



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA, Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Diego García Díaz

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA, Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DIEGO GARCÍA DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA, Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de marzo de 2013.



Diego García Díaz



Guatemala, 02 de julio de 2014
Ref.EPS.DOC.668.07.14

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Diego García Díaz** con carné No. **200413122**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.**

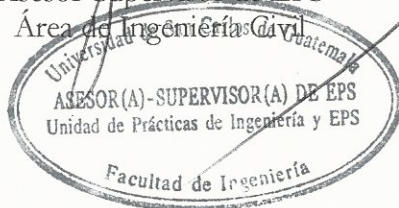
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
15 de julio de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Diego García Díaz**, con Carnet No. 200413122, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRÁULICA
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
6 de octubre de 2014

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


Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Diego García Díaz, con Carnet No. 200413122, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 08 de octubre de 2014
Ref.EPS.D.588.10.14

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 DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Diego García Díaz, carné 200413122**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Diego García Díaz, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2014

/bbdeb.

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

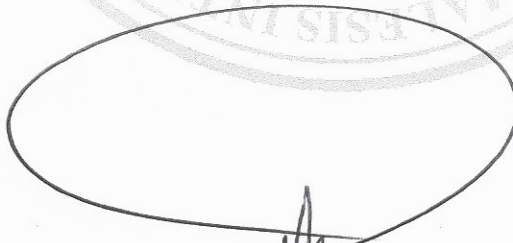




DTG. 667.2014

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 DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA, Y LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario **Diego García Díaz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 19 de noviembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Como ofrenda y fruto de todas las bendiciones que he recibido.
Mi madre (q.e.p.d.)	Josefina Díaz, mi mejor ejemplo de lucha, perseverancia y disciplina.
Mis hermanos (q.e.d.p.)	Andrés y Ángel Garcia Díaz, por los logros que no pude verlos alcanzar. Este es de ustedes también.
Mi padre	Luis García, mi primer amigo, mi primer maestro y el más paciente.
Mis primos	Por siempre recibirme con amor y apoyarme en todo momento.
Mi abuela	Rolanda Díaz, por ser mi apoyo incondicional.
Mi tía	Mary Díaz, por ser mi ángel guardián.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por todos los retos, bendiciones y protecciones que me ha dado siempre.
- Amigos y compañeros** Gracias por la amistad, apoyo y comprensión, a todo el grupo de amigos que encontré en la carrera. Sin ustedes habría sido imposible superar los momentos difíciles.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** A sus autoridades, docentes y al ingeniero Juan Merck, porque con su trabajo me dieron la oportunidad de lograr este triunfo tan importante.
- DMP Gualán** A su gente tan especial, por el apoyo incondicional que me brindaron. En memoria del Arq. Byron Aceituno, que en paz descansa, en quien encontré a un amigo y ejemplo de perseverancia y profesionalismo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTADO DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIX
RESUMEN	XXI
JUSTIFICACIÓN	XXIII
OBJETIVOS	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía	1
1.1.1. Origen del municipio de Gualán, Zacapa	1
1.1.2. Descripción morfológica	3
1.1.3. Tipo de vivienda y actividad económica	6
1.1.4. Población y demografía	7
1.1.5. Servicios públicos.....	8
1.1.5.1. Educación	8
1.1.5.2. Salud.....	8
1.1.5.3. Agua potable.....	9
1.1.5.4. Drenajes	10
1.1.5.5. Energía eléctrica	10
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructuras de la aldea El Lobo, municipio de Gualán.....	11
1.2.1. Descripción de necesidades.....	11
1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades.....	12

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	15
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria.....	15
2.1.1.	Descripción general del proyecto.....	15
2.1.2.	Aforos, dotación y tipo de servicio	15
2.1.3.	Tasa de crecimiento poblacional.....	16
2.1.4.	Período de diseño, población futura	17
2.1.5.	Factores de consumo y caudales	18
2.1.5.1.	Caudal medio diario	18
2.1.5.2.	Caudal máximo diario.....	19
2.1.5.3.	Caudal máximo horario	20
2.1.6.	Calidad del agua y sus normas.....	22
2.1.6.1.	Análisis bacteriológico.....	23
2.1.6.2.	Análisis fisicoquímico	23
2.1.7.	Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tuberías	23
2.1.8.	Presiones y velocidades	27
2.1.9.	Levantamiento topográfico.....	27
2.1.9.1.	Planimetría	28
2.1.9.2.	Altimetría	28
2.1.10.	Diseño hidráulico del sistema	29
2.1.10.1.	Captación	29
2.1.10.2.	Línea de conducción	29
2.1.10.3.	Tanque de almacenamiento.....	29
2.1.10.4.	Red de distribución.....	30
2.1.10.5.	Sistema de desinfección	35
2.1.10.6.	Obras de arte	37
2.1.10.7.	Válvulas.....	37
2.1.10.8.	Conexiones domiciliarias	37
2.1.11.	Programa de operación y mantenimiento	38

2.1.11.1.	Elaboración de planos	38
2.1.12.	Elaboración de presupuesto	38
2.1.13.	Evaluación socioeconómica	39
2.1.13.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	40
2.1.13.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	40
2.1.14.	Evaluación de impacto ambiental	41
2.2.	Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la aldea Los Limones	51
2.2.1.	Descripción del proyecto	51
2.2.2.	Descripción del área disponible.....	51
2.2.3.	Estudio de suelos	52
2.2.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo	52
2.2.4.	Normas para el diseño de edificios.....	54
2.2.4.1.	Criterios generales.....	54
2.2.4.2.	Criterios de conjunto	54
2.2.4.3.	Criterios de iluminación.....	55
2.2.4.4.	Otros criterios.....	55
2.2.5.	Diseño arquitectónico	55
2.2.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno	56
2.2.5.2.	Distribución de ambientes.....	56
2.2.5.3.	Alturas de edificio.....	57
2.2.6.	Selección del sistema estructural a utilizar	57
2.2.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	58
2.2.7.	Cargas de diseño	64
2.2.7.1.	Cargas verticales	65
2.2.7.2.	Cargas horizontales (fuerzas sísmicas) ...	67
2.2.7.2.1.	Corte basal	67

	2.2.7.2.2.	Sobrecarga por torsión.....	75
2.2.8.		Modelos matemáticos	80
	2.2.8.1.	Análisis por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural numérico	87
	2.2.8.2.	Diagramas de momento	92
	2.2.8.3.	Envolvente de momentos.....	101
	2.2.8.4.	Envolvente de corte.....	105
2.2.9.		Diseño de losas	109
2.2.10.		Diseño de vigas	114
2.2.11.		Diseño de columnas	124
	2.2.11.1.	Chequeo de columna propuesta	129
2.2.12.		Diseño de gradas.....	135
2.2.13.		Diseño de cimientos.....	138
	2.2.13.1.	Corte simple	140
	2.2.13.2.	Corte por punzonamiento.....	141
	2.2.13.3.	Refuerzo.....	143
	2.2.13.4.	Zapatas combinadas	146
		2.2.13.4.1. Chequeo por corte flexionante.....	149
		2.2.13.4.2. Chequeo por corte punzonante	149
		2.2.13.4.3. Acero de refuerzo.....	151
2.2.14.		Diseño de instalaciones	153
	2.2.14.1.	Instalación de agua potable	153
	2.2.14.2.	Instalación de drenajes	159
	2.2.14.3.	Instalaciones de electricidad	161
2.2.15.		Juego de planos.....	163
2.2.16.		Elaboración de presupuesto	164

2.2.16.1. Evaluación de impacto ambiental	166
CONCLUSIONES	179
RECOMENDACIONES	181
BIBLIOGRAFÍA	183

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del departamento de Zacapa.....	2
2.	Municipio de Gualán, departamento de Zacapa.....	4
3.	Triángulos semejantes en piezométrica, carga controlada	25
4.	Evaluación Ambiental Inicial.....	42
5.	Ubicación de edificación escolar	56
6.	Distribución de carga para columna	60
7.	Perfil de acceso a 2do nivel, módulo 1	64
8.	Cargas distribuidas 1° nivel, módulo 1	81
9.	Cargas distribuidas 2° nivel, módulo 1	81
10.	Cargas distribuidas 1° nivel, módulo 1	82
11.	Cargas distribuidas 2° nivel, módulo 1	82
12.	Áreas de influencia para vigas	83
13.	Modelo matemático marco longitudinal, módulo 1	85
14.	Modelo matemático marco longitudinal, módulo 2	86
15.	Modelo matemático marco transversal, módulos 1 y 2	86
16.	Ejemplo de distribución de momentos.....	90
17.	Carga muerta en vigas, longitudinal, módulo 1	92
18.	Carga muerta en columnas, longitudinal, MÓDULO 1	93
19.	Carga viva en vigas, longitudinal, módulo 1	93
20.	Carga viva en columnas, longitudinal, módulo 1	94
21.	Carga de sismo en vigas, longitudinal, módulo 1	94
22.	Carga de sismo en columnas, longitudinal, módulo 1	95
23.	Carga muerta en vigas, longitudinal, módulo 2	95

24.	Carga muerta en columnas, longitudinal, módulo 2.....	96
25.	Carga viva en vigas, longitudinal, módulo 2	96
26.	Carga viva en columnas, longitudinal, módulo 2	97
27.	Carga de sismo en vigas, longitudinal, módulo 2.....	97
28.	Carga de sismo en columnas, longitudinal, módulo 2.....	98
29.	Carga muerta en vigas, transversal, módulos 1 y 2.....	98
30.	Carga muerta en columnas, transversal, módulos 1 y 2.....	99
31.	Carga viva en vigas, transversal, módulos 1 y 2.....	99
32.	Carga viva en columnas, transversal, módulos 1 y 2.....	100
33.	Carga de sismo en vigas, transversal, módulos 1 y 2.....	100
34.	Carga de sismo en columnas, transversal, módulos 1 y 2.....	101
35.	Envolvente de momentos en vigas, longitudinal, módulo 1	102
36.	Envolvente de momentos en columnas, longitudinal, módulo 1	103
37.	Envolvente de momentos en vigas, longitudinal, módulo 2	103
38.	Envolvente de momentos en columnas, longitudinal, módulo 2	104
39.	Envolvente de momentos en vigas, transversal, módulos 1 y 2	104
40.	Envolvente de momentos en columnas, transversal, módulos 1 y 2	105
41.	Envolvente de corte en vigas, longitudinal, módulo 1	106
42.	Envolvente de corte en columnas, longitudinal, módulo 1	106
43.	Envolvente de corte en vigas, longitudinal, módulo 2	107
44.	Envolvente de corte en columnas, longitudinal, módulo 2	107
45.	Envolvente de corte en vigas, transversal, módulos 1 y 2	108
46.	Envolvente de corte en columnas, transversal, módulos 1 y 2	108
47.	Esquema de losa diseñada	110
48.	Diagrama de envolvente de momentos	119
49.	Armado de viga.....	124
50.	Deriva de piso.....	126
51.	Armado de columna.....	135
52.	Diagrama de momentos en gradas.....	137

53.	Esfuerzo de corte por flexión.....	141
54.	Esfuerzo de corte por punzonamiento.....	143
55.	Área flexionante en zapata.....	144
56.	Zapata combinada, corte flexionante	148
57.	Diagrama de corte y momento, zapata combinada.....	148
58.	Zapata combinada, corte punzonante	150
59.	Flexión longitudinal en zapata combinada	152
60.	Armado de parrilla, zapata combinada.....	153

TABLAS

I.	Distribución de población por género para Gualán.....	7
II.	Cobertura de drenaje sanitario, año 2002	10
III.	Cobertura de servicio eléctrico, año 2006	11
IV.	Evaluación socioeconómica	13
V.	Elementos y su período de diseño	17
VI.	Datos topográficos para diseño de ramal	30
VII.	Datos hidráulicos para el diseño de ramal.....	31
VIII.	Resumen diseño de sistema de abastecimiento agua potable.....	35
IX.	Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable para las aldeas el Lobo, Encinitos y Samaria.....	39
X.	Resultados de laboratorio de suelos	52
XI.	Espesores mínimos de losas en una dirección.....	63
XII.	Valores especificados de carga viva	66
XIII.	Resumen de cargas para el modelo matemático	67
XIV.	Resumen cálculo masa por edificio	72
XV.	Aceleraciones sísmicas	73
XVI.	Cálculos de corte basal (ton).....	73
XVII.	Distribución de fuerza lateral por nivel (ton)	74

XVIII.	Excentricidad y momento torsionante	76
XIX.	Rigidez de columnas.....	78
XX.	Distribución de fuerza de nivel por marco y sobrecarga por momento de piso, módulo 1.....	79
XXI.	Distribución de fuerza de nivel por marco y sobrecarga por momento de piso, módulo 2.....	79
XXII.	Cargas distribuidas sobre vigas	85
XXIII.	Rigidez de elementos	89
XXIV.	Cargas distribuidas linealmente y momentos de empotramiento.....	92
XXV.	Factores para aplicar el método 3.....	110
XXVI.	Resumen de análisis y As.....	113
XXVII.	Condiciones externas para columna crítica, módulo 1	128
XXVIII.	Caudales en función de unidades Hunter	154
XXIX.	Unidades Hunter	155
XXX.	Memoria de cálculo de instalación hidráulica.....	158
XXXI.	Memoria de cálculo, diseño drenaje sanitario	160
XXXII.	Capacidad de conducción en conductores aislados [amp]	162
XXXIII.	Planilla de circuitos eléctricos en el edificio	163
XXXIV.	Resumen Presupuesto de edificación escolar	165

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a	Aceleración
hxó<i>i</i>	Altura del nivel indicado por el subíndice, medido desde la superficie del suelo.
h	Altura de la sección, paralela al eje principal de análisis.
As	Área de acero
hn	Altura del edificio medida hasta el nivel <i>n</i> a partir del nivel del suelo.
bw	Ancho del alma de un elemento
ϕ'	Ángulo de fricción interna del suelo
bw	Ancho del alma de un elemento
As	Área de acero
Asmáx	Área de acero máxima
Asmín	Área de acero mínima
Ag	Área bruta de la sección
A	Área de la sección o de la planta
As	Área de acero
b	Base de la sección, en sentido perpendicular al eje principal.
qadm	Carga admisible sobre el suelo
Nu	Carga axial mayorada que ocurre simultáneamente al cortante último sobre la columna diseñada.
Pu	Carga axial última en la columna.

Pc	Carga crítica de una columna cargada concéntricamente.
q	Carga del relleno sobre la cimentación
E	Carga de sismo.
qu	Capacidad de carga última del suelo
Qd	Caudal de diseño
Qdmáx	Caudal máximo diario en l/s
Qhmáx	Caudal máximo horario en l/s
Qm	Caudal medio diario en l/s
Q	Caudal en tubería
qs	Caudal de uso simultáneo no menor de 0.20 l/s
WN	Carga distribuida sobre elemento n , puede ser distribuida linealmente o sobre un área.
WD	Carga muerta.
WL	Carga viva.
I	Categoría de destino de la estructura, en función de la importancia de la estructura
cv	Coeficiente de sismicidad en función de zonificación sísmica y el tipo de suelo de cimentación
ca	Coeficiente de sismicidad en función de zonificación sísmica y el tipo de suelo de cimentación
c	Coeficiente de rugosidad para tuberías de PVC.
c	Coeficiente de rugosidad para tuberías de PVC.
Nv	Coeficiente de cercanía a la fuente, en función de la naturaleza del sismo y la distancia de la estructura a la fuente del mismo.
Na	Coeficiente de cercanía a la fuente, en función de la naturaleza del sismo y la distancia de la estructura a la fuente del mismo.

Vs	Cortante que es resistido por barras de refuerzo transversal.
c´	Cohesión del suelo
Vc	Cortante que resiste una sección de concreto.
Vu	Cortante último que actúa en una sección.
ρ_b	Cuantía de acero balanceada
XC.R.	Distancia al centro de rigidez
\emptyset	Diámetro interno de tubería (Ec.6)
\emptyset	Diámetro interno de tubería (Ec.6)
D	Dotación en l/hab/día
qmáx/mín	Esfuerzo actuante sobre el suelo, máximo y mínimo resultantes de una carga vertical y momento biaxial que llegan a la zapata.
t	Espesor de la losa
S	Espaciamiento del refuerzo transversal.
R	Coeficiente que mide la interacción de la estructura con el suelo y la absorción de energía sísmica de la estructura.
ed	Excentricidad de diseño
ereal	Excentricidad medida desde el centro de masa al centro de rigidez del nivel.
fdmáx	Factor de caudal de día máximo
fhmáx	Factor de caudal de hora máxima
α_s	Factor en función del número de rostros en el perímetro resistente a corte punzonante.
Nc	Factor de resistencia en función de la cohesión del suelo.
α_s	Factor en función del número de rostros en el perímetro resistente a corte punzonante.

cn	Factor de momento para el extremo indicado
Ny	Factor de resistencia en función del peso específico del suelo.
β_d	Factor de carga axial del nivel.
β_1	Factor para diagrama de esfuerzos equivalente en la zona de compresión de una viga.
cm	Factor de momento uniforme equivalente para el cálculo del magnificador de momentos.
Nq	Factor de resistencia en función de la carga sobre el cimiento.
F	Fuerza
V	Fuerza cortante
Ft	Fuerza concentrada en la cima de la estructura.
Fxóí	Fuerza en el nivel indicado por el subíndice
Ks	Factor de uso simultaneo
hab	Habitantes
Ha	Hectáreas
Ig	Inercia de la sección en base a su área gruesa
ψ_n	Índice de rigidez de el extremo de una columna
J	Inercia polar del elemento.
kg	Kilogramos
b0	Longitud del perímetro resistente a corte punzonante
ln	Longitud del lado para el que se calcula el momento de losa.
L1	Longitud del primer tramo con el diámetro mayor en la tubería combinad
L2	Longitud del segundo tramo con el diámetro menor en la tubería combinada
l	Litros

lu	Luz libre del elemento
L	Longitud total del tramo de tubería
m	Masa
W_{xój}	Masa del nivel indicado por el subíndice
δ_{ns}	Magnificador de momentos
W	Masa de la estructura, para la determinación de carga lateral se utiliza un valor calculado como el 100 % de la carga muerta más un 25 % de la carga viva.
M2	Mayor momento mayorado extremo de un elemento sometido a compresión, siempre se manejará como un valor positivo.
mca	Metros columna de agua
M1	Menor momento mayorado extremo de un elemento sometido a compresión, será negativo si genera curvatura doble.
m3	Metros cúbicos
m2	Metros cuadrados
ml	Metros lineales
Mn	Momento actuante en una sección transversal.
Mtorsión	Momento de rotación generado por la carga lateral de sismo aplicado con la excentricidad de diseño, sobre un piso.
Ey	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
Mc	Momento magnificado, diseño de columnas
Mu	Momento último actuante
N	Número de conexiones o llena cántaros
d	Peralte de la sección, altura del elemento menos el recubrimiento.

n	Período de tiempo entre población inicial y población futura.
U	Carga crítica o última, producto de las combinaciones de carga mayorada.
T	Período fundamental de vibración de la estructura.
γ_w	Peso específico húmedo del suelo
γ_s	Peso específico seco del suelo
hf	Pérdida de carga
Pj	Población inicial
Pf	Población futura
psi	Pounds per square inch
ψ_m	Promedio de los índices de rigidez de una columna.
r	Radio de giro, para un marco (distancia perpendicular del marco al centro de rigidez), o para un elemento a compresión (calculado en función de su sección transversal).
β	Relación del lado largo al lado corto de la columna
f'c	Resistencia nominal del concreto
fy	Resistencia nominal del acero
Pn	Resistencia nominal de la columna diseñada
P0	Resistencia nominal de la columna diseñada, para el caso de carga concéntrica sin momentos actuantes.
Pnx	Resistencia nominal de la columna diseñada, para el caso de momento crítico en sentido X.
Pny	Resistencia nominal de la columna diseñada, para el caso de momento crítico en sentido Y.
k	Rigidez de un elemento

Keje	Rigidez del marco estructural identificado con su eje. Se calcula como la sumatoria de rigideces de las columnas que lo conforman.
s	Segundos
i	Tasa de crecimiento poblacional
Ton	Toneladas
τ	Torque que genera rotación en el nivel
v	Velocidad de flujo del caudal de agua
Z	Zona de riesgo sísmico

GLOSARIO

ACI 318-05	American Concrete Institute, Comité 318 edición 2005.
ACI 318-63	American Concrete Institute, Comité 318 edición 1963.
ASCE	American Society of Civil Engineers.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
DMP	Dirección Municipal de Planificación.
FCU	Factor de carga última.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MKS	Sistema de medición en metros, kilogramos y segundos.
UBC'97	Uniform Building Code edición 1997.
UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.

RESUMEN

Los proyectos que se desarrollan en el presente trabajo de graduación fueron seleccionados a través de un proceso de priorización de necesidades, las cuales llegan al Departamento Municipal de Planificación (DMP) a través de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE) y del continuo monitoreo del municipio que desarrolla el DMP. Dichos proyectos son un sistema de abastecimiento de agua potable y una edificación escolar

El proyecto del sistema de distribución de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria surge como consecuencia del crecimiento poblacional. Se ha sobrepasado la capacidad de servicio del sistema actual, teniendo que racionar la dotación, dejando a las familias más alejadas al sistema sin el servicio durante días, que se han convertido incluso en semanas sin el vital líquido.

En lo concerniente a la edificación escolar es un proyecto que nace por las condiciones precarias en las que se atiende a la población estudiantil, dándose el caso de desatender a más del 70 por ciento de los infantes en edad escolar.

JUSTIFICACIÓN

Diseño del sistema de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria, Gualán, Zacapa

Actualmente, las aldeas El Lobo y Encinitos, han sobrepasado la población para la que fue diseñado el sistema de agua potable que poseen, el cual fue habilitado hace más de 30 años, y consiste en su mayoría, de tuberías de 3/4" como diámetro máximo. Simultáneamente se hace evidente la necesidad de dotar de agua potable a la aldea Samaria, que carece de un sistema de abastecimiento adecuado. Estas tres aldeas suman actualmente una población de 1 650 habitantes, que están padeciendo serios problemas para abastecerse del vital líquido.

Diseño de la edificación de dos niveles para la escuela primaria de la aldea Los Limones, Gualán, Zacapa

La quiebra de 9 fincas cafetaleras dejó sin vivienda a 250 familias, que debieron reubicarse en lo que ahora es la aldea Los Limones. Actualmente están en funcionamiento dos escuelas que poseen 2 y 3 aulas respectivamente, atendiendo durante el 2010 a un promedio de 180 niños. La población en edad escolar es de 650 niños, de los cuales 470 se están quedando sin la oportunidad de estudiar el nivel primario.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria, y la edificación escolar de dos niveles para la aldea Los Limones, municipio de Gualán, departamento de Zacapa.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Gualán, departamento de Zacapa.
2. Capacitar a los miembros del comité de agua potable de las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria sobre la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación muestra en el primer capítulo un perfil monográfico del municipio de Gualán, Zacapa, del cual se desprende una evaluación y priorización de necesidades, seleccionando las de mayor impacto para proponer y diseñar una solución.

En el segundo capítulo se describen los fundamentos y cálculos necesarios para el diseño de la red de distribución de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria y para el diseño de la edificación escolar para la aldea Los Limones.

Las aldeas: El Lobo, Encinitos y Samaria presentan escasez de agua potable, por lo que se propone la ampliación de la red de distribución actual. La aldea Los Limones cuenta actualmente con 2 escuelas que cubren la educación primaria en un 30 por ciento de la población de edad escolar, una edificación con la capacidad para albergar a la totalidad de los infantes será de vital importancia para lograr iguales oportunidades para toda la población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía

Para identificar los sectores del municipio que necesitan mayor inversión es necesario conocer su situación actual respecto a la morfología de su territorio, su demografía, su situación socio-cultural y sus actividades económicas.

1.1.1. Origen del municipio de Gualán, Zacapa

El municipio de Gualán se encuentra ubicado en el departamento de Zacapa, etimológicamente deriva su nombre de una palabra cuyo origen viene del náhuatl, *Uaxinlán*, que significa: lugar donde abundan los árboles de Yaje. *Uaxin* significa árbol de cuaje o yaje, y Lan es un sufijo de abundancia.

Antiguamente, Gualán era conocido como San Miguel Gualán, debido a que su patrono, según la fiesta religiosa del lugar es el Arcángel San Miguel. Representa el segundo municipio más importante del departamento de Zacapa, debido a su situación privilegiada en los márgenes del río Motagua, que, desde el período hispánico hasta la construcción del ferrocarril fue puerto fluvial y paso obligado de personas y mercaderías en su camino al puerto de Santo Tomás de Castilla.

El departamento de Zacapa se encuentra situado en la región nororiente de la República de Guatemala.

Como se puede apreciar en la figura 1, el departamento se encuentra limitando al norte con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal; al sur con los departamentos de Chiquimula y Jalapa; al este con el departamento de Izabal y la República de Honduras; y al oeste con el departamento de El Progreso. Su cabecera departamental es Zacapa.

Figura 1. **Ubicación del departamento de Zacapa**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

La historia del municipio tiene sus orígenes al 28 del mayo de 1821, cuando el señor Luis Herмосilla, diputado de la corte de España por la provincia de Guatemala, solicitó se le diera a Gualán el título de Villa, ya que era un pueblo con dos mil habitantes y el primer centro poblado en camino a los puertos de Izabal y Omoa. Por lo cual, el 29 de junio, el rey de España, Fernando VII, le concedió a Gualán el título de Villa.

Como villa, la población, contó con cabildo o ayuntamiento integrado por el alcalde y varios regidores, un síndico, un escribano y un alguacil. Desde ese tiempo se reconoce como primer alcalde municipal al señor Ramón Palao. Luego, el 11 de octubre de 1825 se emite Acuerdo Gubernativo en el cual se reconoce a Gualán como municipio de Zacapa. En ese momento ya contaba con más de mil habitantes y sus autoridades municipales fueron elegidas por un período de un año.

Más tarde, por Acuerdo Gubernativo en 1940 se fijan el tres y seis de abril para celebrar la feria titular. En ese año, el V censo poblacional reporta un total de 14 735 habitantes para el municipio. Posteriormente, el tres de agosto de 1969, se publica el acuerdo mediante el cual la villa de Gualán pasa a la categoría de ciudad.

1.1.2. Descripción morfológica

Por su configuración geográfica, que es bastante variada, sus alturas oscilan entre los 130 metros sobre el nivel del mar en Gualán y los 880 en el municipio de la Unión, su clima es cálido. Zacapa es habitado en su mayoría, por descendientes europeos, prevaleciendo los de origen español, siendo su idioma oficial el español. Cuenta con una superficie total de 2 690 kilómetros cuadrados; una altitud media de 220 metros sobre el nivel del mar, su población total es de 207 814 habitantes, con una densidad de 77 por kilómetro cuadrado. En lo relativo a su división administrativa, Zacapa cuenta con 10 municipios que son: Cabañas, Estanzuela, Gualán, Huité, La Unión, Río Hondo, San Diego, Teculután, Usumatlán y Zacapa.

En la figura 2 se puede apreciar un mapa del departamento mostrando al municipio de Gualán. La cabecera municipal de Gualán se encuentra localizada

a 168 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, por la ruta CA-9 que conduce a la costa atlántica y a 36 km de la cabecera departamental de Zacapa. Su altitud es de 130 msnm y tiene una extensión territorial de 696 km², lo que representa el 25 por ciento de la extensión total del departamento de Zacapa.

Figura 2. **Municipio de Gualán, departamento de Zacapa**



Fuente: cooperativa de ahorro Micope, Alcázar del Trópico.

La población total del municipio sobrepasa los 45 000 habitantes. El está limitado al norte.

- Por los municipios de El Estor y Los Amates; al este
- Por la República de Honduras; al sur
- Por los municipios de La Unión y Zacapa, al oeste
- Por los municipios de Zacapa, Río Hondo y El Estor

El clima del municipio de Gualán se caracteriza por ser cálido y tropical, de acuerdo con la información proporcionada por el INSIVUMEH; en los meses de mayo a octubre en que se dan algunas lluvias estacionales. La precipitación pluvial anual se registra en un 98 por ciento durante los meses que van de mayo a octubre, razón por la cual durante el período que comprende de noviembre a mayo, existe un déficit hídrico.

En relación con su accesibilidad y comunicaciones, el municipio de Gualán, se comunica con los diferentes centros o poblados por 64 km de asfalto y 218 km de terracería. Existe carretera totalmente asfaltada entre las aldeas y caseríos que se encuentran sobre La carretera CA-9, que comunica al norte con los Amates (Izabal) y al sur con la Unión (Zacapa); también las que se localizan sobre la ruta RD-3, que une a Gualán con el municipio de La Unión, Zacapa y una pequeña parte al este del municipio, que llega hasta la aldea Shin Shin.

Los demás centros poblados únicamente cuentan con acceso a caminos de terracería, que en época de invierno presentan serios problemas de comunicación debido a los deslaves que ocurren. Además es importante hacer mención que en algunos poblados, el acceso únicamente es a pie o en bestias de carga.

Con el fin de atender los diferentes requerimientos del municipio, la división política se encuentra distribuida en siete sectores, en la que la mayoría de los centros poblados corresponden a la categoría de aldeas y caseríos con un 33 y 32 por ciento respectivamente. El 23 por ciento equivale a las fincas dedicadas a las actividades productivas y el 12 por ciento restante a parajes, colonias, lotificaciones y barrios.

1.1.3. Tipo de vivienda y actividad económica

En lo relativo a vivienda se puede observar en la cabecera municipal y aldeas cercanas, construcción formal. Evaluando el tipo de vivienda en las aldeas y caseríos más alejados del casco urbano, se puede observar muy poca construcción formal, predominando las construcciones de adobe o bajareque con techos de lámina o paja.

Las principales actividades económicas del departamento son de tipo: agroindustrial que abarca 76, agrícola 16, artesanal 4, pecuaria 3 e industrial 1 por ciento. La actividad agrícola, que se considera una de las principales, es el medio de subsistencia para la mayor parte de la población que cultivan productos como el maíz y frijol para el consumo propio, incluyendo el chile dulce, tomate, papaya y café, que representan un 17 por ciento del área cultivada, siendo estos últimos productos destinados al comercio principalmente.

En la actividad pecuaria se puede mencionar la crianza y explotación de animales como: el ganado vacuno, porcino y bobino incluyendo también, pero en menor escala, la crianza de aves de corral.

La actividad económica artesanal es de gran importancia en el municipio y es realizada predominantemente por el grupo familiar y algunos operarios. Entre las actividades de carácter artesanal se pueden citar la elaboración de muebles que ocupa un 48 por ciento de la producción y la elaboración de pan que significa un 34 por ciento; quedando artesanías varias que suman un 18 por ciento.

La actividad agroindustrial, que se dedica a la transformación de

productos mediante un proceso productivo para consumo interno o para la exportación, está conformada por el beneficio de café, utilizando para la producción del mismo un nivel tecnológico avanzado, utilizando mano de obra asalariada y canales para la comercialización internacional.

En el sector económico industrial, en el municipio existen empresas dedicadas a la fabricación de casas tipo canadiense, muebles de madera en serie, fabricación de poliductos y una embotelladora de agua potable, las cuales generan ingresos, fuentes de empleo y suministro de insumos.

1.1.4. Población y demografía

Según el Instituto Nacional de Estadística la población del municipio de Gualán, presenta una tasa de crecimiento poblacional de 2,60 por ciento. Como se puede ver en la tabla I, está dividida en 45 por ciento de individuos de género masculino y un 55 por ciento de individuos de género femenino.

Tabla I. **Distribución de población por género para Gualán**

Municipio de Gualán - Zacapa.		
Hombres	23 744	45 %
Mujeres	29 428	55 %
Total habitantes	53 172	

Fuente: INE 2003, XI Censo poblacional y VI habitacional.

La población en el municipio de Gualán se encuentra concentrada en el área rural, con una relación porcentual del 69 por ciento, mientras tanto en el área urbana un 31 por ciento del total. En lo referente a su composición étnica, se da el hecho de que, en los ciudadanos autóctonos es muy marcada la

población con descendencia española, debido a la importancia que en su momento tuvo el municipio de Gualán, para la corona española.

1.1.5. Servicios públicos

Servicios básicos que hacen posible el desarrollo del municipio, la energía eléctrica, agua potable entubada, educación, salud, drenajes y alcantarillado; así como sistemas de recolección de basura y el tratamiento de basura, que deben brindar las instituciones encargadas de la prestación de los referidos servicios.

1.1.5.1. Educación

Uno de los temas de mayor importancia para el desarrollo del municipio, el servicio educativo es prestado por escuelas públicas para nivel primario y se pueden encontrar en las comunidades principales, incluso las más alejadas del municipio. Es notable la presencia de centros educativos privados en la zona urbana del municipio, presentando más opciones para acceder a la educación hasta el nivel diversificado.

1.1.5.2. Salud

En relación a este aspecto, se puede indicar que en el municipio de Gualán, los servicios de salud son prestados por el Estado, con la colaboración de entidades privadas y de médicos cubanos. Las instituciones encargadas de prestar los servicios de atención médica en el área urbana son un consultorio del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), un centro de Salud público de tipo A; nueve clínicas particulares y un hospital privado.

En lo relativo al área rural del municipio, existen ocho puestos de Salud ubicados en las aldeas Bethel, Juan Ponce, El Lobo, La Iguana, El Chile, Guapinol, Las Carretas, Santiago y un centro de Convergencia situado en la aldea Santa María.

Es también importante mencionar que el 25 por ciento de los casos de morbilidad que se registran y que afectan la salud de la población del municipio, es provocado por parasitosis intestinal, 11 por ciento, por causa de rinofaringitis aguda (resfrío común), 10 por ciento, por infección de las vías urinarias; dichas causas obedecen a las condiciones climáticas que se dan en el municipio, contaminación ambiental, condiciones de higiene e insalubridad en relación con letrinas y agua que consumen los pobladores.

Un aspecto primordial de mencionar, que tiene gran incidencia en la salud de los habitantes, es que existe un basurero municipal, además se ubicaron 87 depósitos de basura clandestinos, el 86 por ciento originados en el área rural y el 14 por ciento en el área urbana.

1.1.5.3. Agua potable

Un 90 por ciento del área urbana cuenta con el servicio de agua entubada, mientras que en el área rural solamente un 64 por ciento de la población cuenta con dicho servicio, la población no beneficiada con agua entubada obtienen el vital líquido de ríos, agua que no recibe el tratamiento de desinfección adecuado, convirtiéndose en el principal foco de enfermedades gastrointestinales, que ponen en riesgo la vida de los miembros más vulnerables de este grupo humano, como los infantes de 0 a 5 años y personas de la tercera edad.

1.1.5.4. Drenajes

El 63 por ciento de los hogares del área rural del municipio de Gualán, no cuentan con drenajes y alcantarillado y utilizan como vertedero los ríos aledaños a los centros poblados. Se reporta que la cobertura del servicio no ha tenido mayor incremento en los hogares del área rural y que se mantiene el porcentaje de déficit establecido por el INE desde 1994-2002, la tabla II muestra el porcentaje de habitantes que se encuentran en mejores condiciones sanitarias que el resto de la población.

Tabla II. Cobertura de drenaje sanitario, año 2002

Año	Área urbana				Área rural				Total hogares
	Con drenaje		Sin drenaje		Con drenaje		Sin drenaje		
1994	1 349	20 %	826	12 %	337	5 %	4 354	63 %	6 866
2002	1 664	20 %	423	5 %	556	7 %	5 751	68 %	8 394
2006	2 373	24 %	0	0 %	1,446	14 %	6 492	63 %	10 311

Fuente: INE 2003, XI Censo poblacional y VI habitacional.

1.1.5.5. Energía eléctrica

En lo que corresponde al área urbana, el servicio lo presta la Empresa Eléctrica Municipal, que cubre un promedio de 2 800 usuarios a un costo de Q. 0,52 centavos el kilovatio/hora en tarifa social y de Q.0,58 en tarifa no social.

En el área rural, el servicio es prestado por la empresa privada que se denomina Distribuidora de Energía Eléctrica de Oriente S.A. (DEORSA), la cual establece una tarifa de Q.0,87 centavos, el kilovatio/hora. El precio que paga la población por el servicio de alumbrado público, oscila, en el área urbana de

Q.7,50 a Q.28,00 mensuales según consumo, mientras que en el área rural el costo es mayor de Q.40,00 a Q.50,00. Como se puede apreciar en la tabla III, la cobertura de prestación del servicio eléctrico se estima tuvo un incremento del 10 por ciento en el área urbana y 48 por ciento en el área rural para el 2006. Se indica también que, según los datos obtenidos, los hogares que no cuentan con el servicio de energía eléctrica en el municipio, representan el 23 por ciento de la población para el 2002 y 15 por ciento para el 2006 siendo evidente que se ha mejorado la calidad de vida para buena parte de la población.

Tabla III. **Cobertura de servicio eléctrico, año 2006**

Año	Urbana				Rural				Total hogares
	Con servicio		Sin servicio		Con servicio		Sin servicio		
1994	1 943	28 %	232	3 %	1 766	26 %	2 925	43 %	6 866
2002	1 927	23 %	160	2 %	4 405	52 %	1 902	23 %	8 394
2006	2 373	23 %	0	0 %	6 391	62 %	1 547	15 %	10 311

Fuente: Municipalidad de Gualán.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructuras de la aldea El Lobo, municipio de Gualán

Uno de los centros poblados con mayor necesidad es la aldea El Lobo, la cual es analizada para determinar de qué manera invertir en el sector para fomentar su desarrollo económico y social.

1.2.1. Descripción de necesidades

A través de un monitoreo de las solicitudes de los distintos COCODES y entrevistas realizadas a las autoridades y líderes del área rural del municipio, se

determinaron las necesidades de mayor urgencia y su correspondiente propuesta de proyecto para resolverlas:

Mejoramiento de carretera a la aldea Santiago: se encuentra paralela a la carretera CA-9 alrededor del kilómetro 153 y es una vía de vital importancia para los caseríos Chilmecate, Campos Nuevos, así como para las aldeas Santiago y Las Verapaces que queda inhabilitado cada invierno por azolvamientos y deslaves impidiendo la actividad económica y libre locomoción de 2 500 personas, aproximadamente.

Red de distribución de agua potable de la aldea El Lobo: se encuentra en el kilómetro 175, cuyo sistema de agua servía a dicha aldea además de la aldea Encinitos que es de menor población, pero que en total suman alrededor de 1 800 habitantes que actualmente padecen serias dificultades para abastecerse del vital líquido.

Escuela primaria de la aldea Los Limones: aldea de reciente formación debido a la reubicación de 250 familias damnificadas por fenómenos naturales y principalmente las que fueron desalojadas por la quiebra de grandes fincas durante la crisis económica que afectó toda Guatemala desde 2008, representa una población infantil en edad escolar de 650 niños que se están quedando sin la oportunidad de estudiar.

1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades

La evaluación de las necesidades se realiza mediante métodos orientados a medir el beneficio a la sociedad con el mejor rendimiento obtenido con los recursos del Estado como el costo-beneficio.

Como primer paso de la evaluación costo-beneficio, se ordenan los proyectos de menor inversión a mayor inversión para comparar posteriormente sus rendimientos.

Tabla IV. **Evaluación socioeconómica**

	PROYECTO	COSTO ESTIMADO	POBLACIÓN BENEFICIADA	COSTO-BENEFICIO PERCAPITA	OBSERVACIONES
A	Red de distribución aldea El Lobo	1,8 millones	1 800	Q 1 000,00	Problema permanente, racionalización del agua y conflicto entre comunidades.
B	Escuela Los Limones	4,9 millones	650	Q 7 538,46	650 niños sin la oportunidad de estudiar, posibilidad de funcionar como albergue para casos de desastre natural.
C	Mejoramiento de carretera a Santiago	5,6 millones	2 000	Q 2 800,00	Problema estacional, cada año la población padece dificultades para sacar sus productos desde las aldeas.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IV se presenta la información básica de anteproyecto para resolver las necesidades más significativas encontradas. Al observar la inversión por beneficiario del proyecto puede observarse que la viabilidad de los proyectos en función del rendimiento de la inversión queda en el orden siguiente:

- Red de distribución de agua potable de la aldea El Lobo con un costo de inversión de Q. 1 000,00 por beneficiario, siendo el proyecto con mejor rendimiento de inversión.
- Mejoramiento de carretera a Santiago con un costo de inversión de Q. 2 800,00 por beneficiario
- Escuela Los Limones con un rendimiento de inversión de Q. 7 538,46 por niño beneficiado. Quedando aparentemente como el proyecto de menor rendimiento por beneficiario.

Este análisis es el primer paso para priorizar los proyectos de inversión, correspondiente a la parte cuantitativa. Para la parte cualitativa se evalúa el riesgo social y el tipo de necesidad a resolver, siendo las necesidades vitales las de mayor ponderación para su selección.

La escasez de agua potable es un problema que amenaza la vida de cualquier ser humano, por lo que el proyecto de agua potable para la aldea El Lobo se considera de mayor urgencia por resolver.

En el caso de la escuela Los Limones se prevé que la estructura cumpla dos usos básicos, principalmente educacional pero, de construirse, sería la principal edificación formal de la región con el potencial de funcionar como albergue en caso de desastres naturales como sismos e inundaciones que pudieran generarse en la falla del río Motagua.

Para el mejoramiento de carretera a Santiago se observa que es un problema que afecta cada año durante el invierno, provocando dificultades de carácter comercial principalmente, ya que la carretera que comunica a las comunidades se vuelve de circulación difícil perjudicando las suspensiones de vehiculares.

Finalmente, como producto de la priorización de proyectos se establece que los proyectos a desarrollar como parte del ejercicio profesional supervisado para la Municipalidad de Gualán, Zacapa serán los siguientes:

- Construcción de red de agua potable para la aldea El Lobo
- Construcción de escuela para la aldea Los Limones

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria

A continuación se describen los criterios utilizados para definir los alcances del proyecto así como los cálculos realizados para el desarrollo de diseño del sistema de agua.

2.1.1. Descripción general del proyecto

El proyecto de agua potable para las aldeas seleccionadas consiste en la reconstrucción y ampliación del sistema existente en El Lobo y Samaria, para entregar una dotación adecuada a las aldeas que ya cuentan con el servicio, pero que han debido limitar su dotación, y para extender el servicio a las viviendas más alejadas y que aún no cuentan con agua potable como la aldea Samaria. El sistema de abastecimiento actual fue construido hace más de 30 años para una población de diseño que actualmente ya fue superada.

2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio

El aforo se refiere a la determinación de la cantidad de agua que aporta una fuente, ya sea superficial o subterránea, para poder aprovecharla, en este caso, para la dotación de agua potable a tres comunidades.

En los casos de fuentes superficiales debe investigarse el historial de crecidas y la regularidad de un caudal mínimo, que garantice la continuidad del servicio para el tiempo que se pretende mantener en funcionamiento el sistema. Al hacer un análisis de consumo, por el tipo de actividad de sus habitantes, cumpliendo con las normas de diseño y considerando que la comunidad tiene un clima cálido, se decidió adoptar una dotación de 150 l/hab/d tomando para los cálculos un tipo de servicio predial para familias que en promedio están integradas por 5 personas.

Para el presente diseño se posee una fuente de agua superficial, cuyo aforo en época de estiaje es de 31,59 l/s.

2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional

Es un porcentaje que indica el ritmo al que cambia la cantidad de individuos dentro de una población. Se sabe que para comunidades de Latinoamérica, el modelo matemático que mejor se ajusta a su comportamiento, es el de crecimiento geométrico, a continuación se muestra dicho modelo con sus parámetros:

$$P_f = P_i(1 + i)^n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

P_f = población futura

P_i = población inicial

i = tasa de crecimiento poblacional

n = periodo de tiempo entre población inicial y población futura

Utilizando las estadísticas obtenidas del centro de Salud, evaluando la cantidad de personas atendidas en los últimos 5 años, se determinó que la tasa de crecimiento que presenta la población es del 2,66 por ciento.

2.1.4. Período de diseño, población futura

El período de diseño se fundamenta en el tiempo de vida de los materiales que constituyen al sistema, y representa un periodo de tiempo en el cual el sistema funcionará sin desperfectos del equipo o materiales utilizados.

Para determinar el período de diseño del sistema de agua, también deben tomarse en consideración, los costos, la población de diseño y otros aspectos, de conformidad con las normas y pautas establecidas por UNEPAR. Se muestra a continuación, en la tabla IV, los periodos de diseño recomendados:

Tabla V. **Elementos y su período de diseño**

DESCRIPCIÓN	AÑOS
Obras civiles	20 años
Equipo mecánico de	5 a 10 años

Fuente: UNEPAR, *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*.
p. 20.

En el caso del presente proyecto, se adoptó un período de diseño de 22 años, considerando los 20 años de funcionamiento del sistema más 2 años de diseño, gestión y construcción del proyecto, tomando como año inicial el 2011 con su correspondiente número de servicios.

Contando con la información de los administradores del sistema de agua actual, se sabe que la población actual es de 1 760 habitantes, y con la tasa de crecimiento se puede calcular la población futura:

$$P_f = 1\,760(1 + 0,0266)^{22} = 3\,136 \text{ habitantes}$$

2.1.5. Factores de consumo y caudales

Para poder estimar el caudal de diseño para una población futura es necesario conocer el comportamiento del consumo de la población actual según su consumo promedio y la demanda en las horas pico.

2.1.5.1. Caudal medio diario

Es el valor promedio en un año de consumo, registrado para un día de una población determinada. Para el diseño del sistema, es necesario determinar el caudal medio que deberá conducir cada tramo.

$$Q_m = \frac{D \cdot \text{habitantes futuros}}{86\,400 \text{ s/día}} \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario en lt/s

D = dotación en lt/hab/día

De esta manera se calculará el caudal medio de cada ramal del sistema, para la cantidad de servicios al inicio de operaciones del sistema y al final del periodo de diseño, debido a que este debe considerar ambas demandas, para asegurar el correcto funcionamiento en todo momento (con ambos niveles de

demanda de agua), que presentará diferentes velocidades de circulación del agua, en función de los consumos definidos por el número de servicios.

$$Q_m = \frac{150 \frac{\text{lt/hab}}{\text{día}} * 3\,136 \text{ hab}}{86\,400 \text{ s/día}} = 5,44 \text{ lt/s}$$

2.1.5.2. Caudal máximo diario

Es el mayor caudal registrado para un día durante un año de observación y el utilizado para diseñar el sistema de distribución, este viene dado por:

$$Q_{dm\acute{a}x} = f_{dm\acute{a}x} * Q_m \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$Q_{dm\acute{a}x}$ = caudal máximo diario en lt/s

$f_{dm\acute{a}x}$ = factor de día máximo

Q_m = caudal medio diario en lt/s

Se siguieron los lineamientos dados por el apartado 4.3.1 inciso c) de la guía de diseño de UNEPAR; A falta de registro, el consumo máximo diario será el producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor que oscile entre 1,2 y 1,5, para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, sin embargo, el diseñador deberá justificar el factor que haya seleccionado.

El factor de día máximo tiene relación con la variabilidad en los niveles de consumo que puede presentar una población, observando un comportamiento

más estable o medición más exacta en poblaciones de más de 1 000 individuos, que es lo que puede verse con la limitación a utilizar exclusivamente un factor de 1,2 (que es menor) para cualquier población que supere los 1 000 individuos. En el caso del presente diseño se utilizó un factor de 1,2 debido a que la población supera a los 1 000 habitantes.

$$Q_{dm\acute{a}x} = 1,2 * 5,44 \text{ lt/s} = 6,528 \text{ lt/s}$$

2.1.5.3. Caudal máximo horario

Es el utilizado para realizar el diseño hidráulico del sistema de distribución se consideran dos posibilidades para definir su valor:

- La primera es el máximo caudal que se produce dentro de las 24 horas del día con mayor consumo durante el año.
- La segunda posibilidad es determinar el caudal debido a la probabilidad de uso simultáneo de varios usuarios del sistema (como horas pico en que las personas se preparan antes de ir al trabajo).

Siguiendo los lineamientos de la guía de diseño de UNEPAR en el apartado 4.3.1 inciso d): el consumo máximo horario se determina multiplicando el consumo medio diario por el coeficiente 2,0 a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 2 0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, tomando en cuenta criterios de uso simultáneo versus factor de hora máxima..., el factor de hora máxima seleccionado para este diseño es 2 y para tramos en que habrán derivaciones se realizará la comparación de caudales según el factor de hora máxima contra el caudal de uso simultáneo como lo indica la norma anteriormente citada.

Caudal máximo horario:

$$Q_{hm\acute{a}x} = f_{hm\acute{a}x} * Q_m \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$Q_{hm\acute{a}x}$ = caudal máximo horario en lt/s

$f_{hm\acute{a}x}$ = factor de hora máximo

Q_m = caudal medio diario en lt/s

Por lo que, el primer valor de caudal máximo, para tramos de conducción sería:

$$Q_{hm\acute{a}x} = 2 * 5,44 \text{ lt/s} = 10,88 \text{ lt/s}$$

Valor a cotejar en tramos iniciales, para comparar con el criterio de hora máxima. Caudal por uso simultáneo:

$$q_s = k_s \sqrt{N - 1} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

q_s = caudal de uso simultáneo no menor de 0,20 lt/s

$$k_s = \begin{cases} 0,15 & \text{para predial} \\ 0,25 & \text{para llenacántaros} \end{cases}$$

N = número de conexiones o llenacántaros

El segundo valor de caudal a evaluar será:

$$q_s = 0,15 * \sqrt{\left(\frac{3\ 136}{5}\right) - 1} = 3,75 \text{ lt/s}$$

El análisis comparativo de consumo crítico se realizará para cada tramo inicial a diseñar del sistema de agua potable, tomando el mayor valor de caudal así obtenido. Estos caudales, junto a parámetros de velocidad y requerimientos de presión dinámica, regirán la determinación del diámetro de tubería que llevará cada tramo inicial, y se irán acumulando para ser considerados en el tramo que los alimentará sucesivamente, hasta llegar al tanque de almacenamiento, de donde deberá partir el total del caudal requerido.

2.1.6. Calidad del agua y sus normas

El agua es un elemento fundamental para la vida de todo ser viviente, y al tratarse específicamente para el consumo de los seres humanos se demanda que cumpla con controles de calidad estandarizados, es decir que debe ser sanitariamente segura para su uso; lo cual implica que se encuentre libre de bacterias y contaminantes químicos. Los estándares de calidad del agua para el consumo humano en Guatemala, se encuentran contenidos en la Norma COGUANOR NGO 29 001:99, y deben practicarse exámenes a través de los cuales se observe y verifique el cumplimiento de la misma. A continuación un detalle de los exámenes realizados para la verificación de la sanidad que posee el agua seleccionada, para abastecer a las tres aldeas.

2.1.6.1. Análisis bacteriológico

Se obtuvo una muestra de agua a la entrada del tanque de almacenamiento, considerándose como la fuente de agua para el sistema, dicha muestra fue transportada bajo condiciones controladas al laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala para someterla un examen bacteriológico obteniéndose como resultado que: bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I, calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección, según Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua (ver apéndice 1).

2.1.6.2. Análisis fisicoquímico

Así también se realizó un análisis para determinar los niveles contenidos de los parámetros químicos de clasificación, establecidos en la Norma Coguanor NGO 29 001, obteniendo una medición dentro de los límites permitidos, concluyendo que desde el punto de vista de la calidad física y química, el agua cumple con las Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua (ver apéndice I).

2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tuberías

Antes de entrar al detalle de cada ecuación es necesario observar que el sistema que se muestra en el presente trabajo, fue diseñado en su totalidad como un conjunto de ramales abiertos, que tienen su propia metodología, excluyendo cualquier método de compensación necesario aplicable a sistemas con circuitos cerrados.

Siguiendo el orden de los cálculos para realizar el diseño de cada tramo del sistema de agua se detallan a continuación las ecuaciones y factores utilizados:

- Población futura (sección 2.1.3 , ecuación 1).

- Caudal de tramo, para lo que se requiere un análisis comparativo de caudales y son necesarias varias ecuaciones:
 - Caudal medio diario (sección 2.1.5.1 , ecuación 2)
 - Caudal máximo horario (sección 2.1.5.3 , ecuación 4)
 - Caudal de uso simultáneo (sección 2.1.5.3 , ecuación 5)

Pérdida de carga; ecuación de Hazen-Williams modificada, para calcular con las dimensionales comúnmente utilizadas en Guatemala.

$$h_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

h_f = pérdida de carga en m

L = longitud de tubería en m

Q = caudal en tubería lt/s

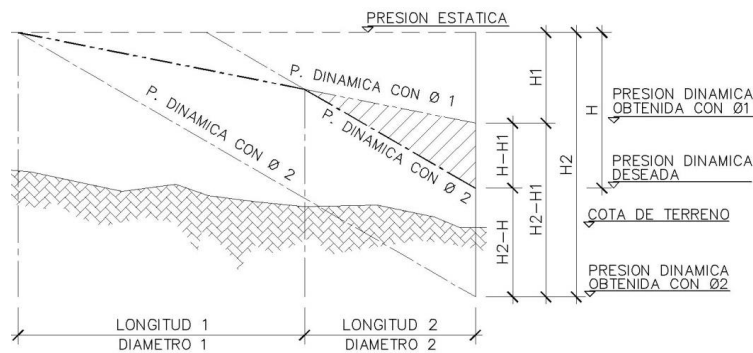
c = coeficiente de rugosidad (adimensional)

ϕ = diámetro interno de tubería en pulgadas

Esta ecuación será utilizada para hacer un primer estimado del diámetro de tubería que mejor se adecuará a la pérdida de carga que se desee dar a cada tramo, despejando para ello la incógnita ϕ , a la tubería así calculada se le puede llamar diámetro teórico.

Con el diámetro teórico definido para un tramo, se aplica nuevamente la ecuación 6, utilizando los diámetros comerciales inmediatamente superior e inferior a este, para definir la pérdida de carga que genera cada uno y evaluar qué tubería satisface los requerimientos de caudal, velocidad y pérdida de carga para el tramo evaluado, usualmente será el diámetro mayor que proporciona menor pérdida el que se selecciona para colocar en el tramo, pero si las condiciones del sistema exigen que se genere mayor pérdida (un valor específico de carga dinámica como podría ser el máximo de 40 metros columna de agua), será necesario hacer un juego de longitudes entre los diámetros inmediatamente superior e inferior al diámetro teórico. Dicho juego de longitudes se determina mediante un análisis de triángulos semejantes como se muestra en la figura 3.

Figura 3. **Triángulos semejantes en piezométrica, carga controlada**



Fuente: elaboración propia.

De la figura 3 se pueden deducir las ecuaciones que permitirán determinar las longitudes necesarias:

$$L_2 = \frac{L_1(H-H_1)}{H_2-H_1} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$L_1 = L - L_2$$

Ecuación 8

Velocidad de flujo: conociendo el caudal y el diámetro real de la tubería es posible determinar la velocidad del flujo, ecuación modificada para calcularse con las dimensionales de caudal y diámetro utilizadas en el medio:

$$v = 1,9735 \frac{Q_d}{\phi^2}$$

Ecuación 9

Donde:

v = velocidad m/s

Q_d = caudal de diseño l/s (determinado en 2.1.5.3.)

ϕ = diámetro interno en pulgada

Se hace énfasis en los diámetros internos de las tuberías, debido a que estos definen el área de la sección del flujo y consecuentemente definen la pérdida de carga y la velocidad del flujo. Debido a que los diámetros comerciales de las tuberías no reflejan realmente el diámetro interno de las tuberías, es necesario conocer el diámetro real definido en los estándares internacionales como la Norma ASTM D 2241-00.

2.1.8. Presiones y velocidades

El diseño de un acueducto consiste en definir materiales longitudes, y diámetros para tuberías, así como consumos y caudales de agua, de tal manera que se construya un sistema que, efectivamente, haga llegar el agua hasta la ubicación de los consumidores, en la cantidad adecuada y a una presión funcional.

Para el diseño de la red de distribución se debe controlar tanto la presión como la velocidad del flujo de agua, se recomienda que las presiones se mantengan dentro de un rango de 10 a 40 metros columna de agua, como medida de protección a válvulas y accesorios utilizados en las instalaciones domiciliarias, las velocidades del flujo de agua deben mantenerse en un rango de 0,4 a 3 metros por segundo debido a la existencia de material en suspensión sedimentable o erosivo, con estos valores de velocidad se garantiza que el sistema funcione con efectos de auto limpieza (por arrastre de sedimentos) y que evite erosión en sus tuberías, al mismo tiempo brinda una velocidad de flujo adecuada en los puntos de servicio del sistema.

2.1.9. Levantamiento topográfico

Para la construcción de acueductos se necesita un estudio topográfico que incluya información tanto de planimetría como de altimetría, con exactitud de primer orden para definir longitudes de tubería, siguiendo la rasante y las alturas relativas entre el tanque de almacenamiento y cada punto de servicio del sistema de agua.

Como resultado del levantamiento topográfico, se tienen las orientaciones, distancias y las alturas entre cada punto, que deberá recorrer la red de

distribución, así como la cantidad de servicios que se conectarán a esta red en cada tramo.

2.1.9.1. Planimetría

Consiste en una base de datos que contiene información sobre orientaciones y distancias sobre una proyección horizontal de la superficie del terreno, es de gran utilidad para referenciar el proyecto y ubicar la geometría de la red, sobre mapas utilizando una combinación de coordenadas geográficas y coordenadas totales, referidas a un plano cartesiano de referencia. Para este proyecto se aplicó el método de conservación de azimut y se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito Wild T-2
- Estadal
- Trípode

2.1.9.2. Altimetría

Simultáneamente a la base de datos de la planimetría se adquieren datos de altitudes (alturas referenciadas al nivel del mar) y consecuentemente alturas relativas, que combinadas con las distancias de la planimetría, permiten la elaboración de perfiles o representaciones gráficas de un corte del terreno donde estará instalada la tubería. Estas representaciones gráficas son de mucha utilidad para evaluar cuantitativamente las presiones estáticas y dinámicas del sistema. El método aplicado fue el taquimétrico.

2.1.10. Diseño hidráulico del sistema

El proyecto y los parámetros mínimos, que se deben cumplir, definen los elementos que componen al sistema de distribución y determinan sus dimensiones y materiales necesarios.

2.1.10.1. Captación

El sistema actual capta el agua del río El Lobo, aproximadamente a 3,9 kilómetros de la ubicación de los dos tanques de distribución existentes, por medio de un canal recolector que luego se conecta a un filtro lento con un tubo de 6 pulgadas de PVC.

2.1.10.2. Línea de conducción

La conducción parte del filtro lento hacia los tanques de almacenamiento, con 2 líneas de 3" y 4", la primera se conecta al tanque antiguo y la segunda al tanque nuevo construido en 2011. El recorrido está compuesto por 1,8 km de tubería expuesta de hierro galvanizado y el resto 3,79 km de tubería enterrada de PVC.

2.1.10.3. Tanque de almacenamiento

Este es necesario para asegurar el servicio continuo del sistema durante las 24 horas del día, debe determinarse en función de la demanda de la población o como lo indicado en la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable de INFOM-UNEPAR; deberá tener un volumen entre el 25 y el 40 por ciento del consumo medio diario estimado. El consumo acumulado futuro de todos los ramales diseñados es de 11 litros por segundo.

$$\frac{0,4 * 11 \text{ l/s} * 86,400\text{s/día}}{1\ 000 \text{ l/m}^3} = 380 \text{ m}^3/\text{día}$$

El volumen necesario para mantener una reserva diaria del 40 por ciento del consumo es de 380 metros cúbicos. Actualmente se cuenta con el tanque antiguo que posee 312 metros cúbicos y el tanque construido en 2011, con una capacidad de 204 metros cúbicos.

2.1.10.4. Red de distribución

La red de distribución consta de un total de 8 117,37 metros de ramales abiertos, para cada uno de ellos fueron utilizadas las ecuaciones descritas en el apartado 2.1.7, a modo de ejemplo se muestra a continuación, en la tabla VI, el cálculo para el tramo de la estación 353 a la estación 376 con una explicación de cada uno de los datos mostrados en ella:

Tabla VI. Datos topográficos para diseño de ramal

EST	P.O	LONG. HORIZONTAL (m)		COTA DE TERRENO (m)			POBLACIÓN (hab)	
		DIST.	DIST. + 5 %	INICIAL	FINAL	ALTURA (m)	ACTUAL	FUTURA
353	376	173,55	182,228	905,56	874,01	-31,55	55	98

Fuente: elaboración propia.

- Longitud horizontal: la distancia horizontal encontrada entre las dos estaciones se incrementada en un 5 por ciento, para considerar la longitud real que tendrá la tubería, siguiendo el perfil transversal del terreno.
- Cota de terreno: la altura de los dos puntos estudiados referenciados a un banco de marca sirve para determinar la altura relativa entre las dos estaciones.

- Población: durante el levantamiento topográfico se realizó un levantamiento de densidad poblacional, y al procesar la información permite conocer el número de viviendas que abarcará cada tramo, en este caso el tramo servirá a 11 viviendas con una población promedio de 5 habitantes por vivienda, lo que representa una población de 55 habitantes en la fecha actual. El diseño requiere que se considere la población que existirá para el momento que concluya el periodo de diseño, por lo que se utiliza la ecuación 1, utilizando la tasa de crecimiento poblacional encontrada en el apartado 2.1.3 y un periodo de 22 años con el siguiente resultado:

$$P_f = 55(1 + 0,0266)^{(22)} = 98 \text{ habitantes}$$

Tabla VII. **Datos hidráulicos para el diseño de ramal**

Q. POR DOTACIÓN		Q. USO SIMULTÁNEO		TUBERIA PARA EL TRAMO		
ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	Øestimado	Ønominal	Øreal [plg]
0,191	0,34	0,47	0,65	0,76	1	1,21
	Hf [m]	Vel. [m/s]	Pz. Inicial [mca]	Pz. final [mca]	P. EST. [mca]	P. DIN. [mca]
ACTUAL	3,33	0,6335	927,24	923,91	53,95	49,9
FUTURO	6,06	0,8762	925,73	919,67	53,95	45,66

Fuente: elaboración propia.

- Caudal: se realiza una comparación del caudal máximo horario (ecuación 4) con el caudal por la probabilidad de uso simultáneo (ecuación 5) para utilizar el mayor de estos en el diseño de la tubería necesaria, se comprueban las condiciones de funcionamiento que tendrá el sistema en la actualidad, realizando los mismos cálculos para la población actual.

Los parámetros a utilizar son: la dotación (150 l/hab/día), la población a dotar (98 habitantes a futuro) y el factor de hora máxima, que en este caso es 2 (el mínimo debido a que la actividad económica de la zona no genera horas pico de consumo)

$$Q_{\text{futuro}} = \frac{150 \frac{\text{l}}{\text{hab}} * 98 \text{ hab.}}{86\,400 \frac{\text{s}}{\text{día}}} * (2) = 0,34 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{simult.futuro}} = 0,15 * \sqrt{(98/5) - 1} = 0,65 \text{ l/s}$$

- Tubería para el tramo: despejar el diámetro en la Ecuación 6 permite estimar el diámetro necesario teórico con la carga o altura disponible. En este caso se selecciona la altura entre los puntos, con el objetivo que la presión dinámica sea constante a lo largo del recorrido (este criterio no es obligado, existirán ocasiones en que se requiera generar la menor pérdida de carga posible), los parámetros para calcular esta ecuación son: longitud de 182,228 metros, caudal de 0,65 litros/segundos, coeficiente de rugosidad de 140 y una carga disponible de 31,55 metros.

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * 182,228 * (0,65)^{1,85}}{(140)^{1,85} * 31,55} \right)^{1/4,87} = 0,86''$$

El diámetro comercial más cercano es el de 1" y su diámetro interno real es de 1,21".

