * 0,165 = 3,14 \text{ m}$$

- Integración de cargas

$$CU = 1,3CM + 1,6CV$$

$$CU = 1,3(2\ 400)(0,165 * 2,30) + 1,6(500 * 2,30)$$

$$CU = 1\ 184,04 + 1\ 840,00 = 3\ 024,04 \text{ kg/m}^2$$

- Momentos actuantes

$$M^- = \frac{CU * L^2}{9} = \frac{3\ 024,04 * 2,3^2}{9} = 1\ 777,46 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M^+ = \frac{CU * L^2}{14} = \frac{3\ 024,04 * 2,3^2}{14} = 1\ 142,66 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo del refuerzo

Tabla XXXV. Datos para refuerzo de módulo de gradas

DATO	VALOR
$f'c$	210 kg/cm ²
fy	2810 kg/cm ²
d	8,5 cm
b	100 cm

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de acero mínimo

$$As_{min} = \frac{14,1}{fy} * b * d = \frac{14,1}{2810} * 8,5 * 100 = 4,27 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$As = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f'c}} \right] * 0,85 \frac{f'c}{fy}$$

$$As^{(-)} = 9,02 \text{ cm}^2$$

$$As^{(+)} = 5,61 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de espaciamiento requerido

Utilizando varillas No.4 que poseen un área de 1,27 cm².

$$S^{(-)} = \frac{1,27 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{9,02 \text{ cm}^2} = 14,08 \text{ cm}$$

Utilizar varilla No. 4 a cada 10 cm

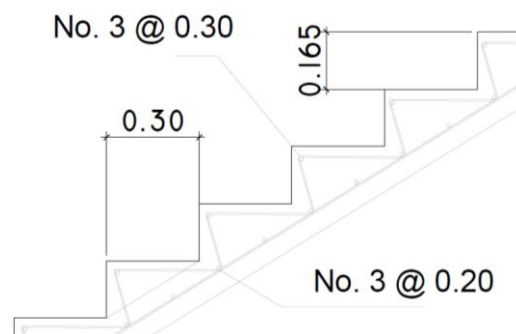
$$S^{(+)} = \frac{1,27 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{5,61 \text{ cm}^2} = 20,00 \text{ cm}$$

Utilizar varilla No. 4 a cada 15 cm

$$S_{max} = 2t = 2(0,165) = 0,33 \text{ cm}$$
$$A_{s_t} = 0,002b * t = 0,002(100) * (16,5) = 1,65 \text{ cm}^2$$

Utilizar varilla No. 4 a cada 30 cm

Figura 37. **Armado general de losa de cimentación**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

2.10. Diseño de instalaciones

Las instalaciones específicas de la edificación son las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.

2.10.1. Instalaciones eléctricas

Se agruparon los circuitos en fuerza e iluminación debido a la diferencia de consumo energético, las unidades de fuerza son de consumo mayor a las de iluminación por lo que se realizan independientemente una de otra. Esto resguarda la iluminación en caso de falla por sobretensión y así resguardar la seguridad de los ocupantes en la edificación.

Los circuitos están conformados por 4 unidades de 80 watts siendo una carga total de 320 watts. La alimentación de carga eléctrica al edificio será de 120 volts, la corriente a través del circuito se calcula mediante:

$$I = \frac{P}{E}$$

Donde:

I = corriente

P = potencia

E = voltaje

$$I = \frac{320}{120} = 2,67 A$$

De acuerdo con lo obtenido se utiliza el conductor No. 12 THHN que tiene una capacidad máxima de 20 A.

Se le asignan una corriente de 120 watts de salida para la instalación de fuerza, cada ambiente posee 4 unidades y se calcula se la siguiente manera:

$$I = \frac{480}{120} = 4 A$$

El detalle de las instalaciones eléctricas se basa en el manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales y se puede ver en los planos finales de la edificación.

2.10.2. Instalaciones sanitarias

Las instalaciones sanitarias se dividen en drenaje pluvial y sanitario.

2.10.2.1. Drenaje pluvial

El fin del drenaje pluvial es la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, se deben diseñar el sistema de acuerdo con los requisitos siguientes:

- Las bajadas ubicadas preferiblemente en paredes exteriores
- Deben estar protegidas por mortero, concreto u otro material
- Cumplir con los diámetros de tubería indicados para cada área

La capacidad de las tuberías de pvc para evacuar la escorrentía según su diámetro se muestra a continuación:

Tabla XXXVI. **Área máxima de PVC para drenaje pluvial**

DIÁMETRO (PLG)	ÁREA MÁXIMA (M²)
2	30
2 ½	60
3	100
4	210
6	625
Para intensidad de lluvia de 200 mm/h	

Fuente: MCCORMAC, Jack C. *Diseño de acabados*. P.192.

El sistema de drenaje pluvial se detalla en planos.

2.10.2.2. Drenaje sanitario

Basándose en la guía de instalaciones sanitarias en edificios, de Luis Rodríguez, se la clasifica la edificación como de segunda clase; es decir, de uso semipúblico, solamente utilizado por las personas de la edificación. El sistema de drenaje sanitario se detalla en planos finales.

2.10.3. Instalaciones hidráulicas

El diseño se realiza con el método de Hunter. Este consiste en que los artefactos tienen un uso intermitente, supone que cuanto mayor es el número de estos, menor es la probabilidad del uso simultáneo.

Se cuenta en las edificaciones un total de 12 sanitarios, 7 lavamanos y 4 urinarios que da un total de 94 unidades hunter por lo que se utilizara una tubería de 3/4" de 160 PSI.

2.11. Planos constructivos

Los planos elaborados son los siguientes:

- Plantas amuebladas y acotadas
- Elevaciones
- Secciones
- Fuerza e iluminación
- Acabados e hidráulica
- Drenajes y bajadas de agua
- Vigas, losas y cimentación
- Detalle de muros, cimientos y columnas
- Detalles sanitarios, gradas y vigas.

2.12. Presupuesto

Tabla XXXVII. Presupuesto de proyecto de instituto básico

No.	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Trazo, estaqueado y nivelación	M2	271,76	Q 21,62	Q 5,875,45
2	Losa de cimentación	M2	271,76	Q 2 492,00	Q 677 225,92
3	Cimiento cc-1	ML	84,70	Q 809,77	Q 68 587,52
4	Levantado de muros del cimiento	M2	17,94	Q 251,89	Q 4 518,91
5	Soleras	ML	84,70	Q 511,65	Q 43,336,76
6	Columna C-1	ML	120,00	Q 2,067,04	Q 248 044,80
7	Columna C-2	ML	117,50	Q 612,39	Q 71 955,83
8	Columna C-3	ML	22,50	Q 502,42	Q 11 304,45
9	Levantado de muros	M2	139,80	Q 333,09	Q 46 565,98
10	Solera intermedia	ML	84,70	Q 799,59	Q 67 725,27
11	Viga V-1	ML	113,00	Q 1 015,40	Q 114 740,20
12	Viga V-2	ML	151,20	Q 1 028,11	Q 155 450,23
13	Viga V-3	ML	39,00	Q 989,43	Q 38 587,77
14	Losa segundo nivel	M2	232,40	Q 688,02	Q 159 895,85
15	Losa primer nivel	M2	232,40	Q 698,59	Q 162 352,32
16	Piso ceramico	M2	464,80	Q 266,09	Q 123 678,63
17	Ventanas de aluminio	M2	36,86	Q 899,22	Q 33 145,25
18	Puertas lamina lisa negra	M2	58,40	Q 638,84	Q 37 308,26
19	Instalaciones eléctricas acometida	UNIDAD	2,00	Q 3025,36	Q 6 050,72
20	Fuerza (tomacorrientes dobles 110 V)	UNIDAD	32,00	Q 379,10	Q 12 131,20
21	Iluminación (bombillas ahorradoras)	UNIDAD	32,00	Q 424,01	Q 13 568,32
22	Instalaciones sanitarias he hidráulicas	UNIDAD	14,00	Q 1 870,78	Q 26 190,92
23	Baranda metálica en 2do nivel con tubo	M2	40,75	Q 667,12	Q 27 185,14
24	Módulo de gradas	UNIDAD	1,00	Q 63 304,69	Q 63 304,69
25	Pintura general	M2	139,80	Q 27,34	Q 3 822,13
Total de la obra					Q 2 222 552,51
					\$ 288 643,18

Fuente: elaboración propia.

2.12.1. Valor presente neto (VPN)

También llamada valor actual neto, es el valor actualizado de los beneficios menos los costos generales, descontados a una tasa convenida que refleje el costo de oportunidad de los recursos invertidos.

Presenta la cantidad de dinero que queda después de haber cubierto los costos, representando con ello la riqueza generada con la inversión. La regla de decisión indica que, si el VAN es mayor a cero la inversión es rentable, si el VAN es igual a cero no existe rentabilidad ni pérdidas en la inversión y si el VAN es menor que cero, este indica pérdidas generadas en la inversión. La escuela, por ser una obra de carácter social, no generará ganancias, sin embargo, lo ideal es que el proyecto sea auto sostenible, es decir que los ingresos cubran los costos, pero no generen utilidades.

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = 0 - 2\,222\,552.51$$

El VPN da como resultado negativo, si bien no genera rentabilidad ni es auto sostenible es de carácter social.

2.12.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de interés en la cual el valor actual neto es igual a cero. Representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaron prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagará con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se produzcan. El proyecto de la escuela no genera interés por ser de beneficio social.

2.13. Cronograma de ejecución

Tabla XXXVIII. Cronograma de ejecución de actividades para escuela

MESES DE EJECUCIÓN		MES No. 1				MES No. 2				MES No. 3				MES No. 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	TRAZO, ESTAQUEADO Y NIVELACIÓN	■	■														
2	LOSA DE CIMENTACIÓN		■	■													
3	CIMIENTO CC-1			■	■												
4	LEVANTADO DE MUROS DEL CIMIENTO				■	■											
5	SOLERAS				■	■											
6	COLUMNA C-1				■	■											
7	COLUMNA C-2				■	■											
8	COLUMNA C-3				■	■											
9	LEVANTADO DE MUROS					■	■	■	■					■	■		
10	SOLERA INTERMEDIA						■	■									
11	VIGA V-1							■	■								
12	VIGA V-2							■	■								
13	VIGA V-3							■	■								
14	LOSA SEGUNDO NIVEL															■	■
15	LOSA PRIMER NIVEL							■	■								
16	PISO CERAMICO								■			■					■
17	VENTANAS DE ALUMINIO ANODIZADO NATURAL Y VIDRIO CLARO 5MM															■	■
18	PUERTAS LAMINA LISA NEGRA															■	■

Tabla XXXIX. **Evaluación de impacto ambiental del proyecto de la escuela de educación básica**

ALTERACIONES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Ruido de maquinaria durante ejecución de la obra.	Realizar las excavaciones en los horarios menos perjudiciales como en los descansos.
Presencia de polvo y partículas en suspensión.	Mantener húmedas las áreas de trabajo, así como los bancos de suelos.
Modificación del suelo debido a cortes y rellenos.	Manejar de forma efectiva y eficaz los volúmenes a extraer y/o rellenan.
Interrupción de la circulación de vehículos y de los peatones.	Dejar vías de paso peatonal en la obra.
Alteración visual de las calles.	Colocar señalamientos para delimitar el área de trabajo y de los bancos de suelo.

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

3.1. Levantamiento topográfico

Se realizó para ubicar los elementos del sistema de alcantarillado sanitario, teniendo los datos claramente consignados en una libreta de campo.

Se llevó a cabo mediante altimetría y planimetría, utilizando los métodos de nivelación simple y conservación de azimut respectivamente.

3.2. Condiciones generales

La aldea El Barreal carece, en su totalidad, de un sistema de alcantarillado sanitario, por lo cual existe una gran cantidad de aguas servidas a flor de tierra que producen enfermedades gastrointestinales.

El sistema de alcantarillado sanitario tiene como objetivo reducir la tasa de morbilidad para los 1 837 habitantes que cuenta en el año 2017 y la población futura con la que contara la aldea El Barreal.

3.3. Tipo de sistema a utilizar

El sistema se diseñará como sistema por gravedad, con los conductos parcialmente llenos. Se proyectará un sistema de alcantarillado sanitario el cual excluirá las aguas pluviales.

3.4. Periodo de diseño

Los proyectos de alcantarillado se proyectan para un periodo de 30 a 40 años a partir de la fecha del desarrollo del diseño. Se utilizará el periodo de diseño de 30 años.

3.5. Fórmulas para cálculo hidráulico

Las fórmulas para el cálculo hidráulico son las siguientes:

3.5.1. Fórmula de Chazy

$$V = C \times \sqrt{R \times S}$$

Donde:

V = velocidad en m/s

R = radio hidráulico

S = pendiente en porcentaje %

C = coeficiente de manning

3.5.2. Fórmula de Manning

$$C = \frac{R^{2/3}}{n}$$

Donde:

- R = radio hidráulico
- n = coeficiente de rugosidad
- C = coeficiente de Manning

Sustituyendo

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

3.5.3. Fórmula de continuidad

$$Q = V \times A$$

Donde:

- Q = caudal en m³/s
- V = velocidad en m/s
- A = área en m²

Siendo el área de la tubería circular

$$A = \frac{D^2 \times \pi}{4}$$

Donde:

- π = 3.1416
- D = diámetro de la tubería en m
- A = área de la tubería en m²

3.6. Pendiente

Las pendientes deberán permitir que las velocidades del caudal sanitario estén en los rangos permitidos siendo 3,00 m/s la velocidad máxima y 0,60 m/s la velocidad mínima.

3.7. Determinación del caudal sanitario

Para el cálculo del caudal sanitario es necesario determinar el caudal domiciliar y conexiones ilícitas.

3.7.1. Caudal domiciliar (Q_{dom})

$$Q_{dom} = \frac{(No. hab) \times (dotación) \times (F. R.)}{86,400}$$

Donde:

- $No. hab$ = número de habitantes
- $Dotación$ = agua en lts/hab/día
- $F. R.$ = factor de retorno en % (0.75 a 0.95)
- Q_{dom} = caudal domiciliar lts/s

3.7.2. Caudal de conexiones ilícitas ($Q_{con-ili}$)

$$Q_{con-ili} = 5 - 10\%Q_{dom}$$

Donde:

- $Q_{con-ili}$ = caudal de conexiones ilícitas lts/s
- Q_{dom} = caudal domiciliar lts/s

3.7.3. Caudal sanitario (Q san)

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{con} - ili$$

Donde:

- Q_{san} = caudal sanitario lts/s
 Q_{dom} = caudal domiciliar lts/s
 $Q_{con} - ili$ = caudal de conexiones ilícitas lts/s

3.7.4. Factor de caudal medio

$$F_{qm} = \frac{Q_{san}}{No. hab}$$

Donde:

- F_{qm} = factor de caudal medio lts/s
 Q_{san} = caudal sanitario lts/s
 $No. hab$ = número de habitantes

No se tomarán en cuenta los caudales comercial e industrial porque no hay en la comunidad, tampoco se utilizará el caudal de infiltración porque la tubería será de PVC.

3.7.5. Factor de Harmond

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

F.H. = factor de Harmond

P = población para servir en miles

3.7.6. Caudal de diseño

$$Q_{dis} = No.hab \times F_{qm} \times F.H.$$

Donde:

Qdis = caudal de diseño lts/s

Fqm = factor de caudal medio lts/s

No.hab = número de habitantes

F.H. = factor de Harmond

3.8. Diseño y cálculo hidráulico

Se diseñará en el tramo inicial del pozo de visita 1 al pozo de visita 2.

3.8.1. Cálculo de pendiente del terreno

Datos:

Cota inicial= 1000 m

Cota final= 998 m

Distancia horizontal= 74,5 m

$$\text{Pendiente del terreno (\%)} = \frac{(1000-998)}{74,5} \times 100 = 2,68\%$$

3.8.2. Cálculo población actual y población futura.

En el tramo inicial se encuentran 10 casas con una densidad de 6 habitantes/vivienda y un crecimiento poblacional de 3,5%.

Datos:

Población actual= *No. casas* × *densidad de habitantes*

Población actual= 10 *viviendas* × 6 $\frac{hab}{viv}$ = 60 *habitantes*

Población futura= $P_o(1 + i)^n$

Población futura= $60(1 + 0,035)^{30} = 259$ *habitantes*

3.8.3. Cálculo del caudal de diseño

Para el cálculo de caudal de diseño se necesita conocer la población actual, población futura, caudal a sección llena y las relaciones hidráulicas.

3.8.3.1. Población actual

$$Q_{dom} = \frac{(No. hab) \times (dotación) \times (F. R.)}{86,400} = \frac{(60) \times (120) \times (0.8)}{86,400} = 0,067 \text{ lts/s}$$

$$Q_{con - ili} = 10\% \times Q_{dom} = 0,007 \text{ lts/s}$$

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{con - ili} = 0,067 + 0,007 = 0,074 \text{ lts/s}$$

$$F_{qm} = \frac{Q_{san}}{No.hab} = \frac{0,074}{60} = 0,0012 \text{ Se utilizará } 0,003$$

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{60}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{60}{1000}}} = 4,30$$

$$Qdis = No.hab \times Fqm \times F.H. = 60 \times 0,003 \times 4,30 = 0,774 \text{ lts/s}$$

3.8.3.2. Población futura

$$Qdom = \frac{(No.hab) \times (dotación) \times (F.R.)}{86,400} = \frac{(168) \times (120) \times (0,8)}{86,400} = 0,187 \text{ lts/s}$$

$$Qcon - ili = 10\% \times Qdom = 0,019 \text{ lts/s}$$

$$Qsan = Qdom + Qcon - ili = 0,187 + 0,018 = 0,206 \text{ lts/s}$$

$$Fqm = \frac{Qsan}{No.hab} = \frac{0,206}{168} = 0,0012 \text{ Se utilizará } 0,003$$

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{168}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{168}{1000}}} = 4,17$$

$$Qdis = No.hab \times Fqm \times F.H. = 168 \times 0,003 \times 4,17 = 2,10 \text{ lts/s}$$

3.8.4. Caudal a sección llena

Utilizando la pendiente del terreno natural y un diámetro de 6" por ser tubería PVC, la velocidad para sección llena nos da como resultado:

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{\left(\frac{0,0254 \times 6}{4}\right)^{2/3} \times (0,0268)^{1/2}}{0,010} = 1,85 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{(0,0254 \times 6)^2 \times \pi}{4} = 0,018m^2$$

$$Q = V \times A = 1,85 \times 0,018 = 0,0333 \times 1000 = 33,3 \text{ lts/s}$$

3.8.5. Relación hidráulica

Las relaciones hidráulicas permiten determinar cómo afectara el caudal de agua a la tubería conforme el transcurso de su vida de servicio.

3.8.5.1. Población actual

$$\frac{Q_{dis}}{Q} = \frac{0,774}{33,3} = 0,02324$$

Utilizando las tablas para determinar las relaciones hidráulicas se obtiene:

$$\frac{v}{V} = 0,413727; v = 0,413727 * 1,85 = 0,77m/s$$

$$\frac{d}{D} = 0,105$$

3.8.5.2. Población futura

$$\frac{Q_{dis}}{Q} = \frac{2,10}{33,3} = 0,063063$$

Utilizando las tablas para determinar las relaciones hidráulicas se obtiene:

$$\frac{v}{V} = 0,559833; v = 0,559833 * 1,85 = 1,04 \text{ m/s}$$

$$\frac{d}{D} = 0,171$$

3.8.6. Cota invert

$$CIE = C_{\text{terreno}} - HP$$

$$CIE = 1000 - 1,00 = 999,00$$

$$CIS = CIE - \frac{(S \times DH)}{100}$$

$$CIS = 999,00 - \frac{(2,68 \times 74,5)}{100} = 997,00 \text{ m}$$

3.8.7. Volumen de excavación

$$Vol = \frac{(hf + fi)}{2} \times DH \times Ancho = \frac{(1,00 + 1,00)}{2} \times 74,5 \times 0,60 = 44,70 \text{ m}^3$$

3.9. Componentes de la red

El sistema de alcantarillado se compone de los siguientes elementos.

3.9.1. Ramales

El alcantarillado sanitario consta de 2 ramales principales, el primero inicia en la estación 1 y el segundo de la estación 17. Ambos convergen en la estación 12u. Un tercer ramal inicia en la estación 12u y termina en la estación 21. Los ramales se ubicarán al centro de las calles para su fácil localización y transporte de las aguas servidas con los parámetros indicados por INFOM.

3.9.2. Pozos de visita

Consta de 21 pozos de visita los cuales sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de colectores, operaciones de limpieza y mantenimiento. Se construirán con paredes de ladrillo, impermeabilizadas con repello y cernido liso, La tapadera el brocal será de concreto armado y el fondo contará con la pendiente necesaria para la conducción del agua. Son de sección circular, con diámetros de 1,20m.

Los criterios para su ubicación son los siguientes:

- Tramos iniciales
- Tramos no mayores de 100m
- Cambio de diámetro en la tubería
- Cambio de pendientes
- Cruce de dos o más tuberías

3.9.3. Diámetros

El diámetro mínimo utilizado en el sistema es de 6", el intermedio es de 8" y el mayor es de 10" en tubería de PVC basada en la norma ASTM F 949, cumpliendo con los requisitos mínimos del INFOM, la profundidad mínima para la tubería NOVAFORT se recomienda 0.80m sobre la corona del tubo en lugares con tráfico vehicular.

