



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA  
INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA  
MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS**

**Erick Ferdinando Bravo Bámaca**  
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA  
INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA  
MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK FERDINANDO BRAVO BÁMACA**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Miltón de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de julio de 2014.

**Erick Ferdinando Bravo Bámaca**



Guatemala, 18 de octubre de 2016  
REF.EPS.DOC.733.10.16

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Erick Ferdinando Bravo Bámaca** con carné No. **200924492**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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

Ing. Juan Merck Cos  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo  
JMC/ra



Guatemala, 09 de marzo de 2017  
Ref.EPS.D.76.03.17

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

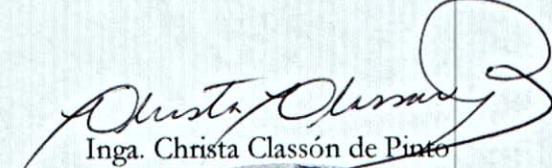
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

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 LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Erick Ferdinando Bravo Bámaca, Registro Académico 200924492 y CUI 1841 16651 1210**, 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 Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classón de Pinto  
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
26 de octubre de 2016

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

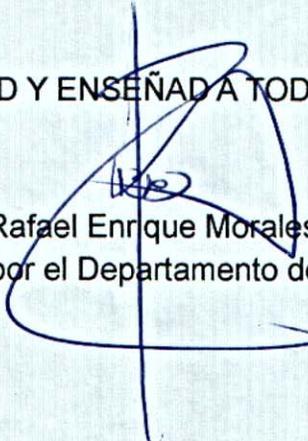
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Erick Ferdinando Bravo Bámaca, con Carnet No.200924492, 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 ENSEÑADA TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/mrrm.

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





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 08 de marzo de 2017

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 LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Erick Ferdinando Bravo Bámaca, con Carnet No. 200924492, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
 Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
 Jefe del Departamento de Estructuras



**FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 ESTRUCTURAS  
 USAC**

/mrrm.





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Erick Ferdinando Bravo Bámaca titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2017.

/mrrm.

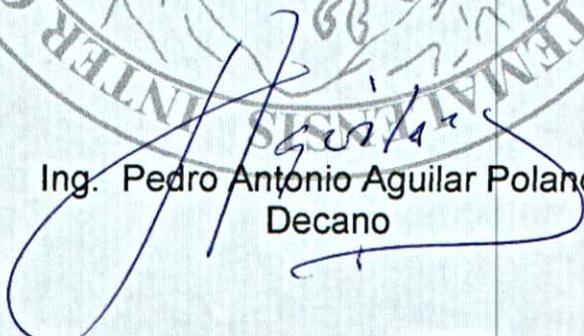
*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA AUXILIATURA MUNICIPAL DEL CASERÍO EL MANANTIAL, TEJUTLA, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Ferdinando Bravo Bámaca**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, abril de 2017



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	El gran ingeniero constructor del universo y de la vida, que me ha dado la fuerza, valor, coraje y la esperanza para seguir adelante.
<b>Mi padre</b>	Ancelmo Manuel Bravo, por enseñarme a nunca rendirme, el valor de la vida, de la familia y del trabajo honesto, este triunfo es fruto de su gran esfuerzo.
<b>Mi madre</b>	Alicia Victorina Bámaca que, con su gran amor y apoyo, ha sido la inspiración para alcanzar mi meta.
<b>Mi hermano</b>	Honard Manuel Bravo Bámaca, por su apoyo moral y económico, gracias por ayudarme a salir adelante.
<b>Mis hermanas</b>	Belyna Rosymery y Hanelore Adaly Bravo Bámaca, gracias por ser parte de mi vida y por los grandes momentos que hemos pasado juntos.
<b>Joselyn Mérida</b>	Mi amor, gracias por estar a mi lado y apoyarme sin condición.

**A mis amigos**

Luis Car, Cristihan Carrillo y Julio Hernández  
por los momentos vividos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala** Por desarrollar todos mis conocimientos y culminar mi carrera.

**Familia Camel Bámaca** Por el apoyo brindado durante el tiempo de mis estudios, siempre estaré agradecido.

**Ing. Juan Merck Cos** Por apoyarme y ser una mano amiga durante la realización de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MONOGRAFIA DE LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y CASERÍO EL MANANTIAL .....	1
1.1. Características físicas.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica .....	1
1.1.2. Colindancias .....	3
1.1.3. Clima .....	3
1.1.4. Extensión territorial .....	4
1.1.5. Datos históricos .....	4
1.1.6. Idiomas .....	4
1.1.7. Economía.....	4
1.1.8. Servicios .....	5
1.1.9. Vías de comunicación.....	6
1.1.10. Población .....	6
1.2. gnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las comunidades.....	7
1.2.1. Descripción de las necesidades .....	7
1.2.2. Priorización de las necesidades .....	7

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	9
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea La Inmortal Libertad.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	9
2.1.2.	Aforo, dotación y tipo de servicio.....	10
2.1.3.	Tasa de crecimiento poblacional .....	11
2.1.4.	Periodo de diseño, población futura .....	11
2.1.5.	Factores de consumo y caudales .....	12
2.1.5.1.	Caudal medio diario.....	12
2.1.5.2.	Caudal máximo diario .....	13
2.1.5.3.	Caudal máximo horario.....	14
2.1.6.	Calidad de agua y sus normas .....	15
2.1.7.	Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tuberías...	16
2.1.8.	Presiones y velocidades.....	16
2.1.9.	Levantamiento topográfico .....	16
2.1.9.1.	Planimetría .....	16
2.1.9.2.	Altimetría .....	17
2.1.10.	Diseño hidráulico del sistema.....	17
2.1.10.1.	Captación.....	17
2.1.10.2.	Línea de conducción.....	18
2.1.10.3.	Tanque de almacenamiento .....	21
2.1.10.4.	Sistema de desinfección .....	43
2.1.10.5.	Red de distribución .....	47
2.1.10.6.	Obras de arte.....	52
2.1.10.7.	Válvulas .....	53
2.1.10.8.	Conexiones domiciliarias .....	54
2.1.11.	Administración, operación y mantenimiento .....	54
2.1.12.	Propuesta de tarifa .....	55
2.1.13.	Juego de planos .....	58

2.1.14.	Presupuesto.....	58
2.1.15.	Cronograma de ejecución.....	59
2.1.16.	Estudio de impacto ambiental inicial.....	61
2.1.17.	Evaluación socioeconómica.....	65
2.1.17.1.	Valor presente neto .....	65
2.1.17.2.	Tasa interna de retorno .....	67
2.2.	Diseño de la edificación de dos niveles para la auxiliatura municipal del caserío El Manantial .....	70
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	70
2.2.2.	Descripción del área disponible .....	70
2.2.3.	Estudio de suelos .....	71
2.2.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo .....	71
2.2.4.	Normas para diseño de edificios.....	74
2.2.4.1.	Criterios generales.....	74
2.2.4.2.	Criterios de conjuntos .....	75
2.2.4.3.	Criterios de iluminación .....	75
2.2.4.4.	Otros criterios .....	77
2.2.5.	Diseño arquitectónico .....	77
2.2.5.1.	Ubicación del edificio en terreno.....	78
2.2.5.2.	Distribución de ambientes.....	78
2.2.5.3.	Alturas del edificio.....	78
2.2.6.	Selección del sistema estructural a utilizar .....	78
2.2.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales .....	79
2.2.6.2.	Cargas de diseño.....	83
2.2.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos .....	83

2.2.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos.....	89
2.2.6.3.	Fuerzas sísmicas .....	91
2.2.6.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos.....	107
2.2.6.5.	Análisis de marcos dúctiles por medio del software SAP y comprobación por medio del método de análisis estructural numérico Kani.	107
2.2.6.6.	Envolvente de momentos .....	112
2.2.6.7.	Diagrama de corte y momento .....	115
2.2.6.8.	Diseño de losas.....	122
2.2.6.9.	Diseño de vigas.....	135
2.2.6.10.	Diseño de columnas.....	144
2.2.6.11.	Diseño de gradas .....	162
2.2.6.12.	Diseño de cimiento.....	171
2.2.7.	Instalaciones .....	198
2.2.7.1.	Agua potable .....	198
2.2.7.2.	Drenajes.....	200
2.2.7.3.	Electricidad.....	204
2.2.8.	Elaboración de planos.....	206
2.2.9.	Elaboración de presupuesto.....	206
2.2.10.	Evaluación de impacto ambiental inicial.....	208
CONCLUSIONES.....		211
RECOMENDACIONES .....		213
BIBLIOGRAFÍA.....		215
APÉNDICES.....		217

ANEXOS..... 227



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del caserío El Manantial .....	2
2.	Ubicación de la aldea La Inmortal Libertad .....	2
3.	Esquema de losa para tanque de distribución El Sur... ..	24
4.	Muro de tanque de distribución El Sur .....	28
5.	Esquema de losa para tanque de distribución Los Ramírez .....	38
6.	Muro de tanque de distribución Los Ramírez.....	40
7.	Gráfica de hipoclorador automático PPG 3015 .....	46
8.	Área tributaria para columna .....	81
9.	Planta de áreas tributarias .....	85
10.	Carga muerta y carga viva – marco B.....	88
11.	Carga muerta y carga viva – marco 2 .....	88
12.	Carga por sismo – marco B.....	106
13.	Carga por sismo - marco 2.....	106
14.	Momentos por carga muerta – marco crítico eje Y.....	110
15.	Momentos por carga muerta en vigas – marco B.....	111
16.	Momentos por carga muerta en vigas – marco 2 .....	111
17.	Envolvente de momentos, en vigas – marco B .....	113
18.	Envolvente de momentos en columnas – marco B .....	113
19.	Envolvente de momentos en vigas - marco 2 .....	114
20.	Envolvente de momentos en columnas – marco 2.....	114
21.	Corte en vigas – marco B.....	118

22.	Corte en columnas – marco B .....	118
23.	Corte en vigas – marco 2.....	119
24.	Corte en columnas – marco 2.....	119
25.	Diagrama de envolvente de momentos – marco crítico eje B.....	120
26.	Planta de distribución de losas .....	123
27.	Planta de momento actuantes en losas primer nivel.....	127
28.	Momentos balanceados en losas primer nivel .....	130
29.	Momentos balanceados en losas segundo nivel .....	131
30.	Diagrama de envolvente de momentos y corte, viga primer nivel – marco 2.....	136
31.	Armado longitudinal de vigas, primer nivel .....	140
32.	Sección de viga V-1 cortes A-A, B-B y C-C .....	141
33.	Diagrama de corte .....	142
34.	Sección longitudinal de viga V-1 .....	144
35.	Diagrama columna nivel 1 - programa JC Diseño de concreto.....	153
36.	Diagrama columna nivel 2 - programa JC Diseño de concreto.....	159
37.	Detalle refuerzo a corte columnas .....	161
38.	Sección de la columna primer y segundo nivel.....	162
39.	Módulo de gradas .....	164
40.	Perfil módulo de gradas .....	164
41.	Distribución de carga y momento módulo de gradas.....	167
42.	Armado final de gradas.....	171
43.	Corte simple en zapata .....	178
44.	Corte punzante en zapata.....	181
45.	Armado final de zapata concéntrica.....	186
46.	Sección de zapata combinada.....	187
47.	Componentes de zapata combinada .....	188
48.	Diagrama de cuerpo libre.....	190
49.	Diagrama de presiones.....	192

50.	Diagrama de corte.....	194
51.	Armado final de la zapata combinada .....	197
52.	Corte de zapata combinada .....	198
53.	Mapa intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y período de retorno de 10 años .....	204

## TABLAS

I.	Cargas y momentos actuantes del muro por gravedad.....	34
II.	Cargas actuantes en el muro de tanque de distribución .....	42
III.	Tipos de hipocloradores .....	44
IV.	Cálculo hidráulico de distribución para el sector El Sur.....	48
V.	Cálculo hidráulico de distribución para el sector Los Ramírez .....	50
VI.	Estimación de tarifa mensual sector El Sur.....	56
VII.	Estimación de tarifa mensual sector Los Ramírez .....	57
VIII.	Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector El Sur.....	58
IX.	Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Los Ramírez .....	59
X.	Cronograma físico financiero del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector El Sur .....	60
XI.	Cronograma físico financiero del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Los Ramírez.....	60
XII.	Valor presente neto para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector El Sur .....	66
XIII.	Valor presente neto para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector Los Ramírez .....	67

XIV.	Relación beneficio / costo para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector El Sur.....	68
XV.	Relación beneficio / costo para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector Los Ramírez .....	69
XVI.	Valores portantes dependiendo del tipo de suelo .....	73
XVII.	Tabla 9,5(a) altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas código ACI – 318-08 .....	79
XVIII.	Cargas vivas aplicadas al diseño.....	84
XIX.	Cargas muertas aplicadas al diseño .....	84
XX.	Periodo de vibración .....	93
XXI.	Distribución de la fuerza de sismo por piso .....	95
XXII.	Fuerza marcos sentido X .....	96
XXIII.	Fuerza marcos sentido Y .....	96
XXIV.	Elementos estructurales para cálculo de centro de masa.....	97
XXV.	Elementos estructurales para cálculo de centro de rigidez.....	98
XXVI.	Rigidez de marcos sentido numérico .....	101
XXVII.	Rigidez de marcos sentido alfanumérico .....	102
XXVIII.	Fuerzas laterales por marco .....	103
XXIX.	Carga lateral total marco 1 .....	103
XXX.	Carga lateral total marco 2.....	103
XXXI.	Carga lateral total marco 3.....	104
XXXII.	Carga lateral total marco 5.....	104
XXXIII.	Carga lateral total marco A .....	104
XXXIV.	Carga lateral total marco B .....	105
XXXV.	Carga lateral total marco C .....	105
XXXVI.	Corte último en vigas del segundo nivel – marco B .....	115
XXXVII.	Corte último en vigas del primer nivel – marco B.....	116
XXXVIII.	Corte último en columnas del segundo nivel – marco B .....	116
XXXIX.	Corte último en columnas del primer nivel – marco B.....	116

XL.	Corte último en vigas del segundo nivel – marco 2.....	117
XLI.	Corte último en vigas del primer nivel – marco 2 .....	117
XLII.	Corte último en columnas del segundo nivel – marco 2.....	117
XLIII.	Corte último en columnas del primer nivel – marco 2.....	117
XLIV.	Comparación de envolventes en vigas, eje Y .....	121
XLV.	Comparación de envolventes en columnas, eje Y .....	122
XLVI.	Balance de momentos método de rigideces .....	129
XLVII.	Cálculo del área de acero en vigas .....	138
XLVIII.	Cálculo del esfuerzo cortante en la zapata .....	194
XLIX.	Unidades de gasto de Hunter.....	199
L.	Gastos probables Método de Hunter (L/s) .....	199
LI.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones .....	201
LII.	Gastos probables Método de Hunter (L/s) .....	202
LIII.	Resumen de circuitos eléctricos.....	206
LIV.	Presupuesto de la auxiliatura municipal para el caserío El Manantial .....	207
LV.	Boleta de identificación y evaluación ambiental .....	208



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>As</b>	Área de acero.
<b>Asreq</b>	Área de acero requerida para cubrir un momento dado.
<b>Asmax</b>	Área máxima de acero.
<b>Asmín</b>	Área mínima de acero.
<b>Q</b>	Caudal.
<b>CMH</b>	Caudal máximo horario o caudal de distribución.
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo.
<b>Cb</b>	Coeficiente ACI, lado mayor.
<b>Ca</b>	Coeficiente ACI, lado menor.
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad.
<b>Vb</b>	Corte basal.
<b>CT</b>	Cota de terreno.
<b>CP</b>	Cota piezométrica.
<b>Ø</b>	Diámetro de la tubería expresada en metros.
<b>F.H.</b>	Factor de Harmond.
<b>FS</b>	Factor de seguridad.
<b>L/hab./día</b>	Litros por habitante por día.
<b>mca</b>	Metros columna de agua.
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos.
<b>M</b>	Momento.
<b>hf</b>	Pérdida localizada en metros columna de agua.
<b>psi</b>	Presión en libras por pulgada cuadrada.

<b>fy</b>	Resistencia a la fluencia del acero.
<b>f'c</b>	Resistencia nominal a compresión del concreto.
<b>r</b>	Tasa de crecimiento de la población, expresado en %.
<b>v</b>	Velocidad del flujo en la tubería.

## GLOSARIO

<b>Agua potable</b>	Agua que por sus características de calidad es adecuada para el consumo humano.
<b>Aforo</b>	Medir el volumen de agua que lleva una sección o una corriente por unidad de tiempo.
<b>Carga muerta</b>	Peso que comprenden los elementos permanentes de la estructura, como son muros, vigas, techos entre otros.
<b>Carga viva</b>	Peso que no se mantiene permanente ni en posición, ni en magnitud sobre la estructura.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua comúnmente expresado en litros sobre segundos.
<b>Cloración</b>	Desinfección del agua por medio de cloro.
<b>Fuente</b>	Lugar donde se obtendrá el agua para un acueducto, pueda ser superficial o de nacimiento.
<b>TIR</b>	Es la tasa de descuento que hace que el valor presente de una oportunidad de inversión sea igual a cero, o sea el interés que hace que los costos sean

equivalentes a los ingresos. Es la tasa interna de retorno.

**VPN**

Es el valor presente neto. Se basa en la creencia de que el valor del dinero se ve afectado por el tiempo en que se recibe.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el informe sobre dos proyectos elaborados durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) ubicados en dos aldeas que forman parte del municipio de Tejutla, para el efecto se elaboró una investigación sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de dichas aldeas.

A través de esta investigación se determinó que se deberán atender las siguientes necesidades:

En la aldea La Inmortal Libertad, se tiene como prioridad la introducción del servicio de agua potable a toda la aldea, ya que los pobladores tienen que recorrer grandes distancias para contar con el servicio, por lo que se hizo el estudio correspondiente, que incluye levantamiento topográfico, diseños del tanque de distribución, diseño de caja rompe presión, línea de conducción y red distribución, luego se procedió a realizar los planos y presupuesto.

En el caso del caserío El Manantial se tiene como prioridad la construcción de un edificio de dos niveles para la auxiliatura municipal, para lo cual se diseñó la estructura a base de marcos dúctiles con nudos rígidos y losa de concreto reforzado, instalaciones para agua potable, drenajes y electricidad.

Con lo anterior, se cumple el objetivo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que para este caso se está proporcionando un servicio técnico profesional a las comunidades más necesitadas del Municipio de Tejutla, San Marcos.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseño del sistema de agua potable de la aldea La Inmortal Libertad y diseño de la edificación de dos niveles para la auxiliatura municipal del caserío El Manantial, Tejutla, San Marcos.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre necesidad de servicios básicos e infraestructura de las comunidades en las cuales se realizarán los proyectos.
2. Contribuir a mejorar el nivel de vida de los pobladores de la aldea La Inmortal Libertad, mediante un diseño adecuado del sistema de agua potable.
3. Mejorar las condiciones de capacidad y comodidad en que se encuentran los pobladores del caserío El Manantial, contribuyendo con una edificación de dos niveles para las autoridades locales.
4. Capacitar a los miembros de la comisión de agua; acerca del mantenimiento del sistema para asegurar la vida útil del proyecto.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de dos proyectos elaborados mediante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el Municipio de Tejutla, San Marcos.

Para conocer las necesidades de las comunidades se realizó una investigación en coordinación con las autoridades municipales y los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), para determinar las prioridades en las áreas de infraestructura y servicios básicos de las comunidades ya mencionadas, determinando que estas están orientadas a las áreas de agua potable e infraestructura municipal.

En el caso del agua potable, se realizó el diseño del sistema para la aldea La Inmortal Libertad, ya que no cuenta con un sistema eficiente que satisfaga la demanda de la población y de esta forma mejorar las condiciones de vida, para el efecto se aplicaron conceptos y métodos correspondientes.

En cuanto a infraestructura, se propone el diseño de una edificación de dos niveles para la auxiliatura municipal del caserío El Manantial, la cual contiene las instalaciones con áreas y ambientes necesarios, contribuyendo al desarrollo del caserío.



# **1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA LA INMORTAL LIBERTAD Y CASERÍO EL MANANTIAL**

## **1.1. Características físicas**

Entre las características físicas de las poblaciones del Municipio de Tejutla se mencionan aspectos geográficos, población, infraestructura, economía, medio ambiente, ingresos, idioma, religión y otros.

### **1.1.1. Ubicación geográfica**

El caserío El Manantial, del Municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos, se encuentra ubicada a una distancia de 5 kilómetros de la cabecera municipal, a 37 kilómetros de la cabecera departamental y a 290 kilómetros de la ciudad de Guatemala, las distancias a comunidades cercanas son: al caserío California 3,50 kilómetros, al caserío Mirador 3,50 kilómetros, a la colonia Manzanillas II 4 kilómetros, al caserío Loma Linda 5 kilómetros, el clima es frío en el invierno y templado en verano, tiene una altura de 2 531 metros sobre el nivel del mar, ubicado al noroeste de la cabecera municipal, cuenta con una carretera en regular estado y veredas que comunican del caserío a la Cabecera Municipal. Con coordenadas geográficas de 15° 08' 47,14" N 91° 48' 19,53".

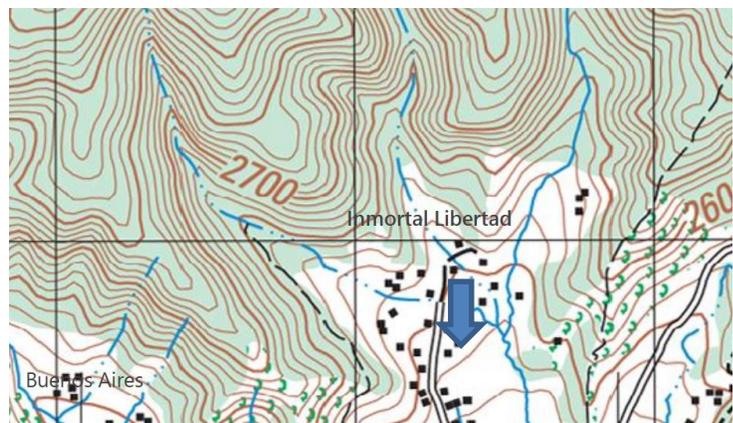
Figura 1. **Ubicación del caserío El Manantial**



Fuente: mapa IGN escala 1: 50 000

La aldea La Inmortal Libertad se encuentra a una distancia de 13 kilómetros de la cabecera municipal y a 45 kilómetros de la cabecera departamental, localizada al oeste del municipio. Su elevación sobre el nivel del mar es de 2710 m. Con coordenadas geográficas de 15° 07' 32,04" N 91° 51' 45,89 O.

Figura 2. **Ubicación de la aldea La Inmortal Libertad**



Fuente: mapa IGN escala 1: 50 000

### **1.1.2. Colindancias**

La aldea Inmortal Libertad colinda al Norte con la aldea Vista Hermosa del Pinal, aldea San Isidro, caserío El Chorro Veinte Palos, al sur con la aldea La Independencia, al este con la aldea Quipambe, aldea Tuicincé, caserío El Bosque y al oeste con la aldea La Ventana Villa Hermosa, aldea Pajatz, del Municipio de Ixchiguán.

El caserío El Manantial se encuentra delimitado de la forma siguiente: norte, aldea El Paraíso y caserío El Mirador; sur, caserío California; este, caserío El Mirador; y oeste, caserío California.

### **1.1.3. Clima**

De acuerdo al Insivumeh, la estación meteorológica más cercana es EFA ubicada en la cabecera departamental de San Marcos, donde se registra la siguiente información.

- Precipitación pluvial: el 2005 fue de 2 268,0 mm/año.
- Humedad relativa: 91 %
- Temperatura:
  - Temperatura promedio: 13,8 °C
  - Temperatura mínima: 12,9 °C
  - Temperatura mínima absoluta: -0,1 °C
  - Temperatura máxima: 15,6 °C
  - Temperatura máxima absoluta: 23,4 °C
- Nubosidad: 3,6 – 7,0 octas
- Velocidad del viento: 1,6 Km/hora
- Dirección del viento: variable

- Evaporación de tanque: 2,4 mm/día

#### **1.1.4. Extensión territorial**

La aldea La Inmortal Libertad posee una extensión territorial de 9 868 metros cuadrados y la aldea El Manantial 4 567 metros cuadrados de superficie.

#### **1.1.5. Datos históricos**

La comunidad La Inmortal Libertad fue fundada en 1953, lleva el nombre de Inmortal Libertad, porque en ese lugar existía una flor llamada Inmortal, y se le agregó libertad porque la primera escuela que se construyó en la aldea lleva ese nombre. El caserío El Manantial fue fundado en 1998, lleva ese nombre porque en el lugar existen brotes de agua.