- Pérdida real: se evalúa nuevamente la ecuación 6 con el diámetro de 1,21 pulgadas, para encontrar la pérdida real que genera esta condición y evaluar si cumple con los requerimientos de presión dinámica y velocidad.

$$h_f = \frac{1\,743,811 * 182,228 * (0,65)^{1,85}}{(140)^{1,85} * (1,21)^{4,87}} = 6,06 \text{ m}$$

- Velocidad: con la información obtenida se puede chequear la velocidad de flujo dentro de la tubería con la Ec.9, los parámetros a utilizar son caudal de diseño de 0,65 litros por segundo y diámetro de 1,21 pulgadas.

$$V = 1,9735 \frac{0,65}{1,21^2} = 0,876 \text{ m/s}$$

- Piezométrica inicial: es la cota piezométrica correspondiente al inicio del tramo a evaluar, se determina restándole a la cota de la superficie del agua en el tanque (donde inicia su recorrido el agua), todas las pérdidas de carga que sufre el flujo en su recorrido hasta llegar al inicio del tramo a evaluar. En este caso la cota de la superficie del agua en el tanque es 927.96 m (medido desde un banco de marca general para la altimetría) y la pérdida de carga que se genera dentro de la tubería, hasta llegar a la estación 353, de 2,23 metros columna de agua. (obtenido de cálculos previos de la tubería desde el tanque hasta la estación 353), lo que da una cota piezométrica inicial de:

$$927,96 - 2,23 = 925,73 \text{ m}$$

- Piezométrica final: conociendo la cota piezométrica al inicio del tramo, se le resta la pérdida generada en el tramo estudiado para conocer la presión dinámica al final de este. En este caso la pérdida de carga es de 6,06 metros con lo que se obtiene una carga de:

$$925,73 - 6,06 = 919,67 \text{ m}$$

- Presión estática: manejada en términos de: metro columna de agua (mca), se puede conocer la presión estática dentro del sistema, mediante la altura relativa entre la cota de la superficie de agua en el tanque y la cota del punto evaluado. Para este caso la cota en el tanque es de 927,96 y la cota del PO (ver tabla VI) 376 es de 874,01, con lo que se obtiene una presión estática de:

$$927,96 - 874,01 = 53,95 \text{ m. c. a.}$$

- Presión dinámica: la presión dinámica resulta de la diferencia entre la altura del punto observado y la cota piezométrica en ese punto, la cota piezométrica siempre deberá ser mayor que la cota de terreno, en este caso la presión dinámica es de

$$919,67 - 874,01 = 45,66 \text{ m. c. a.}$$

A continuación se muestra la tabla VII resumida del proceso de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable:

Tabla VIII. Resumen diseño de sistema de abastecimiento agua potable

PERIODO DE DISEÑO = 22 INDICE DE CRECIMIENTO = 2,66% DOTACIÓN = 150 lts/serv/día 5 hab/ servicio Fdm * Fhm = 2 COEFICIENTE DE FRICCIÓN (C) = 140												
DESCRIPCIÓN	TRAMO		DIST. [m]	Q diseño FUTURO	TIPO TUBERIA	PRESIÓN	Ø nom.	Hf acum [mca]	Pz. Inicial [mca]	Pz. final [mca]	P. EST. [mca]	P. DIN. [mca]
	EST.	P.O										
DE TANQUE NUEVO A ANTIGUO	296	287	100,63	10,994	PVC	160 psi	4	0,53	0	927,43	16,25	15,72
TANQUE ANTIGUO A CASERIO ARRIBA	287	264	491,89	0,68	PVC	160 psi	1	11,1	927,43	916,86	49,51	38,41
TANQUE ANTIGUO primer ramal nor-este	287	353	39,82	10,622	PVC	160 psi	4	0,72	927,43	927,24	22,4	21,68
	353	376	173,55	0,65	PVC	160 psi	1	4,05	927,24	923,91	53,95	49,9
"V" que completa el que era el primer anillo	353	387A	96,61	10,126	PVC	160 psi	4	1,15	927,24	926,81	47,8	46,65
	387A	361	76,56	0,37	PVC	160 psi	1	1,64	926,81	926,32	46,9	45,26
conecta "anillo 1" con "anillo 2"	387A	489	238,36	9,504	PVC	160 psi	4	2,09	926,81	925,87	52,83	50,74
ramal que sale de "anillo 2" hacia el norte	489	419A	381,03	0,934	PVC	160 psi	1 1/2	3,56	925,87	924,4	67,86	64,3
	419A	417	57,73	0,42	PVC	160 psi	1	4,04	924,4	923,92	71,64	67,6
	419A	348	130,54	0,58	PVC	160 psi	1	5,59	924,4	922,37	52,86	47,27
sur-oeste del "anillo 2", conecta a los ramales principales que van a Samaria (sur) y encaminándose al norte por la carretera	489	514	50,03	7,948	PVC	160 psi	4	2,23	925,87	925,73	51,51	49,28
	514	527	75,88	0,42	PVC	160 psi	1	2,86	925,73	925,1	52,51	49,65
	514	518	48,82	7,636	PVC	160 psi	4	2,36	925,73	925,6	49,58	47,22
	518	543	78,11	6,293	PVC	160 psi	4	2,5	925,6	925,46	50,09	47,59
	543	639	11,03	1,283	PVC	160 psi	2	2,53	925,46	925,43	50,47	47,94
	639	674	249,77	0,37	PVC	160 psi	1	4,13	925,43	923,83	52,22	48,09
	639	592	140,98	0,97	PVC	160 psi	1 1/2	3,11	925,43	924,85	49,77	46,66
de donde la tubería alcanza la carretera hasta darle vuelta a la cancha de fut	592	605	77,64	0,469	PVC	160 psi	1	3,61	924,85	924,35	51,68	48,07
	605	618	115,7	0,42	PVC	160 psi	1	4,58	924,35	923,38	53,55	48,97
	605	635	43,52	0,37	PVC	160 psi	1	3,89	924,35	924,07	55,44	51,55
	592	578	196,17	0,47	PVC	160 psi	1	5,18	924,85	922,78	49,59	44,41
parte nor-este de "anillo 2"	543	468	72,28	4,822	PVC	160 psi	4	2,58	925,46	925,38	50,5	47,92
	468	462	71,58	0,595	PVC	160 psi	1	3,29	925,38	924,67	48,12	44,83
	462	486	75,51	0,47	PVC	160 psi	1	4,09	924,67	923,87	34,5	30,41
	462	441	118,23	0,47	PVC	160 psi	1	4,53	924,67	923,43	54,22	49,69
sigue sobre carretera y se mete a la parte nor-este de El Lobo	468	694	277,4	3,977	PVC	160 psi	3	3,27	923,87	923,18	52,86	48,08
	694	730	226,35	1,862	PVC	160 psi	2	4,05	923,18	922,4	52,81	47,25
	730	827	183,7	0,73	PVC	160 psi	1 1/2	4,8	922,4	921,65	49,32	43,01
	730	745	34,81	1,025	PVC	160 psi	1 1/2	4,14	922,4	922,31	52,69	47,04
	745	803	429,38	0,125	PVC	160 psi	1/2	6,15	922,31	920,3	52,67	45,01
	745	787	183,44	0,95	PVC	160 psi	1 1/2	4,89	922,31	921,56	54,63	48,23
se va sobre la carretera hasta llegar a encinitos	694	856	477,74	1,525	PVC	160 psi	2	4,79	923,18	921,66		66
	856	970	389,95	0,62	PVC	160 psi	1 1/2	5,93	921,66	920,52	34,18	26,74
	856	881	394,93	0,375	PVC	160 psi	1	6,45	921,66	920	71,59	63,63
	881	906	170,55	0,37	PVC	160 psi	1	7,54	920	918,91	49,58	40,53
	881	915	322,6	0,125	PVC	160 psi	1/2	7,96	920	918,49	55,19	45,72
desde El Lobo hasta Samaria	518	1010	1041,51	1,062	PVC	160 psi	1 1/2	7,4	925,6	920,56	68,67	61,27
	1010	1084	232,51	0,37	PVC	160 psi	1	8,89	920,56	919,07	67,68	58,79
	1010	1044	129,34	0,656	PVC	160 psi	1	8,95	920,56	919,01	61,33	52,38
	1044	1075	156,13	0,51	PVC	160 psi	1	10,87	919,01	917,09	60,85	49,98
	1044	1061	66,98	0,42	PVC	160 psi	1	9,51	919,01	918,45	63,73	54,22

Fuente: elaboración propia.

2.1.10.5. Sistema de desinfección

En función de los resultados obtenidos del análisis bacteriológico, el agua que llega al tanque de almacenamiento no exige más que un simple tratamiento de desinfección, por lo que se selecciona un sistema de cloración dosificado por medio de pastillas de hipoclorito. El dosificador se conecta a la línea de conducción por medio de un bypass inmediatamente antes de entrar al tanque

de almacenamiento, este bypass se deriva a través de un tubo con diámetro de 3/4", que permite el ingreso de agua a una cámara donde se alojan las pastillas de hipoclorito. El ingreso de agua a la cámara es controlado por una llave integrada al dosificador, y permite controlar el número de pastillas que permanecen en contacto con el agua.

Este sistema se selecciona preferentemente para sistemas de agua rurales, debido a su bajo costo de mantenimiento y su funcionamiento prácticamente automático, ya que la cámara receptora de las pastillas de hipoclorito tiene una forma cilíndrica vertical, en la que las pastillas se colocan en pila una sobre otra, existiendo dosificadores con capacidad de 15 y 20 pastillas, que al regular el flujo de agua, se puede controlar el número de pastillas que permanecen en contacto con el agua, y de esta manera controlar la dosificación de cloro. El sistema garantiza una dosificación continua de cloro ya que al disolverse las pastillas del fondo, las superiores descienden manteniendo el número de pastillas que se encuentran en contacto con el agua.

El único inconveniente que tiene son posibles fluctuaciones menores en la dosificación de cloro, debido a que durante la desintegración de las pastillas, se pueden presentar fracturas en estas, incrementando el área de contacto del agua y, por consiguiente, la cantidad de cloro liberado. Es necesario examinar el agua en el primer servicio del sistema, para controlar que la cantidad de cloro residual sea menor al límite máximo permitido (1 mg/l), así como el agua que llega al servicio más alejado, para corroborar que el agua llegue aún con cloro residual, para garantizar la desinfección del agua a lo largo de todo el sistema de distribución.

2.1.10.6. Obras de arte

Caja para válvulas: sirven para proteger cualquier válvula que sea necesario instalar en el sistema, tales como de compuerta, de paso, de aire, de limpieza y reguladoras de presión.

2.1.10.7. Válvulas

Son artefactos diseñados para controlar la circulación de fluidos en tuberías a presión y existen distintos tipos según el requerimiento. En el mercado se pueden encontrar válvulas que regulan la presión de flujo, otras que sirven para cortar o permitir la circulación del mismo. También existen de seguridad para impedir pérdidas o cambios de sentido del flujo.

Para el control de la red de agua potable de El Lobo se proponen válvulas para cortar la circulación del agua en puntos estratégicos que permitan reparaciones en el sistema sin que se deba cortar el suministro a grandes sectores del sistema, se proponen válvulas de cheque como seguridad al inicio de tramos principales, para evitar que el sistema se vacíe en caso que existan fugas o puntos de salida permanente a lo largo de la red.

2.1.10.8. Conexiones domiciliarias

A partir de la red de distribución se instalarán tuberías de ½ pulgada que llegarán hasta el perímetro de las propiedades, donde terminará el alcance del presente proyecto, del perímetro de las propiedades hacia el interior será responsabilidad de los propietarios realizar las instalaciones que requieran.

2.1.11. Programa de operación y mantenimiento

Los usuarios se conectarán a la red por medio de conexiones domiciliarias, la tubería será de ½ pulgada y llegará hasta el lote a servir contando con la instalación de una llave de paso, una llave de compuerta y un contador de agua. Todas las llaves y válvulas serán protegidas por caja de cemento con tapadera que estará enterrada a nivel de la rasante.

2.1.11.1. Elaboración de planos

Para transmitir la información a las personas que ejecutarán el proyecto se elabora un juego de planos conteniendo las siguientes hojas:

- Planta conjunto
- Planta de topografía
- Planta de densidad poblacional
- Planta perfil 1
- Planta perfil 2
- Planta perfil 3
- Planta perfil 4

2.1.12. Elaboración de presupuesto

Fue integrado con base en precios unitarios, calculados para cada actividad de ejecución, los precios de materiales se cotizaron en Gualán, en cuanto a salarios de mano de obra, tanto calificada como no calificada, se aplicaron los que la Municipalidad paga para construir.

Se consideró un porcentaje de costos indirectos de 35 por ciento. En la tabla VIII se muestra el resumen del presupuesto.

Tabla IX. **Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable para las aldeas el Lobo, Encinitos y Samaria**

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	SUB-TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	8116,37	ml	Q. 5,19	Q. 42 155,43
2	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	8116,37	ml	Q. 1,12	Q. 9 073,81
3	EXCAVACIÓN y RELLENO DE ZANJA	8116,37	ml	Q. 83,81	Q. 680 256,28
4	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø4" PVC 160 psi	760,893	ml	Q. 102,44	Q. 77 942,72
5	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø3" PVC 160 psi	291,27	ml	Q. 64,19	Q. 18 696,62
6	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø2" PVC 160 psi	750,876	ml	Q. 31,36	Q. 23 545,92
7	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø1 1/2" PVC 160 psi	2473,191	ml	Q. 23,62	Q. 58 423,13
8	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø1" PVC 160 psi	3259,9455	ml	Q. 14,49	Q. 47 246,85
9	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø1/2" PVC 160 psi	789,579	ml	Q. 10,15	Q. 8 018,16
10	REPOSICIÓN DE PAVIMENTO	3246,548	ml	Q. 132,41	Q. 429 888,64
11	CONEXIONES DOMICILIARES	352	unidades	Q. 1 519,74	Q. 534 949,93
12	SISTEMA DE CLORACION	1	global	Q. 4 560,00	Q. 4 560,00
13	VÁLVULAS DE CONTROL	11	unidades	Q. 695,72	Q. 7 652,89
				TOTAL	Q. 1 942 410,38
				INDICADOR PRECIO POR ml	Q. 239,32

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de un proyecto tiene como principal objetivo, determinar la eficiencia de un proyecto en la satisfacción de necesidades sociales, salvaguardando los recursos del Estado y velando por el bienestar de la sociedad.

La evaluación contempla el costo que tendrán los proyectos comparando el poder adquisitivo necesario en una misma fecha para ejecutar cada proyecto comparado, y para eso se puede utilizar la estimación del valor presente neto.

2.1.13.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es un instrumento de evaluación financiera de proyectos. Es un indicador que nace del análisis del flujo de caja; cada proyecto tiene períodos de ejecución distintos, ingresos y egresos distintos y eso implica que las divisas sufrirán variaciones en su poder adquisitivo, necesario para ejecutar cada proyecto. Con el valor presente neto se tiene el costo total de un proyecto para una fecha determinada. Comparando el costo que distintos proyectos tendrán en una misma fecha se puede determinar cuál de ellos será más económico.

Se realizó la evaluación del costo neto que tendrá el proyecto de agua potable como parte de la priorización de necesidades del municipio y selección de proyectos factibles para su ejecución en el 2013. Se consideraron gastos de administración, mantenimiento y operación, adicionalmente del costo de construcción según cronograma, considerando una inflación en el año de ejecución de 2 por ciento intermensual y una inflación para efectos de flujo de caja de 8 por ciento interanual.

Se tiene previsto implementar una tarifa por servicio, a cobrar por la municipalidad de Q. 20,00 con un incremento de Q. 1,00 anual. El proyecto tendrá un Valor Presente Neto de Q. 335 316,95, en el apéndice II se encuentran dos tablas con los cálculos realizados para el análisis de flujo de caja.

2.1.13.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es un indicador del porcentaje de utilidad mínimo que será necesario para que un flujo de caja se encuentre en su punto de balance, está íntimamente relacionado al VPN y el flujo de caja del proyecto, para el proyecto

de agua se encontró una Tasa Interna de Retorno del 6 por ciento, ver apéndice II.

2.1.14. Evaluación de impacto ambiental

En 2002 fue creado el MARN, por medio del Decreto 90-2002, tomando las funciones que con anterioridad competían a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la Comisión Nacional de Medio Ambiente. Actualmente, el MARN es el encargado de velar porque todos los proyectos de infraestructura cumplan con requerimientos de seguridad para el ambiente y las personas, utilizando como instrumento para evaluar las condiciones en que se ejecutará un proyecto nuevo el formato para proyectos nuevos de moderado impacto denominándose a este: Evaluación Ambiental Inicial, en el anexo I podrá verse un instructivo para llenar dicho formato.

En el presente formulario se colocan únicamente los datos conocidos del proyecto, la información faltante se podrá colocar hasta el momento que se adjudique el proyecto, ya que son datos exclusivamente de la empresa que ejecutará el proyecto.

Continuación de la figura 4.

<p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social:</p> <hr/> <p>Nombre comercial:</p> <hr/> <p>No. de escritura constitutiva: _____</p> <p>Fecha de constitución:</p> <p>Patente de sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p> <p>Patente de comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p> <p>No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____</p> <p>_____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>Número de identificación tributaria (NIT):</p>							
<p>I.3 Teléfono fax correo electrónico:</p>							
<p>I.4 Dirección donde se ubicará el proyecto: aldea El Lobo, municipio de Gualán, departamento de Zacapa.</p> <p style="text-align: center;">Especificar coordenadas UTM o geográficas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; padding: 5px;">Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</td> <td style="width: 40%; padding: 5px;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LATITUD NORTE 15° 10' 26.52" N</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LONGITUD OESTE 89° 18' 16.93" W</td> </tr> </table>		Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84		LATITUD NORTE 15° 10' 26.52" N		LONGITUD OESTE 89° 18' 16.93" W
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84						
	LATITUD NORTE 15° 10' 26.52" N						
	LONGITUD OESTE 89° 18' 16.93" W						
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)</p>							

Continuación de la figura 4.

<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo</p>		
<p>II. INFORMACIÓN GENERAL</p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:</p> <p style="text-align: center;">Etapas de:</p>		
II.1 Etapa de construcción	II.2 Operación	II.3 Abandono
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades a realizar - Insumos necesarios - Maquinaria - Otros de relevancia <p>** Adjuntar planos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades o procesos - Materia prima e insumos - Maquinaria - Productos y subproductos (bienes o servicios) - Horario de trabajo - Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> - acciones a tomar en caso de cierre
<p>II.1 Etapa de construcción: se realizarán trabajos de excavación para la instalación de tubería, se utilizarán carretillas para la manipulación del suelo excavado, palas y piochas, tubería de PVC de distintos diámetros y pegamento para PVC.</p> <p>II.2 Operación: la actividad necesaria para la operación del proyecto es de mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento, donde la materia prima es principalmente el agua captada y pastillas de hipoclorito para la desinfección del agua, no se necesita ningún tipo de maquinaria, no existen subproductos en la operación del sistema y el horario de operación es continuo durante las 24 horas del día.</p> <p>II.3 En caso de cierre será necesario gestionar de manera urgente el suministro de agua potable para las 3 aldeas, así como asegurar los accesos al tanque de almacenamiento para impedir que terceras personas hagan un uso inadecuado de la infraestructura.</p>		
<p>II.4 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: el proyecto abarca 3 aldeas que suman alrededor de 44 ha.</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: El proyecto consiste en 8116.37 ml de tubería</p> <p>c) Área total de construcción en metros cuadrados: El proyecto consiste en 8116.37 ml de tubería</p>		

Continuación de la figura 4.

II.5 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE : bosque maderable
 OESTE: cultivo de pasto, maíz, ganadería.

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
río Motagua	Sur - este	La tubería recorre 2 km separada a una distancia promedio de 500 m del río

II.6 Dirección del viento:

Dirección predominante del viento modal anual : 2 km/h dirección sur - oeste

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (x) Nocturna () Mixta () Horas extras
 En caso fuera necesario para cumplir con cronograma de actividades, se podrá programar plan 24-6

b) Número de empleados por jornada: 25 obreros Total empleados --

d) otros datos laborales, especifique

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS.

	Tipo	Si/ No	Cantidad/ (mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	NO					
	Pozo	NO					

Continuación de la figura 4.

	Agua especial	NO					
	Superficial	NO					
Combustible	Otro	NO					
	Gasolina	NO					
	Diesel	SI	20 gal/mes	Gasolinera	Pic-up	Transporte de personal	Tanque vehicular
	Bunker	NO					
	Glp	NO					
	Otro	NO					
Lubricantes	Solubles	NO					
	No solubles	NO					
Refrigerantes		NO					
Otros		NO					
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia.</p>							
<p>III. TRANSPORTE</p>							
<p>III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos: 2</p> <p>b) Tipo de vehículo: Pic-up a diesel</p> <p>c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa: Garaje a alquilar, ocupando 12 m²</p>							
<p>IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD</p>							
<p>IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES</p> <p>En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).</p>							

Continuación de la figura 4.

No.	Aspecto ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	partículas de polvo	Molestias al respirar, superficies cubiertas de polvo	Excavación de zanja para instalación de tubería	Humedecer superficies de paso peatonal o vehicular para evitar que vuelen las partículas de polvo
		Ruido	--	--	--
		Vibraciones	--	--	--
		Olores	--	--	--
2	Agua	Abastecimiento de agua	--	--	--
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: 10 l/día	Por higiene personal de obreros.	Instalaciones sanitarias pertenecientes a residencia de obreros
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: --	Descarga: --	--
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: --	Descarga: --	--
		Agua de lluvia	Captación: --	Descarga: --	--
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: bolsas pequeñas	Transporte de alimentos,	Uso del servicio de recolección

Continuación de la figura 4.

				actividad humana	existente en la comunidad.
		Desechos peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: --	Disposición: --	--
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	--	--	--
		Modificación del relieve o topografía del área	--	--	--
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	--	--	--
		Fauna (animales)	--	--	--
		Ecosistema	--	--	--
5	Visual	Modificación del paisaje	--	--	--
6	Social	Mejoramiento de la calidad de vida	Abastecimiento de agua potable a 1800 personas	Aldeas El Lobo, Encinitos, Samaria	Impacto positivo
7	Otros	--	--	--	--

NOTA: complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

Continuación de la figura 4.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA			
CONSUMO			
V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____			
V. 2 Forma de suministro de energía			
a) Sistema público _____			
b) Sistema privado _____			
c) generación propia _____			
V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?			
Sí _____ NO X			
V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?			
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD			
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:			
a)	<input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio		
b)	<input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores		
c)	<input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores		
Del inciso, marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuáles serían las actividades riesgosas: La actividad de ejecución únicamente involucra el zanjeo para instalación de tubería, dicha actividad es inocua para la salud humana.			
VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?			
a) inundación ()	b) explosión ()	c) deslizamientos ()	
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio ()	e) Otro (x)
Detalle la información explicando el por qué? Lesiones personales por caer a una zanja accidentalmente.			

VI.3 riesgos ocupacionales:			
<input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores			
<input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores			

Continuación de la figura 4.

<input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información:
VI.4 Equipo de protección personal VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI () NO (X) VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

Documentos que deben adjuntar al formato:

- Plano de localización o mapa escala 1:5 000.
- Plano de ubicación.
- Plano de distribución.
- Plano de los sistemas hidráulico sanitarios (agua potable, aguas pluviales, drenajes, planta de tratamiento.
- Presentar original del documento en forma física y una copia completa del mismo en medio magnético (cd) (si el proyecto se encuentra fuera del departamento de Guatemala deberán presentarse dos copias magnéticas).
- El expediente se imprimirá en ambos lados de las hojas.
- Presentar una copia para sellar de recibido.
- El documento deberá foliarse de adelante hacia atrás (dicha foliación irá solamente en las parte frontal de las hojas, esquina superior derecha).
- Fotocopia de cedula de vecindad.
- Declaración jurada.
- Fotocopia del nombramiento del representante legal.

Nota: el tamaño de planos debera ser:

- CARTA, DOBLE CARTA
- OFICIO, DOBLE CARTA
- DOBLE CARTA

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la aldea Los Limones

A continuación se describen los estudios para iniciar con el proceso de definir los requerimientos mínimos que deberá cumplir la estructura y los escenarios posibles durante la vida útil del proyecto

2.2.1. Descripción del proyecto

Diseño de una edificación de dos niveles para atender a una cantidad de 480 alumnos de la aldea Los Limones, está conformado por 12 salones de clase con capacidad para 40 alumnos, cada salón para usos múltiples, cada salón de maestros, una secretaría y una oficina para la dirección.

Debido a la magnitud del proyecto será necesario introducir juntas de construcción, quedando dividido el edificio en 3 partes; dos de estas tendrán el mismo diseño para 3 salones de clase en un primer nivel y 3 salones de clase en un segundo nivel, a las que se denominará indistintamente módulo 1, y otra parte para el salón de maestros, secretaría, dirección y servicios sanitarios en el primer nivel y salón de computación con sus servicios sanitarios en el segundo nivel, a esta parte se le denominará módulo 2. La estructura será construida con marcos dúctiles resistentes a momentos con losa tradicional monolítica.

2.2.2. Descripción del área disponible

La Municipalidad asignó 2,5 hectáreas de terreno levemente inclinado, para la creación de un complejo educacional correspondiente a la aldea Los Limones, el cual contará, además de la infraestructura educacional, con áreas deportivas. El presente proyecto forma parte de la primera fase constructiva.

2.2.3. Estudio de suelos

Se extrajo del terreno una muestra de suelo a una profundidad de 2 metros por debajo del nivel del terreno, con dimensiones de 1 pie de lado por 1 pie de ancho por 1 pie de alto, para la posterior extracción de probetas, que fueron evaluadas por medio de un ensayo triaxial no drenado, determinando las propiedades físicas del suelo que se muestran en la tabla IX, para mayor detalle de los resultados se puede observar el apéndice 3.

Tabla X. **Resultados de laboratorio de suelos**

Cohesión	$C' = 4,85$
Ángulo de fricción interna	$\phi' = 22,8$
Peso unitario húmedo	$\gamma_w = 1,95$
Peso unitario seco	$\gamma_s = 1,72$
Porcentaje de humedad	13,35 %

Fuente: estudio de suelos, CII-USAC.

2.2.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

La capacidad de carga de la muestra obtenida del terreno se determinó por la teoría de capacidad de carga del Ing. Terzaghi, para cimentaciones cuadradas, utilizando los resultados del ensayo triaxial como sigue:

$$q_u = 1,3c'N_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

q_u = capacidad de carga última

c' = cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

$q = \gamma D_f$

D_f = profundidad de desplante

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 17,795 \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) = 8,477 \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 7,963 \quad (\text{Ecuación 13})$$

El valor soporte del suelo es el resultado de la capacidad de carga de la muestra afectado por un factor de seguridad:

$$q_u = 1,3(4,85)(17,795) + (1,95 * 1,5)(8,477) + 0,4(1,95)(2,00)(7,963)$$

$$q_u = 149,41 \text{ [TON/m}^2\text{]}$$

Para el diseño de cimentaciones se toma el valor soporte del suelo reducido por un factor de seguridad que sea mayor o igual a 3. En el caso del diseño para la edificación escolar de la aldea Los Limones se decidió tomar un factor de seguridad de 4, debido a la importancia de la estructura, que se encuentra muy cerca a la falla del río Motagua y a los límites del río mismo.

$$q_{adm} = 149,41/4 = 37 \text{ [TON/m}^2\text{]}$$

2.2.4. Normas para el diseño de edificios

Se realiza un compendio de normas y criterios mínimos que el diseñador debe conocer para plasmar en sus diseños un mínimo para el correcto funcionamiento de cualquier edificio

2.2.4.1. Criterios generales

El diseño arquitectónico vela por la comodidad del ser humano al utilizar las edificaciones. Dicha comodidad está en función del espacio y organización de los ambientes que se necesitarán al momento de utilizar la estructura, así como una forma y visual que transmitan comodidad y armonía.

2.2.4.2. Criterios de conjunto

Todo edificio deberá conservar armonía y continuidad en su forma, estructura y volumen, evitando ser construidos con diferencias de rigidez mayores a un 20 por ciento entre pisos o con geometrías de distribución que generen concentración de esfuerzos en esquinas entrantes, discontinuidad de columnas o excentricidades severas.

Si la estructura es conformada por marcos estructurales deberá evitarse el anclaje de muros de pantalla a la misma, debido a que trabajarán como muros de corte alterando el comportamiento elastoplástico de la estructura diseñada, e introduciendo puntos de concentración de esfuerzos que vulnerarán la seguridad estructural del edificio.

2.2.4.3. Criterios de iluminación

Debido a que el proyecto se encuentra en una zona de clima cálido, mayormente árido, se plantea la orientación del edificio, de manera que la ventanería evite el ingreso directo de la radiación solar durante las horas de clase. Por otro lado se deberán instalar la cantidad de luminarias necesarias para que en cualquier parte del salón, todos los alumnos puedan contar con un nivel de iluminación adecuado, para poder ver sus cuadernos y escribir cómodamente sin dañar su vista por escasa iluminación.

2.2.4.4. Otros criterios

Debido al clima cálido, las estructuras se construyen con una altura de piso a cielo mayor que la normalmente utilizada en este medio latinoamericano, por efectos de ventilación y para alejar el calor absorbido por la cubierta de concreto, luego de haber recibido la radiación solar directa durante horas.

La edificación que se diseña será la primera edificación formal con una capacidad instalada considerablemente grande, por lo que será necesario considerar escenarios de cambio de uso de la estructura, por motivos de necesidad apremiante en situaciones de peligro inminente para la población, como los desastres naturales; se considera de esta manera debido a que la aldea se encuentra al margen del río y falla tectónica del Motagua.

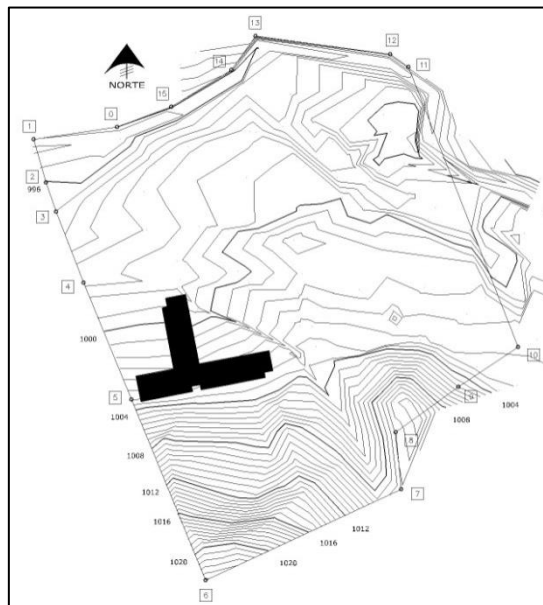
2.2.5. Diseño arquitectónico

Se contemplan aspectos de antropometría, flujo de circulación y matriz de relaciones para establecer la geometría y las dimensiones de la estructura con el propósito que sus ambientes sean adecuados para su uso.

2.2.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio quedará ubicado en la parte sur del terreno, al pie de la pequeña colina que limita el terreno. Su ubicación está prevista para formar parte de un complejo educacional que incluirá canchas deportivas, a construirse posteriormente en una segunda y tercera fase.

Figura 5. Ubicación de edificación escolar



Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Distribución de ambientes

La escuela estará distribuida en planta, con una forma de T quedando en escuadra dos módulos iguales (módulo 1) con sus gradas de acceso a segundo nivel, 3 aulas en el primero y 3 en el segundo.

En la parte restante (módulo 2) se encontrarán gradas de acceso al segundo nivel en el punto donde convergen los 3 módulos, en el primer nivel se encontrará el salón de maestros, secretaría y dirección, además de servicios sanitarios para hombres y mujeres, en el segundo nivel se contará con el salón de computación y servicios sanitarios para hombres y mujeres.

2.2.5.3. Alturas de edificio

Las alturas de piso a cielo, tanto del primer nivel como del segundo serán de 3,10 metros teniendo una altura total, vista desde la superficie del suelo de 6,20 metros.

2.2.6. Selección del sistema estructural a utilizar

Los sistemas estructurales se clasifican en función de los materiales que los conforman, configuraciones posibles de sus elementos resistentes, comportamiento mecánico del sistema como respuesta a las fuerzas externas y comportamiento mecánico de los elementos constitutivos, tanto por la interacción entre ellos como por las fuerzas internas que soportan. Todo esto da lugar a lo que se conoce como tipología estructural, que al clasificar las estructuras por su naturaleza, permite utilizar criterios de aplicación para seleccionar la estructura más adecuada, en función de las condiciones externas que deberá soportar la estructura, y resolver el problema.

Para el caso de la escuela es necesario considerar las condiciones externas en que se desarrollará el servicio de la estructura, a nivel técnico y nivel. El proyecto se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico (zona sísmica 4), y en un medio ambiente caluroso. Por otra parte, la escuela será la

estructura formal principal de los alrededores, convirtiéndose en un potencial centro de refugio en caso de desastres naturales.

Todo lo anterior permite definir las principales características de la estructura y necesidades que deberá satisfacer. Quedando de la siguiente manera:

- Aislamiento térmico: debe ser una estructura que permita un ambiente fresco en su interior.
- Estructura antisísmica de importancia: debe ser una estructura que provea seguridad a sus usuarios cuando el resto de estructuras falle.
- Deberá ser una estructura que esté acorde a las condiciones del suelo y se comporte adecuadamente ante los movimientos telúricos.

Para satisfacer todas estas necesidades se decide utilizar una estructura de marcos dúctiles con nudos rígidos, en concreto reforzado utilizando un concreto de resistencia nominal de 3 000 psi y un acero de resistencia nominal de 60 ksi. Esta clasificación determinará los factores de seguridad que se aplicarán en el análisis y diseño estructural.

2.2.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

El predimensionamiento se efectúa como primer paso hacia el análisis estructural, utilizando ecuaciones y factores que reflejan una proporción adecuada en las dimensiones de los elementos, se obtendrán dimensiones bastante aproximadas a los elementos finales que deberemos diseñar.

- Losas: todas tienen una relación largo ancho mayor a 0,5, por lo que se considera que trabajan en dos direcciones. Para controlar deflexiones en losas de dos direcciones se puede definir el peralte como 1/180 del perímetro de la losa.

$$t = \frac{2 * (6,10 + 4,05)}{180} = 0,113 \text{ m}$$

Se utilizará un valor de 12 cm para el espesor de losa

- Vigas: el peralte de vigas se puede aproximar como el 8 % de la luz que deberá cubrir la viga, luego, la relación de base por altura se exige que esté entre los límites de (0,4 – 0,67) veces la altura

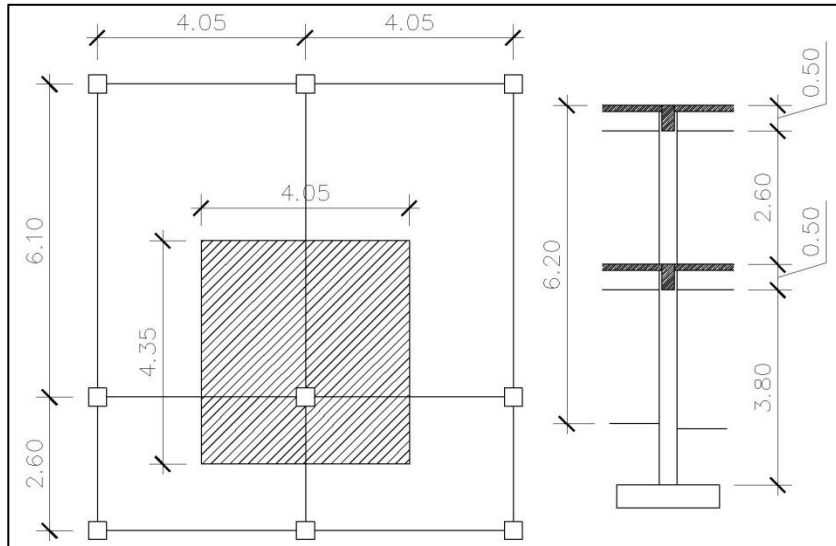
$$h = 0,08(6,1 \text{ m}) = 0,488 \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = 0,5(50) = 25 \text{ cm}$$

La sección típica que se utilizará para todas las vigas será de 25 x 50 cm.

- Columnas: para estimar una dimensión adecuada para las columnas se toma la columna crítica para luego calcular una sección de concreto que soporte la misma. Como referencia se muestra en la figura 5 una planta con el área de influencia sobre la columna crítica.

Figura 6. **Distribución de carga para columna**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

La carga que deberá soportar la columna del primer nivel será el peso propio de dos losas incluyendo el peso de la columna del segundo nivel (cuyas dimensiones aún se desconoce) y las cargas vivas de entrepiso y cubierta, por lo que se hacen los siguientes cálculos utilizando valores de la tabla XII (página 77) resumen de cargas para el modelo matemático se hace un primer estimado de la carga axial para la columna crítica:

C.V. segundo nivel	$1,7 * (4,05 \text{ m} * 4,35 \text{ m}) * 100 \text{ kg/m}^2$	= 2 994,98 kg
C.M. 2 nivel	$1,4 * (4,05 \text{ m} * 4,35 \text{ m}) * 388 \text{ kg/m}^2$	= 9 568,83 kg
P.P. vigas 2° niv.	$1,4 * (4,05 \text{ ml} + 4,35 \text{ ml}) * 300 \text{ kg/ml}$	= 3 528,00 kg
C.V. primer nivel	$1,7 * (4,05 \text{ m} * 4,35 \text{ m}) * 400 \text{ kg/m}^2$	=11 979,90kg
C.M. 1 nivel.	$1,4 * (4,05 \text{ m} * 4,35 \text{ m}) * 538 \text{ kg/m}^2$	=13 269,50kg
P.P. Vigas + muro 1° niv.	$1,4 * (4,05 \text{ ml} + 4,35 \text{ ml}) * 600 \text{ kg/ml}$	= 7 056,00 kg
	Peso total	= 48,40 ton

Siguiendo las indicaciones del inciso 10.3.6.2 del Código ACI 318-05 se propone una columna que cumpla con la resistencia mínima que debe poseer un elemento a compresión, asimismo siguiendo los lineamientos del inciso 21.4.3.1 del Código ACI 318-05, el área de acero longitudinal en una columna deberá estar en el rango de 1 a 6 por ciento para zonas de alto riesgo sísmico por lo que en la siguiente ecuación se toma el área de acero como el 1 por ciento del área transversal de la sección:

$$\phi P_{n(\text{máx})} = 0,80\phi [0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}] \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

$$P_{n(\text{máx})} = 48,40_{\text{TON}}$$

$$\phi_{(\text{axial})} = 0,65$$

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

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

$$A_g = \text{valor buscado}$$

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

$$0,65(48,40 \cdot 1,10) = 0,80(0,65) [0,85(210) (A_g - (0,01A_g)) + 2810 \cdot (0,01A_g)]$$

Para considerar el efecto del peso propio de las columnas, que aún no se han definido, se incrementó un 10 por ciento a la carga calculada de losas y vigas.

La sección mínima de las columnas por carga axial debe ser mayor a 324,93 centímetros cuadrados, al considerar que las columnas deberán soportar carga axial + momento biaxial se calculó un valor inicial de 3 veces la sección mínima requerida por carga axial.

$$\sqrt{(3 \cdot 324,93)} = 31,22 \text{ cm}$$

La sección de columnas será de 35 x 35 cm.

- Cimientos: el área de zapata requerida será tal que soporte los esfuerzos inducidos por la columna, sin sobrepasar los esfuerzos últimos del suelo.
- Esfuerzos últimos del suelo, calculado en 2.2.3.1 a través de un método básico con buena aproximación, como lo es la primera ecuación de capacidad de carga definida por Terzaghi, obteniendo un valor de 37 ton/m²
- Esfuerzos inducidos por la columna: a continuación se estimará la carga de una columna crítica para luego proponer las dimensiones de la zapata.

El área mínima para distribuir la carga con un esfuerzo admisible se calcula relacionando la carga admisible del suelo con la carga de la columna sobre la zapata.

$$A = \frac{P_u}{q_{adm}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

$$P_u = 48,40 \cdot 1,10 = 53,24 \text{ TON}$$

$$q_{adm} = 37 \text{ ton/m}^2$$

De esta manera se obtiene el área mínima que se necesita en la zapata. Dicha área se incrementará un 80 por ciento previendo cubrir los efectos de momento en ambos sentidos que transmitirá la columna hacia la zapata, quedando el predimensionamiento de la zapata de la siguiente manera:

$$A = \frac{53,24 \text{ ton}}{37 \text{ ton/m}^2} * 1,8 = 2,48 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{2,59 \text{ m}^2} = 1,60 \text{ m}$$

Se propone una zapata de 1,60 x 1,60 [m]

- Gradadas: la rampa utilizada para construir las gradadas funciona como una losa en una dirección, cuyo espesor se define para controlar posibles deflexiones utilizando la tabla X, con una longitud de 2,76 m el espesor queda de la siguiente manera:

$$t = \frac{2,76}{24} = 11,5 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

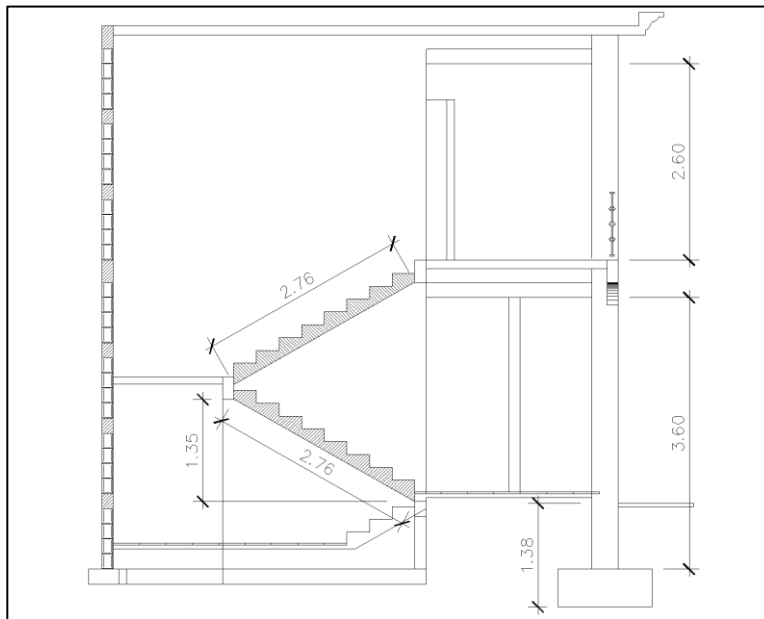
Tabla XI **Espesores mínimos de losas en una dirección**

	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{18,5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{8}$

Fuente: Código ACI 318-05, Inciso 9.5.2.

Los escalones se miden por la parte horizontal, llamada huella y la parte vertical llamada contrahuella. Para alcanzar el nivel del entrespiso se utilizarán 18 escalones de 30 cm de huella y 17 cm de contrahuella.

Figura 7. **Perfil de acceso a 2do nivel, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.7. Cargas de diseño

Conociendo las dimensiones iniciales de los elementos se puede calcular el peso de estos, a ese peso será necesario agregar el peso de sobrecargas como acabados, piso, muros y las cargas vivas que provienen del uso de la estructura. También será necesario un análisis equivalente estático por acciones sísmicas que actúan horizontalmente. El propósito es determinar las fuerzas externas que afectan a la estructura y determinar un modelo matemático con el cual poder analizar los esfuerzos internos en la estructura.

2.2.7.1. Cargas verticales

Las cargas muertas provienen del peso de todos los elementos que permanecerán en un solo lugar y acompañarán a la estructura a lo largo de toda su vida de servicio. Estas cargas se componen del peso de la losa, peso de las vigas y muros. Para el análisis de marcos estructurales se transforman y luego se integran como una carga distribuida linealmente sobre las vigas del marco.

$$W_{\text{losa}} = 2\,400[\text{kg}/\text{m}^3] * 0,12\text{ m} = 288[\text{kg}/\text{m}^2]$$

$$W_{\text{piso}} = 2\,400[\text{kg}/\text{m}^3] * 0,04\text{ m} \cong 100[\text{kg}/\text{m}^2]$$

$$W_{\text{muro}} = 10[\text{kg}/\text{block}] * (2,5 * 12)[\text{blocks}/\text{ml}] = 300[\text{kg}/\text{ml}]$$

$$W_{\text{tabiques}} = 150[\text{kg}/\text{m}^2]$$

$$W_{\text{viga}} = 2\,400[\text{kg}/\text{m}^3] * (0,50 * 0,25)[\text{m}^2] = 300[\text{kg}/\text{ml}]$$

$$W_{\text{columna}} = 2\,400[\text{kg}/\text{m}^3] * (0,35 * 0,35)[\text{m}^2] = 294[\text{kg}/\text{ml}]$$

Carga viva se refiere al peso de muebles y personas que ocuparán el edificio, se le llama vivas porque pueden desplazarse de un lugar a otro, aumentar o disminuir su magnitud y pueden no ser constantes. Este tipo de cargas son muy inciertas, por lo que se afectan por un factor de seguridad mayor que el utilizado para cargas que pueden ser determinadas con mayor exactitud como las cargas muertas.

En los códigos de diseño se encuentran disponibles tablas que proporcionan valores mínimos de carga viva en función del tipo de ocupación de la estructura, en la tabla XI puede apreciarse un listado de cargas propuestas para distintos usos estructurales.

Tabla XII. **Valores especificados de carga viva**

TIPO DE OCUPACIÓN	W_v [kg/m ²]
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas o de escape	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300
Salones de reunión sin asientos fijos	500
Aulas y escuelas	200
Depósitos de libros	600
Azoteas sin acceso, horizontal o inclinadas	100

Fuente: AGIES NR-2:2000, *Cargas y combinaciones de cargas*. p. 28.

De los valores especificados anteriormente se decidió adoptar los siguientes valores de carga viva para el diseño de la escuela:

- Para la azotea: 100 kg/m².
- Para el entrepiso del primer nivel: 400 kg/m².

En la tabla XII se presenta un resumen de las cargas definidas anteriormente, las cargas distribuidas en áreas deberán transformarse a su equivalente lineal específico para cada viga, en función del área tributaria de carga. Esto se calculará en 2.2.7.3 para definir el modelo matemático.

Tabla XIII. **Resumen de cargas para el modelo matemático**

CARGAS MUERTAS DE ÁREA		[kg/m²]
PESO PROPIO DE LOSA (1 y 2 nivel)		288
2 nivel)		100
SOBRECARGA POR TABIQUES (1 nivel)		150
	CARGA 1 nivel	538
	CARGA 2 nivel	388
LINEALMENTE		[kg/ml]
PESO DE MURO		300
PESO DE VIGAS		300
	PESO PROPIO VIGAS 1 nivel	600
	PESO PROPIO VIGAS 2 nivel	300
CARGAS VIVAS DE ÁREA		[kg/m²]
CARGA VIVA SOBRE CUBIERTA SIN ACCESO		100

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.2. Cargas horizontales (fuerzas sísmicas)

Se analiza el comportamiento del edificio en función de las fuerzas inducidas lateralmente, que dependerán del tipo de suelo en que se funda el edificio, la tipología estructural y la naturaleza de la fuente de sismo.

2.2.7.2.1. Corte basal

Las cargas horizontales pueden provenir de diferentes fenómenos como el viento o sismos, y de situaciones como el empuje hidrostático o de taludes. Para la escuela el principal factor a considerar será del riesgo sísmico, debido a que la estructura se encuentra muy cerca de una falla tectónica conocida como la falla del Motagua.

Los esfuerzos internos debido a acciones sísmicas resultan de las aceleraciones del suelo, que a su vez se transmiten a la estructura. Esto se puede explicar por medio de la expresión conocida como la segunda ley de Newton:

$$\Sigma F = \Sigma m \cdot a \quad (\text{Ecuación 16})$$

La masa de la estructura puede ser calculada mediante una integración de cargas muertas y vivas, mientras que las aceleraciones del suelo se pueden calcular gracias a ecuaciones definidas, a partir de estudios estadísticos, para predecir aceleraciones probables del suelo durante un evento en función de variables como:

- Tipo de falla que generará el movimiento sísmico y la cercanía de la estructura a la misma.
- Tipo de suelo sobre el que se asienta la estructura, reflejando la rigidez del suelo y su capacidad para amplificar las aceleraciones del sismo.
- Capacidad de disipación de energía del sistema estructural que está en función de su rigidez y consecuentemente se consideran los efectos de la interacción suelo-estructura.

Para el diseño de la escuela se calcularon las aceleraciones del suelo y la fuerza inducida a la estructura, a partir de las ecuaciones para el método de fuerza estática, normado por el código UBC'97 volumen 2 capítulo 16 sección IV, descritas a continuación:

$$V = \frac{C_v \cdot I}{R \cdot T} * W \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$V < \frac{2,5 C_a * I}{R} * W \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$V > \frac{0,8 Z * N_v * I}{R} * W \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

V =	corte basal.
W =	masa de la estructura, para la determinación de carga lateral se utiliza un valor calculado como el 100 % de la carga muerta más un 25 % de la carga viva.
T =	período fundamental de vibración de la estructura.
C _t = 0,731	coeficiente de vibración para marcos de concreto reforzado resistentes a momento. (Código UBC '97)
h _n = 6,20	altura total del edificio (ver figura 5)

A continuación se presentan los valores de los parámetros correspondientes a las circunstancias en las que se encuentra la escuela de Los Limones, evaluados a través del Código UBC '97:

C _v = 0,64 N _v	tabla 16-R coeficiente de sismisidad (zona sísmica 4, suelo S _D)
N _v = 2	tabla 16-T coeficiente de cercanía a la fuente (sismo tipo A, dist<2km)
C _a = 0,44 N _a	tabla 16-Q coeficiente de sismicidad (zona sísmica 4, suelo S _D)

$N_a = 1,5$	tabla 16-S coeficiente de cercanía a la fuente (sismo tipo A, dist<2km)
$I = 1,25$	tabla 16-K categoría de destino (destinos especiales, -este coeficiente se decidió incrementar a 1,25 debido a que será la infraestructura de mayor envergadura del área y podría ser utilizada como refugio en caso de desastres naturales-)
$R = 8,5$	tabla 16-N sistemas estructurales (SMRF en concreto)
$Z = 0,4$	(zona de riesgo sísmico 4).

Luego de haber calculado la fuerza cortante por la aceleración sísmica es necesario conocer que porción de dicha fuerza afecta a cada marco estructural. Debido a que la estructura resiste las fuerzas laterales a través de los marcos estructurales y estos a su vez presentarán deformaciones casi iguales debido a las losas, que transmiten los desplazamientos horizontales a todas las columnas del nivel, es necesario determinar la porción de carga lateral que es transmitida a cada marco por cada losa que el edificio tenga. Para eso se cuentan con las ecuaciones de distribución de carga lateral por nivel definidas en el UBC'97:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad \text{(Ecuación 21)}$$

$$F_t = \begin{cases} \text{si } T \leq 0,7 \text{ s;} & 0 \text{ (cero)} \\ \text{si } T > 0,7 \text{ s;} & (0,07 * TV) < 0,25V \end{cases} \quad \text{(Ecuación 22)}$$

$$F_x = \frac{(V - F_t) W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad \text{(Ecuación 23)}$$

Donde:

W_x y W_i = masa del nivel x ó i respectivamente

h_x ó h_i = altura desde el suelo al nivel x ó i respectivamente

Luego de describir las ecuaciones para la distribución de cargas laterales por nivel se pasa al cálculo de dichas fuerzas. Para determinar el peso de cada módulo se integran los volúmenes de concreto y elementos fijos a la estructura como muros y acabados, adicionalmente de un 25 por ciento de la carga viva que soportará la estructura, como se puede observar en la tabla XIII los pesos por módulo son:

Peso del módulo 1: $(246,15 + 141,35) + 0,25(89,23 + 25,54) = 416,20_{\text{ton}}$

Peso del módulo 2: $(204,81 + 117,85) + 0,25(71,31 + 20,67) = 345,65_{\text{ton}}$

Es importante notar que el cálculo de masa del edificio incluye únicamente media longitud libre de columnas del piso inferior y superior, ya que se considera la masa concentrada alrededor del nivel de la losa (con base al modelo matemático de vibración de un péndulo invertido sostenido por un resorte), en el caso de los muros, se ignora el peso de muros cimentados en el suelo y se considera la totalidad del peso de muros en el nivel que los soporta, ya que estos están aislados de la estructura a los costados y de la parte superior, quedando anclados por completo a su base.

Tabla XIV. Resumen cálculo masa por edificio

PESO 1º NIVEL									
W _D ESTRUCTURA					MÓDULO 1		MÓDULO 2		
Descripción	metros			unitario	246,15 TON W _D		204,81 TON W _D		
	A	B	H		89,23 TON W _L		71,31 TON W _L		
ZAPATAS Z-1 (1.90x1.90x0.45)	1,90	1,90	0,45	2 400,00 kg/m ³	17,00 u	66 279,60 kg			
ZAPATAS Z-3 (1.90x4.50x0.45)	1,90	4,50	0,45	2 400,00 kg/m ³	2,00 u	18 468,00 Kg			
ZAPATAS Z-4 (2.50x2.50x0.45)	2,50	2,50	0,45	2 400,00 kg/m ³			6,00 u	40 500,00 Kg	
ZAPATAS Z-5 (1.50x4.50x0.45)	1,50	4,50	0,45	2 400,00 kg/m ³			6,00 u	43 740,00 Kg	
COLUMNA ESTRUCTURAL (35x35)	0,35	0,35	3,35	2 400,00 kg/m ³	21,00 u	20 682,90 Kg			
COLUMNA ESTRUCTURAL (40x40)	0,40	0,40	3,35	2 400,00 kg/m ³			18,00 u	23 155,20 Kg	
MURO EN 2º NIVEL				300,00 Kg/ml	84,65 ml	25 395,00 Kg	69,70 ml	20 910,00 Kg	
LOSA			0,12	2 400,00 kg/m ³	223,08 m ²	64 247,04 Kg	178,28 m ²	51 344,64 Kg	
VIGA	0,25	0,50		2 400,00 kg/m ³	122,60 ml	36 780,00 Kg	100,80 ml	30 240,00 Kg	
SOBREPESO ACABADO EN PISO			0,06	2 400,00 kg/m ³	223,08 m ²	32 123,52 kg	178,28 m ²	25 672,32 kg	
SOBRE PESO TABICACIÓN				300,00 kg/m ²	223,08 m ²	66 924,00 kg	178,28 m ²	53 484,00 kg	
W _L AULAS, PASILLOS, BAÑOS				400,00 kg/m ²	223,08 m ²	89 232,00 kg	178,28 m ²	71 312,00 kg	

PESO 2º NIVEL									
W _D ESTRUCTURA					MÓDULO 1		MÓDULO 2		
Descripción	metros			unitario	141,35 TON W _D		117,85 TON W _D		
	A	B	H		25,54 TON W _L		20,67 TON W _L		
COLUMNA 1 (35x35)	0,35	0,35	1,55	2 400,00 kg/m ³	21,00 u	9 569,70 Kg			
COLUMNA 1 (40x40)	0,40	0,40	1,55	2 400,00 kg/m ³			18,00 u	10 713,60 Kg	
TECHO			0,12	2 400,00 kg/m ³	255,38 m ²	73 549,44 Kg	206,70 m ²	59 529,60 Kg	
VIGA	0,50	0,25		2 400,00 kg/m ³	122,60 ml	36 780,00 Kg	100,80 ml	30 240,00 Kg	
SOBREPESO RECUBRIMIENTO TECHO			0,04	2 400,00 kg/m ³	255,38 m ²	21 451,92 kg	206,70 m ²	17 362,80 kg	
W _L TECHO				100,00 Kg/m ²	255,38 m ²	25 538,00 kg	206,70 m ²	20 670,00 kg	

Fuente: elaboración propia.

Calculando las ecuaciones para determinar la aceleración que el suelo le transmite a la estructura se obtienen los valores mostrados en la tabla XIV. En ocasiones se denomina a estos valores como porcentaje del peso propio o factor de corte basal (V_c).

Tabla XV. **Aceleraciones sísmicas**

Ec.	FACTORES DE V_c	
19	T=	0,28722
16	V=	0,65538
17	V max.=	0,24265
18	V min Z4=	0,09412

Fuente: elaboración propia.

Conociendo la masa de cada módulo y conociendo la aceleración que provocaría el sismo de diseño, calculado con las ecuaciones 16 a 18, se puede aplicar la ecuación 15 para determinar la carga lateral que deberá soportar la estructura, los resultados se pueden ver en la tabla XV:

Tabla XVI. **Cálculos de corte basal (ton)**

	MÓDULO 1	MÓDULO 2
V=	272,76	226,53
V max=	100,99	83,87
V minZ4 =	39,17	32,53

Fuente: elaboración propia

Según el código UBC'97 se puede utilizar un valor máximo de corte basal, que en este caso será de 100,99 TON para el módulo 1 y 83,87 TON para el módulo 2.

Aplicando seguidamente las ecuaciones de 20 a 22 se determina la magnitud de la fuerza lateral que se le inducirá a cada nivel, en la tabla XVI los cálculos realizados:

Tabla XVII. **Distribución de fuerza lateral por nivel (ton)**

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS POR NIVEL							
MÓDULO	Ec.21 Ft	wx	hx	wi*hi	Ec.22 Fx	NIV.	Ec. 20 Vacum.
MOD. 1	0,00	268,46	3,10	832,23	48,08	1º	100,99
		147,74	6,20	915,96	52,91	2º	52,91
	Σ	416,20	Σ	1 748,19			
MOD. 2	0,00	222,63	3,10	690,17	39,84	1º	83,87
		123,01	6,20	762,68	44,03	2º	44,03
	Σ	345,65	Σ	1 452,85			

Fuente: elaboración propia.

Al llegar a este punto se puede calcular la distribución de la carga de cada nivel sobre cada eje de columnas resistentes en el nivel. Cada eje de columnas toma una cantidad de carga lateral según el porcentaje de rigidez que aporte al piso.

Debido a que todas las columnas de nivel son de igual sección transversal con los mismos valores de rigidez, se puede evaluar el porcentaje de rigidez de cada eje en función de la cantidad de columnas que posee. Así para el módulo 1 en sentido longitudinal los 3 ejes tienen 7 columnas cada uno, por lo que cada eje tomará 1/3 de la carga lateral (33.33 %) y en sentido transversal los 7 ejes tienen 3 columnas cada uno, por lo que cada eje tomará 1/7 de la carga lateral (14.29 %). Como ejemplo se muestran los cálculos realizados para la carga lateral del módulo 1:

Primer nivel

$$33,33 \% \text{ de } 100,99 \text{ TON} = 33,66 \text{ ton}$$

$$14,29 \% \text{ de } 100,99 \text{ TON} = 14,42 \text{ ton}$$

Segundo nivel

33,33 % de 52,91 TON = 17,64 ton

14,29 % de 52,91 TON = 7,56 ton

2.2.7.2.2. Sobrecarga por torsión

Es un esfuerzo cortante adicional a la carga lateral provocado por la rotación horizontal de la planta debido a la excentricidad entre:

- Centro de masa: es el punto en que teóricamente es aplicada la totalidad de carga lateral de piso y se calcula como el centro geométrico de la planta del nivel
- Centro de rigidez: es el punto medio en que se concentra la fuerza resistente de las columnas

$$X_{C.R.} = \frac{\sum(K_{eje_y} \cdot X)}{\sum K_{eje}} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Para calcular los esfuerzos de corte que se generan por la rotación de piso, es necesario tomar en cuenta la inercia polar de la planta (J), el momento torsionante (T) y la rigidez de los marcos resistentes:

$$\Delta V = \frac{T_r}{J} K_{eje} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde:

T = torque rotacional del producto cruz (fuerza x excentricidad de diseño)

r = distancia del eje analizado al C.R. que representa el radio de giro

J = momento polar

K_{eje} = rigidez de marco analizado

La magnitud del torque rotacional de la planta evaluada deberá ser el crítico, para lo que se considera un sismo que ataca en sentido horizontal contra uno que ataca en sentido vertical, sobre un brazo igual a la excentricidad de diseño, como sigue:

$$e_d = (1,5 * e_{real}) + (0,05 * \text{lado largo de la planta del edificio}) \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$M_{torsion} = \begin{cases} (V_C \times e_{dx}) + 0,3(V_C \times e_{dy}) \\ 0,3(V_C \times e_{dx}) + (V_C \times e_{dy}) \end{cases} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Tabla XVIII. **Excentricidad y momento torsionante**

		MÓDULO 1		MÓDULO 2	
		Real	Diseño	Real	Diseño
	ex	0,00	1,22	0,18	1,24
	ey	0,44	1,10	0,46	1,13
		M TORSIÓN (TON x m)			
		X+0.3Y	0.3X+Y	X+0.3Y	0.3X+Y
	2º NIV	83	78	70	67
	1º NIV	159	148	133	126

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los valores de excentricidad real será necesario ver las tablas XIX y XX, en las que se determina por medio del cálculo descrito en la ecuación 23 y el centro geométrico de la planta del edificio analizado (centro de gravedad -C.G.-).

Se utilizó una distribución de cargas en función de la rigidez relativa de los marcos estructurales, simplificación que fue posible debido a que todas las columnas se proyectan para ser construidas con los mismos materiales y de las mismas dimensiones, por lo que todas presentarán igual rigidez teórica, pero para el cálculo de inercia polar es necesario determinar un valor puntual de rigidez, por medio de una ecuación que evalúa simultáneamente la deformación por corte y flexión, en un elemento que se encuentra empotrado en ambos extremos:

$$k = \frac{E_c * h}{\left(\frac{l_u}{b}\right)^3 + 3\left(\frac{l_u}{b}\right)} \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$E_c = W_c^{1,5} 0,14 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Donde:

k = rigidez del elemento

E_c = módulo de elasticidad del concreto

h = altura de la sección, paralelo al eje en que se evaluará rigidez

b = base de la sección, perpendicular al eje en que se evaluará rigidez

l_u = luz libre del elemento

W_c = peso específico del concreto

Tabla XIX. **Rigidez de columnas**

RIGIDEZ DE COLUMNAS				
E=	238 536,34	kg/cm ²	ACI 318-05	8.5.1
b=	35,00	cm	40,00	cm
t=	35,00	cm	40,00	cm
L=	260,00	cm		
k=	1,20	fac. COLUMN. RECTANG.		
K columnas MÓDULO 1=		19 315,95	kg/cm	
K columnas MÓDULO 2=		32 440,13	kg/cm	

Fuente: elaboración propia.

El momento polar viene dado por la rigidez de cada marco, obteniéndose como la sumatoria de la rigidez de cada columna que conforma al marco y la distancia del eje o marco al centro de rigidez medido perpendicularmente al eje:

$$J = \sum [K_y(X_{C.R.})^2 + K_x(Y_{C.R.})^2] \quad (\text{Ecuación 30})$$

Inercia para módulo 1: $J_1 = 2\,580,980 \text{ ton}\cdot\text{m}$

Inercia para módulo 2: $J_2 = 2\,779,498 \text{ ton}\cdot\text{m}$

En las tablas XIX y XX se muestran los cálculos realizados para distribuir la carga, ya distribuida a cada piso sobre cada marco. Simultáneamente se calcula el incremento de carga por rotación de piso auxiliándose en las ecuaciones 24 a 30.