3.9.4. Conexiones domiciliarias

Se construirán 120 conexiones domiciliarias cuya finalidad es la de descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al conector central. Se construirán con tubería de cemento de 16" de diámetro, se construirá una

tapadera de concreto armado, se colocará una tubería de PVC de 4" con un ángulo horizontal de 45° y una pendiente de 2%. Se conectarán al ramal central por medio de silletas.

3.9.5. Descargas

El sistema trabajará por gravedad gracias a la topografía del terreno para lo cual la planta de tratamiento se ubicará en la cota más baja del terreno la cual servirá a las 120 viviendas.

3.9.6. Planta de tratamiento

La planta de tratamiento propuesta es un sistema biológico, aeróbico de aeración extendida denominado lodos activos. La información para la planta de tratamiento ha sido proporcionada por Amanco de Guatemala. El sistema de tratamiento de lodos activos se utiliza para tratar aguas residuales que contienen materia orgánica biodegradable en un proceso que consiste en la agitación y aireación de una mezcla de agua de desecho y un lodo de microorganismos seleccionados.

Los microorganismos oxidan la materia orgánica presente en el agua residual hasta transformarla a una forma más estable. Los microorganismos requieren de un medio adecuado que les proporcione oxígeno para multiplicarse rápidamente formando la biomasa.

El proceso se inicia en un tanque de sedimentación primaria. Luego, se añade lodo activado al afluente del tanque y la mezcla pasa a un tanque de aireación. En el tanque el aire atmosférico se mezcla por el líquido por agitación mecánica. En los primeros 15 a 45 minutos la biomasa absorbe los sólidos en

suspensión y los coloides. Los microorganismos descomponen los compuestos de nitrógeno orgánico y destruyen los carbohidratos, al principio el proceso es rápido después decae en las próximas 2 a 5 horas hasta que continúa con un ritmo uniforme durante varias horas. En general, todo el proceso tiene una duración de 6 a 8 horas más.

3.9.7. Planos

Los planos elaborados son los siguientes:

- Planta general
- Curvas de nivel
- Densidad de vivienda
- Localización de pozos de visita
- Planta-perfil
- Detalles de pozos de visita y conexiones domiciliarias.

3.10. Evaluación socioeconómica

Con la evaluación socioeconómica se verifica si el proyecto es factible o no.

3.10.1. Presupuesto

Basándose en los precios unitarios se obtiene el presupuesto general de la obra el cual se resume a continuación:

Tabla XL. **Presupuesto del proyecto de alcantarillado**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS							
	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Directo		
1	TRABAJOS PRELIMINARES						
1.1	Limpieza general	m2	1 343,1	Q 2,54	Q	3 411,47	
1.2	Trazo y replanteo	ml	1 343,1	Q 20,92	Q	28 097,65	
1.3	Excavación	m3	1 810	Q 31,38	Q	56 797,80	
1.4	Relleno	m3	1 680,69	Q 41,01	Q	68 925,10	
1.5	Herramienta	Global			Q	7 861,60	
	SUB TOTAL					Q	165 093.62
2	POZO DE VISITA						
2.1	Pozo de visita	Unidad	21	Q 4 956,78	Q	104 092,38	
3	TUBERIA DE LA RED						
3.1	Tubería de la red	ml	1343,1	Q 378,05	Q	507 758,96	
4	CONEXIONES DOMICILIARES						
4.1	Conexiones domiciliars	Unidad	120	Q 1 589,85	Q	190 782,00	
5	PLANTA DE TRATAMIENTO						
5.1	P.T. 120 Casas	Unidad	1	Q 335 000,00	Q	335 000,00	
TOTAL DE LA OBRA						Q1 302 726,96	
						\$ 173 696,93	

Fuente: elaboración propia.

3.10.2. Valor presente neto (VPN)

También llamada valor actual neto es el valor actualizado de los beneficios menos los costos generales, descontados a una tasa convenida que refleje el costo de oportunidad de los recursos invertidos.

Presenta la cantidad de dinero que queda después de haber cubierto los costos, representando con ello la riqueza generada con la inversión. La regla de decisión indica que, si el VAN es mayor a cero la inversión es rentable, si el VAN es igual a cero no existe rentabilidad ni pérdidas en la inversión y si el VAN es menor que cero este indica pérdidas generadas en la inversión. El alcantarillado por ser una obra de carácter social no busca generar ganancias sin embargo lo ideal es que el proyecto sea auto sostenible, es decir que los ingresos cubran los costos, pero no generen utilidades.

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = 0 - 1,302,726.96$$

El VPN da como resultado negativo, si bien no genera rentabilidad ni es auto sostenible es de carácter social.

3.10.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de interés en la cual el valor actual neto es igual a cero. Representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaron prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagará con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se produzcan. El proyecto de alcantarillado no genera interés por ser de beneficio social.

3.10.5. Estudio de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental determina las alteraciones durante el desarrollo de la ejecución de la obra para tomar las medidas adecuadas, para su mitigación. Para el proyecto del alcantarillado se tienen las siguientes medidas de mitigación.

Tabla XLII. **Evaluación de impacto ambiental del proyecto de alcantarillado sanitario**

ALTERACIONES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Ruido de maquinaria durante ejecución de la obra.	Realizar las excavaciones en los horarios menos perjudiciales como en los descansos.
Presencia de polvo y partículas en suspensión.	Mantener húmedas las áreas de trabajo, así como los bancos de suelos.
Modificación del suelo debido a cortes y rellenos.	Manejar de forma efectiva y eficaz los volúmenes a extraer y/o rellenan.
Interrupción de la circulación de vehículos y de los peatones.	Dejar vías de paso peatonal en la obra.
Alteración visual de las calles.	Colocar señalamientos para delimitar el área de trabajo y de los bancos de suelo.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

- 2 El proyecto del edificio escolar para la aldea Valencia tendrá un área de construcción de 271,76 m². Contará con 6 aulas puras, una dirección y un módulo de baños. Las dimensiones de las aulas son de 6,00 m de ancho y de 7,00 de largo. El costo total del proyecto será de Q. 2 222 552,51 el cual es un valor bastante alto con lo presupuestado por la municipalidad de Q. 1 440 526,39.
- 3 El proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Barreal que beneficiara a la población de 1837 habitantes. 1343,1 metros lineales de conducción y una planta de tratamiento. El costo total del proyecto será de Q. 1 302 726,96.
- 4 Con la construcción del edificio escolar los alumnos tendrán instalaciones amplias y adecuadas para desarrollar de manera óptima el proceso enseñanza-aprendizaje.
- 5 Los elementos estructurales de la edificación están diseñados en base en los momentos, cortes y carga axial críticos por nivel que fueron obtenidos a través del análisis estructural.
- 6 Ambos proyectos son de carácter social por lo que en las evaluaciones socioeconómicas no son factibles, pero se deben tomar en cuenta debido al beneficio social que los proyectos causan.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Jutiapa, Jutiapa:

4. La durabilidad del edificio escolar dependerá del cuidado que se le dé. Se recomienda limpieza general de pisos, puertas y ventanas de manera diaria como también el funcionamiento de dichos elementos.
5. El material por usar para la construcción de la edificación debe evaluarse y tener un certificado de calidad que garantice su buen funcionamiento.
6. Actualizar los precios de materiales y de mano de obra al momento de su ejecución debido a que son datos muy variables.
7. La ejecución de los proyectos debe hacerse preferiblemente en verano para evitar inconvenientes por el traslado de materiales o ejecución de la obra.
8. Capacitar a los COCODES de las comunidades y al personal de la Municipalidad sobre el mantenimiento que se le debe dar al sistema de alcantarillado sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14) y comentario (ACI 318-14)* USA: ACI; 2014, 587 p.
- CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 140p.
- CÓRDOVA GÁLVEZ, Jorge. *Diseño de un edificio de dos niveles para la comunidad pradera del quetzal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad el esfuerzo, Patulul, Suchitepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 201 p.
- INFOM. *Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en zonas rurales de Guatemala*, Guatemala: 2011. 39p.
- Instituto Nacional de Estadística. *Características de la población y de los locales de habitación censados*. Censos nacionales XI de población y VI de habitantes, 2002. Guatemala: INE, 2003. 266p.
- MÉNDEZ BARILLAS, Luis. *Diseño de puente vehicular para la aldea Las Pozas y sistema de alcantarillado sanitario para cantón Canoas, municipio de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad

de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.
143p.

- RAFAEL LOARCA, Marco. *Diseño del mercado comunal de la aldea San Carlos Yajaucu y diseño de pavimento de la avenida de ingreso al casco urbano del municipio de San Juan Ixcoy, departamento de Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2013. 201 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Barreal, Jutiapa

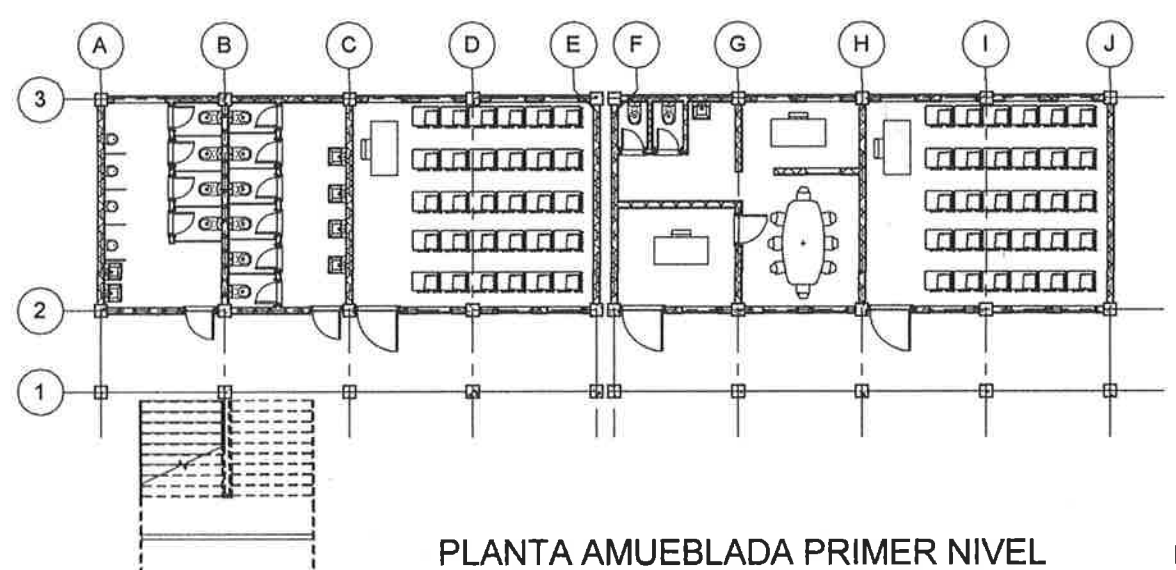
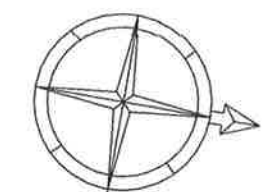
Fuente: elaboración propia, empleando EXCEL.

De	A	cota inicial	cota final	longitud metros	pendiente terreno	numero de casas acu.	Poblacion Futura	Población Actual	Factor del Caudal de Diseño	Factor de hardmon futuro	Factor de hardmon actual	caudal l/s actual	caudal l/s futuro	diametro pulgadas	s %	area tuberia m^2	velocidad seccion llena	capacidad llena l/s	relaciones q/Q actual	relacion v/V actual	velocidad v(m/s) actual	verificar v actual
1	2	1000	998	74.5	2.68	10	168	60	0.0030	4.17	4.30	0.77	2.11	6	2.48	0.018241454	1.9825	36.16	0.02139	0.40	0.80	correcto
2	3	998	998	55.5	0.00	20	337	120	0.0030	4.06	4.22	1.52	4.10	6	0.99	0.018241454	1.2524	22.85	0.06652	0.57	0.71	correcto
3	4	998	997	75	1.33	20	337	120	0.0030	4.06	4.22	1.52	4.10	6	1.00	0.018241454	1.2581	22.95	0.06621	0.57	0.71	correcto
4	5	997	996	75	1.33	20	337	120	0.0030	4.06	4.22	1.52	4.10	6	1.00	0.018241454	1.2581	22.95	0.06621	0.57	0.71	correcto
5	6	996	995	75	1.33	20	337	120	0.0030	4.06	4.22	1.52	4.10	6	1.00	0.018241454	1.2581	22.95	0.06621	0.57	0.71	correcto
6	7	995	995	75	0.00	20	337	120	0.0030	4.06	4.22	1.52	4.10	6	1.00	0.018241454	1.2581	22.95	0.06621	0.57	0.71	correcto
7	8	995	994	75	1.33	28	472	168	0.0030	3.99	4.17	2.10	5.64	6	1.00	0.018241454	1.2581	22.95	0.09168	0.62	0.78	correcto
8	9	994	993	75	1.33	44	741	264	0.0030	3.88	4.10	3.25	8.63	8	1.13	0.032429251	1.6225	52.62	0.06174	0.55	0.90	correcto
9	10	993	993	75	0.00	54	909	324	0.0030	3.83	4.06	3.95	10.44	8	1.00	0.032429251	1.5241	49.42	0.07992	0.60	0.91	correcto
10	11	993	993	75	0.00	66	1111	396	0.0030	3.77	4.02	4.78	12.57	8	1.00	0.032429251	1.5241	49.42	0.09673	0.63	0.97	correcto
11	12U	993	992	75	1.33	78	1314	468	0.0030	3.72	3.99	5.60	14.66	10	1.00	0.050670705	1.7685	89.61	0.06250	0.56	0.98	correcto
17	16	997	995	70	2.86	8	135	48	0.0030	4.21	4.32	0.62	1.70	4	2.64	0.008107313	1.5608	12.65	0.04914	0.52	0.81	correcto
16	15	995	994	31	3.23	12	202	72	0.0030	4.15	4.28	0.92	2.51	6	2.74	0.018241454	2.0832	38.00	0.02433	0.42	0.87	correcto
15	14	994	994	40	0.00	15	253	90	0.0030	4.11	4.26	1.15	3.11	6	1.12	0.018241454	1.3344	24.34	0.04721	0.51	0.68	correcto
14	13	994	993	20	5.00	16	269	96	0.0030	4.10	4.25	1.22	3.31	6	1.25	0.018241454	1.4066	25.66	0.04769	0.51	0.72	correcto
13	12U	993	992	94	1.06	24	404	144	0.0030	4.02	4.20	1.81	4.87	6	3.99	0.018241454	2.5128	45.84	0.03955	0.48	1.22	correcto
12u	18	992	990	93.1	2.15	110	1852	660	0.0030	3.61	3.91	7.74	20.07	10	1.02	0.050670705	1.7865	90.52	0.08551	0.61	1.09	correcto
18	19	990	989	75	1.33	120	2021	720	0.0030	3.58	3.89	8.40	21.72	10	1.13	0.050670705	1.8827	95.40	0.08802	0.62	1.16	correcto
19	20	989	988	75	1.33	120	2021	720	0.0030	3.58	3.89	8.40	21.72	10	1.00	0.050670705	1.7685	89.61	0.09370	0.63	1.11	correcto
20	21	988	987	40	2.50	120	2021	720	0.0030	3.58	3.89	8.40	21.72	10	1.12	0.050670705	1.8758	95.05	0.08834	0.62	1.15	correcto

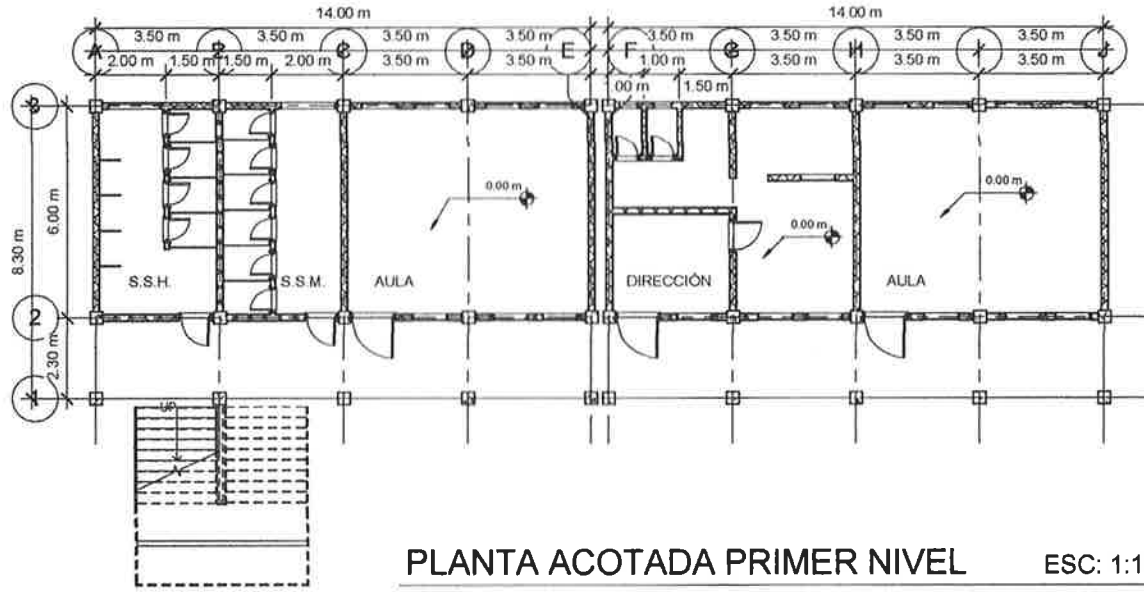
tirante d/D actual	verificar d/D actual	relaciones q/Q futuro	relacion v/V futuro	velocidad v(m/s) futuro	verificar v futuro	tirante d/D futuro	verificar d/D futuro	altura pozo agua arriba	cota invert agua arriba	altuar pozo agua abajo	cota invert agua abajo	pendiente tuberia	condicion pendiente >11%	volumen excavacion entre pozo	velocidad
0.10	correcto	0.0583	0.54	1.08	correcto	0.16	correcto	1.00	999.05	1.00	997.20	2.48	continuar	44.70	1.08
0.17	correcto	0.1794	0.76	0.95	correcto	0.29	correcto	1.00	997.05	1.70	996.50	0.99	continuar	44.96	0.95
0.17	correcto	0.1786	0.76	0.95	correcto	0.29	correcto	1.70	996.35	1.60	995.60	1.00	continuar	74.25	0.95
0.17	correcto	0.1786	0.76	0.95	correcto	0.29	correcto	1.60	995.45	1.50	994.70	1.00	continuar	69.75	0.95
0.17	correcto	0.1786	0.76	0.95	correcto	0.29	correcto	1.50	994.55	1.40	993.80	1.00	continuar	65.25	0.95
0.17	correcto	0.1786	0.76	0.95	correcto	0.29	correcto	1.40	993.65	2.30	992.90	1.00	continuar	83.25	0.95
0.20	correcto	0.2458	0.83	1.04	correcto	0.34	correcto	2.30	992.75	2.20	992.00	1.00	continuar	101.25	1.04
0.17	correcto	0.1639	0.74	1.19	correcto	0.27	correcto	2.20	991.85	2.20	991.00	1.13	continuar	99.00	1.19
0.19	correcto	0.2112	0.79	1.21	correcto	0.31	correcto	2.20	990.85	3.10	990.10	1.00	continuar	119.25	1.21
0.21	correcto	0.2543	0.83	1.27	correcto	0.34	correcto	3.10	989.95	4.00	989.20	1.00	continuar	159.75	1.27
0.17	correcto	0.1636	0.74	1.30	correcto	0.27	correcto	4.00	989.05	3.90	988.30	1.00	continuar	177.75	1.30
0.15	correcto	0.1343	0.70	1.09	correcto	0.25	correcto	1.00	996.05	1.00	994.20	2.64	continuar	42.00	1.09
0.11	correcto	0.0662	0.57	1.18	correcto	0.17	correcto	1.00	994.05	1.00	993.20	2.74	continuar	18.60	1.18
0.15	correcto	0.1279	0.69	0.92	correcto	0.24	correcto	1.00	993.05	1.60	992.60	1.12	continuar	31.20	0.92
0.15	correcto	0.1291	0.69	0.97	correcto	0.24	correcto	1.60	992.45	1.00	992.20	1.25	continuar	15.60	0.97
0.14	correcto	0.1063	0.65	1.64	correcto	0.22	correcto	1.00	992.05	3.90	988.30	3.99	continuar	138.18	1.64
0.20	correcto	0.2217	0.80	1.43	correcto	0.32	correcto	3.90	988.15	3.00	987.20	1.02	continuar	192.72	1.43
0.20	correcto	0.2277	0.81	1.52	correcto	0.32	correcto	3.00	987.05	3.00	986.20	1.13	continuar	135.00	1.52
0.21	correcto	0.2424	0.82	1.46	correcto	0.34	correcto	3.00	986.05	2.90	985.30	1.00	continuar	132.75	1.46
0.20	correcto	0.2285	0.81	1.52	correcto	0.33	correcto	2.90	985.15	2.50	984.70	1.12	continuar	64.80	1.52

**Apéndice 2. Planos constructivos del instituto de educación básica
para la aldea Valencia, Jutiapa**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL ESC: 1:100