#### **1.1.6. Idiomas**

El idioma predominante en las aldeas La Inmortal Libertad y en el caserío El Manantial es español.

#### **1.1.7. Economía**

En el caserío El Manantial hay 25 familias integradas donde prevalecen las siguientes organizaciones: la comunidad está dirigida por el Consejo Comunitario de Desarrollo y la auxiliatura que representa a toda la población del lugar. Los principales productos que se cultivan en la comunidad son: maíz, frijol y trigo, siendo estos cultivos destinados a la dieta alimenticia de cada familia. Esto demuestra que las familias cuentan con pequeñas áreas de terreno

para producción, no con fines comerciales; pues la mayoría de habitantes se dedican a la agricultura. Las personas se dedican a realizar trabajos de jornal de lo que perciben un ingreso aproximado de 600 quetzales mensuales, un 10 % de la niñez apoyan a las familias a los ingresos económicos en pequeñas tareas del campo.

En la aldea La Inmortal Libertad, se cultiva la papa, actividad agrícola que realizan cada año, produciendo un promedio de 20 quintales por cuerda, lo cual permite a las familias generar ingresos económicos, para cubrir sus necesidades básicas, otra actividad agrícola es la siembra de maíz, destinado en su mayoría para el consumo familiar, en menor cantidad es destinado para la venta, el ingreso promedio por cada familia es de Q. 2 000,00 mensuales, los cuales son utilizados para solventar las necesidades en mínima parte.

### **1.1.8. Servicios**

La aldea La Inmortal Libertad cuenta con la Escuela Oficial Rural Mixta, atendiendo los grados de preprimaria y primaria. En la misma se cuenta con cuatro maestras encargadas de los dos niveles, viéndose en la necesidad de impartir dos grados cada una. En cuanto a la infraestructura se cuenta con cinco aulas, una cocina, un salón para actividades socioculturales y un módulo de letrinas de pozo ciego. Además, cuenta con los servicios de energía eléctrica y sistema de agua potable.

Las viviendas de la comunidad en su mayoría son propias, tomando en cuenta que han sido herencia de los padres. El 80 % están construidas con paredes de adobe y techos de lámina y pajón, por consiguiente, solamente el 20 % están construidas con paredes de block.

El caserío El Manantial cuenta con los servicios siguientes: energía eléctrica que cubre el 75 % de la comunidad, agua potable en un 50 %, letrinas en un 90 %, en el sector educación se cuenta con 3 aulas y una galera de madera con techo de láminas de zinc donde está instalada la escuela de párvulos y auxiliatura.

#### **1.1.9. Vías de comunicación**

La comunidad El Manantial cuenta con una carretera de terracería accesible todo el año. La comunidad está a una distancia de 4 kilómetros de la cabecera municipal y a 36 kilómetros de la cabecera departamental.

La comunidad de La Inmortal Libertad cuenta con una carretera de terracería accesible todo el año. La comunidad está a una distancia de 13 kilómetros de la cabecera municipal y a 45 kilómetros de la cabecera departamental. De acuerdo a la información recabada, también existen veredas para acceder a la comunidad, las cuales son transitadas únicamente a pie.

#### **1.1.10. Población**

Según datos obtenidos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), la población del caserío El Manantial asciende a 150 habitantes; 87 mujeres y 63 hombres; la población total de la comunidad La Inmortal Libertad es de 256 habitantes, distribuidos de la siguiente manera: el sector Los Ramírez cuenta con 146 habitantes y el sector El Sur con 110.

## **1.2. Diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las comunidades**

En la aldea La Inmortal Libertad se carece de un sistema de distribución de agua potable y en el caserío El Manantial no cuentan con servicios de infraestructura del gobierno local, así como de otras necesidades básicas.

### **1.2.1. Descripción de las necesidades**

De acuerdo con la información proporcionada por la Oficina Municipal de Planificación, personas de las comunidades y las visitas de campo, las necesidades urgentes son las siguientes:

La construcción del sistema de agua potable de la aldea La Inmortal Libertad, el sistema actual es artesanal y fue construido hace más de 20 años, además el caudal actual no es suficiente para abastecer a toda la comunidad.

El mejoramiento del sistema vial a través de la apertura de carreteras para comunicar los distintos sectores que pertenecen a las comunidades.

La construcción de la auxiliatura municipal en el caserío El Manantial para proveer de comodidad a los vecinos y a las autoridades comunitarias.

### **1.2.2. Priorización de las necesidades**

Tomando en consideración las carencias del municipio y la situación externada por las autoridades municipales y Cocodes, se priorizarán las necesidades de la forma siguiente:

- Construcción del sistema de agua potable en la aldea La Inmortal Libertad.
- Auxiliatura municipal en el caserío El manantial.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea La Inmortal Libertad**

El proyecto consiste en diseñar las líneas de conducción, redes de distribución y conexiones domiciliarias con base en especificaciones técnicas del Infom, para un período de diseño de 20 años, se brindará el servicio a 31 viviendas que existen actualmente en la aldea.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El diseño del sistema de agua potable será por gravedad, debido a la topografía del terreno donde se ubican las fuentes de abastecimiento, los tanques de distribución y la población beneficiada; para abastecer a todas las familias de la aldea se deben dividir en dos sectores; pues se cuenta con dos fuentes, dichos sectores son: El Sur y Los Ramírez.

Un sistema de agua potable se proyecta para suministrar un volumen suficiente de agua a una presión adecuada y con una calidad aceptable, desde la fuente de suministro, hasta los consumidores. El sistema básico incluye la infraestructura necesaria para captar el agua de una fuente que reúna condiciones aceptables, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular.

Según el origen del agua, para transformarla en agua potable, deberá ser sometida a tratamientos, que van desde la simple desinfección, hasta la desalinización. El sistema de abastecimiento de este trabajo se clasificará como

uno de agua proveniente de manantial natural, ya que su fuente de abastecimiento es agua subterránea que aflora a la superficie.

El proyecto de diseño de la línea de conducción y distribución consiste en determinar la cantidad, calidad y diámetro adecuado de la tubería, conducir el agua necesaria que satisfaga las demandas de la población.

Primero se tiene que determinar la dotación que se utilizará en el diseño del sistema de acuerdo con la necesidad de la población, asimismo, se determinarán los valores para cuantificar las demandas máximas diarias y horarias que requiera el proyecto.

Se verificarán después si la fuente de agua propuesta es capaz de cubrir la demanda, y si la fuente no tiene impedimentos técnicos o legales que impidan su empleo.

### **2.1.2. Aforo, dotación y tipo de servicio**

Se le llama aforo a la cantidad de agua que produce una fuente, se debe realizar en época de estiaje de la cuenca. El municipio de Tejutla cuenta con nacimientos que son el resultado de la percolación del agua superficial, a través de diferentes estratos del terreno y por su recorrido dentro del acuífero experimenta una filtración que generalmente la hace de buena calidad para el consumo humano. Los caudales son  $Q = 0,32$  l/s para el sector El Sur y  $Q = 0,16$  l/s para el sector Los Ramírez.

De acuerdo con las normas y al clima predominante frío, se decidió adoptar una dotación de 90 y 60 litros/habitante/día para el sector El Sur y Los Ramírez respectivamente, debido al caudal de cada fuente. El tipo de servicio

útil en el área rural de acuerdo con la producción de las fuentes en estas redes de distribución, es el de conexiones domiciliarias.

### **2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional**

Según los datos poblacionales del Instituto Nacional de Estadística y de la información proporcionada por la Oficina de Planificación Municipal, se optó por una tasa del 3,00 %, tomada en cuenta para estimar la población futura.

### **2.1.4. Periodo de diseño, población futura**

Es el período de tiempo estimado en el cual el sistema de abastecimiento de agua potable prestará un servicio satisfactorio. Se recomienda para obras civiles 20 años y para equipos mecánicos de 5 a 10 años.

El período de diseño que recomiendan instituciones como Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (Unepar); es de 20 años, por lo que éste fue el período adoptado para el presente proyecto.

La población futura del sistema de abastecimiento de agua potable, se calcula según el modelo de crecimiento geométrico siguiente:

$$Pf = Po(1+r)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento poblacional

n = número de años en el futuro

Sustituyendo datos en el modelo de crecimiento geométrico, se obtiene:

- Sector Sur:

$$Pf = 136(1+0,03)^{20}$$

$$Pf = 246 \text{ habitantes}$$

- Sector Los Ramírez:

$$Pf = 128(1+0,03)^{20}$$

$$Pf = 191 \text{ habitantes}$$

### **2.1.5. Factores de consumo y caudales**

Para el diseño hidráulico del sistema se consideran varios factores dependiendo del tamaño de la población, fijando las variables técnicas. A continuación, se presentan los caudales del diseño.

#### **2.1.5.1. Caudal medio diario**

Resulta de multiplicar la dotación por la población futura dividido por el número de segundos que contiene un día.

$$Q_{md} = \frac{\text{Dot} \times Pf}{86\,400}$$

Donde:

Qm = caudal medio diario en l/s

Dot = dotación en l/hab/día

Pf = número de habitantes proyectados al futuro

Sustituyendo datos en el modelo anterior, se obtiene:

$$Q_{md} = \frac{90 \text{ l/hab/día} \times 246 \text{ habitantes}}{86\,400 \text{ s}}$$
$$Q_{md} = 0,26 \text{ l/s}$$

El caudal medio diario para el sector Sur es de 0,26 litros por segundo y para el sector Los Ramírez, el caudal medio diario es de 0,13 litros por segundo.

#### **2.1.5.2. Caudal máximo diario**

Primero deberá verificarse si existe un registro de este parámetro para la población específica; de lo contrario deberá considerarse como el producto del caudal medio diario (Qmd) por un factor que va de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 1,2 para mayores de 1 000 habitantes.

Se deberá justificar el factor que haya seleccionado. El consumo de agua no es igual en un día de verano como en un día de invierno. El Factor Máximo Diario (FMD), aumenta el caudal medio diario de un 20 a 50 %, considerando el posible aumento del caudal. El factor utilizado para éste proyecto es de 1,2.

$$QMD = Q_{md} \times FMD$$

Donde:

QMD = caudal máximo diario en l/s

Qmd = caudal medio diario en l/s

FMD = factor máximo diario

Sustituyendo datos en el modelo anterior se obtiene:

$$QMD = 0,26 \text{ l/s} \times 1,2$$

$$QMD = 0,32 \text{ l/s}$$

El caudal máximo diario para el sector Sur es de 0,31 litros por segundo y para el sector Los Ramírez es de 0,16 litros por segundo.

### **2.1.5.3. Caudal máximo horario**

Es un parámetro de diseño que considera la variación del consumo de agua debido a la hora de su uso, porque a la media noche el consumo es mínimo, mientras que entre las 5 y 7 horas el consumo es máximo, el caudal máximo horario resulta de la multiplicación del caudal medio diario, por un factor que va de 1,8 a 2,5 para poblaciones rurales. El factor utilizado para éste proyecto es de 1,8.

El caudal máximo horario se determina mediante la siguiente ecuación:

$$QHM = FHM \times Qmd$$

Donde:

QHM = caudal máximo horario o de hora máxima

FHM = factor de hora máxima

Qmd = caudal medio diario

Sustituyendo datos en la fórmula anterior se obtiene:

$$QHM = 1,80 \times 0,26 \text{ l / s}$$

$$QHM = 0,46 \text{ l / s}$$

El caudal para el sector Sur es de 0,46 litros por segundo y para el sector Los Ramírez es de 0,24 litros por segundo.

### **2.1.6. Calidad de agua y sus normas**

Es un dato esencial para el diseño, ya que el agua de mala calidad debe ser sometida a tratamiento para hacerla potable a los humanos. La calidad del agua depende de factores fisicoquímicos y bacteriológicos que deben cumplir ciertos parámetros para determinar el tipo de tratamiento que deberá utilizarse o la ausencia del mismo. La calidad del agua para el consumo humano está regida por las acciones del sector de salud pública y por la Norma COGUANOR 29001.

El análisis de calidad de agua, revela agua sin sabor, con sustancias en suspensión en ligera cantidad, sin presencia de cloro y con aspecto claro. El resultado del ensayo bacteriológico determinó que el agua de las fuentes estudiada, requiere de tratamiento previo para el consumo.

Desde el punto de vista fisicoquímico sanitario, el análisis de agua se encuentra en los límites aceptables; por lo que, el agua de la fuente puede ser utilizada. Detalle en anexo 1 y 2.

### **2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tuberías**

Cuando se emplea la ecuación de Hazen-Williams para el diseño hidráulico con tubería PVC, el coeficiente de fricción C es 150 y para tuberías de HG es 100.

### **2.1.8. Presiones y velocidades**

Para la línea de conducción la presión hidrostática debe ser menor de 80 metros columna de agua. La máxima presión permisible es de 90 metros columna de agua.

La presión hidrodinámica en la red de distribución no debe ser mayor de 60 metros columna de agua. La velocidad en la línea de conducción y red de distribución según Infom-Unepar se debe mantener entre 0,60 y 3,00 m/s.

### **2.1.9. Levantamiento topográfico**

Es el conjunto de trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos que permiten construir una figura semejante a la del terreno, proyectado sobre un plano.

#### **2.1.9.1. Planimetría**

Para realizar levantamientos planimétricos existen diferentes métodos, los que por su grado de exactitud se utilizan en diferentes tipos de trabajo. Para este proyecto se realizó una poligonal abierta, utilizando el método de conservación de azimut, el equipo utilizado fue un teodolito T-20 y estatal.

### **2.1.9.2. Altimetría**

Es el conjunto de trabajos que proporcionan los elementos para conocer las diferencias de altura del terreno, para ser proyectado en un plano vertical. Existen varios métodos, pero los básicos son la nivelación diferencial y nivelación taquimétrica. Para el presente proyecto se utilizó el método taquimétrico, el equipo utilizado fue un teodolito T-20 y estatal.

### **2.1.10. Diseño hidráulico del sistema**

Debido a la topografía donde se encuentra ubicado el proyecto, el diseño hidráulico será por gravedad, tanto en la línea de conducción como en la red de distribución.

#### **2.1.10.1. Captación**

La captación recolecta el agua proveniente de fuentes o nacimientos, en el caso de este proyecto el agua se recolectará de un nacimiento de brote definido ladera. La estructura de esta obra se compone de un filtro que será construido de piedra bola y grava, rebalse, desagüe para limpieza, pichacha y tapadera con sello sanitario para la inspección. Los muros del tanque serán de mampostería de piedra bola y deberá protegerse con una cuneta para evitar el ingreso de corrientes pluviales; finalmente se circula con cerco perimetral de postes de madera y alambre espigado para evitar el ingreso de personas y animales.

Para más detalle de los componentes de la captación, ver en apéndices en los planos constructivos.

### 2.1.10.2. Línea de conducción

Para fines de este diseño se estableció con tubería de PVC, siempre y cuando las presiones no sobrepasen los límites estimados por sus fabricantes, y solo se utilizará tubería de HG, donde existan pasos aéreos o de zanjón.

Para una línea de conducción por gravedad deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Carga disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.
- Capacidad para transportar el caudal de día máximo ( $Q_c$ ).
- Clase de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.
- Considerar obras necesarias en el trayecto de la línea de conducción.
- Considerar diámetros mínimos para la economía del proyecto.

Diseño de la línea de conducción de captación hacia tanque de distribución del sector El Sur.

Datos: E-0 a E-6

E-0: Cota 1 000,00 m

E-6, Cota 989,98 m

Longitud = 351,80

Longitud (+5 %) = 369,39 m

Caudal ( $Q_c$ ) = 0,32 l/s

$C = 150$

$H_f = 10,02$  m

Para el diseño de la línea de conducción se utiliza la ecuación de Hazen - Williams, la cual es:

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * L * Q_c^{1,85}}{D^{4,87} * C^{1,85}}$$

Donde:

- H<sub>f</sub> = pérdida de carga por fricción (m)
- Q<sub>md</sub> = caudal máximo diario (l/seg)
- L = longitud de tubería más un factor de longitud del 5% por la topografía del terreno (m).
- D = diámetro interno de la tubería (plg.)
- C = coeficiente de rugosidad hidráulica, se usará C=150 para tubería PVC y 100 para HG.

Aplicando la ecuación de Hazen-Williams para obtener el diámetro teórico:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,81141 * L * Q_c^{1,85}}{H_f * C^{1,85}}}$$

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,81141 * 369,39 \text{ m} * 0,32 \text{ l/s}^{1,85}}{10,02 \text{ m} * 150^{1,85}}}$$

$$D = 0,94''$$

La longitud es muy corta para utilizar dos diámetros de tubería, por lo tanto, se utilizará tubería de 1 pulgada cuyo diámetro interior es 1,195 pulgadas.

Cálculo de Hf real en la línea de conducción de El Sur.

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * L * Q_c^{1,85}}{D^{4,87} * C^{1,85}}$$

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * 369,39 * 0,32^{1,85}}{1,195^{4,87} * 150^{1,85}}$$

$$H_f = 3,10$$

Para el sector El Sur se utilizarán 62 tubos de diámetro de 1 pulgada en la longitud total de conducción y para el sector Los Ramírez, se utilizarán 55 tubos de 3/4 de pulgada, respectivamente.

Verificación de la velocidad sector El Sur

Velocidad diámetro 1 pulgada.

$$V = 1,973525241 \times Q_c / D_i^2$$

$$V = 1,97352541 \times 0,32 \text{ l/s} / (1,195 \text{ m})^2$$

$$V = 0,442 \text{ m/s} \quad \text{OK} \quad 0,6 < V < 3 \text{ m/s}$$

La velocidad en la tubería de conducción para el sector El Sur será de 0,44 metros por segundo y para el sector Los Ramírez será de 0,37 metros por segundo.

Para el sector El Sur no puede utilizarse un diámetro menor porque la pérdida de carga sería mayor a la diferencia de alturas. En el caso del sector Los Ramírez no puede utilizarse un diámetro menor, porque estará fuera de norma.

Cota Piezométrica

$$CP(E-3) = 989,98 \text{ m} - 3,097 + 10,02 \text{ m} = 996,90 \text{ m}$$

$$\text{Presión disponible en E-3} = 10,02 - 3,097 = 6,92 \text{ mca}$$

La presión disponible para el sector El Sur será de 6,92 metros columna de agua; y para el sector Los Ramírez será de 34,50 metros columna de agua.

### **2.1.10.3. Tanque de almacenamiento**

Para el diseño del tanque de distribución debe considerarse su capacidad, debido a que esta estará en función del caudal y variaciones horarias, su ubicación debe ser la adecuada para abastecer por gravedad todas las viviendas de la comunidad.

El tipo de tanque puede ser enterrado, semienterrado o elevado, y construido de concreto armado, concreto ciclópeo, metal y recientemente de plástico. Debe ser diseñado de tal manera que el agua tiene que ser siempre potable, debe estar cubierto, pero impidiendo el paso de la lluvia, polvo o animales y otros ajenos al sistema de agua, pero con accesos necesarios para la limpieza y respiración, así como drenajes que permitan vaciarlo.

$$VOL = 45 \% \times Qmd$$

$$VOL = \frac{0,45 \times 0,26 \text{ l/s} \times 1,20 \times 86\,400 \text{ s/día}}{1\,000 \text{ l/m}^3}$$

$$VOL = 12,05 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, se diseñará un tanque de 15 metros cúbicos de capacidad para el sector El Sur y un tanque de 10 metros cúbicos para el sector Los Ramírez, los cuales serán diseñados para trabajar semienterrados. Las dimensiones de los tanques serán:

- El Sur:
  - Altura: 1,50 (metros)
  - Largo: 3,40 (metros)
  - Ancho: 3,00 (metros)
  
- Los Ramírez:
  - Altura: 1,50 (metros)
  - Largo: 2,60 (metros)
  - Ancho: 2,60 (metros)
  
- Diseño de la losa para el tanque de distribución El Sur

Para el diseño de la cubierta se utilizará una losa plana, la que se diseñará por el método 3 del código ACI.

- Coeficiente de momentos

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

a = lado corto

b = lado largo

Tomando las medidas a ejes:

$$m = \frac{3,45 \text{ m}}{3,85 \text{ m}}$$

$$m = 0,90$$

Debido a que m es mayor a 0,5 se diseñará la losa en dos sentidos.

- Espesor de la losa

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{14,60 \text{ m}}{180}$$

$$t = 0,09 \text{ metros}$$

Por lo tanto, se utilizará una losa de 0,10 metros de espesor.

- Integración de cargas

Carga muerta:

$$\text{Peso propio: } 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,10 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}^2$$

Sobrecarga: 90 kg/m<sup>2</sup>

CM = 330 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva CV se considera de 100 kg/m<sup>2</sup> para techo con acceso restringido.

Para determinar la carga última se necesita maximizar las cargas; tanto la carga muerta como la viva, con los siguientes factores:

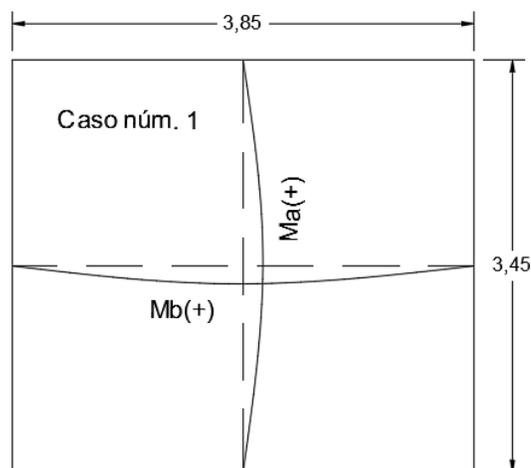
$$CU = 1,4 \times CM + 1,7 \times CV$$

$$CU = 1,4 \times 330 \text{ kg/m}^2 + 1,70 \times 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 632 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de los momentos actuantes en la losa.

Figura 3. **Esquema de losa para tanque de distribución El Sur**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Momentos positivos

Factores caso 1, m = 0,90

$$MA^{(+)} = MA^{(+)}_{CM} + MA^{(+)}_{CV}$$

$$MA^{(+)} = (A^2 \times Ca \times CMU) + (A^2 \times Ca \times CVU)$$

$$MA^{(+)} = (3,45^2 \times 0,045 \times 462 \text{ kg/m}) + (3,45^2 \times 0,045 \times 170 \text{ kg/m})$$

$$MA^{(+)} = 338,51 \text{ kg-m}$$

$$MB^{(+)} = MB^{(+)}_{CM} + MB^{(+)}_{CV}$$

$$MB^{(+)} = (B^2 \times Cb \times CMU) + (B^2 \times Cb \times CVU)$$

$$MB^{(+)} = (3,85^2 \times 0,029 \times 462 \text{ kg/m}) + (3,85^2 \times 0,029 \times 170 \text{ kg/m})$$

$$MB^{(+)} = 271,67 \text{ kg-m}$$

Momentos negativos

$$MA^{(-)} = A^2 \times Ca \times CU$$

$$MA^{(-)} = 4,00^2 \times 0,00 \times 542,40 \text{ kg/m}$$

$$MA^{(-)} = 0,00 \text{ kg-m}$$

$$MB^{(-)} = B^2 \times Cb \times CU$$

$$MB^{(-)} = 4,00^2 \times 0,00 \times 542,40 \text{ kg/m}$$

$$MB^{(-)} = 0,00 \text{ kg-m}$$

- Cálculo del área de acero

Análisis por flexión

$f'c$  (resistencia del concreto) = 210 kg / cm<sup>2</sup>

$f'y$  (resistencia del acero) = 2 810 kg / cm<sup>2</sup>

b (franja unitaria) = 100 cm

Cálculo del peralte (d)

$$d = 10 - 2,5 - 0,95/2$$

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

Cálculo del área de acero mínimo

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{f'c} / f_y) * (b*d) \quad (10-3 \text{ ACI } 318-08)$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / f_y) * (b*d)$$

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{210} / 2\,810) * 100 * 7 = 2,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / 2\,810) * 100 * 7,5 = 3,51 \text{ cm}^2$$

Se opta por el mayor de los dos  $A_{s\text{mín}}$  calculados  $A_{s\text{mín}} = 3,51 \text{ cm}^2$

Espaciamiento

$$3,51 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

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

$$S = 20,21 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = 3t = 3(10 \text{ cm}) = 30 \text{ cm.}$$

Momento último que resiste el área de acero (3,51 cm<sup>2</sup>)

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

M<sub>u</sub> (momento último) = 338,51 kg - m

f'c (resistencia del concreto) = 280 kg / cm<sup>2</sup>

f'y (resistencia del acero) = 2 810 kg / cm<sup>2</sup>

b (franja unitaria) = 100 cm

d (peralte efectivo) = 7,00 cm

φ (factor según ACI 318-08) = 0,90

$$M_u = 603,39 \text{ kg} - \text{m}$$

$$603,39 \text{ kg} - \text{m} > 338,51 \text{ kg} - \text{m. OK}$$

- Armado

Colocar varillas núm. 3 a cada 20 centímetros en ambos sentidos.