Tabla XX. **Distribución de fuerza de nivel por marco y sobrecarga por momento de piso, módulo 1**

MÓDULO 1 ORIGEN EN INTERSECCIÓN DE EJES B-9 (Para modulo 1)											
			V					Ec. 24 ΔV		V + ΔV	
EJE	No. COL	TOMA %	1º NIVEL	2º NIVEL	DIST. Yc	COL x DIS	DIST. C.R	1º NIVEL	2º NIVEL	1º NIVEL	2º NIVEL
9,00	7,00	0,33	33,66	17,64	0,00	0,00	3,77	2,53	1,32	37,51	18,96
11,00	7,00	0,33	33,66	17,64	2,60	18,20	1,17	0,78	0,41	34,86	18,05
12,00	7,00	0,33	33,66	17,64	8,70	60,90	4,93	3,31	1,73	38,71	19,37
Σ	21,00	1,00	100,99	52,91		79,10					
					Ec. 23: YCR = 3,77 YCM = 4,21						
MÓDULO 1											
			V					Ec. 24 ΔV		V + ΔV	
EJE	No. COL	TOMA %	1º NIVEL	2º NIVEL	DIST. Xc	COL x DIS	DIST. C.R	1º NIVEL	2º NIVEL	1º NIVEL	2º NIVEL
B	3,00	0,14	14,43	7,56	0,00	0,00	12,15	3,50	1,83	19,75	9,38
C	3,00	0,14	14,43	7,56	4,05	12,15	8,10	2,33	1,22	17,98	8,78
D	3,00	0,14	14,43	7,56	8,10	24,30	4,05	1,17	0,61	16,20	8,17
E	3,00	0,14	14,43	7,56	12,15	36,45	0,00	0,00	0,00	14,43	7,56
F	3,00	0,14	14,43	7,56	16,20	48,60	4,05	1,17	0,61	16,20	8,17
G	3,00	0,14	14,43	7,56	20,25	60,75	8,10	2,33	1,22	17,98	8,78
H	3,00	0,14	14,43	7,56	24,30	72,90	12,15	3,50	1,83	19,75	9,38
Σ	21,00	1,00	100,99	52,91		255,15		3,50	1,83		
					Ec. 23: XCR = 12,15 XCM = 12,15						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Distribución de fuerza de nivel por marco y sobrecarga por momento de piso, módulo 2**

MÓDULO 2 ORIGEN EN INTERSECCIÓN DE EJES k-9 (Para modulo 2)											
			V					Ec. 24 ΔV		V + ΔV	
EJE	No. COL	TOMA %	1º NIVEL	2º NIVEL	DIST. Yc	COL x DIS	DIST. C.R	1º NIVEL	2º NIVEL	1º NIVEL	2º NIVEL
10	6	33,00	27,96	14,68	0,00	0,000	3,77	2,91	1,53	32,404	16,210
11	6	33,00	27,96	14,68	2,60	15,600	1,17	0,90	0,48	29,334	15,151
12	6	33,00	27,96	14,68	8,70	52,200	4,93	3,82	2,01	33,782	16,685
Σ	18	100,00	83,87	44,03		67,80					
					Ec. 23: YCR = 3,77 YCM = 4,23						
MÓDULO 2											
			V					Ec. 24 ΔV		V + ΔV	
EJE	No. COL	TOMA %	1º NIVEL	2º NIVEL	DIST. Xc	COL x DIS	DIST. C.R	1º NIVEL	2º NIVEL	1º NIVEL	2º NIVEL
K	3	17,00	13,98	7,34	0,00	0,000	9,90	3,83	2,02	19,823	9,354
L	3	17,00	13,98	7,34	4,05	12,150	5,85	2,26	1,19	17,432	8,529
M	3	17,00	13,98	7,34	8,10	24,300	1,80	0,70	0,37	15,041	7,705
N	3	17,00	13,98	7,34	12,15	36,450	2,25	0,87	0,46	15,307	7,796
O	3	17,00	13,98	7,34	15,75	47,250	5,85	2,26	1,19	17,432	8,529
P	3	17,00	13,98	7,34	19,35	58,050	9,45	3,66	1,92	19,558	9,262
Σ	18	100,00	83,87	44,03		178,20					
					Ec. 23: XCR = 9,90 XCM = 9,72						

Fuente: elaboración propia.

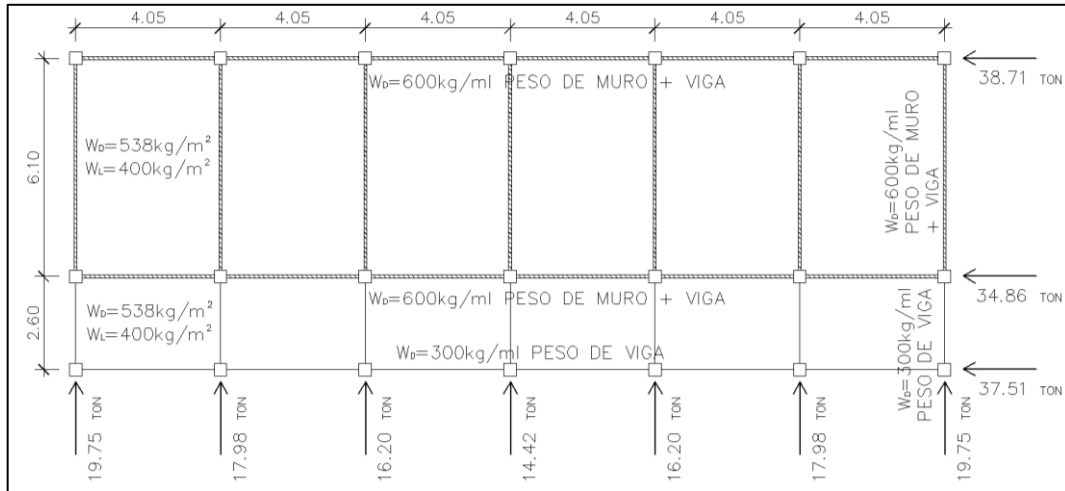
2.2.8. Modelos matemáticos

Es un conjunto de datos numéricos que representan un fenómeno u objeto que se encuentra sujeto a variables que generan distintos escenarios. Asimismo sirve para diseñar una solución eficiente ante cualquier escenario. En este caso el modelo es sobre una estructura que deberá soportar fuerzas externas, provenientes de cualquier eventualidad.

Al obtener un modelo como resultado de todas las consideraciones anteriores como: diseño arquitectónico (2.2.4 y 2.2.5), elementos estructurales (2.2.6.1), peso propio y cargas vivas (2.2.7.1) y fuerzas sísmicas (2.2.7.2), se puede iniciar el análisis estructural que es determinar los esfuerzos internos del sistema resistente de la estructura provocados por las fuerzas externas.

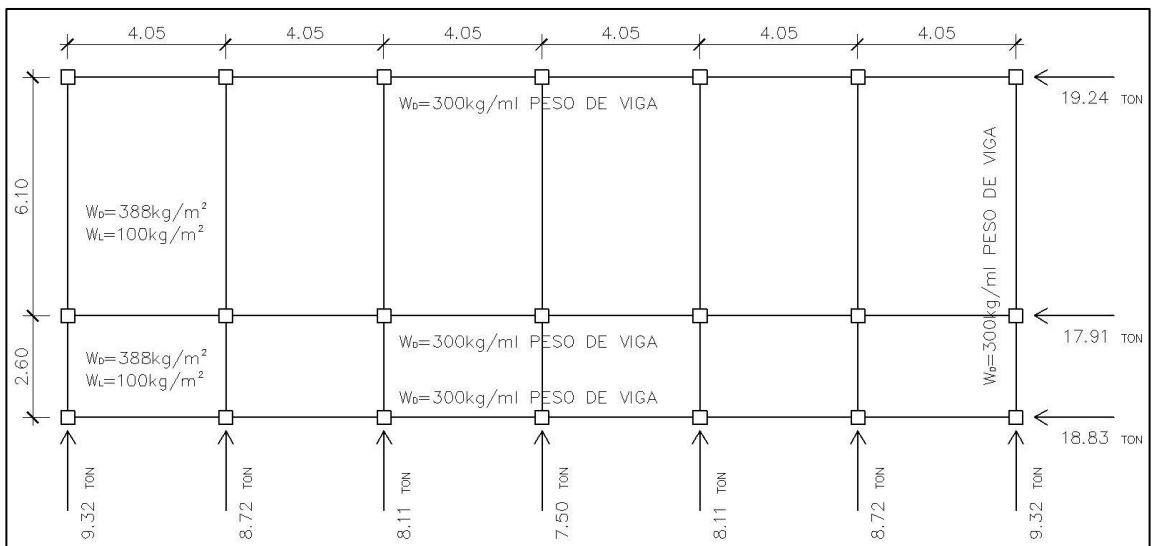
El total de fuerzas externas encontradas hasta el momento, permiten calcular un primer estado de esfuerzo interno en todos los elementos de la estructura, estado que servirá como primer ciclo iterativo en el análisis estructural, que hace consideraciones de interacción entre elementos estructurales hasta llegar a determinar los esfuerzos internos necesarios, para mantener en equilibrio toda la estructura bajo las condiciones de carga más severas, definidas por medio de combinaciones de carga. En las figuras 7, 8, 9 y 10 se presenta un esquema de cargas por módulo y nivel.

Figura 8. Cargas distribuidas 1° nivel, módulo 1



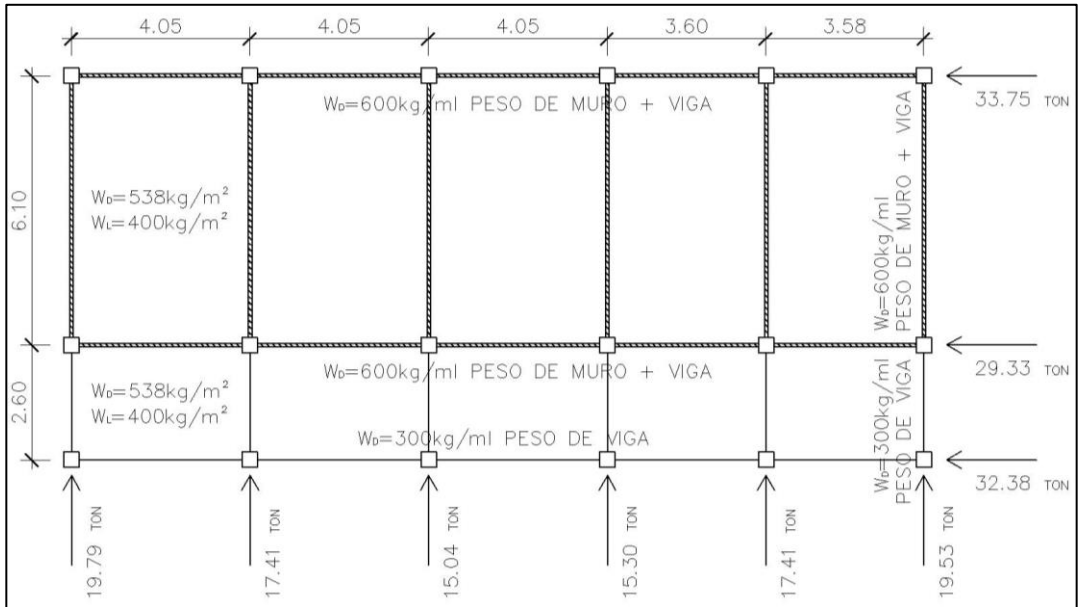
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 9. Cargas distribuidas 2° nivel, módulo 1



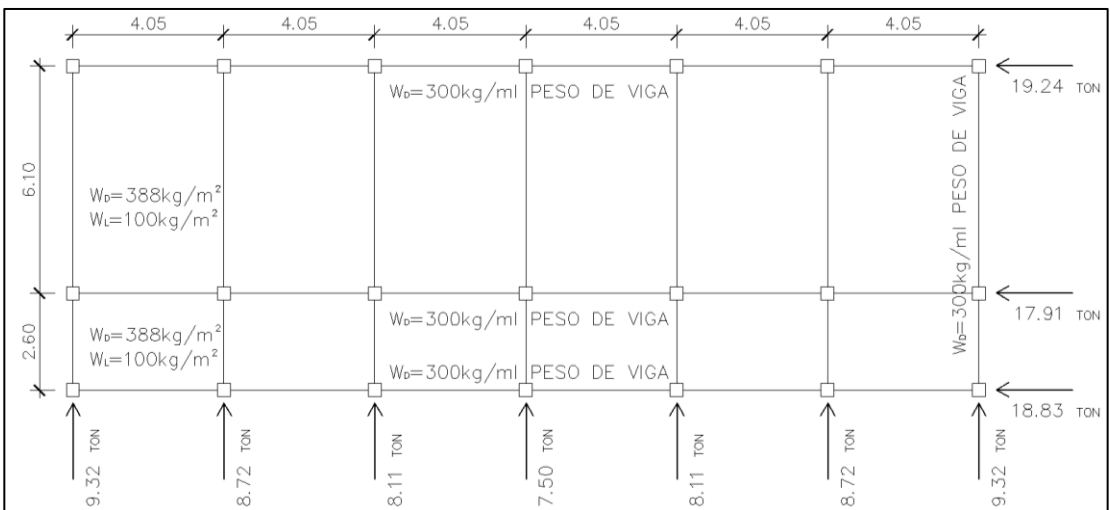
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 10. Cargas distribuidas 1° nivel, módulo 1



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

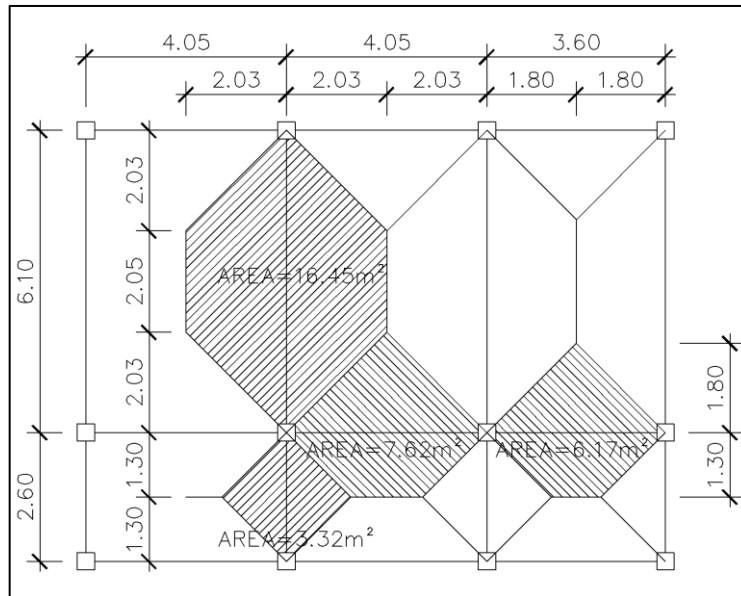
Figura 11. Cargas distribuidas 2° nivel, módulo 1



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Transformando en carga lineal las cargas sobre las losas se obtiene por fin el modelo matemático. Retomando los valores definidos en la tabla XII se transforman las cargas de área a una carga lineal, equivalente a la carga sobre el área que la viga soporta, estas áreas se conocen como áreas de influencia y su geometría y magnitud se muestran en la figura 11.

Figura 12. **Áreas de influencia para vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Vigas en sentido Y del nivel 1:

$$(V - 1) W_D = \frac{538 \text{ kg/m}^2 (16,45 \text{ m}^2)}{6,10 \text{ ml}} = 1 450,84 \text{ kg/ml}$$

$$(V - 1) W_L = \frac{400 \text{ kg/m}^2 (16,45 \text{ m}^2)}{6,10 \text{ ml}} = 1 078,68 \text{ kg/ml}$$

$$(V - 2)W_D = \frac{538 \text{ kg/m}^2(3,32 \text{ m}^2)}{2,60 \text{ ml}} = 686,98 \text{ kg/ml}$$

$$(V - 2)W_L = \frac{400 \text{ kg/m}^2(3,32 \text{ m}^2)}{2,60 \text{ ml}} = 510,77 \text{ kg/ml}$$

Vigas en sentido horizontal del nivel 1:

$$W_D = \frac{538 \text{ kg/m}^2(7,62 \text{ m}^2)}{4,05 \text{ ml}} = 1 012,24 \text{ kg/ml}$$

$$W_L = \frac{400 \text{ kg/m}^2(7,62 \text{ m}^2)}{4,05 \text{ ml}} = 752,59 \text{ kg/ml}$$

Viga en sentido horizontal en el área de baños, primer nivel módulo 2

$$W_D = \frac{538 \text{ kg/m}^2(6,17 \text{ m}^2)}{3,60 \text{ ml}} = 922,07 \text{ kg/ml}$$

$$W_L = \frac{400 \text{ kg/m}^2(6,17 \text{ m}^2)}{4,05 \text{ ml}} = 609,38 \text{ kg/ml}$$

La tabla XXI muestra un resumen de los cálculos restantes para cargas lineales, correspondientes a las vigas del segundo nivel y módulo 2.

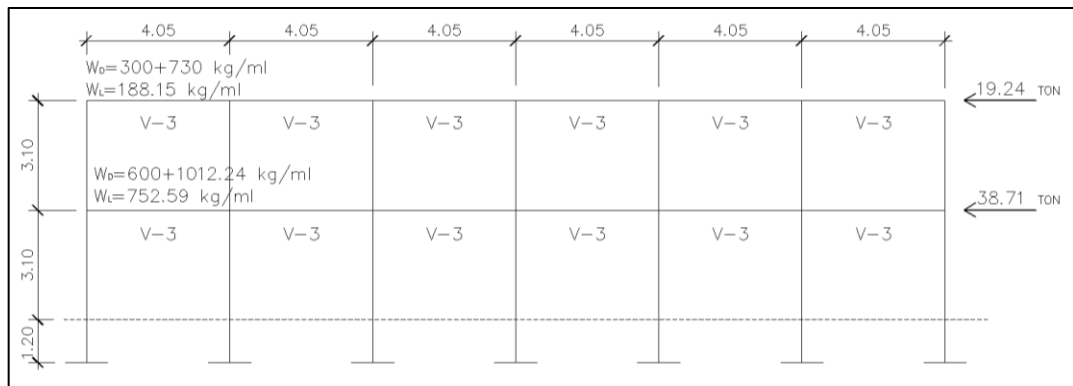
Tabla XXII. **Cargas distribuidas sobre vigas**

VIGA	L [m]	ÁREA [m ²]	CARGA DE LOSA SOBRE VIGAS [kg/ml]		
			1° NIVEL	2° NIVEL	
V-1	6,1	16,45	W _D	1450,84	1046,33
			W _L	1078,69	269,67
V-2	2,6	3,32	W _D	686,98	495,45
			W _L	510,77	127,69
V-3	4,05	7,62	W _D	1012,24	730,01
			W _L	752,59	188,15
V-4	3,6	6,17	W _D	922,07	664,99
			W _L	685,56	171,39

Fuente: elaboración propia.

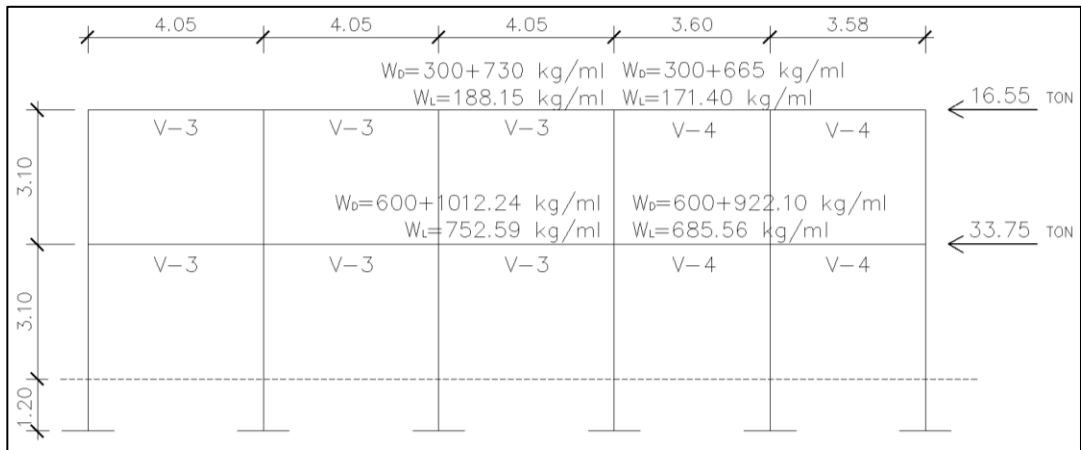
Finalmente se presenta el modelo matemático de los marcos estructurales críticos para cada módulo, a partir de los cuales se realiza el análisis estructural por el método numérico de transmisión de momentos del Ing. Hardy Cross.

Figura 13. **Modelo matemático marco longitudinal, módulo 1**



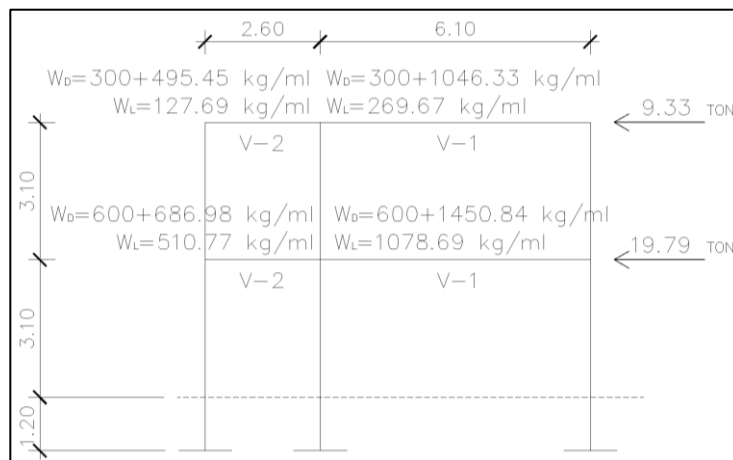
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 14. **Modelo matemático marco longitudinal, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 15. **Modelo matemático marco transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.8.1. Análisis por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural numérico

Ya con el modelo matemático definido se calcula una primera situación de esfuerzos internos que se van a desarrollar dentro de las vigas y columnas debido a las cargas verticales y horizontales aplicadas. Para esto se cuenta con la teoría de la mecánica de sólidos, que se sirve de los diagramas de cortante y momento, así como de las propiedades mecánicas de los materiales con que se construirá la estructura.

Posteriormente de obtener los esfuerzos internos, generados por la situación de carga en que se encuentra cada elemento, será necesario analizar el comportamiento de la estructura como un todo. Para eso se cuenta con métodos numéricos iterativos que van considerando la deformación de cada elemento y su influencia sobre los elementos a los que están conectados monolíticamente. Deformaciones que se pueden traducir a nuevos esfuerzos internos.

El modelo matemático se analizó con el software ETABS y se comprobó con un método numérico, calculado manualmente para comprobar los resultados del software.

El método utilizado en esta ocasión es denominado: Distribución de momentos o Método de Cross en honor al ingeniero Hardy Cross, quien lo presentó en una revista de la ASCE en 1930. Los conceptos básicos en los que se fundamenta el método son los siguientes:

- Rigidez absoluta: el principal trabajo de una viga es transmitir fuerzas que actúan transversalmente hacia sus apoyos, produciendo dentro de la viga esfuerzos de torque puro y giro en sus apoyos. La capacidad de un elemento para oponerse al giro de uno de sus extremos por un torque aplicado o un momento interno, se denomina rigidez absoluta y se define así:

Es el valor del momento que, aplicado en un extremo simplemente apoyado de un elemento, produce en él una rotación de un radián, estando el otro extremo simplemente apoyado, parcialmente restringido o fijo, y sin que haya ninguna traslación de los apoyos.

Rigidez de una viga con extremo opuesto simplemente apoyado

$$k = \frac{3E_c I_g}{l_u} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Rigidez de una viga con extremo opuesto empotrado

$$k = \frac{4E_c I_g}{l_u} \quad (\text{Ecuación 32})$$

Donde:

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 \quad (\text{Ecuación 33})$$

Calculando la rigidez de los elementos constitutivos de la estructura:

$$E_c = 2\,400^{1,5} 0,14 \sqrt{210} = 238\,536,34 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{ver ecuación 29})$$

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

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} 35(35)^3 = 125\,052,08\text{cm}^4$$

Tabla XXIII. Rigidez de elementos

		RIGIDEZ ABSOLUTA DE COLUMNAS			
		E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	L (cm)	K
MODULO 1	C-1 NIVEL	2,39E+05	125 052,08	320	3,73E+08
	C-2 NIVEL	2,39E+05	125 052,08	310	3,85E+08
MODULO 2	C-1 NIVEL	2,39E+05	213 333,33	320	6,36E+08
	C-2 NIVEL	2,39E+05	213 333,33	310	6,57E+08
		RIGIDEZ ABSOLUTA DE VIGAS			
		E	I	L	K
	V-1	2,39E+05	260 416,67	610	4,07E+08
	V-2	2,39E+05	260 416,67	260	9,56E+08
	V-3	2,39E+05	260 416,67	405	6,14E+08
	V-4	2,39E+05	260 416,67	360	6,90E+08

Fuente: elaboración propia.

- Coeficiente de distribución: estando una estructura en servicio presentará rotación en sus nudos como consecuencia de los momentos que se generan en sus elementos. Esa rotación afecta al resto de elementos unidos monolíticamente al nudo ya que colaboran a resistir la rotación absorbiendo momentos internos.
- La resistencia al giro que presenta un nudo está compuesta por la rigidez de cada elemento que converge monolíticamente al mismo y, así como cada elemento aporta un porcentaje de la rigidez total del nudo, cada

elemento toma un porcentaje iguala a la sumatoria de momentos que llegan al nudo. Ese porcentaje es el que se denomina coeficiente de distribución.

- Coeficiente de transmisión: luego del coeficiente de distribución, cada elemento unido al nudo toma un porcentaje del momento en él, el cual es resistido debido a esfuerzos internos que se desarrollan a lo largo del elemento. Si el extremo opuesto de la viga se encuentra empotrado los esfuerzos internos se traducirán, para ese extremo, en una fracción del momento tomado en el primer extremo:

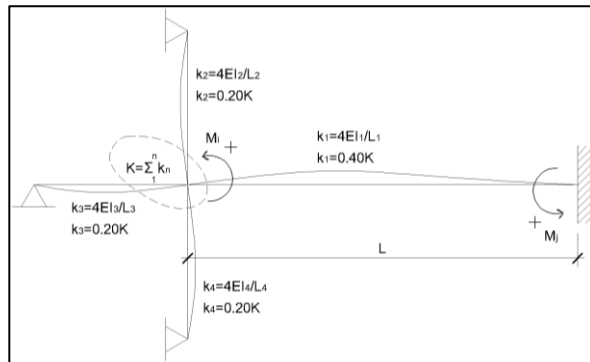
$$M_j = \frac{1}{2} M_i \quad (\text{Ecuación 34})$$

Donde:

M_i = momento actuante en el extremo principal

M_j = momento actuante en el extremo opuesto al principal

Figura 16. **Ejemplo de distribución de momentos**



Fuente: ESCAMILLA, Jairo U. *Análisis de estructuras*. p. 199.

- Momentos de empotramiento: el comportamiento real de los nudos, es un punto intermedio entre un empotramiento que impide la rotación y un apoyo simple, que permite totalmente la rotación de la viga apoyada. El método de Cross consiste en aplicar las cargas sobre la estructura, suponiendo que ningún nudo presenta rotación, para luego ir soltando uno por uno y evaluar cómo se transmite el momento de cada nudo, sobre la estructura en conjunto, hasta llegar a un diferencial de momento, transmitido entre un ciclo y el siguiente, menor al 1 por ciento del momento del nudo.

Para que las vigas cargadas no tengan rotación en sus extremos, se requiere de momentos que contrarresten los giros provocados por las cargas sobre la viga, el valor de esos momentos es al que se denomina momento de empotramiento y se puede calcular por diferentes métodos, como la ecuación de los 3 momentos, que permite definir ecuaciones para casos comunes como la ecuación 34, con que se calculan los momentos de empotramiento, para una viga doblemente empotrada con carga distribuida uniformemente:

$$M = \frac{Wl_u^2}{12} \quad (\text{Ecuación 35})$$

Como ejemplo se muestra el cálculo realizado para las cargas muertas sobre la viga 1, que tiene una longitud de 6.10 metros:

$$M = \frac{(600 + 1450.84)6.10^2}{12} = 6359.31 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Tabla XXIV. **Cargas distribuidas linealmente y momentos de empotramiento**

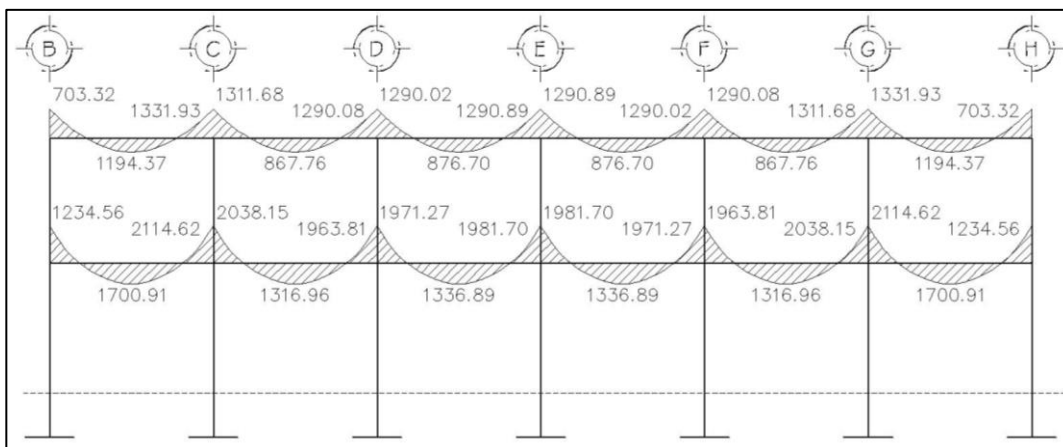
VIGA	CARGAS DISTRIBUIDAS				MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO			
	WD [kg/ml]		WL [kg/ml]		WD [kg-m]		WL [kg-m]	
	1° NIVEL	2° NIVEL	1° NIVEL	2° NIVEL	1° NIVEL	2° NIVEL	1° NIVEL	2° NIVEL
V-1	2 050,84	1 346,33	1 078,69	269,67	6 359,30	4 174,74	3 344,83	836,21
V-2	1 286,98	795,45	510,77	127,69	725,00	448,10	287,73	71,93
V-3	1 612,24	1 030,01	752,59	188,15	2 203,73	1 407,90	1 028,70	257,18
V-4	1 522,07	964,99	685,56	171,39	1 643,84	1 042,19	740,40	185,10

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.2. Diagramas de momento

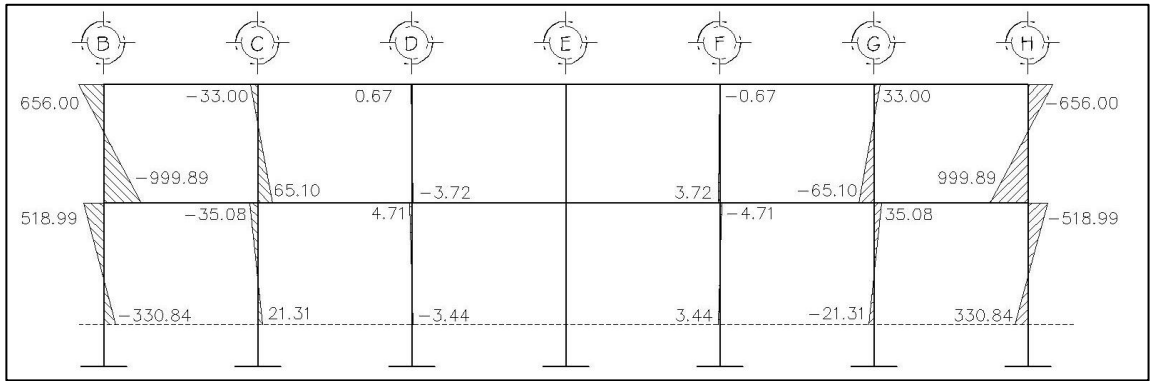
A continuación se muestran los diagramas de momento para los marcos críticos, correspondientes a cargas vivas y muertas. Estos serán útiles para la visualización gráfica de la aplicación de factores de mayorío y combinaciones de carga.

Figura 17. **Carga muerta en vigas, longitudinal, módulo 1**



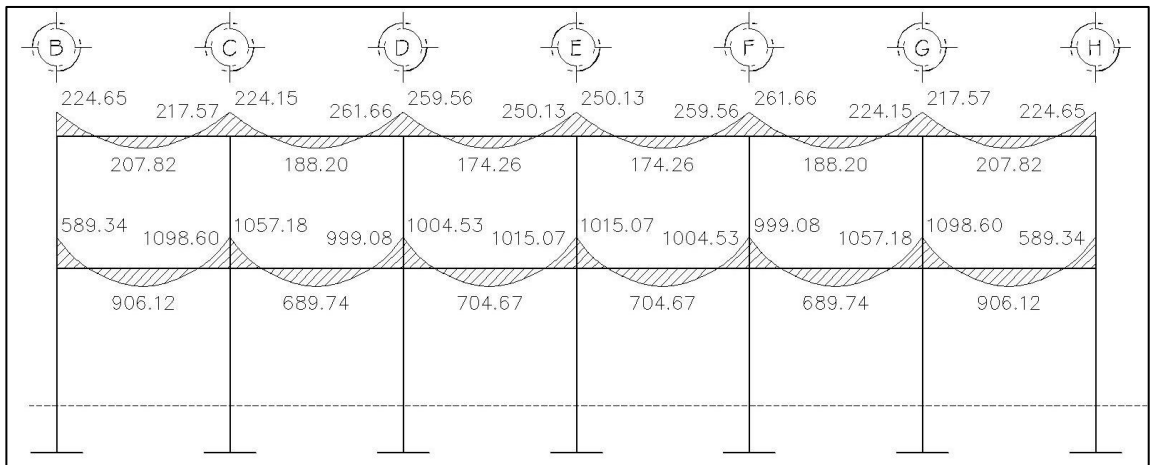
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 18. Carga muerta en columnas, longitudinal, MÓDULO 1



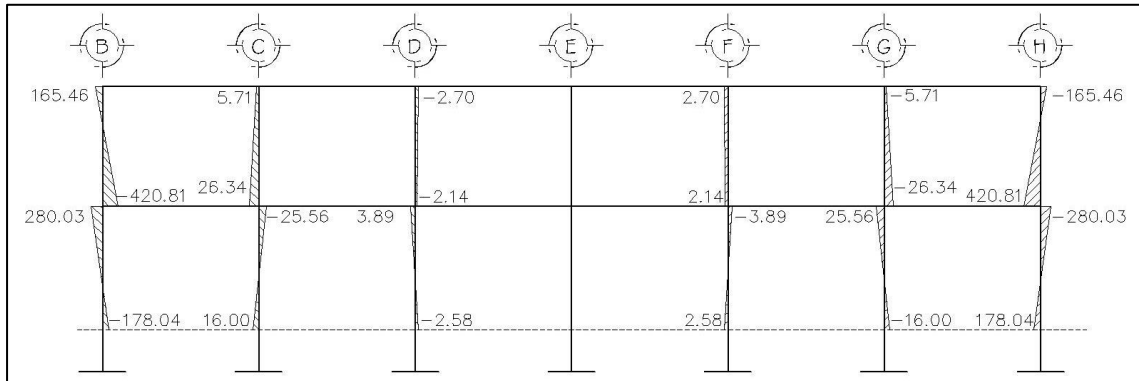
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 19. Carga viva en vigas, longitudinal, módulo 1



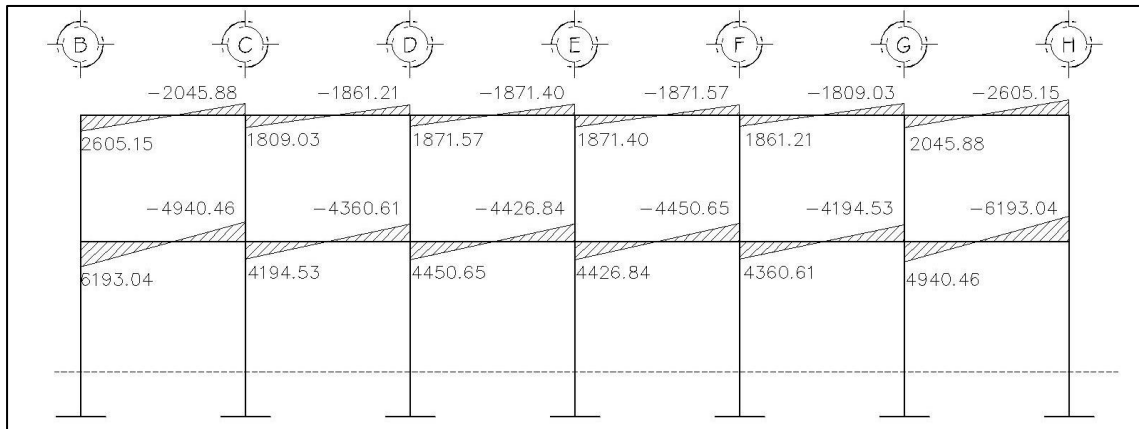
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 20. Carga viva en columnas, longitudinal, módulo 1



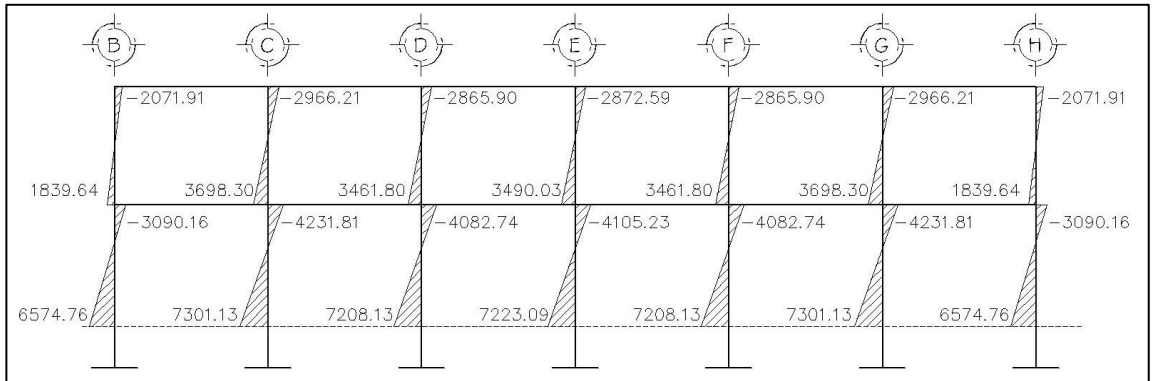
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 21. Carga de sismo en vigas, longitudinal, módulo 1



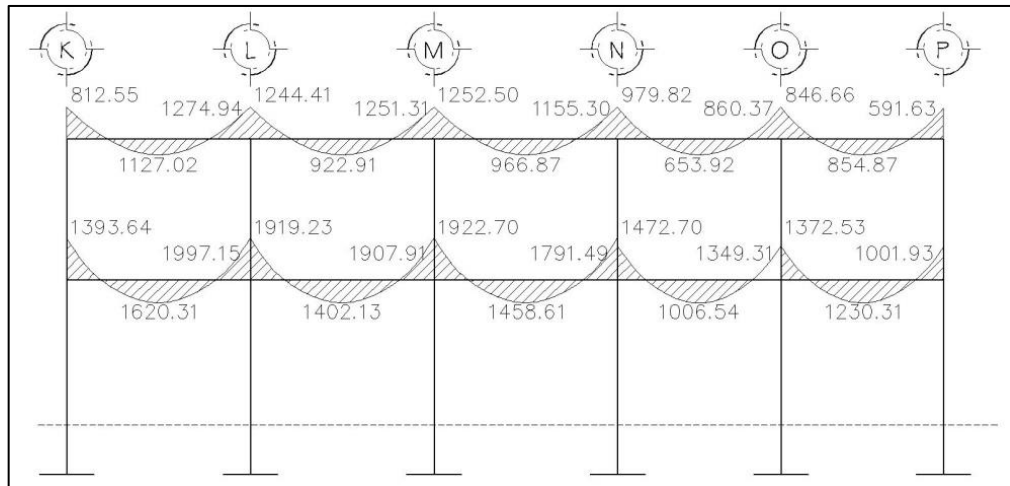
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 22. Carga de sismo en columnas, longitudinal, módulo 1



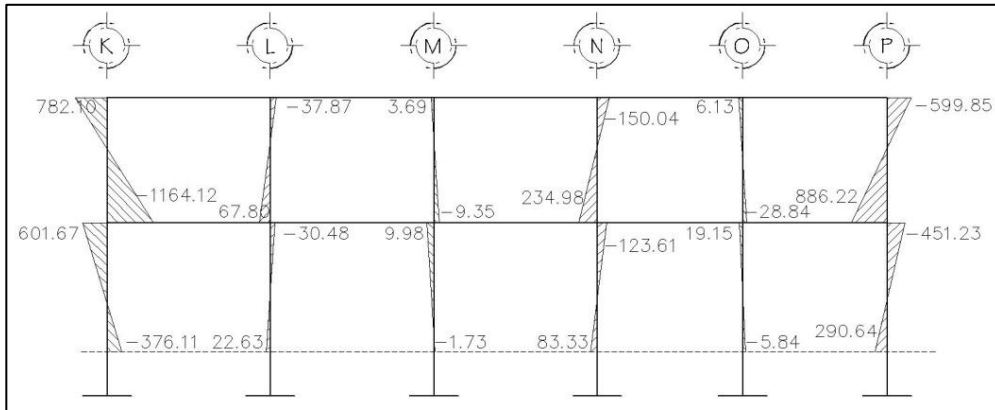
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 23. Carga muerta en vigas, longitudinal, módulo 2



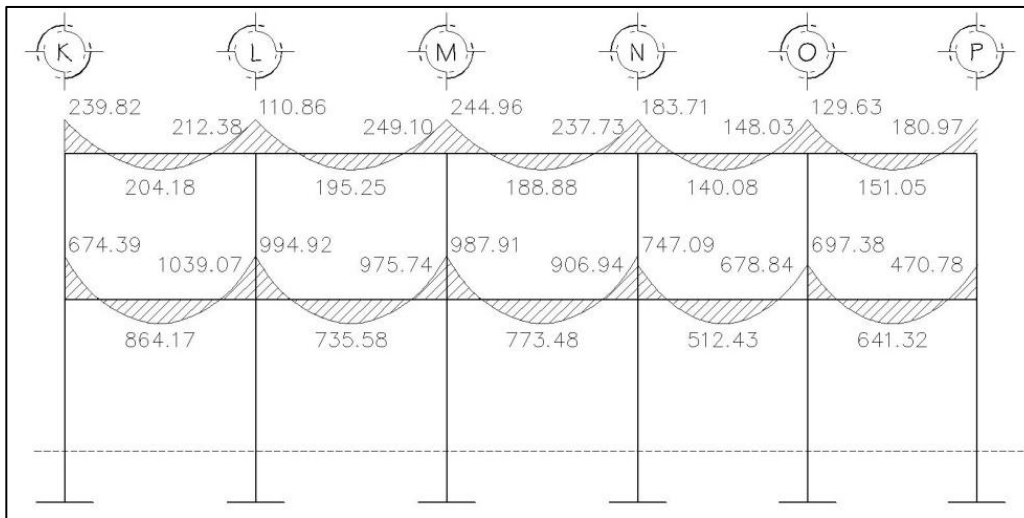
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 24. **Carga muerta en columnas, longitudinal, módulo 2**



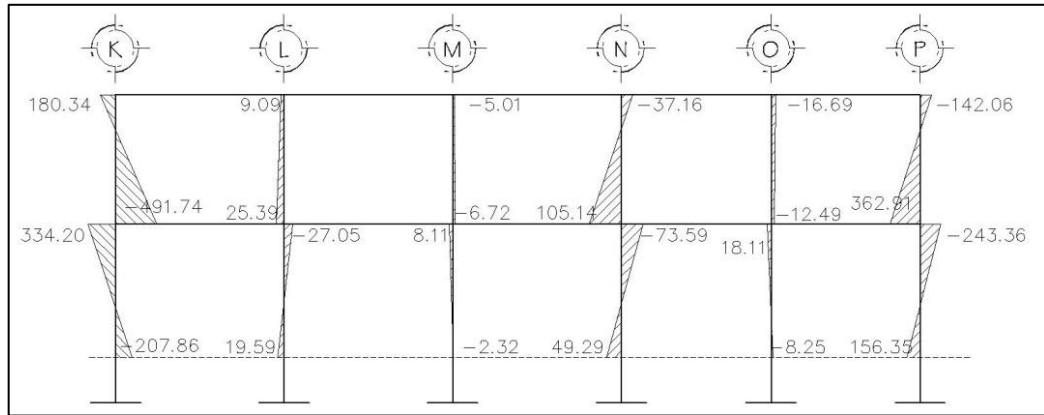
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 25. **Carga viva en vigas, longitudinal, módulo 2**



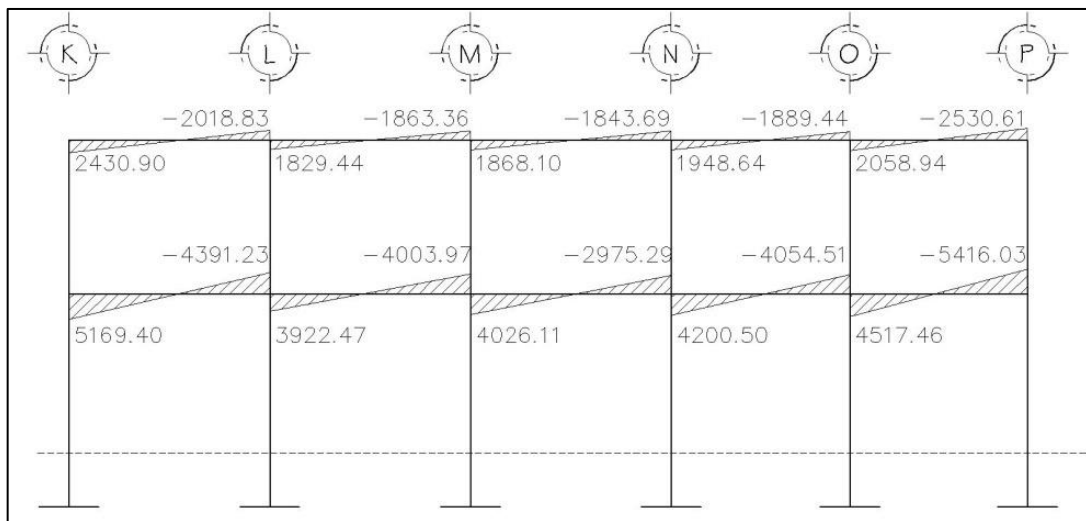
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 26. Carga viva en columnas, longitudinal, módulo 2



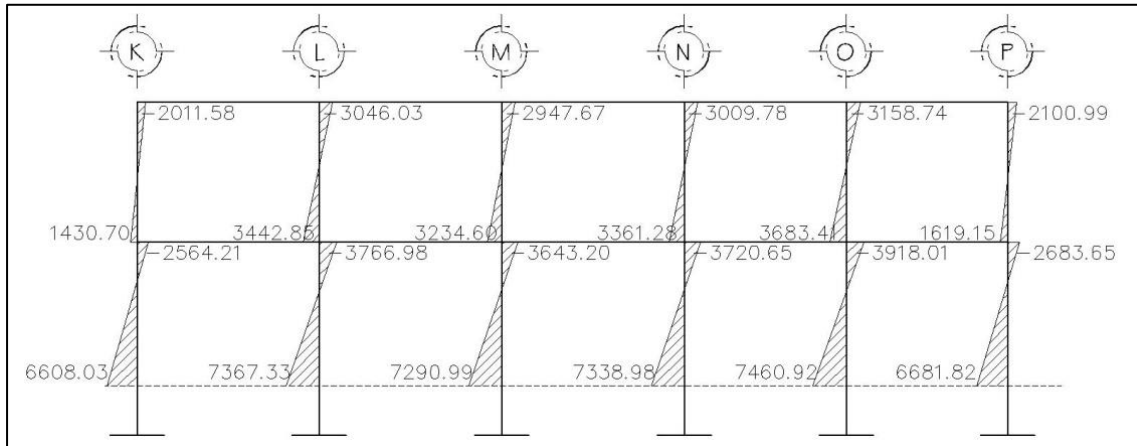
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 27. Carga de sismo en vigas, longitudinal, módulo 2



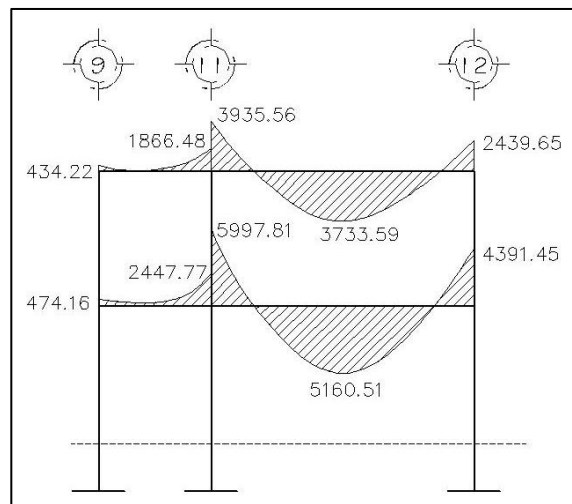
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 28. **Carga de sismo en columnas, longitudinal, módulo 2**



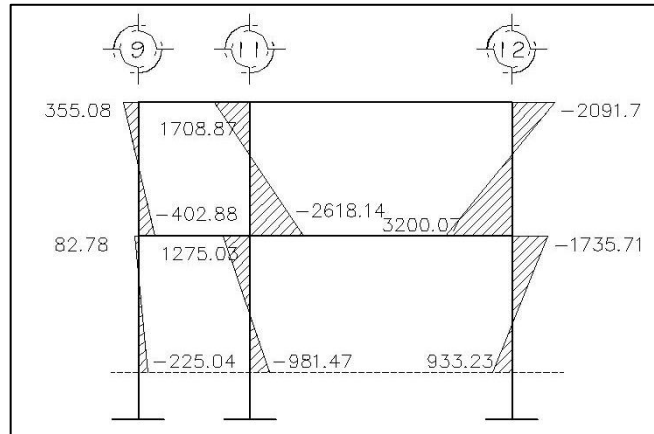
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 29. **Carga muerta en vigas, transversal, módulos 1 y 2**



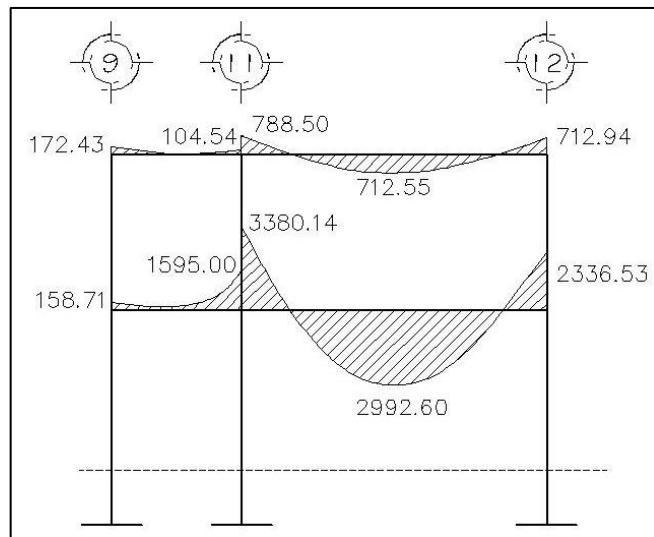
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 30. **Carga muerta en columnas, transversal, módulos 1 y 2**



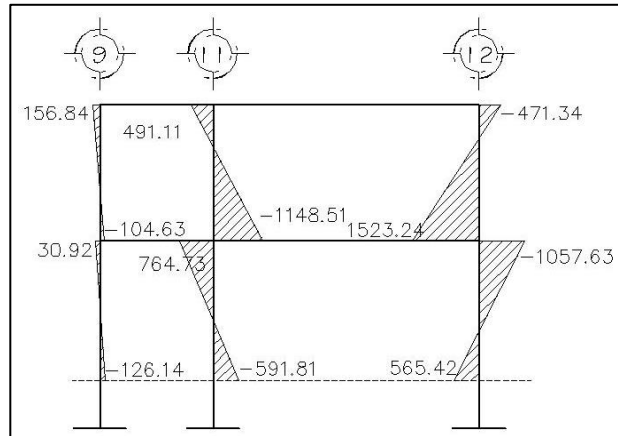
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 31. **Carga viva en vigas, transversal, módulos 1 y 2**



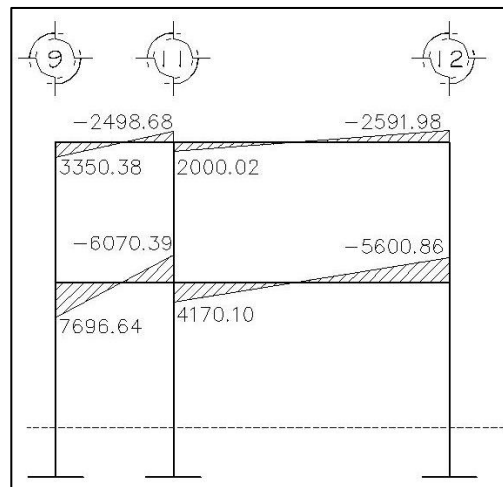
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 32. **Carga viva en columnas, transversal, módulos 1 y 2**



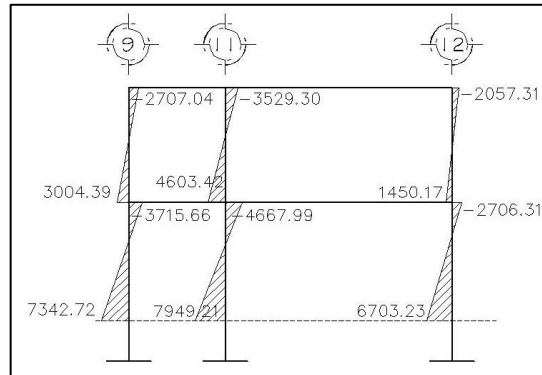
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 33. **Carga de sismo en vigas, transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 34. **Carga de sismo en columnas, transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.8.3. **Envolvente de momentos**

El análisis estructural se realiza para distintas combinaciones de carga que representan distintos escenarios críticos a los que fue sometido el modelo matemático, sobreponiendo los distintos resultados sobre un mismo gráfico se obtienen los máximos momentos a los que estará sometida cada sección de la estructura. Esto se hace para cubrir cualquier eventualidad y diseñar una estructura que soporte cualquier situación extrema que el diseñador considere posible. Se consideraron las siguientes combinaciones de carga para el diseño, según lo especificado en el código ACI 318-05 apartado 9.2.1:

$$U = 1,4 W_D \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$U = 1,2 W_D + 1,6W_L \quad (\text{Ecuación 37})$$

$$U = 1,2 W_D + W_L \pm E \quad (\text{Ecuación 38})$$

$$U = 0,9 W_D \pm E \quad (\text{Ecuación 39})$$

Donde:

U = carga crítica mayorada o carga última

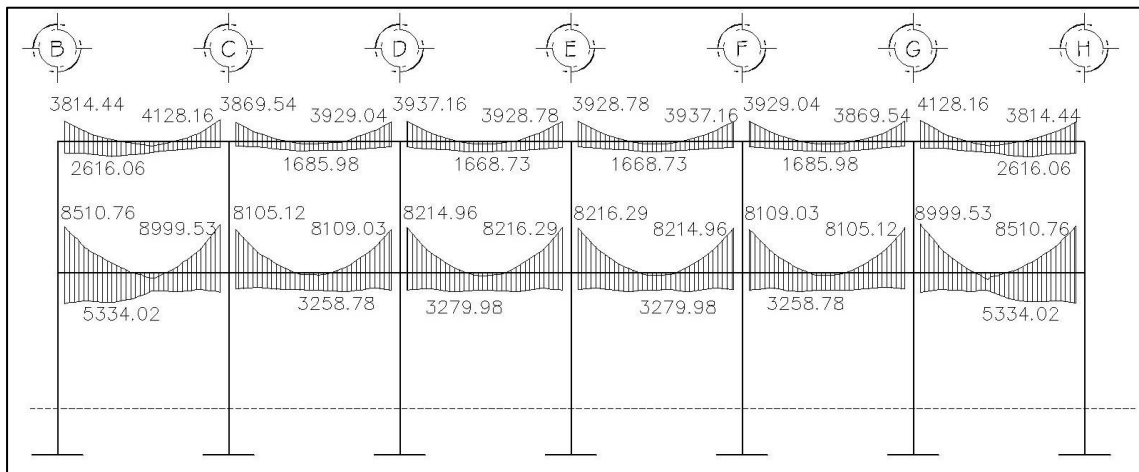
W_D = carga muerta

W_L = carga viva

E = carga de sismo

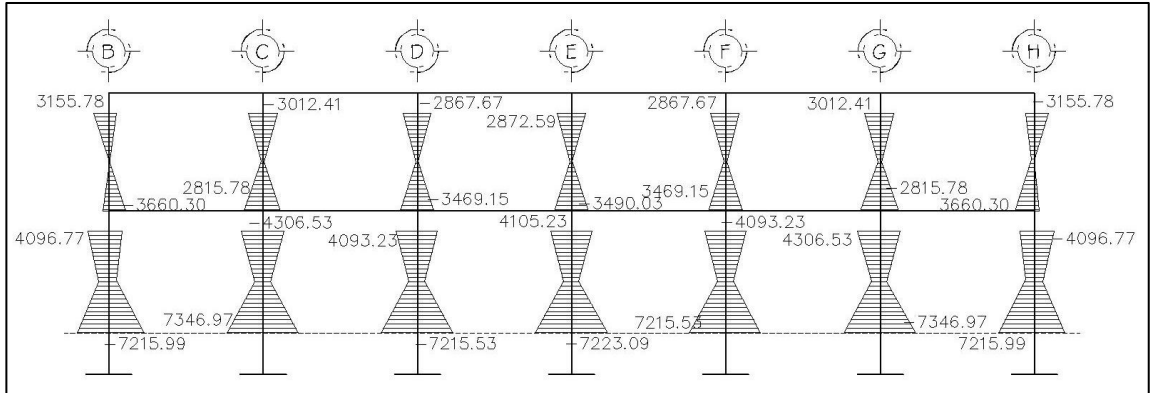
A continuación se muestran la superposición del resultado de cada combinación, comúnmente llamado el diagrama envolvente de momentos, es necesario recordar que todos estos valores están en kg-m.

Figura 35. **Envolvente de momentos en vigas, longitudinal, módulo 1**



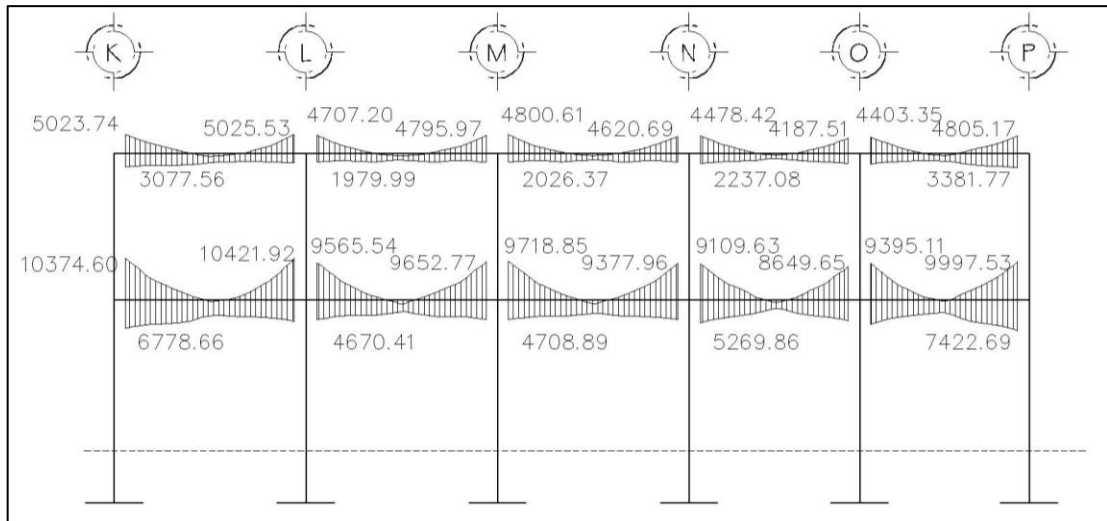
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 36. **Envolvente de momentos en columnas, longitudinal, módulo 1**



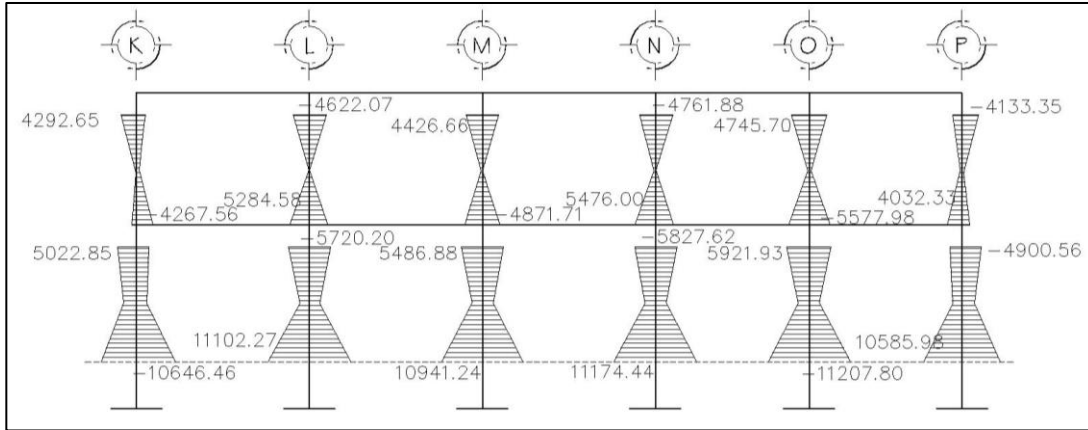
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 37. **Envolvente de momentos en vigas, longitudinal, módulo 2**



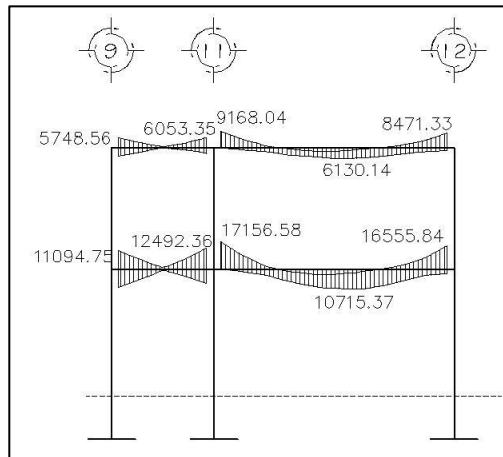
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 38. **Envolvente de momentos en columnas, longitudinal, módulo 2**



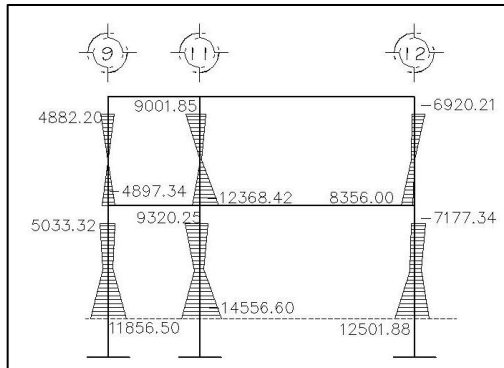
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 39. **Envolvente de momentos en vigas, transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 40. **Envolvente de momentos en columnas, transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

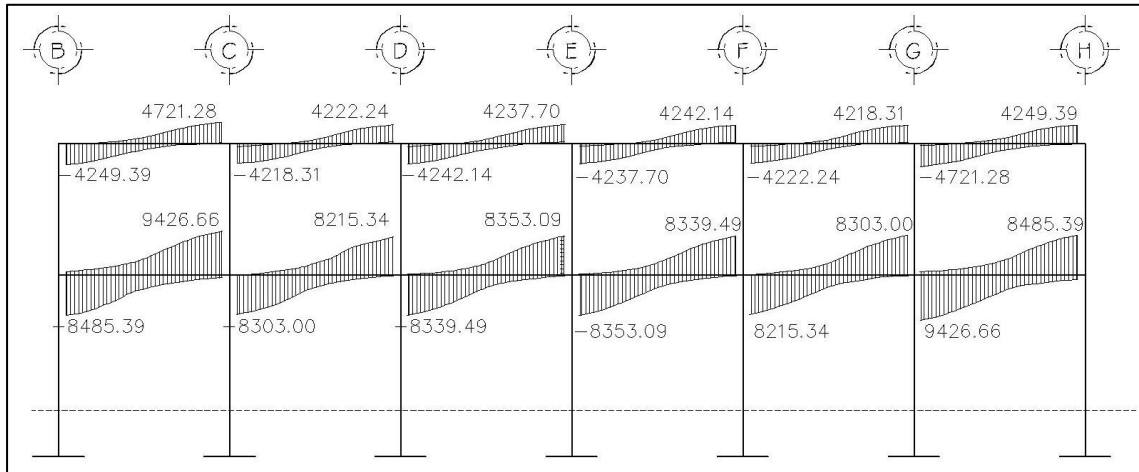
Al realizar el análisis estructural con ETABS y comparar los resultados con los del Método de Cross se observa que los resultados del método numérico tienen una correlación lógica a los resultados obtenidos con el software, con desviaciones de 2 por ciento al interior de los marcos y alejándose hasta un 8 por ciento en los extremos discontinuos.