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL ESC: 1:100



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL ESC: 1:100



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL ESC: 1:100

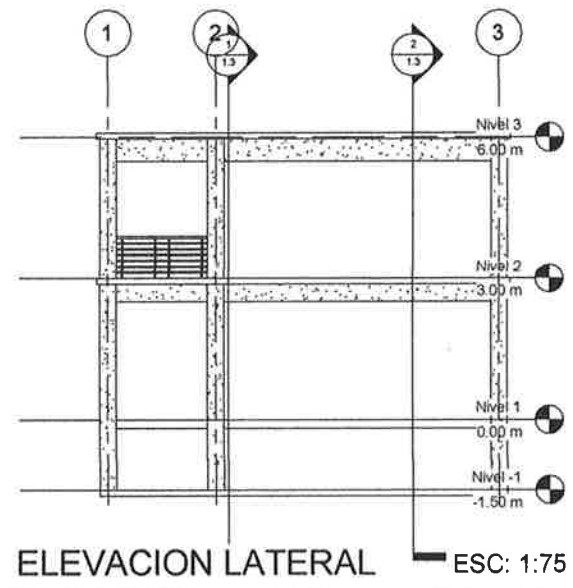
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Facultad de Ingeniería
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: *Infraestructura de saneamiento*
 ANÁLISIS Y SUPERVISIÓN DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 PLANTAS AMUEBLADAS Y ACOTADAS

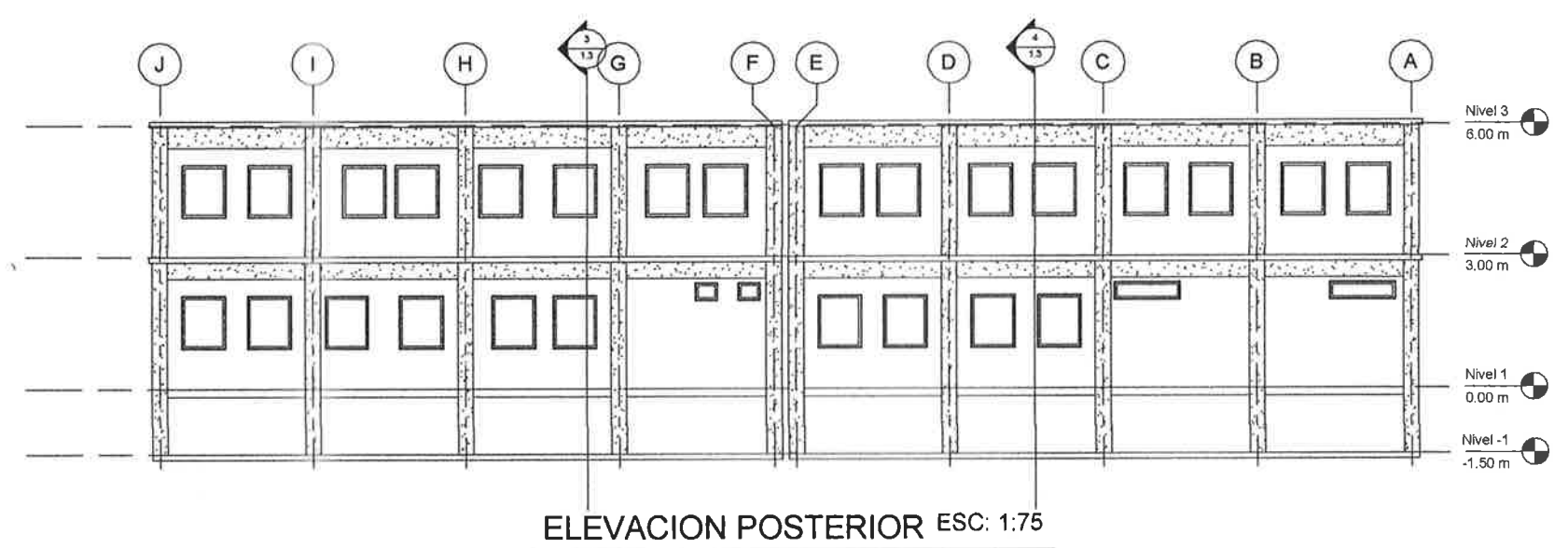
ANALISTA SUPERVISOR DE EPS
 Ing. Manuel Alfredo Arce Valencia
 ALDEA VALENCIA, JUTIAPA

ESCALA: INDICADA
 FECHA: NOVIEMBRE 2011

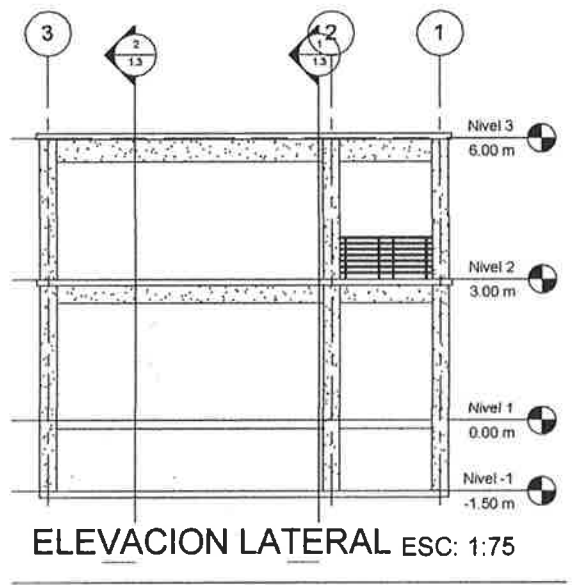
1/9



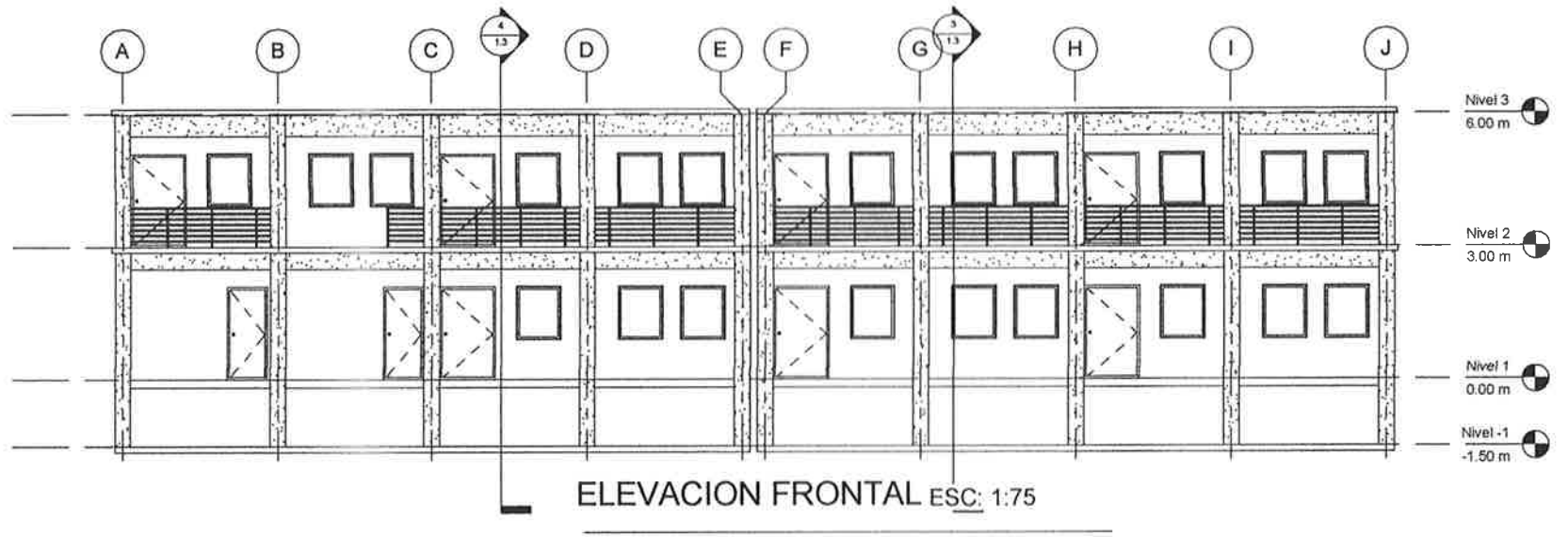
ELEVACION LATERAL ESC: 1:75



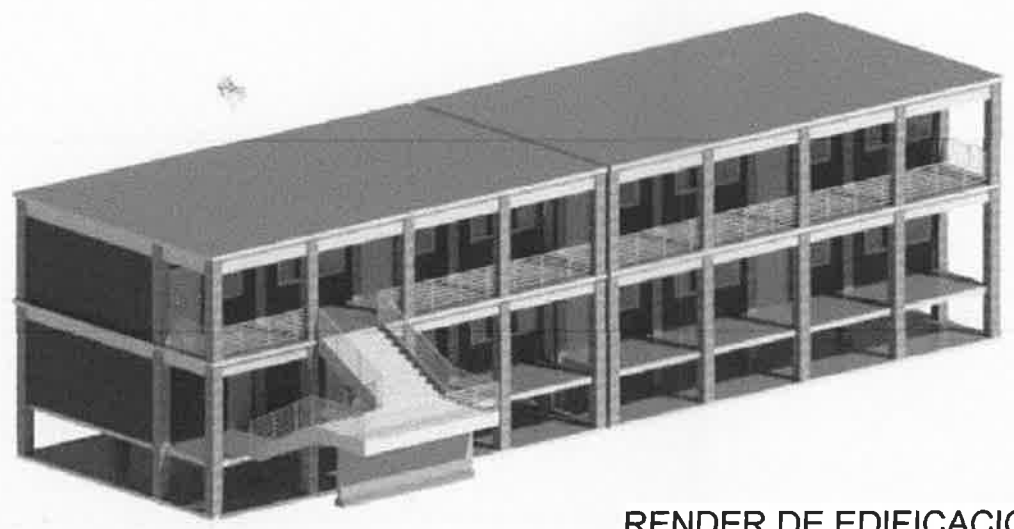
ELEVACION POSTERIOR ESC: 1:75



ELEVACION LATERAL ESC: 1:75



ELEVACION FRONTAL ESC: 1:75



RENDER DE EDIFICACIÓN

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO:
 DISEÑO DE INSTITUTO BASICO PARA LA LÍNEA VALENCIA, JUTIAPA.

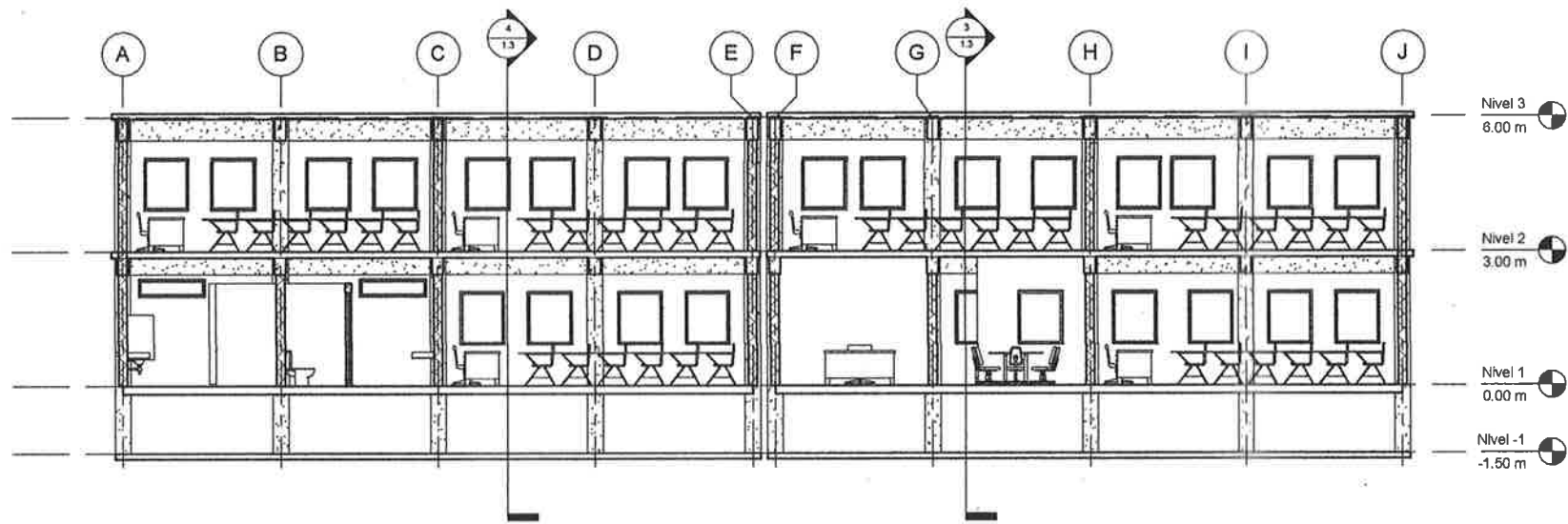
CONTENIDO:
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Pacheta
 ASESOR / SUPERVISOR DE EPS

ESCALA: INDICADA
 FECHA: NOVIEMBRE 2017

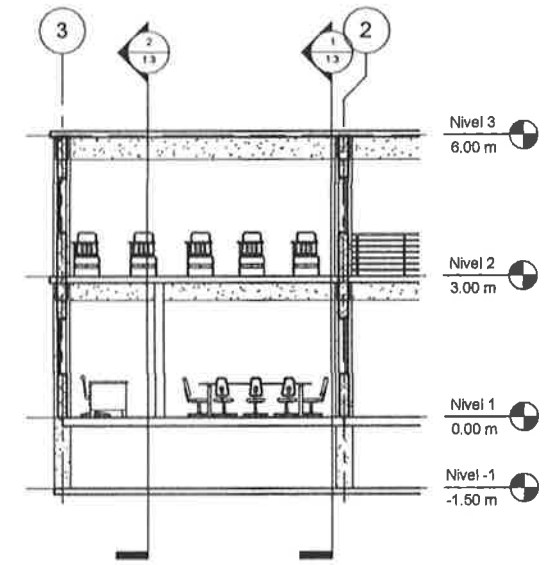
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS
 CARLOS ANDRÉS PÉREZ ROSALES
 2013-191

Facultad de Ingeniería

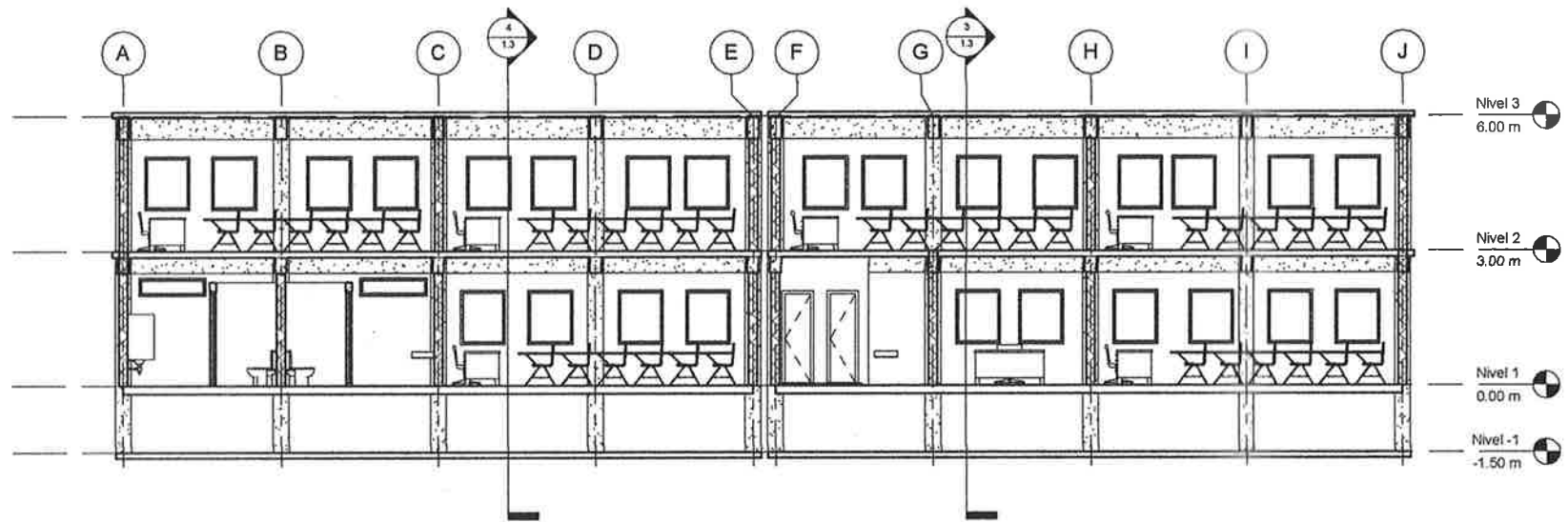
2 / 9



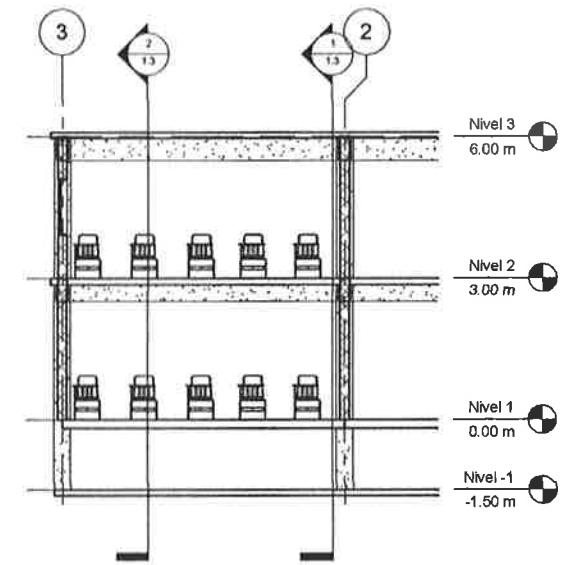
SECCIÓN 1-4 ESC: 1:75



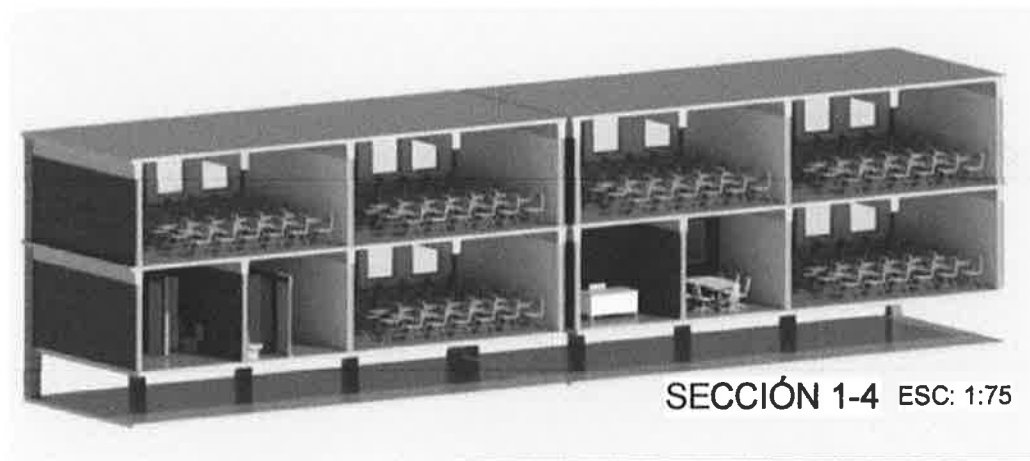
SECCIÓN 3-4 ESC: 1:75



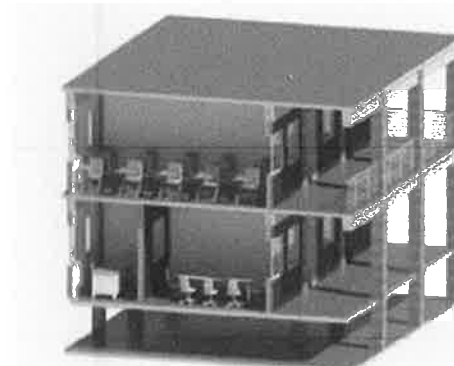
SECCIÓN 2-4 ESC: 1:75



SECCIÓN 4-4 ESC: 1:75



SECCIÓN 1-4 ESC: 1:75



SECCIÓN 3-4 ESC: 1:75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Universidad de San Carlos de Guatemala

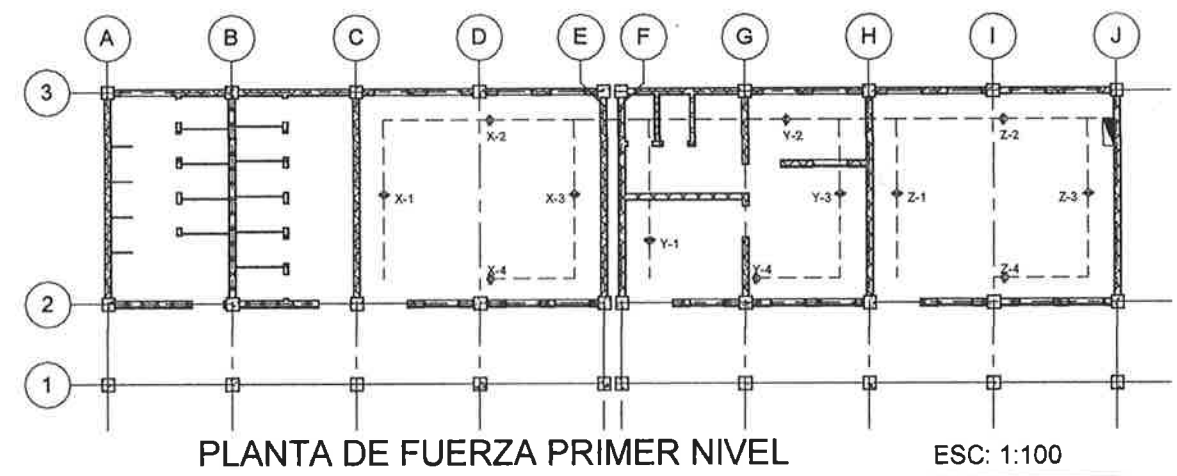
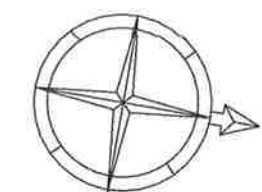
PROYECTO:
 DISEÑO DE INSTITUTO BASICO PARA LA RED DE VALENCIA, JUTIAPA