- Diseño de muros

El tipo de tanque es semienterrado y el muro será de concreto ciclópeo, será diseñado como un muro por gravedad, con carga en la parte superior debida a la losa y viga perimetral.

- Predimensionamiento

Datos:

Peso específico del suelo =  $\gamma' = 1\ 600\ \text{kg/m}^3$

Peso específico del agua =  $1\ 000\ \text{kg/m}^3$

Peso específico del concreto =  $2\ 400\ \text{kg/m}^3$

Peso específico del concreto ciclópeo =  $2\ 600\ \text{kg/m}^3$

Valor soporte del suelo =  $10\ \text{ton/m}^2$

$\theta = 25^\circ$  (0,44 rad)

El ángulo de fricción interna se tomó de los valores propuestos para una arena húmeda, según el trabajo de graduación: CABRERA, Jadenon. *Apuntes de cimentación*.

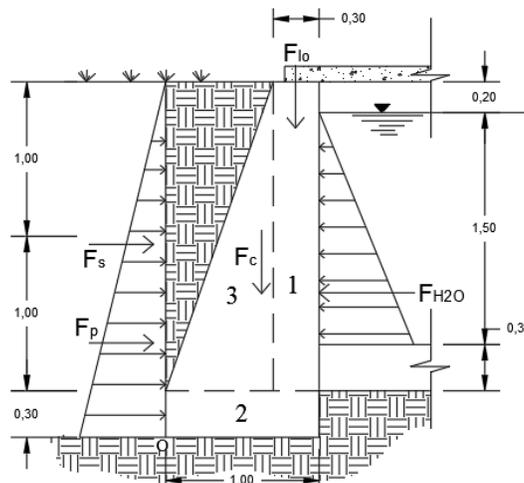
$H = 2\ \text{m}$

Base =  $1/2(2\text{m}) = 1$  se tomará éste valor.

Espesor de la cortina en la parte superior = 0,30 metros.

Profundidad = 1,50 metros.

Figura 4. Muro de tanque de distribución El Sur



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Presión activa

$$\text{Presión del agua} = 1,50 \text{ m} \times 1\,000 \text{ kg/m}^3 = 1\,500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Presión del agua} = 1,50 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{2} (1,50 \text{ ton/m}^2 \times 1,50 \text{ metros})$$

$$F_{\text{H}_2\text{O}} = 1,13 \text{ ton/m}$$

- Presión pasiva

$$\text{Presión del suelo} = \frac{1}{2} K_p \gamma' H^2$$

Donde:

$K_p$  = coeficiente de presión pasiva del suelo.

$\gamma'$  = peso unitario efectivo del suelo detrás del muro expresado en  $\text{ton/m}^3$

H = altura del muro en metros.

$$K_p = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} = \frac{1 - \text{sen } 25}{1 + \text{sen } 25} = 0,41$$

$$F_p = \frac{1}{2} (0,41 \times 1,6 \text{ ton/m}^3 \times 2,3^2 \text{m}^2)$$

$$F_p = 1,74 \text{ ton/m}$$

$$MF_p = 1,74 \text{ ton/m} \times \left(\frac{1}{3} \times 2,30 \text{ m}\right)$$

$$MF_p = 1,33 \text{ ton/m-m}$$

- Empuje activo sísmico

Este análisis se basa en la teoría de cuñas propuesta por Coulomb indicada en la norma de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica de Guatemala (AGIES).

$$\Delta F_{AE} = F_{AE} - F_A \text{ (AGIES NSE 5-2010)}$$

Donde:

$$F_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_{AE} (1 - k_v) F \text{ (AGIES NSE 5-2010)}$$

$$F_A = \frac{\cos^2 \theta^*}{\cos \Psi \cdot \cos^2 \theta}$$

$\beta^* = \beta + \Psi =$  ángulo modificado del talud de relleno

$\theta^* = \theta + \Psi =$  ángulo modificado de la pared trasera del muro

$$\Psi = \tan^{-1} \left( \frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

$K_v =$  aceleración vertical de la masa de suelo

$K_h =$  aceleración horizontal de la masa de suelo de acuerdo con el tipo de sismo que se esté analizando, y de acuerdo con el mapa de macro zonificación sísmica para la República de Guatemala.

$$K_{AE} = \frac{\cos(\phi - \theta^*)^2}{\cos(\theta^*)^2 \cdot \cos(\theta^* + \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta^*)}{\cos(\theta^* + \delta) \cdot \cos(\theta^* - \beta^*)}} \right]^2}$$

- Cálculo del ajuste por clase de sitio

El índice de sismicidad ( $I_0$ ) es la medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad y los parámetros  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$  son respectivamente la ordenada espectral de período corto y la ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo. (capítulo 4, NS2, AGIES 2010). Estos valores dependen del municipio donde se vaya a construir la edificación y se encuentran en la tabla de anexo “A” de la sección NS2 de AGIES 2010. Para Tejutla, San Marcos es  $I_0=4$  y los parámetros de sismo severo con probabilidad de ser excedido del 5 % en 50 años es  $S_{cr}= 1,30$  g y  $S_{1r}= 0,50$  g.

La construcción de un tanque de distribución es una obra importante ya que es el depósito en el cual se almacena agua para consumo humano y esta clasificación le determina una protección sísmica de clase D con una probabilidad del sismo de diseño de 5 % en 50 años, según tabla 4-1, capítulo 4, NS2, AGIES 2010.

Para determinar los coeficientes de sitio “ $F_a$ ” y “ $F_v$ ” depende del tipo de sitio y el índice de sismicidad determinados anteriormente. Para un sitio tipo D y un índice de sismicidad 4 los valores son  $F_a= 1,0$  y el  $F_v= 1,5$ , según tablas 4-2 y 4-3 del capítulo 4, AGIES 2010.

Al existir cercanía a una falla geológica se deben realizar ajustes a las ordenadas espectrales; mediante la multiplicación de las ordenadas y los factores  $N_a$  y  $N_v$ ; estos factores según el tipo de fuente A y una distancia mayor a 10 Km son  $N_a = 1,0$  y  $N_v = 1,1$ , de acuerdo a las tablas 4-5, 4-6, 4-7 del capítulo 4, AGIES 2010.

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{cs} = 1,3 * 1,0 * 1,0$$

$$S_{cs} = 1,3$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

$$S_{1r} = 0,50 * 1,50 * 1,0$$

$$S_{1s} = 0,75$$

- Cálculo del espectro calibrado al nivel de diseño

De acuerdo al tipo de sismo que se espera y su porcentaje de ocurrencia se deben afectar los coeficientes de ordenada espectral por factores  $K_d$ . Para lo cual se determinó, al clasificar el nivel de protección del edificio y su categoría, un sismo del 5 % de probabilidad de ocurrencia en 50 años.  $K_d = 1,0$  de acuerdo a la sección 4,3,4,1 AGIES 2010.

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

$$S_{cd} = 1,0 * 1,3$$

$$S_{cd} = 1,3$$

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

$$S_{1d} = 1,0 * 0,75$$

$$S_{1d} = 0,75$$

- ✓ Aceleración horizontal del suelo

$$K_h = 0,40 * S_{cd} \text{ (AGIES NSE 2-2010)}$$

$$K_h = 0,40 * 1,30$$

$$K_h = 0,52$$

- ✓ Aceleración vertical del suelo

$$K_v = 0,15 * S_{cd} \text{ (AGIES NSE 2-2010)}$$

$$K_v = 0,15 * 1,30$$

$$K_v = 0,20$$

- ✓ Presión activa generada durante el sismo

$$\Psi = \tan^{-1} \left( \frac{0,52}{1 - 0,20} \right) = 33,02^\circ$$

$$\beta^* = \beta + \Psi = 0^\circ + 33,02^\circ = 33,02^\circ$$

$$\theta^* = \theta + \Psi = 0^\circ + 33,02^\circ = 33,02^\circ$$

$$F_A = \frac{\cos^2 33,02^\circ}{\cos 33,02^\circ \cdot \cos^2 0^\circ} = 0,834 \text{ ton/m}$$

$$F_A = 0,834 \text{ ton/m}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos(25 - 33,02)^\circ}{\cos(33,02)^\circ \cdot \cos(33,02 + 0) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(25 + 0) \cdot \sin(33,02 - 25)}{\cos(33,02 + 0) \cdot \cos(33,02 - 33,02)}} \right]^2}$$

$$K_{AE} = 1,04$$

$$F_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_{AE} (1 - k_v) F \text{ (AGIES NSE 5-2010)}$$

$$F_{AE} = \frac{1}{2} (1,6 \text{ ton/m}^3) (2,0 \text{ m})^2 (1,04) (1 - 0,20) (0,834 \text{ ton/m})$$

$$F_{AE} = 2,22 \text{ ton/m}$$

$$\Delta F_{AE} = F_{AE} - F_A \text{ (AGIES NSE 5-2010)}$$

$$\Delta F_{AE} = 2,22 - 1,74 = 0,48 \text{ ton/m}$$

Momento volcante sísmico respecto del punto O.

$$M = M_{\Delta AE} + M_{H_2O}$$

$$M = 0,48 \text{ ton/m} (2/3 \times 2,30 \text{ m}) + 1,13 \text{ ton/m} (0,6 + 1/3 \times 1,50 \text{ m})$$

$$M = 1,98 \text{ ton/m-m}$$

Tabla I. **Cargas y momentos actuantes del muro por gravedad**

Fig.	Área (m <sup>2</sup> )		δ (t/m <sup>3</sup> )	Carga (t/m)	Brazo (m)		Momento (t/m-m)
1	2,0*0,30	0,60	2,6	1,56	0,15+1,0	1,15	1,79
2	1,0*0,30	0,30	2,6	0,78	1/2*1,5	0,50	0,39
3	2,0*0,7*0,5	0,70	2,6	1,82	2/3*0,7	0,47	0,85
			Fc	4,16		Mc	3,03

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Cálculo del peso de la losa

$$W_{\text{losa}} = \left[ CU \times \frac{\text{Área tributaria}}{L} \right]$$

$$W_{\text{losa}} = 0,23 \text{ ton/m}$$

$$M_{\text{losa}} = 0,23 \text{ ton/m} * 0,85 \text{ m}$$

$$M_{\text{losa}} = 0,19 \text{ ton/m-m}$$

- Verificación contra volteo

$$F_v = \frac{\Sigma \text{Momentos pasivos}}{\Sigma \text{Momentos activos}} = \frac{M_c + M_p + M_l}{M \text{ volcane sísmico}} > 1,5$$

$$F_v = (3,03 + 1,33 + 0,19) / 1,98$$

$$F_v = 2,30 > 1,5 \text{ OK}$$

- Verificación contra deslizamiento

$$F_v = \frac{\Sigma \text{Fuerzas pasivas}}{\Sigma \text{Fuerzas activas}} * (\mu * \tan 25^\circ) = \frac{F_c + F_p + F_l}{\Delta F_{AE} + F \text{ agua}} > 1,5$$

$$F_d = 0,90 * \tan (25^\circ) * (4,16 + 1,74 + 0,23) / (0,48 + 1,13)$$

$$F_d = 1,62 > 1,5 \text{ OK}$$

- Verificación contra presiones

$$X = \frac{\Sigma M_{o+\rightarrow}}{\Sigma \text{Fuerzas de muro}} = \frac{M_c + M_p + M_l + M_s - M_{agua}}{W_c + W_l + W_p}$$

$$X = (3,03 + 1,33 + 0,19 - 1,98) / (4,16 + 1,78 + 0,23)$$

$$X = 0,42 \text{ m}$$

$$q_{\max} = \frac{(W_{\text{muro}} + W_{l+v})}{\text{Base} * L} * \left(1 + \frac{6 * e}{\text{Base} * L}\right)$$

$$q_{\min} = \frac{(W_{\text{muro}} + W_{\text{l+v}})}{\text{Base} \times L} * \left(1 - \frac{6 * e}{\text{Base} * L}\right)$$

$$q_{\max} < 10 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\min} > 0 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\max} = 6,48 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\min} = 2,30 \text{ ton/m}^2$$

- Diseño de la losa inferior del tanque

Volumen de agua = 15,30 m<sup>3</sup>

$$P_{\text{agua/losa}} = 15,30 \text{ m}^3 * 1\,000 \text{ kg/m}^3 / 1\,000 = 15,30 \text{ ton}$$

$$P_{\text{agua/losa inferior}} = 15,30 \text{ ton} / ((3,45 - 0,45) * (3,85 - 0,45))$$

$$P_{\text{agua/losa inferior}} = 1,5 \text{ ton} < 10 \text{ ton/m}^2$$

Se colocará un piso de concreto ciclópeo de 0,30 metros de espesor.

Nota: los detalles estructurales de los tanques de almacenamiento se encuentran en la sección de apéndices.

Los resultados para el tanque de distribución del sector Los Ramírez son los siguientes:

- Diseño de la losa para el tanque de distribución sector Los Ramírez
  - Coeficiente de momentos

Tomando las medidas a ejes:

$$m = 3,05 / 3,05 = 1,0$$

Debido a que m es mayor a 0,5 se diseñará la losa en dos sentidos.

- Espesor de la losa

$$t = 12,20/180 = 0,067 \text{ metros}$$

Por lo tanto, se utilizará una losa de 0,10 metros de espesor

- Integración de cargas

$$CM = 330 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

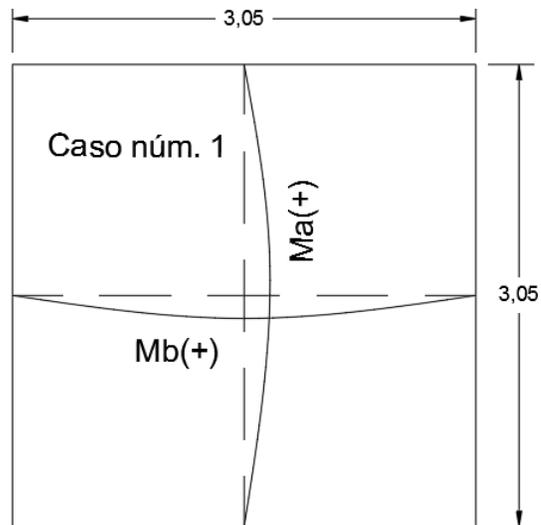
$$CU = 1,4 \times CM + 1,7 \times CV$$

$$CU = 1,4 \times 330 \text{ kg/m}^2 + 1,70 \times 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 632 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de los momentos actuantes en la losa.

Figura 5. Esquema de losa para tanque de distribución Los Ramírez



Fuente: elaboración propia, empelando AutoCAD Civil 3D 2014.

Momentos positivos

$$MA^{(+)} = 211,65 \text{ kg-m} = 212 \text{ kg-m}$$

$$MB^{(+)} = 211,65 \text{ kg-m} = 212 \text{ kg-m}$$

- Cálculo del área de acero

Análisis por flexión

Cálculo del peralte (d)

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

Cálculo del área de acero mínimo

$$A_{smin} = 3,51 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$\begin{aligned} 3,51 \text{ cm}^2 & \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 & \dots\dots\dots S \end{aligned}$$

$$S = 20,21 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 3t = 3(10 \text{ cm}) = 30 \text{ cm}.$$

Momento último que resiste el área de acero (3,51 cm<sup>2</sup>)

$$M_u = 603 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$603 \text{ kg} - \text{cm} > 211,65 \text{ kg} - \text{cm} \text{ OK}$$

- Armado

Colocar varillas núm. 3 a cada 20 centímetros, en ambos sentidos.

- Diseño de muros
  - Predimensionamiento

Datos:

$$\text{Peso específico del suelo} = \gamma' = 1\,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del agua} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

Peso específico del concreto = 2 400 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del concreto ciclópeo = 2600 kg/m<sup>3</sup>

Valor soporte del suelo = 10 ton/m<sup>2</sup>

$\theta = 25^\circ$  (0,44 rad).

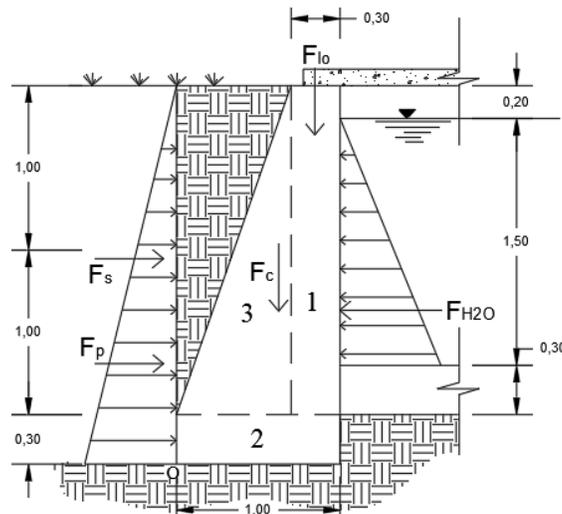
H = 2 m

Base =  $1/2(2m) = 1$  se tomará éste valor.

Espesor de la cortina en la parte superior = 0,30 metros.

Profundidad = 1,50 metros

Figura 6. **Muro de tanque de distribución Los Ramírez**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Presión activa

Presión del agua = 1,50 ton/m<sup>2</sup>

$F_{H2O} = 1,13$  ton/m

- Presión pasiva

$$F_p = 1,74 \text{ ton/m}$$

$$MF_p = 1,33 \text{ ton/m-m}$$

- Empuje activo sísmico

$$\Delta F_{AE} = F_{AE} - F_A \text{ (AGIES NSE 5-2010)}$$

$$\Psi = \tan^{-1} \left( \frac{0,52}{1 - 0,20} \right) = 33,02^\circ$$

$$F_A = 0,834 \text{ ton/m}$$

$$K_{AE} = 1,04$$

$$F_{AE} = 2,22 \text{ ton/m}$$

$$\Delta F_{AE} = 2,22 - 1,74 = 0,48 \text{ ton/m}$$

Momento volcante sísmico respecto del punto O.

$$M = M_{\Delta AE} + M_{H_2O}$$

$$M = 1,98 \text{ ton/m-m}$$

Tabla II. **Cargas actuantes en el muro de tanque de distribución**

Fig.	Área (m <sup>2</sup> )		δ (t/m <sup>3</sup> )	Carga (t/m)	Brazo (m)		Momento (t/m-m)
1	2,0*0,30	0,60	2,6	1,56	0,15+1,0	1,15	1,79
2	1,0*0,30	0,30	2,6	0,78	1/2*1,5	0,50	0,39
3	2,0*0,7*0,5	0,70	2,6	1,82	2/3*0,7	0,47	0,85
			W muro	4,16		Mmuro	3,03

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Cálculo del peso de la losa

$$W_{\text{llosa}} = 0,18 \text{ ton/m}$$

$$M_{\text{llosa}} = 0,18 \text{ ton/m} * 0,85 \text{ m}$$

$$M_{\text{llosa}} = 0,15 \text{ ton/m-m}$$

- Verificación contra volteo

$$F_v = 2,28 > 1,5 \text{ OK}$$

- Verificación contra deslizamiento

$$F_d = 1,59 > 1,5 \text{ OK}$$

- Verificación contra presiones

$$X = 0,42 \text{ m}$$

$$q_{\text{max}} = 6,50 \text{ ton/m}^2$$

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

- Diseño de la losa inferior del tanque

Volumen de agua= 10,14 m<sup>3</sup>

$$P_{\text{agua/losa}} = 10,14 \text{ m}^3 * 1\,000 \text{ kg/m}^3 / 1\,000 = 10,14 \text{ ton}$$

$$P_{\text{agua/losa inferior}} = 1,5 \text{ ton} < 10 \text{ ton/m}^2$$

Se colocará un piso de concreto ciclópeo de 0,30 metros de espesor.

Nota: los detalles estructurales de los tanques de almacenamiento se encuentran en la sección de apéndices.

#### **2.1.10.4. Sistema de desinfección**

El tratamiento es el proceso que se le da al agua, que por sus características no reúne condiciones específicas para un uso determinado, esto se realiza generalmente para poblaciones grandes o cuando la captación es en ríos, lagos o lagunas.

El tipo de tratamiento se establecerá mediante el análisis de los resultados obtenidos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Laboratorio Nacional, Laboratorio de Fomento Municipal (Infom) u otro laboratorio certificado para el análisis de la calidad del agua.

- Desinfección

Debido a la probabilidad que el agua no sea potable, desde el punto de vista bacteriológico y de acuerdo a los análisis, se le debe dar un tratamiento por medio de desinfección. Este proceso tiene por objetivo garantizar la potabilidad del agua al asegurar la ausencia de microorganismos patógenos. Para la desinfección se utilizará hipoclorito de calcio con 65 % de cloro, disponible, y un hipoclorador automático PPG. Este dispositivo consiste en la disolución de las pastillas de hipoclorito de calcio por el flujo de agua que entra en el hipoclorador; la cloración del agua es controlada por este flujo.

Para determinar el modelo del hipoclorador se necesita determinar el flujo de cloro y referirse a la tabla de hipocloradores.

Tabla III. **Tipos de hipocloradores**

<b>HIPOCLORADORES</b>		
<b>MODELO</b>	<b>FLUJO DE CLORO G/HORA</b>	<b>CAPACIDAD TABLETAS</b>
3015	20-200	22
075	90-900	113
3150	450-5400	227
3550	1400-11000	833

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Dosificación para el sector El Sur

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

Donde:

Q conducción = 0,32 litros por segundo = 19,2 litros por minuto

$Q_c = \text{en l/min}$

$D_c = 0,2 \text{ mg/l}$

$$F_c = 19,2 \text{ l/min} * 2 \text{ PPM} * 0,06$$

$$F_c = 2,30 \text{ mg/hora}$$

- Dosificación para el sector Los Ramírez

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

Donde:

Q conducción = 0,16 litros por segundo = 9,6 l/min

$Q_c = \text{en l/min}$

$D_c = 0,2 \text{ mg/l}$

$$F_c = 9,6 \text{ l/min} * 2 \text{ PPM} * 0,06$$

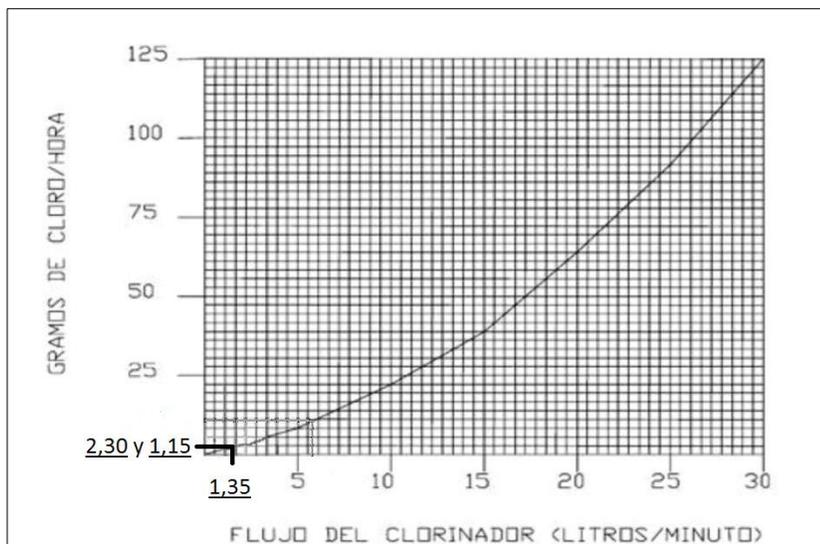
$$F_c = 1,15 \text{ mg/hora}$$

Con estos resultados se determina el modelo del hipoclorador PPG que se debe utilizar. Según la tabla de hipocloradores, el flujo de cloro calculado corresponde a un hipoclorador PPG modelo 3015, con capacidad de 22 tabletas de hipoclorito de calcio.

- Flujo de agua que entra en el hipoclorador

Teniendo el flujo de cloro en gr/hora, se interpola en la gráfica de hipocloradores para obtener el flujo de agua que debe entrar en el hipoclorador.

Figura 7. **Gráfica de hipoclorador automático PPG 3015**



Fuente: elaboración propia.