Para efectos de diseño se aplicaron los resultados obtenidos del software ETABS, que se basa en un método de análisis matricial.

2.2.8.4. Envolvente de corte

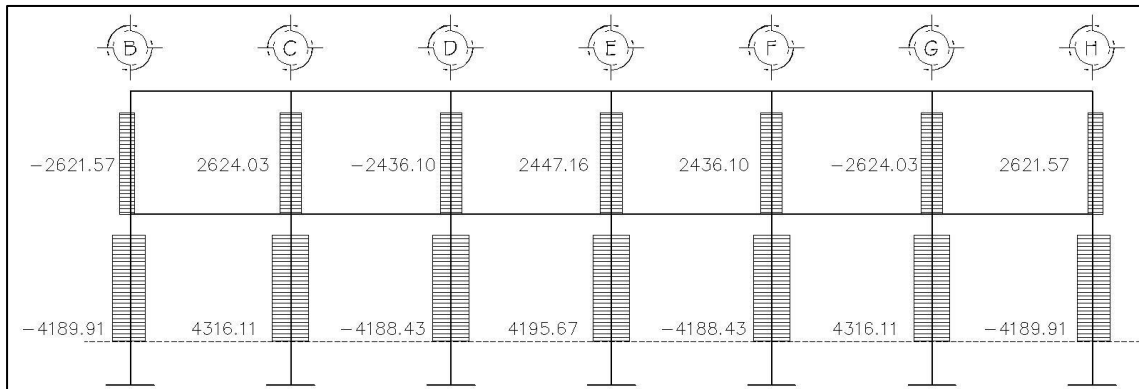
En el mismo proceso de calcular los diagramas de momento se generan diagramas de corte correspondientes a cada situación de carga. Utilizando las combinaciones de carga mayorada del inciso anterior, se pueden encontrar envolventes de corte, que serán igualmente útiles para el diseño y chequeo de la resistencia de las vigas al esfuerzo cortante que generan las cargas.

Figura 41. Envoltura de corte en vigas, longitudinal, módulo 1



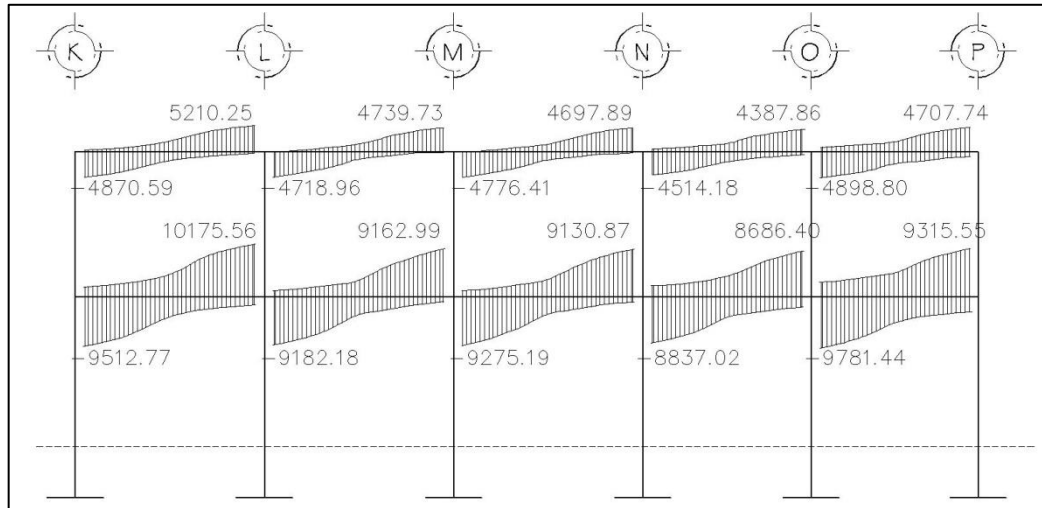
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 42. Envoltura de corte en columnas, longitudinal, módulo 1



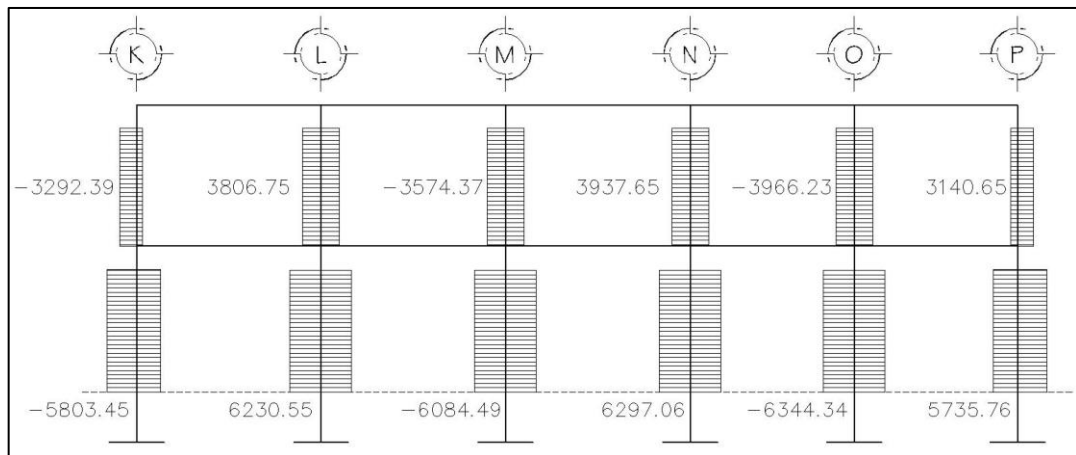
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 43. **Envolvente de corte en vigas, longitudinal, módulo 2**



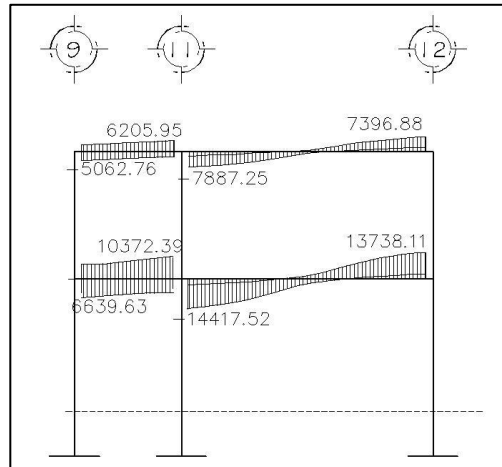
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 44. **Envolvente de corte en columnas, longitudinal, módulo 2**



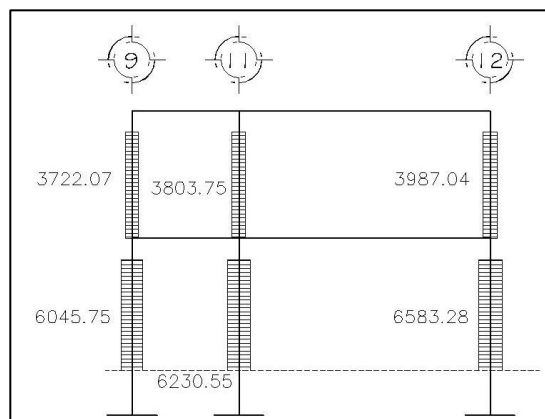
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 45. **Envolvente de corte en vigas, transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 46. **Envolvente de corte en columnas, transversal, módulos 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.9. Diseño de losas

Este se basa en el método 3 presentado por el Código ACI 318-63, aunque actualmente el método no forma parte del código vigente, si es validado por el mismo a través de la disposición 13.5.1 (ACI 318-05). El método utiliza para el análisis estructural de losas en dos direcciones, factores experimentales e incluyen redistribución de momentos por comportamiento inelástico, al calcular los momentos máximos en las franjas centrales de la losa, que son las más críticas.

Los momentos en las franjas centrales en las dos direcciones, se calculan a partir de las ecuaciones en su forma general, independientemente si es un momento de borde (o negativo) o un momento central (o momento positivo) de la losa:

$$M_a = C_a \cdot W_n \cdot l_a^2 \quad (\text{Ecuación 40})$$

$$M_b = C_b \cdot W_n \cdot l_b^2 \quad (\text{Ecuación 41})$$

Donde:

M_n = momento en el borde

C_n = factor para borde

W_n = carga de área, (en este caso se utiliza un ancho unitario por lo que la carga se convierte en una carga lineal)

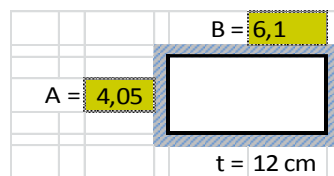
l_n = longitud de borde

Los factores cambian según el caso de continuidad de la losa; debido a que están bordeadas por vigas de más de 3 veces el peralte de la losa, se pueden considerar con rigidez suficiente como si fueran losas continuas. Este es el caso 2 de las tablas de factores del anexo 2, es importante notar que los

factores fueron determinados para el sistema inglés, por lo que será necesario convertir los valores de longitud y carga al sistema inglés para obtener el resultado, y luego trasladarlo nuevamente a su equivalente en sistema MKS.

Los factores contenidos en el anexo 2 se seleccionan con base a la relación largo-ancho de la losa y se identifica con A el lado corto y con B el lado largo. A continuación se muestra un ejemplo de diseño para una losa con geometría típica de las losas en los módulos 1 y 2:

Figura 47. **Esquema de losa diseñada**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Factores para aplicar el método 3**

$m = \frac{A}{B} = 0,66$		M. NEG.	M. POS. CM	M. POS. CV
0,65	CA	0,077	0,032	0,053
	CB	0,014	0,006	0,01

Fuente: elaboración propia.

Retomando los valores de la tabla XXII, resumen de cargas para el modelo matemático, se calculan los momentos máximos en las franjas centrales de una losa de 6,10 x 4,05 m correspondientes a las cargas sobre la losa del 2° nivel:

$$W_D = 1,4(388) = 543,2 \text{ kg/m}^2 \quad \rightarrow \quad 111,31 \text{ lb/ft}^2$$

$$W_L = 1,7(100) = 170 \text{ kg/m}^2 \quad \rightarrow \quad 34,84 \text{ lb/ft}^2$$

Los momentos negativos que se sitúan al borde de la losa, se calculan por medio de las ecuaciones 39 y 40 utilizando la carga integrada y mayorada $1,4 W_D + 1,7 W_L$:

$$M_{\text{negA}} = \frac{0,077(146,15 \text{ lb/ft}^2)(4,05\text{m} * 3,28 \text{ ft/m})^2}{2,2046 \text{ lb/kg} * 3,28 \text{ ft/m}} = 274,62 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{negB}} = \frac{0,014(146,15 \text{ lb/ft}^2)(6,10\text{m} * 3,28 \text{ ft/m})^2}{2,2046 \text{ lb/kg} * 3,28 \text{ ft/m}} = 113,18 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Los momentos positivos que se sitúan al centro de la losa, se calculan por separado los efectos de cargas vivas y muertas mayoradas, utilizando siempre las ecuaciones 39 y 40, para sumar los momentos obtenidos de esta manera:

$$M_{\text{posCMA}} = \frac{0,032(111,31 \text{ lb/ft}^2)(4,05 * 3,28)^2}{2,2046 * 3,28} = 86,92 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{posCVA}} = \frac{0,053(34,84 \text{ lb/ft}^2)(4,05 * 3,28)^2}{2,2046 * 3,28} = 45,05 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momento positivo en A= 131,97 kg-m

$$M_{\text{posCMB}} = \frac{0,032(111,31 \text{ lb/ft}^2)(6,10 * 3,28)^2}{2,2046 * 3,28} = 36,97 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{posCVB}} = \frac{0,053(34,84 \text{ lb/ft}^2)(6,10 * 3,28)^2}{2,2046 * 3,28} = 19,28 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momento positivo en B= 56,25 kg-m

Terminado el análisis de la losa se procede a calcular el área de acero que se necesita en un ancho unitario para soportar los momentos calculados con el método 3, de la misma manera que se calcularía para una viga (ver 2.2.10.1), con una sección de alto igual al espesor de la losa y una base unitaria, en este caso 1 m:

$$A_s = \frac{\phi f'_c}{f_y} \left(bd - \sqrt{bd^2 - \frac{M_u \cdot b}{0,003825 f'_c}} \right) \quad (\text{Ecuación 42})$$

Donde:

$\phi = 0,85$ factor de reducción de resistencia

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ resistencia nominal del concreto

$f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$ resistencia nominal del acero

$M_u = 274,62 \text{ kg} \times \text{m}$ momento último actuante en la sección

$t = 12 \text{ cm}$, espesor de la losa

$b = 100 \text{ cm}$, base de la sección

$d = 9,5 \text{ cm}$, peralte de la sección

Área de acero en borde de losa, sentido corto (A):

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4\ 200} \left((100 * 9,5) - \sqrt{(100 * 9,5)^2 - \frac{274,62 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 0,77 \text{ cm}^2$$

Debido a que se obtuvo un valor considerablemente pequeño, será necesario corroborar que el área de acero proporcionado al elemento cumpla con el mínimo requerido.

El área mínima de acero resulta del caso que los elementos estructurales poseen una sección de concreto mayor a la necesaria, para resistir los esfuerzos a que serán sometidos, obteniendo el efecto de una sección de resistencia menor al módulo de agrietamiento del concreto. Con el área de acero mínimo se garantiza un control de agrietamiento y deflexión:

$$A_{S\text{mín}} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} db_w \geq \frac{14}{f_y} db_w \quad (\text{Ecuación 43})$$

$$A_{S\text{mín}} = \frac{0.8\sqrt{210}}{4\ 200} 9,5 * 100 \geq \frac{14}{4\ 200} 9,5 * 100$$

$$A_{S\text{mín}} = 2,62 \geq 3,17\text{cm}^2$$

Tabla XXVI. Resumen de análisis y As

LOSAS		1° NIVEL				CUBIERTA			
		M -	As	M +	As	M -	As	M +	As
6,10 x 4,05	A	547,57	1,55	296,53	0,83	272,48	0,77	130,22	0,36
	B	276,4	0,78	152,38	0,43	137,55	0,38	66,28	0,18
4,05 x 2,60	A	229,8	0,65	125,98	0,35	114,36	0,32	55,19	0,15
	B	94,61	0,26	53,05	0,15	47,08	0,13	23,2	0,06
6,10 x 3,60	A	462,09	1,31	259,77	0,73	229,95	0,65	112,9	0,32
	B	152,83	0,43	84,93	0,24	76,05	0,21	36,53	0,1
3,60 x 2,60	A	212,67	0,6	111,76	0,31	105,83	0,3	49,3	0,14
	B	107,59	0,3	57,6	0,16	53,54	0,15	25,34	0,07

Fuente: elaboración propia.

Como se ve en la tabla XXIV, en todos los casos el área de acero es menor a la mínima recomendada por la ecuación 42, por lo que en todas las losas se proporcionará el refuerzo mínimo.

As de una varilla de 3/8":

$$\frac{\pi}{4} \left(\frac{3}{8} * 2,54 \text{cm} \right)^2 = 0,713 \text{cm}^2$$

Espaciamiento de varillas:

$$\text{espaciamiento} = \frac{0,71 \text{cm}^2}{3,17 \text{cm}^2/\text{ml}} = 0,22 \text{ m que se redondea a } 0,20 \text{ m}$$

Se propone un espaciamiento de 20 cm para modular de mejor manera la colocación del acero de refuerzo. El detalle estructural para las losas de los módulos 1 y 2 queda en su totalidad como losas de 12 cm de espesor con un recubrimiento de 2,5 cm y refuerzo No. 3 espaciado a cada 20 cm en ambos sentidos. Para mayor detalle del armado de losas ver los planos de armado de losas numerados como 15/28 y 16/28 del juego de planos de la escuela.

2.2.10. Diseño de vigas

Las vigas son elementos prismáticos que trabajan fundamentalmente a corte y flexión, encontrando mayormente con su eje principal en posición horizontal, recibiendo cargas gravitacionales y transmitiéndolas a sus puntos de apoyo. Las vigas construidas en concreto reforzado resisten los esfuerzos a los que son sometidas, por un torque interno que se genera entre la resistencia a compresión del concreto y la resistencia a tensión del acero de refuerzo.

Se puede diseñar una viga en concreto reforzado, que soporte los momentos máximos definidos en el análisis estructural, por consideraciones de resistencia de los materiales constitutivos y su mecánica, al construirse con una geometría rectangular, que permite al concreto trabajar a compresión y al acero trabajar a tensión, generando un par de fuerzas que se oponen a las acciones externas a la viga. El área de acero se define a partir de las ecuaciones del equilibrio interno de la sección generado por los esfuerzos internos, obteniéndose una expresión de tipo cuadrática para calcular el área: ver ecuación 42.

El área de acero mínima, resulta del caso que los elementos estructurales poseen una sección de concreto mayor a la necesaria para resistir los esfuerzos a que serán sometidos, obteniendo el efecto de una sección de resistencia menor al módulo de agrietamiento del concreto. Con el área de acero mínimo se garantiza un control de agrietamiento y deflexión: ver ecuación 43.

El área de acero máxima queda limitada la cantidad de acero a la necesaria para que, en condiciones de esfuerzo último, sea el acero quien falla primero por fluencia. Debido a que el concreto posee una resistencia a tensión despreciable, permite que los elementos a flexión se agrieten al momento de haber sobrepasado su capacidad de resistencia, dando aviso evidente que la estructura está en condiciones de ser evacuada.

A la forma de falla descrita en el párrafo anterior se le conoce como falla dúctil, en contraposición de la falla a compresión del concreto que es explosiva y sin previo aviso, siendo una falla que debe evitarse a toda costa. Para reglamentar la cantidad de acero necesaria para diseñar elementos dúctiles, se utiliza el concepto de cuantía balanceada, que, teóricamente, es el porcentaje

de acero necesario para que acero y concreto fallen simultáneamente al someter la sección a su esfuerzo último.

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f'_c}{f_y} \cdot \frac{0,003E_y}{f_y + 0,003E_y} \quad (\text{Ecuación 44})$$

Donde:

ρ_b = cuantía balanceada de acero

β_1 = 0,85 factor rectángulo de esfuerzo compresivo equivalente

f'_c = 210 kg/cm² resistencia del concreto

f_y = 4 200 kg/cm² resistencia del acero

E_y = 2,1 × 10⁶ kg/cm² módulo de elasticidad del acero

Luego se define el área de acero máximo, que se permite proporcionar a los elementos a flexión construidos en zonas con comportamiento sísmico como el 50 por ciento de esta cuantía.

$$A_{S\text{máx}} = 0,5 \rho_b db_w \quad (\text{Ecuación 45})$$

Requisitos de armado de viga para comportamiento sísmico:

- Cama superior: 2 varillas corridas cubriendo el A_s min o 1/3 del A_s mayor requerido en los extremos, el que resulte mayor
- Cama inferior: 2 varillas corridas cubriendo el A_s mínimo o 1/2 del A_s mayor requerido en los extremos de la viga, el que resulte mayor.

El resto de A_s requerido se proporcionará, ya sea por bastones o tensiones, colocándolo hasta un límite de L/4 de viga + longitud de desarrollo.

El refuerzo a corte se genera por la acción directa de las cargas transversales. Principalmente es resistido por la sección de concreto:

$$V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (\text{Ecuación 46})$$

Donde:

V_c = resistencia a cortante del concreto

Φ = 0,75 factor de reducción de resistencia a corte

f'_c = resistencia nominal del concreto

b_w = ancho del alma de la viga

D = peralte de la viga

Cuando el cortante supera la resistencia a corte de la sección de concreto, según el apartado 21.3.4.2 del ACI-318 se debe proveer acero para que resista el cortante total bajo la consideración que el sismo podría agrietar la sección, desapareciendo la resistencia a corte que aporta el concreto.

Con el valor de cortante, que deberá resistir el refuerzo de acero, se puede calcular el espaciamiento de los estribos en función del diámetro de barra seleccionado para ellos con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (\text{Ecuación 47})$$

Donde:

S = espaciamiento de estribos

A_v = área transversal de refuerzo a corte

f_y = resistencia nominal del acero

V_s = cortante que deberá soportar el acero

d = peralte de la sección

Cuidando las indicaciones para estructuras construidas en regiones de alto riesgo sísmico del Código ACI 318-05, se proporcionará confinamiento en los extremos de vigas, en una longitud de 2 veces la altura del elemento, medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, colocando el primer estribo de confinamiento a no más de 5 cm del rostro del elemento de apoyo, y el espaciamiento de dichos estribos no debe exceder el menor de las siguientes opciones:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento
- 30 cm

A continuación se muestran los cálculos realizados para el diseño de la viga de 6,10 metros, definida para el primer nivel de los módulos 1 y 2, resumiendo primero sus datos técnicos y los resultados obtenidos del análisis estructural:

Estructura de la viga

Longitud de la viga:	5,75 m (6,10 m. a ejes)
Sección transversal de la viga:	25 × 50 cm
Recubrimiento del refuerzo transversal:	4 cm
Peralte	46 cm

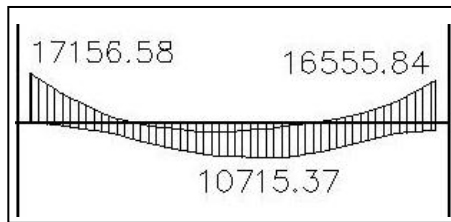
Propiedades de los materiales:

Resistencia nominal del concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del acero	$E_y = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia nominal del acero	$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del análisis estructural:

Momento negativo máximo	$M = -17\,156,58 \text{ kg} \cdot \text{m}$
Momento negativo mínimo	$M = -16\,555,84 \text{ kg} \cdot \text{m}$
Momento positivo	$M = 10\,715,37 \text{ kg} \cdot \text{m}$
Cortante máximo	$V = 14\,417,52 \text{ kg}$

Figura 48. **Diagrama de envolvente de momentos**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Área de acero máxima (Ecuación 44 y 45)

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{4\,200} \cdot \frac{0,003 * 2,1 \times 10^6}{4\,200 + (0,003 * 2,1 \times 10^6)} = 0,021675$$

$$A_{S\text{máx}} = 0,5 * 0,021675 * 46 * 25 = 12,46\text{cm}^2$$

- Área de acero mínima (Ecuación 43)

$$A_{S\text{mín}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{4\ 200} 46 * 25 \geq \frac{14}{4\ 200} 46 * 25$$

$$A_{S\text{mín}} = 3,83 \text{ cm}^2$$

- Área de acero teórico para momento negativo máximo (Ecuación 42)

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4\ 200} \left((46 * 25) - \sqrt{(46 * 25)^2 - \frac{17\ 156,58 * 25}{0,003825 * 210}} \right) = 11,14 \text{ cm}^2$$

- Área de acero teórico para momento negativo mínimo (Ecuación 42)

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4\ 200} \left((46 * 25) - \sqrt{(46 * 25)^2 - \frac{16\ 555,84 * 25}{0,003825 * 210}} \right) = 10,69 \text{ cm}^2$$

- Área de acero teórico para momento positivo (Ecuación 42)

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4\ 200} \left((46 * 25) - \sqrt{(46 * 25)^2 - \frac{10\ 715,37 * 25}{0,003825 * 210}} \right) = 6,61 \text{ cm}^2$$

- Cortante: resistencia de sección y refuerzo mínimo (Ecuación 46)

$$V_c = 0,75 * 0,53\sqrt{210} * 25 * 46 = 6\ 624,37 \text{ kg}$$

$$V_s = 14\,417,52 \text{ kg}$$

El diseño del refuerzo a corte para la viga parte de proponer una cantidad de acero transversal y luego determinar el espaciamiento que deberá tener el mismo, para luego compararlo con los espaciamientos mínimos definidos por la proporción de la viga y por efectos sísmicos. Se propone estribos cerrados No. 3 (2 patas, cada pata provee 0.71 cm^2) para cubrir el esfuerzo de corte sobre la viga según 11.5.7.2 del Código ACI 318-05:

$$S = \frac{(2 * 0,71)(4\,200)46}{14\,417.52} = 19,03 \text{ cm}$$

El espaciamiento mínimo para zonas sin riesgo sísmico está delimitado por 11.5.5

$$S = \frac{\text{Peralte}}{2} = 46/2 = 23 \text{ cm}$$

En regiones de riesgo sísmico se especifican zonas de confinamiento igual a 2 veces la altura del elemento a partir de los nudos, donde el espaciamiento mínimo será el menor de: (ACI 318-05, 21.3.3)

$$\text{Estribos de confinamiento} = \begin{cases} 46/4 & = 11,5 \text{ cm} \\ 8 * (\frac{6}{8} \text{ pulgadas} * 2,54) & = 15,24 \text{ cm} \\ 24 * (\frac{3}{8} \text{ pulgadas} * 2,54) & = 22,86 \text{ cm} \\ \text{no menor a} & = 30 \text{ cm} \end{cases}$$

Resumiendo los resultados del diseño obtenidos para refuerzo longitudinal y transversal, el armado de la viga mostrado en la figura 48 queda de la siguiente manera:

- Refuerzo continuo en cama superior:

refuerzo mínimo	3,83 cm ²
33,33 % As por M (-) mayor	3,68 cm ²
con lo que se proponen:	2 núm. 5 corridos (3,96 cm ²)

- Refuerzo total en zona de momento negativo máximo, en extremo izquierdo de la gura 48:

As calculado:	11,14 cm ²
con lo que se proponen:	2 núm. 5 corridos, (3,96 cm ²) 1 núm. 4 + 2 Núm. 6 bastones, (6,97 cm ²)

- Refuerzo total en zona de momento negativo mínimo, en extremo derecho de la gura 48:

As calculado:	10,69 cm ²
con lo que se proponen:	2 núm. 5 corridos, (3,96 cm ²) 1 núm. 3 + 2 Núm. 6 bastones, (6.41 cm ²)

- Refuerzo continuo en cama inferior:

As mínimo	3,83 cm ²
-----------	----------------------

50 % As por M (-) mayor	5,57 cm ²
50 % As por M (+)	3,30 cm ²
con lo que se proponen:	2 núm. 5 + 1 Núm. 4 corridos (5,23 cm ²)

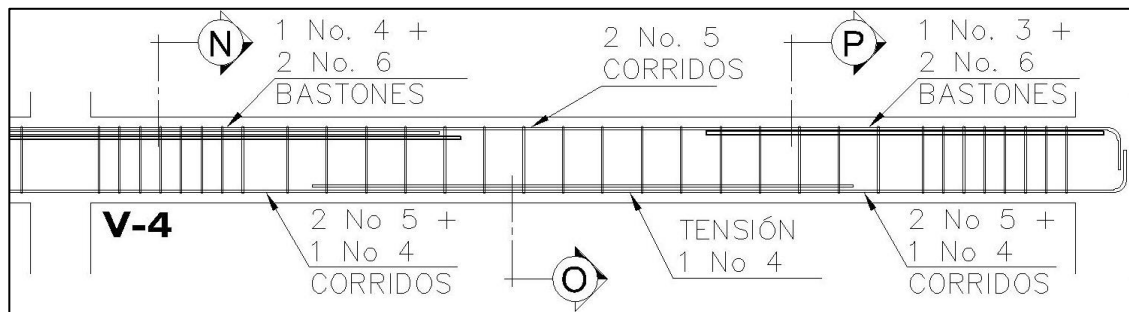
- Refuerzo total en zona de momento positivo, tramo central de figura 48:

As calculado:	6,61 cm ²
con lo que se proponen:	2 núm. 5 + 1 Núm. 4 corridos (5,23 cm ²)
	1 núm. 4 tensión (1,27 cm ²)

- Refuerzo a corte: estribos cerrados con gancho a 135° de barras No.3 grado 60 en una longitud de confinamiento de 2*(50 cm)=1 m con un espaciamiento de 11 cm iniciando el primer estribo a 5 cm del rostro de la columna.
- Los estribos al centro de la viga, fuera de la zona de confinamiento deberán quedar espaciados a cada 23 cm.

Los resultados del diseño podrán verse en la figura 48 y los resultados unificados del armado completo de cada eje se encuentran plasmados en el armado de vigas detalladas en los planos del proyecto.

Figura 49. Armado de viga



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.11. Diseño de columnas

Antes de iniciar los chequeos de acero y resistencia es necesario considerar los esfuerzos internos en las columnas en caso que la estructura llegue a su rango plástico. Esto significa realizar un análisis estructural de segundo orden, en que la estructura deja de comportarse en su rango elástico (análisis de primer orden) y pasa a tener elementos agrietados debido a las acciones de sismo y viento (análisis de segundo orden).

El Código ACI 318-05 en su inciso 10.11.5 permite que se utilice el método de magnificación de momentos, descrito en sus incisos 10.12 para estructuras sin desplazamiento lateral y 10.13 para estructuras con desplazamiento lateral, únicamente para columnas que presentan una esbeltez menor a 100. Será necesario determinar si la columna a diseñar clasifica como una u otra, por medio del índice de estabilidad de piso Q y si es necesario considerar los efectos de esbeltez magnificando los momentos actuantes sobre la columna, obtenidos del análisis estructural de primer orden mostrado a lo largo del presente trabajo de graduación.

- Desplazamiento lateral y efecto $P\Delta$: cuando actúan fuerzas sísmicas sobre la estructura, esta presenta desplazamientos horizontales o laterales (Δ_0) que dependen de la rigidez de sus columnas y elementos resistentes a corte, como muros y serchas de arriostramiento.

El efecto $P\Delta$: es el incremento de momento actuante sobre las columnas debido al torque que se induce simultáneamente al desplazamiento lateral, ya que la carga axial (P) en cada columna genera un torque proporcional a la distancia que se aleja del punto de apoyo de la columna (Δ_0) midiéndose como la sumatoria del producto (P) x (Δ_0).

Del análisis estructural realizado con el software ETABS se puede evaluar si la estructura se comporta con desplazamiento lateral o sin desplazamiento lateral si el efecto $P\Delta$ representa un incremento de momentos de piso mayor a un 5 por ciento. Se puede aplicar la ecuación 48 para conocer el porcentaje de incremento generado por los efectos del desplazamiento horizontal.

$$Q = \frac{\sum P_u \cdot \Delta_0}{V_{us} \cdot l_c} \quad (\text{Ecuación 48})$$

Donde:

Q = índice de estabilidad de un piso

P_u = fuerza axial mayorada, positiva para compresión

Δ_0 = desplazamiento lateral relativo de piso

V_{us} = cortante horizontal mayorado en un piso

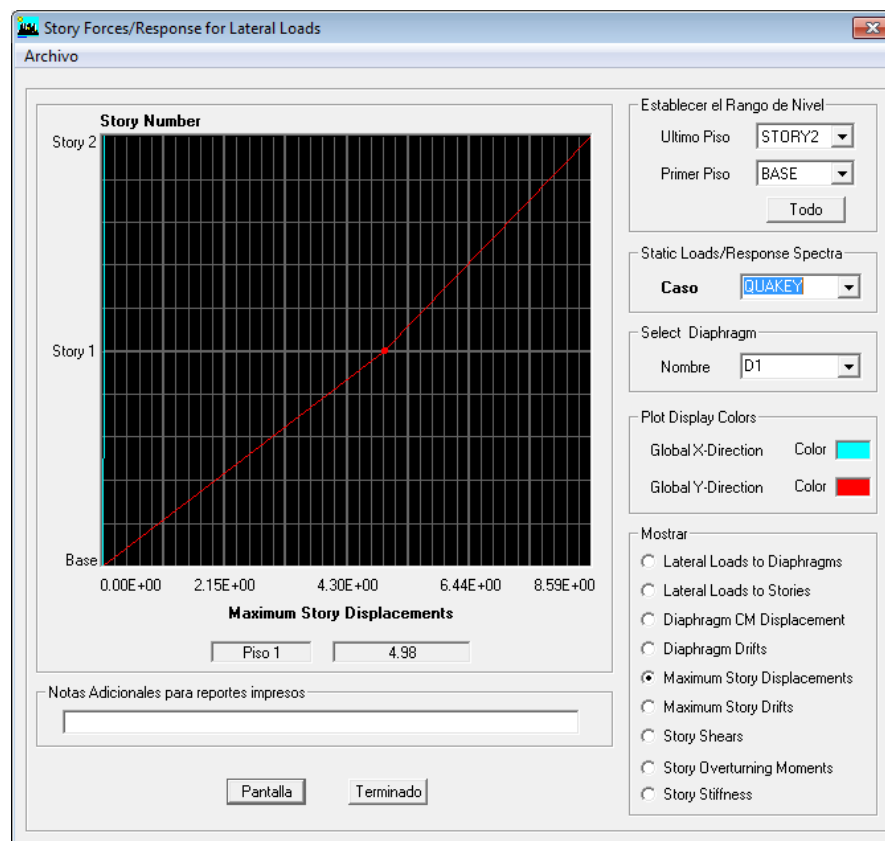
l_c = longitud del elemento a compresión, de centro a centro

Para obtener la sumatoria de P_u se utilizan los resultados del análisis estructural utilizando la combinación de cargas descrita en la ecuación 36 ($U = 1,2W_D + 1,6W_L$) obteniendo un valor de:

$$\sum P_u = 580,24 \text{ ton}$$

En la figura 49 se muestra el resultado de desplazamiento máximo horizontal de piso, que se presentó en el 1° nivel en sentido “Y” del módulo 1:

Figura 50. Deriva de piso



Fuente: elaboración propia, con programa de Story Forces.

El valor mostrado corresponde al desplazamiento del primer nivel:

$$\Delta_0 = 4,98 \text{ mm}$$

Se obtuvo el resultado del total de fuerza cortante, sobre columnas de todo el piso, debida a la combinación de cargas descrita en la ecuación 38 ($U = 1,2W_D + W_L \pm E$) para el caso en que la carga de sismo se toma en sentido Y negativo

$$V_{us} = 85,77 \text{ ton}$$

La longitud de las columnas del primer nivel es de 3,20 m por lo que se tomará el valor en milímetros (3 200 mm)

$$Q = \frac{580,24 \text{ ton} \cdot 4,98 \text{ mm}}{85,77 \text{ ton} \cdot 3\,200 \text{ mm}} = 1,05 \%$$

El índice de estabilidad del nivel es de 1,05 %, siendo menor a 5 % se considera que la estructura en su desplazamiento más crítico continúa comportándose como estructura sin desplazamiento lateral, por lo que se toma el método de diseño descrito en el inciso 10.12 del Código ACI 318-05

- Magnificación de momentos: para estructuras sin desplazamiento lateral se considera que el factor de longitud efectiva (k) es 1, y el Código ACI 318-05 permite un valor menor, a menos que se demuestre por análisis que se justifica un valor más bajo.

Se realiza un chequeo de esbeltez mínima como se describe en la ecuación 49 que define si se considera magnificación de momentos

sobre columnas o si se permite ignorar efectos de esbeltez en la estructura. Para el chequeo de esbeltez mínima se requiere conocer el valor de los momentos de primer orden que actúan sobre la columna analizada, por lo que en la tabla XXV se muestra un resumen de los resultados del análisis estructural para la columna crítica del primer nivel, módulo 1.

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12(M_1/M_2) \quad (\text{Ecuación 49})$$

Tabla XXVII. **Condiciones externas para columna crítica, módulo 1**

COLUMNA:	C-11	MODULO 1
Sección transversal :	35 x 35 [cm]	sección 6.2.2.1
Altura libre de columna :	2,60 [m]	figura 5
Carga axial envolvente:	54,86 [TON]	del analisis estructural
Carga axial 1.2 WD:	33,36 [TON]	del analisis estructural
M _{máx X} superior :	-4 306,53 [kg-m]	figura 35
M _{máx Y} superior :	6 975,59 [kg-m]	figura 39
M _{máx X} inferior :	7 346,97 [kg-m]	figura 35
M _{máx Y} inferior :	-9 705,87 [kg-m]	figura 39
Cortante máximo :	6 230,55 [kg]	figura 45

Fuente: elaboración propia

El radio de giro es un indicador del pandeo que puede presentar la columna calculado en función la sección transversal de la misma:

$$r = \sqrt{\frac{\text{Inercia de la sección}}{\text{Área}}} \quad (\text{Ecuación 50})$$

$$r = \sqrt{\frac{(35 \text{ cm} \cdot 35 \text{ cm}^3/12)}{(35 \text{ cm} \cdot 35 \text{ cm})}} = 10,10$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = \frac{(1) \cdot (320 \text{ cm})}{10,10} = 31,67$$

$$34 - 12(6,975/-9,705) = 42,62$$

El lado derecho de la ecuación 49 no debe tomarse mayor de 40, de igual manera los resultados indican que la esbeltez de la columna es lo suficientemente pequeña para ignorar los efectos de esbeltez, por lo que la columna crítica del primer nivel del módulo 1 puede diseñarse con los esfuerzos internos de primer orden.

2.2.11.1. Chequeo de columna propuesta

Los límites de refuerzo longitudinal, para elementos a compresión no deben ser menor que $0,01A_g$ ni mayor que $0,06A_g$ en zonas de alto riesgo sísmico:

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

$$A_{s\text{máx}} = 0,06(35)^2 = 73,50 \text{ cm}^2$$

El proceso para determinar el área de acero que necesita la columna se inicia proponiendo una cuantía inicial, para luego chequear por medio de un diagrama de interacción correspondiente a dicha propuesta, si la columna es capaz de soportar las condiciones de servicio a que será sometida. Se inicia el chequeo proponiendo un armado de 8 No. 6 que suman $22,80 \text{ cm}^2$ equivalentes

a una cuantía de 1,86 por ciento. Dicho refuerzo será protegido por un recubrimiento de concreto de 2,5 cm y posteriormente un repello como acabado final.

Para el chequeo de capacidad de carga para columnas con momento biaxial, se aplicó el método de la carga inversa definido por Bresler, en que se aproxima la resistencia última de la columna, en función de la carga axial combinada con los momentos críticos que actuarán sobre ella, para eso se determinan tres límites de resistencia: la capacidad, si es cargada concéntricamente, capacidad para un momento flexionante aplicado en X, y otra capacidad de resistencia última para un momento flexionante aplicado en Y, donde los momentos críticos que actuarán sobre la columna en cada dirección son determinados en el análisis estructural.

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_0} \quad (\text{Ecuación 51})$$

Donde:

P_n = resistencia nominal excentricidad biaxial

$P_{nx} = k'_x(A_g * f'_c)$ resistencia nominal a cargas axiales excéntricas en X

$P_{ny} = k'_y(A_g * f'_c)$ resistencia nominal a cargas axiales excéntricas en Y

$P_0 = (0,85f'_c * A_g) + (f_y * A_s)$ resistencia nominal con excentricidad cero

Al momento de combinar una carga axial con momento flexionante aplicado sobre una columna, la resistencia a la carga axial de esta disminuye. Los pares de carga conformados por momento flexionante y su correspondiente carga axial última forman, al graficarlos, un diagrama de interacción único para cada columna con sus dimensiones y resistencias de material.

Los factores k'_x y k'_y son el porcentaje de resistencia última correspondiente a los momentos máximos aplicados sobre el extremo de la columna. Estos factores se obtuvieron analizando el diagrama de interacción para la columna propuesta por medio del programa JC-Diseño Concreto, del ingeniero Julio Corado.

$$k'_x = 0,61$$

$$P_{nx} = 0,61 * (35^2 * 210) = 156\ 922,5 \text{ kg}$$

$$k'_y = 0,51$$

$$P_{ny} = 0,51 * (35^2 * 210) = 131\ 197,5 \text{ kg}$$

$$P_0 = (0,85 * 210 * 35^2) + (4\ 200 * 22,80) = 314\ 422,5 \text{ kg}$$

$$P_n = \frac{1}{\frac{1}{156\ 922,5} + \frac{1}{131\ 197,5} - \frac{1}{314\ 422,50}} = 92,47 \text{ ton}$$

Como factor de seguridad se chequea que la carga aplicada a la columna no supere el 70 por ciento de la capacidad resistente de la misma, al cumplirse esa condición el armado y la cuantía de acero propuestos son adecuados para resistir satisfactoriamente los esfuerzos a los que será sometida la columna:

$$54,86_{\text{ton}} \leq 0,7(92,47_{\text{ton}})$$

El armado es adecuado

El esfuerzo cortante que resiste una columna debe calcularse según la siguiente ecuación:

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \left(1 + \frac{N_u}{140 A_g} \right) \sqrt{f'_c} \quad (\text{Ecuación 52})$$

Donde:

V_c = cortante que resiste el concreto

N_u = carga axial mayorada, ocurre simultáneamente a V_u

A_g = área bruta de la sección

$$V_c = 0,75 * 0,53 \left(1 + \frac{54\,860}{140 * 35^2} \right) \sqrt{210} = 7,60 \text{ kg/cm}^2$$

El cortante último obtenido del análisis estructural es de 6 230,55 kg y actúa sobre una sección de 35x35 cm, por lo que el esfuerzo de corte último sobre la columna se calcula así:

$$V_u = \frac{6\,230,55}{35^2} = 5,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$5,09 \text{ kg/cm}^2 \leq 7,60 \text{ kg/cm}^2$$

La sección de concreto resiste por completo el corte actuante, por lo que únicamente queda aplicar los refuerzos mínimos por efectos sísmicos.

Según ACI 318-05 21.4.4.4 se deberá colocar refuerzo de confinamiento desde los rostros de los nudos y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión, en la máxima longitud de las siguientes posibilidades:

Altura del elemento en la cara del nudo $h = 45\text{cm}$

Un sexto de la luz libre de la columna ($310/6 = 52 \text{ cm}$)

45 cm (utilizar 52 cm)

Asimismo se realizan los cálculos de refuerzo transversal que debe ir en dicha longitud, simultáneamente el ACI 318-05 21.4.4.1 exige que se cumpla con una cuantía volumétrica mínima de acero y el área total del refuerzo transversal según las ecuaciones descritas:

$$\rho_s = 0,12 \frac{f'_c}{f_{yt}} > 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \right) \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] > 0,09 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \right)$$

Donde:

A_{sh} = área total de refuerzo transversal

s = espaciamiento de estribos

b_c = dimensión transversal del núcleo de la columna

f'_c = resistencia a compresión del concreto

f_{yt} = resistencia a fluencia del refuerzo transversal

A_g = área bruta de la sección

A_{ch} = área medida entre los bordes del refuerzo transversal

$$\rho_s = 0,12 \frac{210 \text{ kg/cm}^2}{4 \cdot 200 \text{ kg/cm}^2} > 0,45 \left[\left(\frac{1 \cdot 225 \text{ cm}^2}{900 \text{ cm}^2} \right) - 1 \right] \cdot \frac{210 \text{ kg/cm}^2}{4 \cdot 200 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\rho_s = 0,01219$$

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{9 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} \cdot 210 \text{ kg/cm}^2}{2 \cdot 800 \text{ kg/cm}^2} \right) \left[\left(\frac{1 \cdot 225 \text{ cm}^2}{900 \text{ cm}^2} \right) - 1 \right] > 0,09 \cdot \left(\frac{9 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} \cdot 210 \text{ kg/cm}^2}{2 \cdot 800 \text{ kg/cm}^2} \right)$$

$A_{sh} = 2,13 \text{ cm}^2$, se propone un estribo cerrado Núm. 3 + 1 eslabón núm. 3 que cumple con el área requerida. Utilizando el armado propuesto y calculando su volumen relacionado con el volumen del núcleo de concreto que encierra se determinó que el espaciamiento que mejor se acerca a la cuantía volumétrica de acero requerida es de 9 cm, llegando a una cuantía volumétrica de 1,38 por ciento.

El espaciamiento de estribos dentro de los 52 cm de confinamiento es de 11 cm.

Resumen de diseño de columna crítica de módulo 1:

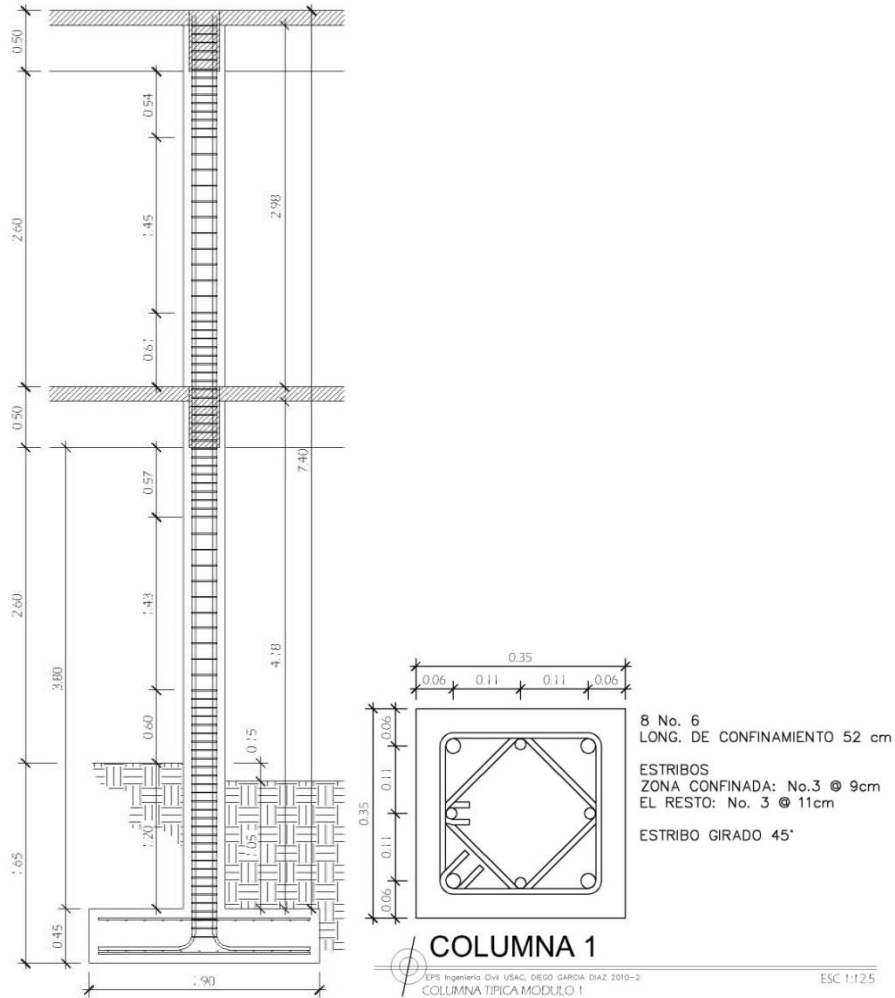
Sección: 35 x 35 cm

Refuerzo longitudinal: 8 núm. 6

Estrigos en la zona de confinamiento (de 52 cm): núm. 3 @ 10 cm

Estrigos en resto de columna: núm. 3 @ 11 cm

Figura 51. Armado de columna



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.12. Diseño de gradas

Partiendo del predimensionamiento en 2.2.6.1 (figura 6) se definen las cargas que deberá soportar la rampa para realizar el análisis de esfuerzos internos y luego definir el área de acero, análogamente al diseño de una viga, utilizando como base un ancho unitario de 1 m.

Se agrega un espesor de 7,4 cm a la losa, para considerar el peso del concreto en los escalones.

Área: $(2,76 \times 1,55) = 4,28 \text{ m}^2$

Carga viva: 500 kg/m^2

Carga muerta: $2\,400 \text{ kg/m}^3 \times (0,12 + 0,074) \text{ m} = 465,6 \text{ kg/m}^2$

Sobrecarga: 50 kg/m^2

Cargas distribuidas linealmente:

$$W_D = \frac{(465,6 + 50) \text{ kg/m}^2 \times 4,28 \text{ m}^2}{1,55 \text{ m}} = 1\,423,72 \text{ kg/ml}$$

$$W_L = \frac{500 \text{ kg/m}^2 \times 4,28 \text{ m}^2}{1,55 \text{ m}} = 1\,380,65 \text{ kg/ml}$$

Los momentos actuantes en la losa se determinan por los momentos de empotramiento, descritos en la ecuación 34:

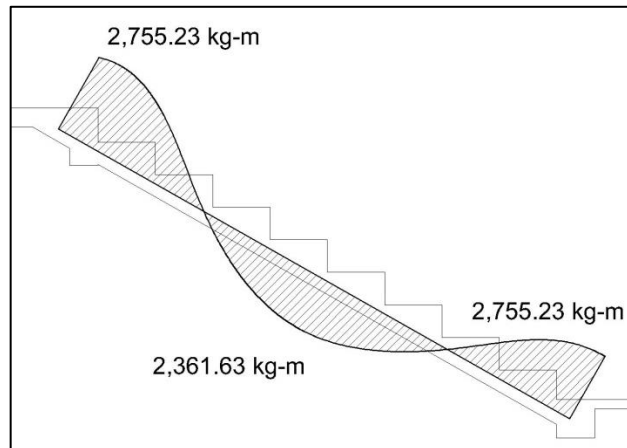
$$\frac{[(1,4 \times 1\,423,72) + (1,7 \times 1\,380,65)] \times (2,76)^2}{12} = 2\,755,23 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

El momento positivo se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{W_u l_u^2}{14} \quad \text{(Ecuación 53)}$$

$$\frac{[(1,4 \times 1\,423,72) + (1,7 \times 1\,380,65)] \times (2,76)^2}{14} = 2\,361,63 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Figura 52. **Diagrama de momentos en gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Las áreas de acero se chequean en sentido longitudinal de la misma manera que una viga, por lo que se considera el área de acero requerido que permanezca dentro de los límites de A_s máximo y mínimo.

Donde:

$$M_{\text{extremo}} = 2\,755,23 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{central}} = 2\,361,63 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$b_w = 100 \text{ cm anchodelalosa}$$

$$h = 12 \text{ cm alturadelalosa de gradas}$$

$$r = 2,5 \text{ cm recubrimiento}$$

$$d = 9,5 \text{ cm peralte efectivo}$$

$$A_{S\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 0,5 * 0,021675 * 100 * 9 = 10,30 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{mín}}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{4 \cdot 200} * 100 * 9,5 \geq \frac{14}{4 \cdot 200} * 100 * 9,5 \quad 2,62 \geq 3,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{borde}}} = \frac{0,85 * 210}{4 \cdot 200} \left((9,5 * 100) - \sqrt{(9,5 * 100)^2 - \frac{2 \cdot 755,23 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 8,59 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{central}}} = \frac{0,85 * 210}{4 \cdot 200} \left((9,5 * 100) - \sqrt{(9,5 * 100)^2 - \frac{2 \cdot 361,63 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 7,22 \text{ cm}^2$$

El refuerzo por retracción y temperatura, para el sentido transversal se maneja como una cuantía de acero de 0,2 por ciento.

$$A_{S_{\text{temperatura}}} = 0,002 * 100 * 12 = 2,40 \text{ cm}^2$$

Por lo que el armado final de las gradas queda de la siguiente manera:

Armado longitudinal de barras Núm. 4 @ 12 cm

Refuerzo por temperatura, barras transversales Núm. 3 @ 25 cm.

2.2.13. Diseño de cimientos

En la sección 6.2.2.1 se predimensionó la zapata como una sección cuadrada de 1,70 m de lado, para la que será necesario corroborar si resiste las acciones externas a que estará sometida, y si las dimensiones son adecuadas para el valor soporte del duelo. Para determinar el área de la zapata deberán utilizarse cargas no mayoradas, para lo cual se determina un factor de carga última, con base a las sumatorias de carga, y permitirá calcular los valores de

carga no mayorada, en función de los valores máximos de las envolventes obtenidas del análisis estructural.

$$F. C. U. = \frac{1,4W_D + 1,7W_L}{W_D + W_L} \quad (\text{Ecuación 54})$$

Del análisis de cargas realizado en el predimensionamiento de 2.2.6.1 p. 66, se pueden determinar los valores necesarios para encontrar el F.C.U.

$$F. C. U. = \frac{51,09_{\text{TON}}}{34,60_{\text{TON}}} = 1,48$$

Ahora se calculan las cargas de trabajo, en función las de envolventes de momentos y cargas axiales obtenidas del análisis estructural:

$$P_u = \frac{54,86}{1,48} = 37,07_{\text{ton}}$$

$$M_x = \frac{7,35_{\text{TON}\cdot\text{m}}}{1,48} = 4,97_{\text{ton}\cdot\text{m}}$$

$$M_y = \frac{9,71_{\text{TON}\cdot\text{m}}}{1,48} = 6,56_{\text{ton}\cdot\text{m}}$$

Con las cargas y momentos de trabajo se evalúa el esfuerzo inducido por la zapata al suelo para chequear que no se sobrepasen los esfuerzos de falla.

$$q_{\text{máx/mín}} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{6 M_x}{x^2 \cdot y} \pm \frac{6 M_y}{x \cdot y^2} \quad (\text{Ecuación 55})$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{37,07}{1,70^2} + \frac{6 * 4,97}{1,70^3} + \frac{6 * 6,56}{1,70^3} = 26,91 \text{ ton/m}^2 < \text{V.S. (37 ton/m}^2)$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{37,07}{1,70^2} - \frac{6 * 4,97}{1,70^3} - \frac{6 * 6,56}{1,70^3} = -1,25 \text{ ton/m}^2 > \text{cero (no cumple)}$$

Debido a que no es conveniente permitir que existan zonas de la zapata que pierden contacto con el suelo se busca una dimensión de zapata para la cual el esfuerzo mínimo sea, por lo menos cero. Por prueba y error se determina que las dimensiones de la zapata deberán ser de 1,90 x 1,90 [m] por lo que, los esfuerzos quedan de la siguiente manera:

$$q_{\text{máx}} = 20,35 \text{ ton/m}^2 < 37 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = 0,18 \text{ ton/m}^2$$

2.2.13.1. Corte simple

Para determinar el espesor de la zapata es necesario chequear su resistencia al corte inducido por la presión de contacto que existe entre la zapata y el suelo, iniciando los chequeos con un peralte propuesto de 27 cm, además de un recubrimiento de 8 cm para sumar un espesor de 35 cm. Es importante notar que la presión de contacto tiene su punto crítico, en un plano vertical recto que atraviesa toda la zapata a una distancia igual al peralte de la zapata, medida desde el rostro de la columna, utilizando la ecuación 45 para calcular la resistencia que se posee.

$$V_c = 0,75 * 0,53\sqrt{210} * 190 * 27 = 29,55_{\text{ton}} \quad \varphi_{\text{corte}} = 0,75$$

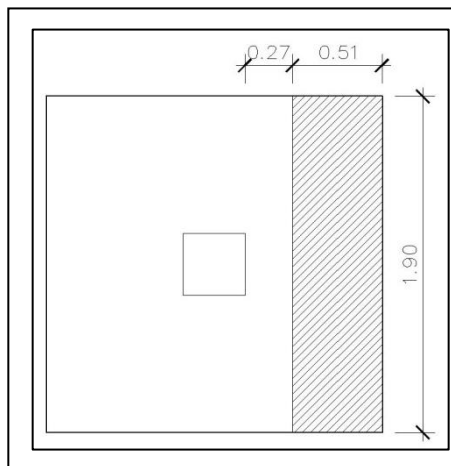
El corte inducido por flexión se calcula como corte simple, la magnitud viene de la multiplicación del área que queda más allá de la sección de falla(ver

figura 51), por el esfuerzo máximo transmitido por la zapata al suelo, a una distancia igual a d , medida del rostro de columna.

$$V_{\text{actuante}} = (1,90 * 0,51) * 20,35 \text{ ton/m}^2 = 19,72_{\text{ton}} (< 29,55_{\text{ton}})$$

El peralte seleccionado resiste el corte por flexión.

Figura 53. **Esfuerzo de corte por flexión**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.13.2. Corte por punzonamiento

El corte por punzonamiento tiene que ver con la posibilidad que la columna perfora la losa de la zapata hundiéndose en el suelo. Para este caso la resistencia al corte es el menor entre los siguientes:

$$V_c = 0,53 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f'_c} * b_0 d \quad (\text{Ecuación 56})$$

$$V_c = 0,27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \sqrt{f'_c} * b_0 d \quad (\text{Ecuación 57})$$

$$V_c = \sqrt{f'_c} * b_0 d \quad (\text{Ecuación 58})$$

Donde:

β = relación lado largo con lado corto de la columna

$$\alpha_s = \begin{cases} 40; \text{ si columna interior} \\ 30; \text{ si columna de borde} \\ 20; \text{ si columna en esquina} \end{cases}$$

b_0 = sección crítica o perímetro de punzonamiento

El corte por punzonamiento se aplica sobre la sección crítica que se ubica a una distancia máxima de $d/2$ de todo el borde de la columna, y la magnitud viene del área que resta fuera de este perímetro por la magnitud de esfuerzo máximo transmitido por la zapata al suelo.

Para el caso de la zapata de 1,90 x 1,90 [m] con la columna concéntrica:

$$b_0 = 4 * (35 + 27_{\text{cm}}) = 248 \text{ cm}$$

$$V_c = 0,75 * 0,53 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \sqrt{210} * (248 * 27) = 115,71_{\text{ton}}$$

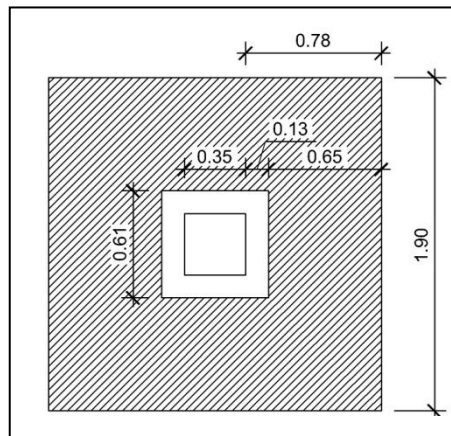
$$V_c = 0,75 * 0,27 \left(\frac{40 * 27}{248} + 2 \right) \sqrt{210} * (248 * 27) = 124,87_{\text{ton}}$$

$V_c = 0,75 * \sqrt{210} * (248 * 27) = 72,77_{\text{ton}}$

El corte por punzonamiento que actúa sobre la zapata es el siguiente:

$$V_{\text{actuante}} = [(1,90)^2 - (0,35 + 0,27)^2] * 20,35 = 65,64_{\text{TON}} (< 72,77_{\text{ton}})$$

Figura 54. **Esfuerzo de corte por punzonamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

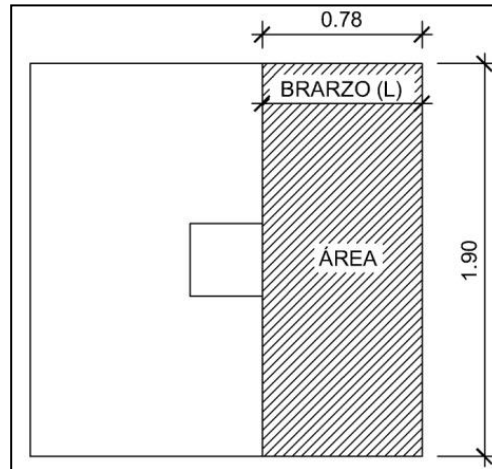
El peralte que se seleccionó para la zapata es suficiente para resistir el punzonamiento que actúa sobre ella.

2.2.13.3. Refuerzo

Es necesario aportar refuerzo en la parte inferior de la zapata, debido a que se comporta como una losa invertida y presenta momentos flexionantes. El momento flexionante para la zapata, se calcula a partir del esfuerzo que transmite la zapata al suelo, a partir de un plano que corta la sección completa de la zapata, y que pasa justo por el rostro de la columna.

$$M_{\text{ultimo}} = (q_{\text{diseño}}) * \frac{l^2}{2} \quad (\text{Ecuación 59})$$

Figura 55. Área flexionante en zapata



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{máx}} * FCU$$

$$q_{\text{diseño}} = 20,35 \text{ T/m}^2 * 1,48 = 30,12 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Carga sobre zapata: } 30,12 \text{ T/m}^2 * 1,90_{\text{m}} = 57,23_{\text{ton/m}}$$

$$M_{\text{último}} = 57,23_{\text{ton/m}} * \frac{(0,78\text{m})^2}{2} = 17,41 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

El A_s requerido para soportar el momento crítico de la zapata se calcula nuevamente con la ecuación 41 a partir del plano que corta la sección completa de la zapata, y que pasa justo por el rostro de la columna, calculando para un ancho unitario por su peralte igual a 0,27 metros.

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4 * 200} \left((100 * 27,5) - \sqrt{(100 * 27,5)^2 - \frac{17 * 410 * 190}{0,003825 * 210}} \right) = 18,16 \text{ cm}^2$$

Se corrobora también el área mínima que requiere la sección a través de la ecuación 42:

$$A_{S\text{mín}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{4 \cdot 200} 100 * 27 \geq \frac{14}{4 \cdot 200} 100 * 27 \qquad 9,17 \geq 18,16 \text{ cm}^2$$

La zapata deberá cumplir con un A_s calculado de $18,16 \text{ cm}^2$, para lo cual se propone un armado de 14 barras núm. 4, espaciadas a cada 13 cm en ambos sentidos, con lo que se aporta un área de acero de $17,78 \text{ cm}^2$.

Finalmente la zapata queda de la siguiente manera:

Dimensiones: 1,90 x 1,90 [m]
Altura: 35 [cm]
Recubrimiento: 8 [cm]
Armado: 14 núm. 4 @ 13 cm en ambos sentidos

El diseño de las zapatas para el módulo 2 quedó de la siguiente manera:

Dimensiones: 2,50 x 2,50 [m]
Altura: 45 [cm]
Recubrimiento: 8 [cm]
Armado: 14 núm. 5 @ 18 cm en ambos sentidos

Debido a la dimensión de las zapatas, algunas quedan a una distancia de 10 cm entre ellas, por lo que será necesario combinarlas.

2.2.13.4. Zapatas combinadas

Debido a la cercanía de las columnas y la necesidad de utilizar zapatas de lindero, se presenta traslape en dos de ellas, por lo que deberán diseñarse como una sola zapata cargando dos columnas. En el sentido longitudinal es conveniente hacer coincidir el centro de las cargas con el centro de la reacción, para evitar inestabilidad en la zapata. Para definir el ancho no existen procedimientos estandarizados, por lo que se realiza un análisis de criterio con base a las propiedades mecánicas de la cimentación, valor soporte del suelo y el total de cargas aplicadas sobre la zapata.