ESCrito por: Ing. Manuel Alfredo Arroyave Ochoa
 ASISTENTE TECNICO DE EPS

ESCALA: INDICADA
 FECHA: NOVIEMBRE 2017

UNIDAD DE PRÁCTICA DE INGENIERIA VEP
 Facultad de Ingeniería

3 / 9



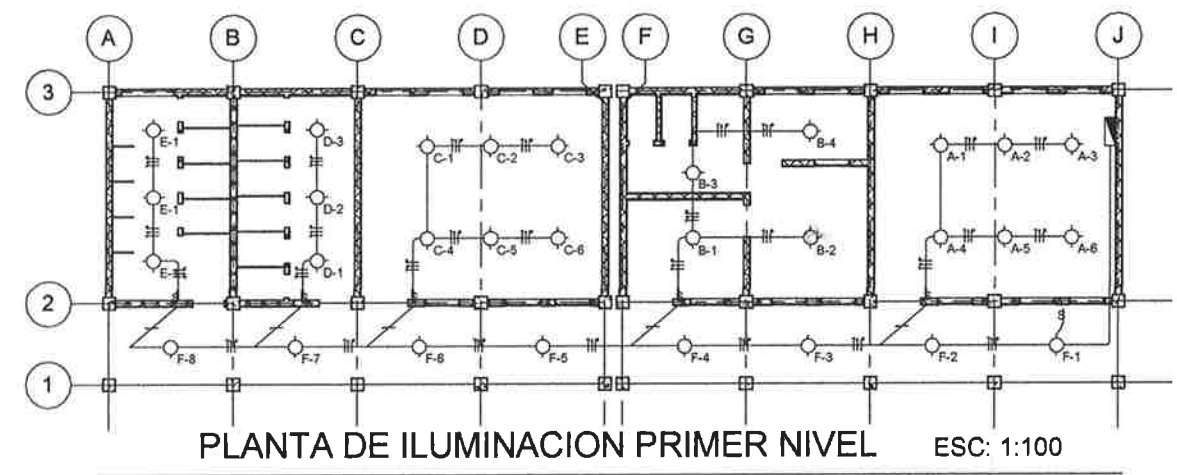
PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL ESC: 1:100



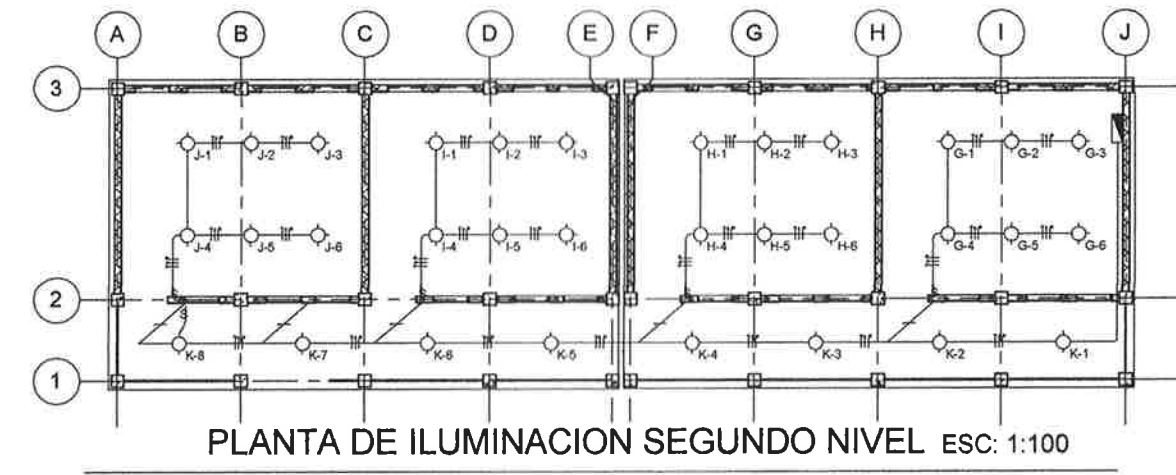
PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL ESC: 1:100

SIMBOLOGIA DE FUERZA	
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE CIRCUITOS
	INDICA TUBERIA EN CIELO PISO O PARED
	INDICA TUBERIA PARA TABLERO RH
	TOCAMORRIENTES DOBLE

CIRCUITO	UNIDAD	FLIPON
CIRCUITO Z	4	1x 20 AMP
CIRCUITO Y	4	1x 20 AMP
CIRCUITO X	4	1x 20 AMP
CIRCUITO W	4	1x 20 AMP
CIRCUITO V	4	1x 20 AMP
CIRCUITO U	4	1x 20 AMP
CIRCUITO T	4	1x 20 AMP



PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL ESC: 1:100



PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL ESC: 1:100

SIMBOLOGIA DE ILUMINACION	
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE CIRCUITOS
	INDICA TUBERIA EN CIELO PISO O PARED
	DUCTO ELECTRICO Ø 3/4"
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	PLAFONERA + LAMPARA FLUORESCENTE

ESPECIFICACIONES

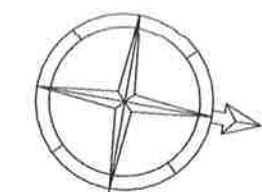
- LA TUBERIA A UTILIZAR EN LA INSTALACION ELECTRICA SERA POLDUCTO DE Ø 3/4".
- EL CALIBRE ES DE 10.
- LOS INTERRUPTORES DEBEN ESTAR COLOCADOS A UNA ALTURA DE 1.20 m.

NOTAS

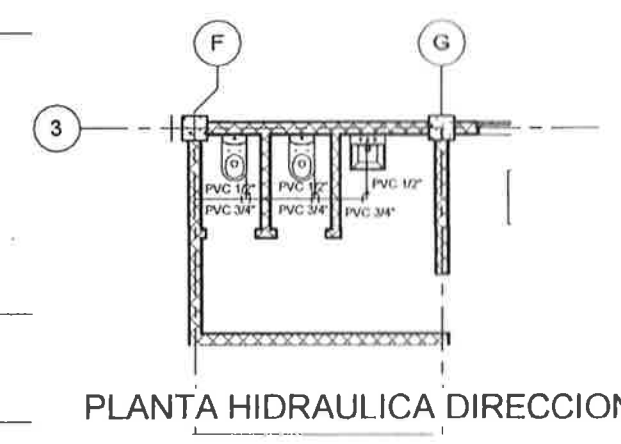
1. PARA CARGAS MENORES DE 2.5 Kw EL NEUTRO DE LA INSTALACION DEBE ESTAR SOLIDAMENTE CONECTADO A TIERRA, TAMBIEN PARA CARGAS MAYORES DE 2.5 Kw.
2. LA ALTURA DEL CONTADOR SERA DE 1.90 m. SI SE COLOCA DENTRO DEL TERRENO POR RAZON VALIDA.

CIRCUITO	UNIDAD	FLIPON
CIRCUITOS	11	1x 20 AMP

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 PROYECTO:
 DISEÑO DE INSTITUTO BASICO PARA LA ZONA VALENCIA, JUTIAPA
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 ASPE PLANTA DE FUERZA E ILUMINACION
 Unidad de Ciencias de la Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería
 ESCALA: HOJADA
 FECHA: NOVIEMBRE 2011
 4 / 9

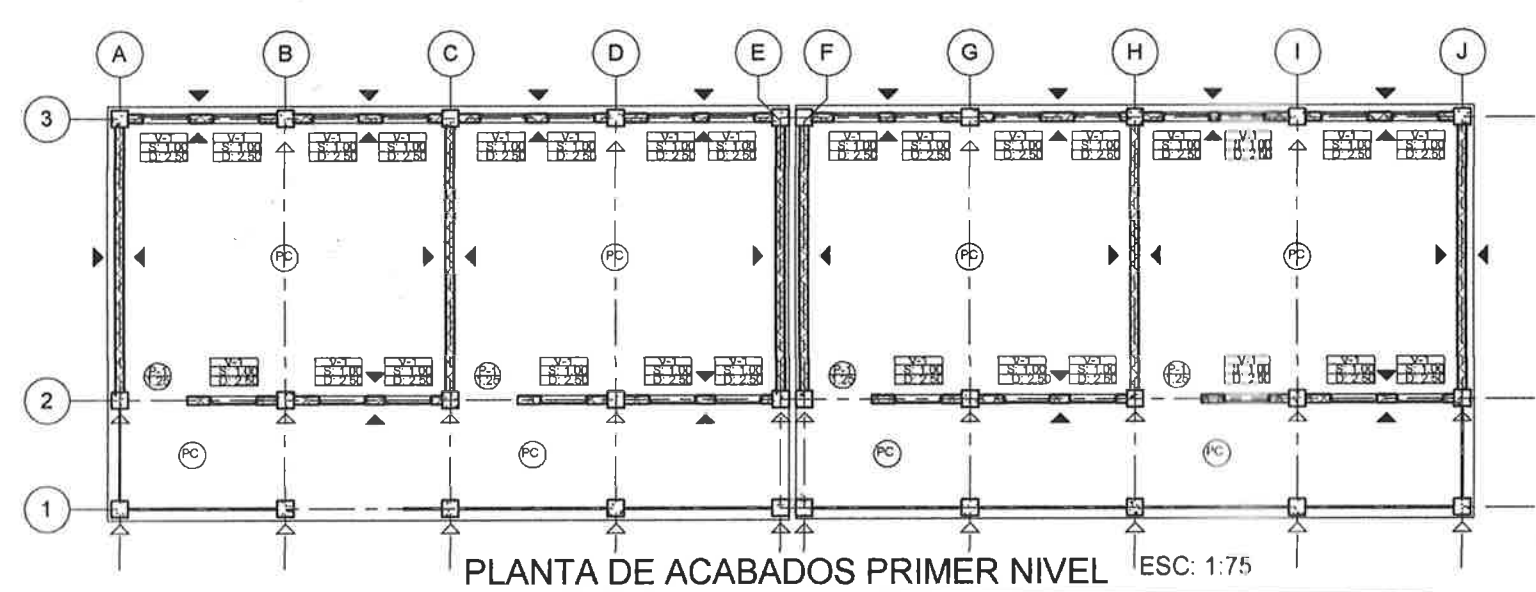


PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL ESC: 1:75

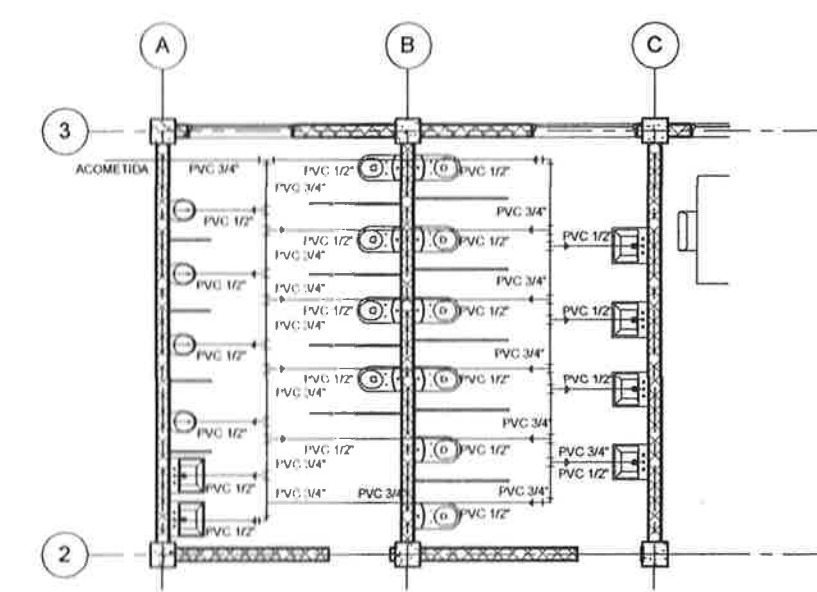


PLANTA HIDRAULICA DIRECCION ESC: 1:50

SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
	TUBO PVC Ø 3/4" Y 1/2"
	REDUCTOR DE 3/4" A 1/2"
	CODO A 90°



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL ESC: 1:75



PLANTA HIDRAULICA MODULO DE BAÑOS ESC: 1:50

PLANILLA DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	DINTEL	SILLAR	MATERIAL
V-1	1.25	1.50	2.50	1.00	VIDRIO DE 4mm PINTURA ANTICORROSIVA BLANCA
V-2	1.25	0.50	2.50	2.00	VIDRIO DE 4mm PINTURA ANTICORROSIVA BLANCA
V-3	0.50	0.50	2.50	2.00	VIDRIO DE 4mm PINTURA ANTICORROSIVA BLANCA

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	TIPO DE ABATIMIENTO
P-1	1.25	2.10	LAMINA LISA NEGRA CAL 3/64" + 2 MANOS DE PINTURA BLANCA	180°
P-2	0.90	2.10	LAMINA LISA NEGRA CAL 3/64" + 2 MANOS DE PINTURA BLANCA	90°
P-3	0.70	2.10	LAMINA LISA NEGRA CAL 3/64" + 2 MANOS DE PINTURA BLANCA	90°

SIMBOLOGIA DE ACABADOS	
	TIPO DE VENTANA ALTURA DEL SILLAR DE VENTANA ALTURA DEL DINTEL DE VENTANA
	TIPO DE PUERTA BANO DE PUERTA
	PISO CERAMICO
	INDICA REPELLO GRIS + CERNIDO VERTICAL + PINTURA
	INDICA BLOCK VISTO SISADO COLUMNAS Y SOLERAS TALLADAS + PINTURA
	AZULEJO TIPO NACIONAL fr= 1.20 m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO DE INGENIERIA EN LA ALDEA VALENCIA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTAS DE ACABADOS E HIDRAULICA

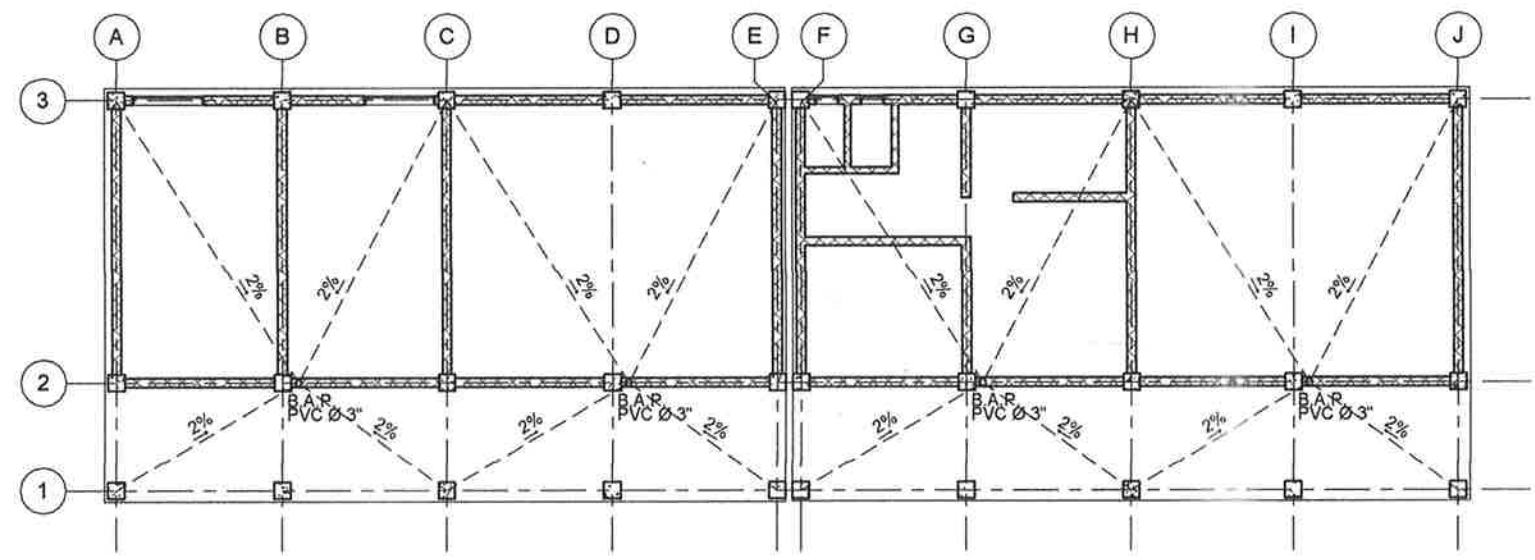
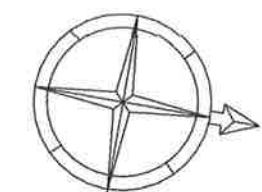
ING. JUAN CARLOS GONZALEZ
AGENCIADOR SUPERVISOR DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería

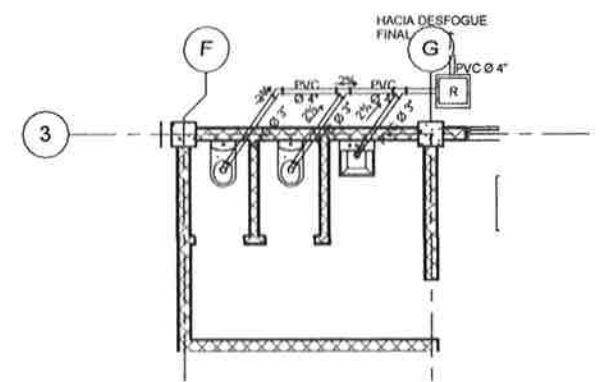
Facultad de Ingeniería

ESCALA: INDICADA
FECHA: NOVIEMBRE 2017

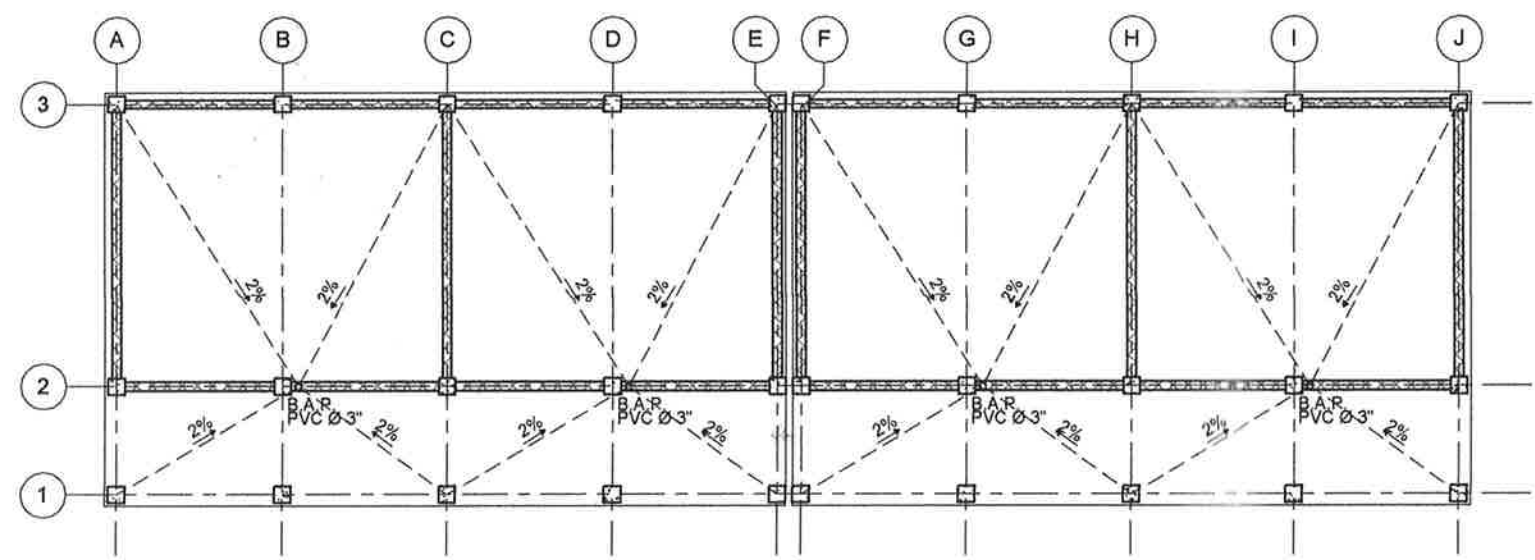
5 / 9



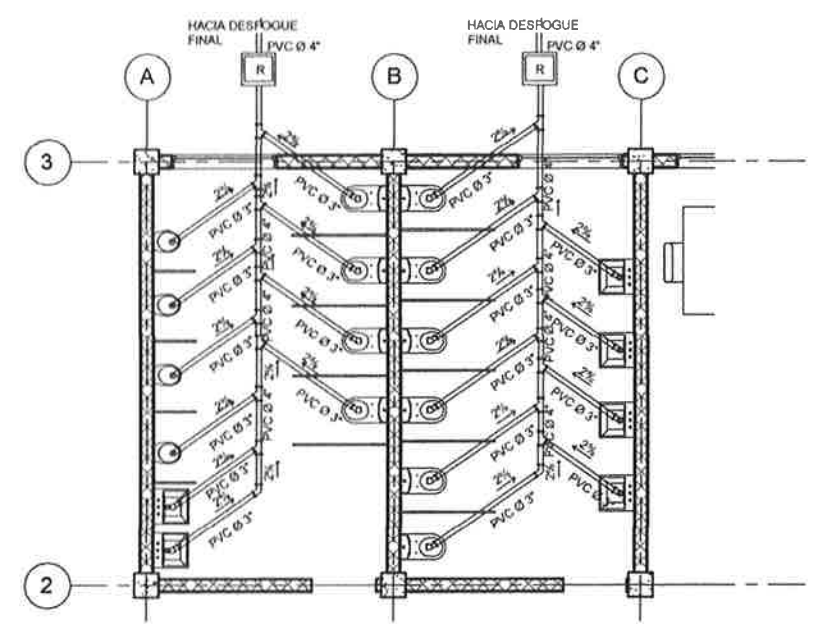
PLANTA DE AGUA PLUVIAL PRIMER NIVEL ESC: 1:75



PLANTA DRENAJES DIRECCION ESC: 1:50



PLANTA DE AGUA PLUVIAL SEGUNDO NIVEL ESC: 1:75



PLANTA DE DRENAJES MODULO DE BAÑOS ESC: 1:50

SIMBOLOGIA AGUA PLUVIAL	
	PENDIENTE DE TUBERIA
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL
	CONDUCCION DE AGUAS PLUVIALES
	TUBERIA DE PVC Ø 3"