Al interpolar el flujo de cloro en la figura 7 se obtiene el flujo de agua que debe entrar en el hipoclorador, que es de 1,35 litros/minuto. Con este flujo más el flujo que no es clorado, se obtiene la concentración de 2 PPM de cloro disponible en los tanques.

- Dosificación del hipoclorador para el sector El Sur

El flujo de cloro del hipoclorador es de 2,30 g/hora, entonces la cantidad de tabletas en un mes son:

$2,30 \text{ g/hora} \times 24 \text{ horas/día} \times 30 \text{ días/mes} = 1\,656 \text{ g/mes}$

$1\,656 \text{ gramos/mes} \times 1 \text{ tableta} / 200 \text{ gramos} = 8,28 \text{ tabletas}$

Comercialmente las tabletas de hipoclorito de calcio de 3" se adquieren en tambos plásticos de 200 tabletas, por lo tanto, el rendimiento de estos tambos será de:

$200 \text{ tabletas} / 8,28 \text{ tabletas} = 24,15 \text{ meses}$

- Dosificación del hipoclorador para el sector Los Ramírez

El flujo de cloro del hipoclorador es de 1,15 g/hora, entonces la cantidad de tabletas en un mes son:

$1,15 \text{ g/hora} \times 24 \text{ horas/día} \times 30 \text{ días/mes} = 828 \text{ g/mes}$

$828 \text{ gramos/mes} \times 1 \text{ tableta} / 200 \text{ gramos} = 4,14 \text{ tabletas}$

Comercialmente las tabletas de hipoclorito de calcio de 3" se adquieren en tambos plásticos de 200 tabletas, por lo tanto, el rendimiento de estos tambos será de:

$200 \text{ tabletas} / 4,14 \text{ tabletas} = 48,31 \text{ meses}$

#### **2.1.10.5. Red de distribución**

Se determinarán los siguientes factores que se utilizarán para el cálculo hidráulico de la red de distribución.

- Diseño de la red de distribución El Sur de E-6 a E-13

Tabla IV. **Cálculo hidráulico de distribución para el sector El Sur**

Criterios de diseño		
Número de viviendas =	16,00	Viviendas
Habitantes / vivienda =	8,00	Habitantes
Dotación =	90,00	Lt/hab/día
Caudal de aforo =	0,32	Lt/s
Periodo de diseño =	20,00	Años
Tasa de crecimiento poblacional =	0,03	Anual
Población actual =	128,00	Habitantes
Población futura =	232,00	Habitantes
Q medio diario =	0,24	Lt/s
Factor de día máximo =	1,20	
Q conducción =	0,29	Lt/s
Factor de hora máximo =	1,80	
Q distribución =	0,44	Lt/s
Q distribución / vivienda =	0,027	Lt/s
Volumen del tanque =	15,00	m <sup>3</sup>
Coeficiente de capacidad hidráulica PVC =	150,00	
Coeficiente de capacidad hidráulica HG =	100,00	

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

#### Cálculo del caudal instantáneo

$$Q_{inst} = k \sqrt{N-1}$$

$Q_{inst}$  = caudal instantáneo

N = número de viviendas

K = 0,15

$$Q_{inst} = 0,15 * (6-1)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{inst} = 0,34 \text{ l/s}$$

Para la pérdida de carga se calcula el diámetro teórico utilizando la ecuación de Hazen-Williams:

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

Presión estática = 989,98 - 969,27

Presión estática = 20,71 mca

Donde:

Hf = pérdida de carga

L = 305,90 m \* 1,05

Q = 0,34 l/s

Sustituyendo los valores en la ecuación de Hazen-Williams la pérdida por fricción Hf = 20,71 mca.

$$\theta = \left( \frac{1\,743,811 \times 305,90 \times 1,05 \times 0,34^{1,85}}{20,71 \times 150^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

$$\theta = 0,80 \text{ pulg}$$

El diámetro a utilizar en el tramo es el resultante de comparar diámetros comerciales superiores e inferiores con el diámetro teórico obtenido, utilizando el que mejor se adapte al diseño hidráulico. Para este tramo se utilizará el diámetro de 3/4 pulgada con un diámetro interior de 0,926 pulgadas.

$$\text{Presión disponible} = 30,71 - 10,17 = 20,54 \text{ mca}$$

Se calcula la velocidad del líquido en el tramo, tomando en cuenta que la velocidad tendrá que ser mayor a 0,60 metros por segundo y menor a 3 metros por segundo.

$$V = \frac{1,974 \times Q}{\theta^2}$$

$$V = \frac{1,974 \times 0,34 \text{ l/s}}{0,926^2}$$

$$V = 0,78 \text{ m/s}$$

- Diseño de la línea de distribución Los Ramírez de E-4 a E-13

Tabla V. **Cálculo hidráulico de distribución para el sector Los Ramírez**

Criterios de Diseño		
Número de viviendas =	15,00	Viviendas
Habitantes / vivienda =	8,00	Habitantes
Dotación =	60,00	Lt/hab/día
Caudal de aforo =	0,16	Lt/s
Periodo de diseño =	20,00	Años
Tasa de crecimiento poblacional =	0,030	Anual
Población actual =	120,00	Habitantes
Población futura =	197,00	Habitantes
Q medio diario =	0,14	Lt/s
Factor de día máximo =	1,20	
Q conducción =	0,16	Lt/s
Factor de hora máximo =	1,50	
Q distribución =	0,25	Lt/s
Q distribución / vivienda =	0,012	Lt/s
Volumen del tanque =	10,00	m <sup>3</sup>
Coeficiente de capacidad hidráulica PVC =	150,00	
Coeficiente de capacidad hidráulica HG =	100,00	

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Cálculo del caudal instantáneo

$$Q_{\text{inst}} = k \sqrt{N-1}$$

Qinst = caudal instantáneo  
N = número de viviendas  
K = 0,15

$$Q_{inst} = 0,15 * (4-1)^{1/2}$$
$$Q_{inst} = 0,26 \text{ l/s}$$

Para esta pérdida de carga se calcula el diámetro teórico utilizando la ecuación de Hazen-Williams:

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

Presión estática = 903,22 - 885,94  
Presión estática = 17,28 mca

Donde:

Hf = pérdida de carga  
L = 343,70 m \* 1,05  
Q = 0,26 l/s

Sustituyendo los valores en la ecuación de Hazen-Williams la pérdida por fricción Hf = 1,04 mca.

$$\theta = \left( \frac{1\,743,811 \times 343,70 \times 1,05 \times 0,26^{1,85}}{17,28 \times 150^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

$$\theta = 0,77 \text{ pulg}$$

El diámetro a utilizar en el tramo es el resultante de comparar diámetros comerciales superiores e inferiores con el diámetro teórico obtenido, utilizando el que mejor se adapte al diseño hidráulico. Para este tramo se utilizará el diámetro de 3/4 pulgada con un diámetro interior de 0,926 pulgadas.

$$\text{Presión disponible} = 27,28 - 7,12 = 20,16 \text{ mca}$$

Se calcula la velocidad del líquido en el tramo, tomando en cuenta que la velocidad tendrá que ser mayor a 0,60 metros por segundo y menor a 3 metros por segundo.

$$V = \frac{1,974 \times Q}{\theta^2}$$

$$V = \frac{1,974 \times 0,26 \text{ l/s}}{0,926^2}$$

$$V = 0,60 \text{ m/s}$$

El cuadro resumen del cálculo hidráulico se encuentra en la sección de apéndices.

#### **2.1.10.6. Obras de arte**

Son llamadas obras de arte, según la necesidad que se presente en cualquier punto que pueda afectar el sistema hidráulico, entre las obras hidráulicas se utilizaron las siguientes:

- Caja rompedora

Su función es disminuir la presión estática en la tubería, debido a pendientes muy pronunciadas que puedan dañar los accesorios. Las dimensiones mínimas serán 1,00 x 1,00 x 1,00 metros libres y serán de concreto reforzado colocadas en E-4 y E-15 del sector Los Ramírez.

- Pasos de zanjón

Su función es salvar depresiones y consta de alzados de concreto armado con tubería de acero galvanizado, están ubicados de la siguiente manera:

Sector Los Ramírez:

Entre E-5 y E-6

Sector El Sur

Entre E-1 y E-2

Entre E-3 y E-4

#### **2.1.10.7. Válvulas**

- Cajas de válvula de compuerta

Son válvulas que funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta, lo cual evita el golpe de ariete, se utilizan para regular el paso del agua en ramales, su ubicación es la siguiente:

Sector Los Ramírez:

E-8 y E-9

Sector El Sur:

E-1 y E-6

#### **2.1.10.8. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias de un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad suministrar el vital líquido en condiciones aceptables a la población, a través de un servicio domiciliar. Cada instalación contará con tubería de acometida PVC de diámetro ½ pulgada, llave de paso, llave de globo, caja de registro, contador de agua y llave de chorro.

#### **2.1.11. Administración, operación y mantenimiento**

Para que el sistema de agua potable preste un servicio eficiente durante el período de diseño, es necesario revisar periódicamente todos sus componentes para verificar que sigan en buen estado, en caso contrario se deben realizar las reparaciones pertinentes.

Con el fin de prevenir anticipadamente los daños que se pudieran ocasionar al sistema de agua potable, se tiene que tomar en cuenta el mantenimiento preventivo. Entre las acciones preventivas que se deberán tomar se pueden mencionar algunas:

- Verificar la existencia de derrumbes o hundimientos del suelo en la trayectoria del paso de tuberías.
- Revisar periódicamente el buen estado de las válvulas y verificar la existencia de fugas en el sistema.

### **2.1.12. Propuesta de tarifa**

Para que el sistema pueda operar adecuadamente y al mismo tiempo se le pueda dar el mantenimiento respectivo, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad y así prestar un servicio eficiente, los usuarios tienen que costearlo por medio de un pago mensual. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta los costos de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y un costo de reserva.

Tabla VI. Estimación de tarifa mensual sector El Sur

Datos del proyecto				
a) Dotación El Sur	Vhab/día		90,00	
b) Caudal Medio Diario (CMD) El Sur	l/s		0,24	
c) Consumo básico mensual	m <sup>3</sup> /mes		367,2	Dotación Vhab/día * No. Habitantes * 30 días / 1000
d) Número actual de conexiones	No.		16	
e) Long. Línea de conducción	Km		0,351	
f) Long. Línea de distribución	Km		1,813	
g) Costo del proyecto	Q		200 306,18	
Datos económicos				
h) Inflación anual	%		0	
i) Salario mínimo día	Q/día		78,72	Fuente: <a href="http://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/salariominimo.html">http://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/salariominimo.html</a>
j) Costo del hipoclorito de calcio (65%) para clorador tipo PPG 3015	Q/pastilla		4,25	
k) Viáticos	Q/día		100	
1 Costos a cubrir				
<u>Operación</u>				
Salario del operador	núm. días	4,00	314,88	1 día/5 conexiones + 1 día/2 Km (línea de condu + línea de distribución)
Hipoclorito de Calcio	Pastillas/mes	8,28	35,19	(dosificación al 1mg Cl / l ; Hipoclorito al 65 %)
	<b>Sub-total</b>		<b>350,07</b>	
<u>Mantenimiento</u>				
Mantenimiento del sistema		0,002	33,38	(2 al 5 por millar del costo del proyecto/ 12 meses)
	<b>Sub-total</b>		<b>33,38</b>	
<u>Administración</u>				
Papelería	Q	1	16	(Q 1,00 / conexión) estimado
Viáticos	Q	1	100	(días de viáticos por trámites administrativos * Q
	<b>Sub-total</b>		<b>116,00</b>	100,00 /día)
<b>TOTAL DE COSTOS</b>			<b>499,45</b>	
2 Estimación de tarifa				
Tarifa Básica Calculada	Q/mes		32,00	Total costos / número de conexiones
3 Consumo normal mensual/vivienda				
	21,6 m <sup>3</sup> /mes			
4 Tarifa adoptada por conexión actual				
	32,00 al mes			
5 Tarifa básica unitaria				
	1,48 Q/m <sup>3</sup>			Total costos / consumo total m <sup>3</sup> por conexión (hasta 17 m <sup>3</sup> consumo)
6 Costo unitario m <sup>3</sup> adicional				
	2,00 Q/m <sup>3</sup>			(Incremento del 30 % del costo unitario del m <sup>3</sup> )

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla VII. Estimación de tarifa mensual sector Los Ramírez

Datos del proyecto			
a)	Dotación Los Ramírez	Vhab/día	60,00
b)	Caudal Medio Diario (CMD) Los Ramírez	l/s	0,14
c)	Consumo básico mensual	m <sup>3</sup> /mes	216
d)	Número actual de conexiones	No.	15
e)	Long. Línea de conducción	Km	0,342
f)	Long. Línea de distribución	Km	1,265
g)	Costo del proyecto	Q	215 652,67
<b>Datos económicos</b>			
h)	Inflación anual	%	0
i)	Salario mínimo día	Q/día	78,72
j)	Costo del hipoclorito de calcio (65 %) para clorador tipo PPG 3015	Q/pastilla	4,25
k)	Viáticos	Q/día	100
<b>1 Costos a cubrir</b>			
<b>Operación</b>			
			1 día/5 conexiones + 1 día/2 Km (línea de condu +
	Salario del operador	núm. días	3,00
	Hipoclorito de Calcio	Pastillas/mes	4,14
	<b>Sub-total</b>		<b>253,76</b>
<b>Mantenimiento</b>			
	Mantenimiento del sistema		0,002
	<b>Sub-total</b>		<b>35,94</b>
<b>Administración</b>			
	Papelería	Q	1
	Viáticos	Q	1
	<b>Sub-total</b>		<b>115,00</b>
<b>Total de costos</b>			<b>404,70</b>
<b>2 Estimación de tarifa</b>			
	Tarifa básica calculada	Q/mes	27,00
<b>3 Consumo normal mensual/vivienda</b>			
	14,40	m <sup>3</sup> /mes	
<b>4 Tarifa adoptada por conexión actual</b>			
	27,00	al mes	
<b>5 Tarifa básica unitaria</b>			
	1,88	Q/m <sup>3</sup>	Total costos / consumo total m <sup>3</sup> por conexión (hasta 17 m <sup>3</sup> consumo)
<b>6 Costo unitario m<sup>3</sup> adicional</b>			
	3,00	Q/m <sup>3</sup>	(Incremento del 30 % del costo unitario del m <sup>3</sup> )

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

De acuerdo a las tablas VII y VIII se propone una tarifa inicial de Q 32,00 y Q 27,00 mensuales para el sector El Sur y Los Ramírez, respectivamente.

### 2.1.13. Juego de planos

La representación gráfica del abastecimiento de agua potable es: planta general del sistema de agua potable, planta y perfil de línea de conducción, así como la planta y perfil de la red de distribución por gravedad, tanque de distribución y detalles de obras de arte utilizadas.

### 2.1.14. Presupuesto

Es la cuantificación de los costos de materiales y mano de obra a utilizar en el sistema, así como los costos indirectos que ascienden a 35 % del costo.

Tabla VIII. **Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector El Sur**

PRESUPUESTO INTEGRADO					
No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD/MEDIDA	COSTO/UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>LINEA DE CONDUCCION</b>					
1	TOPOGRAFIA	919,00	ML	Q 2,43	Q 2 231,26
2	CAPTACION CON SALIDA DE 1" CON UN BROTE DEFINIDO	1,00	UNIDAD	Q 13 756,64	Q 13 756,64
3	CERCA PERIMETRAL DE CAPTACION	60,00	ML	Q 79,69	Q 4 781,55
4	PASO DE ZANJON TIPO "C"	2,00	UNIDAD	Q 2 962,91	Q 5 925,82
5	TANQUE DE DISTRIBUCION DE 15 M3	1,00	UNIDAD	Q 63 851,79	Q 63 851,79
6	CERCA PERIMETRAL DE TANQUE DE DISTRIBUCION	40,00	ML	Q 104,68	Q 4 187,19
7	SISTEMA DE DESINFECCION (CLORADOR)	1,00	UNIDAD	Q 9 676,13	Q 9 676,13
8	TUBERIA LINEA DE CONDUCCION Ø 1"	270,00	ML	Q 43,09	Q 11 633,20
<b>RED DE DISTRIBUCION</b>					
9	CAJAS VALVULA DE CONTROL TUBO DE (1 de 3/4" y 1 de 1")	2,00	UNIDAD	Q 4 371,66	Q 8 743,32
10	TUBERIA RED DE DISTRIBUCION Ø 3/4"	919,00	ML	Q 32,40	Q 29 778,96
11	ACOMETIDAS DOMICILIARES	16,00	UNIDAD	Q 2 858,77	Q 45 740,32
<b>COSTO TOTAL PROYECTO DE AGUA</b>					<b>Q 200 306,18</b>

<i>DOSCIENTOS MIL TRESCIENTOS SEIS QUETZALES CON 18/100. (Q 200,306.18)</i>
---

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla IX. **Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Los Ramírez**

PRESUPUESTO INTEGRADO					
No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD/MEDIDA	COSTO/UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>LINEA DE CONDUCCION</b>					
1	TOPOGRAFIA	1 605,00	ML	Q 3,49	Q 5 600,70
2	CAPTACION CON SALIDA DE 3/4" CON UN BROTE DEFINIDO	1,00	UNIDAD	Q 13 705,84	Q 13 705,84
3	CERCA PERIMETRAL DE CAPTACION	60,00	ML	Q 79,69	Q 4 781,55
4	PASO DE ZANJON TIPO "C"	1,00	UNIDAD	Q 2 764,79	Q 2 764,79
5	TANQUE DE DISTRIBUCION DE 10 M3	1,00	UNIDAD	Q 54 855,11	Q 54 855,11
6	CERCA PERIMETRAL DE TANQUE DE DISTRIBUCION	40,00	ML	Q 104,66	Q 4 187,19
7	SISTEMA DE DESINFECCION (CLORINADOR)	1,00	UNIDAD	Q 9 676,13	Q 9 676,13
8	TUBERIA LINEA DE CONDUCCION Ø 3/4"	342,00	ML	Q 34,03	Q 11 638,26
<b>RED DE DISTRIBUCION</b>					
9	CAJAS VALVULA DE CONTROL TUBO DE (1 de 3/4" y 1 de 1")	2,00	UNIDAD	Q 4 371,66	Q 8 743,32
10	CAJA ROMPE-PRESION DE 1M3 (ENTRA TUBO DE 3/4" SALIDA 3/4")	2,00	UNIDAD	Q 7 095,49	Q 14 190,98
11	TUBERIA RED DE DISTRIBUCION Ø 3/4"	1 265,00	ML	Q 33,40	Q 42 255,44
12	ACOMETIDAS DOMICILIARES	15,00	UNIDAD	Q 2 883,56	Q 43 253,34
<b>COSTO TOTAL PROYECTO DE AGUA</b>					<b>Q 215 652,67</b>

DOSCIENTOS QUINCE MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y DOS QUETZALES CON 67/100. (Q 215 652,67)
--

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### 2.1.15. Cronograma de ejecución

Es la secuencia lógica de las actividades de ejecución del proyecto, se muestra en forma resumida en la siguiente tabla:

Tabla X. Cronograma físico financiero del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector El Sur

No.	DESCRIPCION (REGLON)	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO/REGLON	%
1	TOPOGRAFIA					919,00	ML	Q 2 231,26	1,11 %
2	CAPTACIÓN CON SALIDA DE 1" CON UN BROTE DEFINIDO					1,00	UNIDAD	Q 13 756,64	6,87 %
3	CERCA PERIMETRAL DE CAPTACION					60,00	ML	Q 4 781,55	2,39 %
4	PASO DE ZANJON TIPO "C"					2,00	UNIDAD	Q 5 925,82	2,96 %
6	TANQUE DE DISTRIBUCION DE 15 M3					1,00	UNIDAD	Q 63 851,79	31,88 %
7	CERCA PERIMETRAL DE TANQUE DE DISTRIBUCION (2 TANQUES)					40,00	ML	Q 4 187,19	2,09 %
8	SISTEMA DE DESINFECCION (CLORADOR)					1,00	UNIDAD	Q 9 676,13	4,83 %
9	TUBERIA LINEA DE CONDUCCION Ø 1"					270,00	ML	Q 11 633,20	5,81 %
10	CAJAS VALVULA DE CONTROL TUBO DE (1 de 3/4" y 1 de 1")					2,00	UNIDAD	Q 8 743,32	4,36 %
12	TUBERIA RED DE DISTRIBUCION Ø 3/4"					919,00	ML	Q 29 778,96	14,87 %
13	ACOMETIDAS DOMICILIARES					16,00	UNIDAD	Q 45 740,32	22,84 %
	INVERSION MENSUAL EN QUETZALES	Q 17 218,95	Q 68 998,36	Q 69 857,30	Q 44 231,56			Q 200 306,18	100,00 %
	INVERSION ACUMULADA EN QUETZALES	Q 17 218,95	Q 86 217,31	Q 156 074,62	Q 200 306,18				
	INVERSION MENSUAL EN %	8,60%	34,45%	34,88%	22,08%				
	INVERSION ACUMULADA %	8,60%	43,04%	77,92%	100,00%				

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XI. Cronograma físico financiero del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Los Ramírez

No.	DESCRIPCION (REGLON)	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO/REGLON	%
1	TOPOGRAFIA					1605,00	ML	Q 5 600,70	2,60 %
2	CAPTACIÓN CON SALIDA DE 3/4" CON UN BROTE DEFINIDO					1,00	UNIDAD	Q 13 705,84	6,36 %
3	CERCA PERIMETRAL DE CAPTACION					60,00	ML	Q 4 781,55	2,22 %
4	PASO DE ZANJON TIPO "C"					1,00	UNIDAD	Q 2 764,79	1,28 %
5	TANQUE DE DISTRIBUCION DE 10 M3					1,00	UNIDAD	Q 54 855,11	25,44 %
6	CERCA PERIMETRAL DE TANQUE DE DISTRIBUCION (2 TANQUES)					40,00	ML	Q 4 187,19	1,94 %
7	SISTEMA DE DESINFECCION (CLORINADOR)					1,00	UNIDAD	Q 9 676,13	4,49 %
8	TUBERIA LINEA DE CONDUCCION Ø 3/4"					342,00	ML	Q 11 638,28	5,40 %
9	CAJAS VALVULA DE CONTROL TUBO DE (1 de 3/4" y 1 de 1")					2,00	UNIDAD	Q 8 743,32	4,05 %
10	CAJA ROMPE-PRESION DE 1M3 (ENTRA TUBO DE 3/4" SALIDA 3/4")					2,00	UNIDAD	Q 14 190,98	6,58 %
11	TUBERIA RED DE DISTRIBUCION Ø 3/4"					1265,00	ML	Q 42 255,44	19,59 %
12	ACOMETIDAS DOMICILIARES					15,00	UNIDAD	Q 43 253,34	20,06 %
	INVERSION MENSUAL EN QUETZALES	Q 19 436,93	Q 60 195,57	Q 64 543,62	Q 71 476,55			Q 215 652,67	100,00 %
	INVERSION ACUMULADA EN QUETZALES	Q 19 436,93	Q 79 632,49	Q 144 176,12	Q 215 652,67				
	INVERSION MENSUAL EN %	9,01%	27,91%	29,93%	33,14%				
	INVERSION ACUMULADA %	9,01%	36,93%	66,86%	100,00%				

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### **2.1.16. Estudio de impacto ambiental inicial**

Evaluación de impacto ambiental (EIA) es el proceso formal empleado, para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa a la implantación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

- Impactos negativos potenciales

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene un impacto positivo en la salud y el bienestar de muchas personas, sin embargo, la construcción de sus componentes y la inapropiada operación del sistema, pueden generar impactos negativos, entre los cuales están:

- La erosión de los terrenos por donde se instalará la tubería y se construirán los distintos componentes del sistema.
  - Un desmedido incremento de enfermedades de origen hídrico, debido a la inadecuada operación y mantenimiento de las estructuras; así como la falta de desinfección del agua.
  - En áreas adyacentes contaminación por la inadecuada disposición de los desechos líquidos, debido al aumento del caudal servido por la construcción del proyecto.
- Medidas de mitigación

Toda medida de mitigación es la opción técnica más adecuada y de menor costo de acuerdo con la magnitud del proyecto.