Para determinar la longitud de la zapata, primero se determina la distancia de la reacción al borde de lindero o exterior de esta, luego se le da a la zapata una longitud de dos veces esta distancia. A continuación se muestran los cálculos realizados para diseñar la zapata combinada del módulo 2. Las columnas están separadas 2,58 m a ejes y las cargas que deberá soportar la zapata son las siguientes:

Columna de borde:

$$P_u = \frac{24,37}{1,48} = 16,47 \text{ ton}$$

$$M_x = \frac{7,20}{1,48} = 4,86 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$M_y = \frac{8,06}{1,48} = 5,45 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Columna interior:

$$P_u = \frac{54,38}{1,48} = 36,74 \text{ ton}$$

$$M_x = \frac{7,42}{1,48} = 5,01 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$M_y = \frac{10,44}{1,48} = 7,05 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

La carga total sobre la zapata es igual a la sumatoria de las cargas axiales en ambas columnas que es 53,21 TON, para determinar el centroide de acción de las mismas, se calcula por equilibrio estático, en el caso crítico de presentarse los momentos máximos en ambas columnas simultáneamente:

$$\Sigma M = 5,45 + 7,05 + (36,74_{\text{ton}} * 2,58 \text{ m}) - 53,21 * Y = 0$$

$$Y = 2,02 \text{ m}$$

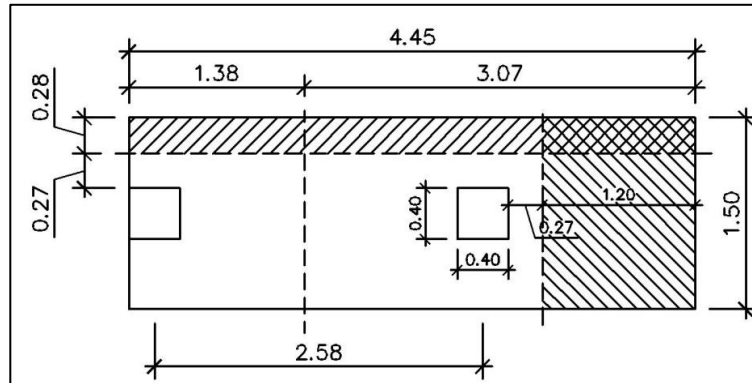
Por lo que, la longitud de la zapata será del doble de la distancia al centroide de carga medido desde el borde, que en este caso significa agregar el ancho de media columna (en el módulo 2 las columnas son de 40x40 cm), para que coincida con el centroide geométrico.

$$\text{Longitud de zapata} = 2 * (2,02 + 0,20) \text{ m} \approx 4,45 \text{ m}$$

Como se puede apreciar en la figura 50, se propone un ancho de zapata de 1.50 m para chequear la estabilidad, resistencia a corte y resistencia a flexión. Primero es necesario determinar la presión zapata-suelo, para encontrar el diagrama de corte a lo largo de la zapata:

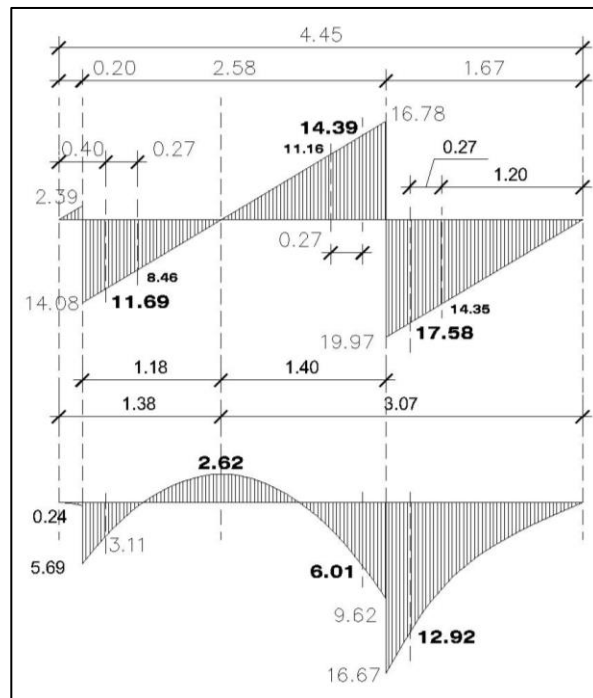
$$\frac{53,21 \text{ TON}}{(4,45 * 1,50) \text{ m}^2} = 7,97 \text{ TON/m}^2$$

Figura 56. **Zapata combinada, corte flexionante**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 57. **Diagrama de corte y momento, zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.13.4.1. Chequeo por corte flexionante

La falla de corte, por lo general, se presenta en una fisura a 45°, por lo que la sección que se utiliza para chequear el esfuerzo de corte, se encuentra separada a una distancia igual al peralte de la zapata, medida desde el rostro de la columna. Se propone un peralte de 27 cm para el chequeo (ver figura 51):

Corte flexionante mayor en la zapata = 14,35_{ton}

$$V_c = 0,75 * 0,53\sqrt{210} * 150 * 27 = 23,33_{\text{ton}}$$

El peralte propuesto soporta el esfuerzo a corte en el sentido longitudinal. Para corroborar el esfuerzo a corte en el sentido transversal se tiene lo siguiente (ver figura 50):

$$(4,45 * 0,28)\text{m}^2 * 7,97 \text{ ton/m}^2 = 9,93 \text{ TON}$$

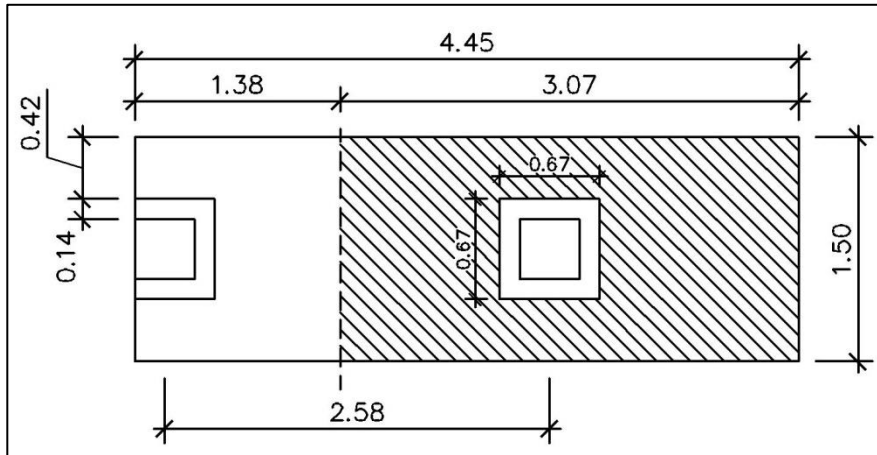
$$V_c = 0,75 * 0,53\sqrt{210} * 450 * 27 = 69,98_{\text{ton}} \quad \varphi_{\text{corte}} = 0,75$$

El peralte propuesto soporta el esfuerzo a corte en el sentido transversal de la zapata.

2.2.13.4.2. Chequeo por corte punzonante

La falla de corte, por lo general, se presenta en una fisura a 60°, por lo que la sección que se utiliza para chequear el corte punzonante se encuentra separada a una distancia igual a medio peralte de la zapata, medida desde el rostro de la columna y siguiendo todo su contorno. Se continúa chequeando el peralte de 27 cm (ver figura 52):

Figura 58. Zapata combinada, corte punzonante



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$[(3,07 * 1,50) - (0,67)^2]m^2 * 7,97 \text{ ton}/m^2 = 33,12_{\text{ton}}$$

Utilizando nuevamente las ecuaciones 60, 61 y 62, se determina el corte por punzonamiento para la zapata combinada, delimitando el área de influencia justo a la distancia en la que el cortante longitudinal sobre la zapata es cero, que se encuentra justo a los 3.07 m, medidos desde la derecha en la los diagramas de corte y momento mostrados en la figura 51.

$$b_0 = 4 * (40 + 27_{\text{cm}}) = 268 \text{ cm}$$

$$V_c = 0,75 * 0,53 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \sqrt{210} * (268 * 27) = 125,05_{\text{ton}}$$

$$V_c = 0,75 * 0,27 \left(\frac{40 * 27}{268} + 2\right) \sqrt{210} * (268 * 27) = 128,04_{\text{ton}}$$

$$V_c = 0,75 * \sqrt{210} * (268 * 27) = 78,64_{\text{ton}}$$

El peralte propuesto soporta el corte punzonante crítico de la zapata.

2.2.13.4.3. Acero de refuerzo

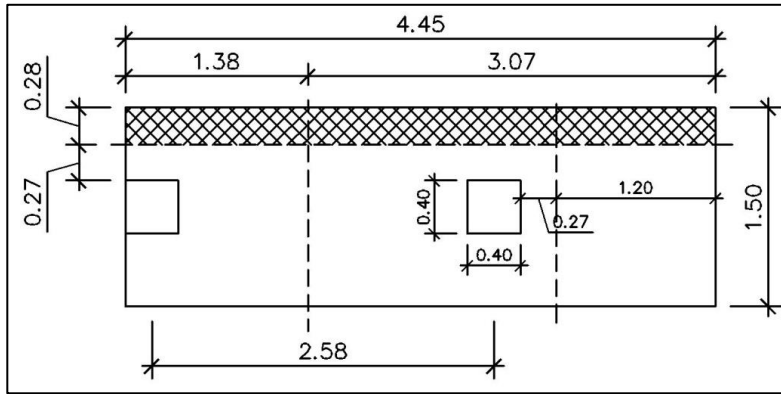
El momento que deberá soportar la sección crítica se localiza en el plano del rostro de columnas, obteniéndose un momento crítico de 12.92 toneladas-metros de la figura 51. De la misma manera que en vigas y losas, para la zapata se deberá corroborar el área de acero máximo y mínimo.

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4 * 200} \left((150 * 27) - \sqrt{(150 * 27)^2 - \frac{12 * 920 * 150}{0,003825 * 210}} \right) = 13,16 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{0,8\sqrt{210}}{4 * 200} 150 * 27 \geq \frac{14}{4 * 200} 150 * 27 \quad 11,18 \geq 13,50 \text{ cm}^2$$

Para el área de acero transversal se tienen los siguientes cálculos en base a la presión de contacto mostrada en la figura 53:

Figura 59. Flexión longitudinal en zapata combinada



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

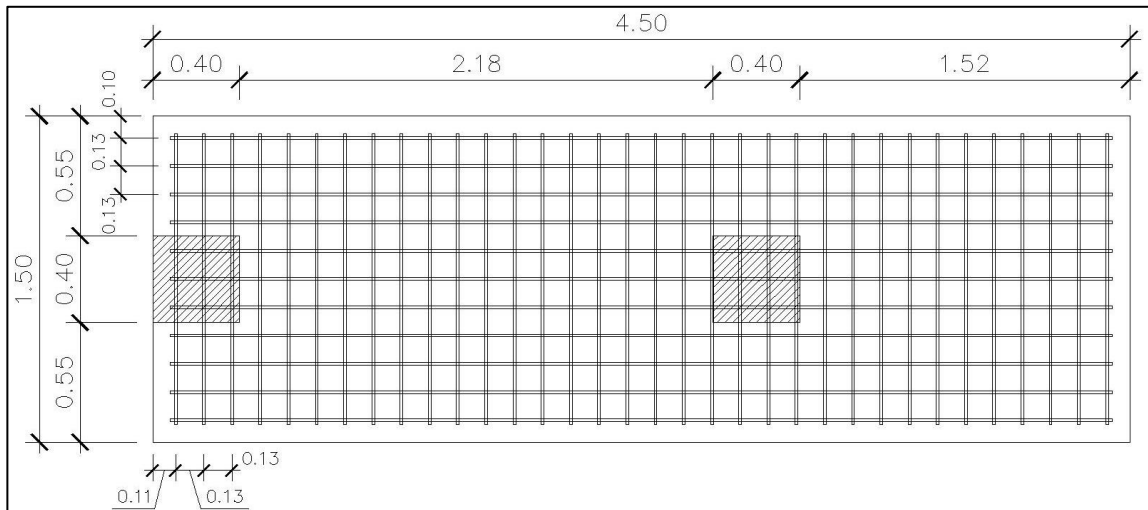
$$(0,55 * 4,45)m^2 * 7,97 \text{ TON}/m^2 * \frac{0,55}{2} m = 5,36 \text{ TON} \cdot m$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{4200} \left((445 * 27) - \sqrt{(445 * 27)^2 - \frac{5364 * 445}{0,003825 * 210}} \right) = 5,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{4200} 445 * 27 \geq \frac{14}{4200} 445 * 27 \quad 33,16 \geq 40,05 \text{ cm}^2$$

Con las áreas de acero calculadas para ambos sentidos, se propone un armado para la parrilla como se muestra en la figura 54, de 11 No. 4 @ 13 cm longitudinales + 32 No. 4 @ 13 cm transversales.

Figura 60. Armado de parrilla, zapata combinada



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.14. Diseño de instalaciones

En función del uso para el que se destine una edificación deberá contar con instalaciones que provean los suministros o servicios necesarios para el desarrollo de sus actividades.

2.2.14.1. Instalación de agua potable

El objetivo principal del diseño es proveer el caudal de agua y los diámetros de tubería necesarios para que funcione el sistema en el momento requerido. Como resultado del análisis de probabilidades de uso simultáneo, en 1940 el ingeniero Roy Hunter presentó ante el United States Department of Commerce los resultados de sus investigaciones y propuso un sistema de ponderación de carga para cada accesorio asignándole un valor al cual llamó Unidades de peso que posteriormente fue conocido como: Unidades Hunter.

Las unidades Hunter fueron derivadas de mediciones estadísticas de consumo, por lo que a la escala de unidades hunter le equivale una escala de demandas de caudal conocida como se muestra en la tabla XXVI.

Tabla XXVIII. **Caudales en función de unidades Hunter**

GASTO PROBABLE POR UNIDADES HUNTER			
UNIDADES	l/s		
3	0,2	26	1,11
4	0,26	27	1,15
5	0,38	28	1,19
6	0,42	29	1,23
7	0,46	30	1,26
8	0,49	31	1,29
9	0,53	32	1,31
10	0,57	33	1,34
11	0,6	34	1,36
12	0,63	35	1,39
13	0,67	36	1,42
14	0,7	37	1,44
15	0,73	38	1,46
16	0,76	39	1,49
17	0,8	40	1,52
18	0,83	41	1,55
19	0,86	42	1,58
20	0,89	43	1,61
21	0,93	44	1,63
22	0,96	45	1,66
23	1	46	1,69
24	1,04	47	1,72
25	1,08	48	1,74
		49	1,77
		50	1,8

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 105.

Para el diseño de una red de distribución domiciliar de agua potable se realiza entonces un conteo de los accesorios presentes en la red y la sumatoria de sus pesos o unidades equivalentes afectando esta sumatoria por un factor de probabilidad de uso simultáneo, para posteriormente buscar en la escala de consumos y conocer qué caudal estará demandando la red domiciliar.

En la tabla XXVII se muestra un listado de pesos de accesorios para distintos tipos de accesorios hidráulicos.

Tabla XXIX. **Unidades Hunter**

UNIDADES DE DESCARGA DE APARATOS SANITARIOS				
APARATO	USO PRIVADO		USO PUBLICO	
	UNIDADES MUEBLES	CAUDAL Lits/seg.	UNIDADES MUEBLES	CAUDAL Lits/seg.
BAÑERA O TINA	3	0,19	4	0,22
BEBEDERO	0,5	0,03	1	0,06
BIDET	2	0,13	3	0,19
DUCHA	2	0,13	3	0,19
INODORO CON FLUXÓMETRO	6	0,32	10	0,5
INODORO CON TANQUE	3	0,19	5	0,25
LAVADERO DE SERVICIO	3	0,19	4	0,22
LAVADORA DE PLATOS	1	0,06	3	0,19
LAVADORA DE ROPA	3	0,19	5	0,25
LAVAMANOS	1	0,06	2	0,13
LAVASTRASTOS	2	0,13	4	0,22
ORINAL CON FLUXÓMETRO	6	0,32	10	0,5
ORINAL CON LLAVE	1	0,06	3	0,19
PILA	3	0,19	5	0,25
GRIFO	3	0,19	6	0,33
REFRIGERADORA	2			

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 83.

Para considerar la probabilidad de uso simultáneo se utiliza la ecuación que proporciona la probabilidad de uso simultáneo descrita a continuación.

$$k = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad (\text{Ecuación 60})$$

Donde:

k = probabilidad de suso simultáneo

n = número de salidas de agua de todos los accesorios del sistema

Como ejemplo se muestra la determinación de diámetros para la batería de baños para maestros del 1°:

Total de accesorios: 2 inodoros con tanque + 2 lavamanos

Unidades Hunter: $(2 \times 2 + 2 \times 5) = 14$

Número de salidas: $(2 \times 2 + 2 \times 1) = 6$

Para determinar el caudal que deberá estar circulando en esa parte de la red domiciliar, se calcula la probabilidad de uso simultáneo:

$$k = \frac{1}{\sqrt{6 - 1}} = 0,44$$

$$U. H._{\text{diseño}} = (14)(0,44) = 6,16$$

Evaluando de la tabla XXVI se puede saber el caudal que deberá considerarse para la determinación de diámetros de tubería en este sector será la de 0,46 l/s.

Para determinar las pérdidas de carga por fricción en flujos de agua fría se tomará la ecuación de pérdida unitaria de Flamant, ya que se adecúa bien para diámetros menores de 2" en material PVC, para posteriormente multiplicarla por la longitud de tubería y conocer la pérdida total de tramo.

$$J = 0,00056 \frac{V^{1,75}}{\phi^{1,25}} \quad (\text{Ecuación 61})$$

Para determinar la velocidad en el tramo a diseñar se propone un diámetro inicial de 3/4" y se evalúa a través del principio de continuidad, con lo que posteriormente podrá determinarse la pérdida de carga en el tramo.

$$\frac{(0,46/1\ 000) \text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0,75 * 0,0254)^2/4} = 1,61 \text{ m/s}$$

$$J = 0,00056 \frac{1,61^{1,75}}{0,019^{1,25}} = 0,182$$

Dicha batería de sanitarios tiene una distancia hacia el accesorio más alejado de 3.82 m, por lo que la pérdida del tramo será

$$h_f = (0,182)(3,82) = 0,69 \text{ mca}$$

A continuación se muestra la memoria de cálculo para la red de distribución de agua de la escuela.

Tabla XXX.

Memoria de cálculo de instalación hidráulica

NODOS	VOLUMETRICO_PESADO		1 1/2"		CAUDAL DE DISEÑO				LONGITUD EQUIVALENTE					
	i	j	CANT	ARTEFACTO DEL SISTEMA	Ø	Qd [l/s]	Vd [m/s]	Vd [m/s]	Long. Tub.	C9.5	C9.75	T.5	T.75	TOTAL
H			1	GRIFO	3/4"	0.42	1.47	1.47	3.43 m	0	4.8	0	0	8.23 m
H			6	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.567	1.99	1.99	3.08 m	0	1.2	0	3.2	7.48 m
E			1	GRIFO	3/4"	0.42	1.47	1.47		0	0	0	0	0.00 m
E	H		3	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.6039	2.12	2.12	3.52 m	0	1.2	0	0.8	5.52 m
C	E		3	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.644	2.26	2.26	2.05 m	0	0	0	0.8	2.85 m
B	C		2	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.57	2	2		0	0	0	0	0.00 m
B	C		2	LAVAMANOS	3/4"	0.564	1.98	1.98	19.79 m	0	0	0	1.6	21.39 m
A	B				3/4"	0.564	1.98	1.98	8.23 m	0	0	0	0.8	9.03 m
G			4	LAVAMANOS	3/4"	0.1862	0.65	0.65		0	0	0	0	0.00 m
G			2	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.57	2	2	2.90 m	0	1.2	0	3.2	7.30 m
F	G		1	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.38	1.33	1.33		0	0	0	0	0.00 m
F	G		3	LAVAMANOS	3/4"	0.2704	0.95	0.95	3.45 m	0	0	0	0.8	4.25 m
D	F		1	INODORO CON TANQUE	3/4"	0.38	1.33	1.33		0	0	0	0	0.00 m
D	F		3	LAVAMANOS	3/4"	0.2919	1.02	1.02	0.97 m	0	0	0	0.8	1.77 m
A	D				3/4"	0.2704	0.95	0.95	22.00 m	0	1.2	0	2.4	25.60 m
A	D				3/4"	0.2704	0.95	0.95	1.00 m	0	0	0	0	1.00 m

Long. Acum	J	Hf	P. Func.	H accesorio	P min.
8.23	0.1552833	1.278	17.00 m.c.a.	3.90 m	22.29 m.c.a.
7.48	0.2638227	1.9734	2.80 m.c.a.	3.65 m	8.63 m.c.a.
0.00	0.1552833	0	17.00 m.c.a.	0.75 m	17.86 m.c.a.
21.23	0.2947183	6.2569	2.80 m.c.a.	0.30 m	9.59 m.c.a.
24.08	0.3296166	7.9372	2.80 m.c.a.	0.30 m	11.30 m.c.a.
0.00	0.2661471	0	2.80 m.c.a.	-0.40 m	2.60 m.c.a.
45.47	0.261507	11.8907	2.00 m.c.a.	-0.40 m	13.69 m.c.a.
54.50	0.261507	14.2521	0.00 m.c.a.	0.00 m	14.45 m.c.a.
0.00	0.0372321	0	2.00 m.c.a.	3.90 m	5.92 m.c.a.
7.30	0.2661471	1.9429	2.80 m.c.a.	3.65 m	8.60 m.c.a.
0.00	0.1303346	0	2.80 m.c.a.	0.30 m	3.19 m.c.a.
11.55	0.0723329	0.8354	2.00 m.c.a.	0.75 m	3.63 m.c.a.
0.00	0.1303346	0	2.80 m.c.a.	0.30 m	3.19 m.c.a.
13.32	0.0819162	1.0911	2.00 m.c.a.	0.75 m	3.89 m.c.a.
38.92	0.0723329	2.8152	0.00 m.c.a.	0.00 m	2.86 m.c.a.
94.42	0.0723329	6.8297	0.00 m.c.a.	0.00 m	6.88 m.c.a.

Fuente: elaboración propia.

Como resumen del diseño se puede ver que será necesario proveer una presión mínima al sistema de 13,37 metros caudal de agua para su correcto funcionamiento y que el diámetro predominante para la red de distribución es de 3/4".

2.2.14.2. Instalación de drenajes

La instalación de drenaje sanitario es necesario para retirar las aguas servidas entregadas al interior de las instalaciones por medio del sistema de agua domiciliar, la estimación del caudal de aporte a los drenajes será el mismo calculado para la dotación de agua potable, ya que será el retorno del agua ya procesada o utilizada.

Utilizando el mismo método para el diseño de alcantarillas a gran escala, se utilizan las relaciones de q/Q , v/V y d/D para calcular el comportamiento del fluido escurriendo por gravedad a través de las tuberías.

Al conocer el caudal que consumirá un inodoro, como ejemplo se toma un inodoro inicial que presenta un caudal de salida de 0.38 l/s, proponiendo un diámetro y pendiente inicial, se calcula la velocidad y caudal que recorrería en esa tubería con esa pendiente a sección llena para luego convertirlo en la relación de caudal circulando sobre el caudal máximo que circularía en las condiciones de sección llena para compararlo con sus correspondientes relaciones de v/V y d/D obteniendo así un cálculo numérico para el tirante que circulará por la tubería, y a qué velocidad lo hará.

En la tabla XX se muestra la memoria de cálculo para la red de drenaje sanitario diseñado para la escuela Los Limones, Gualán.

Tabla XXXI. Memoria de cálculo, diseño drenaje sanitario

i	j	CANT	ARTEFACTO DEL SISTEMA	Qd [l/s]	Ø	S%	V[m/s]	Q[l/s]	q/Q	v/V	d/D	VDiseño
1	3	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
2	3	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
3	5			0.57	3"	2.00%	0.67	3.07	0.19	0.76	0.29	0.51
4	5	1	ORINAL CON LLAVE	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
5	7			0.4757	3"	2.00%	0.67	3.07	0.16	0.73	0.27	0.49
6	7	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
7	9			0.4814	3"	2.00%	0.67	3.07	0.16	0.73	0.27	0.49
8	9	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
9	17			0.5	3"	2.00%	0.67	3.07	0.16	0.74	0.27	0.50
10	12	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
11	12	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
12	14			0.57	3"	2.00%	0.67	3.07	0.19	0.76	0.29	0.51
13	14	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
14	16			0.5183	3"	2.00%	0.67	3.07	0.17	0.74	0.28	0.50
15	16	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
16	17			0.5162	3"	2.00%	0.67	3.07	0.17	0.74	0.28	0.50
17	25			0.5635	3"	2.00%	0.67	3.07	0.18	0.76	0.29	0.51
18	20	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
19	20	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
20	22			0.57	3"	2.00%	0.67	3.07	0.19	0.76	0.29	0.51
21	22	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
22	24			0.5183	3"	2.00%	0.67	3.07	0.17	0.74	0.28	0.50
23	24	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
24	25			0.5162	3"	2.00%	0.67	3.07	0.17	0.74	0.28	0.50
25	54			0.6206	3"	2.00%	0.67	3.07	0.20	0.78	0.31	0.53
26	28	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
27	28	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
28	30			0.57	3"	2.00%	0.67	3.07	0.19	0.76	0.29	0.51
29	30	1	ORINAL CON LLAVE	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
30	32			0.4757	3"	2.00%	0.67	3.07	0.16	0.73	0.27	0.49
31	32	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
32	34			0.4814	3"	2.00%	0.67	3.07	0.16	0.73	0.27	0.49
33	34	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
34	53			0.5	3"	2.00%	0.67	3.07	0.16	0.74	0.27	0.50
35	37	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
36	37	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
37	45			0.1508	2"	2.00%	0.51	1.04	0.14	0.71	0.26	0.37
38	40	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
39	40	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
40	42			0.1508	2"	2.00%	0.51	1.04	0.14	0.71	0.26	0.37
41	42	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
42	44			0.189	2"	2.00%	0.51	1.04	0.18	0.76	0.29	0.39
43	44	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
44	45			0.1862	2"	2.00%	0.51	1.04	0.18	0.76	0.29	0.39
45	47			0.189	2"	2.00%	0.51	1.04	0.18	0.76	0.29	0.39
46	47	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
47	52			0.196	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.29	0.39
48	50	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
49	50	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
50	51			0.1508	2"	2.00%	0.51	1.04	0.14	0.71	0.26	0.37
51	52	1	LAVAMANOS	0.189	2"	2.00%	0.51	1.04	0.18	0.76	0.29	0.39
52	53			0.2047	2"	2.00%	0.51	1.04	0.20	0.78	0.30	0.40
53	54			0.322	3"	2.00%	0.67	3.07	0.11	0.65	0.22	0.44
54	61			0.58	3"	2.00%	0.67	3.07	0.19	0.77	0.29	0.52
55	57	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
56	57	1	LAVAMANOS	0.2	2"	2.00%	0.51	1.04	0.19	0.77	0.30	0.40
57	60			0.1508	2"	2.00%	0.51	1.04	0.14	0.71	0.26	0.37
58	60	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
59	60	1	INODORO CON TANQUE	0.38	3"	2.00%	0.67	3.07	0.12	0.68	0.24	0.46
60	61			0.315	3"	2.00%	0.67	3.07	0.10	0.64	0.22	0.43
61	62			0.63	4"	2.00%	0.81	6.60	0.10	0.63	0.21	0.51

Fuente: elaboración propia.

2.2.14.3. Instalaciones de electricidad

El suministro de iluminación artificial y de energía se lleva a cabo por medio de circuitos eléctricos consistentes en cables conductores conectados a un centro de potencia que distribuye la energía.

Para diseñar la instalación eléctrica del edificio educativo, primero se definen las demandas a las que estará sometido para realizar una sumatoria de la potencia requerida por cada circuito, por ejemplo, el circuito A de iluminación en el primer nivel tiene 10 lámparas fluorescentes de 2x32 [watts], lo que suma una potencia total de 640 w. Se toma en cuenta la probabilidad de uso simultáneo que en el caso del circuito A sería del 100 por ciento ya que todos los salones podrían estar con la luz encendida simultáneamente si trabajan en jornada nocturna.

El siguiente cálculo a realizar es la corriente que circulará por el circuito por medio de la ley de Ohm:

$$I = P/V \quad \text{(Ecuación 62)}$$

Donde:

I = corriente eléctrica en amperios[amp]

P = potencia eléctrica en watts [w]

V = potencial eléctrico en voltios [v]

Siguiendo el ejemplo del circuito A se calcula la corriente que circulará por el circuito, considerando que la energía será provista con un potencial de 120 V y un incremento del 25 por ciento a la corriente como factor de seguridad:

$$I = 1,25 * (640 \text{ w}/120 \text{ v}) = 6,67 \text{ amp}$$

Con este resultado se puede, a continuación, definir los materiales para instalar los circuitos, tomando como referencia la capacidad de conducción de corriente eléctrica permitida mostrada en la tabla XXXI y los dispositivos de seguridad, como los flipones, en función de la corriente máxima esperada en el circuito.

Tabla XXXII. **Capacidad de conducción en conductores aislados [amp]**

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor					
		60 °C		75 °C		90 °C	
		TIPOS: TW* CCE, TWD-UV	TIPOS: RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS: MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHWLS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS: UF*	TIPOS: RHW*, XHHW*	TIPOS: RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
mm ²	AWG	Cobre			Aluminio		
Capacidad de conducción de corriente permisible [amperios]							
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230

Conductores aislados trabajando a una tensión eléctrica entre 0-2,000 V según su temperatura máxima especificada por el tipo de forro

Fuente: Norma NOM001-SEDE-2005, tercera sección, p. 10.

Tabla XXXIII. **Planilla de circuitos eléctricos en el edificio**

CODIGO	TIPO DE CARGA	V	CARGA A CONECTAR	WATTS/ UNIDAD	U.	F.D. %	DEMANDA DEL CIRCUITO [W]	V	w/v* 1,25	CABLE DE DISEÑO	FLIPON
1	A-N1I	ILUMINACION (120V)	Lámparas 2x32 W Tipo industrial	64	10	100	640	120	6,66	12 AWG	1 x 20
2	B-N1I	ILUMINACION (120V)	Lámparas 2x32 W Tipo industrial	64	9	100	576	120	6	12 AWG	1 x 20
3	C-N1I	ILUMINACION (120V)	Lámparas 2x32 W Tipo industrial	64	9	100	576	120	6	12 AWG	1 x 20
4	D-N1F	FUERZA (120V)	Tomacorrientes dobles polarizados	180	8	60	864	120	9	12 AWG	1 x 20
5	E-N1F	FUERZA (120V)	Tomacorrientes dobles polarizados	180	9	60	972	120	10,13	12 AWG	1 x 20
6	F-N1F	FUERZA (120V)	Tomacorrientes dobles polarizados	180	9	60	972	120	10,13	12 AWG	1 x 20
7	G-N2I	ILUMINACION (120V)	Lámparas 2x32 W Tipo industrial	64	10	100	640	120	6,66	12 AWG	1 x 20
8	H-N2I	ILUMINACION (120V)	Lámparas 2x32 W Tipo industrial	64	9	100	576	120	6	12 AWG	1 x 20
9	J-N2I	ILUMINACION (120V)	Lámparas 2x32 W Tipo industrial	64	9	100	576	120	6	12 AWG	1 x 20
10	K-N2F	FUERZA (120V)	Tomacorrientes dobles polarizados	180	9	60	972	120	10,13	12 AWG	1 x 20
11	L-N2F	FUERZA (120V)	Tomacorrientes dobles polarizados	180	8	60	864	120	9	12 AWG	1 x 20
12	M-N2F	FUERZA (120V)	Tomacorrientes dobles polarizados	180	8	60	864	120	9	12 AWG	1 x 20

Fuente: elaboración propia.

2.2.15. Juego de planos

Para transmitir la información a las personas que ejecutarán el proyecto se elabora un juego de planos detallando los aspectos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones determinados en el diseño. Los planos para la escuela son los siguientes:

- Topografía del terreno disponible y ubicación del edificio
- Planta arquitectónica del 1° nivel
- Planta arquitectónica del 2° nivel
- Planta acotada del 1° nivel
- Planta acotada del 2° nivel
- Fachadas
- Cortes
- Planta de acabados del 1° nivel
- Planta de acabados del 2° nivel
- Planta de cimentación y columnas, 1° nivel

- Planta de vigas del 1° nivel
- Planta de vigas y columnas del 2° nivel
- Planta de mampostería 1° nivel
- Plana de mampostería 2° nivel
- Planta de armado de losas 1° nivel
- Planta de armado de losas 2° nivel
- Detalles estructurales 1
- Detalles estructurales 2
- Planta de instalación eléctrica para iluminación en 1° nivel
- Planta de instalación eléctrica para iluminación en 2° nivel
- Planta de instalación eléctrica para fuerza en 1° nivel
- Planta de instalación eléctrica para fuerza en 2° nivel
- Planta de instalación para agua potable en ambos niveles
- Planta de instalación para drenaje de aguas negras en ambos niveles
- Planta de instalación para drenaje de agua pluvial
- Planta de techos para drenaje de agua pluvial

2.2.16. Elaboración de presupuesto

Este se elaboró aplicando los criterios de ejecución utilizados por la Municipalidad de Gualán, determinando precios unitarios con costos de materiales y mano de obra del lugar, se consideró un porcentaje de costos indirectos de 35 por ciento sobre costo de materiales y mano de obra. La tabla XXVII muestra el resumen de los renglones de trabajo con su costo total.

Tabla XXXIV. Resumen Presupuesto de edificación escolar

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	PRECIO
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES	791,35	m²		Q. 5 950,95
1,01	LIMPIEZA DE TERRENO	791,35	m ²	Q. 4,77	Q. 3 774,74
1,02	TRAZO Y NIVELACIÓN	791,35	m ²	Q. 2,75	Q. 2 176,21
2,00	CIMENTACIÓN	317	unidad		Q. 487 525,53
2,01	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	440,86	m ³	Q. 76,87	Q. 33 886,94
2,02	ZAPATA Z-1	33	unidad	Q. 5 457,83	Q. 180 108,32
2,03	ZAPATA Z-2	1	unidad	Q. 7 338,65	Q. 7 338,65
2,04	ZAPATA Z-3	4	unidad	Q. 9 578,90	Q. 38 315,60
2,05	ZAPATA Z-4	6	unidad	Q. 9 398,55	Q. 56 391,30
2,06	ZAPATA Z-5	5	unidad	Q. 8 713,03	Q. 43 565,13
2,07	ZAPATA Z-6	1	unidad	Q. 10 111,96	Q. 10 111,96
2,08	ZAPATA Z-7	6	unidad	Q. 620,18	Q. 3 721,09
2,09	CIMIENTO CORRIDO	260,59	ml	Q. 414,97	Q. 108 136,08
2,10	RELLENO ESTRUCTURAL	311,51	m ³	Q. 19,10	Q. 5 950,46
3,00	COLUMNAS	462,66	ml		Q. 700 007,69
3,01	COLUMNA C-1	336,48	ml	Q. 1 434,53	Q. 482 689,05
3,02	COLUMNA C-2	126,18	ml	Q. 1 722,29	Q. 217 318,64
4,00	MURO MAMPOSTERIA	1477,01	m²		Q. 520 224,15
4,01	LEVANTADO DE PARED BLOCK DE 0.14x0.19x0.39	1345,05	m ²	Q. 356,34	Q. 479 298,71
4,02	LEVANTADO DE TABIQUE BLOCK DE 0.10x0.19x0.39	131,96	m ²	Q. 310,14	Q. 40 925,44
5,00	VIGAS	182	unidad		Q. 734 758,44
5,01	VIGA V-1	24	unidad	Q. 3 759,02	Q. 90 216,50
5,02	VIGA V-2	12	unidad	Q. 3 749,87	Q. 44 998,39
5,03	VIGA V-3	14	unidad	Q. 2 728,86	Q. 38 204,09
5,04	VIGA V-4	14	unidad	Q. 6 350,92	Q. 88 912,83
5,05	VIGA V-5	45	unidad	Q. 3 641,83	Q. 163 882,28
5,06	VIGA V-6	6	unidad	Q. 3 372,07	Q. 20 232,40
5,07	VIGA V-7	20	unidad	Q. 2 538,38	Q. 50 767,69
5,08	VIGA V-8	20	unidad	Q. 5 475,60	Q. 109 512,01
5,09	VIGA V-9	3	unidad	Q. 4 071,29	Q. 12 213,88
5,10	VIGA V-10	3	unidad	Q. 4 208,16	Q. 12 624,49
5,11	VIGA V-11	3	unidad	Q. 4 262,18	Q. 12 786,55
5,12	VIGA V-12	3	unidad	Q. 3 876,40	Q. 11 629,21
5,13	VIGA V-13	3	unidad	Q. 3 626,25	Q. 10 878,74
5,14	VIGA V-14	6	unidad	Q. 3 075,67	Q. 18 454,03
5,15	VIGA V-15	6	unidad	Q. 8 240,89	Q. 49 445,36
6,00	LOSA	1521,55	m²		Q. 999 287,62
6,01	LOSA TRADICIONAL PERALTE DE 12 cm	1521,55	m ²	Q. 656,76	Q. 999 287,62
7,00	GRADAS	2	global		Q. 23 763,89
7,01	GRADAS PARA MÓDULO 1, ANCHO 1.55	1	global	Q. 10 334,94	Q. 10 334,94
7,02	GRADAS PARA MÓDULO 2, ANCHO 2.15	1	global	Q. 13 428,94	Q. 13 428,94

Continuación de la tabla XXXIII.



8,00	INSTALACIÓN HIDRAULICA	3	global		Q. 52 105,82
8,01	LAVAMANOS	12	unidad	Q. 624,58	Q. 7 494,92
8,02	INODOROS	18	unidad	Q. 1 041,89	Q. 18 753,98
8,03	INSTALACIÓN RED AGUA POTABLE	1	global	Q. 5 205,72	Q. 5 205,72
8,04	INSTALACIÓN RED AGUA SERVIDA	1	global	Q. 12 356,25	Q. 12 356,25
8,05	INSTALACIÓN RED AGUA PLUVIAL	1	global	Q. 8 294,95	Q. 8 294,95
9,00	INSTALACIÓN ELECTRICA	2	global		Q. 100 397,12
9,01	INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN	1	global	Q. 59 973,36	Q. 59 973,36
9,02	INSTALACIÓN DE FUERZA	1	global	Q. 40 423,77	Q. 40 423,77
10,00	ACABADOS	9123,92	m²		Q. 996 604,22
10,01	REPELLO + CERNIDO MUROS	3013,11	m ²	Q. 140,57	Q. 423 542,10
10,02	REPELLO + CERNIDO CIELOS	1521,55	m ²	Q. 140,54	Q. 213 835,74
10,03	AZULEJO EN BAÑOS	176,14	m ²	Q. 167,50	Q. 29 504,05
10,04	ESPEJOS EN BAÑOS (1.5 x 0.80 m)	4	unidad	Q. 547,80	Q. 2 191,20
10,05	PISO CERAMICO DE 0.33x0.33	1309,66	m ²	Q. 186,24	Q. 243 909,29
10,06	PINTURA INTERIOR Y EXTERIOR	3013,11	m ²	Q. 23,69	Q. 71 381,11
10,07	ACERAS EN PERIMETRO DE EDIFICIO	86,35	m ²	Q. 141,76	Q. 12 240,72
11,00	PUERTAS Y VENTANAS	143	unidad		Q. 280 007,41
11,01	PUERTAS DE METAL P-1 (ancho 1.20 m área 2.50 m ²)	21	unidad	Q. 1 965,84	Q. 41 282,62
11,02	PUERTAS DE METAL P-2 (ancho de 0.80 m)	16	unidad	Q. 968,74	Q. 15 499,83
11,03	VENTANAS DE AULAS V-1 (área 1.70 m ²)	92	unidad	Q. 2 258,34	Q. 207 767,21
11,04	VENTANAS DE BAÑOS V-2 (área 0.90 m ²)	11	unidad	Q. 1 218,34	Q. 13 401,73
11,05	VENTANAS DE BAÑOS V-3 (área 0.49 m ²)	3	unidad	Q. 685,34	Q. 2 056,02
				TOTAL	Q. 4 900 632,82
				POR m²	Q. 3 220,82

Fuente: elaboración propia.

2.2.16.1. Evaluación de impacto ambiental

A continuación se muestra el formato para proyectos nuevos de moderado impacto denominándose a estos estudios como: Evaluación ambiental inicial.

Figura 57. Evaluación de impacto ambiental

  DGGA-GA-R-001	
EVALUACION AMBIENTAL INICIAL (Formato propiedad del MARN)	
Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <p>Completar el siguiente formato de Evaluación ambiental inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</p> <p>Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o subinciso a que corresponde la información.</p> <p>La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir.</p> <p>Este formato, también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt</p> <p>Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</p> <p>Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</p>	<p>Núm. Expediente:</p> <p>Clasificación del listado taxativo</p> <p>Firma y sello de recibido MARN</p>
I. INFORMACIÓN LEGAL	

Continuación de la figura 57.

I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:
Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento
I.2. Información legal:
A) Nombre del proponente o representante legal:

De la empresa:
Razón social:

Nombre comercial:

Núm. De Escritura Constitutiva:

Fecha de constitución:

Continuación de la figura 57.

Patente de Sociedad. Registro Núm. _____ Folio Núm. _____. Libro Núm. _____.	
Patente de Comercio. Registro No. Folio No. Libro No.	
Núm. de finca _____. Folio Núm. _____ Libro Núm. _____ de _____ _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
Número de identificación tributaria (NIT):	
I.3 Teléfono fax correo electrónico:	
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: aldea El Lobo, municipio de Gualán, departamento de Zacapa.	
Especificar coordenadas UTM o geográficas	
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas geográficas Datum WGS84
	LATITUD NORTE 15° 07' 11.51" N
	LONGITUD OESTE 89° 18' 30.63" W
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)	
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo	
II. INFORMACIÓN GENERAL	

Continuación de la figura 57.

Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:

Etapas de:

II.1 Etapa de Construcción	II.2 Operación	II.3 Abandono
Actividades a realizar Insumos necesarios Maquinaria Otros de relevancia ** Adjuntar planos	Actividades o procesos Materia prima e insumos Maquinaria Productos y subproductos (bienes o servicios) Horario de trabajo Otros de relevancia	- acciones a tomar en caso de cierre

II.1 Etapa de construcción: serán necesarios trabajos de excavación para la cimentación del edificio, armado de refuerzo y fundición de concreto. Para todo lo anterior ser necesitarán materiales de construcción como cemento, áridos y acero de refuerzo.

La maquinaria que se utilizará serán mezcladoras de concreto, y eventualmente grúas para transporte de materiales.

II.2 Operación: el uso de la estructura es básicamente educativo, por lo que se presentará una alta circulación de infantes durante la mañana, existiendo la posibilidad de utilizar las instalaciones para eventos sociales de la comunidad o para situaciones de emergencia como refugio en caso de desastres naturales.

Continuación de la figura 57.

II.3 En caso de cierre será necesario sellar los accesos a los ambientes de la estructura para impedir que sean sitiados o utilizados de manera irresponsable.

II.4 Área

Área total de terreno en metros cuadrados: 2.5 hectáreas.

Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: el área de techos es de 816.60 m²

Área total de construcción en metros cuadrados: 1,521.55 m²

II.5 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE: terreno lotificado
lotificado

SUR : terreno

ESTE: terreno lotificado
lotificado.

OESTE: terreno

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

Continuación de la figura 57.

DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Rio Motagua	Nor-oeste	El edificio estará construido a una distancia de 2 km del rio Motagua

II.6 Dirección del viento:

Dirección predominante del viento modal anual : 2 km/h dirección sur - oeste

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: diurna (x) nocturna () mixta () horas extras

En caso fuera necesario para cumplir con cronograma de actividades, se podrá programar plan 24-6

b) Número de empleados por jornada: 15 obreros

Total empleados - -

Otros datos laborales: el número de obreros variará en función de las actividades realizadas en cada fase de construcción, conservándose un promedio de 10 personas a lo largo de la ejecución.

Continuación de la figura 57.

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Sí/ No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	SÍ	5 tonel/mes	Muni.		Higiene de obreros, fundición concreto	Toneles
	Pozo	NO					
	Agua especial	NO					
	Superficial	NO					
Combustible	Otro	NO					
	Gasolina	NO					
	Diesel	SÍ	50 gal/mes	Gasolinera	Picup	Transporte de personal	Tanque vehicular
	Bunker	NO					
	Glp	NO					
	Otro	NO					
Lubricantes	Solubles	NO					
	No solubles	NO					
Refrigerantes		NO					
Otros		NO					

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

Continuación de la figura 57.

III. TRANSPORTE
<p>III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>Número de vehículos: 3</p> <p>Tipo de vehículo: 2 Pic-up a diésel, 1 mini Bobcat</p> <p>sitio para estacionamiento y área que ocupa: en el terreno donde se construirá la escuela.</p>
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	Aspecto ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	partículas de polvo	Molestias al respirar, superficies cubiertas de polvo	Excavación de zanja para instalación de tubería	Humedecer superficies de paso peatonal o vehicular para evitar que vuelen las partículas de polvo

Continuación de la figura 57.

		Ruido	Ruido ocasional de motor	Motor de mini Bobcat	Trabajar en horarios adecuados
		Vibraciones	--	--	--
		Olores	--	--	--
2	Agua	Abastecimiento de agua	--	--	--
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: 10 lt/día	Por higiene personal de obreros.	Instalaciones sanitarias portátiles
		Aguas residuales especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: --	Descarga: --	--
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: --	Descarga: --	--
		Agua de lluvia	Captación: --	Descarga: --	--
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: 1 tonel / mes	Transporte de alimentos, actividad humana. Sacos de cemento	Transportar desechos a relleno sanitario autorizado.
		Desechos peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: --	Disposición: --	--
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	--	--	--
		Modificación del relieve o topografía del área	--	--	--
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	--	--	--
		Fauna (animales)	--	--	--
		Ecosistema	--	--	--
5	Visual	Modificación del paisaje	--	--	--
6	Social	Oportunidad de superación para toda la aldea	Educación primaria para toda la población en edad escolar.	Aldea Los Limones	Impacto positivo
7	Otros	--	--	--	--

Continuación de la figura 57.

NOTA: Complementaria a la información proporcionada, se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
V.1	Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____
V.2	Forma de suministro de energía
	a) _____ sistema público _____
	b) _____ sistema privado _____
	c) _____ generación propia _____
V.3	Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SÍ _____ NO X
V.4	Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover su ahorro de la misma? _____
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:	
X la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio	
<input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores	
<input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado, explique las razones de su respuesta, identificar qué o cuáles serían las actividades riesgosas:	
La actividad de ejecución únicamente involucra el zanjeo para instalación de tubería, dicha actividad es inocua para la salud humana	

Continuación de la figura 57.

VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?					
a) inundación ()		b) explosión ()		c) deslizamientos ()	
d) derrame de combustible ()		e) fuga de combustible ()		d) Incendio ()	e)
Otro ()					
Detalle	la	información	explicando	el	por qué:
<hr/>					
<hr/>					
<hr/>					
<hr/>					
VI.3 Riesgos ocupacionales:					
X Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores					
<input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores					
<input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores					
<input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores					
Ampliar información: las actividades de instalación en alturas representa riesgo de sufrir lesiones por caída					
VI.4 Equipo de protección personal					
VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? Sí (X) NO ()					
VI.4.2 Detallar qué clase de equipo de protección se proporciona:					
Cascos protectores a todos los obreros					
Chalecos reflectivos					
Lentes protectores al realizar actividades con materiales volátiles que podrían afectar los ojos.					
VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?					
Circular el área de trabajo para impedir que personas ajenas al personal de ejecución puedan ingresar a la zona de trabajo que puede resultar peligrosa para personas que no saben movilizarse en áreas de construcción.					
Sistemas de sujeción para obreros que realicen actividades de instalación en alturas mayores a 1,50 m.					

Continuación de la figura 57.

Documentos que deben adjuntar al formato:

- Plano de localización o mapa escala 1:5 000.
- Plano de ubicación.
- Plano de distribución.
- Plano de los sistemas hidráulico sanitarios (agua potable, aguas pluviales, drenajes, planta de tratamiento).
- Presentar original del documento en forma física y una copia completa del mismo en medio magnético (cd) (si el proyecto se encuentra fuera del departamento de Guatemala deberán presentarse dos copias magnéticas).
- El expediente se imprimirá en ambos lados de las hojas.
- Presentar una copia para sellar de recibido.
- El documento deberá foliarse de adelante hacia atrás (dicha foliación irá solamente en la parte frontal de las hojas, esquina superior derecha)
- Fotocopia de DPI del representante legal.
- Declaración jurada.
- Fotocopia del nombramiento del representante legal.

Nota: el tamaño de planos deberá ser:

- Carta, doble carta
- Oficio, doble carta
- Doble carta

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Luego de evaluar la situación de escasez de agua en las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria se concluye que, para dar solución a la problemática de cada una de las comunidades es necesario renovar el sistema de distribución de agua potable para las 3 comunidades.
2. Después de buscar distintas opciones para optimizar el abastecimiento de agua para las tres comunidades seleccionadas se concluye que, la mejor opción es construir un sistema de agua único el cual abarque a las tres comunidades al mismo tiempo, en un único proyecto de red de distribución de agua potable.
3. Una vez realizado el inventario de infraestructura existente se concluye que, el proyecto debe diseñar e incluir la conducción entubada con tubería de PVC enterrada a partir del pozo existente, esto es, que el pozo existente es suficiente para almacenar el agua que necesitará el sistema diariamente.

4. Realizado el análisis de necesidades de la relativamente nueva aldea de Los Limones se observó que carecen de infraestructura comunitaria, ya que únicamente existe una pequeña edificación de 1 nivel que funge como iglesia y escuela, que en condiciones precarias logra atender a un 10 por ciento de la población infantil de la comunidad, por lo que se concluye que una de las prioridades para la comunidad es construir una escuela que pueda inducir a la integración comunitaria y, que pueda fungir como centro de resguardo en caso de emergencia. La naturaleza de la escuela debe ser, primordialmente, de educación primaria.

RECOMENDACIONES

1. A las comunidades de El Lobo, Encinitos y Samaria: la creación de un comité que vele por el buen funcionamiento del sistema, la calidad del agua y la adecuada utilización de la misma, para evitar desperdicios que les perjudicarían a la misma comunidad.
2. A la municipalidad de Gualán: la contratación de un fontanero que permanentemente vigile las instalaciones del sistema de agua potable para que realice trabajos preventivos, dar mantenimiento al sistema y controlar los horarios de distribución para las tres comunidades.
3. A la Dirección Municipal de Planificación: velar por que la supervisión técnica durante la ejecución de los proyectos sea constante, para la correcta ejecución y aplicación de los materiales, técnicas constructivas y cumplimiento de normas y códigos de diseño. Especialmente en la construcción de la edificación escolar, ya que es de vital importancia para obtener una edificación segura y duradera para la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGIES, *Normas estructurales de diseño recomendadas para Guatemala*, NR 2:200.
2. AGUILAR, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 2007. 78 p.
3. ASTM. *Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) pressure-rated pipe (SDR Series)*.ASTM D 2241-89 LIBRO 08.04 111 p.
4. BRAJA Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. México: THOMSON, 2006.34 p.
5. COGUANOR. *NGO 29 001:99 agua potable*. 1° revisión a la norma. 1999. 89 p.
6. *Comité Requisitos de reglamento para concreto estructural*, ACI 318-05. 318 del American Concrete Institute. México: 2004. 45 p.
7. Segeplan. *XI Censo poblacional y VI habitacional*. Guatemala 2003. 23 p.
8. HUNTER, Roy B. *Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems*. 5a ed. Atlanta: 2009. 56 p.
9. INFOM-UNEPAR. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*, segunda revisión. Guatemala 1997. 45 p.

10. Mapa No. 20. *Atlas climatológico presentado por INSIVUMEH* [en línea]
http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Clima.htm. [Consulta: 5 de octubre de 2014].
11. MCORMAC, Jack C. *Diseño de concreto reforzado*, 4a ed. México: Alfaomega 2009. 45 p.
12. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, ventanilla única.[en línea]
<http://www.marn.gob.gt/ventanillau.html>. [Consulta: 20 de mayo de 2013].
13. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*, 20a ed. México: McGraw-Hill
14. *Normas técnicas complementarias*, apartado I: para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas. México: 2004. 34 p.
15. *Structural Design Requirements, 1997 Uniform Building Code, Volume 2 chapter 6 UBC*.México:1997.
16. URIBE ESCAMILLA, Jairo. *Análisis de estructuras*, 2a ed. Escuela Colombia: de Ingeniería 2002. 123 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados de exámenes bacteriológico y físico-químico sanitario para el agua de la fuente para el sistema de agua El Lobo



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19629

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 28329		INF. No. A - 311 218	
INTERESADO	<u>DIEGO GARCÍA DÍAZ</u> (CARNÉ 200413122)	PROYECTO:	<u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA:	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Aldea El Lobo</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2011-05-12:09 h50 min.</u>
FUENTE:	<u>Entrada al tanque de almacenamiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2011-05-12: 15 h 45 min.</u>
MUNICIPIO:	<u>Gualán</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Zacapa</u>		
SABOR:	<u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>Clara</u>	COLORO RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Inodora</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
01,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
00,10 cm ³	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		<u>> 16 x 10²</u>	<u>> 16 x 10²</u>
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según Normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.			
Guatemala, 2011-06-06			
Vo.Bo.	 Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC	 Zeny Much Santos Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19628

O.T. No. 28 329		ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO		INF. No. 24 402	
INTERESADO: <u>DIEGO GARCÍA DÍAZ (CARNÉ No. 200413122)</u>		PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA"</u>			
RECOLECTADA POR: <u>interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea El Lobo</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2011-05-12; 09 h 50 min.</u>			
FUENTE: <u>Entrada al tanque de almacenamiento</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2011-05-12; 15 h 45 min.</u>			
MUNICIPIO: <u>Gualán</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>			
DEPARTAMENTO: <u>Zacapa</u>					

RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: <u>27° C</u> (En el momento de recolección)			
2. COLOR: <u>02,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>73,90 µmhos/cm</u>			
3. TURBIEDAD: <u>01,33 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,30 unidades</u>				
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,02	6. CLORUROS (Cl)	09,50	11. SOLIDOS TOTALES	77,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,001	7. FLUORUROS (F)	00,08	12. SOLIDOS VOLÁTILES	03,00
3. NITRATOS (NO ₃)	00,88	8. SULFATOS (SO ₄)	01,00	13. SOLIDOS FIJOS	74,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,00
5. MANGANESO (Mn)	00,006	10. DUREZA TOTAL	52,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	44,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	44,00	44,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

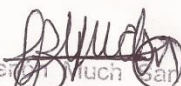
OBSERVACIONES: Desde el punto de la vista de la calidad física y química el agua cumple con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

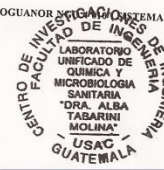
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2011-06-06

Vo.Bo. 
Inga Telma Maricela Camacho Morales
DIRECTORA CII/USAC




Zelmira Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Análisis de flujo de caja para la ejecución y operación del primer año del sistema de agua potable para las aldeas EL Lobo, Encinitos y Samaria

AÑO 1, PRIMEROS 5 MESES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO					
	1	2	3	4	5
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	Q (48,809.56)	Q (251,846.99)	Q (294,777.72)	Q (264,582.67)	Q (84,890.44)
SALARIO DE FONTANERO					
COSTO DE CLORACIÓN					
COSTO DE MANTENIMIENTO					
COSTO ADMINISTRATIVO					
EGRESOS	Q (48,809.56)	Q (251,846.99)	Q (294,777.72)	Q (264,582.67)	Q (84,890.44)
INGRESOS					
TOTALES	Q (48,809.56)	Q (251,846.99)	Q (294,777.72)	Q (264,582.67)	Q (84,890.44)
VALOR PRESENTE NETO 1	(Q1,872,421.10)				

AÑO 1, ULTIMOS MESES DE EJECUCIÓN Y PRIMEROS MESES DE OPERACIÓN						
6	7	8	9	10	11	12
Q (192,407.00)	Q (447,720.90)	Q (231,811.64)	Q (231,811.64)	Q (65,707.89)		
		Q (400.00)	Q (400.00)	Q (400.00)	Q (400.00)	Q (400.00)
		Q (850.00)	Q (850.00)	Q (850.00)	Q (850.00)	Q (850.00)
		Q (100.00)	Q (100.00)	Q (100.00)	Q (100.00)	Q (100.00)
		Q (100.00)	Q (100.00)	Q (100.00)	Q (100.00)	Q (100.00)
Q (192,407.00)	Q (447,720.90)	Q (233,261.64)	Q (233,261.64)	Q (67,157.89)	Q (1,450.00)	Q (1,450.00)
SERVICIOS PREVISTOS		352	352	352	352	352
TARIFA DE SERVICIO		Q 20.00	Q 20.00	Q 20.00	Q 20.00	Q 20.00
		Q 7,040.00	Q 7,040.00	Q 7,040.00	Q 7,040.00	Q 7,040.00
Q (192,407.00)	Q (447,720.90)	Q (226,221.64)	Q (226,221.64)	Q (60,117.89)	Q 5,590.00	Q 5,590.00

Fuente: elaboración propia.