SIMBOLOGIA AGUA PLUVIAL	
	TUBO PVC Ø 4" Y 3"
	CODO PVC HORIZONTAL A 45°
	T" PVC HORIZONTAL
	CODO PVC A 90° VERTICAL
	PENDIENTE DE TUBERIA
	TUBERIA DE PVC
	CAJA DE REGISTRO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

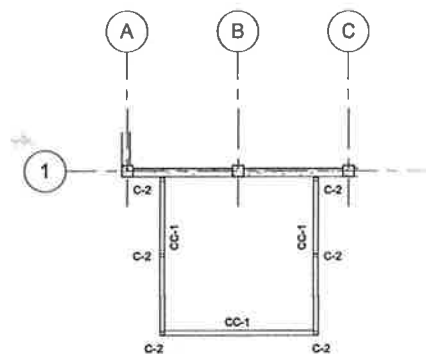
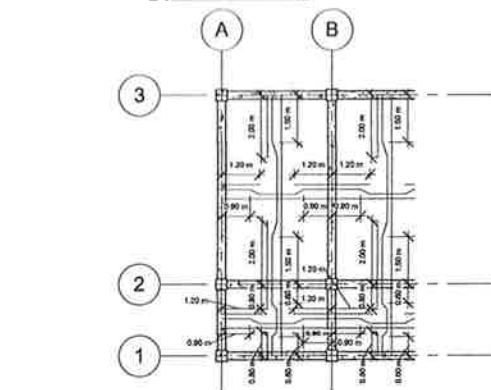
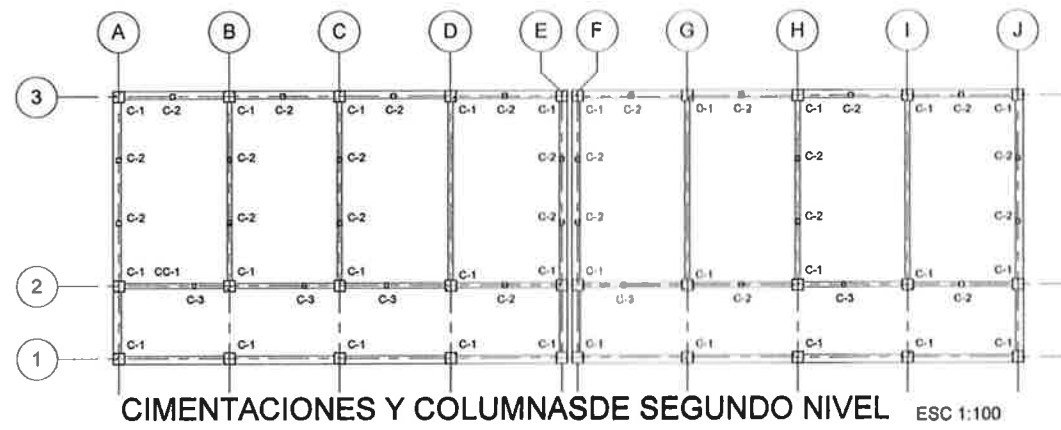
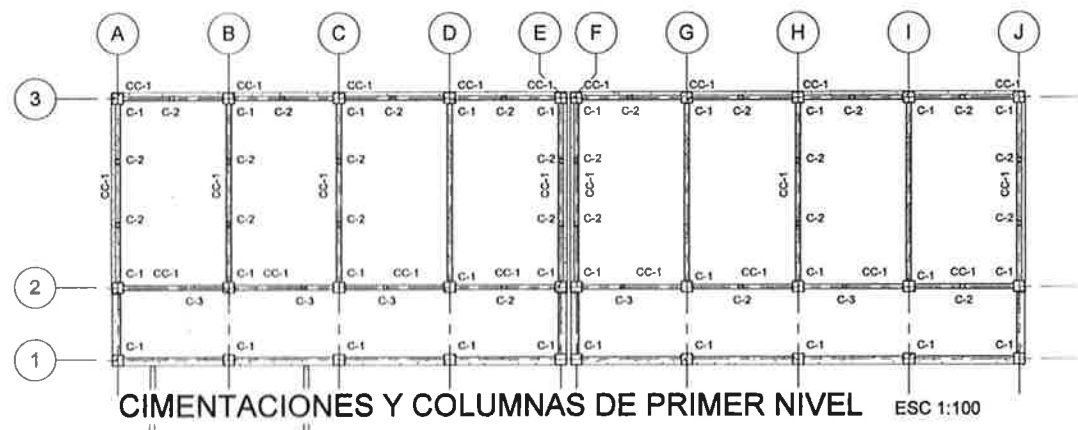
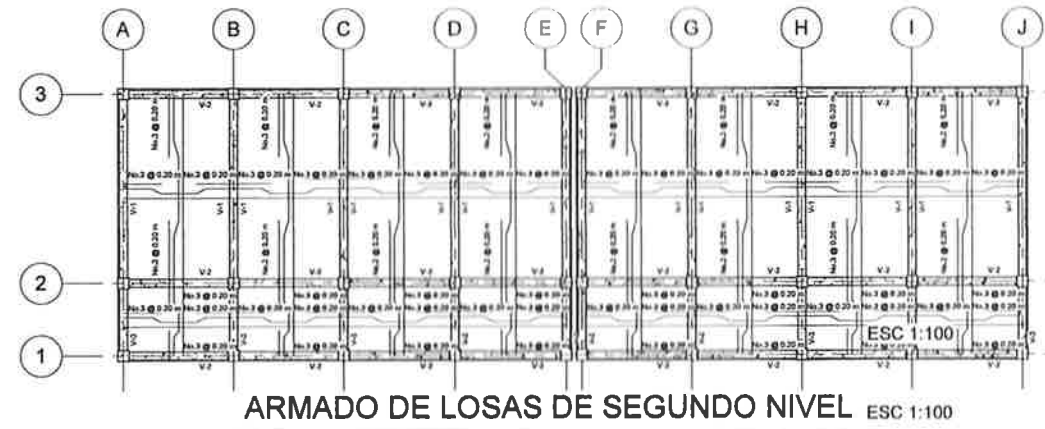
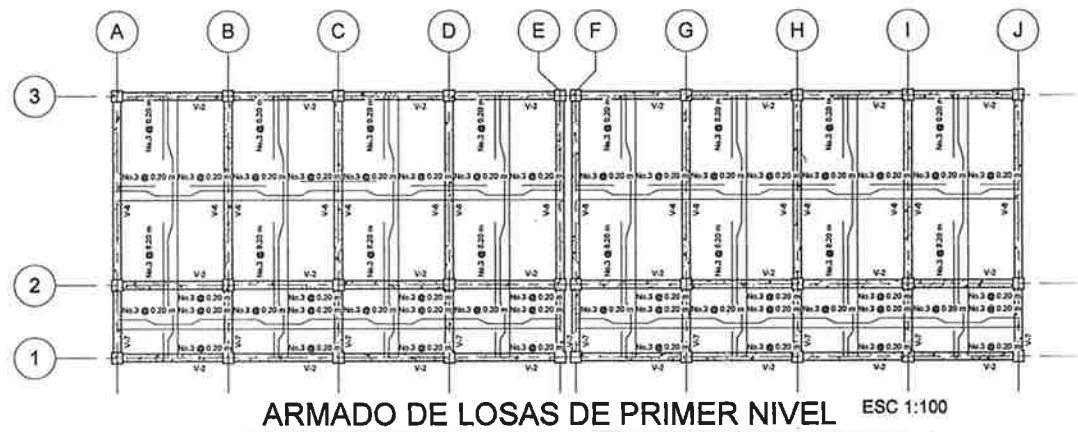
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 INSTITUTO VASCO PARA EL DESARROLLO DE VALENCIA, JUTIAPA.

CONTENIDO: PLANOS DE DRENAJES Y TUBERIA PLUVIAL

ELABORADO POR: CARLOS ANDRÉS PEREZ COLLA
 2013-08-14

ESCALA: INDICADA
 FECHA: NOVIEMBRE 2017

6 / 9



NOTA:
 LAS COLUMNAS PRINCIPALES DESCANSAN SOBRE UNA LOSA DE CIMENTACION.
 LOS DETALLES DE CADA ELEMENTO ESTRUCTURAL SE ENCUENTRAN DETALLADOS EN LOS PLANOS DE DETALLES.

SIMBOLOGIA	
C-1	COLUMNA
CC-1	CIMIENTO CORRIDO

ESPECIFICACIONES:
 DISEÑO DE LOSAS MÉTODO 3 ACI 318 08
 CONCRETO 3000 PSI
 ACERO GRADO 40
 ESPESOR DE LOSA 0.11 m
 RECUBRIMIENTO 2.54 CM

SIMBOLOGIA	
—	INDICA BASTON
—	INDICA TENSIÓN
—	INDICA RIEL
V-1	TIPO DE VIGA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
 DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA DE GUATEMALA

CONTENIDO

PLANTA DE LOSAS Y CIMENTACION

ESCALA: 1:100

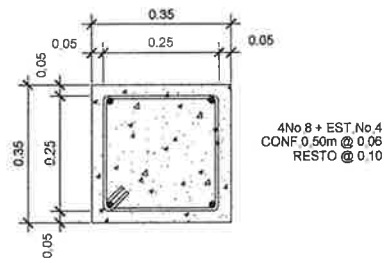
FECHA: OCTUBRE 2014

DISEÑO: CALDERÓN PEREZ / 2014

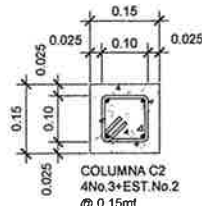
PROFESOR - SUPERVISOR DE EPS: Alfredo Arrington Lichstein

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS

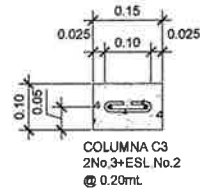
Facultad de Ingeniería



COLUMNA C-1
DETALLE SECCION ESC: 1/10

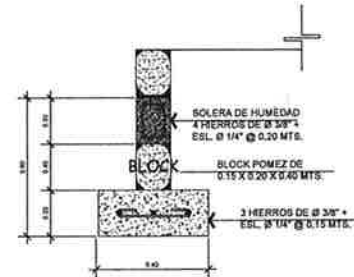


COLUMNA C2
DETALLE PLANTA ESC: 1/10

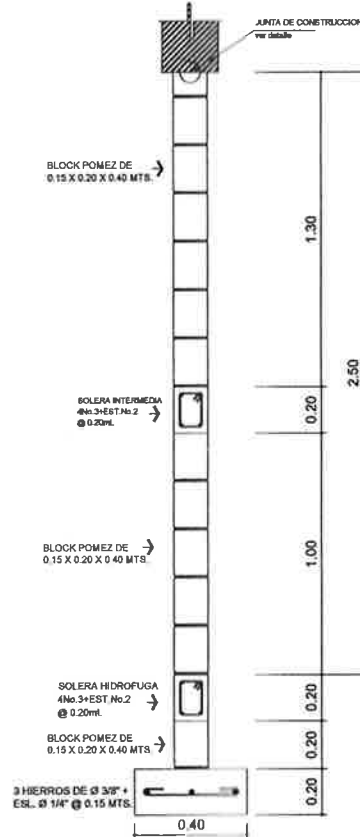


COLUMNA C3
DETALLE PLANTA ESC: 1/10

CONCRETO	
F'c = CONCRETO 4000 lbs/plg ² A LOS 28 DIAS AGREGADO ϕ 3/4"	
ACERO DE REFUERZO	
Fy = 40,000 Lbs/Plg ²	
MAMPOSTERIA	
F'm = 35 Kg/Cm ²	
SOPORTE DE SUELO	
ASUMIDO 33 T/m ²	
CODIGOS DE REFERENCIA	
ACI-318-08 AGIES NSE 2010	
EMPALMES DE VARILLAS Y LONGITUDES DE ANLAJE	
VARILLA	LONGITUD A LONGITUD B
No 3	0.40 m 0.12 m
No 4	0.50 m 0.16 m
No 5	0.60 m 0.20 m
No 6	0.70 m 0.25 m
No 8	0.80 m 0.30 m
RECUBRIMIENTOS	
CIMENTOS	7 cm.
ZAPATAS	7.5 cm.
COLUMNAS	5 cm.
VIGAS	4 cm.

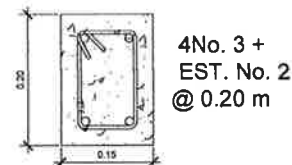


DETALLE CC-1
CIMENTO CORRIDO TIPO CC-1 ESC: 1/10

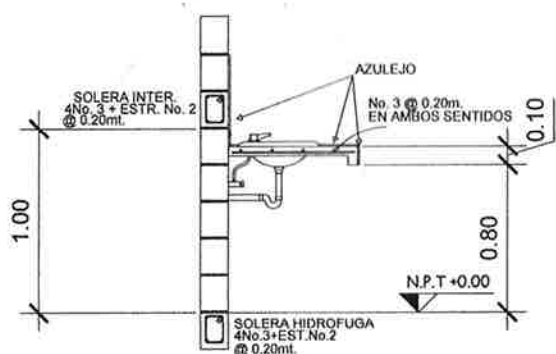


SECCION E-E'
CORTE TÍPICO DE MURO 2do NIVEL ESC: 1/10

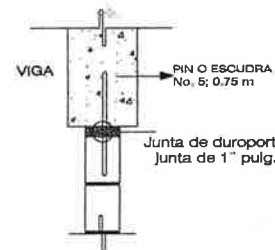
SECCION B-B'
CORTE TÍPICO DE MURO 1er NIVEL ESC: 1/10



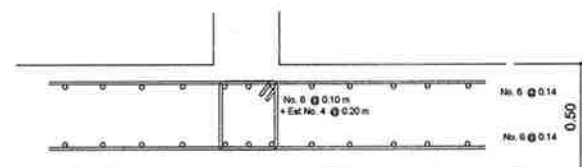
SOLERA S1
DETALLE PLANTA ESC: 1/10



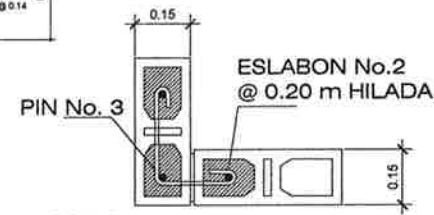
DET. SOPORTE DE LAVAMANOS
ESC: 1/10



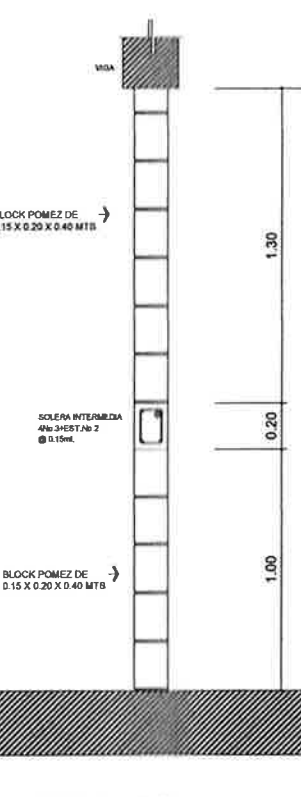
DETALLE DE JUNTA
JUNTA DE CONSTRUCCION ESC: 1/10



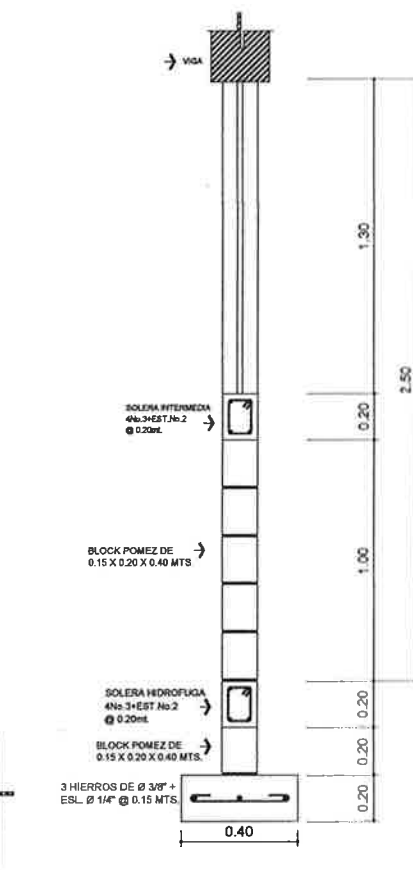
LOSA DE CIMENTACION
DETALLE SECCION ESC: SIN ESCALA



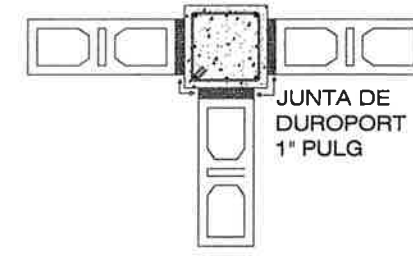
PIN 1
DETALLE SECCION ESC: 1/10



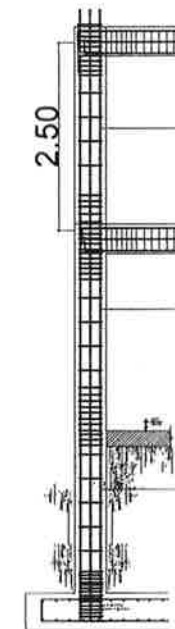
SECCION D-D'
CORTE TÍPICO DE MURO 1er NIVEL ESC: 1/10



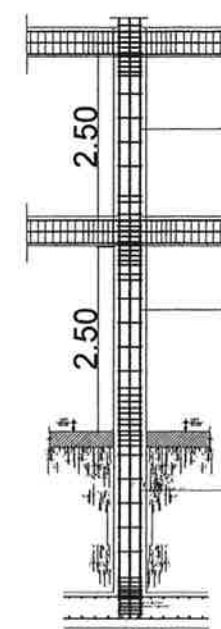
SECCION C-C'
CORTE TÍPICO DE MURO 1er NIVEL ESC: 1/10



DETALLE DE JUNTA
DETALLE SECCION ESC: 1/10



DETALLE DE COLUMNA
CORTE TÍPICO DE COLUMNA ESC: SIN ESCALA



DETALLE DE COLUMNA
CORTE TÍPICO DE COLUMNA ESC: SIN ESCALA

JUNTA DE DUOPORT
2" PULG

DETALLE DE JUNTA SISMICA
DETALLE SECCION ESC: SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO
DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA, JUTIAPA