Tales medidas se pondrán en marcha durante la ejecución:

- Se hará de su conocimiento al ente responsable de la ejecución de normas de seguridad y de medidas de conservación del medio ambiente ya establecidas.
- Durante el funcionamiento la Dirección Municipal de Planificación (DMP) capacitará al COCODE de la comunidad beneficiada con el proyecto para el correcto funcionamiento, administración y mantenimiento del sistema; garantizando la conservación del medio ambiente y período de diseño del proyecto.
- Durante el desarrollo del proyecto
  - La entidad responsable de la construcción tendrá que conocer las normativas sanitarias necesarias para evitar todo tipo de riesgo para la salud de los trabajadores.
  - La entidad responsable de la construcción tiene la obligación de proveer a sus trabajadores de los servicios de agua potable y de instalaciones sanitarias temporales durante la construcción del proyecto.
  - La entidad responsable de la construcción velará porque su personal siga las medidas de higiene antes del consumo de alimentos en cada tiempo de comida para prevenir riesgos de enfermedades de origen estomacal, asimismo, tendrá la responsabilidad de proporcionar mascarías al personal para evitar enfermedades respiratorias por la presencia de polvo originado por la cal, cemento, tierra, ripio o inhalaciones como thinner o solventes para pegar tubería PVC.

- La entidad responsable de la empresa ejecutora, deberá velar por el manejo adecuado de los materiales que se utilizarán en la construcción.
- Normas de seguridad

La entidad responsable de la construcción tendrá que contar con un profesional para la dirección técnica que dirigirá el buen mantenimiento y ejecución de la obra y deberá instruir adecuadamente al personal encargado de manipular los materiales y herramientas peligrosas; piedras, blocks, cemento, cal, varillas o herramientas punzo cortantes, señalar las áreas de peligro, coordinando con los miembros del COCODE para evitar riesgos de accidentes. La entidad responsable de la construcción se asegurará que todos los restos de materiales utilizados en la obra: alambres, clavos, estacas, ripio, maderas, entre otros, sean retirados al finalizar la construcción y evitar molestias con la actividad de la población.

- Medidas de conservación del medio ambiente
  - No utilizar maquinaria pesada para evitar excavaciones en períodos de vientos fuertes.
  - Rellenar y nivelar áreas removidas y restaurar vegetación afectada, ya que el terreno plano se presta para ello.
  - Manejar adecuadamente los desechos sólidos como; bolsas de cal y cemento, recipientes de vidrio y plásticos, para evitar la contaminación por sobrantes de la construcción.
  - Permitir la supervisión de Infom-Unepar y la información requerida para el buen funcionamiento de sus funciones.

- Durante el desarrollo del proyecto

Con el fin de evitar erosionar lugares por donde se construirán los diferentes componentes del sistema debido al chapeo y destronque, se propone reforestar estas áreas como las adyacentes. Para evitar el incremento de enfermedades de origen hídrico por el mal funcionamiento, administrativo y mantenimiento de los componentes del sistema, la DMP deberá lograr comunicación con las entidades de Infom-Unepar y con la empresa ejecutora del proyecto para capacitar a los operadores del sistema y a la comunidad por medio del COCODE, y de esta manera cumplir con el programa de operación y mantenimiento preventivo.

- Impactos ambientales positivos
  - Se da un incremento económico debido a que se genera empleo para la localidad de manera permanente.
  - Mejoramiento de la calidad de vida como las condiciones de salud y bienestar de la población, porque con la construcción de este sistema se distribuirá agua de mejor manera y de buena calidad, que repercute en la disminución de enfermedades de origen hídrico.

### **2.1.17. Evaluación socioeconómica**

La función de la evaluación económica es aquella que identifica los méritos propios del proyecto, independientemente de la manera como se obtengan y se paguen los recursos financieros que necesite y de cómo se distribuyan los excedentes o utilidades que genera.

Si bien el objetivo de cualquier ente responsable ejecutor, es encontrar una ganancia real que supere los costos de inversión total antes que el ente responsable tome la decisión de llevar a cabo la ejecución, debe de evaluar si realmente generará ganancias para la misma.

El otro método es la Tasa interna de retorno (TIR) y se describe como un descuento al método de Valor presente neto.

#### **2.1.17.1. Valor presente neto**

El Valor presente neto (VPN) se recomienda ser calculado con una tasa de interés superior a la Tasa de interés de oportunidad (TIO), con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, como la liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que no se tengan previstas. Al VPN también se le llama VAN, y se calcula de la siguiente manera:

Tabla XII. Valor presente neto para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector El Sur

VAN							
Ingresos	AÑO	1	4	8	12	16	20
Tarifa	Q/mes	32	39	48	58	70	85
Porcentaje de incremento anual tarifa	5 %						
Número de conexiones		33	38	42	48	53	60
Índice de crecimiento poblacional	3 %						
<b>Ingreso total por cobros</b>	Q/año	Q12 672,00	Q17 784,00	Q24 192,00	Q33 408,00	Q44 520,00	Q 61 200,00
<b>Costos</b>							
Inversión inicial		0	0	0	0	0	0
Operación		Q4 200,84	Q 4 200,84	Q 4 200,84	Q 4 200,84	Q 4 200,84	Q 4 200,84
Mantenimiento		Q 400,61					
Administración		Q1 392,00	Q 1 392,00	Q 1 392,00	Q 1 392,00	Q 1 392,00	Q 1 392,00
Porcentaje incremento anual de costos	6 %						
<b>Egreso total por costos OAM</b>		Q5 993,45	Q 7 566,60	Q 9 552,65	Q12 060,00	Q15 225,48	Q 19 221,81
<b>Ingresos - egresos OAM</b>		Q6 678,55	Q10 217,40	Q14 639,35	Q21 348,00	Q29 294,52	Q 41 978,19
Tasa de actualización	12 %						
<b>VAN</b>		Q5 962,99	Q 6 493,35	Q 5 912,59	Q 5 479,50	Q 4 778,57	Q 4 351,74

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XIII. **Valor presente neto para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector Los Ramírez**

VAN							
Ingresos	AÑO	1	4	8	12	16	20
Tarifa	Q/mes	27	33	40	49	59	72
Porcentaje de incremento anual tarifa	5 %						
Número de conexiones		33	38	42	48	53	60
Índice de crecimiento poblacional	3 %						
<b>Ingreso total por cobros</b>	Q/año	Q 10 692,00	Q15 048,00	Q 20 160,00	Q28 224,00	Q 37 524,00	Q51 840,00
<b>Costos</b>							
Inversión inicial		0	0	0	0	0	0
Operación		Q 3 045,06	Q 3 045,06	Q 3 045,06	Q 3 045,06	Q 3 045,06	Q 3 045,06
Mantenimiento		Q 431,31	Q 431,31	Q 431,31	Q 431,31	Q 431,31	Q 431,31
Administración		Q 1 380,00	Q 1 380,00	Q 1 380,00	Q 1 380,00	Q 1 380,00	Q 1 380,00
Porcentaje incremento anual de costos	6 %						
<b>Egreso total por costos OAM</b>		Q 4 856,37	Q 6 131,05	Q 7 740,31	Q 9 771,96	Q 12 336,88	Q15 575,02
<b>Ingresos - egresos OAM</b>		Q 5 835,63	Q 8 916,95	Q 12 419,69	Q18 452,04	Q 25 187,12	Q36 264,98
Tasa de actualización	12 %						
<b>VAN</b>		Q 5 210,39	Q 5 666,88	Q 5 016,11	Q 4 736,18	Q 4 108,57	Q 3 759,47

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### 2.1.17.2. Tasa interna de retorno

Se debe contar con una tasa de interés con la cual se cumplan las condiciones en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión. Se puede decir que la tasa interna de retorno es la tasa máxima de utilidad que podrá obtenerse o pagarse, será la tasa de interés que hará que los costos sean iguales o equivalentes a los ingresos.

Tabla XIV. **Relación Beneficio / Costo para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector El Sur**

B/C								
Año		Ingresos/ Beneficios	Tasa de actualización	Ingresos actualizados	Tasa de incremento	Egresos/ Costos	Egresos actualizados	INGRESOS - EGRESOS
0								
1	3 %	Q 12 672,00	12 %	Q 11 314,29	6 %	Q 5 993,45	Q 5 351,30	Q 5 962,99
2	3 %	Q 15 552,00	12 %	Q 12 397,96	6 %	Q 6 734,24	Q 5 368,50	Q 7 029,46
3	3 %	Q 16 872,00	12 %	Q 12 009,16	6 %	Q 7 138,30	Q 5 080,90	Q 6 928,26
4	3 %	Q 17 784,00	12 %	Q 11 302,05	6 %	Q 7 566,60	Q 4 808,71	Q 6 493,35
5	3 %	Q 19 188,00	12 %	Q 10 887,79	6 %	Q 8 020,59	Q 4 551,10	Q 6 336,69
6	3 %	Q 20 640,00	12 %	Q 10 456,87	6 %	Q 8 501,83	Q 4 307,29	Q 6 149,58
7	3 %	Q 22 632,00	12 %	Q 10 237,57	6 %	Q 9 011,94	Q 4 076,54	Q 6 161,03
8	3 %	Q 24 192,00	12 %	Q 9 770,74	6 %	Q 9 552,65	Q 3 858,16	Q 5 912,59
9	3 %	Q 26 400,00	12 %	Q 9 520,10	6 %	Q 10 125,81	Q 3 651,47	Q 5 868,64
10	3 %	Q 28 620,00	12 %	Q 9 214,87	6 %	Q 10 733,36	Q 3 455,85	Q 5 759,02
11	3 %	Q 30 360,00	12 %	Q 8 727,77	6 %	Q 11 377,36	Q 3 270,72	Q 5 457,05
12	3 %	Q 33 408,00	12 %	Q 8 575,00	6 %	Q 12 060,00	Q 3 095,50	Q 5 479,50
13	3 %	Q 35 868,00	12 %	Q 8 220,02	6 %	Q 12 783,60	Q 2 929,67	Q 5 290,35
14	3 %	Q 38 400,00	12 %	Q 7 857,40	6 %	Q 13 550,62	Q 2 772,73	Q 5 084,68
15	3 %	Q 41 808,00	12 %	Q 7 638,17	6 %	Q 14 363,66	Q 2 624,19	Q 5 013,98
16	3 %	Q 44 520,00	12 %	Q 7 262,18	6 %	Q 15 225,48	Q 2 483,61	Q 4 778,57
17	3 %	Q 48 840,00	12 %	Q 7 113,27	6 %	Q 16 139,01	Q 2 350,55	Q 4 762,71
18	3 %	Q 53 352,00	12 %	Q 6 937,87	6 %	Q 17 107,35	Q 2 224,63	Q 4 713,24
19	3 %	Q 56 376,00	12 %	Q 6 545,64	6 %	Q 18 133,79	Q 2 105,46	Q 4 440,18
20	3 %	Q 61 200,00	12 %	Q 6 344,41	6 %	Q 19 221,81	Q 1 992,66	Q 4 351,74
<b>TOTAL</b>				Q 182 333,12			Q70 359,53	Q 111 973,59

B/C= 2,59

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XV. **Relación Beneficio / Costo para el sistema de abastecimiento de agua potable, sector Los Ramírez**

Año		Ingresos/ Beneficios	Tasa de actualización	Ingresos actualizados	Tasa de incremento	Egresos/ Costos	Egresos actualizados	INGRESOS - EGRESOS
0								
1	3 %	Q 10 692,00	12 %	Q 9 546,43	6 %	Q 4 856,37	Q 4 336,04	Q 5 210,39
2	3 %	Q 12 960,00	12 %	Q 10 331,63	6 %	Q 5 456,61	Q 4 349,98	Q 5 981,65
3	3 %	Q 14 208,00	12 %	Q 10 112,97	6 %	Q 5 784,01	Q 4 116,94	Q 5 996,03
4	3 %	Q 15 048,00	12 %	Q 9 563,28	6 %	Q 6 131,05	Q 3 896,39	Q 5 666,88
5	3 %	Q 16 380,00	12 %	Q 9 294,45	6 %	Q 6 498,91	Q 3 687,66	Q 5 606,79
6	3 %	Q 17 760,00	12 %	Q 8 997,77	6 %	Q 6 888,85	Q 3 490,10	Q 5 507,66
7	3 %	Q 18 696,00	12 %	Q 8 457,12	6 %	Q 7 302,18	Q 3 303,13	Q 5 153,99
8	3 %	Q 20 160,00	12 %	Q 8 142,29	6 %	Q 7 740,31	Q 3 126,18	Q 5 016,11
9	3 %	Q 22 176,00	12 %	Q 7 996,89	6 %	Q 8 204,73	Q 2 958,71	Q 5 038,18
10	3 %	Q 23 760,00	12 %	Q 7 650,08	6 %	Q 8 697,01	Q 2 800,20	Q 4 849,88
11	3 %	Q 25 944,00	12 %	Q 7 458,28	6 %	Q 9 218,83	Q 2 650,19	Q 4 808,09
12	3 %	Q 28 224,00	12 %	Q 7 244,40	6 %	Q 9 771,96	Q 2 508,22	Q 4 736,18
13	3 %	Q 29 988,00	12 %	Q 6 872,48	6 %	Q10 358,28	Q 2 373,85	Q 4 498,63
14	3 %	Q 32 400,00	12 %	Q 6 629,68	6 %	Q10 979,78	Q 2 246,68	Q 4 383,00
15	3 %	Q 35 568,00	12 %	Q 6 498,14	6 %	Q11 638,56	Q 2 126,32	Q 4 371,82
16	3 %	Q 37 524,00	12 %	Q 6 120,98	6 %	Q12 336,88	Q 2 012,41	Q 4 108,57
17	3 %	Q 40 920,00	12 %	Q 5 959,77	6 %	Q13 077,09	Q 1 904,60	Q 4 055,16
18	3 %	Q 44 460,00	12 %	Q 5 781,56	6 %	Q13 861,71	Q 1 802,57	Q 3 978,99
19	3 %	Q 48 024,00	12 %	Q 5 575,91	6 %	Q14 693,42	Q 1 706,01	Q 3 869,91
20	3 %	Q 51 840,00	12 %	Q 5 374,09	6 %	Q15 575,02	Q 1 614,61	Q 3 759,47
<b>TOTAL</b>				Q153 608,19			Q 57 010,81	Q 96 597,38

**B/C= 2,69**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

## **2.2. Diseño de la edificación de dos niveles para la auxiliatura municipal del caserío El Manantial**

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un edificio administrativo de dos niveles, la estructura del edificio se hará por medio del sistema de marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos y losa tradicional de concreto reforzado, tomando en cuenta el código ACI-318-99 y las normas AGIES, los muros de división serán de mampostería de block pómez. La fachada y los acabados seguirán un estilo tradicional de la región.

La creciente población del caserío El Manantial, hace necesario la construcción de un edificio para las actividades administrativas que son de vital importancia para el manejo y funcionamiento de la auxiliatura municipal, y lograr así la integración en el funcionamiento administrativo.

La construcción de un edificio administrativo logrará un beneficio común entre los diferentes sectores educativos, proporcionando una infraestructura que funcione acorde a sus necesidades inmediatas, contando con todos los ambientes necesarios para su funcionamiento; además de desarrollar beneficios sociales y económicos, solucionando problemas de logística en cuanto al desplazamiento del personal de servicio.

### **2.2.2. Descripción del área disponible**

El proyecto consiste en la construcción de un área física, la cual se compone de un edificio de dos plantas con un área de construcción por nivel de

80,00 metros cuadrados conectados por un módulo de gradas, distribuida para el primer nivel en un salón de reuniones y dos servicios sanitarios,

El segundo nivel tendrá tres ambientes de 19,10 metros cuadrados cada uno, para la oficina de auxiliatura, oficina de COCODE y oficina de comités.

### **2.2.3. Estudio de suelos**

Permite conocer las propiedades físicas y mecánicas; es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en la relación al peso que el suelo soportará.

Basándose en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad que son: sólido, semisólido, plástico y líquido; los límites de Atterberg determinan el grado de plasticidad de acuerdo a los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado a otro.

El ensayo realizado lo describe según las Normas AASHTO T-89 y T-90 como un limo arcilloso de alta plasticidad color café. La característica principal es de muy baja compresibilidad y deficiente plasticidad.

#### **2.2.3.1. Determinación del valor soporte del suelo**

La capacidad de carga de suelo se determina mediante la teoría de Terzaghi, con la siguiente ecuación, para estimar la capacidad de carga última de cimentaciones:

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

Datos:

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado.

Descripción del suelo: arena arcillosa color café.

Ángulo de fricción interna  $\Phi = 21,77^\circ$

Cohesión  $C_u = 17,96 \text{ ton/m}^2$

Densidad seca  $= 1,16 \text{ ton/m}^3$

Densidad húmeda  $= 1,55 \text{ ton/m}^3$

Humedad  $= 30,50 \%$

Desplante de cimentación  $= 1,00 \text{ m}$

Factor de seguridad  $= 5$

Factores de carga:

$N_c = 16,63$

$N_q = 7,64$

$N_\gamma = 6,90$

Factores de forma:

$F_{cs} = 1,46$

$F_{qs} = 1,40$

$F_{\gamma s} = 0,60$

Factores de profundidad:

$F_{cd} = 1,27$

$F_{qd} = 1,22$

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

Factores de inclinación:

$$F_{ci} = F_{qi} = 1,00$$

$$F_{yi} = 1,00$$

$$q_u = 17,96 * 16,63 * 1,46 * 1,27 * 1 + 1 * 7,64 * 1,40 * 1,22 * 1 + \frac{1}{2} * 1,55 * 1,20 * 6,90 * 0,60 * 1 * 1$$

$$q_u = 574,84 \text{ ton/m}^2$$

Para obtener la carga neta admisible se le aplicará un factor de seguridad de 5 a la carga última, debido a incertidumbres y a las deficiencias que se tuvieron durante la extracción y traslado de la muestra.

$$q_{adm} = 574,84 \text{ ton/m}^2 / 5$$

$$q_{adm} = 114,97 \text{ ton/m}^2$$

Debido a que el valor soporte de suelo es superior a los típicos en las mismas condiciones, se tomó de los valores propuestos para una arena húmeda, según el trabajo de graduación: CABRERA, Jadenon. *Apuntes de cimentación*.

Tabla XVI. **Valores portantes dependiendo del tipo de suelo**

<b>Material del suelo</b>	<b>ton/m<sup>2</sup></b>	<b>Observaciones</b>
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10 % de grava
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros

Continuación de la tabla XVI

Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CABRERA, Jadenon. *Apuntes de cimentación*.

En virtud que el suelo es una arena arcillosa, entonces se tomará como valor soporte del suelo:

$$q_{adm} = 32,00 \text{ ton/ m}^2$$

Se recomienda antes de iniciar el proyecto, realizar un sondeo dinámico para corroborar el valor soporte del suelo y un ensayo de granulometría, para identificar la composición del mismo.

#### **2.2.4. Normas para diseño de edificios**

Para el diseño arquitectónico y estructural se tomarán en cuenta las necesidades a cubrir, así como el requerimiento de espacios y combinados con los criterios de diseño de los códigos ACI, AGIES y UBC.

##### **2.2.4.1. Criterios generales**

Se tomarán en cuenta las necesidades actuales y futuras que requiere la estructura, ubicación dentro del terreno, iluminación, orientación, relación de ambientes, forma de la estructura, altura del edificio, acabados, entre otros.

#### **2.2.4.2. Criterios de conjuntos**

Conjunto arquitectónico: la fachada tendrá estilo tradicional. El edificio contará con un módulo de gradas contiguo, independiente de la estructura del mismo.

Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno, se logra cuando el área ocupada no excede el 40 por ciento del área total del terreno. En este caso, el área ocupada o cubierta es del 100 por ciento del área del terreno.

Orientación del edificio: la orientación adecuada debe proporcionar una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal es de norte a sur, de preferencia abriendo las ventanas hacia el norte, en este caso, el predio está orientado de noreste a suroeste, por lo que no hay problema.

Superficie y altura del edificio: la superficie será de acuerdo a las necesidades que se tengan que satisfacer, la altura no debe exceder de dos niveles.

#### **2.2.4.3. Criterios de iluminación**

La iluminación debe ser abundante y uniforme, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.

- Un local pequeño recibe mejor la iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado una mejor iluminación.

Por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial; la iluminación natural; por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos cuatro tipos de iluminación, aceptados para los edificios de oficinas, se describen a continuación:

- Iluminación natural unilateral: este caso se da cuando sólo un lado del ambiente tiene ventanas, las que deben tener un área de 25 a 30 % del área total de pisos; el techo y el muro opuesto a la ventana deben ser claros, y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2,5 veces la altura del muro de ventana.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales al ambiente, las ventanas deben tener un área de iluminación entre 25 y 30 % del área total de piso.
- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del ambiente, para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 al 20 % del área total de piso.
- Iluminación artificial: este caso se acepta únicamente cuando sea muy justificado, debe ser difuso, para evitar molestias en la vista, también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.

#### **2.2.4.4. Otros criterios**

- Ventilación

La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de las actividades educativas.

- Criterios de color

Los colores claros hacen que el ambiente parezca más espacioso y cómodo, además influye en el estado de ánimo de los trabajadores.

- Confort acústico

Es importante que en un edificio educativo exista confort acústico, ya que incide en el estado anímico y el grado de concentración de las personas que lo habitan. Para el confort acústico es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

#### **2.2.5. Diseño arquitectónico**

En el diseño arquitectónico del edificio se tomaron en cuenta los requerimientos de ambiente y necesidades planteadas por los usuarios, el área del terreno disponible, la iluminación y ventilación en cada ambiente.

El resultado final del diseño arquitectónico se presenta en la planta arquitectónica, en el plano 1 en el apéndice 2.

### **2.2.5.1. Ubicación del edificio en terreno**

El terreno donde se construirá el edificio, está localizado en el caserío El Manantial, predio donde actualmente se ubican las instalaciones de la escuela de dicho cantón.

### **2.2.5.2. Distribución de ambientes**

El diseño arquitectónico consiste en distribuir de forma adecuada y armónica los ambientes, esto se hará con criterios arquitectónicos. Para lograrlo, se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan por el espacio disponible y las normas de diseño que existan, se debe tomar en cuenta para el diseño, el número de personas que utilizará cada ambiente, la ubicación y localización del terreno y los recursos financieros.

### **2.2.5.3. Alturas del edificio**

El edificio es de dos niveles, el segundo nivel tendrá 3,00 metros de piso a cielo y el segundo nivel 4,50 metros, la altura total será de 7,50 metros.

### **2.2.6. Selección del sistema estructural a utilizar**

Elegir un sistema estructural, no requiere de operaciones matemáticas, sino que conlleva a muchas consideraciones que las determinan objetivos importantes:

- Se deben cumplir los requisitos de funcionalidad de la edificación
- La estructura debe soportar las cargas
- Una estructura segura y económica

Existen sistemas estructurales que se desempeñan mejor que otros en las eventualidades sísmicas, por lo que se busca un equilibrio que favorezca todos los aspectos mencionados. Para este proyecto se decidió utilizar el sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos, con losas planas de concreto reforzado.

### 2.2.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

- Predimensionamiento de viga

Un criterio para el predimensionamiento de la viga es que por cada metro lineal libre de luz, aumentar ocho centímetros de peralte y la base será  $\frac{1}{2}$  del peralte.

Solo se calculó la viga crítica o sea la de mayor longitud para cada sentido del edificio, las restantes quedarán con la misma sección.

Tabla XVII. **Tabla 9,5(a) altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas código ACI – 318-08**

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
<b>Elementos</b>	<b>Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.</b>			
<b>Losas macizas en una dirección</b>	L/20	L/24	L/28	L/10
<b>Vigas o losas nervadas en una dirección</b>	L/16	L/18,5	L/21	L8

Fuente: código ACI 318-08. p. 132.

Longitud de viga = 5,35 m

$H \text{ viga} = \text{Longitud} / 18,5$

$H \text{ viga} = 5,35\text{m} / 18,5 = 0,289 \text{ m}$

$H \text{ viga} = L * 8\%$

$H \text{ viga} = 0,428 \text{ m}$

Se utilizará una base de 0,25 metros como lo indica el código ACI.

Se propone una sección de viga de 45 cm x 25 cm.