Análisis de flujo de caja para la ejecución y operación del sistema de agua potable para las aldeas El Lobo, Encinitos y Samaria

INDICE DE INFLACIÓN INTERANUAL: 8 %

AÑO DE OPERACIÓN	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	1	2	3	4	5	6
EGRESOS	--	Q (17,400.00)	Q (18,792.00)	Q (20,295.36)	Q (21,918.99)	Q (23,672.51)
SERVICIOS PREVISTOS	352	391	411	431	452	473
TARIFA DE SERVICIO	Q 20.00	Q 21.00	Q 22.00	Q 23.00	Q 24.00	Q 25.00
INGRESOS	--	Q 98,532.00	Q 108,504.00	Q 118,956.00	Q 130,176.00	Q 141,900.00
TOTAL	Q (1,872,421.10)	Q 81,132.00	Q 89,712.00	Q 98,660.64	Q 108,257.01	Q 118,227.49

VALOR PRESENTE NETO Q (335,316.95)

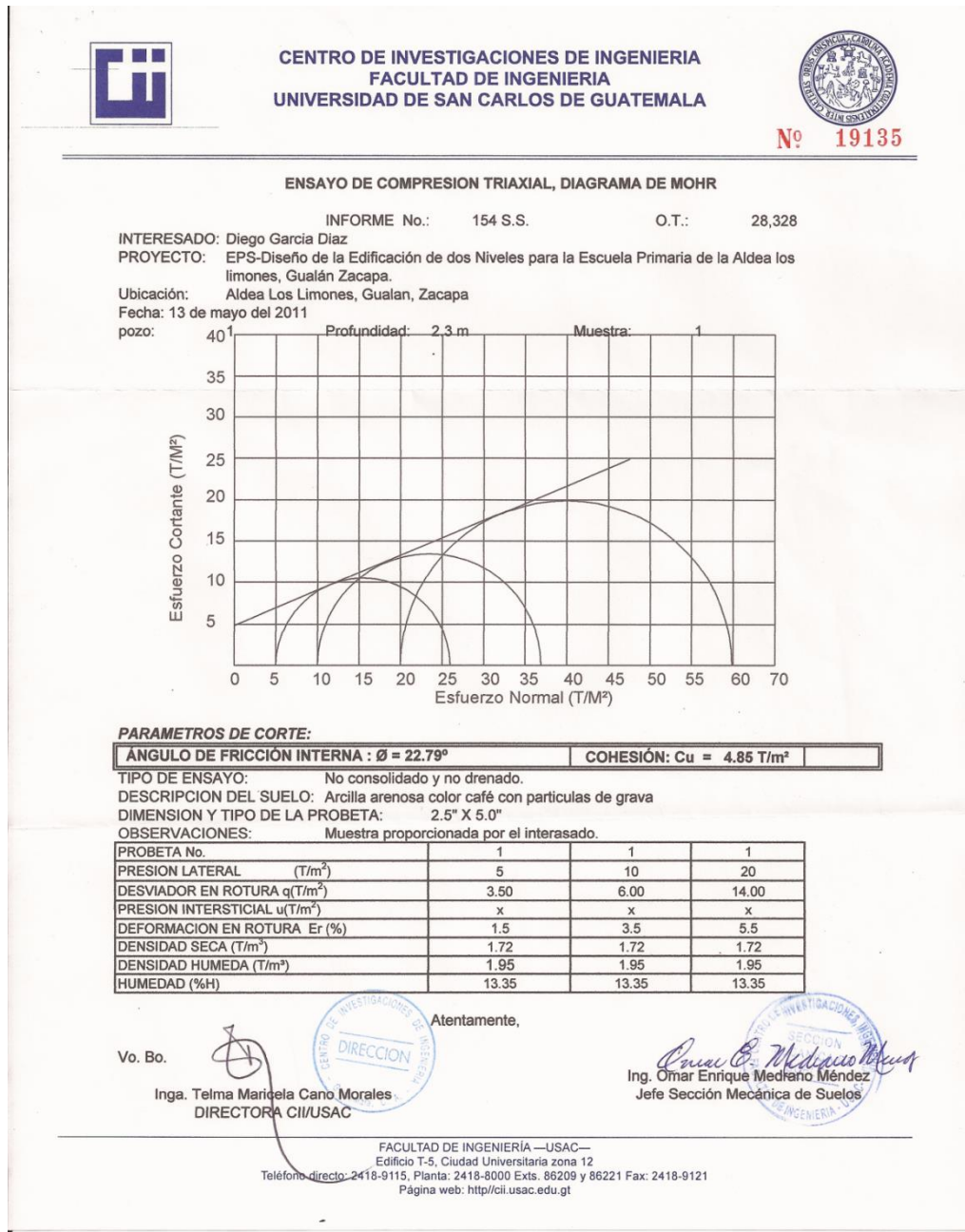
TASA INTERNA DE RETORNO 6 %

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
7	8	9	10	11	12	13	14
Q (25,566.31)	Q (27,611.61)	Q (29,820.54)	Q (32,206.19)	Q (34,782.68)	Q (37,565.29)	Q (40,570.52)	Q (43,816.16)
494	516	538	550	563	576	589	603
Q 26.00	Q 27.00	Q 28.00	Q 29.00	Q 30.00	Q 31.00	Q 32.00	Q 33.00
Q 154,128.00	Q 167,184.00	Q 180,768.00	Q 191,400.00	Q 202,680.00	Q 214,272.00	Q 226,176.00	Q 238,788.00
Q 128,561.69	Q 139,572.39	Q 150,947.46	Q 159,193.81	Q 167,897.32	Q 176,706.71	Q 185,605.48	Q 194,971.84

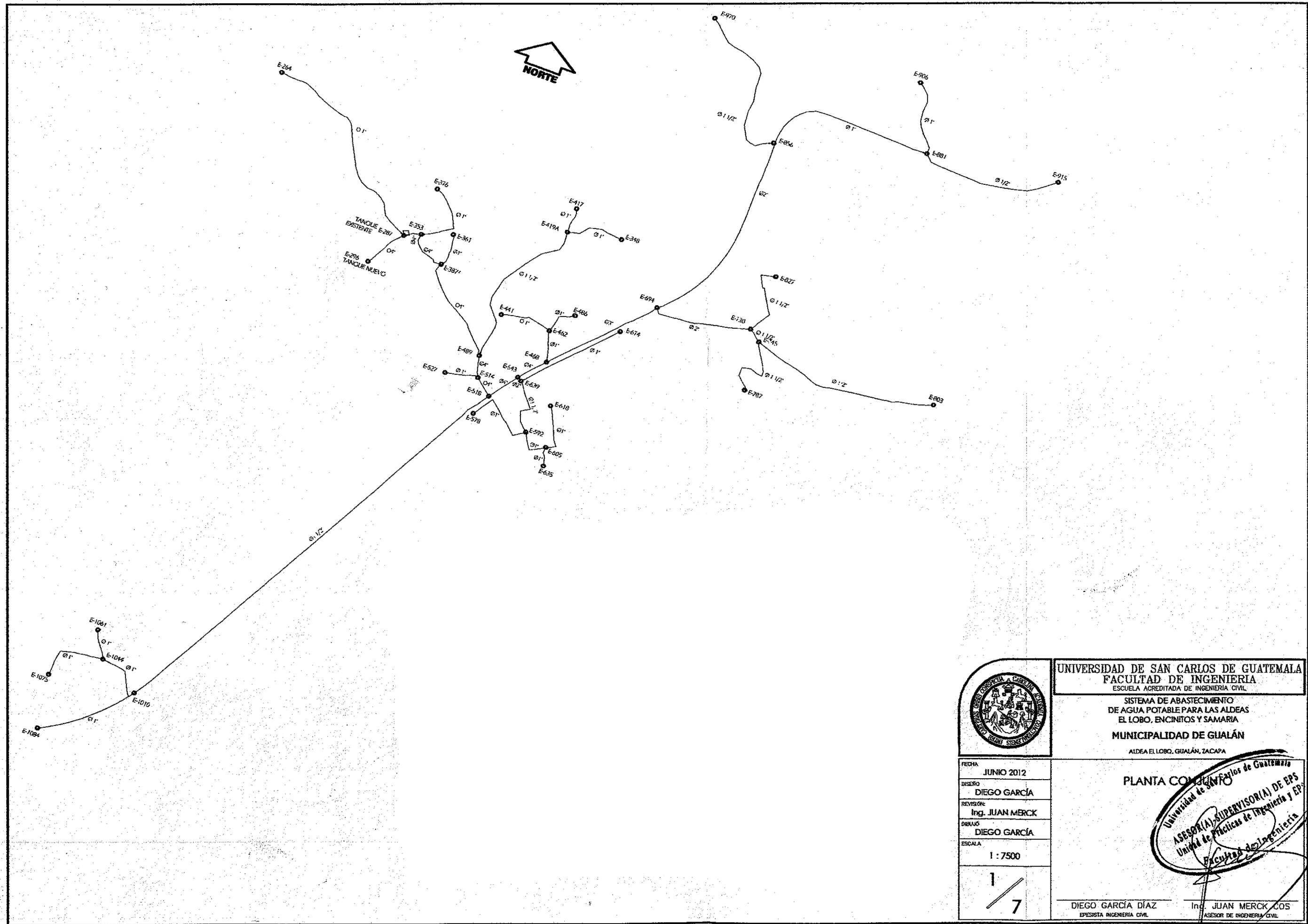
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
15	16	17	18	19	20	21	22
Q (47,321.45)	Q (51,107.17)	Q (55,195.74)	Q (59,611.40)	Q (64,380.31)	Q (69,530.74)	Q (75,093.20)	Q (81,100.65)
617	631	646	661	676	692	708	727
Q 34.00	Q 35.00	Q 36.00	Q 37.00	Q 38.00	Q 39.00	Q 40.00	Q 41.00
Q 251,736.00	Q 265,020.00	Q 279,072.00	Q 293,484.00	Q 308,256.00	Q 323,856.00	Q 339,840.00	Q 357,684.00
Q 204,414.55	Q 213,912.83	Q 223,876.26	Q 233,872.60	Q 243,875.69	Q 254,325.26	Q 264,746.80	Q 276,583.35

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Resultados de ensayo triaxial no drenado de muestra de suelo para diseño de escuela primaria Los Limones



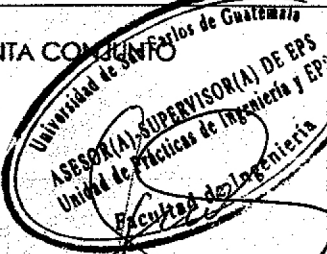
Fuente: centro de investigaciones de Ingeniería.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
 DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
 EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA

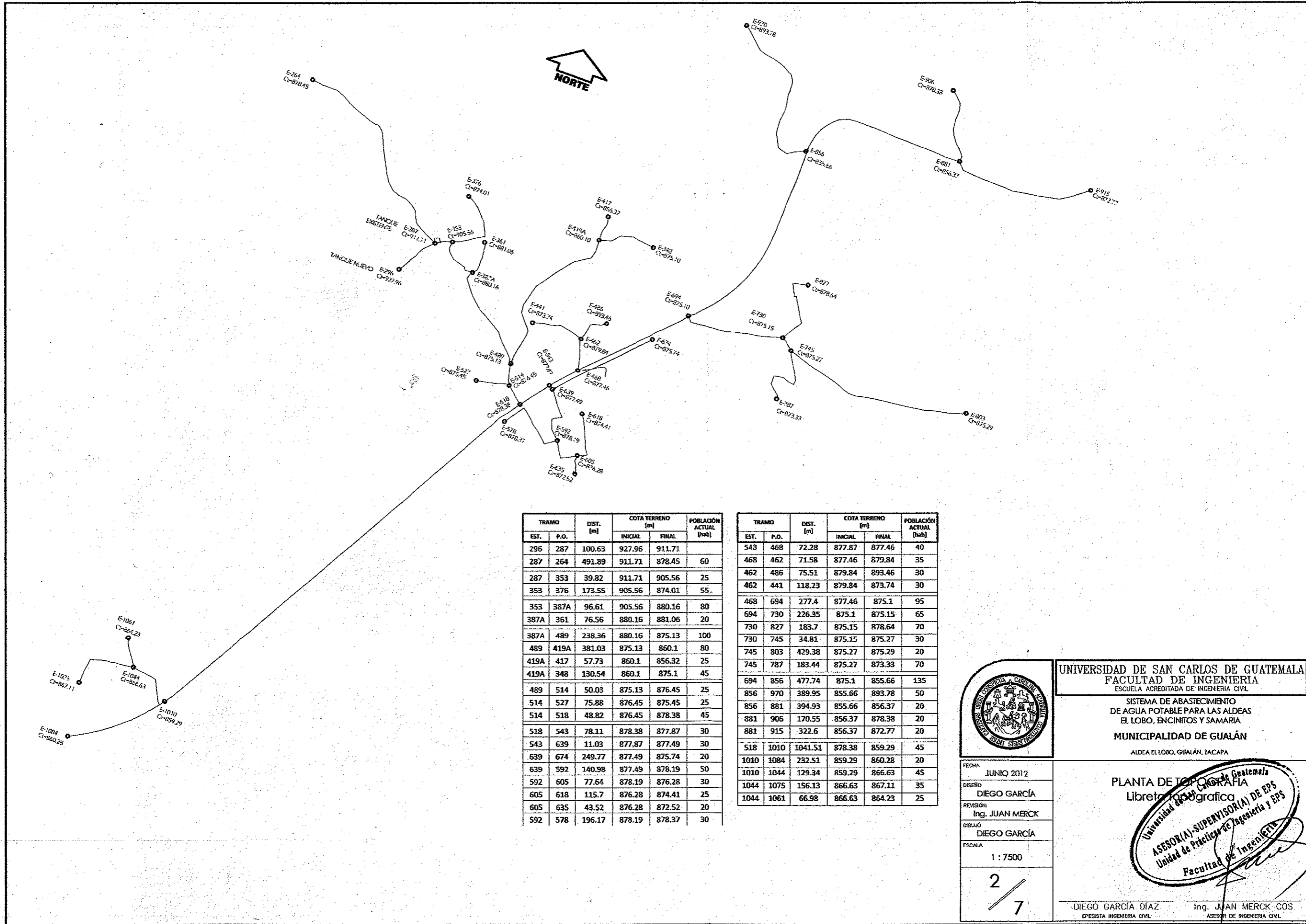
FECHA	JUNIO 2012
DISEÑO	DIEGO GARCÍA
REVISIÓN	Ing. JUAN MERCK
DIBUJO	DIEGO GARCÍA
ESCALA	1 : 7500
	1 / 7

PLANTA COMPLETA


 ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

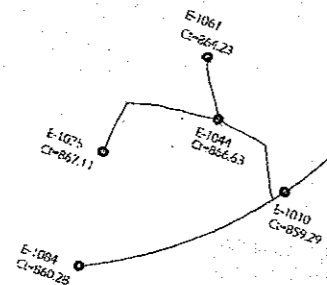
DIEGO GARCÍA DÍAZ
 EPESISTA INGENIERIA CIVIL


Ing. JUAN MERCK COS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



TRAMO	EST.	P.O.	DIST. [m]	COTA TERRENO [m]		POBLACIÓN ACTUAL [hab]
				INICIAL	FINAL	
296	287	100.63	100.63	927.96	911.71	60
287	264	491.89	491.89	911.71	878.45	60
287	353	39.82	39.82	911.71	905.56	25
353	376	173.55	173.55	905.56	874.01	55
353	387A	96.61	96.61	905.56	880.16	80
387A	361	76.56	76.56	880.16	881.06	20
387A	489	238.36	238.36	880.16	875.13	100
489	419A	381.03	381.03	875.13	860.1	80
419A	417	57.73	57.73	860.1	856.32	25
419A	348	130.54	130.54	860.1	875.1	45
489	514	50.03	50.03	875.13	876.45	25
514	527	75.88	75.88	876.45	875.45	25
514	518	48.82	48.82	876.45	878.38	45
518	543	78.11	78.11	878.38	877.87	30
543	639	11.03	11.03	877.87	877.49	30
639	674	249.77	249.77	877.49	875.74	20
639	592	140.98	140.98	877.49	878.19	50
592	605	77.64	77.64	878.19	876.28	30
605	618	115.7	115.7	876.28	874.41	25
605	635	43.52	43.52	876.28	872.52	20
592	578	196.17	196.17	878.19	878.37	30

TRAMO	EST.	P.O.	DIST. [m]	COTA TERRENO [m]		POBLACIÓN ACTUAL [hab]
				INICIAL	FINAL	
543	468	72.28	72.28	877.87	877.46	40
468	462	71.58	71.58	877.46	879.84	35
462	486	75.51	75.51	879.84	893.46	30
462	441	118.23	118.23	879.84	873.74	30
468	694	277.4	277.4	877.46	875.1	95
694	730	226.35	226.35	875.1	875.15	65
730	827	183.7	183.7	875.15	878.64	70
730	745	34.81	34.81	875.15	875.27	30
745	803	429.38	429.38	875.27	875.29	20
745	787	183.44	183.44	875.27	873.33	70
694	856	477.74	477.74	875.1	855.66	135
856	970	389.95	389.95	855.66	893.78	50
856	881	394.93	394.93	855.66	856.37	20
881	906	170.55	170.55	856.37	878.38	20
881	915	322.6	322.6	856.37	872.77	20
518	1010	1041.51	1041.51	878.38	859.29	45
1010	1084	232.51	232.51	859.29	860.28	20
1010	1044	129.34	129.34	859.29	866.63	45
1044	1075	156.13	156.13	866.63	867.11	35
1044	1061	66.98	66.98	866.63	864.23	25





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
 DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
 EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA

FECHA: JUNIO 2012

DISEÑO: DIEGO GARCÍA

REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK

DIBUJO: DIEGO GARCÍA

ESCALA: 1 : 7500

PLANTA DE TUBERÍA

Libreta Topográfica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS

Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS

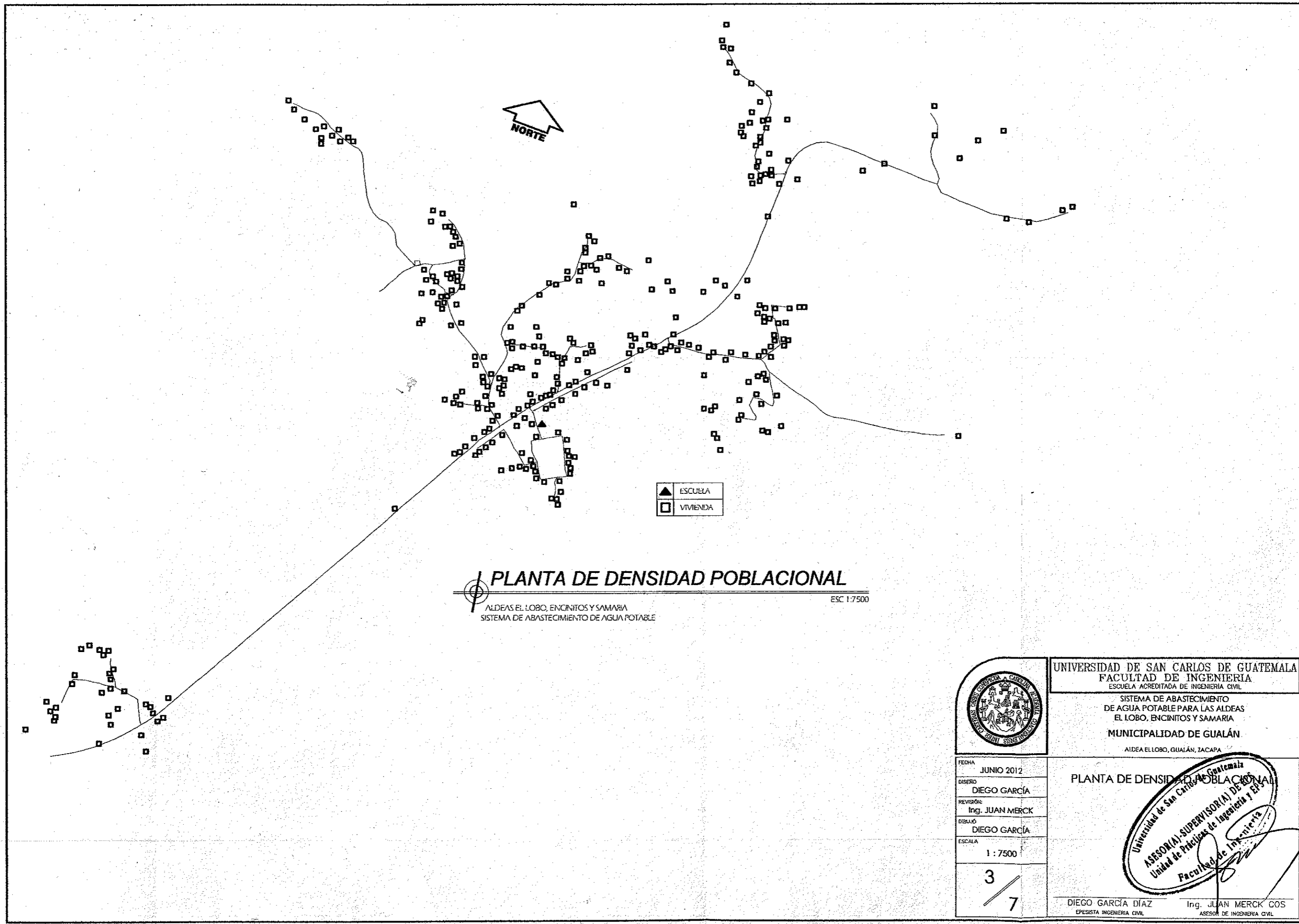
Facultad de Ingeniería

DIEGO GARCÍA DÍAZ

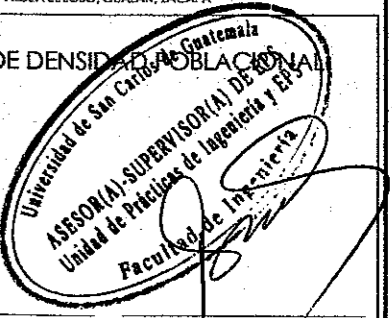
EPESISTA INGENIERIA CIVIL

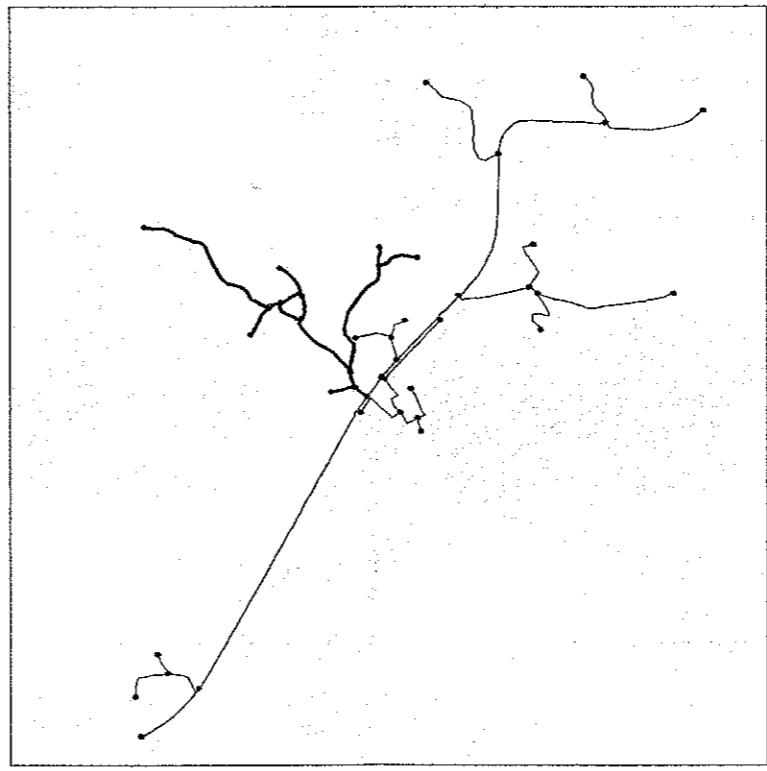
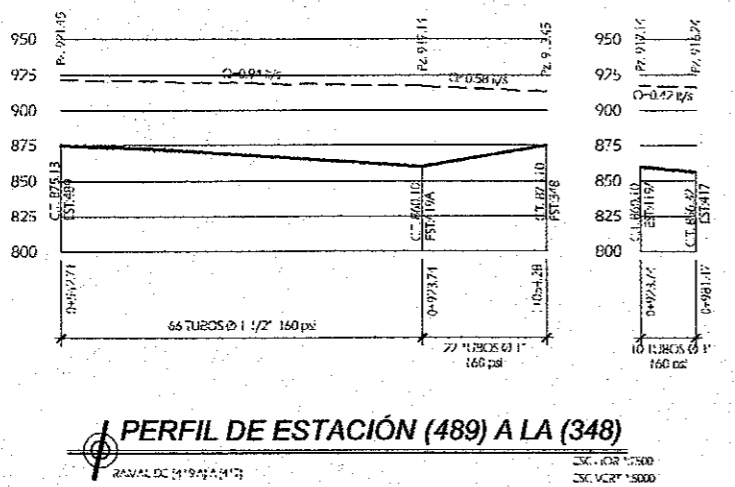
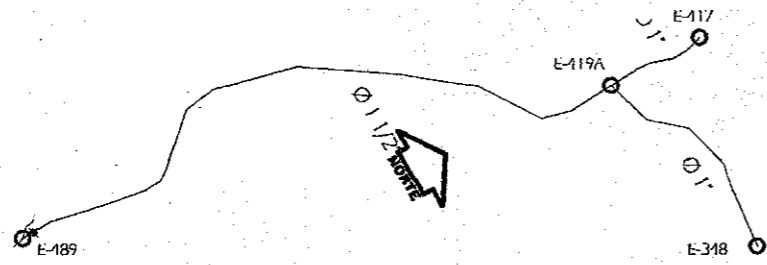
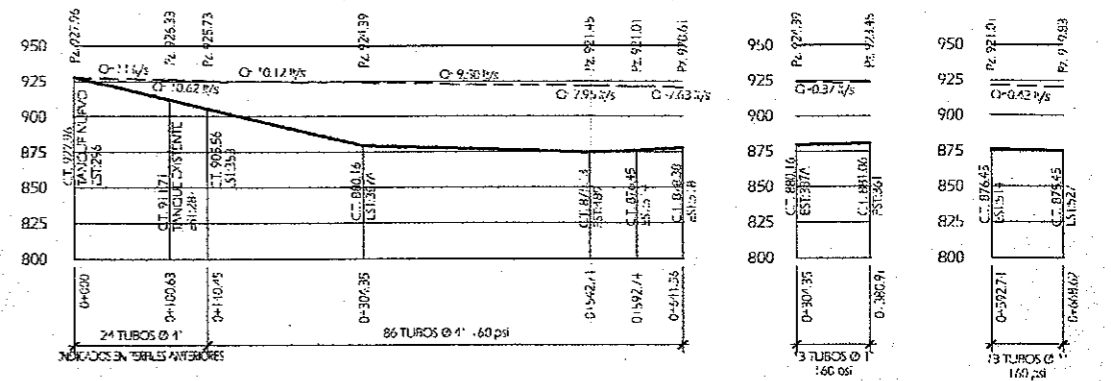
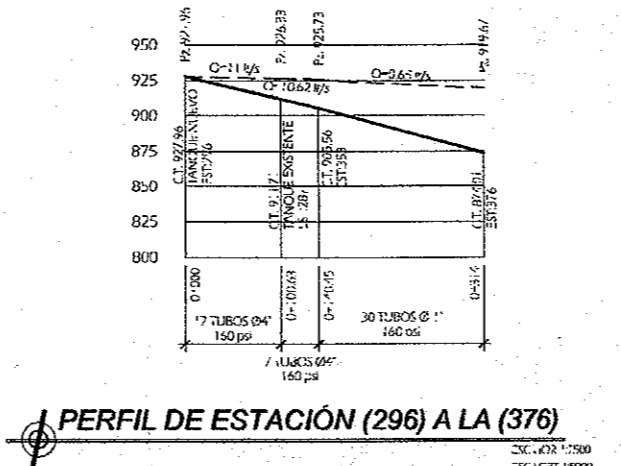
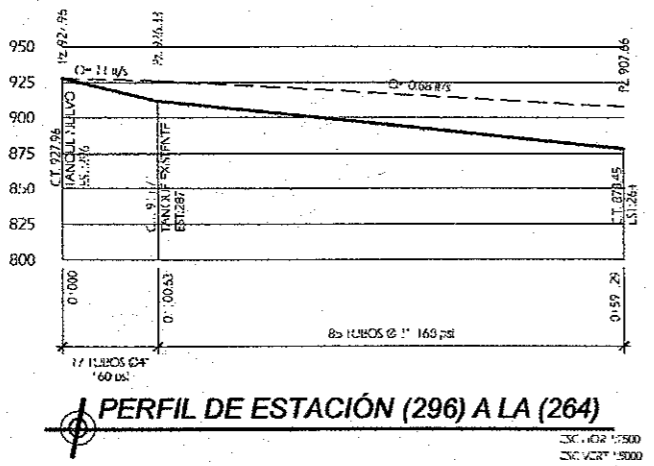
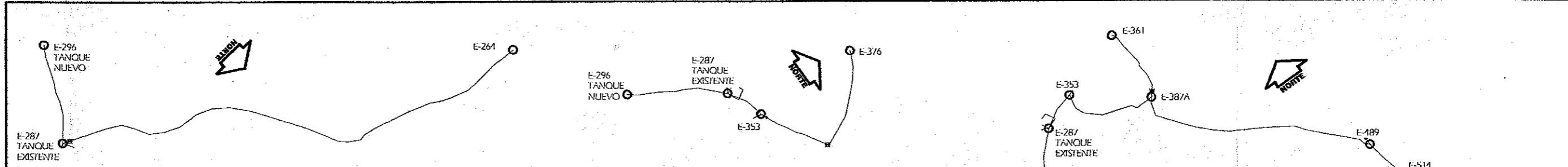
Ing. JUAN MERCK COS


ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL
 ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 ESC 1:7500

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL	
	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA MUNICIPALIDAD DE GUALÁN ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA	
FECHA	JUNIO 2012	
DISEÑO	DIEGO GARCÍA	
REVISIÓN	Ing. JUAN MERCK	
DIBUJO	DIEGO GARCÍA	
ESCALA	1 : 7500	
	3	7
PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL		
DIEGO GARCÍA DÍAZ EPESISTA INGENIERIA CIVIL		Ing. JUAN MERCK COS ASESOR DE INGENIERIA CIVIL





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
 DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
 EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN

ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA

PLANTA PERFIL
 Ramales en aldea El Lobo, Guatemala

*Asesor(a) Supervisora(a) de EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería*

FECHA: JUNIO 2012

DISEÑO: DIEGO GARCÍA

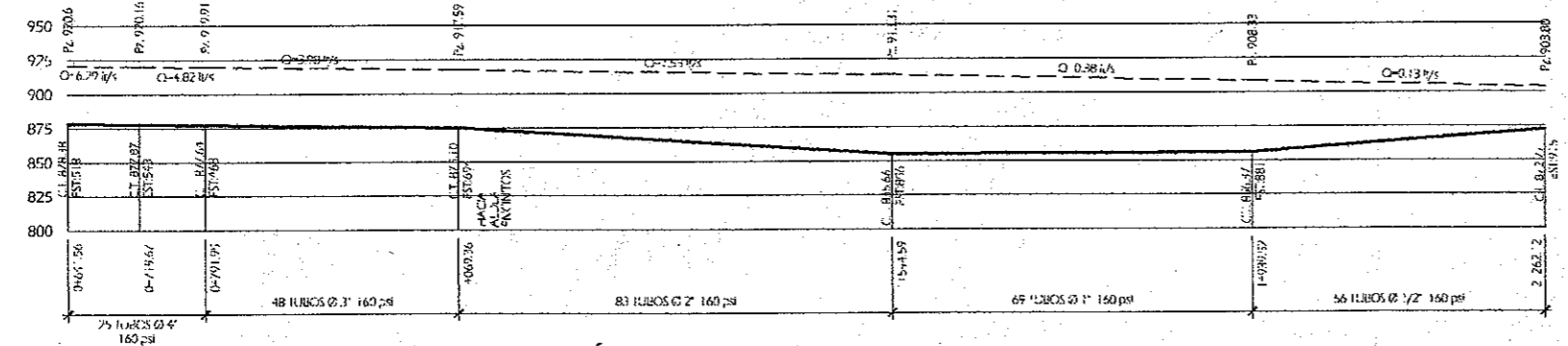
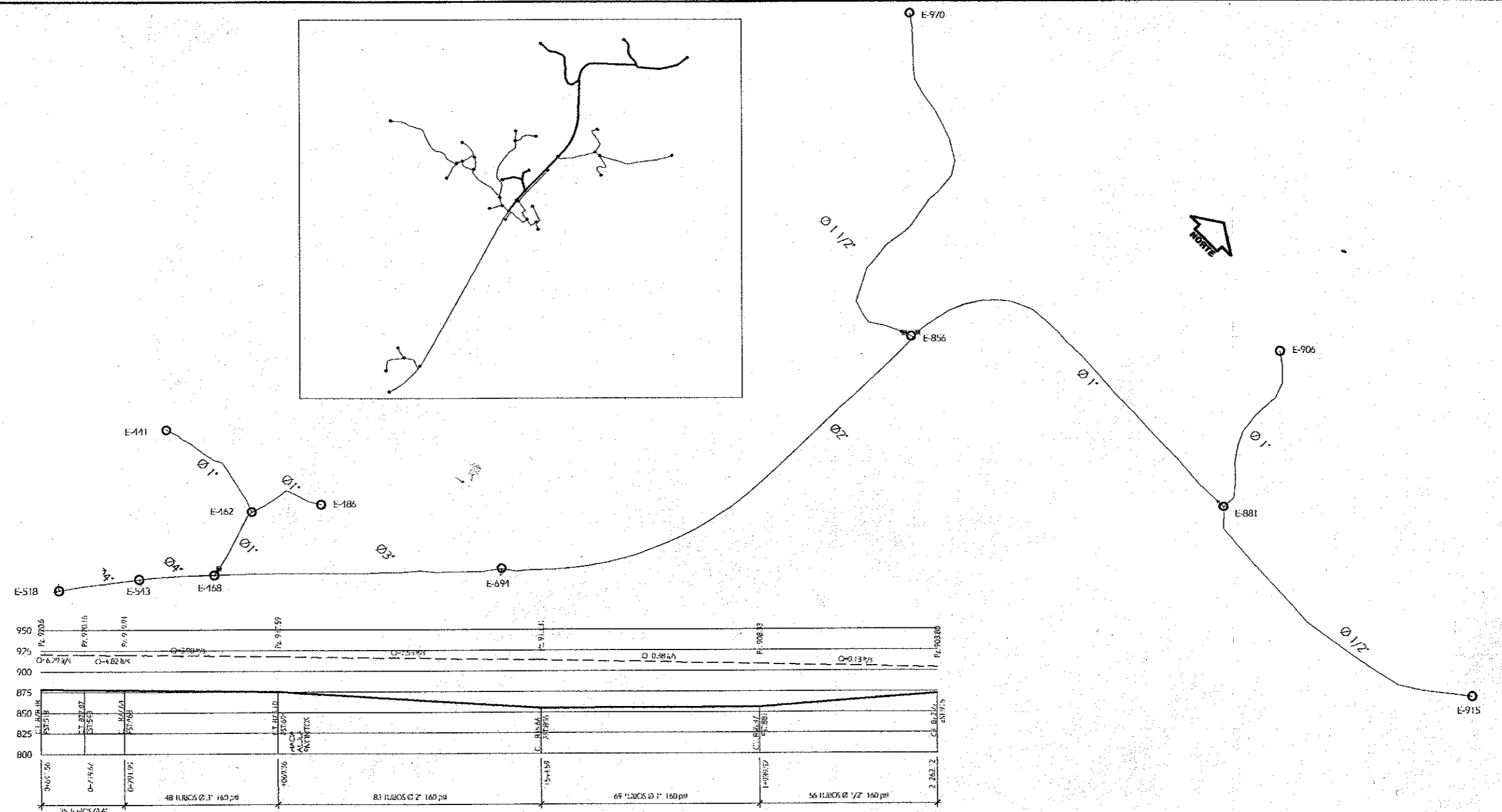
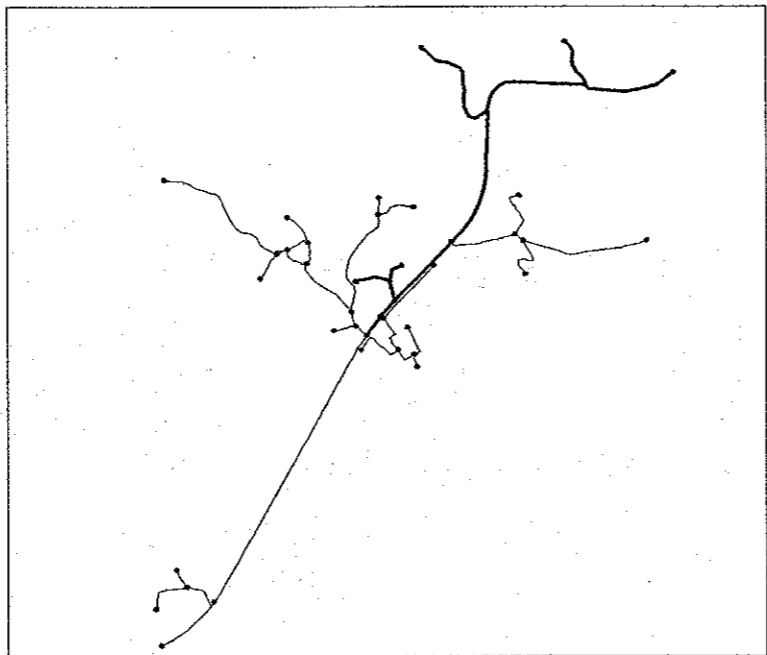
REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK

DIBUJO: DIEGO GARCÍA

ESCALA: HOR. 1 : 7500
VERT. 1 : 5000

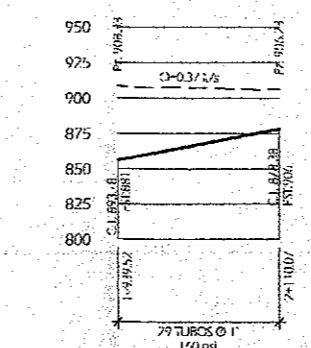
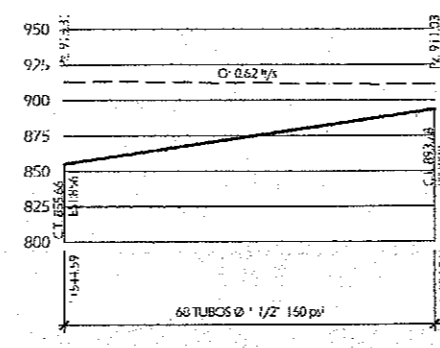
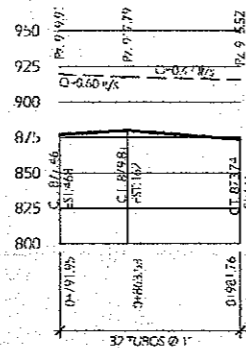
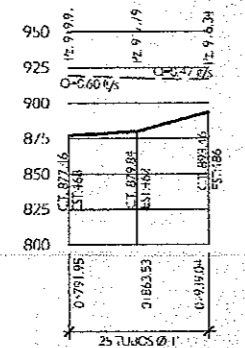
DIEGO GARCÍA DÍAZ
 INGENIERO DE INGENIERIA CIVIL

Ing. JUAN MERCK COS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



PERFIL DE ESTACIÓN (518) A LA (915)

Observaciones en Estaciones (541) y (915) para Medida Incompleta
 Ramales en Estaciones (468) (856) (881)
 Esc. Hor: 1:7500
 Esc. Vert: 1:5000



RAMAL DE ESTACIÓN (468)

Esc. Hor: 1:7500
 Esc. Vert: 1:5000

RAMALES DE (856) y (881)

Esc. Hor: 1:7500
 Esc. Vert: 1:5000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
 DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
 EL LOBO, ENCINTOS Y SAMARIA
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA

FECHA:	JUNIO 2012
DISERO:	DIEGO GARCÍA
REVISIÓN:	Ing. JUAN MERCK
DIBUJO:	DIEGO GARCÍA
ESCALA:	HOR. 1 : 7500 VERT. 1 : 5000

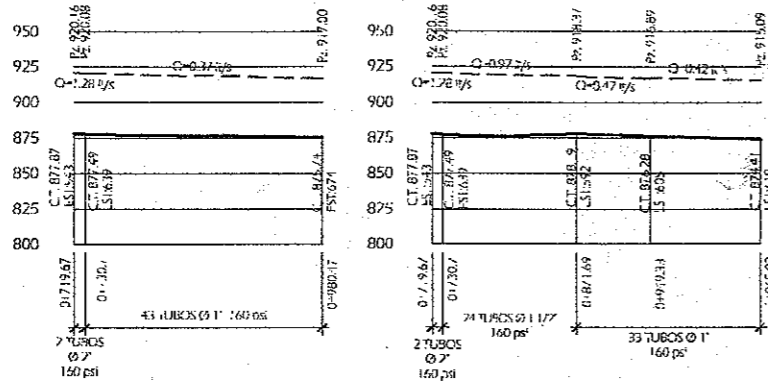
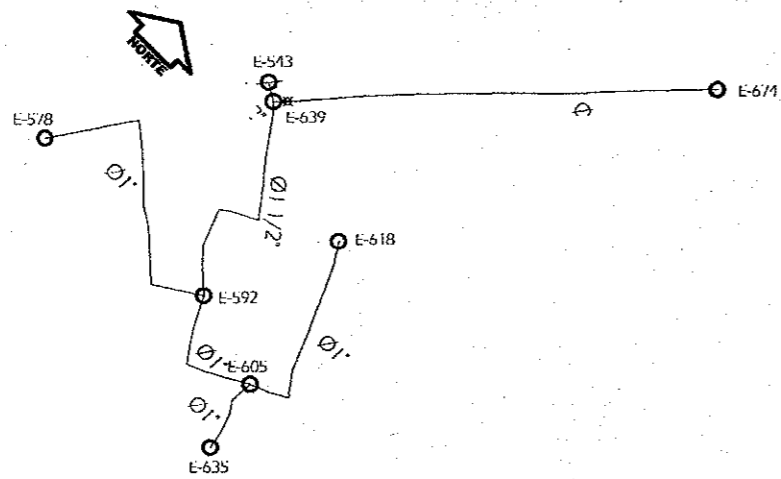
PLANTA PERIFERICA Guatemala
 Ramales en Aldea El Lobo de EPS
 derivación de la aldea Encintos y EPS

ASESOR(A) SUPERVISOR(A) EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

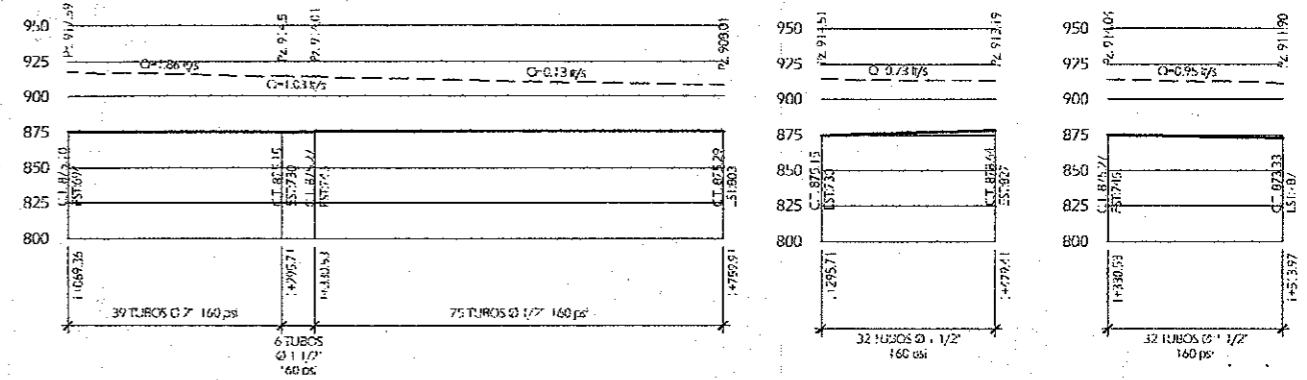
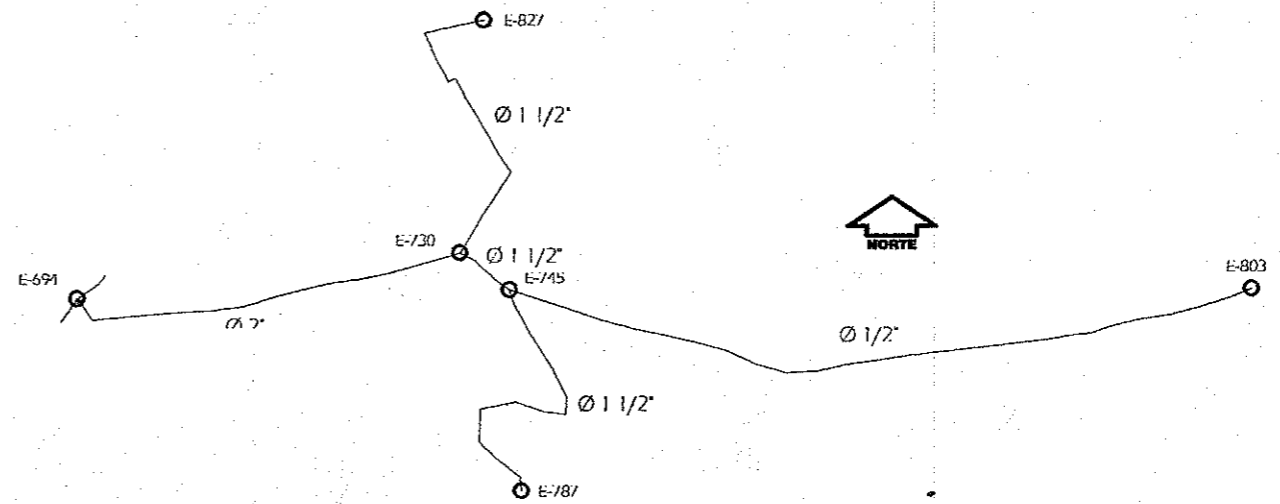
DIEGO GARCÍA DÍAZ
 EPESISTA INGENIERIA CIVIL

Ing. JUAN MERCK COS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL

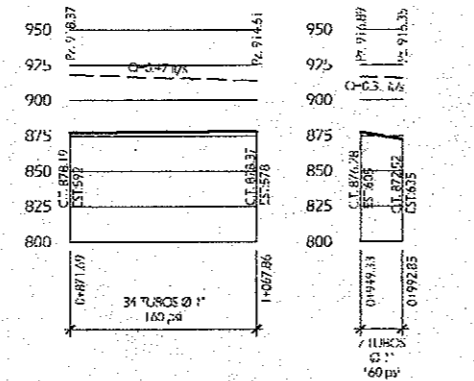
5
7



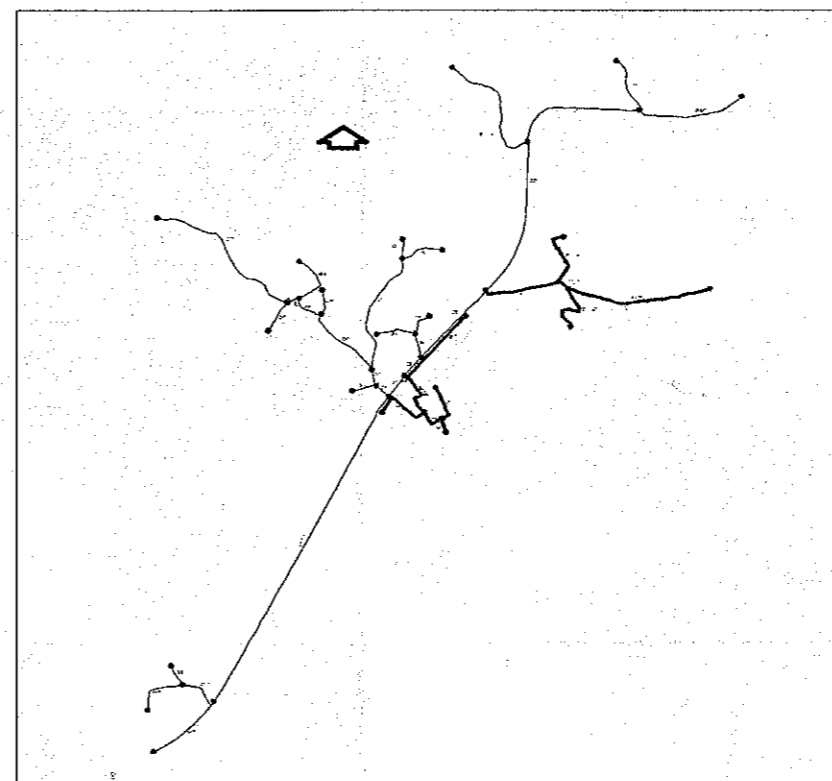
RAMALES DE DERIVACIÓN EN ESTACIÓN (543)
 SUBRAMALES EN 1999 y 2009
 ESC. HOR: 1:500
 ESC. VERT: 1:5000




RAMALE DERIVADO EN ESTACIÓN (694)
 SUBRAMALES EN 2009 y 2009
 ESC. HOR: 1:500
 ESC. VERT: 1:5000



SUBRAMALES DE (592) y (605)
 ESC. HOR: 1:500
 ESC. VERT: 1:5000



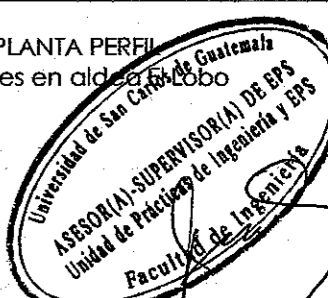


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
 DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS
 EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN

ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA

PLANTA PERFIL
 Ramales en aldea El Lobo


ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

FECHA: JUNIO 2012

DISEÑO: DIEGO GARCÍA

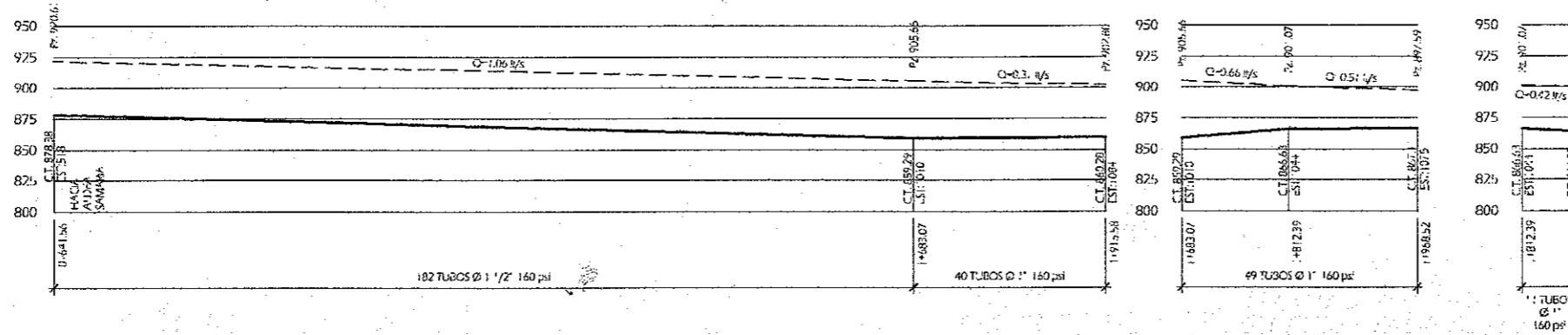
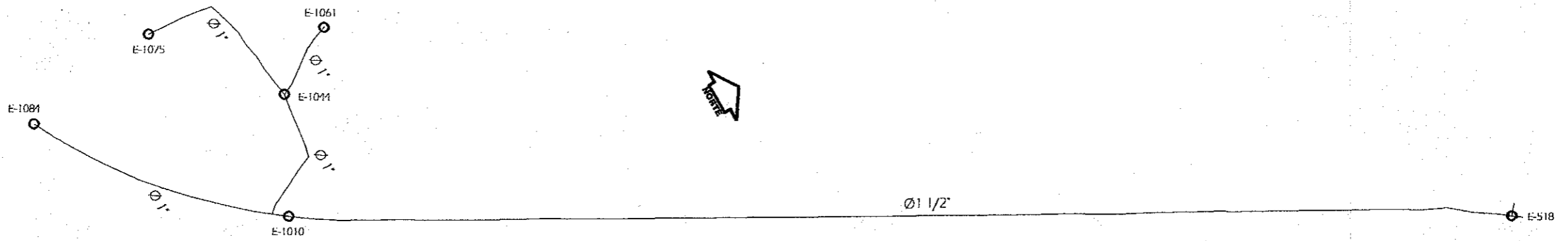
REVISIÓN: Ing. JUAN MERCCK

DIBUJO: DIEGO GARCÍA

ESCALA:
 HOR. 1: 7500
 VERT. 1: 5000

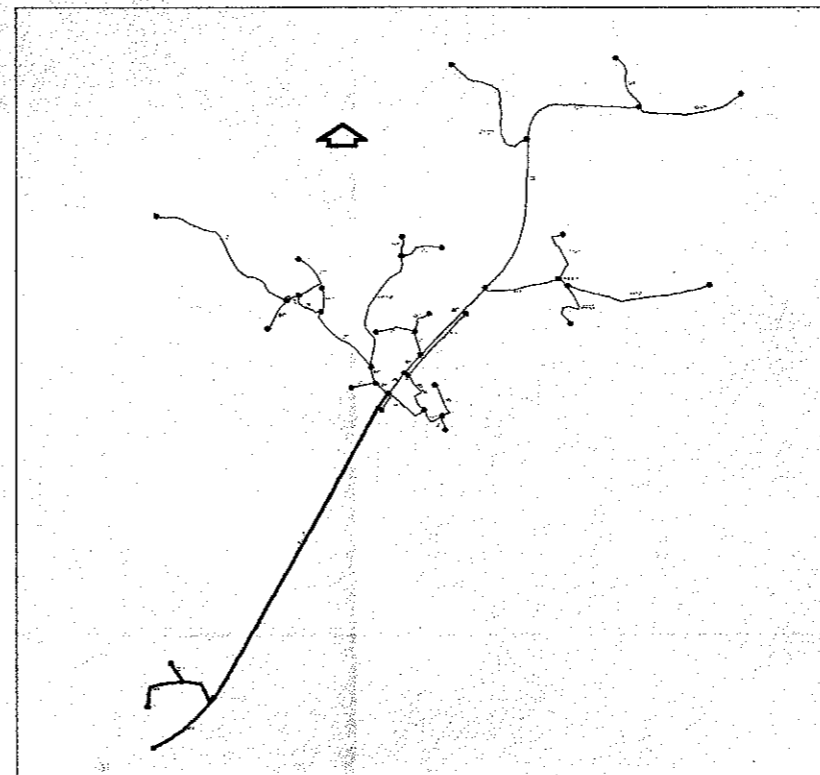
DIEGO GARCÍA DÍAZ
 EPESISTA INGENIERIA CIVIL

Ing. JUAN MERCCK GOS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL

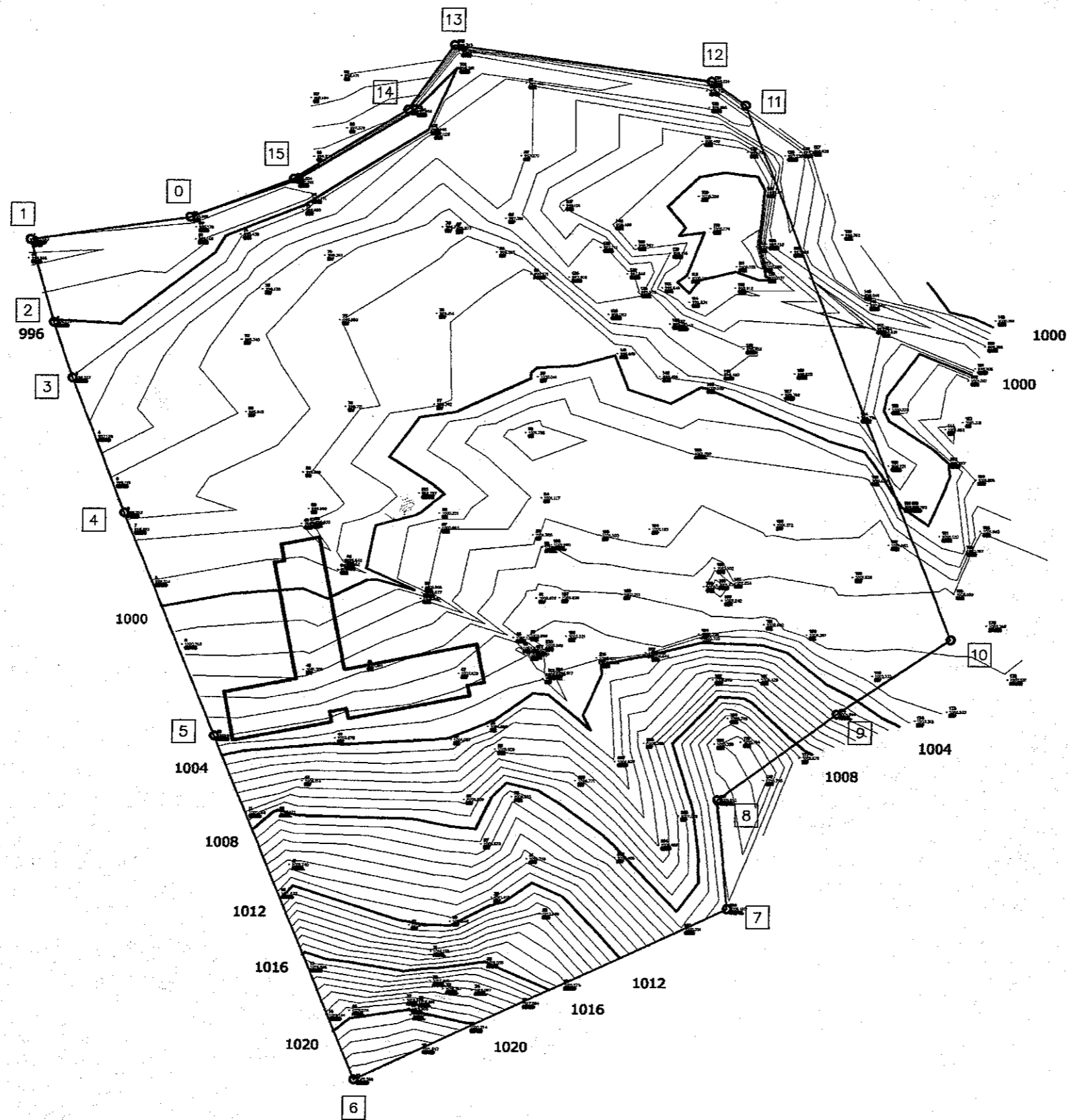


DERIVACIÓN HACIA ALDEA SAMARIA EN ESTACIÓN (518)

RAZON EN DERIVACIÓN: 0.007
 RAZON EN DERIVACIÓN: 0.004
 ESC. HOR: 1:500
 ESC. VERT: 1:5000



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL	
	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS EL LOBO, ENCINITOS Y SAMARIA MUNICIPALIDAD DE GUALÁN ALDEA EL LOBO, GUALÁN, ZACAPA	
FECHA: JUNIO 2012	PLANTA PERIFERICA Derivación hacia Aldea Samaria	
DISEÑO: DIEGO GARCÍA	ASSESOR(A) SUPLENTE(S) DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	
REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK		
DIBUJO: DIEGO GARCÍA		
ESCALA: HOR. 1: 7500 VERT. 1: 5000		
7 / 7	DIEGO GARCÍA DÍAZ EPESISTA INGENIERIA CIVIL	Ing. JUAN MERCK COS ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	261°47'25"	33.52
1	2	164°17'3"	17.94
2	3	160°50'42"	12.28
3	4	158°46'41"	30.2
4	5	157°47'37"	50.24
5	6	157°40'22"	77.61
6	7	65°4'54"	85.72
7	8	354°33'25"	22.88
8	9	54°2'59"	30.68
9	10	56°32'40"	28.54
10	11	338°38'43"	119.72
11	12	304°40'19"	8.76
12	13	277°43'40"	54.01
13	14	215°21'28"	16.61
14	15	238°39'52"	27.91
15	0	249°9'48"	23.07

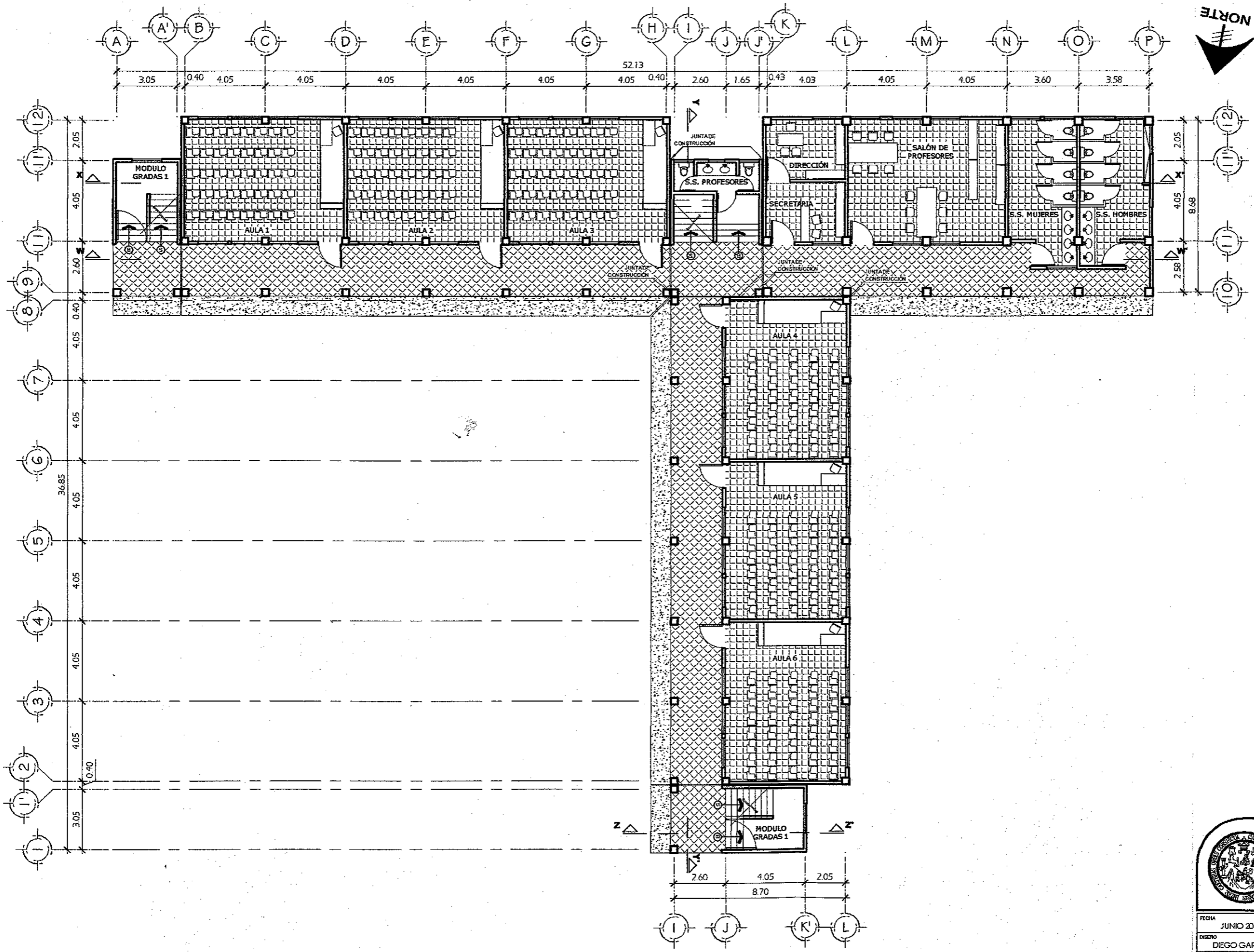
AREA = 25149.562 m² ~ 35992.796 vrs² ~ 3.599 Mz

TOPOGRAFIA DEL TERRENO DISPONIBLE Y UBICACIÓN DEL EDIFICIO

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:1000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS UMONES MUNICIPALIDAD DE GUALÁN ALDEA LOS UMONES, GUALÁN, ZACAPA
	TOPOGRAFIA DEL TERRENO DISPONIBLE Y UBICACIÓN DEL EDIFICIO
FECHA: JUNIO 2012 DISEÑO: DIEGO GARCÍA REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK DIBUJO: DIEGO GARCÍA ESCALA: 1:1000	Ing. Juan Merck ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería
1 27	DIEGO GARCÍA EPSISTA INGENIERIA CIVIL



PLANTA ARQUITECTONICA 1° NIVEL
 EPS Ingenieria Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2 ESC 1:200

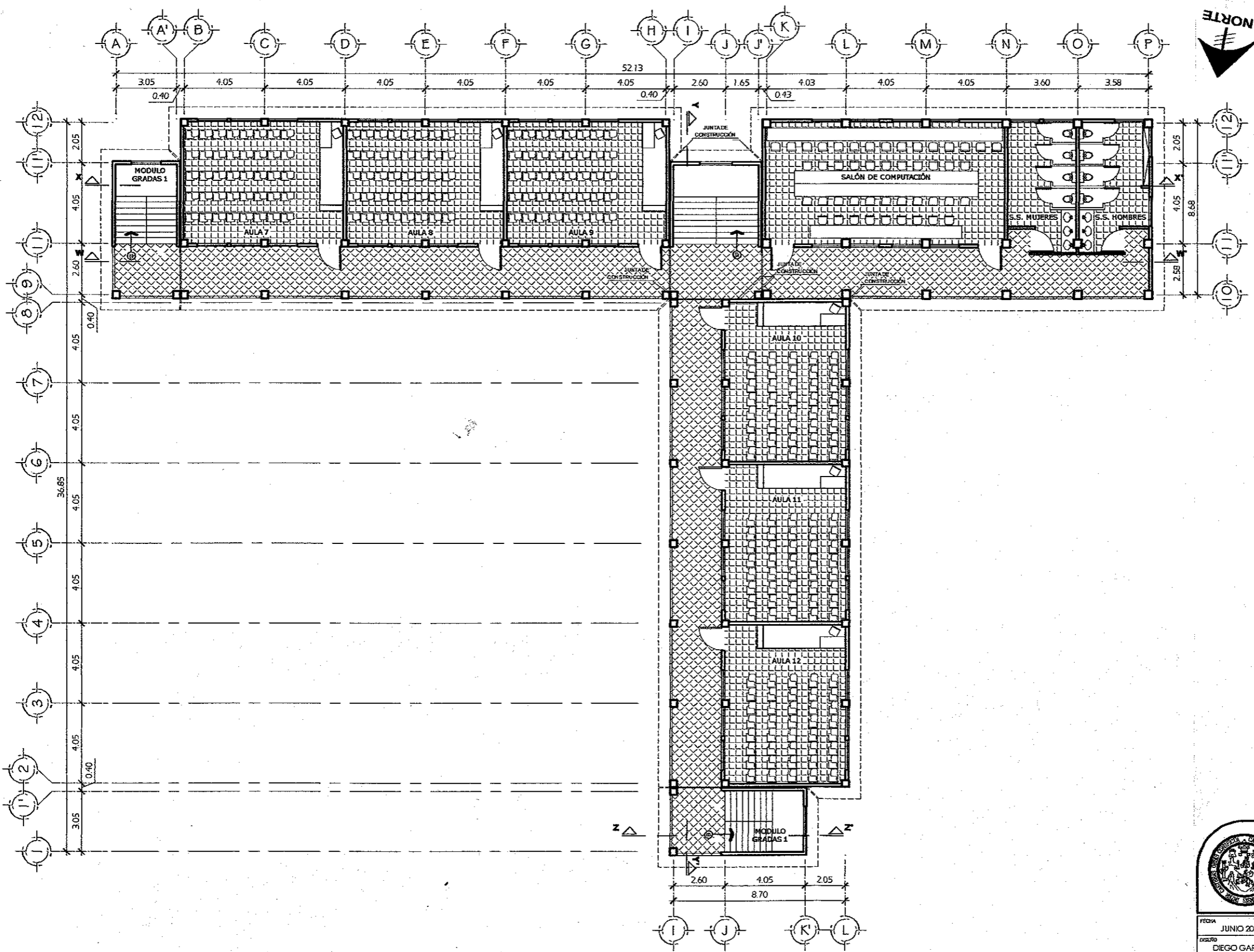


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALAN, ZACAPA

FECHA: JUNIO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCIA
 REVISION: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCIA
 ESCALA: 1:200

PLANTA ARQUITECTONICA DEL 1° NIVEL
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería
 DIEGO GARCIA MERCK COS
 EPSISTA INGENIERIA CIVIL EPS DE INGENIERIA CIVIL

2 / 27



PLANTA ARQUITECTONICA 2° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2 ESC 1:200



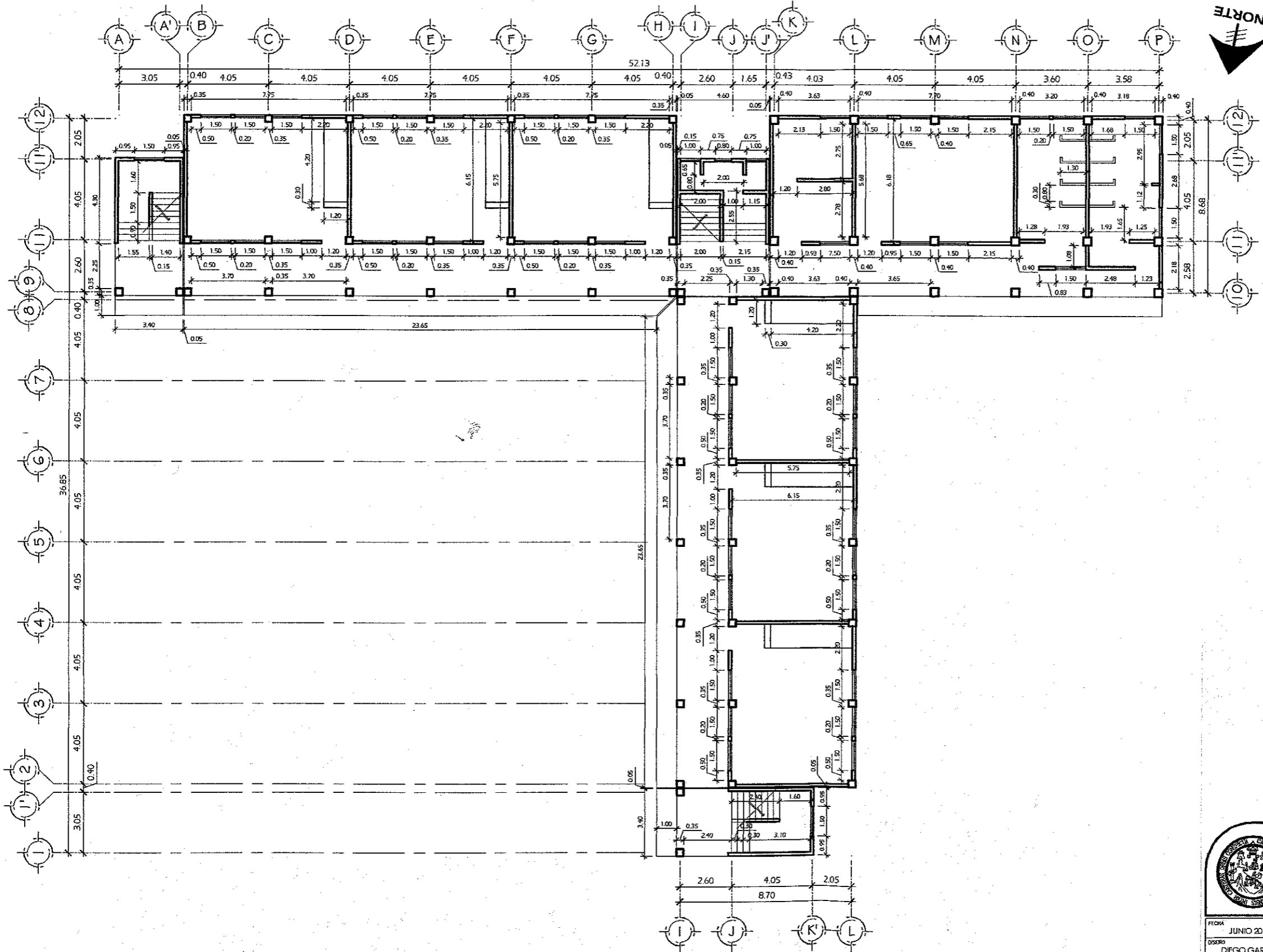
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

FECHA: JUNIO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCÍA
 REVISIÓN: Ing. JUAN MERCCK
 TÍTULO: DIEGO GARCÍA
 ESCALA: 1:200

PLANTA ARQUITECTONICA
 2° NIVEL
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