CONTENIDO
DETALLE DE MUROS, CIMENTOS Y COLUMNAS

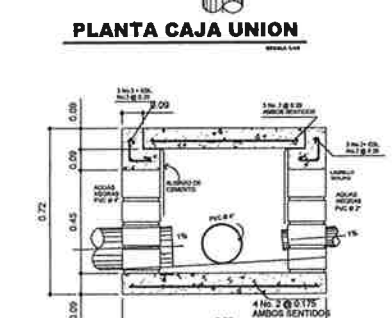
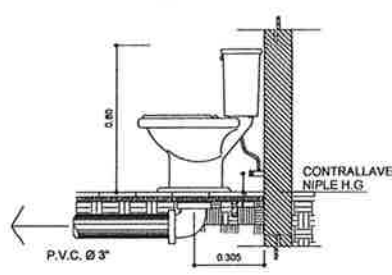
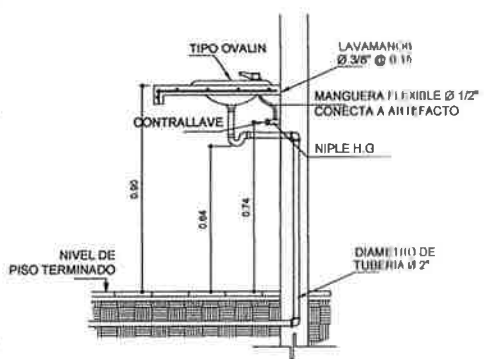
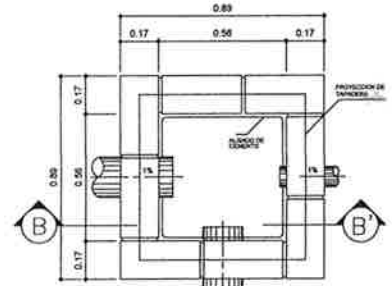
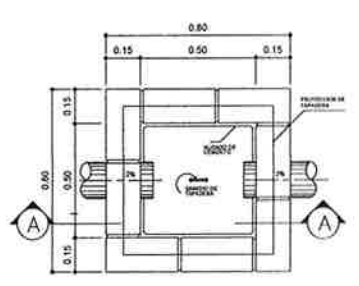
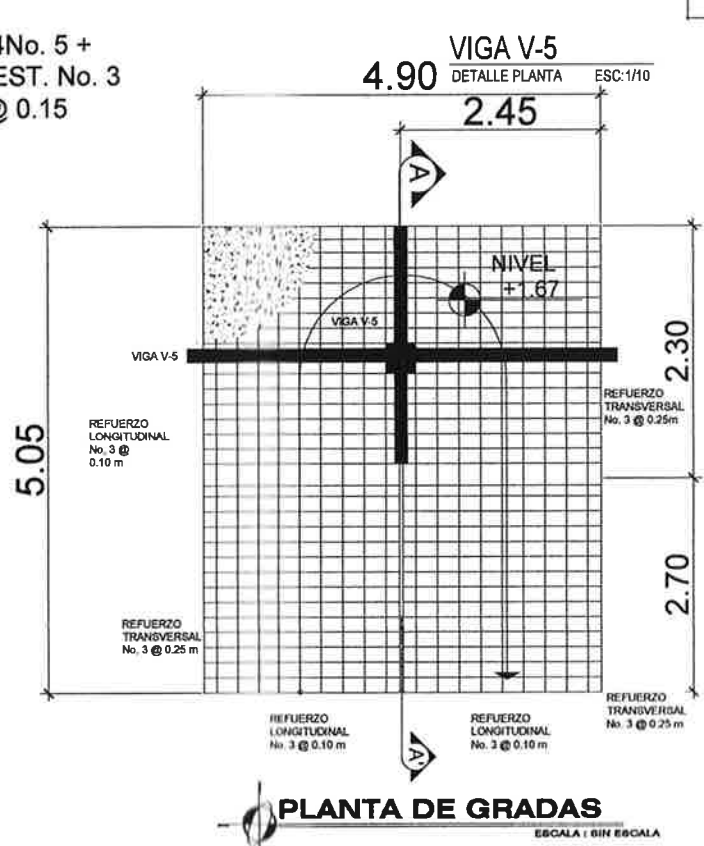
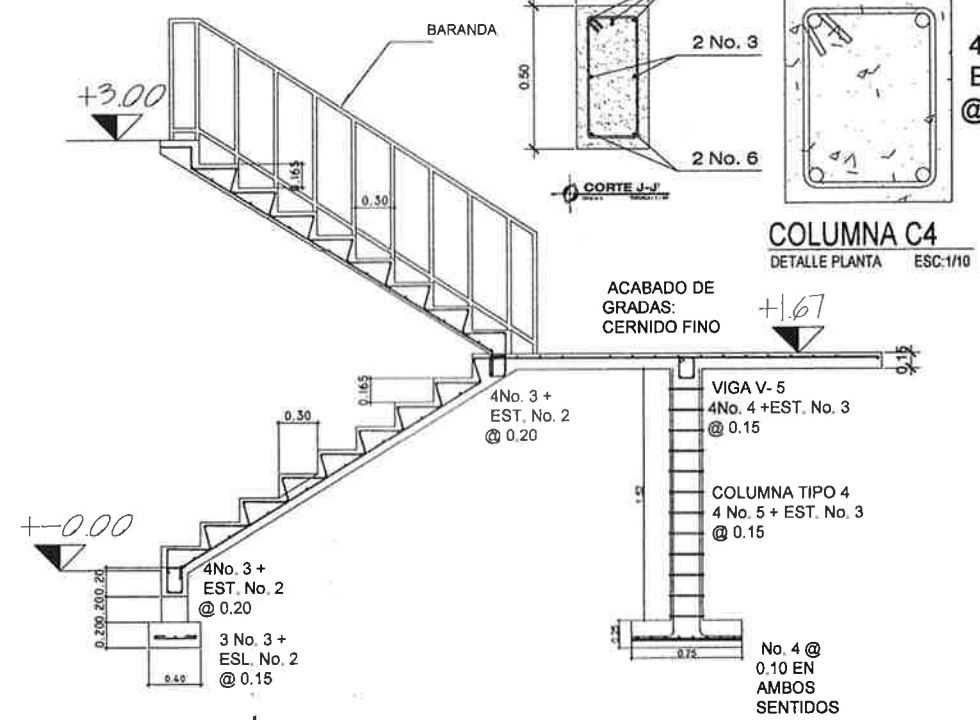
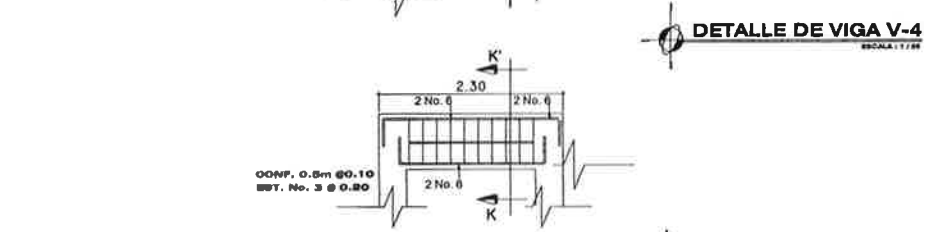
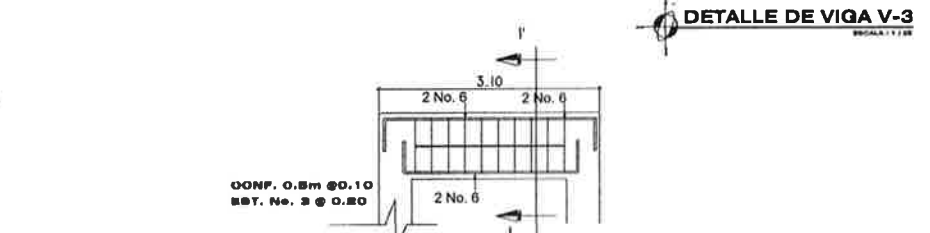
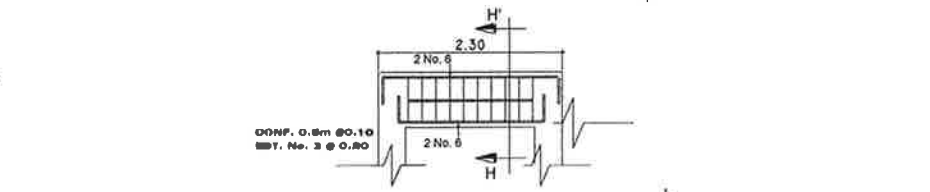
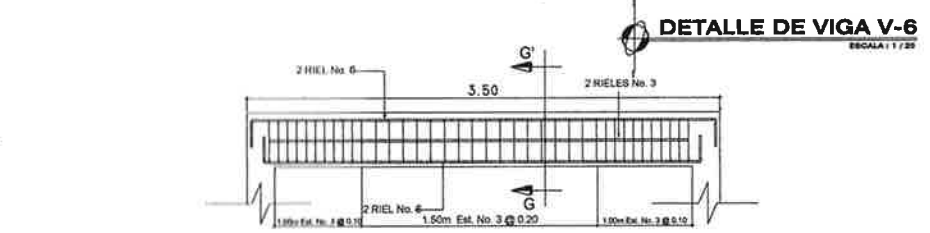
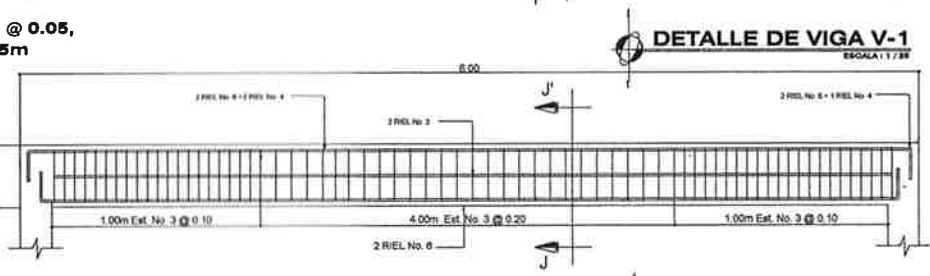
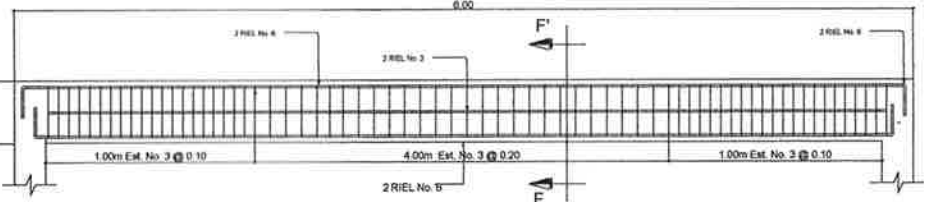
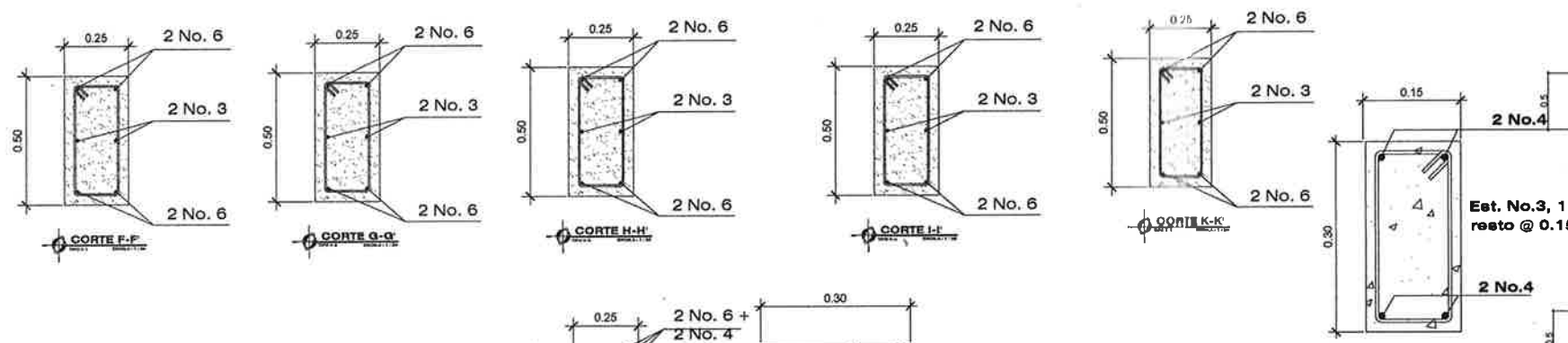
INGENIERO
CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
CARNET: 2012-13514

INGENIERO
CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
CARNET: 2012-13514

INGENIERO
CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
CARNET: 2012-13514

INGENIERO
CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
CARNET: 2012-13514





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO
 DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO PARA LA ALDEA VALENCIA, JUTIAPA

CONTENIDO
 DETALLE SANITARIOS, GRADAS Y VIGAS

ESCALA: INDICADA
 FECHA: Noviembre del 2017

DISEÑO:
 CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
 CARNET: 2012-13514

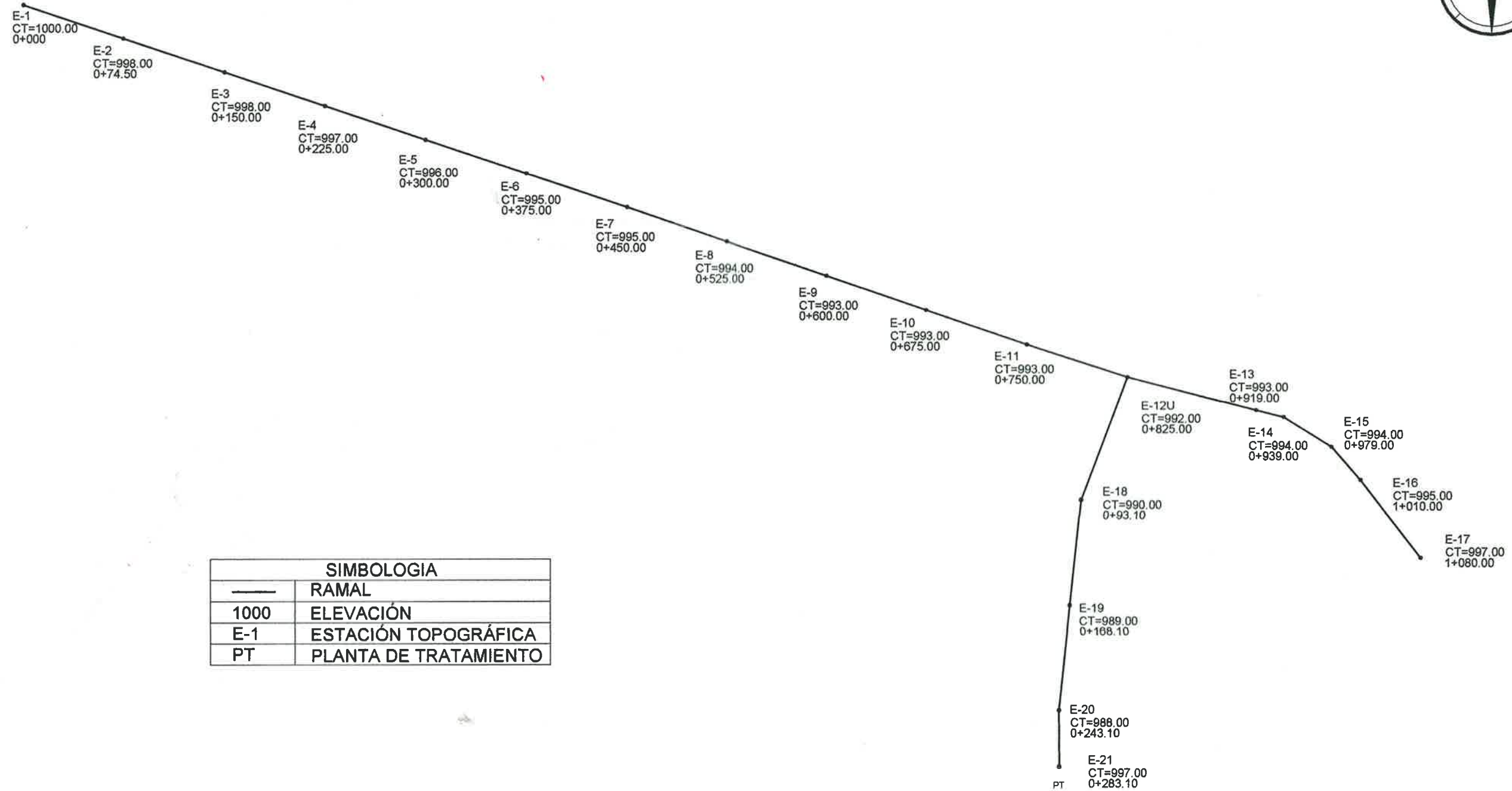
CONTENIDO:
 CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
 CARNET: 2012-13514

ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
 SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

Apéndice 3. Planos constructivos del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Barreal, Jutiapa

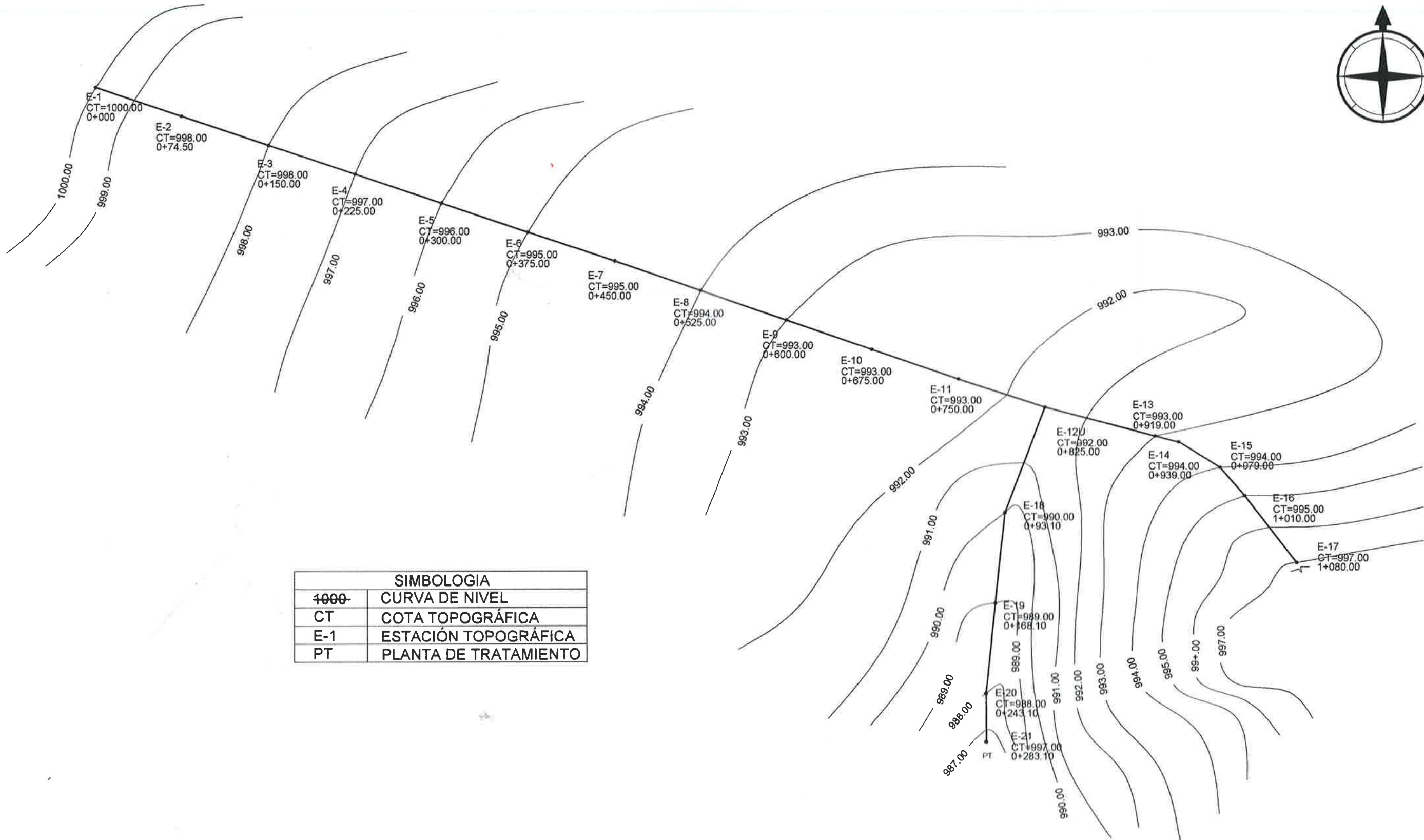
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



SIMBOLOGIA	
—	RAMAL
1000	ELEVACIÓN
E-1	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
PT	PLANTA DE TRATAMIENTO


PLANTA GENERAL ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, AJUTAPA, JUTIPA	
DISEÑO: Ing. Manuel Alfredo Ochoaeta ASESOR - SUPERVISOR	CONTENIDO: CARLOS MOJES TORRES CARNE: 55523964
Unidad de Prácticas de Ingeniería y Estructuras	ESCALA INDICADA: FECHA: HOJA NO: 1 9



SIMBOLOGIA	
4000-	CURVA DE NIVEL
CT	COTA TOPOGRÁFICA
E-1	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
PT	PLANTA DE TRATAMIENTO

CURVAS DE NIVEL ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARRIAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA BARRIAL, AJUTIAPA, AJUTIAPA

CONTENIDO: CURVAS DE NIVEL

Ing. Manuel ASESOR

Unidad de Prácticas de Ingeniería

CONSEJERO: CARLOS ANTONIO PÉREZ TORRES

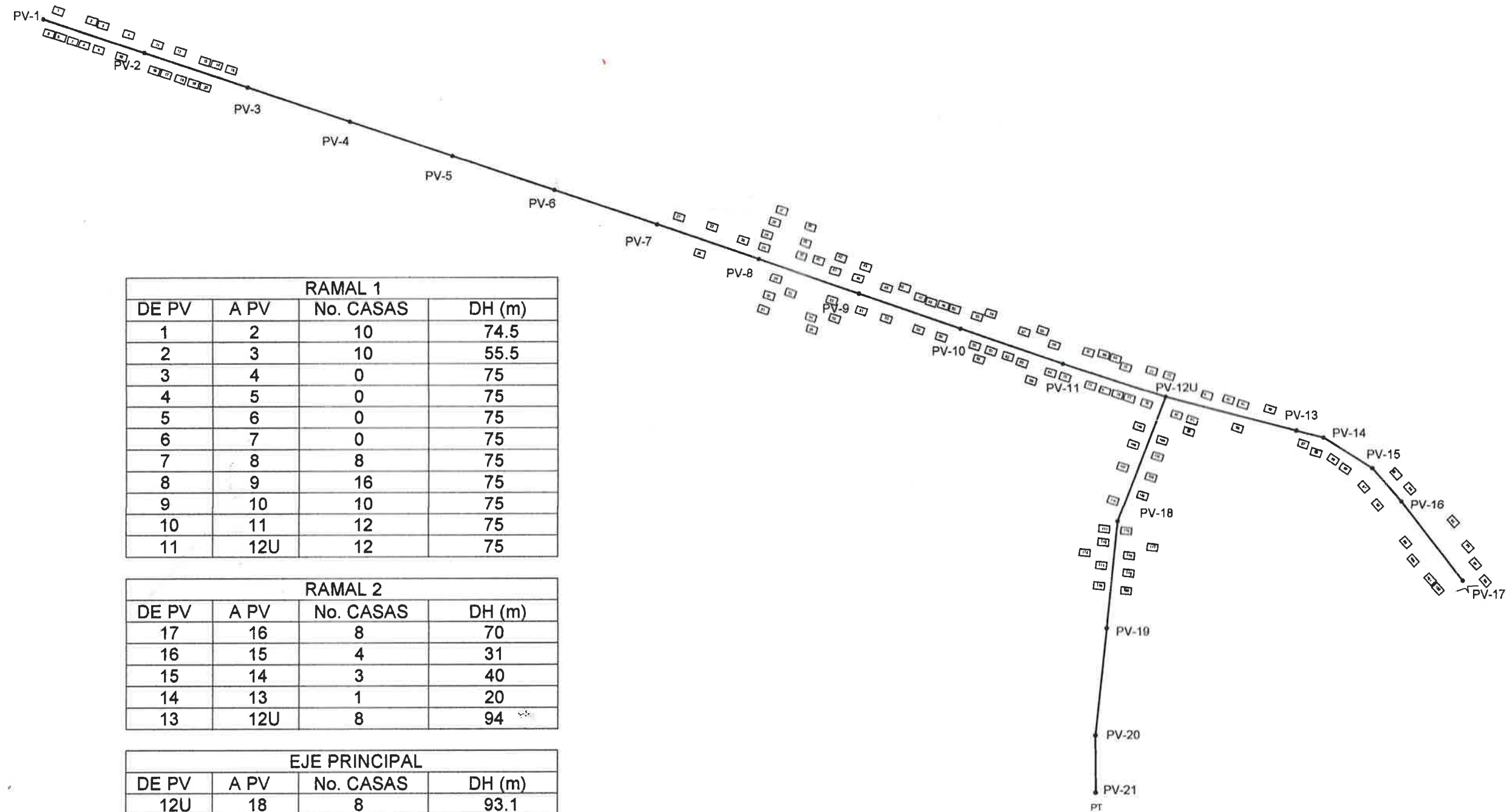
SECRETARÍA: CARLOS ANTONIO PÉREZ TORRES

FECHA: 15/05/2014

HOJA NO. 2/9

ESCALA: INDICADA

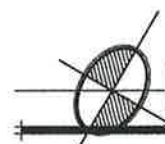
FECHA: 15/05/2014



RAMAL 1			
DE PV	A PV	No. CASAS	DH (m)
1	2	10	74.5
2	3	10	55.5
3	4	0	75
4	5	0	75
5	6	0	75
6	7	0	75
7	8	8	75
8	9	16	75
9	10	10	75
10	11	12	75
11	12U	12	75