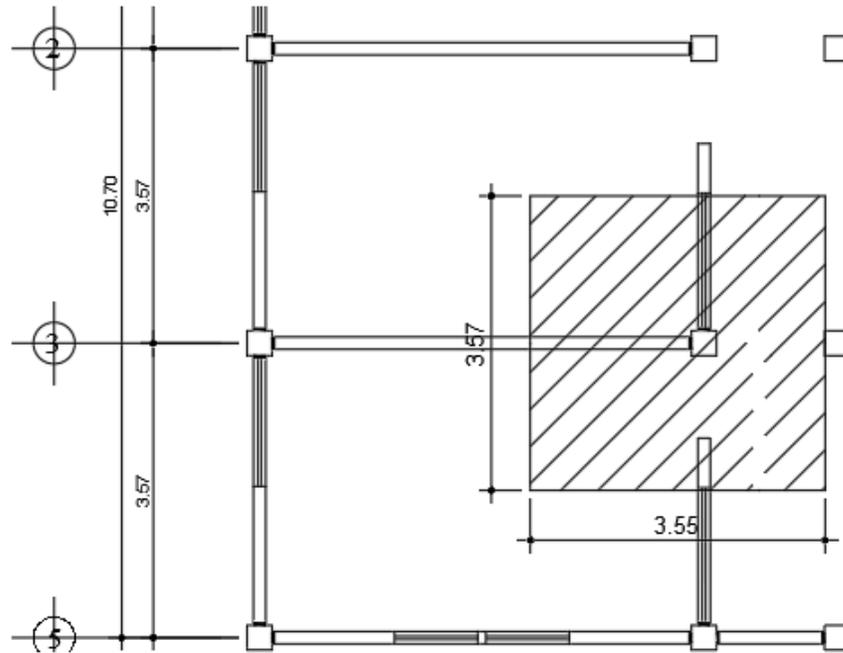
- Predimensionamiento de columna

Se aplica lo que establece el código ACI-318-08, capítulo 10. Sustituyendo valores en la ecuación de carga puntual, se obtiene el área gruesa de la columna.

Para guardar simetría en las dimensiones de las columnas, se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga, las dimensiones obtenidas se aplican a todas las columnas.

Según el código ACI-318-08 la base de la columna debe de ser mayor a la base de la viga.

Figura 8. Área tributaria para columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Datos:

$$\text{Área tributaria} = 3,57 \times 3,55 = 12,66 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso específico del concreto} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

Conociendo estos datos se obtiene la carga puntual

$$P = \text{Peso esp.} \cdot A_t = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \cdot 12,66 \text{ m}^2 = 30\,384,00 \text{ kg}$$

Este valor se multiplica por 2 niveles

$$P = 30\,384,00 \text{ kg} \cdot 2 = 60\,768,00 \text{ kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntual se obtiene el área gruesa de la columna.

$$P=0,80[0,85*f'c(Ag-As)+fy*As]$$

Donde:

$$As = \rho * Ag$$

$$Ag = \left[ \frac{P}{0,80[0,85*f'c(1-\rho)+fy*\rho]} \right]$$

Se usará concreto  $f'c = 3\ 000\ \text{psi} = 210\ \text{kg/cm}^2$  y varillas de acero grado 40 ( $f_y = 40\ 000\ \text{psi} = 2\ 810\ \text{kg/m}^2$ ), y un valor de  $\rho =$  cuantía de acero = 1 %.

$$Ag = \left[ \frac{60\ 768}{0,80[0,85*210*(1-0,01)+2\ 810*0,01]} \right]$$

$$Ag = 370,87\ \text{cm}^2$$

Se propone una sección de  $30\ \text{cm} \times 30\ \text{cm} = 900\ \text{cm}^2 > 370,87\ \text{cm}^2$ . Pues es la sección mínima para columnas aisladas, según el ACI.

- Predimensionamiento de losa

Se predimensiona la losa de mayor área. El criterio aplicado es del perímetro de losa dividido 180.

$$L = 5,35\ \text{m}$$

$$A = 3,57 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 19,10 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro} = 17,84 \text{ m}$$

$$\text{Peralte} = 17,84 \text{ m} / 180 = 0,10 \text{ m}$$

Se propone losa tradicional con espesor de 10 cm para losa de entrepiso y un espesor de 10 cm para losa final.

#### **2.2.6.2. Cargas de diseño**

Son todas las cargas que actúan sobre las estructuras, tanto verticales como horizontales.

##### **2.2.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos**

- Carga viva

Es la que se debe a la operación y uso de la edificación, incluye todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma, como el peso y las cargas debidos a muebles, mercancías, equipos y personas. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse en el diseño.

Los valores de cargas vivas utilizados para el diseño de este proyecto se basan en las Normas AGIES NSE 2-10.

Tabla XVIII. **Cargas vivas aplicadas al diseño**

<b>Tipo de ocupación o uso</b>	<b>Wv (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Ambientes de oficina	500
Balcón	500
Azotea	200
Gradas	500

Fuente: Tabla 3-1 AGIES NSE 2-10. p. 6.

- **Carga muerta**

Conjunto de acciones que se producen por peso propio de la construcción. Incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como muros divisorios, revestimientos, pisos, fachadas, ventanería, instalaciones y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma constante sobre la estructura.

Los valores de cargas muertas utilizados para el diseño de éste proyecto se basan en las normas AGIES NSE 2-10.

Tabla XIX. **Cargas muertas aplicadas al diseño**

<b>Tipo de carga</b>	<b>Wv (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Muro (block de concreto)	210
Sobrecarga	60
Acabados	150
Peso específico del concreto	2 400 kg/m <sup>3</sup>

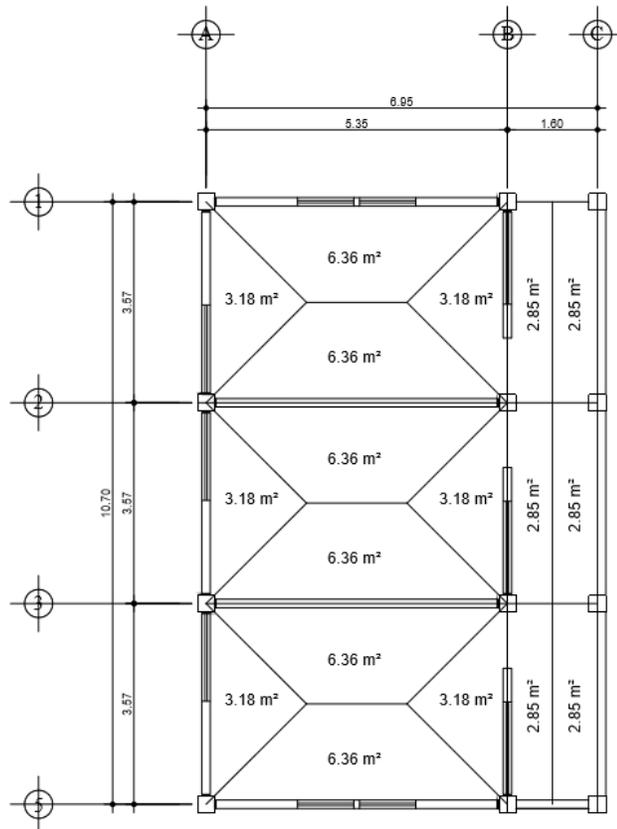
Fuente: AGIES NSE 2-10.

Por tanto, la carga muerta es la principal acción permanente. El cálculo de la carga muerta requiere la determinación de los volúmenes de los distintos

componentes de la construcción por los pesos volumétricos de los materiales constitutivos.

En la figura 9 se muestran las áreas que se distribuyen por ambiente a cada viga.

Figura 9. **Planta de áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Integración de cargas para el marco B (marco crítico)

Losa:  $(2\,400\text{ kg/m}^3) \cdot (0,10\text{ m}) = 240\text{ kg/m}^2$

Muros:  $210\text{ kg/m}^2$

Sobrecarga:  $60\text{ kg/m}^2$

Acabados:  $150\text{ kg/m}^2$

Viga:  $(0,35 \cdot 0,25)(2\,400) = 210\text{ kg/m}$

Carga viva oficina:  $500\text{ kg/m}^2$

Carga viva techo:  $200\text{ kg/m}^2$

Carga viva pasillo:  $500\text{ kg/m}^2$

Segundo nivel

Lado largo

Carga muerta

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{s.c.})(\text{área tributaria})}{\text{longitud de viga}} + \text{P.P.Viga}$$

$$CM = \frac{(450\text{kg/m}^2) \cdot (6,04\text{m}^2)}{3,57\text{m}} + 210\text{ kg/m} = 971,34\text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV = \frac{(\text{Carga viva techo})(\text{área tributaria})}{\text{longitud de viga}}$$

$$CV = \frac{(200\text{kg/m}^2)(6,04\text{m}^2)}{3,57\text{m}} = 338,38\text{ kg/m}$$

Primer nivel  
Lado largo  
Carga muerta

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{muro} + \text{s.c.})(\text{área tributaria})}{\text{longitud de viga}} + \text{P.P.Viga}$$

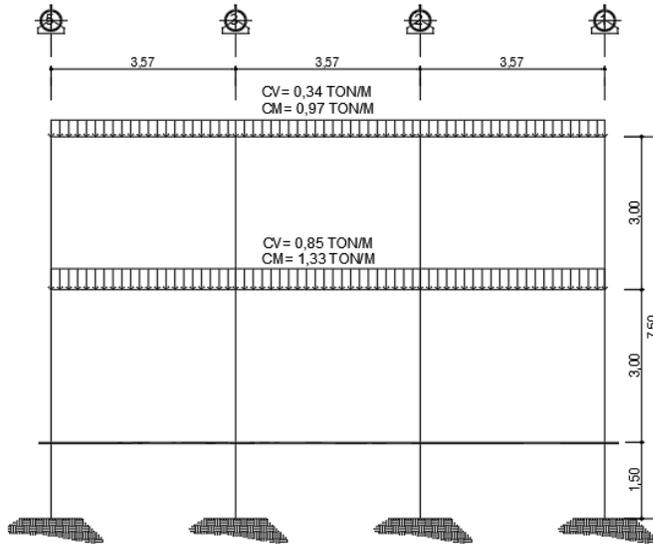
$$CM = \frac{(660 \text{ kg/m}^2)(6,04 \text{ kg/m})}{3,57 \text{ m}} + 210 \text{ kg/m} = 1\,326,64 \text{ kg/m}$$

$$CV = \frac{(\text{Carga viva entrepiso})(\text{área tributaria})}{\text{longitud de viga}}$$

$$CV = \frac{(500)(6,04)}{3,57} = 845,94 \text{ kg/m}$$

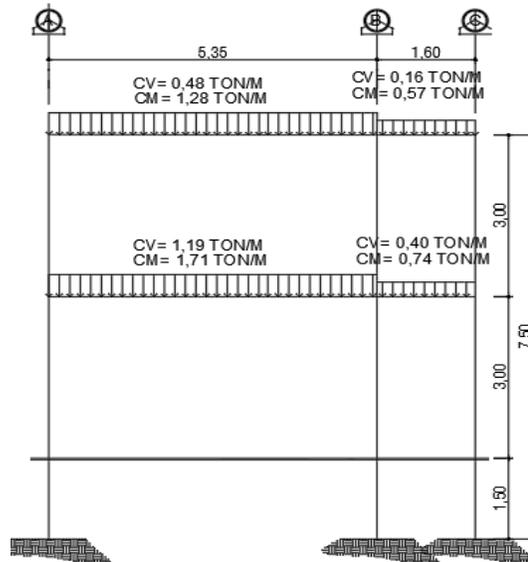
Este procedimiento se aplicó a todos los marcos de la estructura. Las figuras 10 y 11 muestran los modelos que se obtienen de la carga muerta y carga viva.

Figura 10. **Carga muerta y carga viva – marco B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 11. **Carga muerta y carga viva – marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

### 2.2.6.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Son las fuerzas que producen sobre la estructura, efectos como el viento, impacto o sismos, estas cargas son dinámicas. Se analizará únicamente la fuerza producida por el sismo, pues de acuerdo con lo establecido en la Norma Agies NSE, la fuerza del viento en una estructura con altura menor a 10 metros no se toma en cuenta. Para simplificar el análisis sísmico, se utilizan estas fuerzas como cargas laterales estáticas, que tendrán el mismo efecto de un sismo.

La carga sísmica depende del peso de la estructura. Se considera que la estructura se mantiene fija en su base siendo este el punto de aplicación de la fuerza. A esta fuerza se le llama corte basal (V) y es transmitida a los elementos estructurales de forma proporcional a sus rigideces y posición con respecto a su centro de rigidez.

- Cálculo del peso de la estructura
  - Carga muerta segundo nivel

$W_{losa} = 2\,400\text{ kg/m}^3 \cdot 0,10\text{ m} \cdot 6,95\text{ m} \cdot 10,70\text{ m} =$	17 847,60 kg
$W_{viga} = 2\,400\text{ kg/m}^3 \cdot (10,7\text{ m}^3 + 6,95\text{ m}^4) \cdot 0,25\text{ m} \cdot 0,35\text{ m} =$	12 579,00 kg
$W_{columnas} = 2\,400\text{ kg/m}^3 \cdot 1,3\text{ m} \cdot 0,30\text{ m} \cdot 0,30\text{ m} \cdot 12 =$	3 369,60 kg
$W_{acabados} = 10,7\text{ m} \cdot 6,95\text{ m} \cdot 150\text{ m}^2 =$	11 154,75 kg
$W_{sobrecarga} = 10,7\text{ m} \cdot 6,95\text{ m} \cdot 60\text{ m}^2 =$	4 461,90 kg
$W_{muros} = 210\text{ kg/m}^2 \cdot (5,35\text{ m}^4 + 10,7\text{ m}^2) =$	8 988,00 kg

Total carga muerta = 58 400,85 kg

CM = 346 kg/m<sup>2</sup>

- Carga muerta primer nivel

Wlosa = 2 400 kg/m<sup>3</sup>\*0,10 m\*6,95 m\*10,70 m = 17 847,60 kg

Wviga = 2 400 kg/m<sup>3</sup>\*(10,7 m\*3+6,95 m\*4)\*0,25m\*0,35 m= 12 579,00 kg

W columnas = 2 400 kg/m<sup>3</sup> \* 5,50 m\*0,30 m\*0,30 m\*12 = 14 256,00 kg

W acabados = 10,7 m\*6,95 m\*150 m<sup>2</sup>= 11 154,75 kg

W sobrecarga = 10,7 m\*6,95 m\*60 m<sup>2</sup>= 4 461,90 kg

W muros = 210 kg/m<sup>2</sup>\*(5,35m\*4+10,7m\*2)\*3 = 20 223,00 kg

Total carga muerta = 80 552,25 kg

CM = 399,0 kg/m<sup>2</sup>

- Carga viva segundo nivel

W azotea = 200 kg/m<sup>2</sup> \* 6,95m \* 10,70m = 14 873,00 kg

CV = 177,21 kg / m<sup>2</sup>

- Carga viva primer nivel

W oficinas = 500 kg/m<sup>2</sup> \* 10,70m \* 5,35m = 28 622,50 kg

W balcón = 500 kg/m<sup>2</sup> \* 10,70m \* 1,65m = 8 827,50 kg

Total carga viva= 37 450,00 kg

CV = 446,21 kg / m<sup>2</sup>

- Peso segundo nivel

$$W_{n1} = CM + CV * 25\% \text{ (AGIES NSE 3-2010)} =$$

$$W_{n1} = 58\,400,85 \text{ kg} + 14\,873,00 * 25\% = 62\,119,10 \text{ Kg}$$

- Peso primer nivel

$$W_{n1} = CM + CV * 25\% \text{ (AGIES NSE 3-2010)} =$$

$$W_{n1} = 80\,522,25 \text{ kg} + 37\,450,00 \text{ kg} * 25\% = 89\,884,75 \text{ Kg}$$

- Peso total de la estructura

$$\text{Peso total de la estructura} = 62,12 \text{ ton} + 89,88 \text{ ton}$$

$$\text{Peso total de la estructura} = 152,00 \text{ ton}$$

### **2.2.6.3. Fuerzas sísmicas**

Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. Para determinar las condiciones de la estructura y de sismo, se basará en la Norma de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica de Guatemala (AGIES).

Este método, utiliza la siguiente ecuación para encontrar el corte de basal:

$$V_b = C_s \times W_s \text{ (AGIES NSE 3-2010)}$$

$W_s$  = la carga muerta total del edificio más un 25 % de la carga viva, debido a que estas cargas son capaces de generar fuerzas inerciales que contribuyen al corte basal.

$C_s$  = es el coeficiente sísmico de diseño para cada dirección de análisis, calculado de la siguiente manera:

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

Donde:

$R$  = es el factor de reducción

$T_A$  = es uno de los periodos de vibración que definen al espectro sísmico

$T$  = es el periodo fundamental de vibración de la estructura

$S_a(T)$  = es la demanda sísmica para una estructura con periodo  $T$

- Periodo de vibración  $T$

El periodo fundamental de vibración de la edificación, puede asignarse el valor genérico empírico  $T_e$ , el cual se calcula de la siguiente manera:

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

- Periodo de vibración

Los periodos de vibración  $T_A$  y  $T_B$  dependen directamente del perfil del suelo donde se encuentra la estructura en análisis.

Tabla XX. **Periodo de vibración**

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
T <sub>A</sub>	0,12	0,12	0,12
T <sub>B</sub>	0,40	0,52	0,74

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Cálculo de corte basal

$$V_b = C_s \times W_s$$

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

- Cálculo de periodo fundamental

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

Donde:

$$K_t = 0,047$$

$$h_n = 7,50$$

$$x = 0,85$$

$$T = 0,26$$

- Ajuste por clase de sitio

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

$$S_{cr} = 1,3 ; F_a = 1,0 ; N_a = 1,0 ; I_o = 4$$

$$S_{cs} = 1,3 * 1,0 * 1,0$$

$$S_{cs} = 1,3$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

$$S_{1r} = 0,50 ; F_v = 1,50 ; N_v = 1,0$$

$$S_{1s} = 0,75$$

- Cálculo de la demanda sísmica de diseño

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

$$S_{cd} = 1,0 * 1,3$$

$$S_{cd} = 1,3$$

$$S_a(T) = S_{cd}$$

$$S_a(T) = 1,30$$

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

$$C_s = \frac{1,30}{8}$$

$$C_s = 0,1625$$

- Cálculo del corte basal V

$$V_b = \frac{S_a(T) * W_s}{R}$$

$W_s = (\text{peso estructura}) + (25 \% \text{ carga viva})$  (AGIES NSE 3-2010)

$$W_s = 152\,003,85 \text{ Kg}$$

$$V_b = 0,1625 \times 152\,003,85$$

$$V_b = 24\,700,63 \text{ kg}$$

$$V_b = 24,70 \text{ ton}$$

- Distribución de fuerzas por piso

El cortante basal se distribuirá a lo alto de la estructura, tomando en cuenta para ello el peso de cada nivel y la posición en que se encuentra referente al nivel de piso, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_j = V_b \times \frac{W_i \times h_i}{\sum_{i=0}^n W_i h_i}$$

Tabla XXI. **Distribución de la fuerza de sismo por piso**

Nivel	Wn (kg)	H(m)	Wn*h	Vg (kg)	Fi (kg)
2	62 119,10	7,50	465893,25	24 700,63	13 221,73
1	89 884,75	4,50	404481,38	24 700,63	11 478,90
			870 374,63		24 700,63

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Fuerzas por marco

La distribución de cargas sísmicas dependerá de la simetría estructural, pues si existen excentricidades entre el centro de rigidez y el centro de masa, la capacidad torsional del edificio se verá afectada. Los marcos que tengan una

mayor excentricidad, experimentarán una fuerza de marco ( $F_m$ ) mayor, a los que posean menor excentricidad. Por ello deberán ser diseñados para soportar mayores cargas sísmicas.

En las estructuras simétricas, se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos espaciados son asimétricos se tendrá que dividir la fuerza de piso  $F_i$  proporcional a la rigidez de los marcos.

Tabla XXII. **Fuerza marcos sentido X**

<b>Cortante marcos eje X</b>		
Marco	Fuerza Ni 1 (kg)= $F_i/4$	Fuerza Ni 2 (kg) = $F_i/4$
1	2 869,72	3 305,43
2	2 869,72	3 305,43
3	2 869,72	3 305,43
5	2 869,72	3 305,43
Suma	11 478,90	13 221,73

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXIII. **Fuerza marcos sentido Y**

<b>Cortante marcos eje Y</b>		
Marco	Fuerza Ni 1 (kg)= $F_i/3$	Fuerza Ni 2 (kg)= $F_i/3$
A	3 826,30	4 407,24
B	3 826,30	4 407,24
C	3 826,30	4 407,24
Suma	11 478,90	13 221,73

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Centro de masa y centro de rigidez

Cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, se produce excentricidad en la estructura, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez.

Tabla XXIV. **Elementos estructurales para cálculo de centro de masa**

Elemento	X(m)	Y(m)	Área (m <sup>2</sup> )	X*Área	Y*Área
C A5	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
C A3	0,00	3,57	0,09	0,00	0,32
C A2	0,00	7,13	0,09	0,00	0,64
C A1	0,00	10,70	0,09	0,00	0,96
C B5	5,35	0,00	0,09	0,48	0,00
C B3	5,35	3,57	0,09	0,48	0,32
C B2	5,35	7,13	0,09	0,48	0,64
C B1	5,35	10,70	0,09	0,48	0,96
C C5	6,95	0,00	0,09	0,63	0,00
C C3	6,95	3,57	0,09	0,63	0,32
C C2	6,95	7,13	0,09	0,63	0,64
C C1	6,95	10,70	0,09	0,63	0,96
V (A-B)5	2,68	0,00	1,26	3,38	0,00
V (A-B)3	2,68	3,57	1,26	3,38	4,51
V (A-B)2	2,68	7,13	1,26	3,38	9,00
V (A-B)1	2,68	10,70	1,26	3,38	13,51
V (B-C)5	6,15	0,00	0,33	2,00	0,00
V (B-C)3	6,15	3,57	0,33	2,00	1,16
V (B-C)2	6,15	7,13	0,33	2,00	2,32
V (B-C)1	6,15	10,70	0,33	2,00	3,48
V (5-3)A	0,00	1,78	0,82	0,00	1,46
V (5-3)B	5,35	1,78	0,82	4,37	1,46
V (5-3)C	6,95	1,78	0,82	5,68	1,46
V (3-2)A	0,00	5,35	0,82	0,00	4,37
V (3-2)B	5,35	5,35	0,82	4,37	4,37
V (3-2)C	6,95	5,35	0,82	5,68	4,37
V (2-1)A	0,00	8,92	0,82	0,00	7,29
V (2-1)B	5,35	8,92	0,82	4,37	7,29
V (2-1)C	6,95	8,92	0,82	5,68	7,29
			14,79	56,12	79,11

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

$$X_{cm} = 56,12 / 14,79$$

$$X_{cm} = 3,80 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = 79,11 / 14,79$$

$$Y_{cm} = 5,35 \text{ m}$$

Tabla XXV. Elementos estructurales para cálculo de centro de rigidez

Elemento	X(m)	Y(m)	Área (m <sup>2</sup> )	X*Área	Y*Área
C A5	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
C A3	0,00	3,57	1,00	0,00	3,57
C A2	0,00	7,13	1,00	0,00	7,13
C A1	0,00	10,70	1,00	0,00	10,70
C B5	5,35	0,00	1,00	5,35	0,00
C B3	5,35	3,57	1,00	5,35	3,57
C B2	5,35	7,13	1,00	5,35	7,13
C B1	5,35	10,70	1,00	5,35	10,70
C C5	6,95	0,00	1,00	6,95	0,00
C C3	6,95	3,57	1,00	6,95	3,57
C C2	6,95	7,13	1,00	6,95	7,13
C C1	6,95	10,70	1,00	6,95	10,70
V (A-B)5	2,68	0,00	1,00	2,68	0,00
V (A-B)3	2,68	3,57	1,00	2,68	3,57
V (A-B)2	2,68	7,13	1,00	2,68	7,13
V (A-B)1	2,68	10,70	1,00	2,68	10,70
V (B-C)5	6,15	0,00	1,00	6,15	0,00
V (B-C)3	6,15	3,57	1,00	6,15	3,57
V (B-C)2	6,15	7,13	1,00	6,15	7,13
V (B-C)1	6,15	10,70	1,00	6,15	10,70
V (5-3)A	0,00	1,78	1,00	0,00	1,78
V (5-3)B	5,35	1,78	1,00	5,35	1,78
V (5-3)C	6,95	1,78	1,00	6,95	1,78
V (3-2)A	0,00	5,35	1,00	0,00	5,35
V (3-2)B	5,35	5,35	1,00	5,35	5,35
V (3-2)C	6,95	5,35	1,00	6,95	5,35
V (2-1)A	0,00	8,92	1,00	0,00	8,92
V (2-1)B	5,35	8,92	1,00	5,35	8,92
V (2-1)C	6,95	8,92	1,00	6,95	8,92
			29,00	121,42	155,15