3 / 27

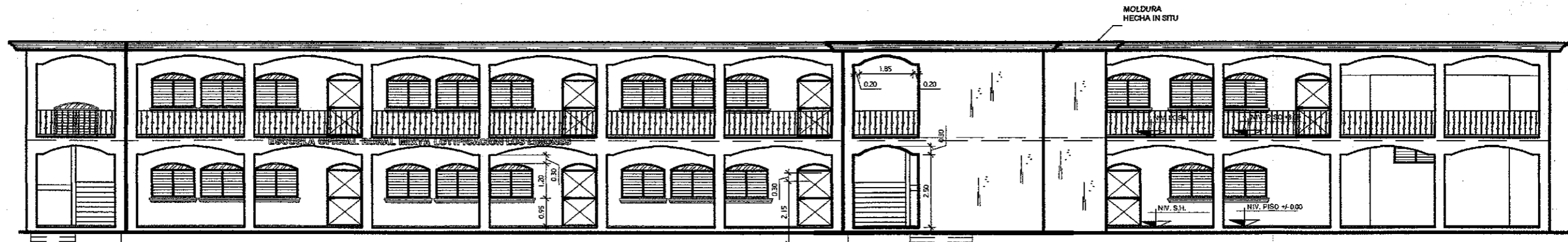
DIEGO GARCÍA DIAZ / JUAN MERCCK COS
 EPS INGENIERIA CIVIL / ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



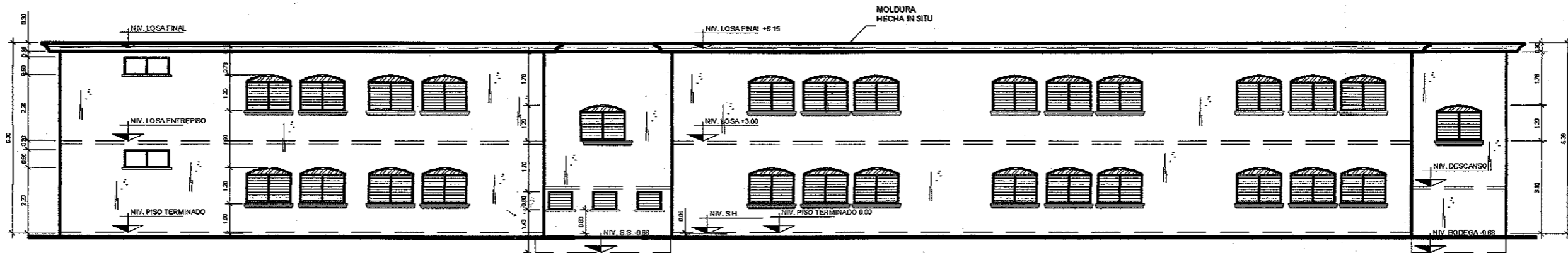

PLANTA ACOTADA 1° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2 ESC 1:200



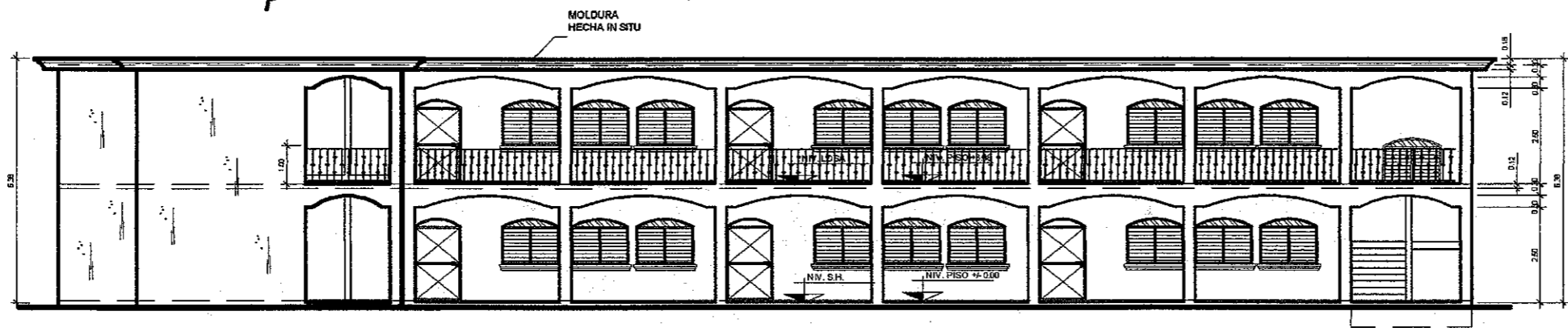
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL	
	EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES	
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN ALDEA LOS LIMONES		
FECHA: JUNIO 2012 DISEÑO: DIEGO GARCÍA REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK DIBUJO: DIEGO GARCÍA ESCALA: 1:200		
4 27	DIEGO GARCÍA DIAZ EPSISTA INGENIERIA CIVIL	
	Ing. JUAN MERCK COS ASESOR DE INGENIERIA CIVIL	



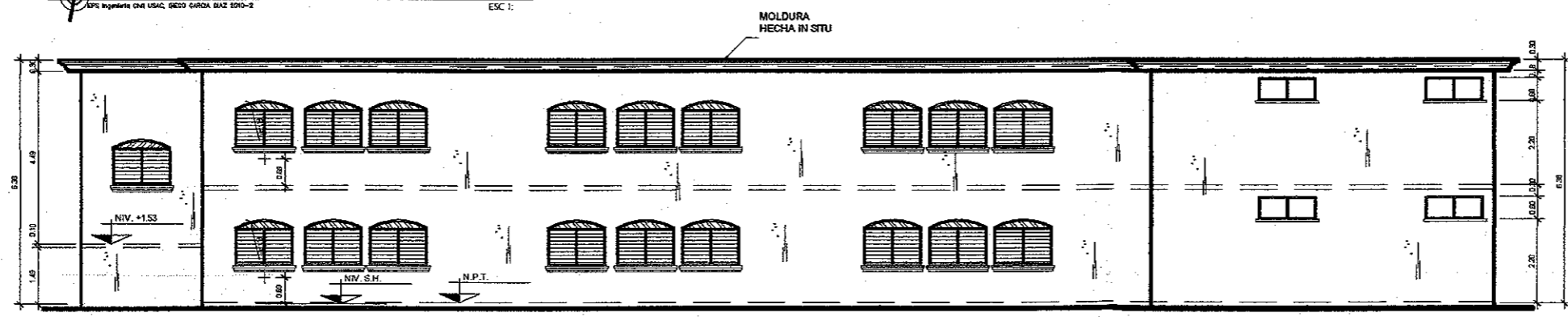
FACHADA FRONTAL
 ESC 1:150



FACHADA POSTERIOR
 ESC 1:150

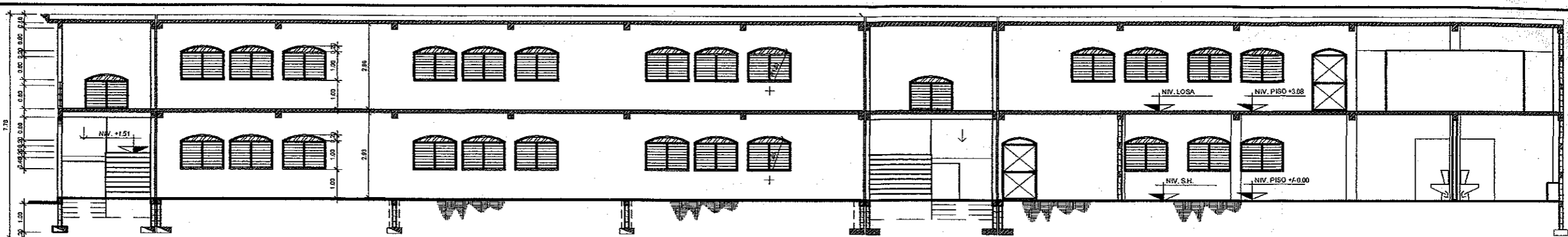


FACHADA LATERAL IZQUIERDA
 ESC 1:

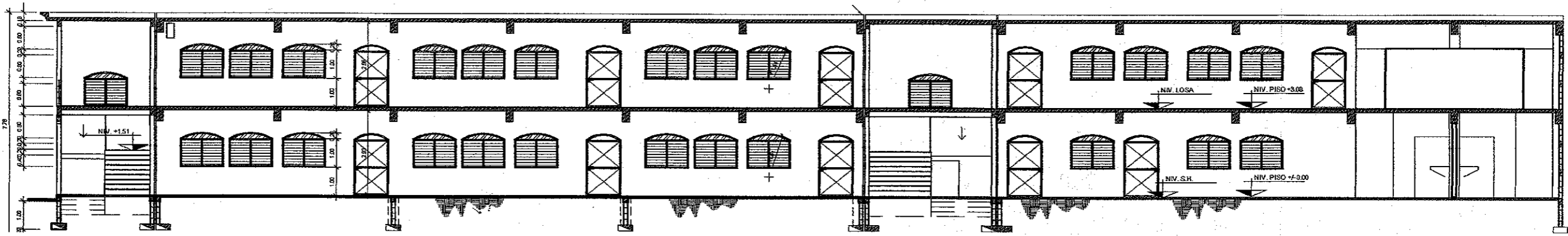


FACHADA LATERAL DERECHA
 ESC 1:

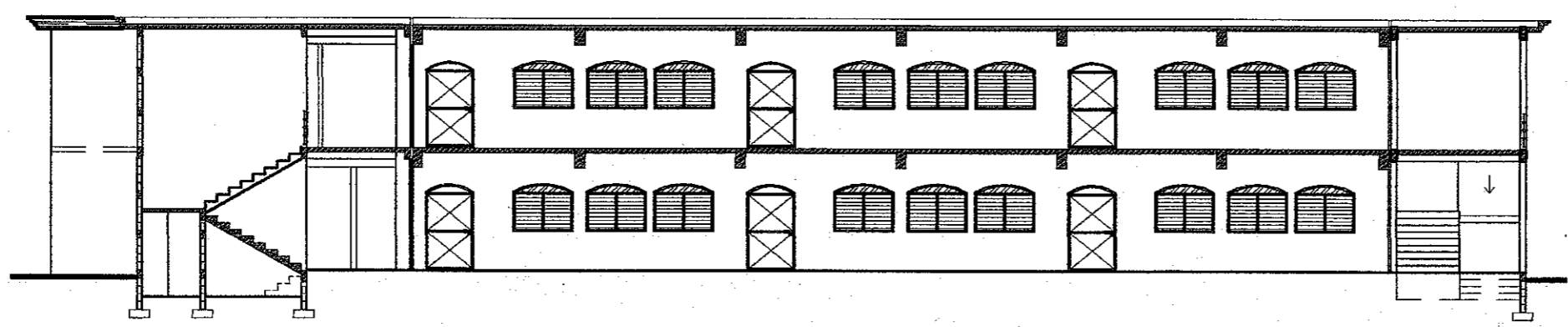
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL	
	EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES	
MUNICIPALIDAD DE GUALAN ALDEA LOS LIMONES, GUATAMAL, ZACAPA		
FECHA: JUNIO 2012	DISEÑO: DIEGO GARCIA	
REVISION: Ing. JUAN MERCK	DISEÑO: DIEGO GARCIA	
ESCALA: 1:	6 / 27	
DIEGO GARCIA DIAZ ESPERITA INGENIERIA		JUAN MERCK COS ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



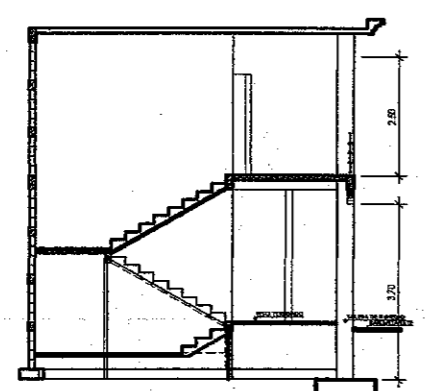
CORTE W - W
 EPS Ingeniería CIA USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 ESC 1:1



CORTE X - X'
 EPS Ingeniería CIA USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 ESC 1:150

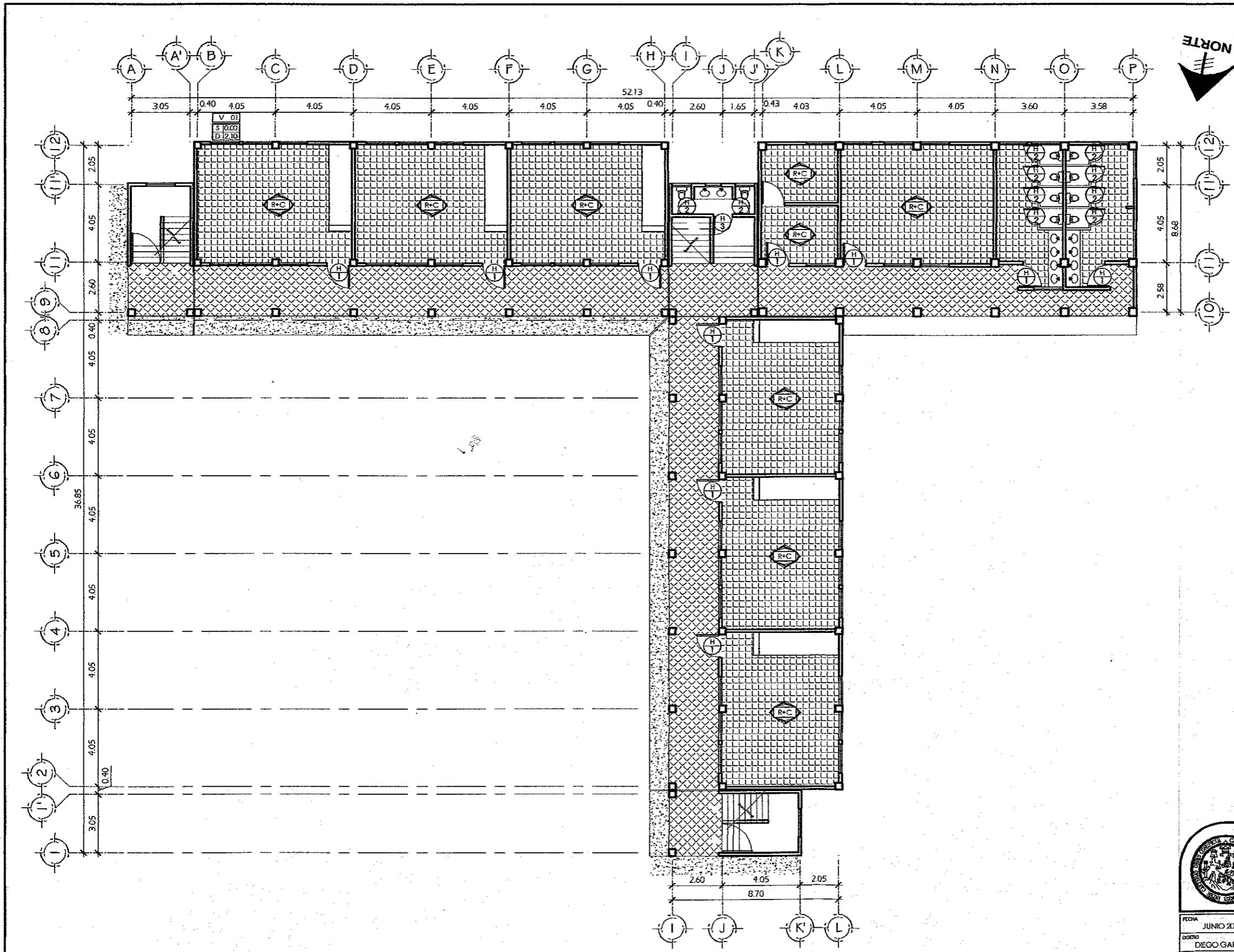


CORTE Y - Y'
 EPS Ingeniería CIA USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 ESC 1:150



CORTE Z - Z'
 EPS Ingeniería CIA USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 ESC 1:150

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA <small>ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL</small>	
	EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES MUNICIPALIDAD DE GUALÁN <small>ALDEA LOS LIMONES</small>	
FECHA JUNIO 2012		
DISEÑO DIEGO GARCÍA	Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	
REVISIÓN Ing. JUAN MERCK	DIEGO GARCÍA	
DISEÑO DIEGO GARCÍA	ESCALA 1 : 150	
ESCALA 1 : 150	7 / 27	
DIEGO GARCÍA DIAZ <small>INGENIERO INGENIERIA CIVIL</small>		Ing. JUAN MERCK COS <small>ASESOR DE INGENIERIA CIVIL</small>



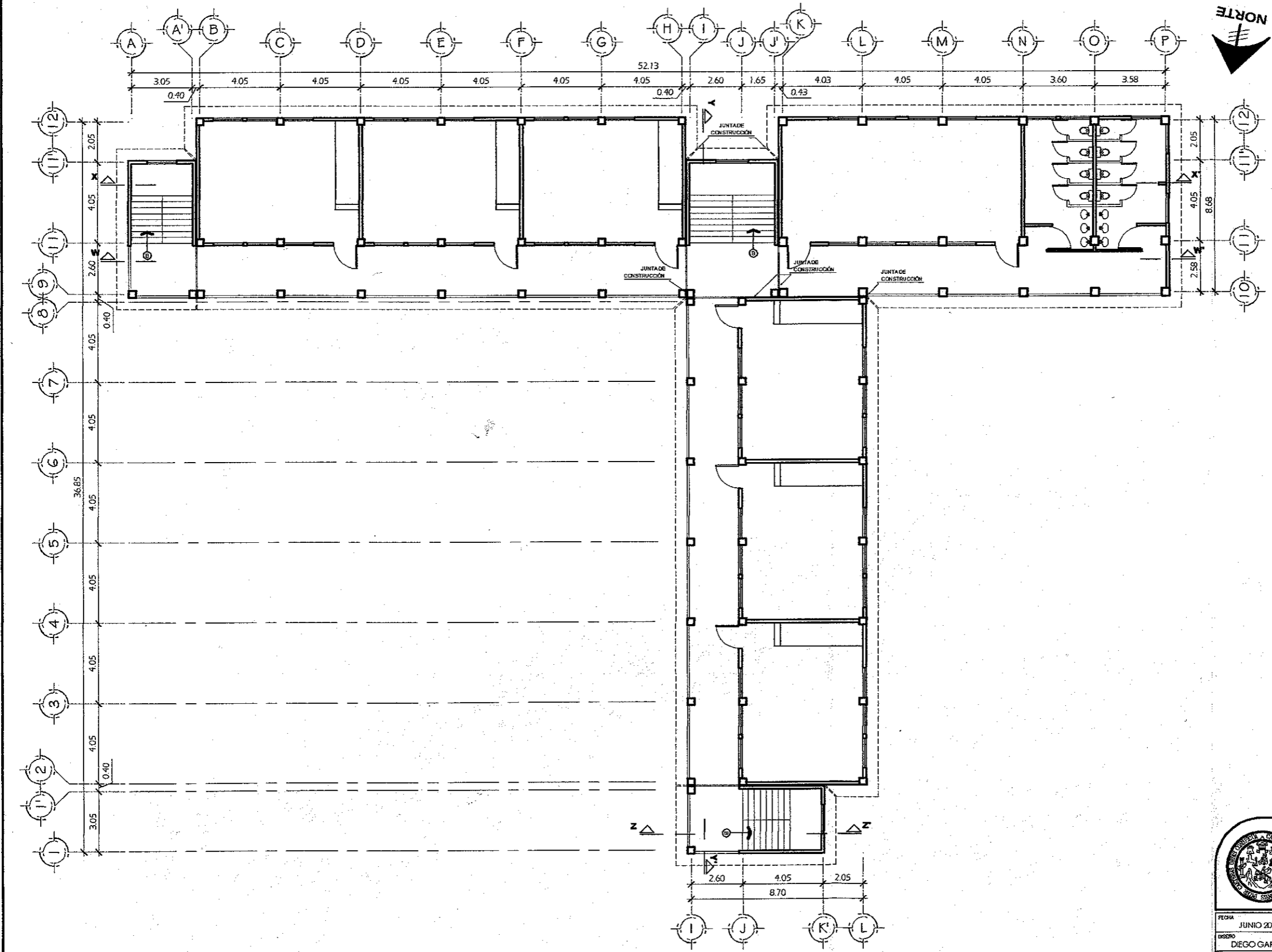
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALAN, ZACAPA

FECHA: JUNIO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCIA
 REVISION: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCIA
 ESCALA: 1:200

PLANTA DE ACABADOS
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS
 Facultad de Ingenieria

8
 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 INGENIERO CIVIL
 JUAN MERCK COS
 INGENIERO CIVIL



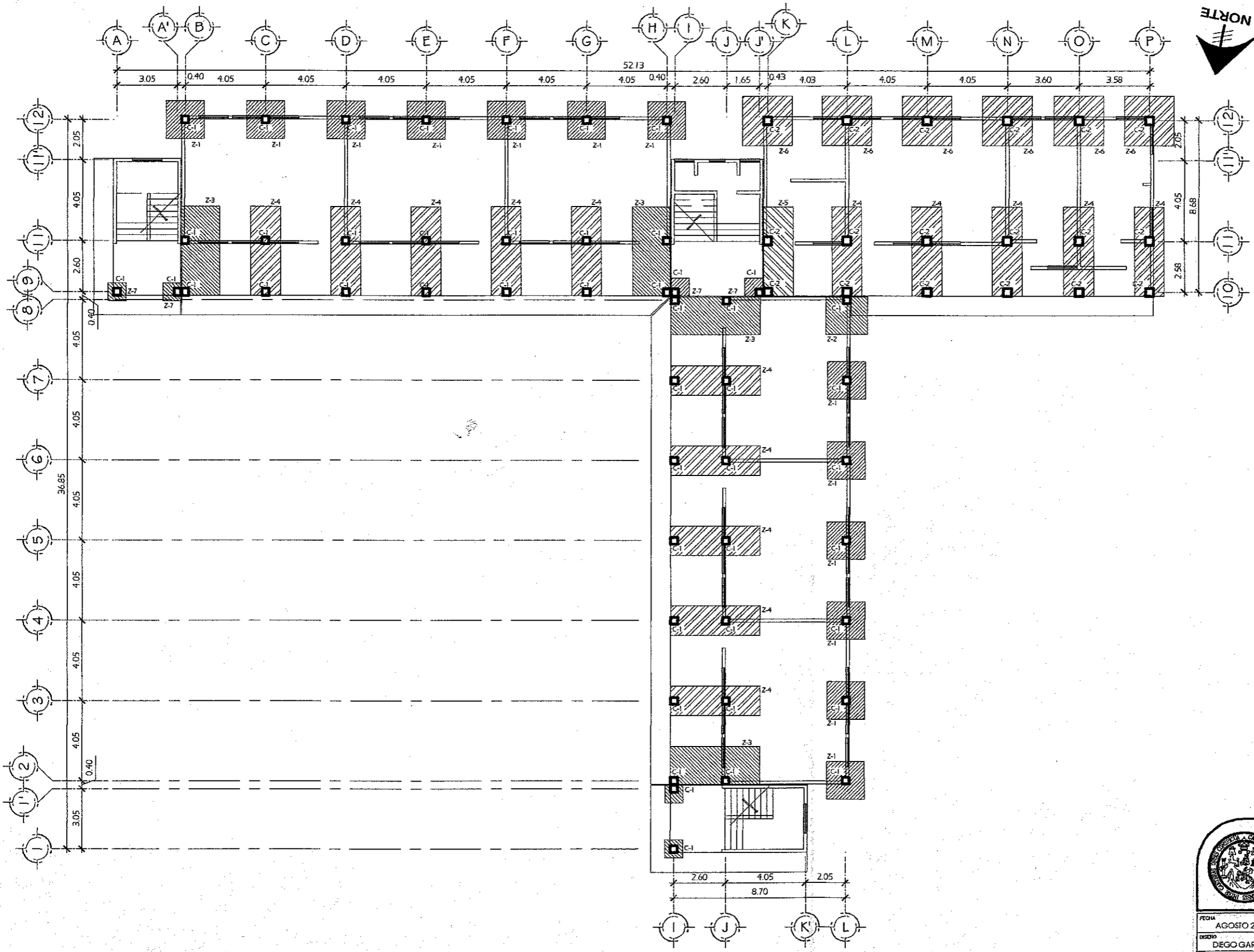
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS UMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN
 ALDEA LOS UMONES, GUALAN, ZACAPA

FECHA: JUNIO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCIA
 REVISION: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCIA
 ESCALA: 1:200

PLANTA DE ACEREBOS
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingenieria

9 / 27

DIEGO GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 JUAN MERCK COS
 INGENIERO CIVIL



ESPECIFICACIONES TECNICAS
 $f_c = 3000 \text{ psi}$
 $f_y = 60 \text{ ksi}$
 $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$

VALOR SOPORTE SUELO 37 TON/m²
 (factor de seguridad 4.4)

NOTA:
 • EL CONTRATISTA DEBERÁ CORROBORAR VALOR SOPORTE DE SUELO

PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS 1° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2 ESC 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

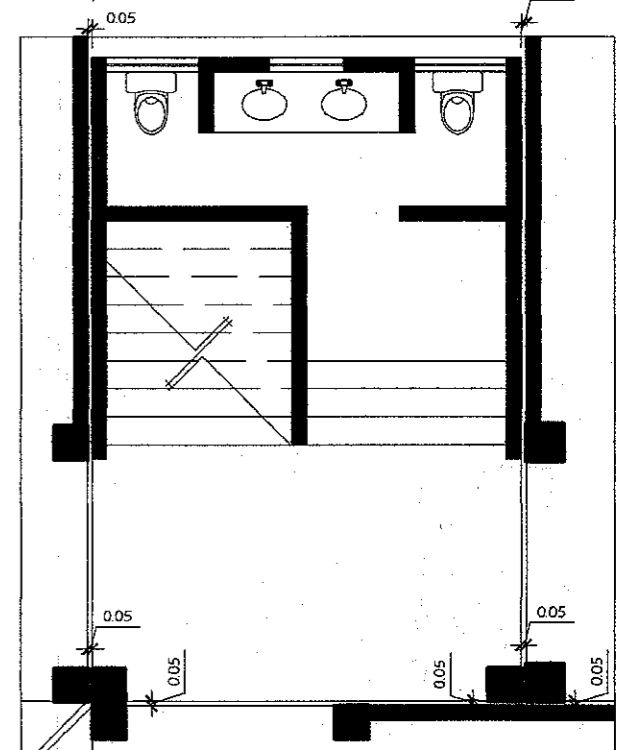
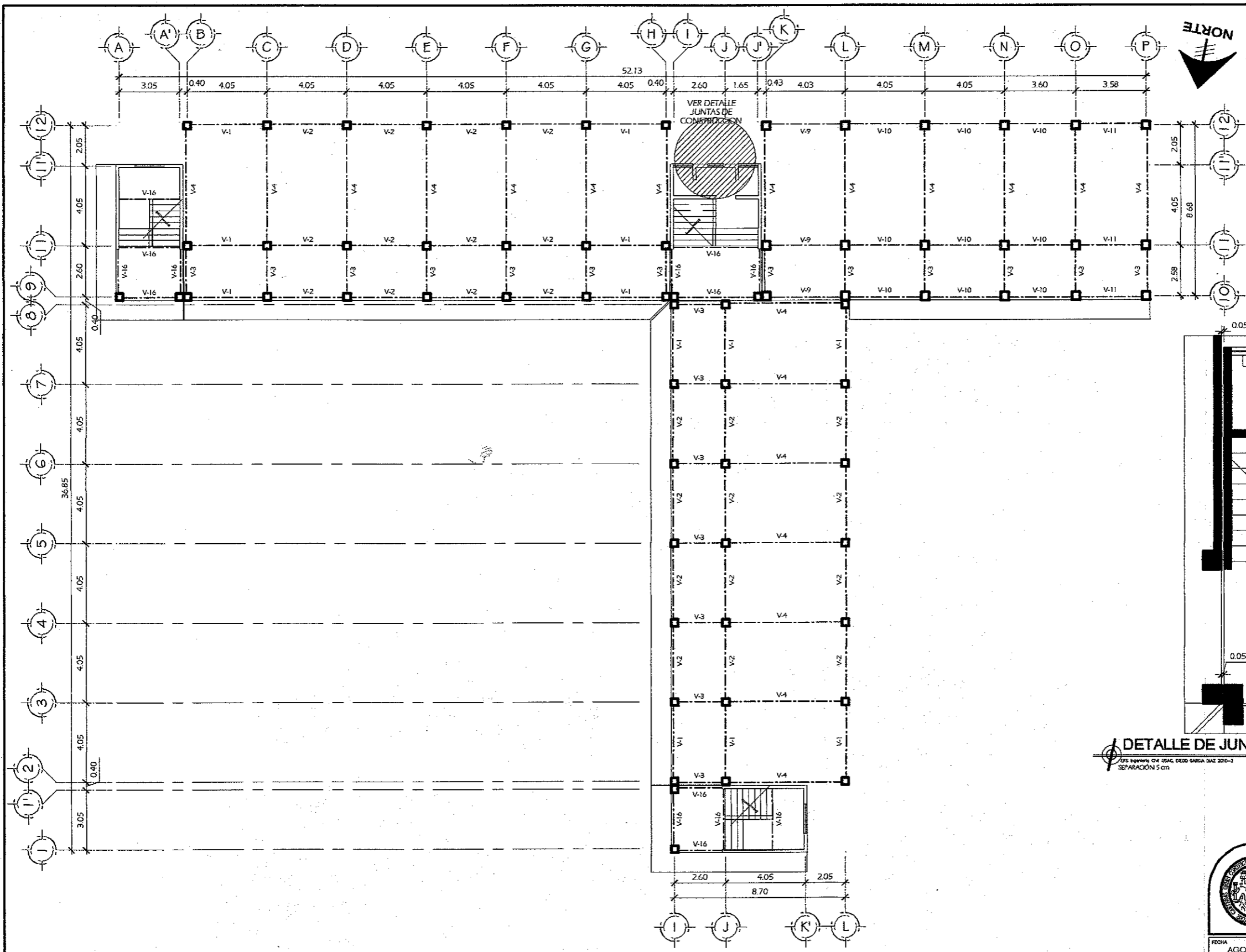
FECHA: AGOSTO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCIA
 REVISION: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCIA
 ESCALA: 1:200

PLANTA DE ZAPATA Y COLUMNAS, 1° NIVEL

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

DIEGO GARCIA DIAZ
 ESTUDIANTE DE INGENIERIA CIVIL

10
 27



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION
SEPARACION 5 cm SIN ESCALA

PLANTA DE VIGAS 1° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200



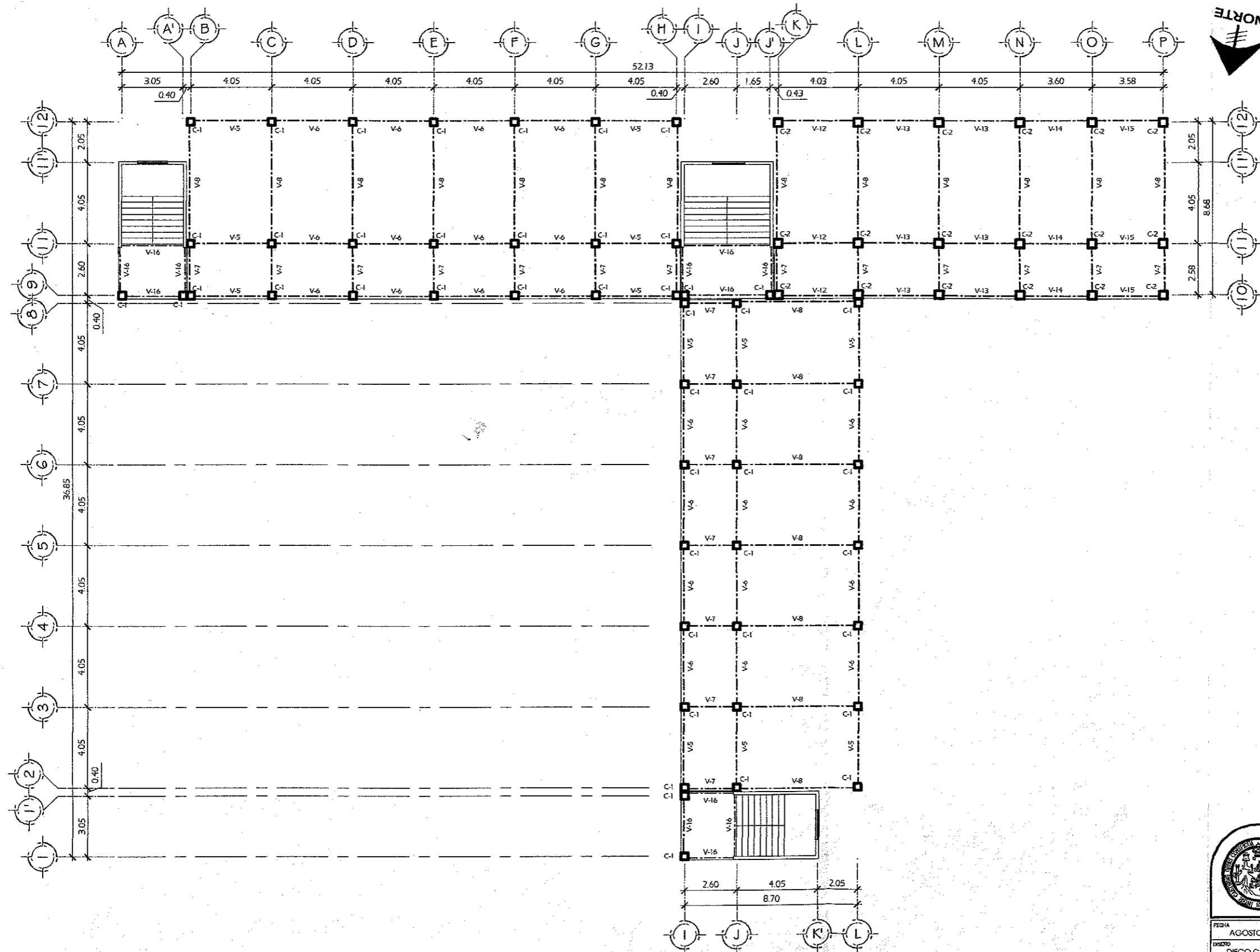
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
PARA LA ALDEA LOS LIMONES
MUNICIPALIDAD DE GUALAN
ALDEA LOS LIMONES, GUATEMALA

FECHA: AGOSTO 2012
DISEÑO: DIEGO GARCIA
REVISION: Ing. JUAN MERCK
DIBUJO: DIEGO GARCIA
ESCALA: 1:200

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

11
27

DIEGO GARCIA
EPSISTA INGENIERIA CIVIL
JUAN MERCK COS
ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE VIGAS Y COLUMNAS 2° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
PARA LA ALDEA LOS LIMONES

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

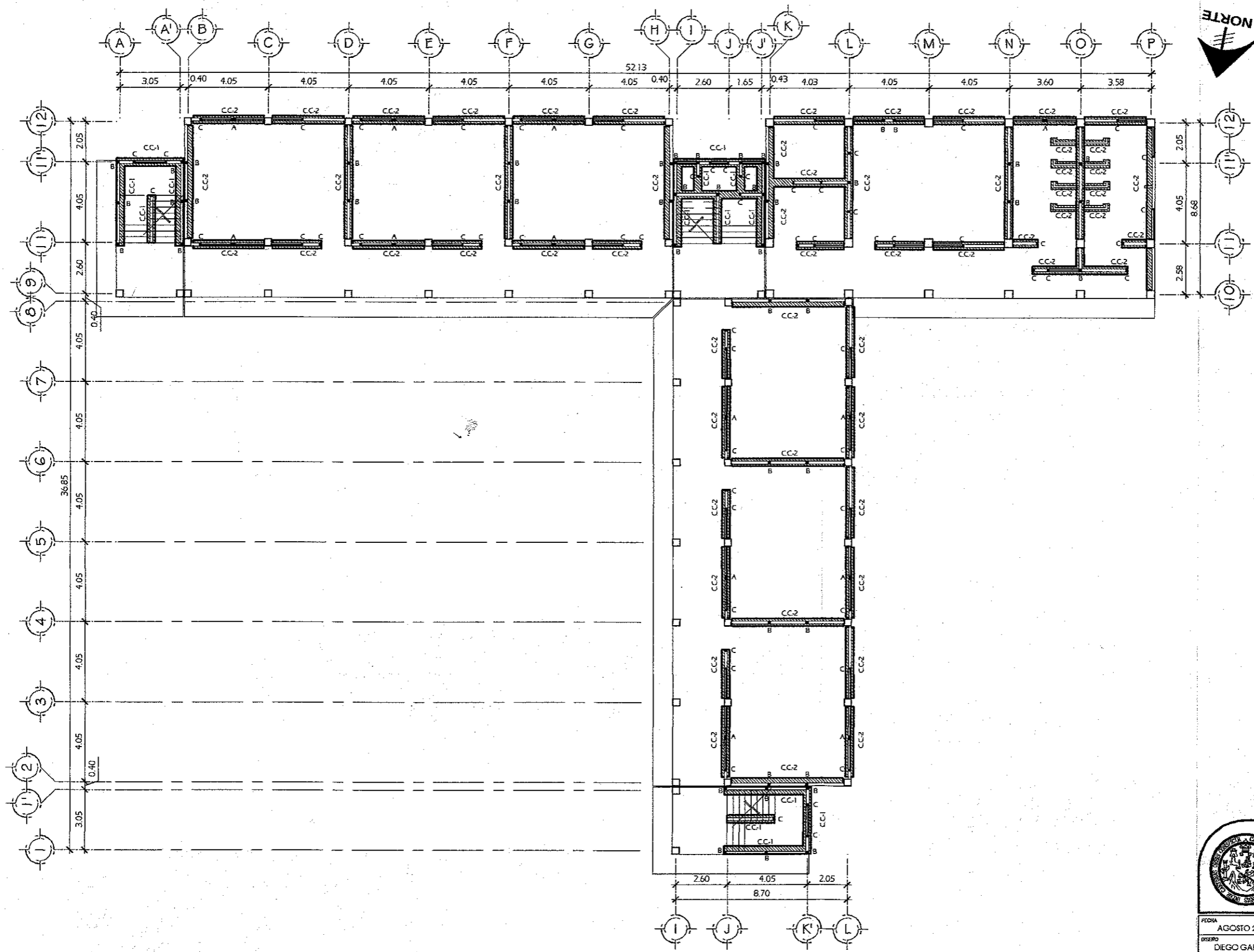
FECHA: AGOSTO 2012
DISEÑO: DIEGO GARCÍA
REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK
DIBUJO: DIEGO GARCÍA
ESCALA:

PLANTA DE VIGAS Y COLUMNAS DE 2° NIVEL

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

1 : 200
12 / 27

DIEGO GARCIA DIAZ
EPS/ITA INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE MAMPOSTERIA + CIMENTO CORRIDO 1° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200



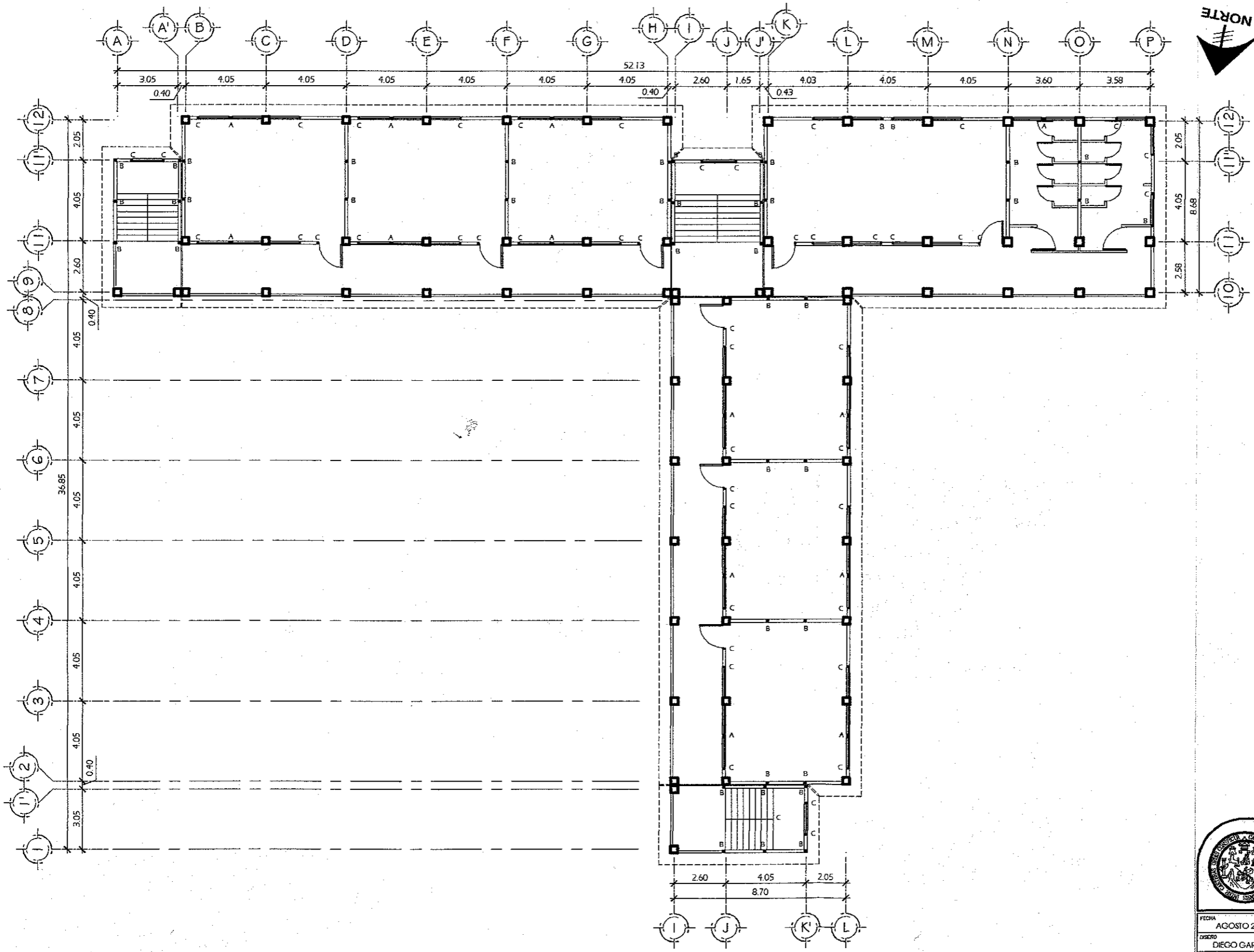
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALAN, ZACAPA

FECHA
 AGOSTO 2012
 DISEÑO
 DIEGO GARCIA
 REVISION
 Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO
 DIEGO GARCIA
 ESCALA
 1 : 200

PLANTA DE MAMPOSTERIA + CIMENTO CORRIDO 1° NIVEL
 MA
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

13
 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 INGENIERO CIVIL



PLANTA DE MAMPOSTERIA 2° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200



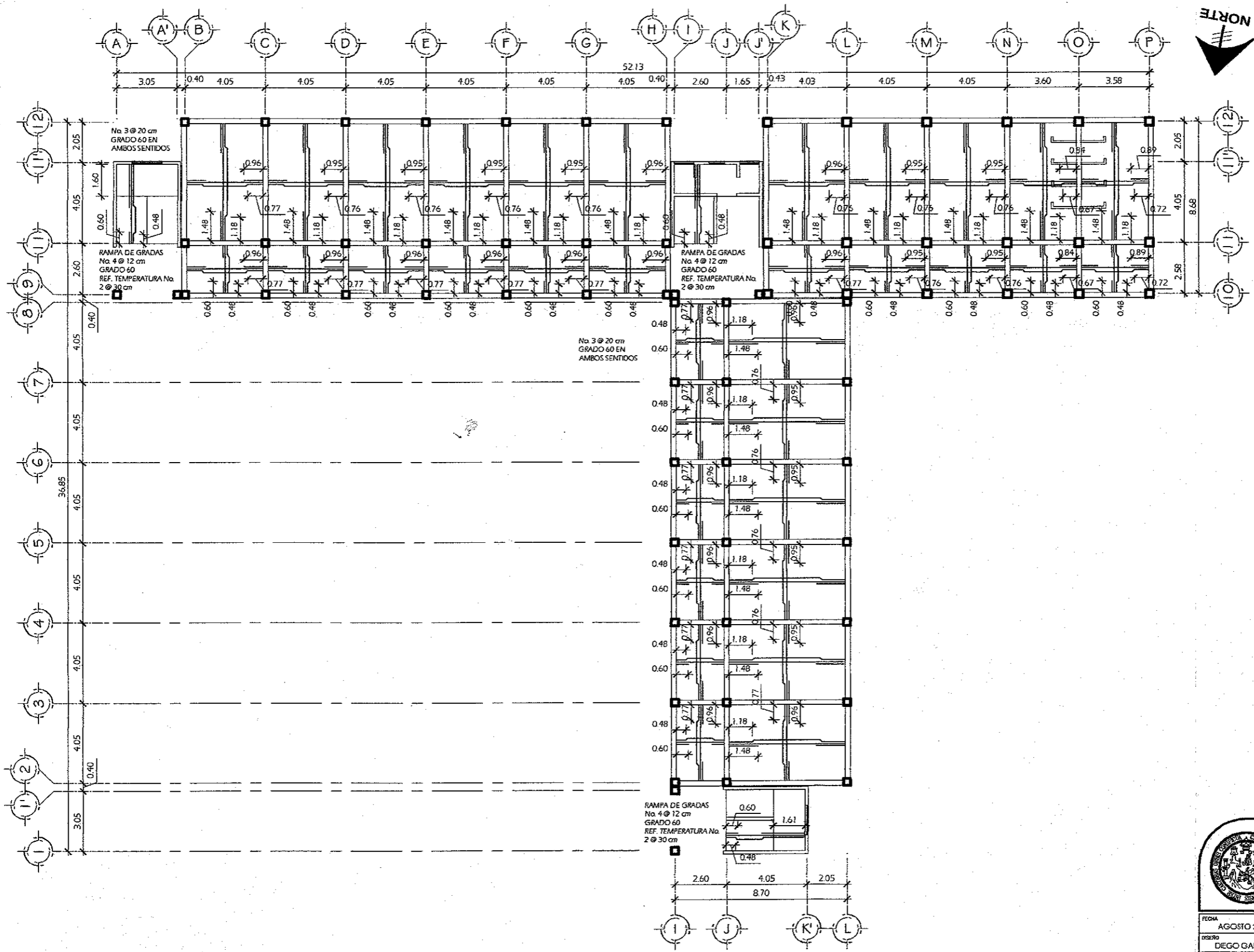
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

FECHA: AGOSTO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCÍA
 REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCÍA
 ESCALA: 1:200

PLANTA DE MAMPOSTERIA DE 2° NIVEL
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

14
 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 EPS INGENIERIA CIVIL
 Ing. JUAN MERCK COS
 EPS INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE LOSAS 1° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESCALA 1:200



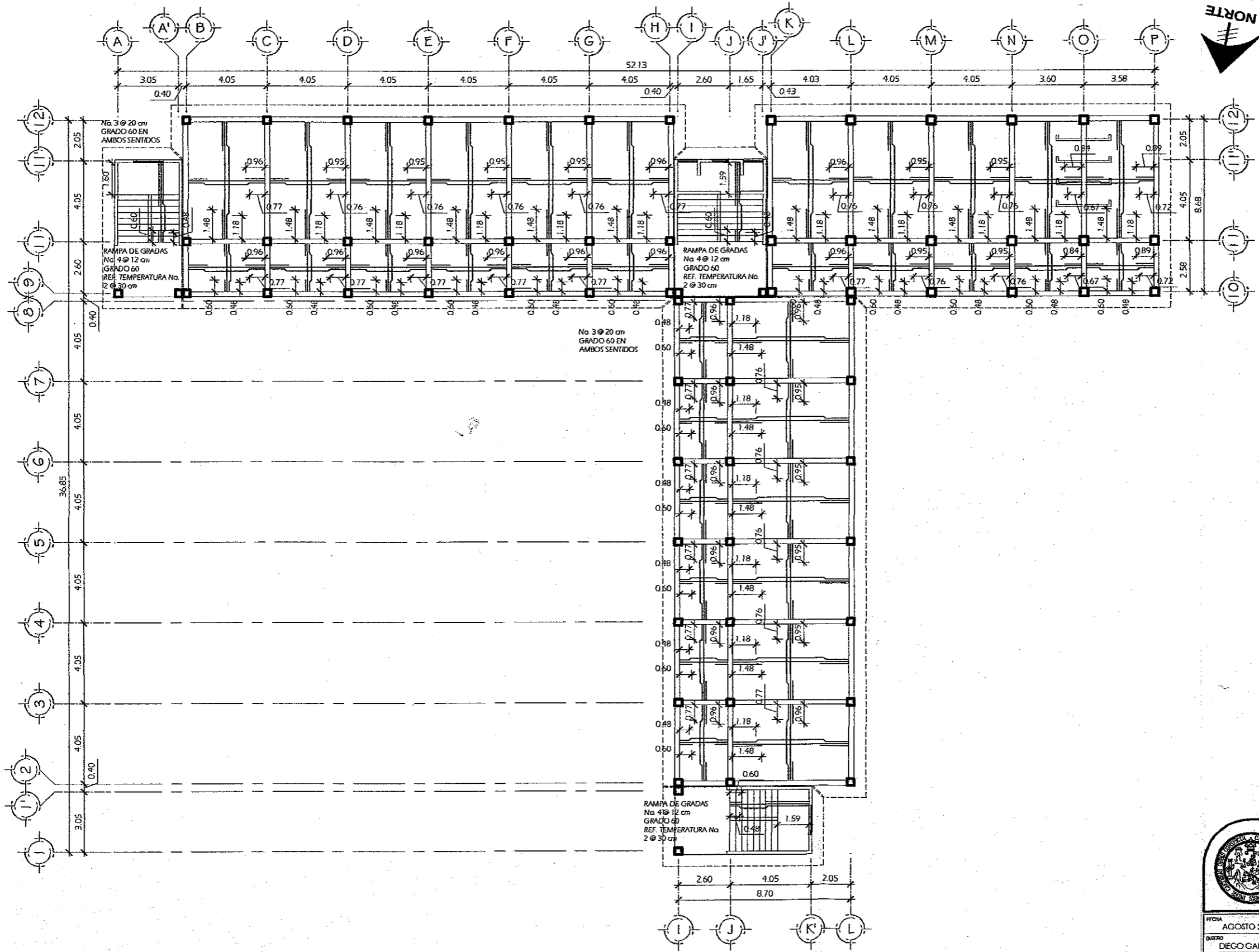
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

FECHA: AGOSTO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCÍA
 REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCÍA
 ESCALA: 1:200

PLANTA DE LOSAS 1° NIVEL
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería

15 / 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 EPS INGENIERIA CIVIL USAC



PLANTA DE LOSAS 2° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC. 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

FECHA	AGOSTO 2012
DISEÑO	DIEGO GARCÍA
REVISIÓN	Ing. JUAN MERCK
DIBUJO	DIEGO GARCÍA
ESCALA	1:200

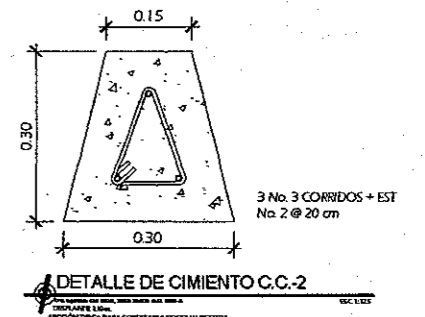
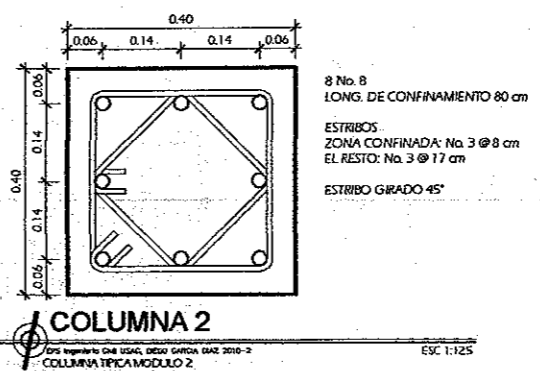
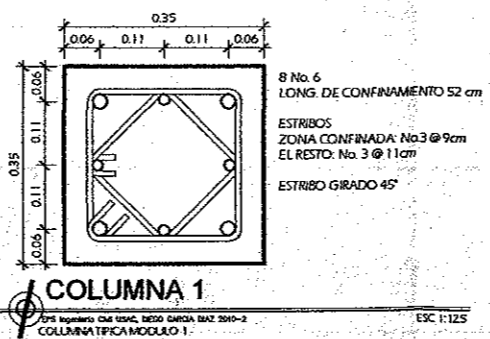
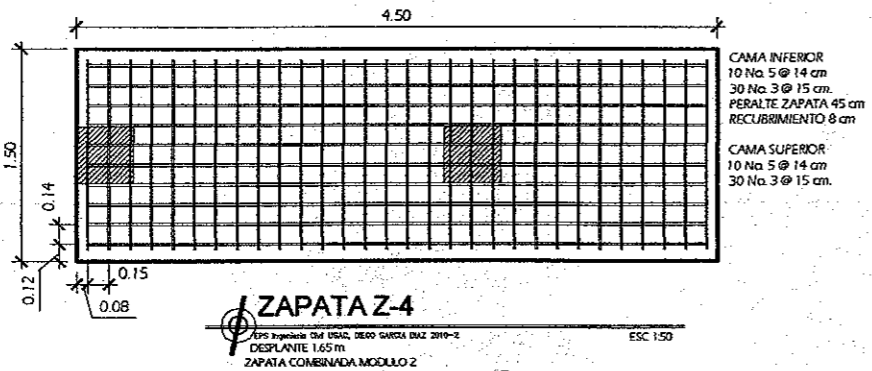
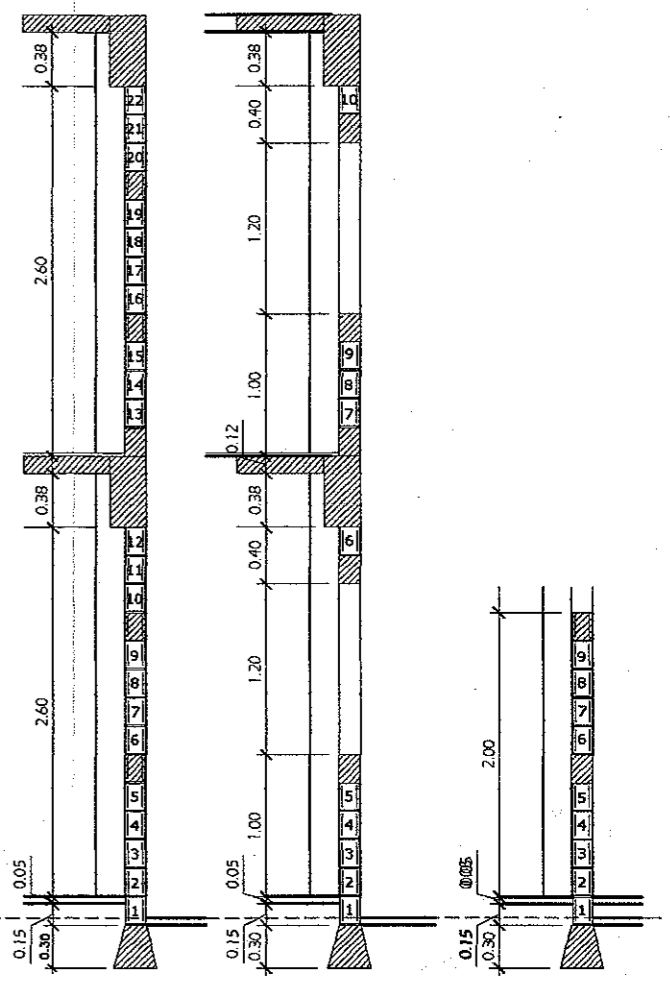
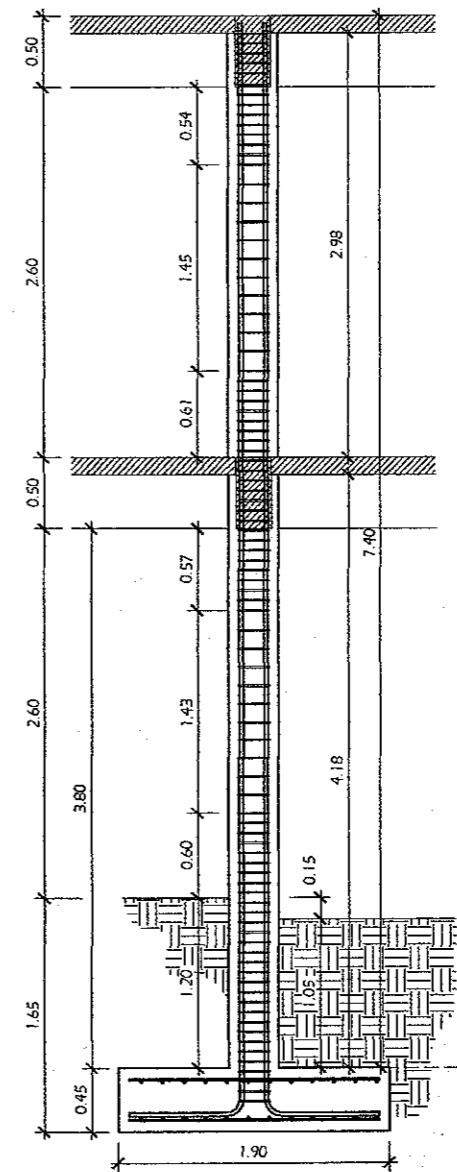
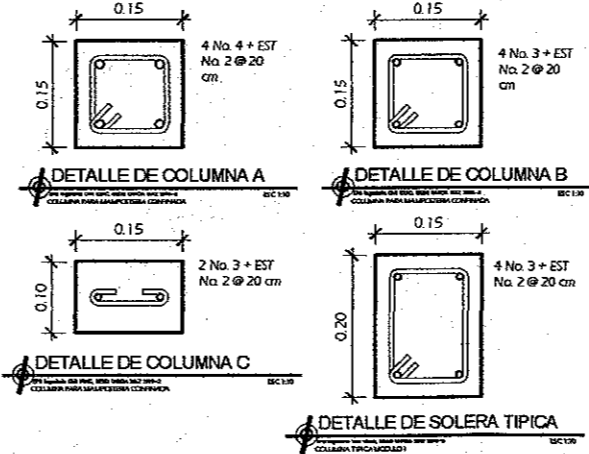
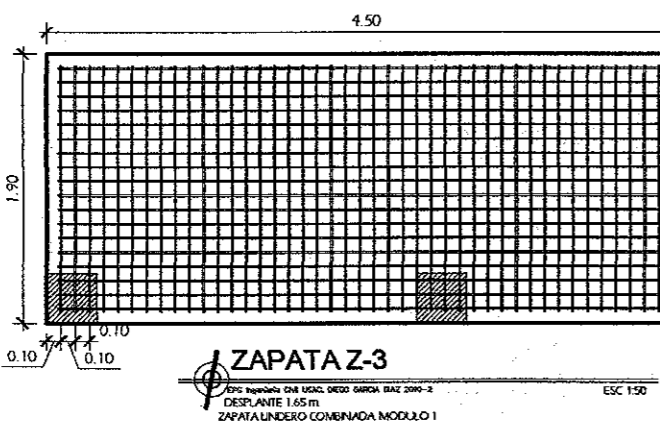
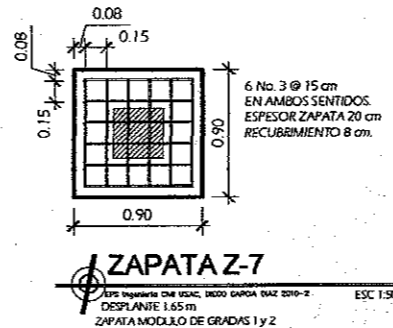
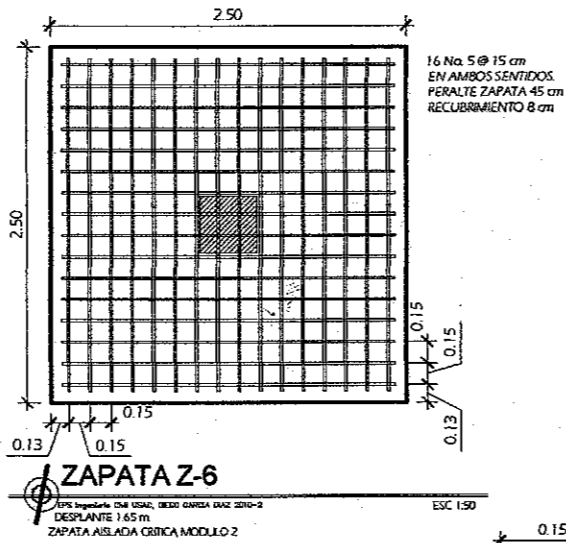
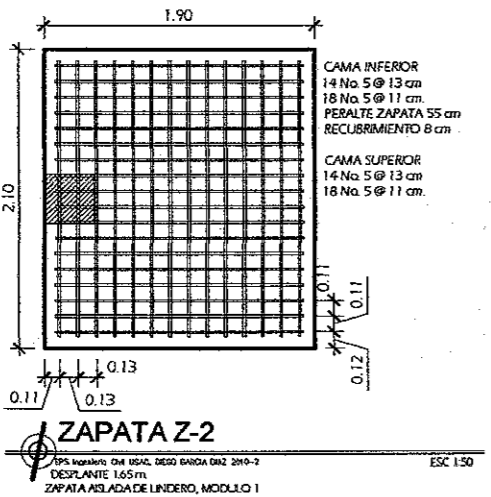
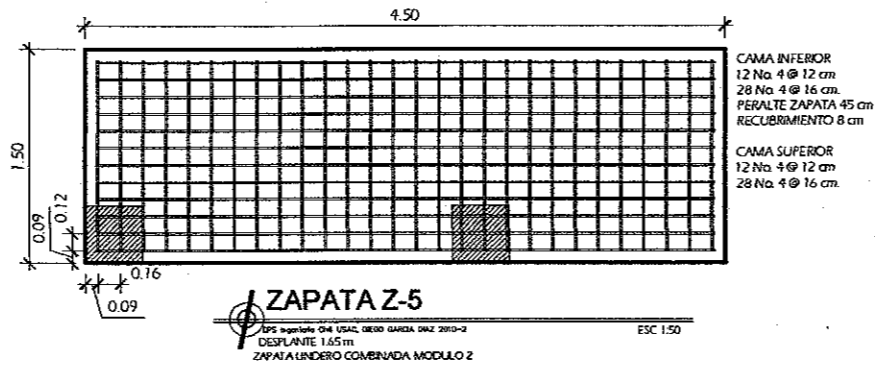
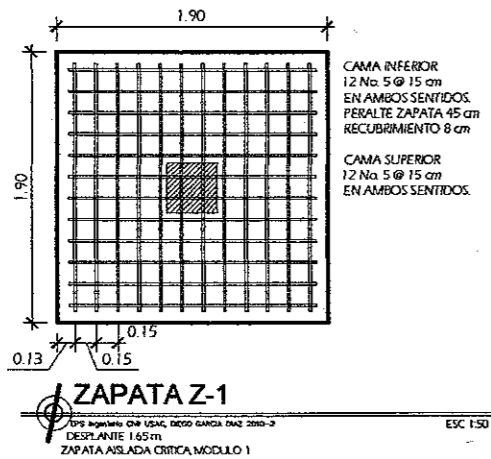
PLANTA DE LOSAS 2° NIVEL

Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

Diego García Díaz
 Inge. Civil

Juan Merck Cos
 Inge. Civil

16 / 27



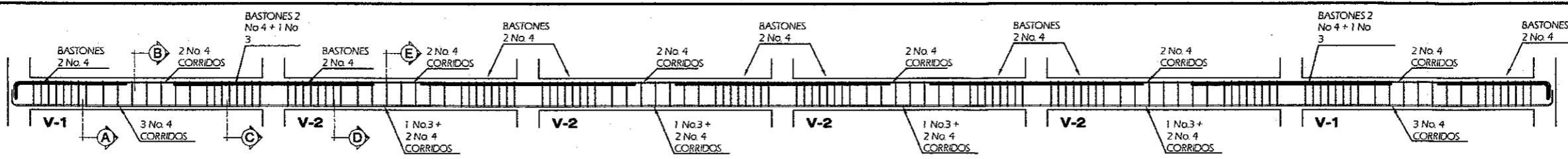
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUAYMAL, ZACAPA