RAMAL 2			
DE PV	A PV	No. CASAS	DH (m)
17	16	8	70
16	15	4	31
15	14	3	40
14	13	1	20
13	12U	8	94

EJE PRINCIPAL			
DE PV	A PV	No. CASAS	DH (m)
12U	18	8	93.1
18	19	10	75
19	20	0	75
20	21	0	40



DENSIDAD DE VIVIENDAS

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

ESCALA: SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA
 EL BARREAL, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

CONTENIDO: DENSIDAD DE VIVIENDAS

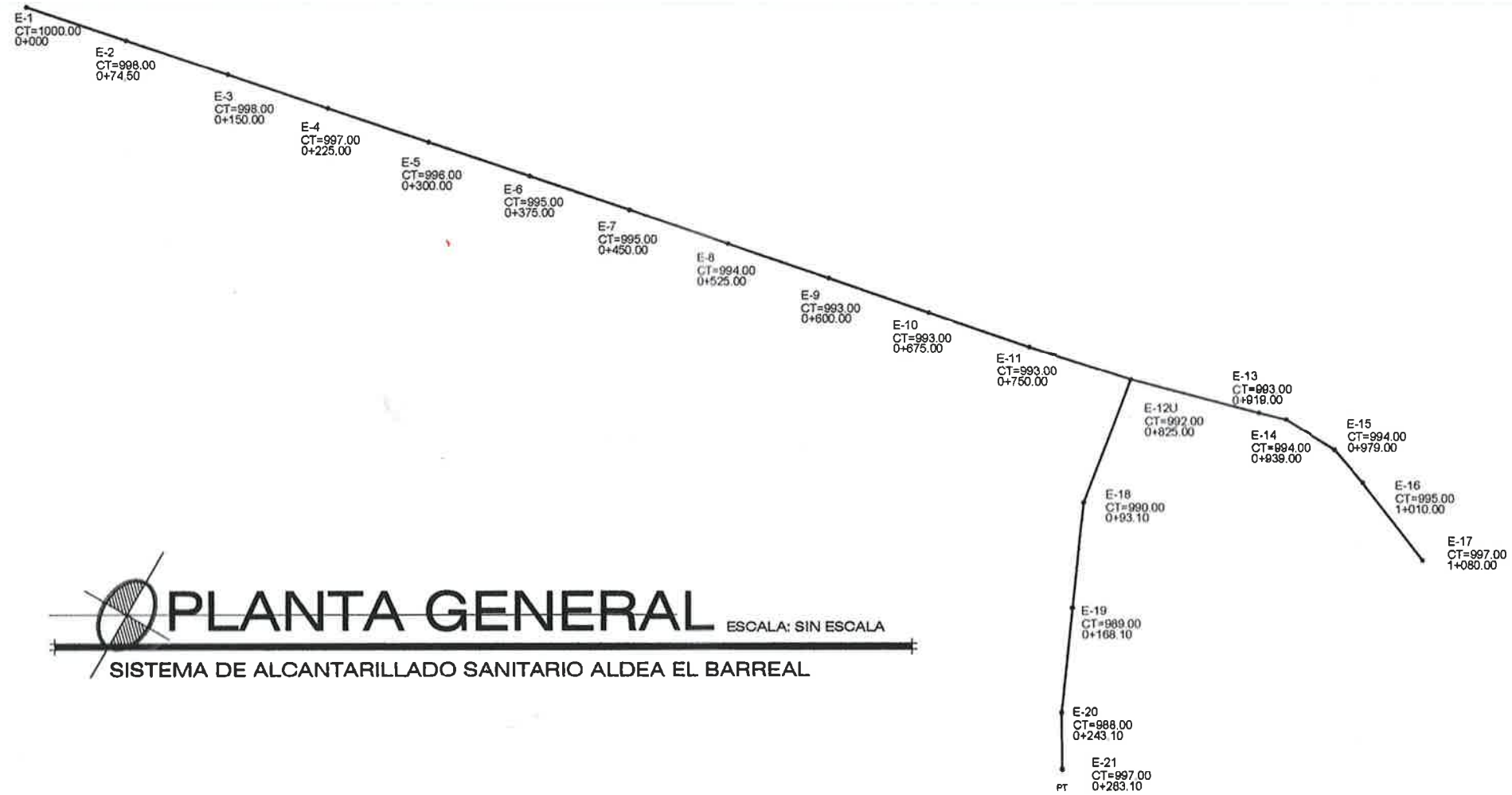
FECHA INDICADA: _____
 FECHA: _____

Ing. Manuel Alfredo Arriaga Ochoa
 Unidad de Prácticas de Ingeniería

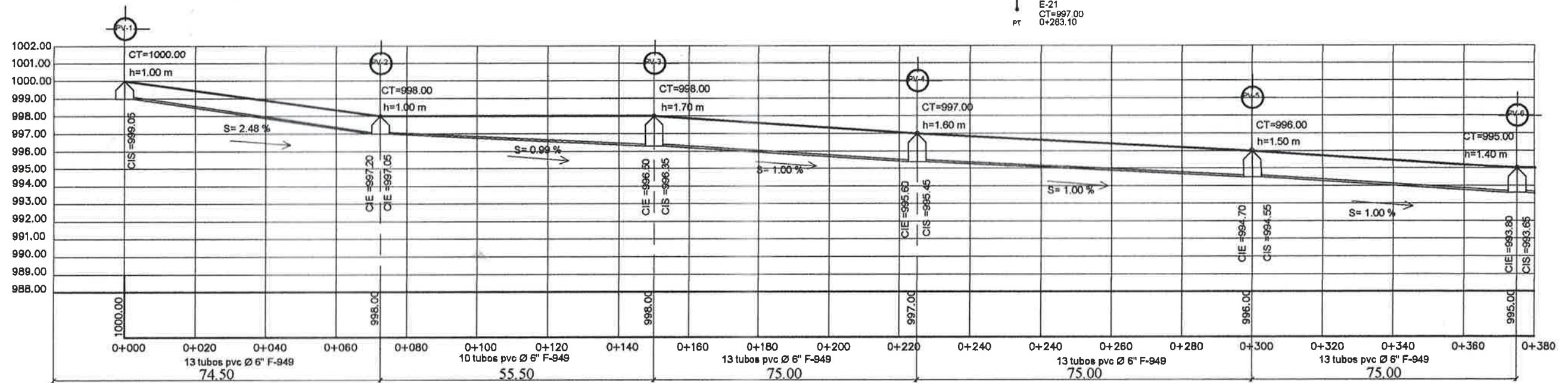
Ing. Carlos Andrés Pérez Torres
 Unidad de Prácticas de Ingeniería

Manuel Alfredo Arriaga Ochoa
 Carlos Andrés Pérez Torres

4/9



PLANTA GENERAL ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL



PERFIL PV-1 A PV-6 ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

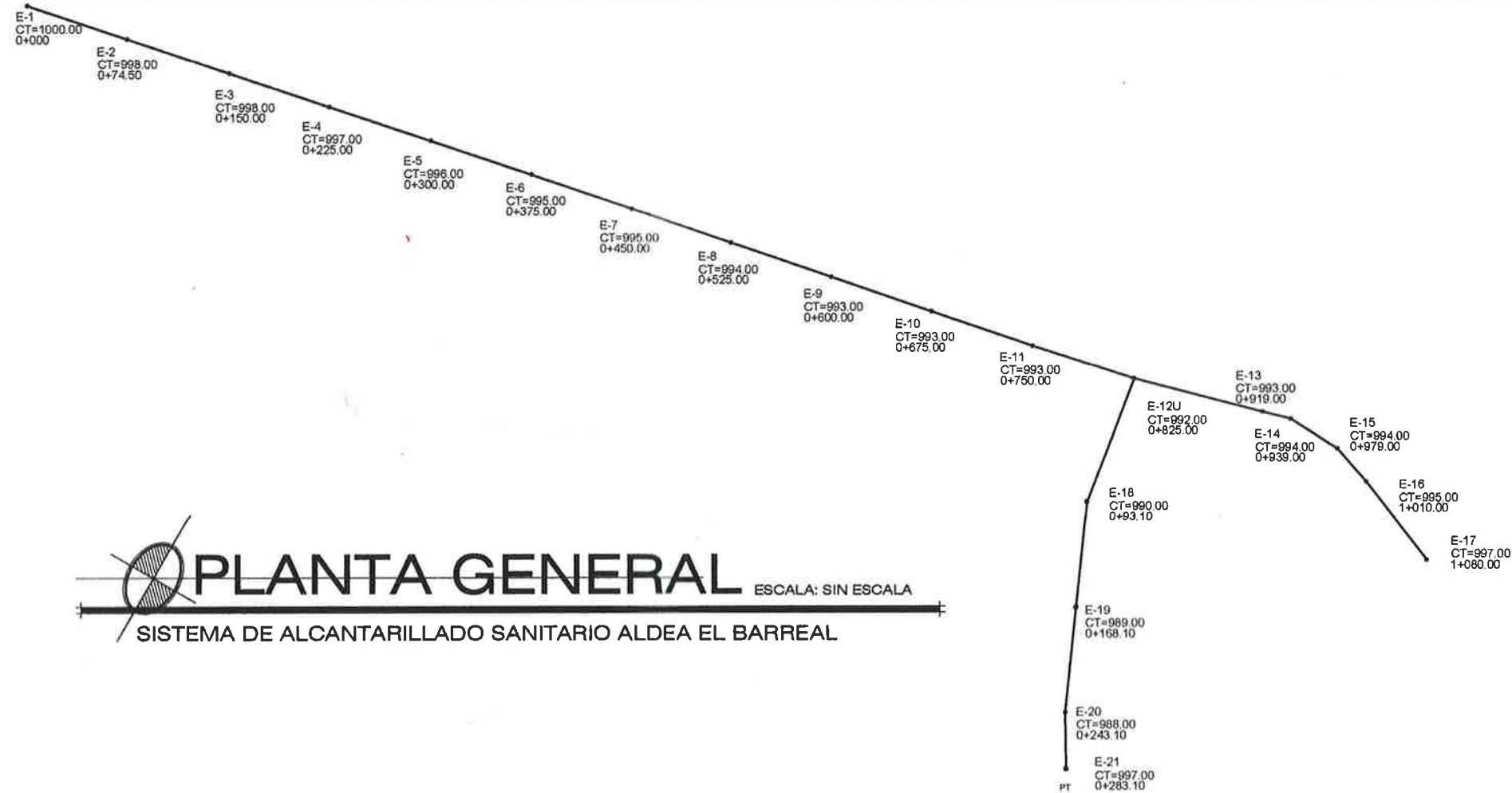
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, MUNICIPIO DE SAN JUAN, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

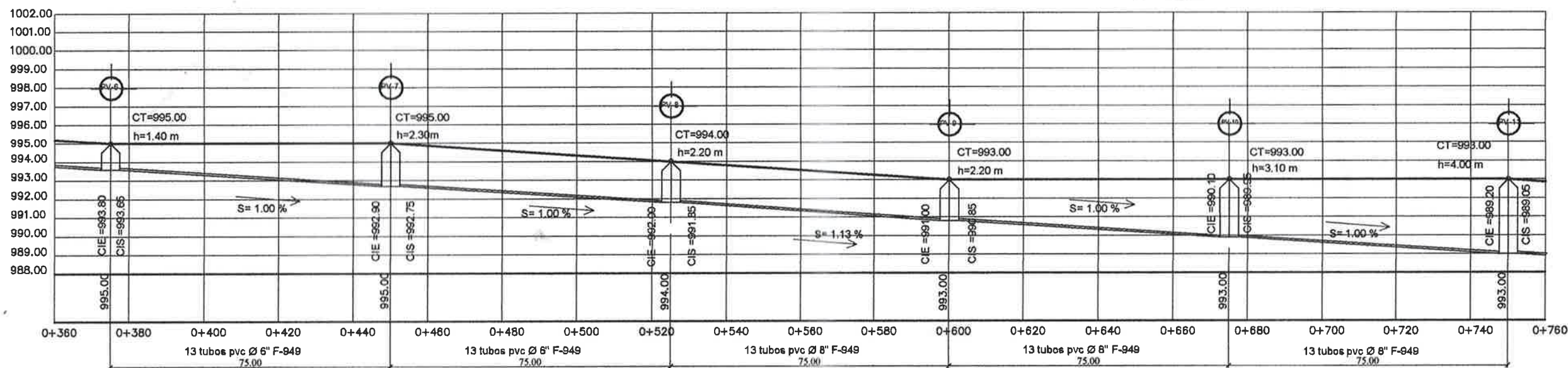
CONTENIDO: PERFIL DE PV-1 A PV-6 Y PUNOS DE VISITA
 INGENIERO: CARLOS ANDRÉS PEREZ TORRES
 SUPERVISOR: ING. MANUEL ALFREDO GONZALEZ OCHOA

FECHA INICIADA: 12/08/2018
 FECHA: 12/08/2018

HOJA NO: 5/9



PLANTA GENERAL ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL



PERFIL PV-6 A PV-11 ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

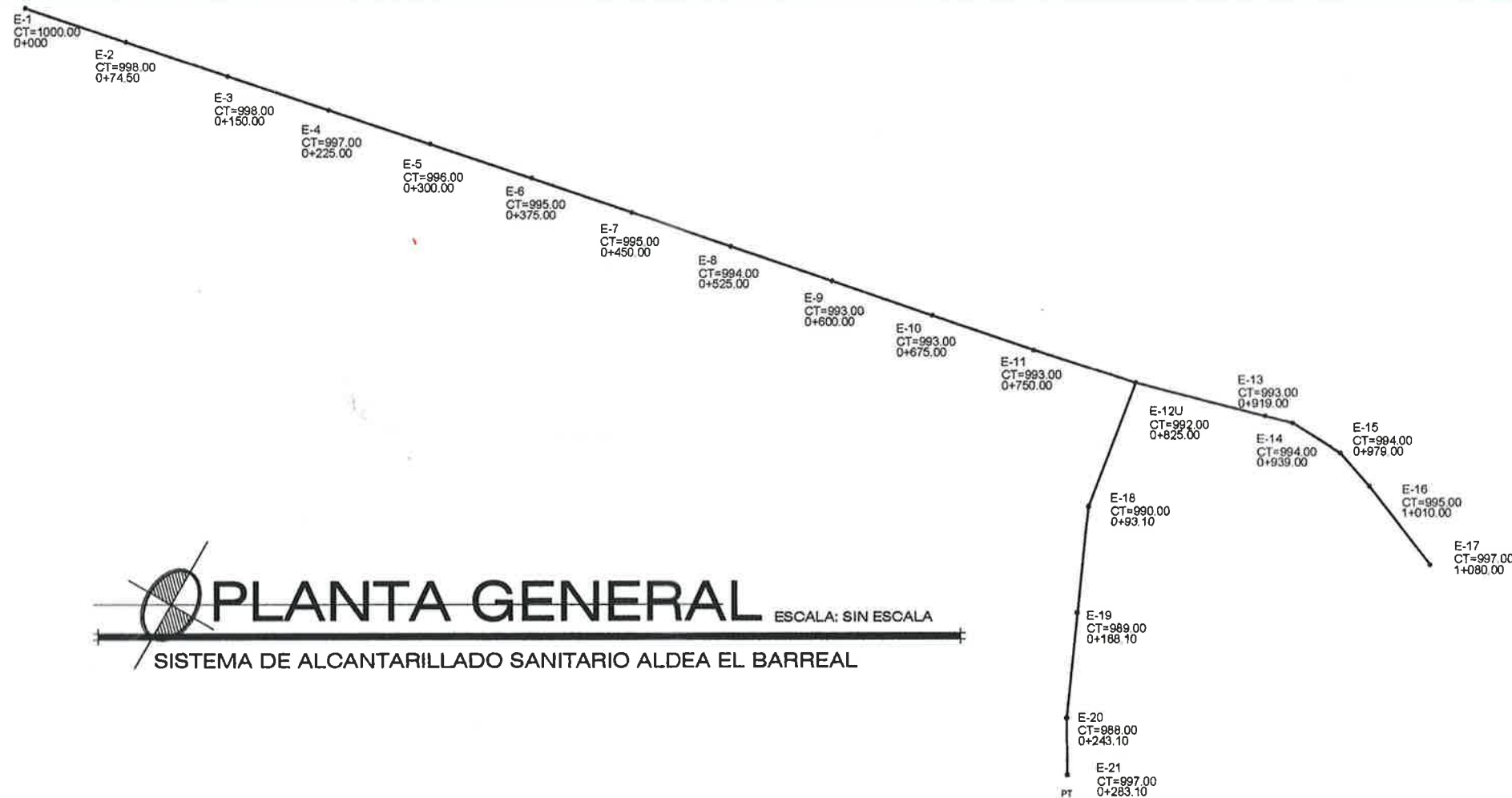
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, JUTIAPA, JUTIAPA

CONTENIDO: PERFIL DE PV-6 A PV-11 Y PUNOS DE VISITA

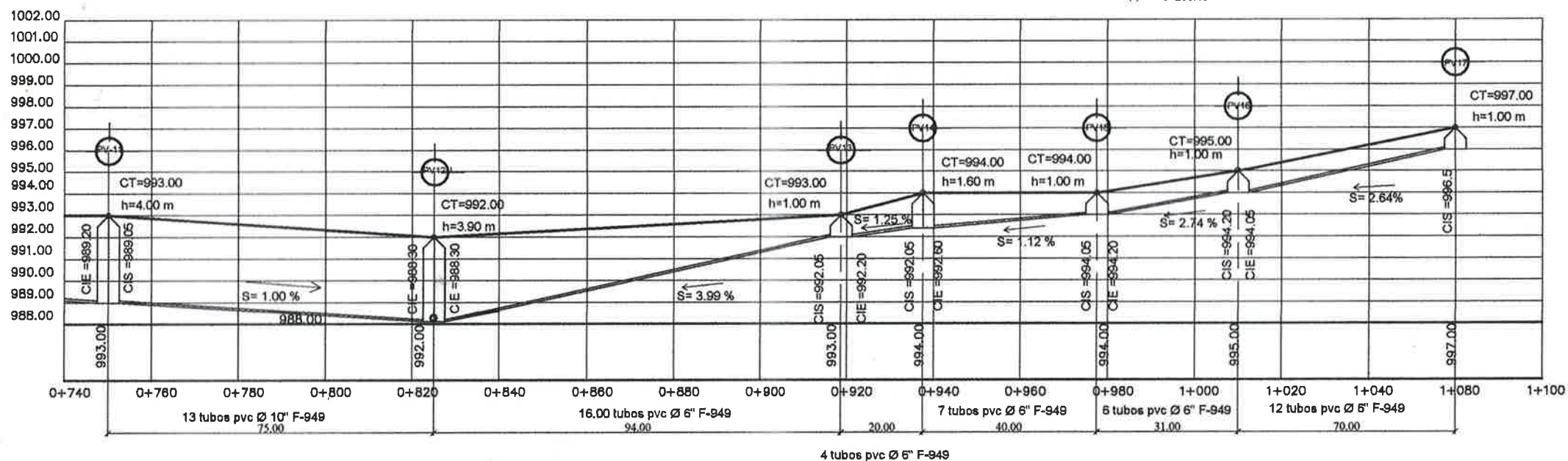
INGENIERO: CARLOS ANDRÉS PÉREZ TORRES
 SUPERVISOR: ING. MARCEL ALFREDO JIMÉNEZ OCHOA