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

$$X_{cr} = 121,42 / 29,00$$

$$X_{cr} = 4,19 \text{ m}$$

$$Y_{cr} = 155,15 / 29,00$$

$$Y_{cr} = 5,35 \text{ m}$$

- Verificación de la excentricidad

$$e_{\text{real } x} = [X_{cr} - X_{cm}] < 10 \% \text{ dimensión } x$$

$$e_{\text{real } y} = [Y_{cr} - Y_{cm}] < 10 \% \text{ dimensión } y$$

$$e_{\text{real } x} = [0,39] < 0,70 \text{ OK}$$

$$e_{\text{real } y} = [0,00] < 1,07 \text{ OK}$$

- Excentricidad de diseño

$$e_{\text{diseño}} = 1,5 * e_{\text{real}} + 10 \% B$$

Donde:

B = dimensión de la estructura perpendicular a la dirección del sentido del sismo.

$$e_{\text{diseño } X} = 1,5 * 0,39 + 10 \% (6,95)$$

$$e_{\text{diseño } Y} = 1,5 * 0,00 + 10 \% (10,70)$$

$$e_{\text{diseño } X} = 1,28 \text{ m}$$

$$e_{\text{diseño } Y} = 1,07 \text{ m}$$

- Fuerza de torsión por marco

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco, se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza de torsión  $F_i''$  (fuerza rotacional) y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos  $F_i'$  (fuerza traslacional).

$$F_m = F_i' \pm F_i''$$

$F_m$  = Fuerza por marco

Para esto se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Torsión X} = 100 \% V^* e_{\text{diseño x}} + 30 \% V^* e_{\text{diseño y}}$$

$$\text{Torsión Y} = 100 \% V^* e_{\text{diseño y}} + 30 \% V^* e_{\text{diseño x}}$$

$$\text{Torsión X} = 100 \% (24,70 \text{ ton} * 1000) * 1,28 \text{ m} + 30 \% (24,70 \text{ ton} * 1000) * 1,07$$

$$\text{Torsión Y} = 100 \% (24,70 \text{ ton} * 1000) * 1,07 \text{ m} + 30 \% (24,70 \text{ ton} / 1000) * 1,28$$

$$\text{Torsión X} = 39\,605,48 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Torsión Y} = 35\,932,64 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Fuerza lateral generada por torsión

$$\Delta T = (T * d_i * K_{\text{lateral}}) / J$$

Donde:

$\Delta T$  = fuerza lateral generada por torsión

$d_i$  = distancia entre el marco en análisis y el CR

$K_{\text{lateral}}$  = rigidez del marco en análisis

$J$  = momento polar equivalente de inercia

- Rígidez de columnas de 30 x 30 cm

$$K = (EBL)/(H*((H/L)^2+3))$$

$$K = E(30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) / (335 \text{ cm} * ((335 \text{ cm} / 30 \text{ cm})^2 + 3))$$

$$K = 0,021 E$$

- Momento polar equivalente de inercia

$$J = \sum(Kiy * xi^2 + Kix * yi^2)$$

$$J = (0,084 * 4,19^2 + 0,084 * 1,16^2 + 0,084 * 2,76^2) + (0,063 * 1,78^2 + 0,063 * 5,35^2 + 0,063 * 1,78^2 + 0,063 * 5,35^2)$$

$$J = 6,23 * 100$$

$$J = 623,33 E * m$$

Tabla XXVI. **Rigidez de marcos sentido numérico**

Marco	Rigidez	Porcentaje %= Kmarco/Ktotal
1	0,063	25,00
2	0,063	25,00
3	0,063	25,00
5	0,063	25,00
Rig. Total=	0,252	100,00

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXVII. Rigidez de marcos sentido alfanumérico

Marco	Rigidez	Porcentaje %= Kmarco/Ktotal
A	0,084	33,33
B	0,084	33,33
C	0,084	33,33
Rig. Total=	0,252	100,00

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

$$\Delta T = (T \cdot d_i \cdot K_{\text{lateral}}) / J$$

$$\Delta T_{1,5} = (39\,605,48 \cdot 5,35 \cdot 0,063) / 6,23$$

$$\Delta T_{1,5} = 2\,141,58 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{2,3} = (39\,605,48 \cdot 1,78 \cdot 0,063) / 6,23$$

$$\Delta T_{2,3} = 712,52 \text{ kg}$$

$$\Delta T_A = (39\,605,48 \cdot 4,19 \cdot 0,084) / 6,23$$

$$\Delta T_A = 2\,236,31 \text{ kg}$$

$$\Delta T_B = (39\,605,48 \cdot 1,16 \cdot 0,084) / 6,23$$

$$\Delta T_B = 619,12 \text{ kg}$$

$$\Delta T_C = (39\,605,48 \cdot 2,76 \cdot 0,084) / 6,23$$

$$\Delta T_C = 1\,473,08 \text{ kg}$$

Para determinar las cargas por marco, se debe sumar la fuerza torsional más la traslacional.

Tabla XXVIII. **Fuerzas laterales por marco**

<b>Marco sentido Y</b>	<b>Vtotal (kg)</b>	<b>Marco sentido X</b>	<b>Vtotal (kg)</b>
1	8 316,73	A	4 706,37
2	6 887,68	B	3 089,18
3	6 887,68	C	3 943,15
5	8 316,73		

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Carga lateral total

Tabla XXIX. **Carga lateral total marco 1**

<b>Nivel</b>	<b>W (kg)</b>	<b>h (m)</b>	<b>w*h</b>	<b>%</b>	<b>Carga lateral (Kg)</b>
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	4 451,77
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	3 864,96
			870 374,63		8 316,73

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXX. **Carga lateral total marco 2**

<b>Nivel</b>	<b>W (kg)</b>	<b>h (m)</b>	<b>w*h</b>	<b>%</b>	<b>Carga lateral (Kg)</b>
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	3 686,83
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	3 200,85
			870 374,63		6 887,68

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXI. **Carga lateral total marco 3**

Nivel	W (kg)	h (m)	w*h	%	Carga lateral (Kg)
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	3 686,83
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	3 200,85
			870 374,63		6 887,68

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXII. **Carga lateral total marco 5**

Nivel	W (kg)	h (m)	w*h	%	Carga lateral (Kg)
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	4 451,77
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	3 864,96
			870 374,63		8 316,73

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXIII. **Carga lateral total marco A**

Nivel	W (kg)	h (m)	w*h	%	Carga lateral (Kg)
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	2 519,22
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	2 187,15
			870 374,63		4 706,37

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXIV. **Carga lateral total marco B**

Nivel	W (kg)	h (m)	w*h	%	Carga lateral (Kg)
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	<b>1 653,58</b>
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	<b>1 435,61</b>
			870 374,63		3 089,18

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

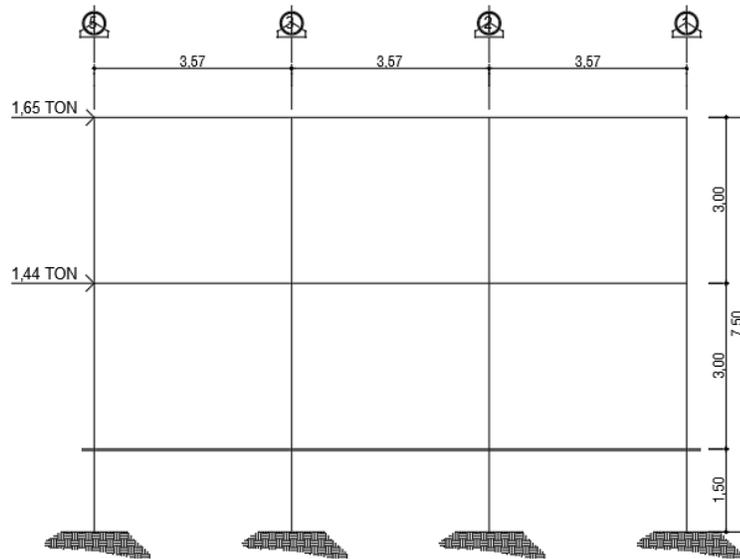
Tabla XXXV. **Carga lateral total marco C**

Nivel	W (kg)	h (m)	w*h	%	Carga lateral (Kg)
2	62 119,10	7,50	465 893,25	53,53	<b>2 110,68</b>
1	89 884,75	4,50	404 481,38	46,47	<b>1 832,46</b>
			870 374,63		3 943,15

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

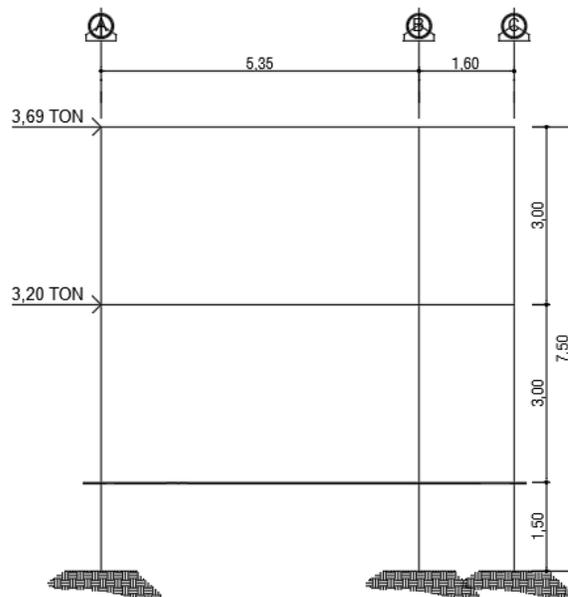
Las figuras 12 y 13 muestran la distribución de carga sísmica para el marco B y el marco 2.

Figura 12. **Carga por sismo – marco B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 13. **Carga por sismo - marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

#### **2.2.6.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos**

Teniendo las secciones para los elementos estructurales e integradas las cargas que se aplican a estos, se procede al análisis estructural que determinará cómo reacciona la estructura a los esfuerzos de corte, flexión, torsión, entre otros.

En este caso se consideran únicamente las cargas verticales, producidas por los entresijos que se suponen uniformemente distribuidas sobre vigas, y las fuerzas horizontales de sismo, como se muestra en las figuras 12 y 13.

#### **2.2.6.5. Análisis de marcos dúctiles por medio del software SAP y comprobación por medio del método de análisis estructural numérico Kani**

El análisis de marcos espaciales dúctiles resistentes a momentos, se realizó por medio del *software* SAP2000, y a manera de comprobación se analizó la estructura por el método de Kani; se realizó el análisis para carga viva, muerta y sismo independientemente para el diseño de los elementos. Los valores del *software* SAP2000 serán los utilizados para el cálculo y diseño del proyecto.

El procedimiento para emplear el Método de Kani es el siguiente:

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ ): se calculan cuando existen cargas verticales.

- Cálculo de momentos de sujeción ( $M_s$ )

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

- Determinación de fuerzas de sujeción ( $H$ ): éstas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$H = F_{mn}; \text{ (fuerza por marco del nivel } n, \text{ del análisis sísmico)}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso ( $Q_n$ ): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ): estos se calculan cuando se abre el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$M_n = Q_n * h_n / 3; h_n = \text{altura del piso "n"}$$

- Cálculo de la rigidez de los elementos ( $K_{ik}$ )

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

Donde:

$I$  = inercia del elemento

$L_{ik}$  = longitud del elemento

- Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto ( $\mu_{ik}$ )

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}}$$

- Cálculo de factores de corrimiento ( $V_{ik}$ ): se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura, o, en el caso de éste diseño, cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V_{ik} = \frac{2}{3} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}}$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de giro ( $M'_{ik}$ )

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_S + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$$

- Cálculo de iteraciones, influencias por desplazamiento ( $M''_{ik}$ )

$$M''_{ik} = V_{ik} (M_S + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$$

- Cálculo de momento finales (-) en el extremo de cada elemento ( $M_{ik}$ )

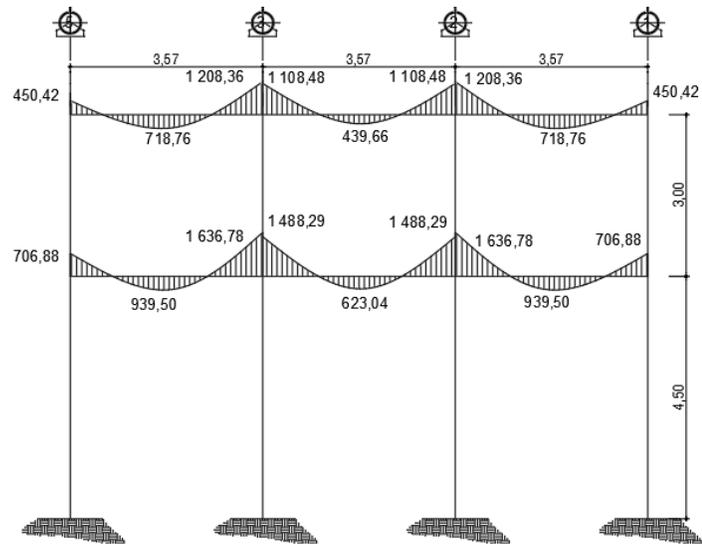
$$M_{ik} = M F_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

- Cálculo de momento positivos en vigas

$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \left| \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2} \right|$$

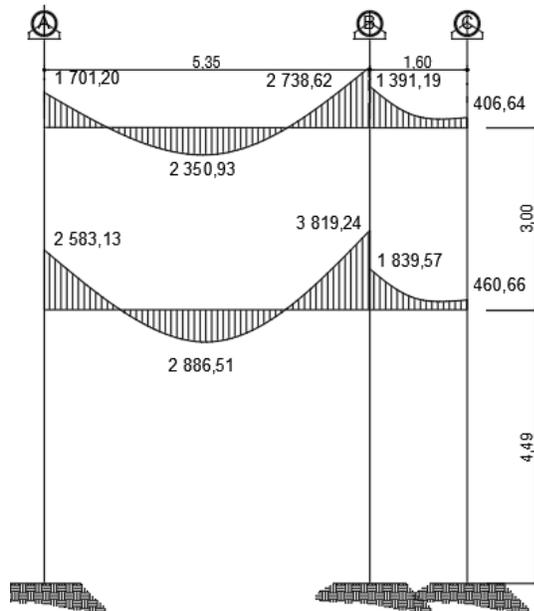


Figura 15. **Momentos por carga muerta en vigas – marco B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 16. **Momentos por carga muerta en vigas – marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

### 2.2.6.6. Envolvente de momentos

Con los momentos de las cargas separadas de los marcos, se calculan los momentos últimos que actúan sobre estos, aplicando la envolvente de momentos, que según ACI 318-08 es la superposición de los momentos de carga muerta, viva y sísmica. Las diferentes combinaciones para la envolvente de momentos que recomienda ACI 318-08 son:

$$\text{Combinación 1} = M_u = 1,4CM + 1,7CV$$

$$\text{Combinación 2} = M_u = 0,75(1,4CM + 1,7CV) + 1,4S$$

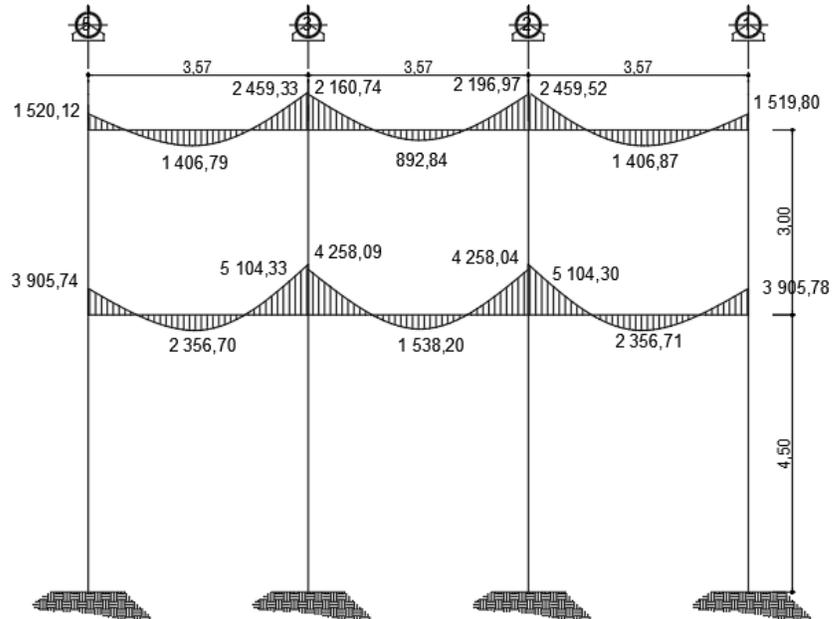
$$\text{Combinación 3} = M_u = 0,75(1,4CM + 1,7CV) - 1,4S$$

$$\text{Combinación 4} = M_u = 0,90CM + 1,4S$$

$$\text{Combinación 5} = M_u = 0,90CM - 1,4S$$

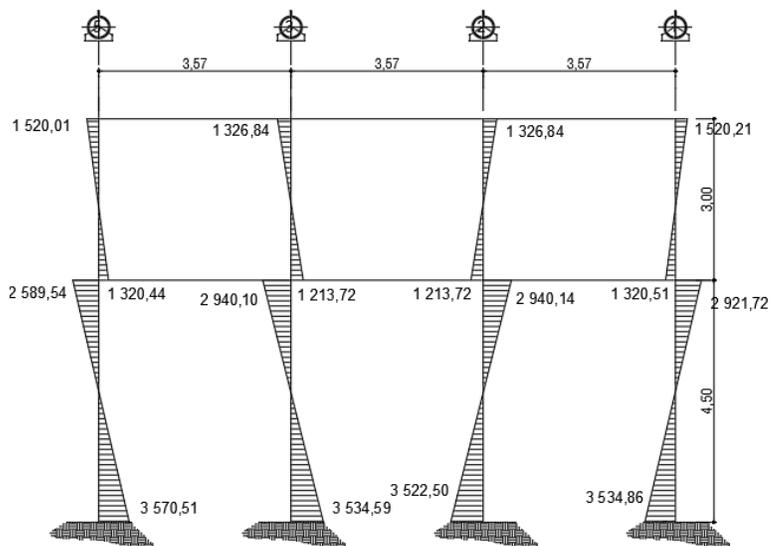
Debe usarse el más crítico de los casos, de todas las combinaciones, la crítica es cuando se agrega el momento de sismo. Ver los diagramas de envolvente de momentos en vigas y columnas para los marcos críticos X y Y.

Figura 17. **Envolvente de momentos, en vigas – marco B**



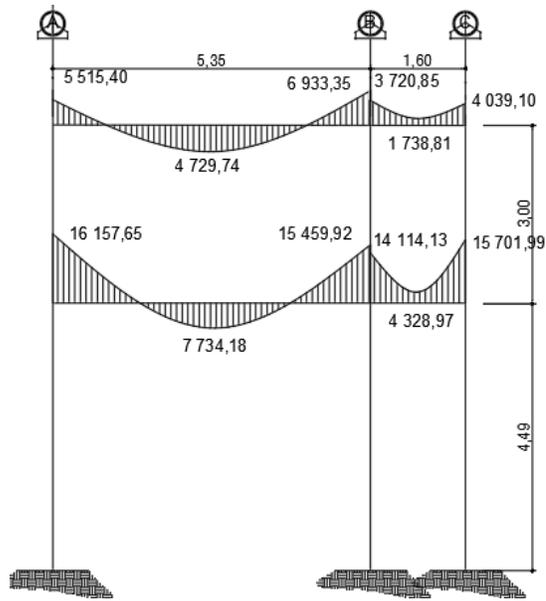
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 18. **Envolvente de momentos en columnas – marco B**



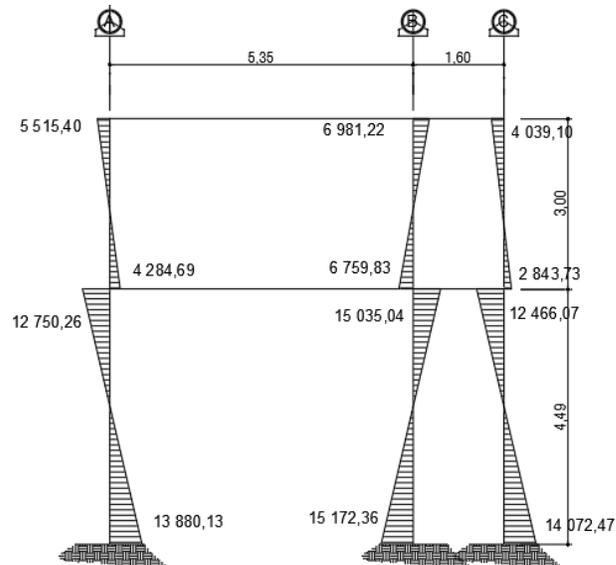
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 19. **Envolvente de momentos en vigas - marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 20. **Envolvente de momentos en columnas – marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.2.6.7. Diagrama de corte y momento

Para el cálculo de las fuerzas cortantes en los marcos, se utilizarán las siguientes expresiones, considerando la carga viva, muerta, sismo y el efecto que producen.

Corte en vigas:

$$V_v = 0,75 * \left[ \frac{1,4(W_{cm} * L)}{2} + \frac{1,7(W_{cv} * L)}{2} + \frac{1,87(\sum Ms)}{L} \right]$$

Corte en columnas:

$$V_c = \left[ \frac{(\sum M_{col})}{L} \right]$$

Las siguientes tablas muestran los valores de corte último para las vigas y columnas de ambos marcos.