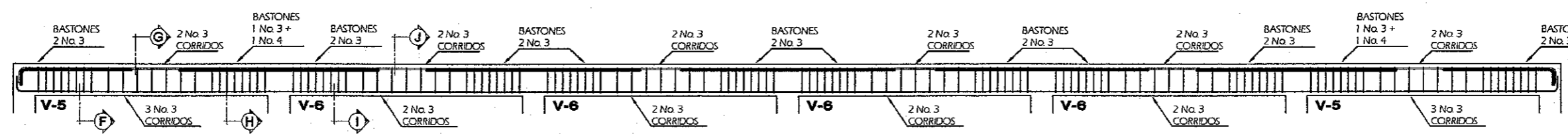
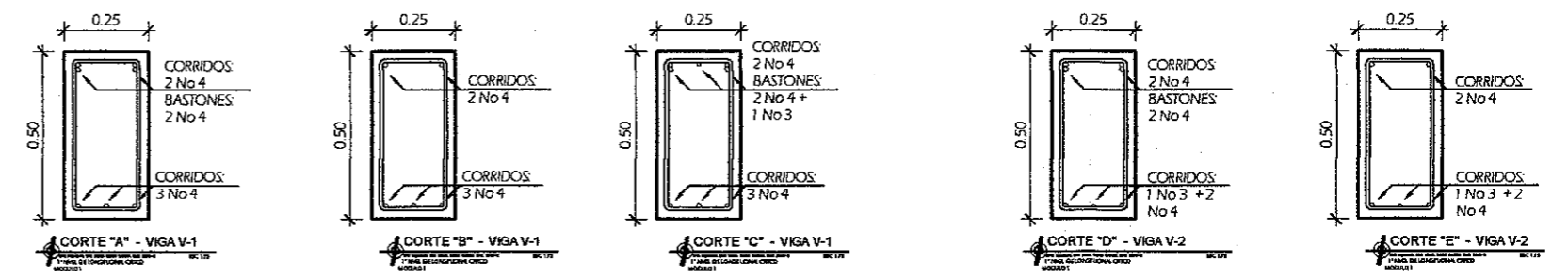
FECHA: AGOSTO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCÍA
 REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCÍA
 ESCALA: INDICADA

17 / 27

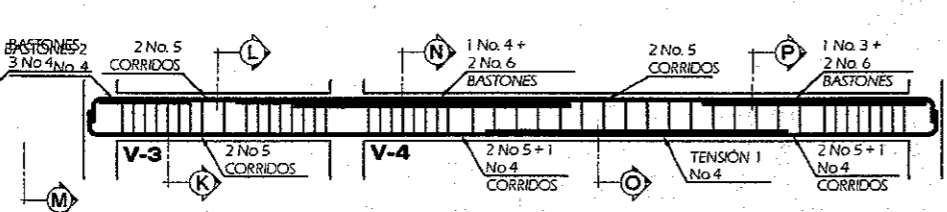
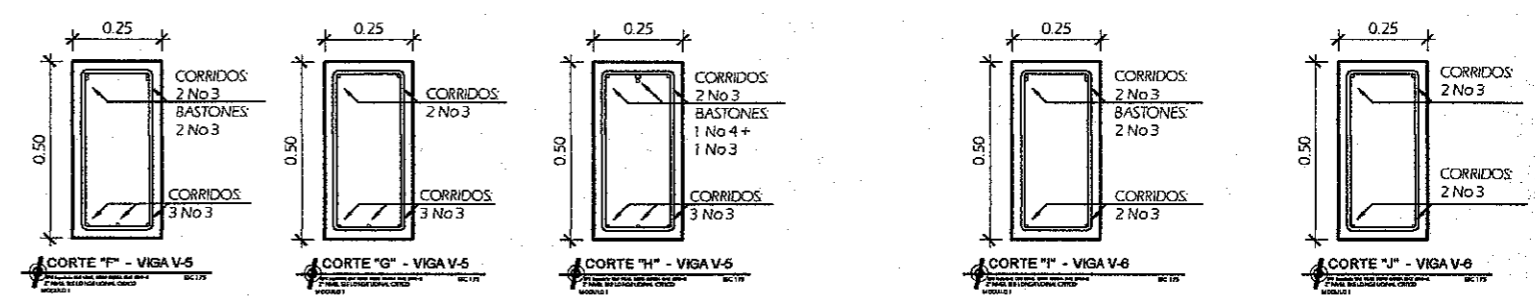
DETALLES ESTRUCTURALES
 ZAPATA Y COLUMNA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 DIEGO GARCÍA DÍAZ
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



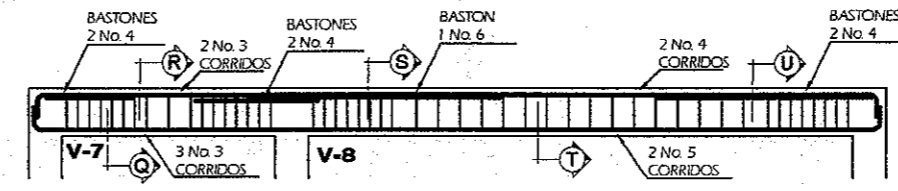
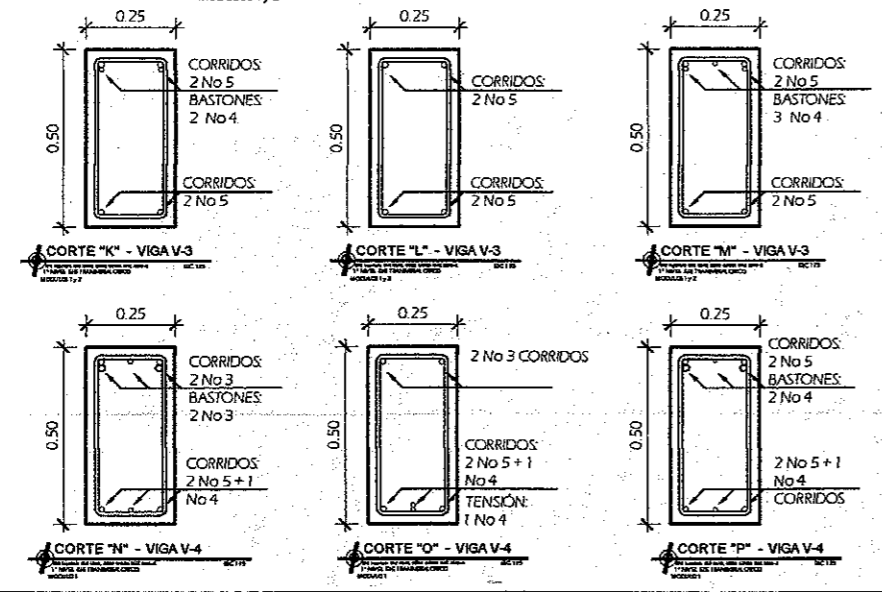
ARMADO TÍPICO, VIGAS LONGITUDINALES
EPS Ingeniería Civil USAC, DESD GARZA DIAZ 2010-2
 1° NIVEL E.E CRÍTICO
 MODULO 1
 ESC 1:75



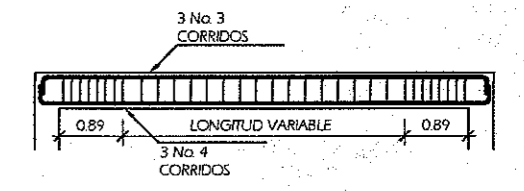
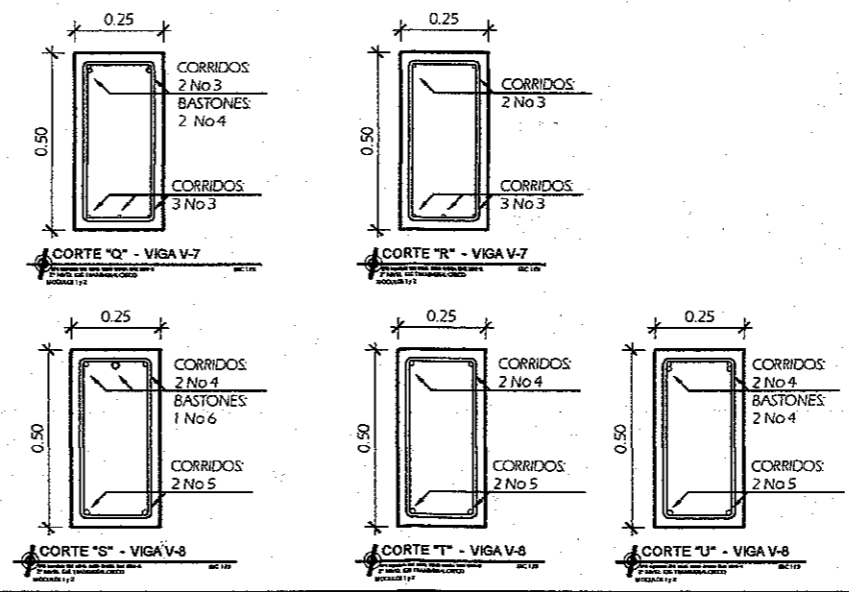
ARMADO TÍPICO, VIGAS LONGITUDINALES
EPS Ingeniería Civil USAC, DESD GARZA DIAZ 2010-2
 2° NIVEL E.E CRÍTICO
 MODULO 1
 ESC 1:75



ARMADO TÍPICO, VIGAS TRANSVERSALES
EPS Ingeniería Civil USAC, DESD GARZA DIAZ 2010-2
 1° NIVEL E.E CRÍTICO
 MODULOS 1 y 2
 ESC 1:75



ARMADO TÍPICO, VIGAS TRANSVERSALES
EPS Ingeniería Civil USAC, DESD GARZA DIAZ 2010-2
 2° NIVEL E.E CRÍTICO
 MODULO 1
 ESC 1:75



ARMADO TÍPICO VIGAS V-16
EPS Ingeniería Civil USAC, DESD GARZA DIAZ 2010-2
 MODULOS DE GRADAS
 SECCIÓN 20x40
 ESC 1:100

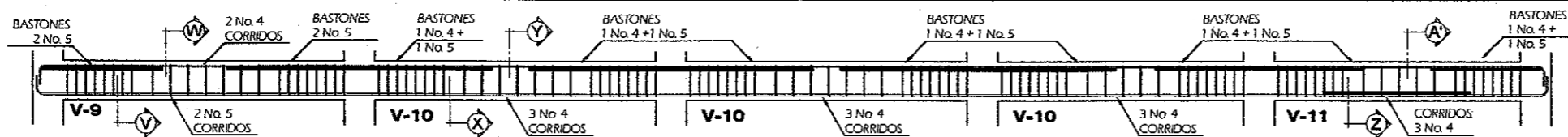
RESISTENCIA DE MATERIALES
 • $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 • $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$



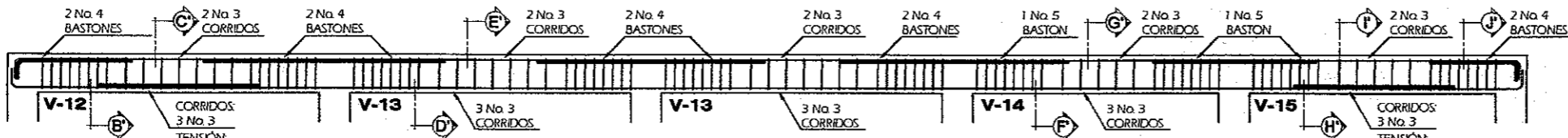
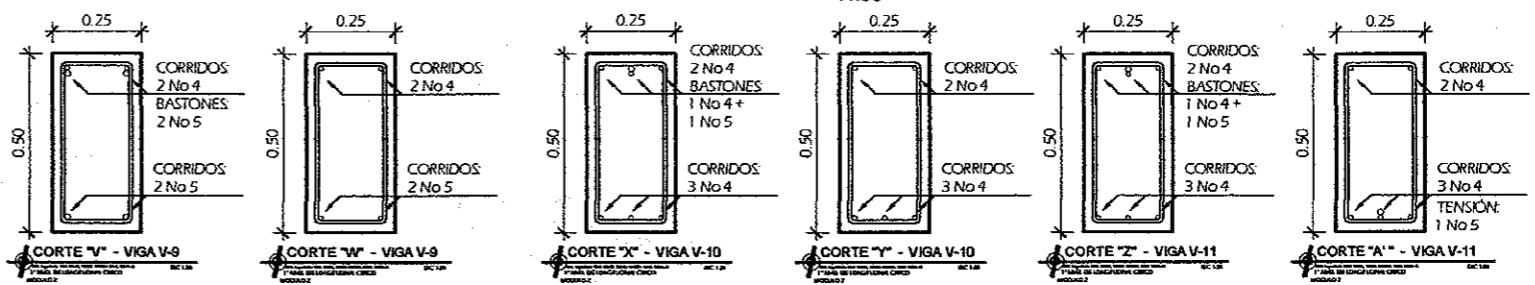
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

FECHA: AGOSTO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCÍA
 REVISIÓN: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCÍA
 ESCALA: INDICADA
 18 / 27

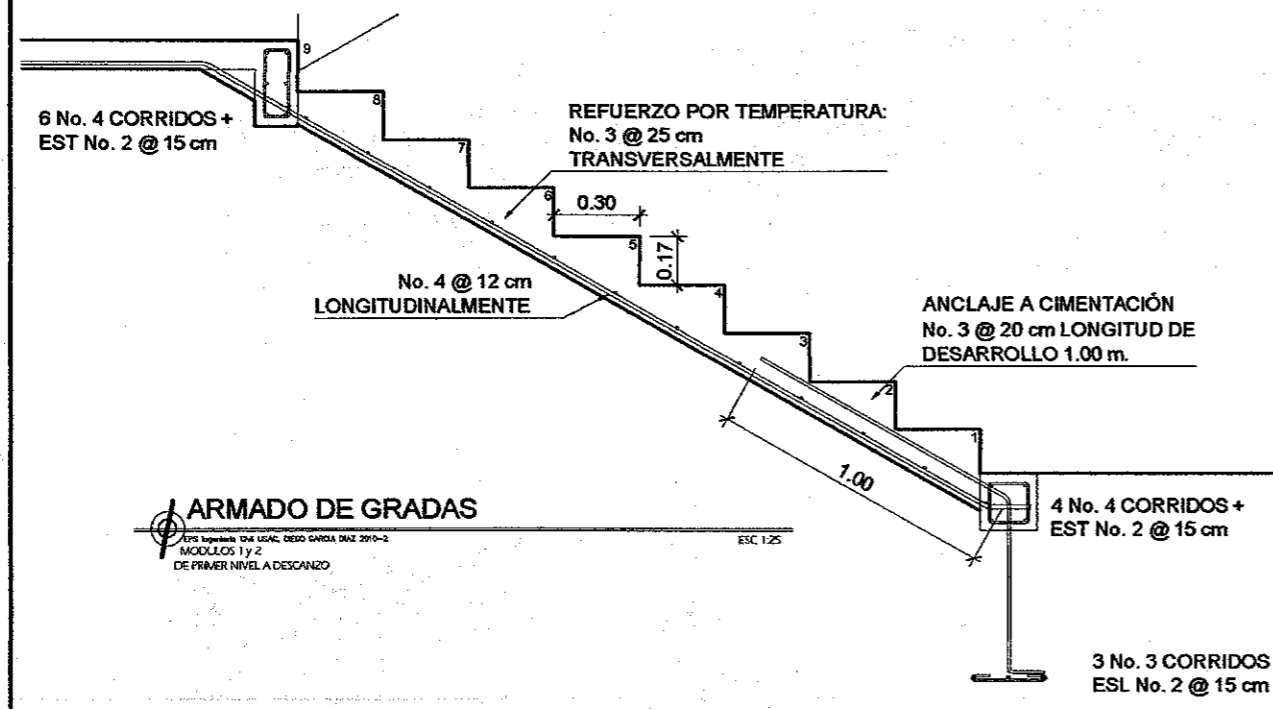
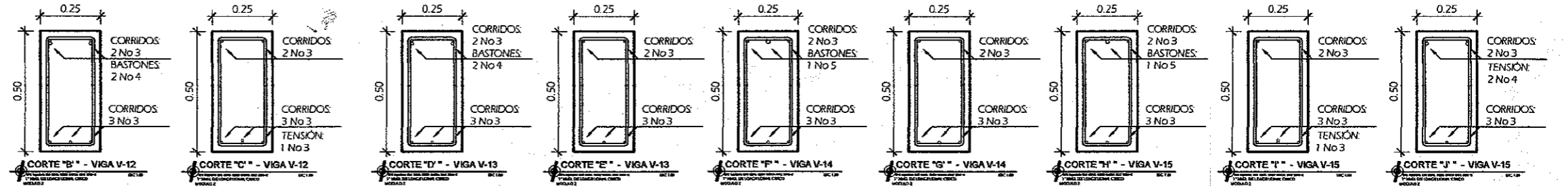
DETALLES ESTRUTURALES
 ARMADOS DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 MODULO 1
 Ing. Juan Merck Gas
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 DIEGO GARCÍA DIAZ
 EPESISTA INGENIERO CIVIL
 Ing. JUAN MERCK COS
 INGENIERO CIVIL



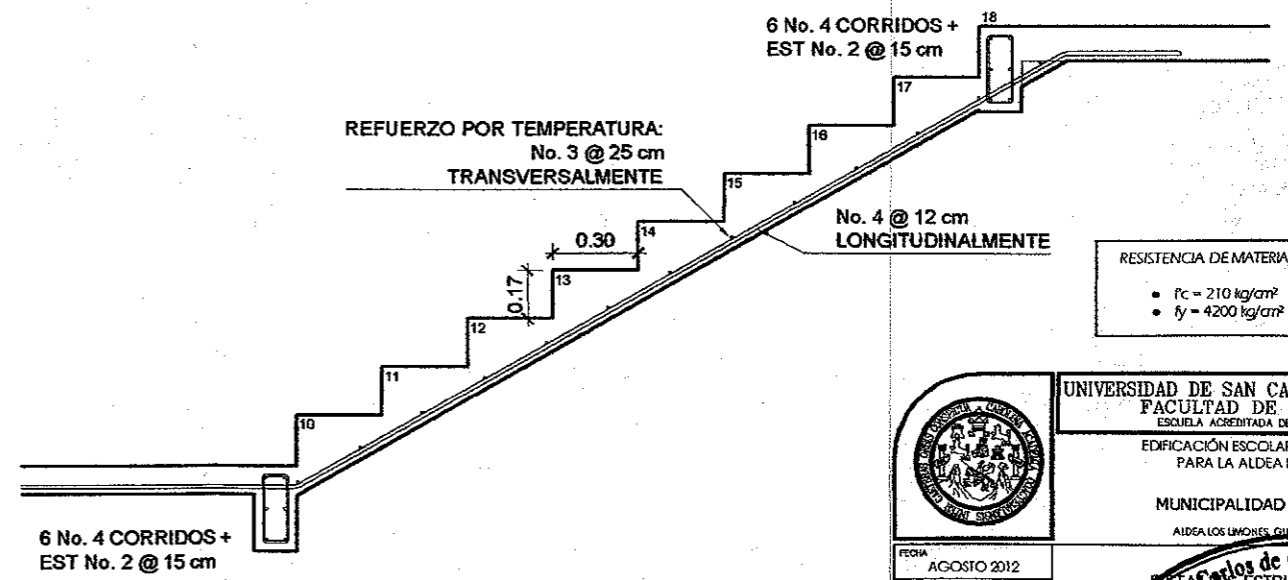
ARMADO TIPICO, VIGAS LONGITUDINALES
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 1° NIVEL E.E. CRIBCO
 MODULO 2
 ESC 1:75



ARMADO TIPICO, VIGAS LONGITUDINALES
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 2° NIVEL E.E. CRIBCO
 MODULO 2
 ESC 1:75



ARMADO DE GRADAS
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 MODULOS 1 y 2
 DE PRIMER NIVEL A DESCANZO
 ESC 1:25



ARMADO DE GRADAS
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2
 MODULOS 1 y 2
 DE DESCANZO DE GRADAS A SEGUNDO NIVEL
 ESC 1:25

RESISTENCIA DE MATERIALES:
 • $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 • $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$



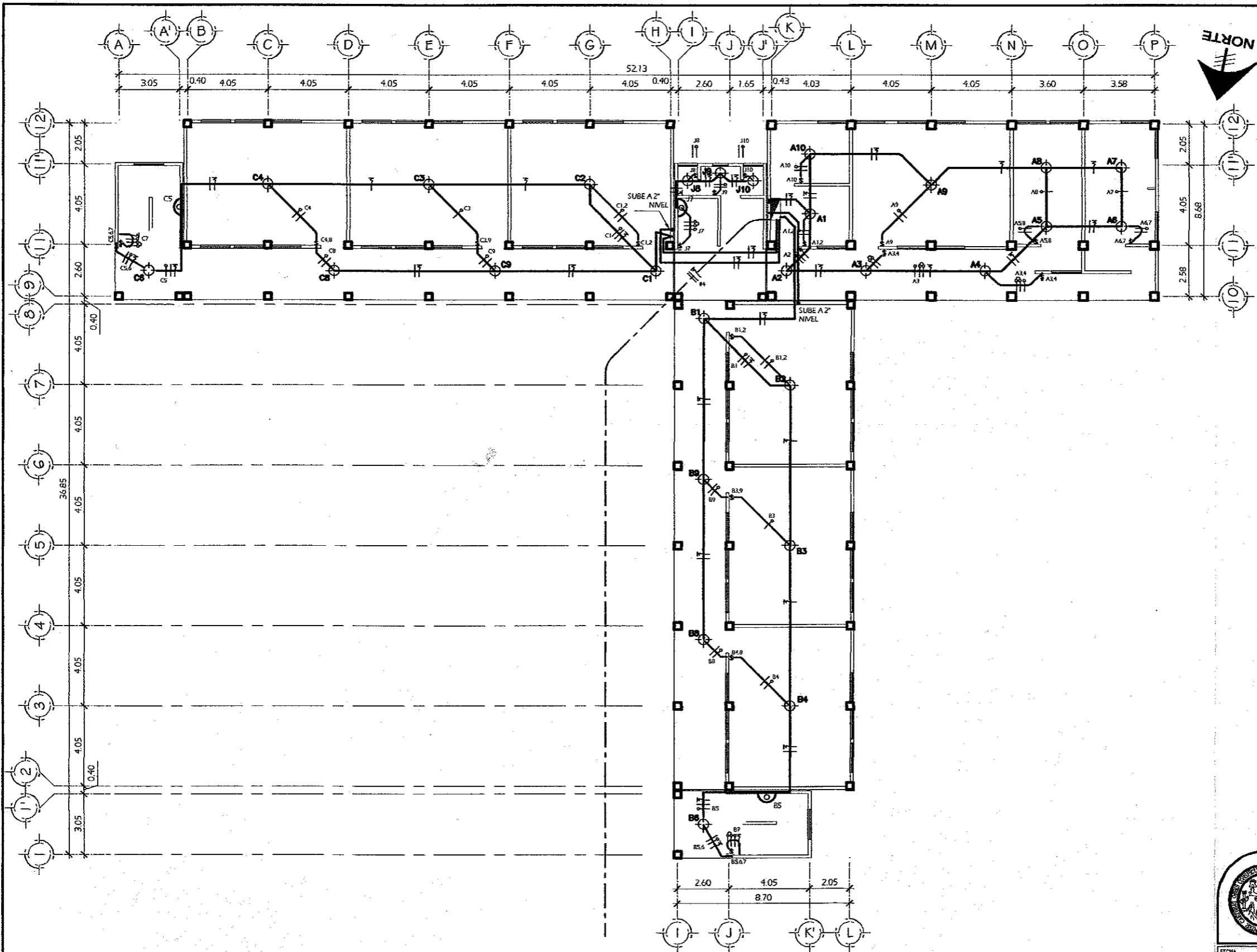
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS UMONES

MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS UMONES, GUALÁN, ZACAPA


FECHA: AGOSTO 2012
 DISEÑO: DIEGO GARCIA
 REVISION: Ing. JUAN MERCK
 DIBUJO: DIEGO GARCIA
 ESCALA: INDICADA

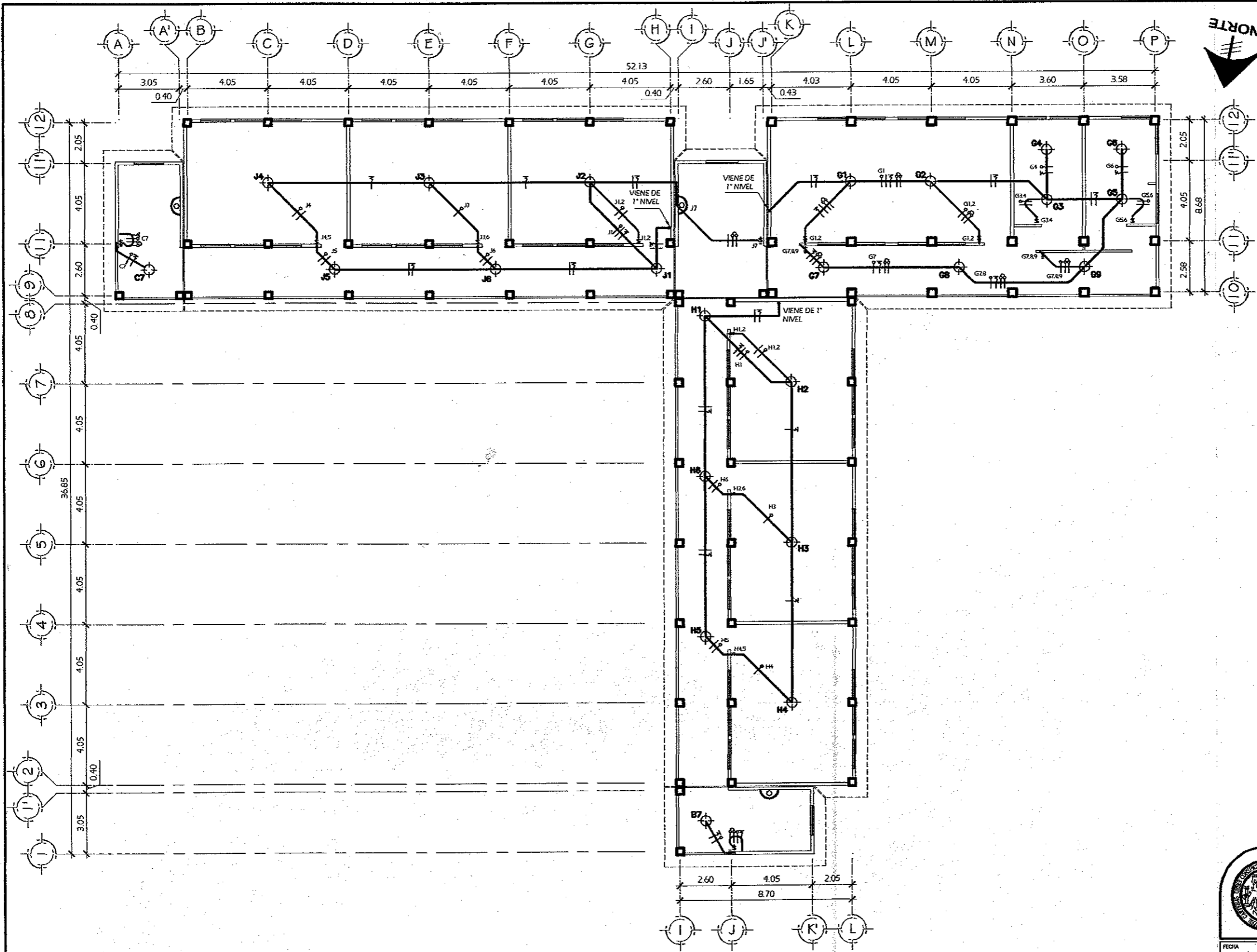
19 / 27

Ing. Juan Merck COS
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería



PLANTA DE ILUMINACIÓN ELECTRICA 1° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2 ESC 1:200

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA AGREDITADA DE INGENIERIA CIVIL EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES MUNICIPALIDAD DE GUALAN ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALAN
	PLANTA DE ILUMINACION ELECTRICA PARA LA ALDEA LOS LIMONES UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Ing. Juan Merck Cos ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS Facultad de Ingenieria
FECHA: Ago /2012 DISEÑO: Diego Garcia REVISOR: Ing. Juan Merck DIBUJO: Diego Garcia ESCALA: 1 : 200	20 27
DIEGO GARCIA DIAZ EPSISTA INGENIERIA CIVIL	Ing. JUAN MERCK COS ASesor DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE ILUMINACIÓN ELECTRICA 2° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES



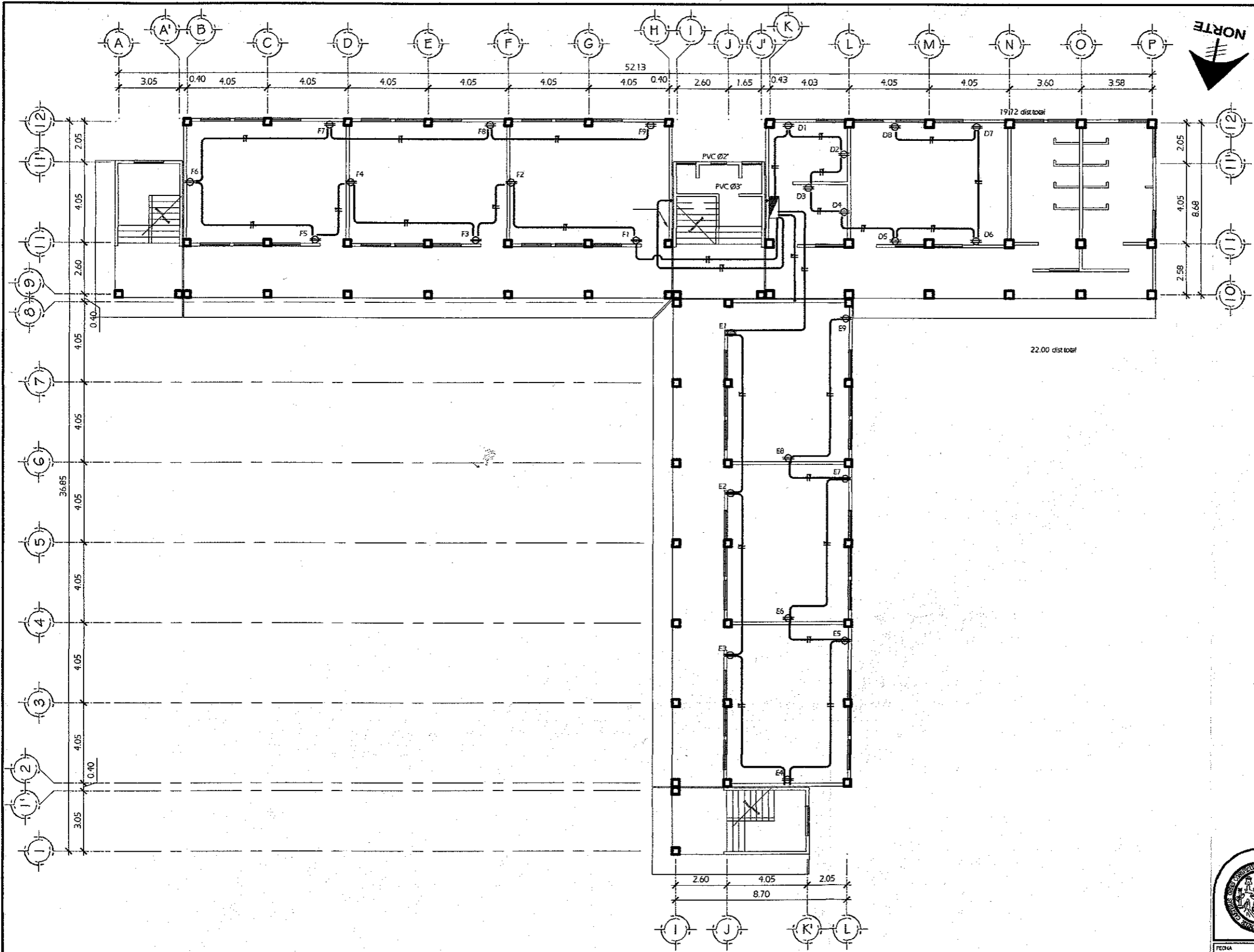
FECHA	Ago /2012
DISÑO	Diego García
REVISIÓN:	Ing. Juan Merck
TÍTULO	Diego García
ESCALA	1 : 200

PLANTA DE ILUMINACIÓN ELECTRICA
 PARA ILUMINACIÓN EN 2° NIVEL

21
 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 ESPECIALISTA INGENIERIA CIVIL

JUAN MERCK COS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE FUERZA ELECTRICA 1° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200



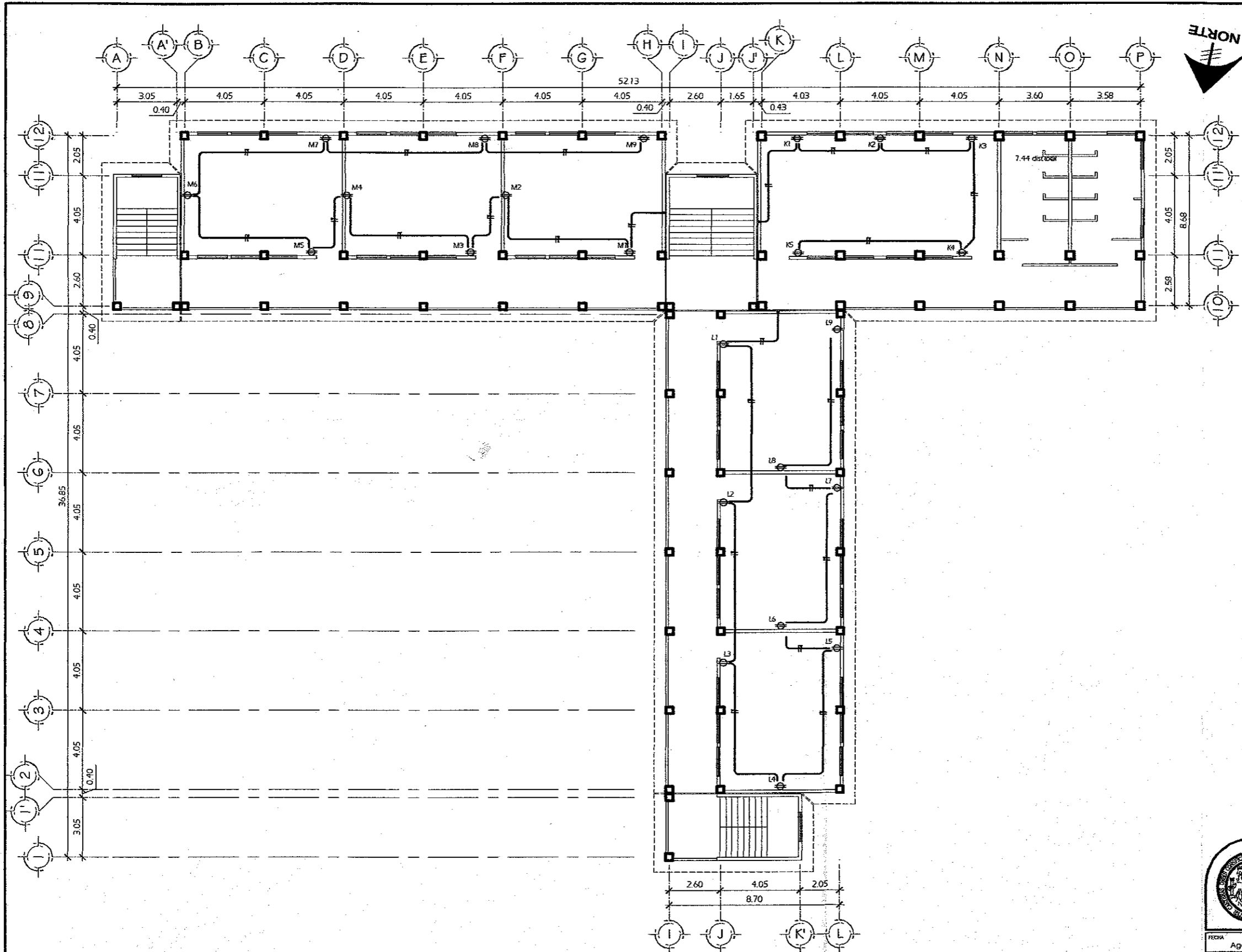
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN

FECHA: Ago/2012
 DISEÑO: Diego García
 REVISIÓN: Ing. Juan Merck
 DIBUJO: Diego García
 ESCALA: 1:200

PLANTA DE FUERZA ELECTRICA EN 1° NIVEL
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

22
 27

DIEGO GARCIA DIAZ INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
 JUAN MERCK COS INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL

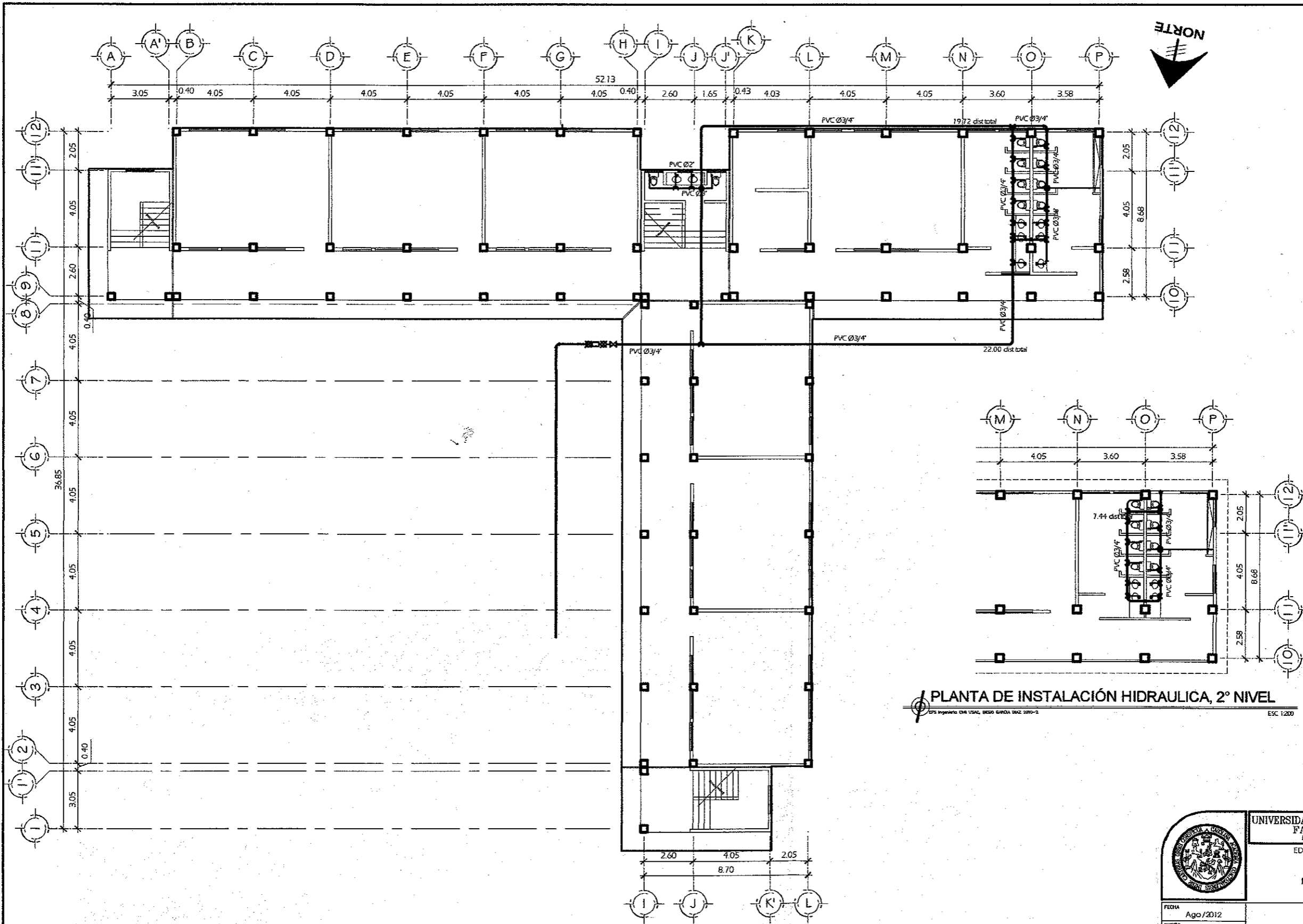


PLANTA DE FUERZA ELECTRICA 2° NIVEL

EPS Ingenieros Chile USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC 1:200

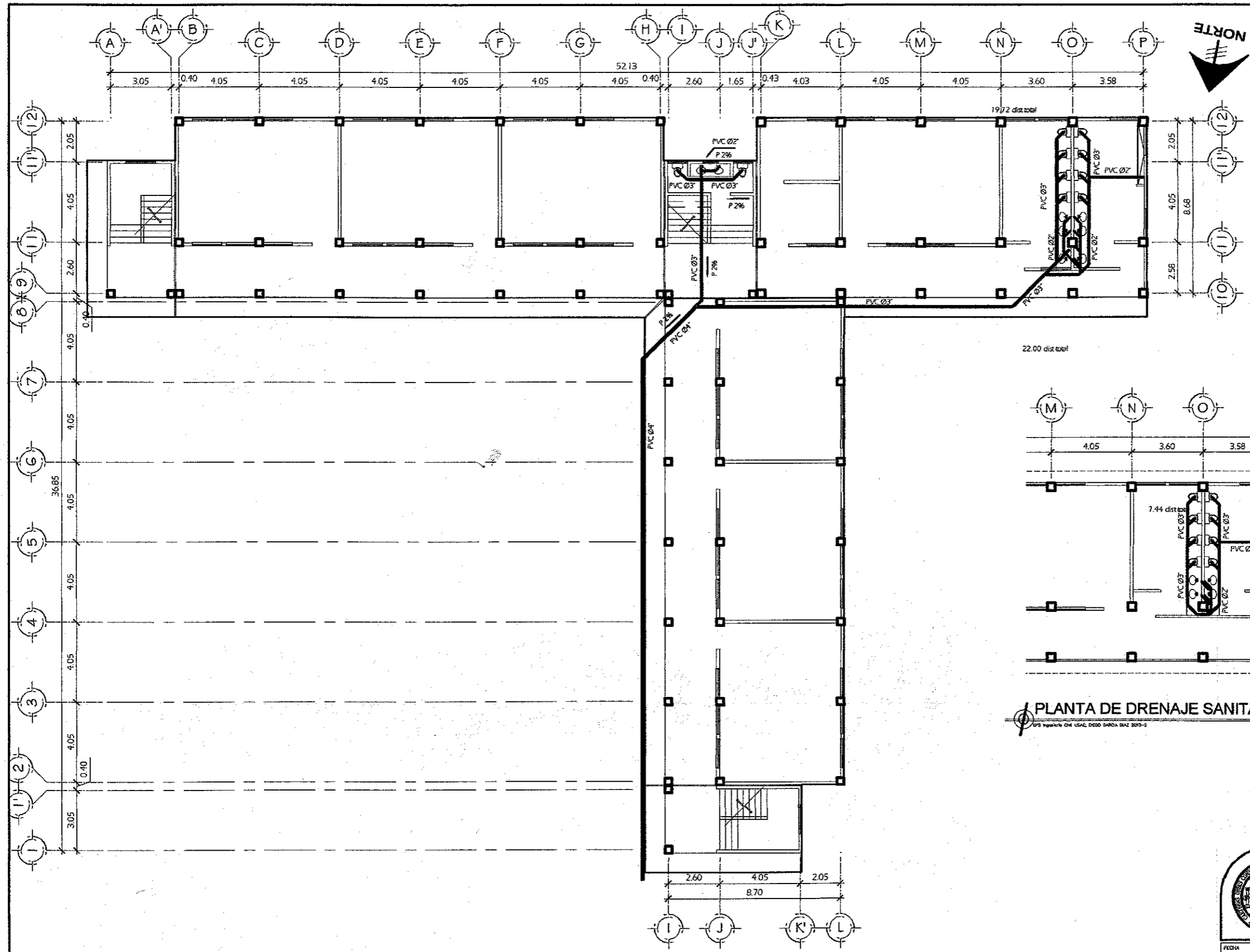
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
	EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN ALDEA LOS LIMONES ANTOC, DEPARTAMENTO DE GUALÁN	
FECHA: Ago./2012 DISEÑO: Diego García REVISIÓN: Ing. Juan Merck DIBUJO: Diego García ESCALA: 1:200	
23 27	DIEGO GARCIA DIAZ INGENIERO CIVIL Ing. JUAN MERCK COS ASesor DE INGENIERIA CIVIL



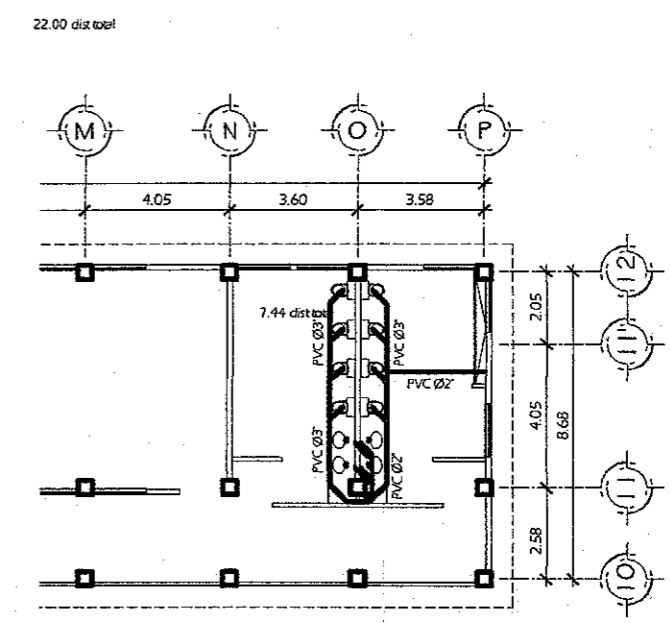
PLANTA DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE, 1° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCÍA DÍAZ 2010-2 ESC 1:200

PLANTA DE INSTALACIÓN HIDRAULICA, 2° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCÍA DÍAZ 2010-2 ESC 1:200

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERÍA CIVIL	
	EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LOS LIMONES	
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN		
PLANTA DE INSTALACIÓN PARA AGUA POTABLE EN AMBOS NIVELES		
FECHA Ago / 2012	DISEÑO Diego García	Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y P.S. Facultad de Ingeniería
REVISIÓN Ing. Juan Merck	DIBUJÓ Diego García	
ESCALA 1 : 200	24 / 27	DIEGO GARCÍA DÍAZ EPS INGENIERÍA CIVIL



PLANTA DE DRENAJE SANITARIO, 1° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCÍA DÍAZ 2010-2 ESC 1:200



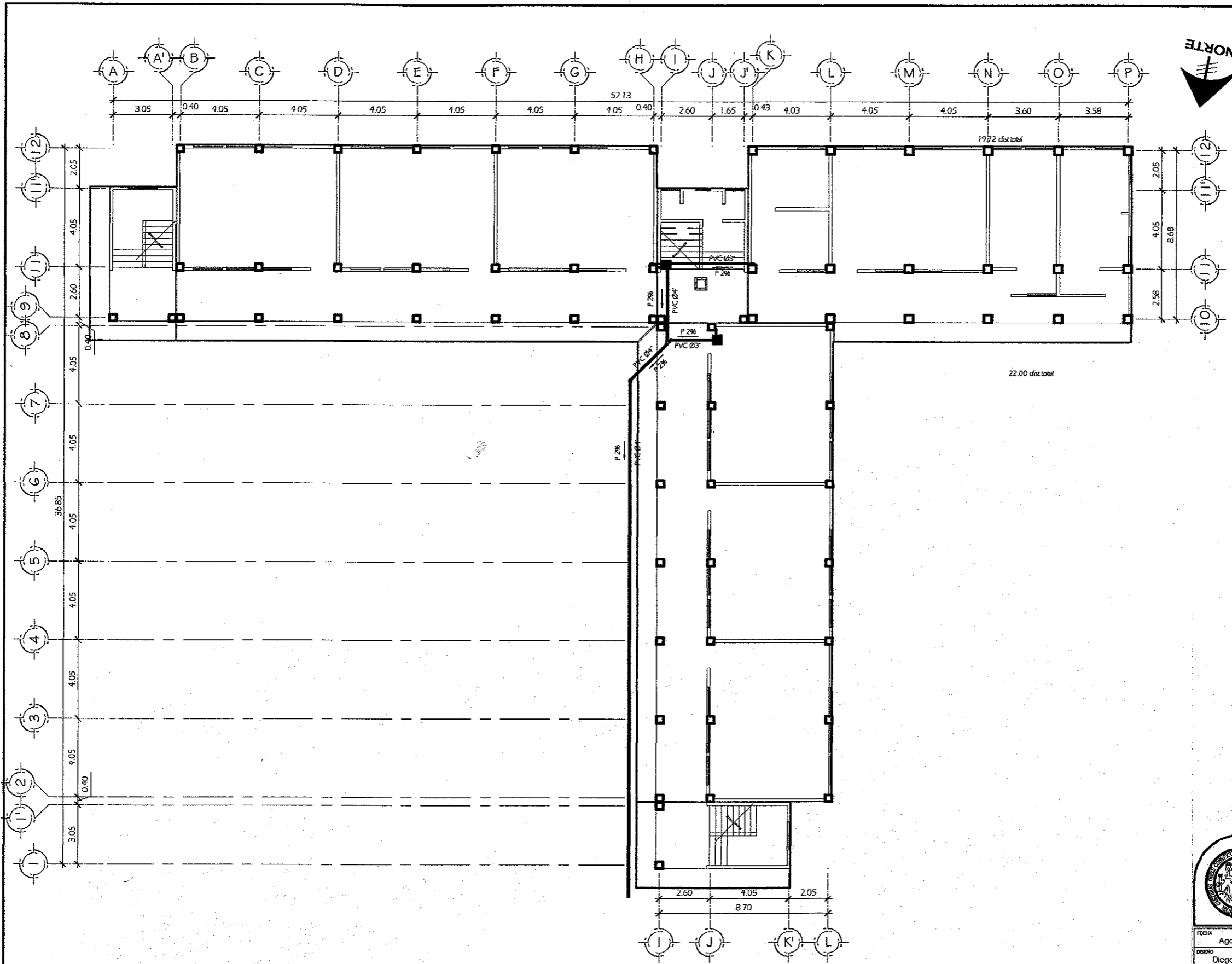
PLANTA DE DRENAJE SANITARIO, 2° NIVEL
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCÍA DÍAZ 2010-2 ESC 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN
 ALDEA LOS LIMONES, MUNICIPIO DE GUALÁN

FECHA	Ago / 2012
DISEÑO	Diego García
REVISIÓN	Ing. Juan Merck
DELUJO	Diego García
ESCALA	1 : 200
	25 / 27

PLANTA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS NEGRAS EN AMBOS NIVELES
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería
 DIEGO GARCÍA DÍAZ
 EPS INGENIERIA CIVIL
 Ing. JUAN MERCK COS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL 1° NIVEL

EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC. 1:200



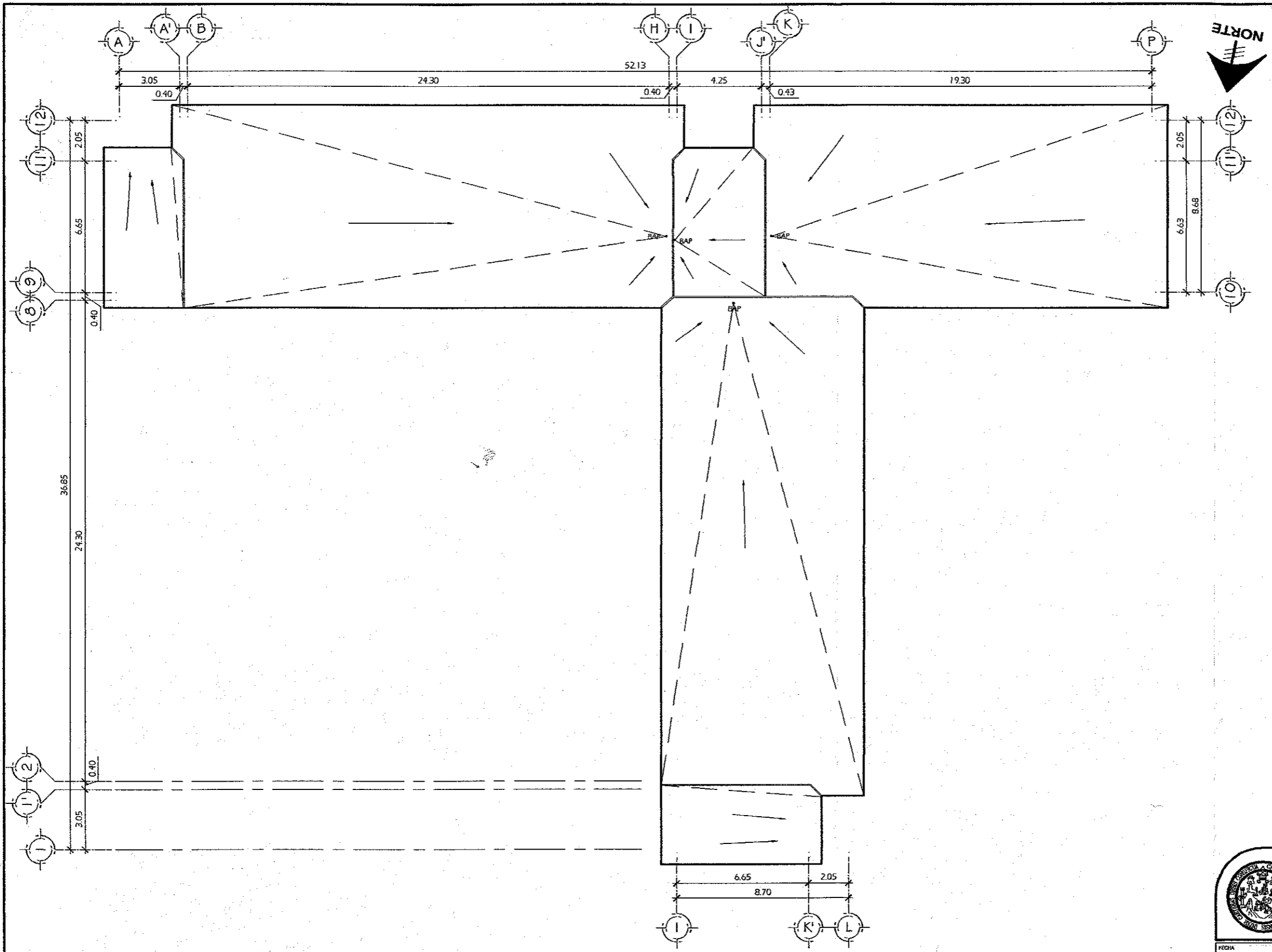
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN
 ALDEA LOS LIMONES

FECHA	Ago/2012
DISENO	Diego Garcia
REVISION	Ing. Juan Merck
DISUJO	Diego Garcia
ESCALA	1:200

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

26
 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 EPS INGENIERIA CIVIL
 ING. JUAN MERCK COS
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE TECHOS
 EPS Ingeniería Civil USAC, DIEGO GARCIA DIAZ 2010-2

ESC. 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACREDITADA DE INGENIERIA CIVIL
 EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
 PARA LA ALDEA LOS LIMONES
 MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

PLANTA DE TECHOS PARA
 DRENAJE DE AGUA PLUVIAL
 Ing. Juan Merck C.A.
 ASESOR - SUPERVISOR
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y Civ.
 Facultad de Ingeniería

FECHA: Ago / 2012
 DISEÑO: Diego García
 REVISIÓN: Ing. Juan Merck
 DIBUJO: Diego García
 ESCALA: 1:200

27 / 27

DIEGO GARCIA DIAZ
 EPSISTA INGENIERIA CIVIL

Ing. JUAN MERCK C.A.
 ASESOR DE INGENIERIA CIVIL

ANEXOS

Anexo 1.



DIRECCION GENERAL DE GESTION AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA UNICA - DELEGACION DEPARTAMENTAL

DGGA-GA-I-001

INSTRUCTIVO PARA LLENAR EL FORMATO DE EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

Este documento es una guía de referencia para llevar a cabo el llenado del Formato de Evaluación Ambiental Inicial, el cual amplía lo requerido en el documento de formato. Se recalca, que si el espacio considerado en el “Formato EAI” es insuficiente, puede hacerse uso de hojas adicionales, identificando debidamente el numeral a que pertenecen.

1. INFORMACIÓN LEGAL

- I.1. Anotar el nombre completo de la actividad sometida al proceso de evaluación
- I.2. Completar los espacios solicitados, tomando como referencia la Patente de Comercio de Sociedad, Patente de Comercio de Empresa, la Escritura de Constitución de Sociedad, y el NIT, extendido por la SAT.
- I.3. Proveer la dirección exacta e información, para poder contactarle
- I.4. Proveer la dirección que está legalmente registrada. Las coordenadas UTM, solicitadas, se obtienen de la utilización de un aparato geoposicionador, las coordenadas geográficas, pueden ser tomadas utilizando un mapa a escala.

- I.5. Dirección clara, completa y exacta, registrada legalmente, para poder recibir las notificaciones
- I.6. Completar únicamente si se tuvo el apoyo de un consultor, o profesional, en el llenado de la información del presente formato.

II. INFORMACIÓN GENERAL

En este apartado se debe describir la naturaleza del proyecto sometido a análisis y además indicar la información correspondiente a:

- II.1. Etapa de construcción: especificar si será necesario realizar actividades de construcción y detallar apoyándose en planos, el tipo de construcción que será desarrollada.
- II.2. Etapa de operación: indicar con claridad, las actividades a desarrollar, y desarrollar los puntos solicitados. Si hubiere necesidad de agregar otro tipo de información, ésta puede ser incluida.
- II.3. La etapa de cierre o abandono, se refiere a un futuro, en el caso de que se trate de un proyecto con vida útil limitada o de corta duración, se debe indicar qué y cómo se hará para disminuir los impactos al ambiente, al momento del cierre.
- II.4. Indicar el área que abarcará la construcción total de las instalaciones, y el área total que abarca el terreno, donde se desarrollará el proyecto.
- II.5. Especificar qué tipo de actividad se desarrolla en las colindancias (norte, sur, este y oeste) al lugar donde será desarrollado el proyecto.
- II.6. Indicar la dirección de hacia dónde sopla comúnmente el viento.
- II.7. Completar los datos laborales, indicando el número de personas laboran en la empresa, y en qué horarios o jornadas de trabajo.
- II.8. Uso y consumo de agua, combustibles, lubricantes, refrigerantes, otros; debe identificarse lo que será utilizado cuando corresponda, así como, indicar quien es el proveedor de los servicios o productos, las cantidades que se estima serán utilizadas, en donde y para qué serán utilizadas, observaciones específicas del producto, material o servicio, que tengan relevancia, así como la forma de almacenamiento interno dentro de la empresa, si cuenta o no con medidas de seguridad específicas. Proporcionar la mayor cantidad posible de información.

III. TRANSPORTE

- III.1. Especificar la información correspondiente a la flotilla de vehículos que poseerá la empresa, así como una descripción del sitio destinado para

parqueo y los horarios utilizados, sobre todo para la circulación del transporte pesado (si hubiere)

IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD

IV.1. Cuadro de impactos ambientales

- Aspecto ambiental: en esta columna no debe colocarse ninguna información, sino que es únicamente una referencia del aspecto o sistema ambiental al que se hará referencia en el resto del cuadro.
- Impacto ambiental: esta columna sirve como una base de referencia, para identificar el tipo de impacto ambiental que podría generarse o qué operaciones o acciones, podrían generar impactos ambientales derivado de las operaciones del proyecto.
- Tipo de impacto ambiental: con base en la información proporcionada en la columna de “impacto ambiental”, especificar el o los tipos de impactos ambientales que se darán. Si el impacto no se describió o consideró en la columna anterior, se puede adicionar indicando específicamente de qué impacto se trata, en la columna siguiente. (NOTA: en el caso de los impactos relacionados con agua y suelo, es necesario estimar las cantidades que serán generadas).
- Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales. Especificar si el lugar será por ejemplo: chimenea, drenajes, etcétera. Asimismo, para el caso del aspecto ambiental agua y suelo, es necesario indicar, los puntos o sitios de descarga de aguas residuales y de desechos sólidos.
- Manejo ambiental (Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.). Es necesario conocer el manejo que se dará al tipo de impacto identificado, con el propósito de evitar la contaminación del ambiente y evitar las molestias al vecindario y a los trabajadores.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA.

- V.1. Establecer una estimación del consumo de energía.
- V.2. Indicar quién es el proveedor del servicio de energía.
- V.3. Es necesario se indique si la empresa hace uso de: transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos.
- V.4. Si existe algún proyecto o plan para reducir el consumo de energía, se debe plantear cuál es?

VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD

- VI.1. Si la actividad representa algún tipo de riesgo para la población circundante, explicar qué actividad o actividades pueden ser de riesgo (ejemplo, explosión, incendio, etc.)
- VI.2. De igual manera identificar a qué riesgos están expuestos los trabajadores.
- VI.3. Indicar si se provee de equipo de protección personal a los trabajadores, si no, indicar por qué.
- VI.4. Si se provee de equipo de protección personal, indicar, en qué consiste (mascarillas, guantes, gabachas, botas, lentes de seguridad, etc.)
- VI.5. Existe algún plan para evitar molestias o riesgos para los trabajadores y vecinos.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales formato DGGA-GA-R-001.

www.marn.gob.gt.

Anexo 2. Tablas de factores método 3 para diseño de losas

Coefficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas*

$$M_{i, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.036 0.036	0.018 0.018	0.018 0.027	0.027 0.027	0.027 0.018	0.033 0.027	0.027 0.033	0.020 0.023	0.023 0.020
0.95	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.040 0.033	0.020 0.016	0.021 0.025	0.030 0.024	0.028 0.015	0.036 0.024	0.031 0.031	0.022 0.021	0.024 0.017
0.90	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.045 0.029	0.022 0.014	0.025 0.024	0.033 0.022	0.029 0.013	0.039 0.021	0.035 0.028	0.025 0.019	0.026 0.015
0.85	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.050 0.026	0.024 0.012	0.029 0.022	0.036 0.019	0.031 0.011	0.042 0.017	0.040 0.025	0.029 0.017	0.028 0.013
0.80	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.056 0.023	0.026 0.011	0.034 0.020	0.039 0.016	0.032 0.009	0.045 0.015	0.045 0.022	0.032 0.015	0.029 0.010
0.75	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.061 0.019	0.028 0.009	0.040 0.018	0.043 0.013	0.033 0.007	0.048 0.012	0.051 0.020	0.036 0.013	0.031 0.007
0.70	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.068 0.016	0.030 0.007	0.046 0.016	0.046 0.011	0.035 0.005	0.051 0.009	0.058 0.017	0.040 0.011	0.033 0.006
0.65	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.074 0.013	0.032 0.006	0.054 0.014	0.050 0.009	0.036 0.004	0.054 0.007	0.065 0.014	0.044 0.009	0.034 0.005
0.60	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.081 0.010	0.034 0.004	0.062 0.011	0.053 0.007	0.037 0.003	0.056 0.006	0.073 0.012	0.048 0.007	0.036 0.004
0.55	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.088 0.008	0.035 0.003	0.071 0.009	0.056 0.005	0.038 0.002	0.058 0.004	0.081 0.009	0.052 0.005	0.037 0.003
0.50	$C_{a, dl}$ $C_{b, dl}$	0.095 0.006	0.037 0.002	0.080 0.007	0.059 0.004	0.039 0.001	0.061 0.003	0.089 0.007	0.056 0.004	0.038 0.002

* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^a

$$M_{a,poz,II} = C_{a,II} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b,poz,II} = C_{b,II} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,II}$ 0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b,II}$ 0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a,II}$ 0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b,II}$ 0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a,II}$ 0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b,II}$ 0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a,II}$ 0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b,II}$ 0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a,II}$ 0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b,II}$ 0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a,II}$ 0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b,II}$ 0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a,II}$ 0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b,II}$ 0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a,II}$ 0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b,II}$ 0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a,II}$ 0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b,II}$ 0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a,II}$ 0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b,II}$ 0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a,II}$ 0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b,II}$ 0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: Diseño de estructuras de concreto ARTHUR H. NILSON, McGraw-Hill, capítulo 125, 378 p.