ESCALA INDICADA: 1:500
 FECHA: 2013-10-14

100A/10
 6/9



PLANTA GENERAL ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL



PERFIL PV-11 A PV-17 ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, CANTON LA TIERRA, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL DE PV-11 A PV-17 Y POZOS DE VISITA

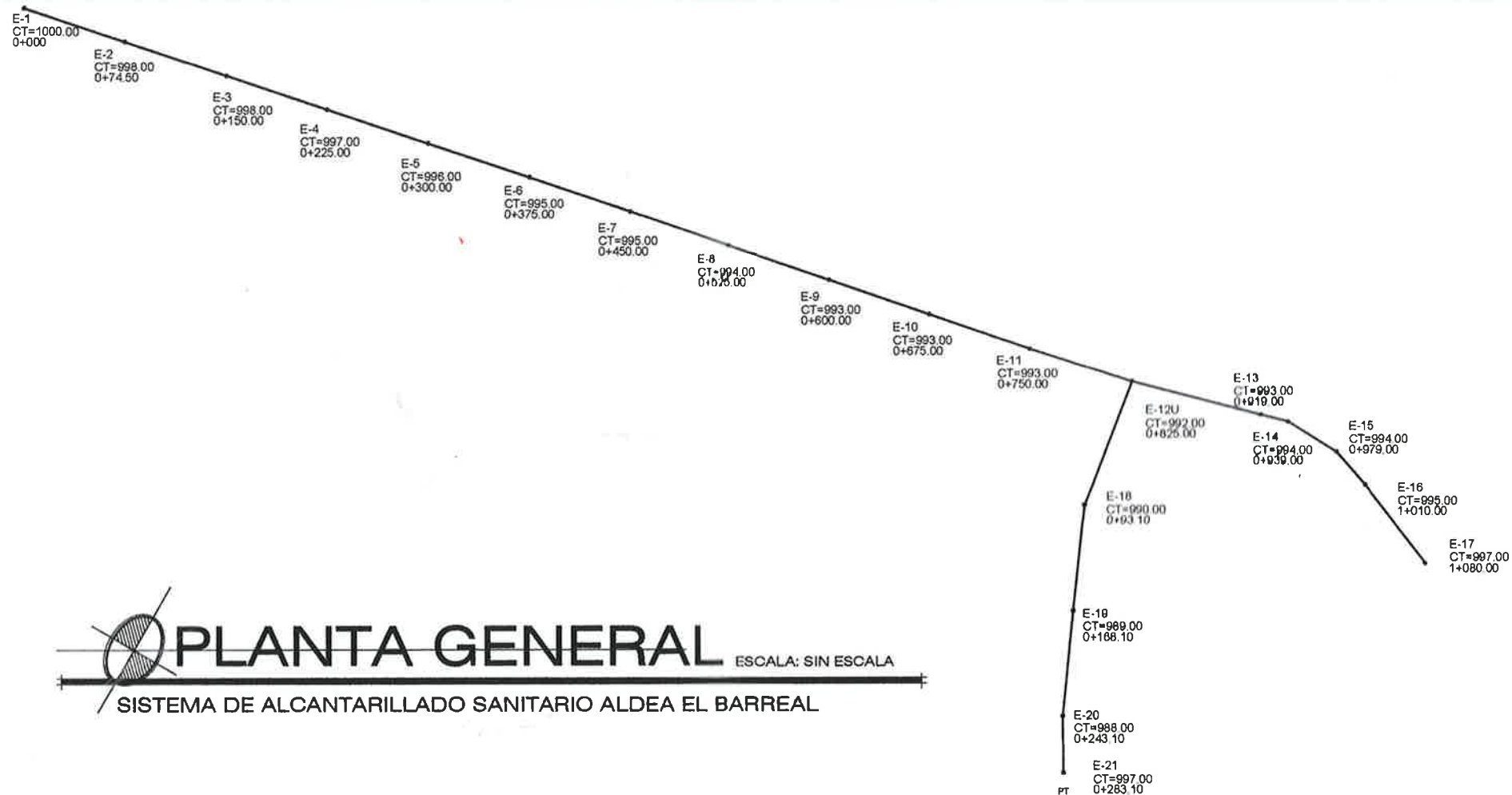
ING. MANUEL ALFREDO ARRIAGA OCHOA
 SUPERVISOR DE EJECUCION

ING. CARLOS ALONSO HERRERA TORRES
 CARNET 2015/0154

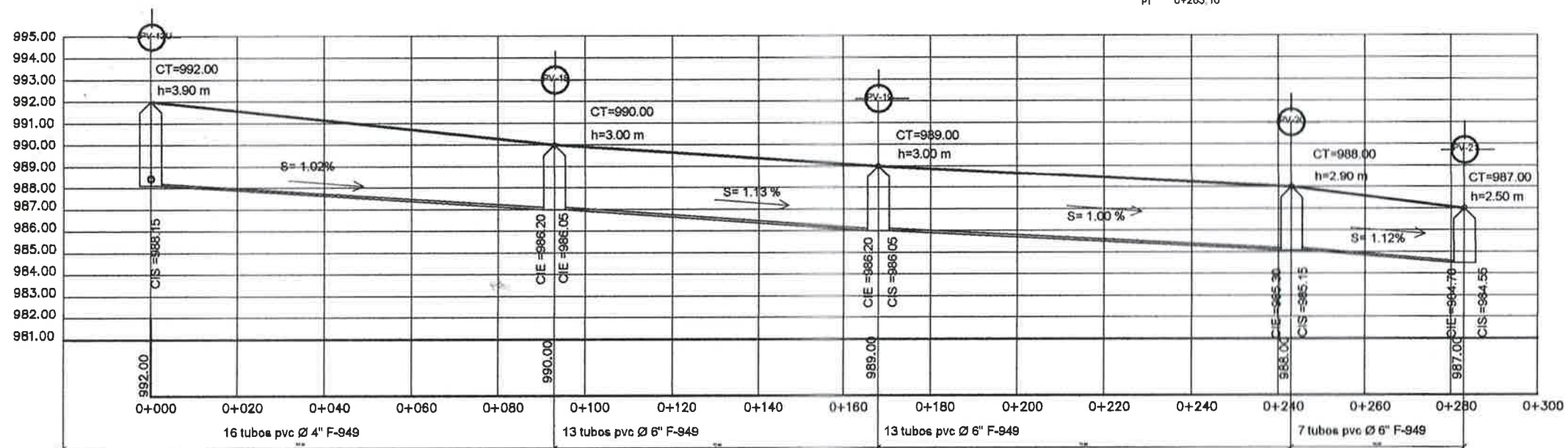
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA

FECHA INDICADA: _____
 FECHA: _____

HOJA N°: 7/9



PLANTA GENERAL ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

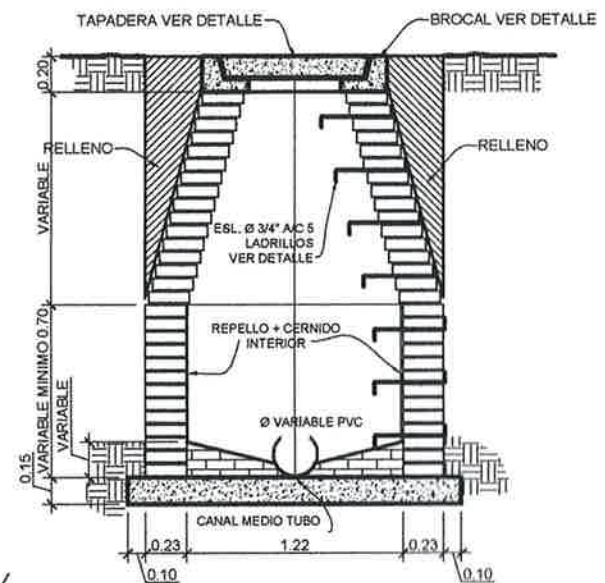


PERFIL PV-12U A PV-21 ESCALA: SIN ESCALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL BARREAL

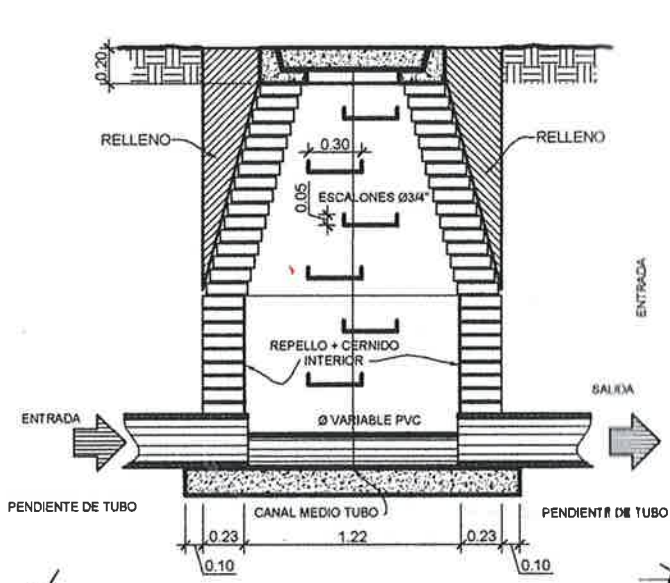
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARREAL, AJUTIPA, QUIMUTZA
 PERFIL PV-12U A PV-21

Ing. Mabel Alfredo Arriola Ochoa
 ASISTENTE SUPERVISOR DE OBRAS
 Ing. Mabel Alfredo Arriola Ochoa
 SUPERVISOR DE OBRAS

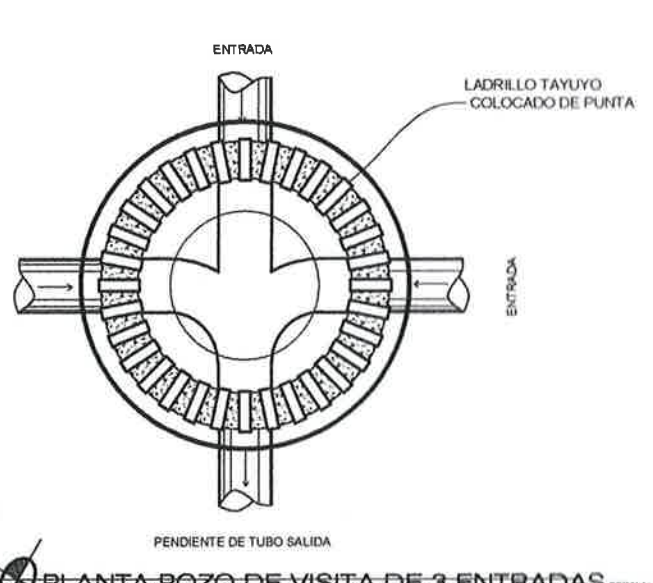
ESCALA INDICADA
 8/9



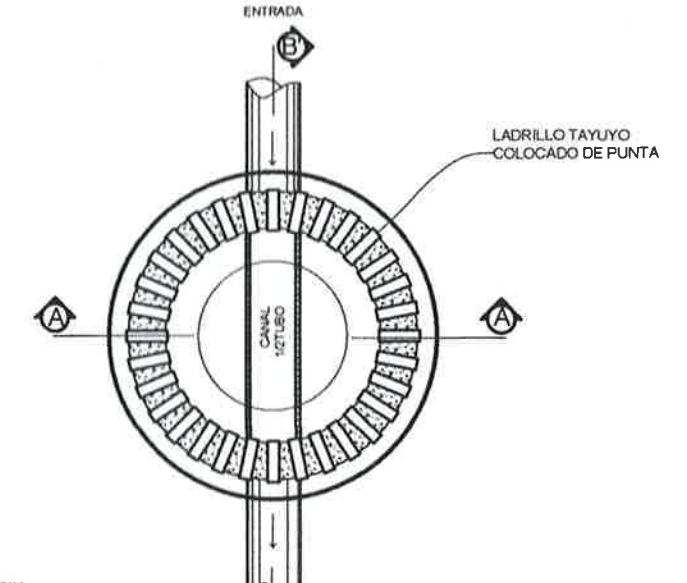
SECCION A-A POZO DE VISITA ESCALA: 1/8\"/>



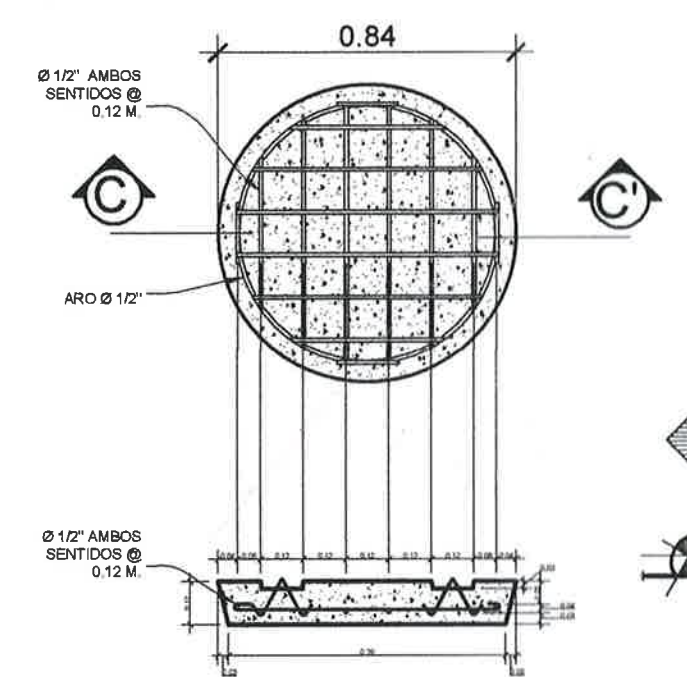
SECCION B-B POZO DE VISITA ESCALA: 1/8\"/>



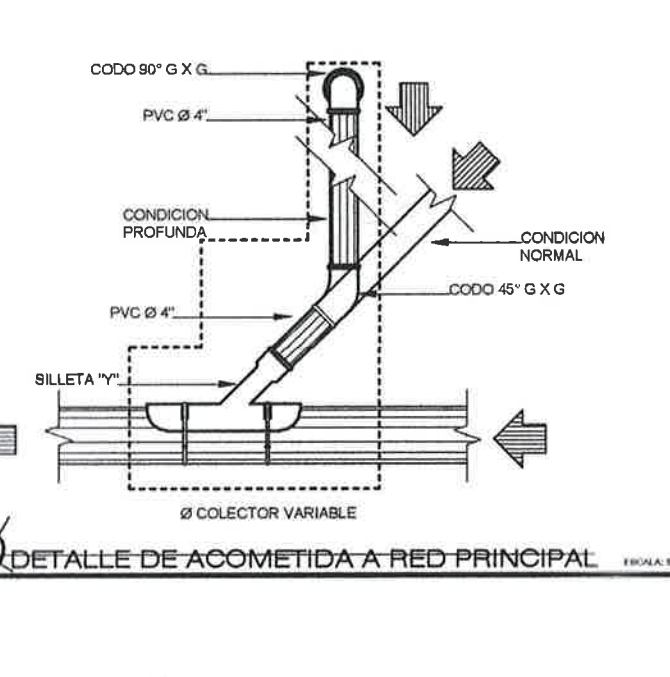
PLANTA POZO DE VISITA DE 3 ENTRADAS ESCALA: 1/8\"/>



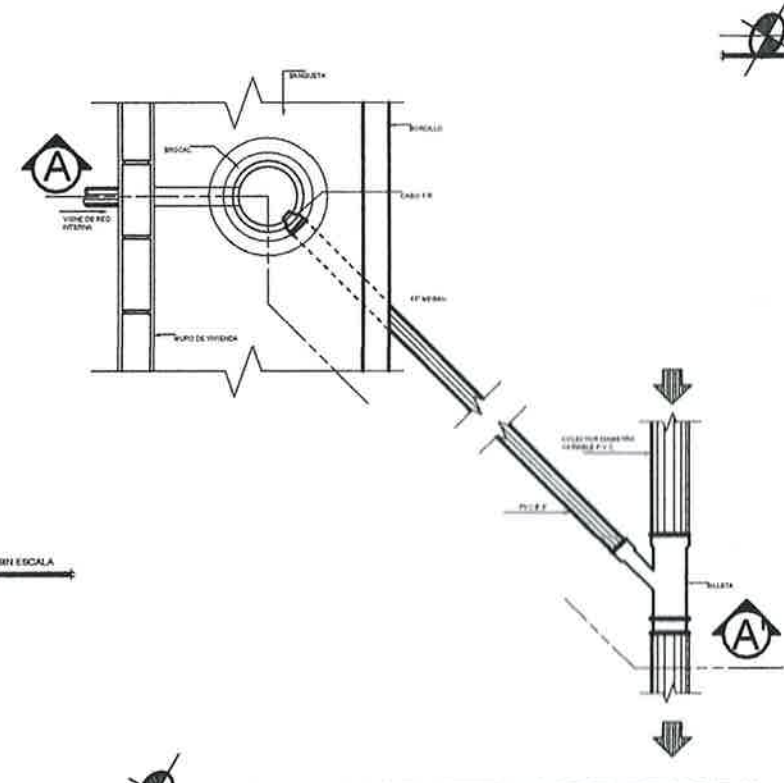
PLANTA POZO DE VISITA ESCALA: 1/8\"/>



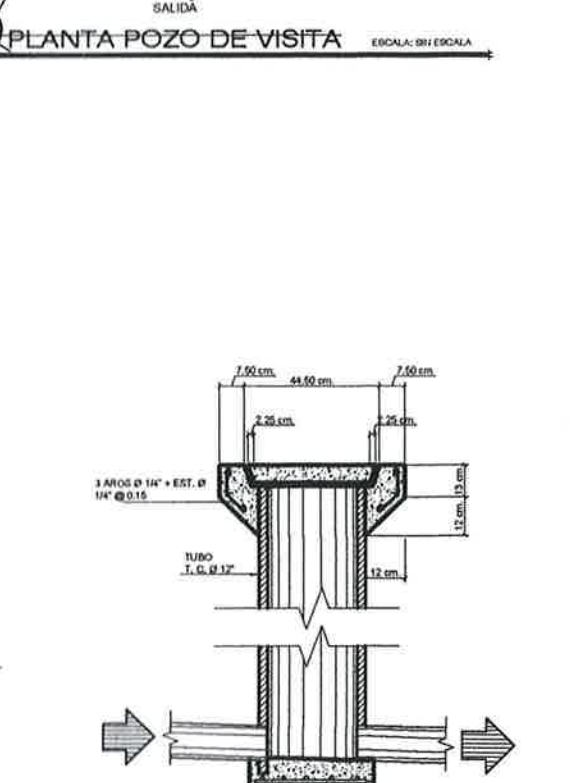
PLANTA + SECCION C-C' ESCALA: 1/8\"/>



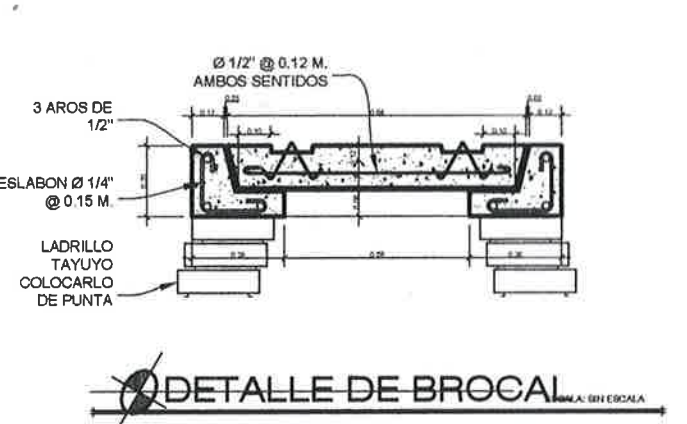
DETALLE DE ACOMETIDA A RED PRINCIPAL ESCALA: 1/8\"/>



DETALLE DE ACOMETIDA A RED PRINCIPAL ESCALA: 1/8\"/>



DETALLE DE CAJA DE REGISTRO ESCALA: 1/8\"/>



DETALLE DE BROCAL ESCALA: 1/8\"/>



SECCION A-A ESCALA: 1/8\"/>

- ESPECIFICACIONES**
- 1- LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO RED GENERAL.
 - 2- EL CONCRETO DEBERA TENER UN REFUERZO FC= 210 KG/CM, CON PROPORCION 1:2:3.5
 - 3- EL MORTERO A UTILIZAR EN EL ELVANTADO DE LADRILLO SERA DE SABIETA DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCION 1:3.
 - 4- LOS BROCALES Y LAS TAPADERA DE LOS POZOS DEBERAN CURARSE SEGUN ESPECIFICACIONES TECNICAS A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
 - 5- EL ACERO A UTILIZAR SERA FY= 2810 KG/M.
 - 6- LA TUBERIA CAIDA EN POZOS PARA COLECTORES HASTA Ø 4\"/>

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANALILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL BARRIO - JUTUPA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Brachio - SUPERVISOR DE EPS
 DR. ALFREDO ERIVISAGUA SCHAETA
 SUPERVISOR DE EPS

ESCALA INDICADA
 FECHA
 HOJA No
 9/9

Anexo 2. Estudio de suelos, ensayo de límites de Atterberg



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 278 S.S.

O.T.: 36.400

No. 7454

Interesado: Carlos Andrés Pérez Torres

Proyecto: EPS "Diseño de un Instituto Básico para la Aldea Valencia, Jutiapa, Jutiapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Jutiapa

FECHA: jueves, 1 de septiembre de 2016

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	40,7	8,6	ML	Limo Arenoso Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC





Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