Tabla XXXVI. **Corte último en vigas del segundo nivel – marco B**

	<b>W cm</b>	<b>W cv</b>	<b>Ms1</b>	<b>Ms2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
V1	0,972	0,340	0,570	0,468	3,57	3,004
V2	0,972	0,340	0,366	0,367	3,57	2,883
V3	0,972	0,340	0,468	0,570	3,57	3,004

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXVII. **Corte último en vigas del primer nivel – marco B**

	<b>W cm</b>	<b>W cv</b>	<b>Ms1</b>	<b>Ms2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
V1	1,325	0,848	1,869	1,460	3,57	5,720
V2	1,325	0,848	1,050	1,050	3,57	5,238
V3	1,325	0,848	1,459	1,869	3,57	5,720

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXVIII. **Corte último en columnas del segundo nivel – marco B**

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
C1	1,520	1,320	3,00	0,946
C2	1,327	1,214	3,00	0,846
C3	1,327	1,214	3,00	0,846
C4	1,520	1,321	3,00	0,946

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XXXIX. **Corte último en columnas del primer nivel – marco B**

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
C1	2,590	3,571	4,50	1,368
C2	2,582	3,535	4,50	1,359
C3	2,582	3,523	4,50	1,356
C4	2,590	3,535	4,50	1,360

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XL. **Corte último en vigas del segundo nivel – marco 2**

	<b>W cm</b>	<b>W cv</b>	<b>Ms1</b>	<b>Ms2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
V1	1,275	0,476	1,960	2,017	5,35	6,247
V2	0,570	0,160	1,344	2,372	1,60	3,898

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XLI. **Corte último en vigas del primer nivel – marco 2**

	<b>W cm</b>	<b>W cv</b>	<b>Ms1</b>	<b>Ms2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
V1	1,705	1,189	8,050	5,687	5,35	12,447
V2	0,738	0,400	7,228	10,621	1,60	13,338

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XLII. **Corte último en columnas del segundo nivel – marco 2**

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
C1	5,618	4,462	3,00	3,360
C2	7,066	6,857	3,00	4,641
C3	4,070	2,867	3,00	2,312

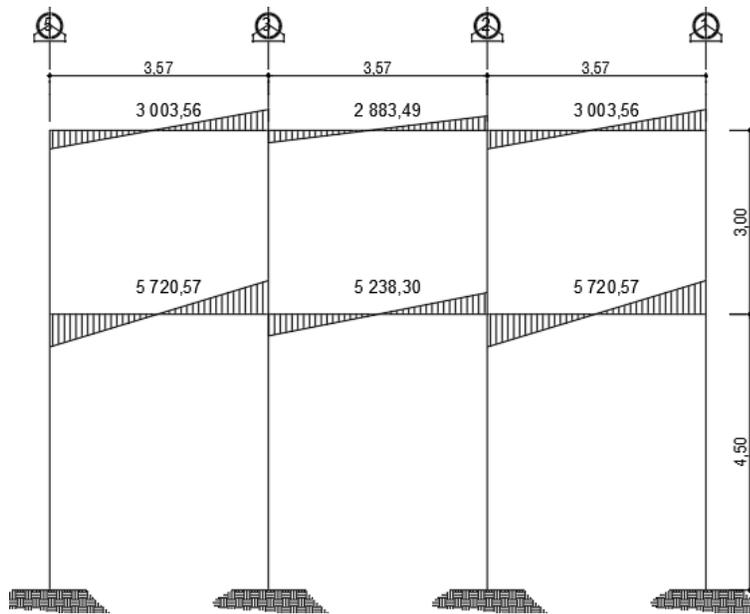
Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XLIII. **Corte último en columnas del primer nivel – marco 2**

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>L</b>	<b>Vu</b>
C1	12,822	13,911	4,50	5,941
C2	15,087	15,203	4,50	6,731
C3	12,835	14,082	4,50	6,982

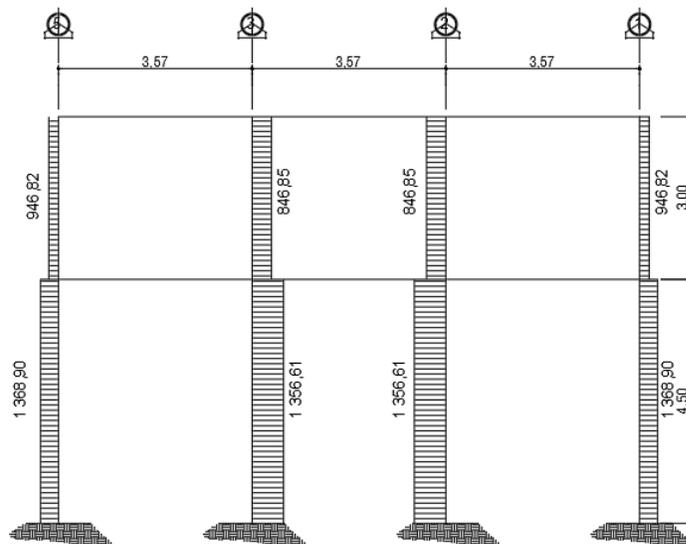
Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Figura 21. **Corte en vigas – marco B**



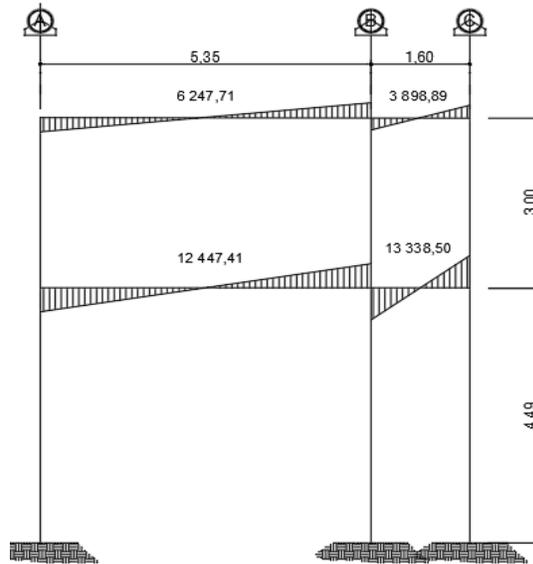
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 22. **Corte en columnas – marco B**



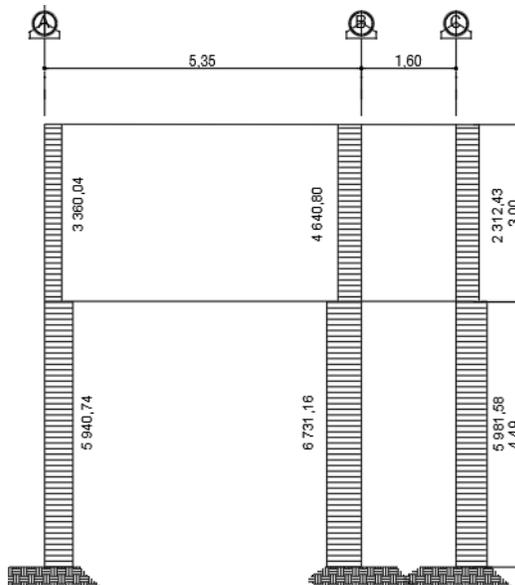
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 23. **Corte en vigas – marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 24. **Corte en columnas – marco 2**

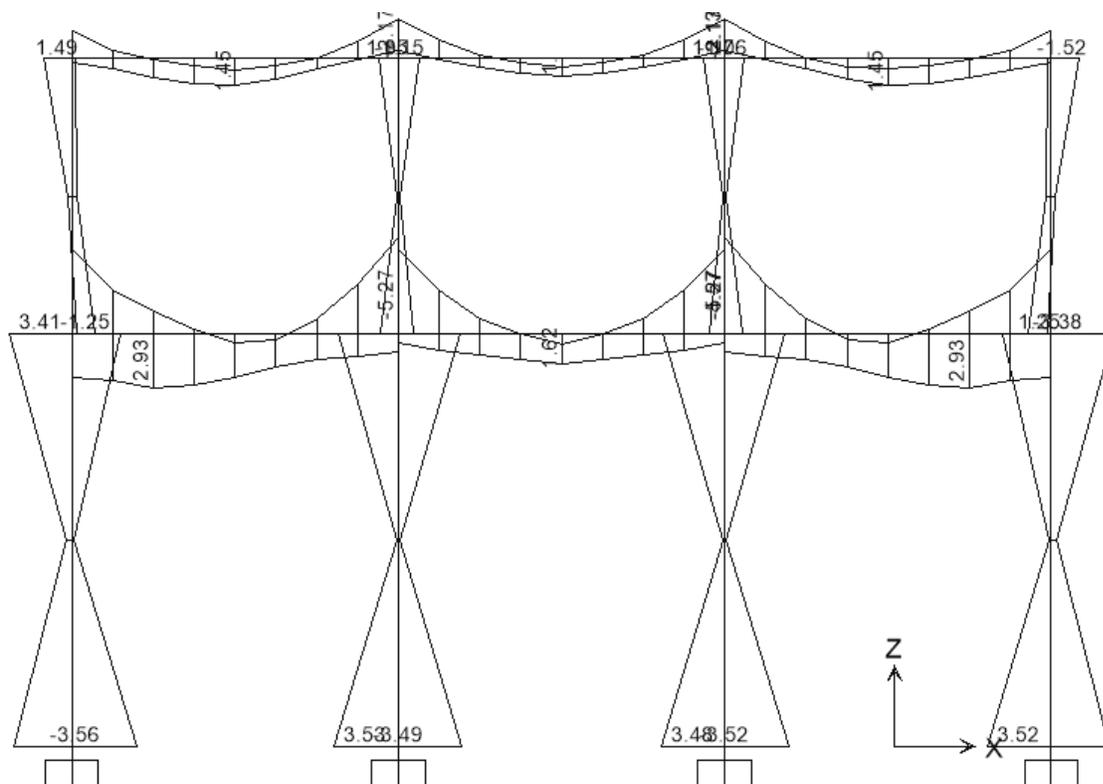


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

El proceso de ingreso de datos en el programa, empieza con el dibujo de las líneas guías de toda la estructura. Después se definen los materiales y las secciones de vigas y columnas. Se le coloca apoyo empotrado a la base del edificio.

Seguidamente se definen las cargas; muerta, viva y sismo, se introducen los valores a las vigas donde actúan las cargas distribuidas, y a los nudos donde actúan las cargas puntuales.

Figura 25. Diagrama de envolvente de momentos – marco crítico eje B



Fuente: elaboración propia, empleando SAP2000 V.18.

Del análisis anterior se obtiene una comparación entre las envolventes por el Método de Kani y por el programa SAP2000 llegando a la conclusión de

que los resultados variaron en un margen del 10 %, por lo que se decidió utilizar para el diseño de los elementos los valores del programa, confiando en que son valores que provienen de un análisis dinámico más completo, teniendo valores más cercanos a los reales, a continuación, se presentan las tablas XLIV y XLV.

Tabla XLIV. **Comparación de envolventes en vigas, eje Y**

Datos		MU Kg-m	MU Kg-m	%	
Viga	Momento	KANI	SAP	Diferencia	
Segundo nivel	1A2	M(-) Iz	-1,52	-1,49	0,48 %
		M+	1,41	1,45	0,73 %
		M(-)Der	2,46	2,17	3,07 %
	2A3	M(-) Iz	-2,20	-2,13	0,78 %
		M+	0,89	1,00	2,86 %
		M(-)Der	2,20	2,13	0,78 %
	3A5	M(-) Iz	-2,46	-2,17	3,07 %
		M+	1,41	1,45	0,73 %
		M(-)Der	1,52	1,52	0,03 %
Primer nivel	1A2	M(-) Iz	-3,90	-4,56	3,88 %
		M+	2,36	2,39	0,36 %
		M(-)Der	5,10	5,27	0,83 %
	2A3	M(-) Iz	-4,26	-4,57	1,78 %
		M+	1,54	1,62	1,28 %
		M(-)Der	4,26	4,57	1,78 %
	3A5	M(-) Iz	-5,10	-5,27	0,82 %
		M+	2,04	2,39	3,97 %
		M(-)Der	3,90	4,56	3,87 %
			<b>Promedio</b>	<b>1,73 %</b>	

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tabla XLV. **Comparación de envoltentes en columnas, eje Y**

Datos		MU Kg-m	MU Kg-m	%	
Columna	Momento	KANI	SAP	Diferencia	
Segundo nivel	C1	Arriba	1,52	1,49	0,48 %
		Abajo	1,32	1,25	1,40 %
	C2	Arriba	-1,32	-1,15	3,45 %
		Abajo	-1,21	-1,00	4,82 %
	C3	Arriba	1,32	1,17	3,18 %
		Abajo	1,21	1,01	4,52 %
	C4	Arriba	-1,52	-1,52	0,04 %
		Abajo	-1,32	-1,25	1,41 %
Primer nivel	C5	Arriba	2,59	2,69	1,03 %
		Abajo	-3,45	-3,56	0,77 %
	C6	Arriba	-2,58	-3,30	6,16 %
		Abajo	3,47	3,53	0,45 %
	C7	Arriba	2,58	3,29	6,06 %
		Abajo	-3,41	-3,52	0,80 %
	C8	Arriba	-2,59	-2,66	0,70 %
		Abajo	3,50	3,52	0,16 %
<b>Promedio</b>				<b>2,21 %</b>	

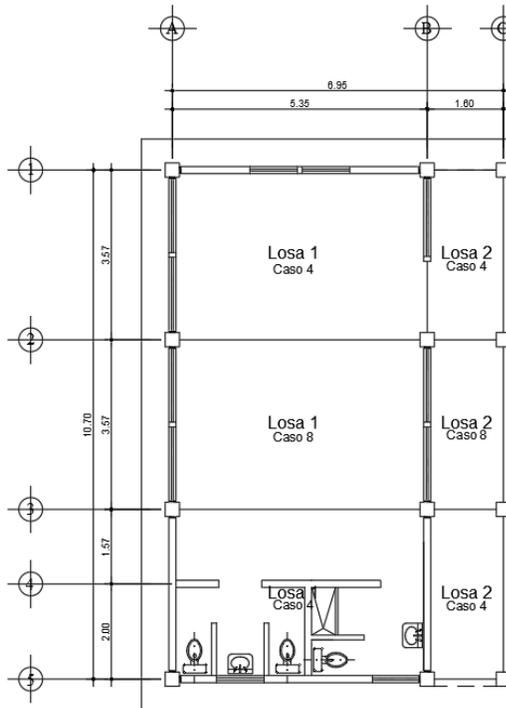
Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### 2.2.6.8. Diseño de losas

Para el diseño de las losas se utilizó el método 3 del ACI, el cálculo del espesor se presentó en la sección 2.2.6.1

La figura 26 especifica la distribución de las losas para el primer y segundo nivel de la auxiliatura municipal.

Figura 26. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Diseño de losas, nivel 1

Dimensiones losa 1

$$A = 3,57 \text{ m}$$

$$B = 5,35 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 19,10 \text{ m}^2$$

$$m = 3,57/5,35 = 0,67, \text{ por lo que trabaja en dos sentidos.}$$

CM

$$\text{Peso concreto losa} = 240,00 \text{ kg/m}^2$$

Instalaciones y acabados = 210,00 kg/m<sup>2</sup>

Muros = 250,00 kg/m<sup>2</sup>

CMu = 980,00 kg/m<sup>2</sup>

CV

Entrepiso = 500,00 kg/m<sup>2</sup>

CVu = 850,00 kg/m<sup>2</sup>

CU = 1,4 CM + 1,7 CV

CU = 1 830,00 kg/m<sup>2</sup>

t = 0,10 metros

Para los momentos, se consideran franjas unitarias de un metro de ancho.

CU = 1 830,00 kg/m<sup>2</sup> \* 1 m = 1 830,00 kg/m

○ Momentos actuantes

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

$$M_{a(+)} = C_i * CMu * a^2 + C_i * CVu * a^2$$

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

$$M_{b(+)} = C_i * CMu * b^2 + C_i * CVu * b^2$$

Donde:

C<sub>i</sub> = coeficiente de tablas ACI 318.

CU = carga última actuante sobre una franja unitaria.

a = dimensión del lado corto de la losa.

b = dimensión del lado largo de la losa.

CMu = carga muerta multiplicada por el factor de seguridad (1,4) actuante sobre una franja unitaria.

CVu = carga viva multiplicada por el factor de seguridad (1,7) actuante sobre una franja unitaria.

- Cálculo de momentos actuantes

Factores caso 4,  $m = 0,70$

$$Ca^- = 0,081$$

$$Cb^- = 0,019$$

$$Ca^{+CM} = 0,046$$

$$Cb^{+CM} = 0,011$$

$$Ca^{+CV} = 0,057$$

$$Cb^{+CV} = 0,014$$

$$Ma^- = (0,081) * 1\ 830,00 * (3,57)^2 = 1\ 889,18\ \text{kg-m}$$

$$Mb^- = (0,019) * 1\ 830,00 * (5,35)^2 = 995,20\ \text{kg-m}$$

$$Ma^+ = (0,046) * 980,00 * (3,57)^2 + (0,057) * 850 * (3,57)^2 = 1\ 192,03\ \text{kg-m}$$

$$Mb^+ = (0,011) * 980,00 * (5,35)^2 + (0,014) * 850 * (5,35)^2 = 649,16\ \text{kg-m}$$

Dimensiones losa 1

$$A = 3,57\ \text{m}$$

$$B = 5,35\ \text{m}$$

$$\text{Área} = 19,10\ \text{m}^2$$

$m = 3,57/5,35 = 0,67$ , por lo que trabaja en dos sentidos.

- Cálculo de momentos actuantes

Factores caso 8,  $m = 0,70$

$$Ca^- = 0,068$$

$$Cb^- = 0,029$$

$$Ca+_{CM} = 0,040$$

$$Cb+_{CM} = 0,011$$

$$Ca+_{CV} = 0,054$$

$$Cb+_{CV} = 0,014$$

$$Ma^- = (0,068) * 1\ 830,00 * (3,57)^2 = 1\ 585,98\ \text{kg-m}$$

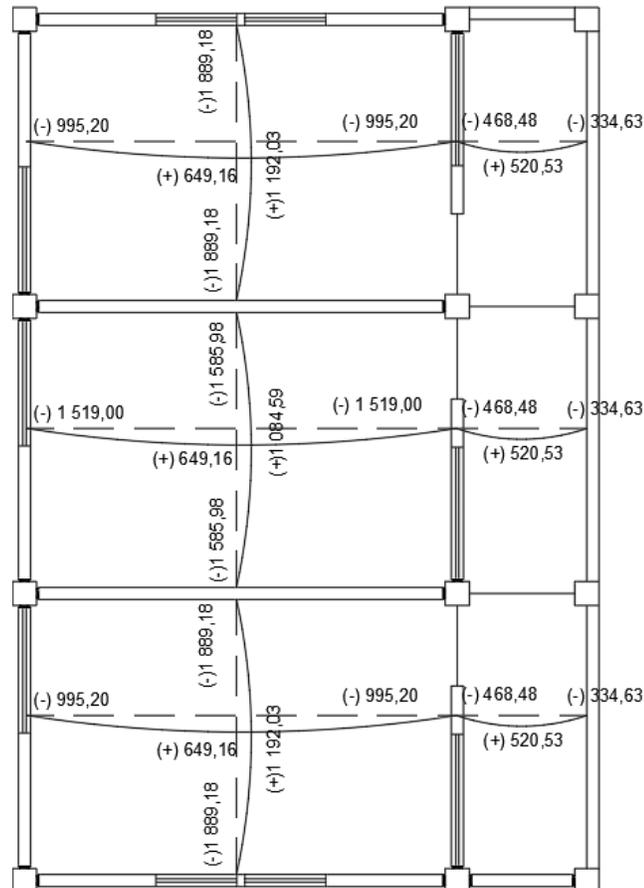
$$Mb^- = (0,029) * 1\ 830,00 * (5,35)^2 = 1\ 519,00\ \text{kg-m}$$

$$Ma^+ = (0,040) * 980,00 * (3,57)^2 + (0,054) * 850 * (3,57)^2 = 1\ 084,59\ \text{kg-m}$$

$$Mb^+ = (0,011) * 980,00 * (5,35)^2 + (0,014) * 850 * (5,35)^2 = 649,16\ \text{kg-m}$$

Siguiendo el procedimiento anterior se calcularon los momentos en cada losa, resultados que se presentan a continuación.

Figura 27. **Planta de momento actuantes en losas primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

○ Balance de momentos

Cuando dos losas comparten un lado en común y en el mismo ambas presentan diferencia de momentos actuantes, deben balancearse aplicando el siguiente criterio:

Si  $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$ ; entonces  $M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$

Si  $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$ ; entonces  $M_B =$  proporcional a su rigidez

✓ Para nivel 1

$$M_{\text{mayor}} = 1\,889,18 \text{ kg-m}$$

$$0,80 (M_{\text{mayor}}) = 1\,511,34 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{menor}} = 1\,585,98 \text{ kg-m}$$

$$1\,511,34 < 1\,585,98$$

El balance de momentos se realizará por promedio

$$M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) / 2$$

$$M_{\text{bal}} = (1\,889,18 + 1\,585,98) / 2 = 1\,737,58 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{mayor}} = 995,20 \text{ kg-m}$$

$$0,80 (M_{\text{mayor}}) = 796,16 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{menor}} = 468,48 \text{ kg-m}$$

$$796,16 > 468,48$$

El balance de momentos se realizará por el método de rigideces:

$$K = 1/L$$

$$FD_i = K_i / \sum K_i$$

$$\mu_i = FD_i * (M_B - M_A)$$

$$M_{B_B} = M_B - \mu_{iB} \quad M_{B_A} = M_A - \mu_{iA}$$

$$M_{B_B} = M_{B_A}$$

Donde:

A = momento menor a balancear

B = momento mayor a balancear

L = longitud de la luz de la losa en el sentido a balancear

K = rigidez del elemento

$\mu$  = factor de corrección de momento, se suma al momento menor y se resta al momento mayor

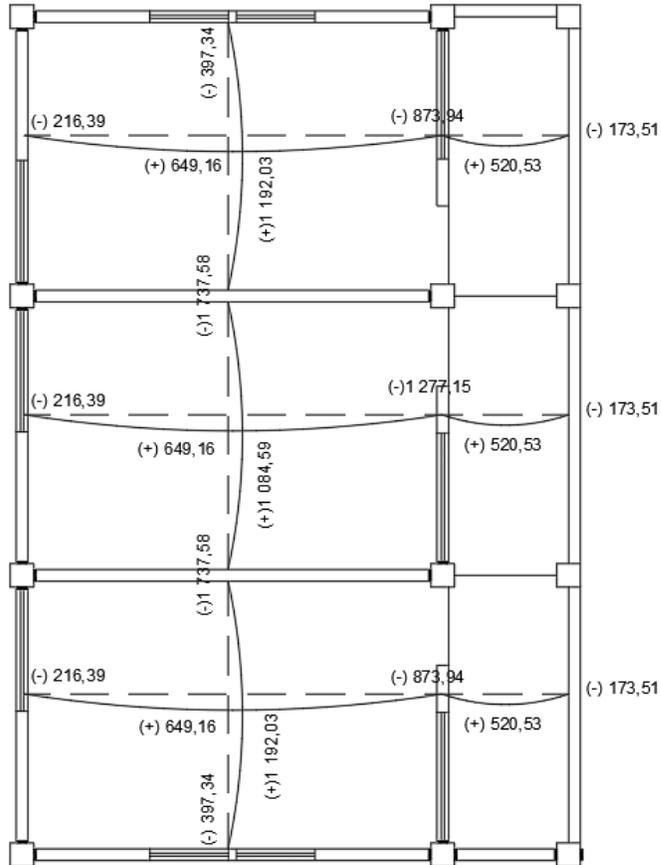
FD = factor de distribución de losas

Tabla XLVI. **Balance de momentos método de rigideces**

<b>LOSA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Momento	995,20	468,48
L	5,35	1,6
K	0,19	0,63
FD	0,50	0,50
Dif(B-A)	526,72	526,72
$\mu$	121,26	405,46
<b>BALANCE</b>	<b>873,94</b>	<b>873,94</b>

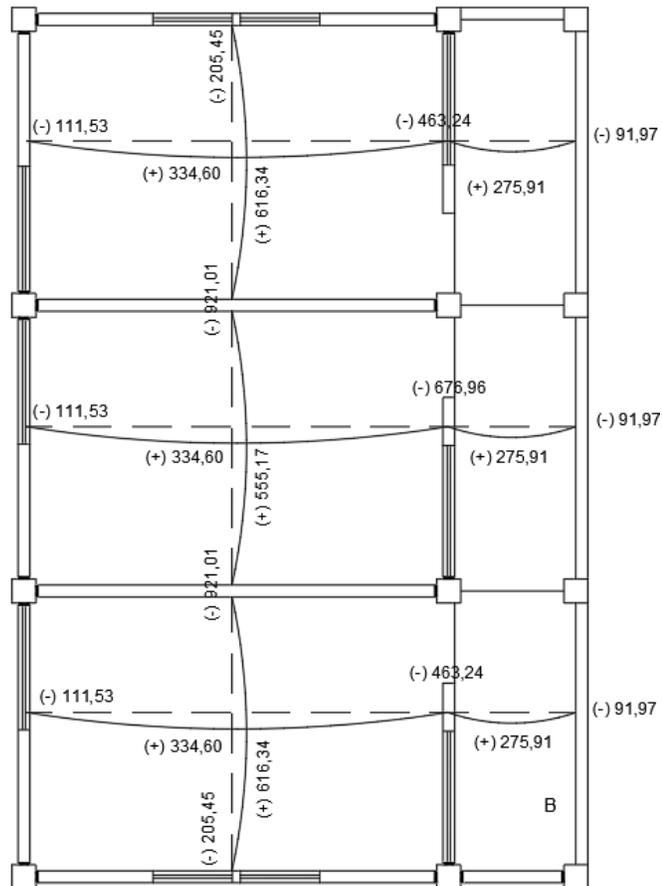
Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Figura 28. **Momentos balanceados en losas primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 29. **Momentos balanceados en losas segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Diseño del armado de losas

Primero, se debe establecer el acero mínimo y el momento que resiste, para luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al mínimo. Basado en el Código del ACI 318-08.

Datos:

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

$$F_y = 4\,210 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 100 \text{ cm (franja para un metro)}$$

Para calcular del acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{f_c} / f_y) * (b*d)$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / f_y) * (b*d)$$

Donde:

b = franja unitaria.

t = espesor de la losa.

d = peralte efectivo.

Entonces:

$$d = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{210} / 4\,210) * 100 * 7,5 = 2,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / 4\,210) * 100 * 7,5 = 2,51 \text{ cm}^2$$

Se opta por el mayor de los dos  $A_{s\text{mín}}$  calculados  $A_{s\text{mín}} = 2,51 \text{ cm}^2$

Separación para  $A_{s\text{mín}}$  con varillas núm. 3 ( $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$ )

$$S = A_v/A_s = 0,71/2,51 = 0,2829 \text{ m} = 28,29 \text{ cm}$$

Para facilitar el proceso constructivo se utilizarán varillas núm. 3 @ 25 cm.

Considerando lo establecido en el capítulo 13, sección 13.3.2 del ACI 318-08, el espaciamiento (S) no debe exceder el doble del espesor de la losa.

$$S_{\max} = 2 * t_{\text{losa}}$$

$$S_{\max} = 2 * 10\text{cm} = 20 \text{ cm} < 25 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas núm. 3 @ 20 = 3,55 cm<sup>2</sup> (por franja unitaria).

Cálculo del momento que resiste el As<sub>mín</sub> = 2,51 cm<sup>2</sup>

$$MR_{As \text{ min}} = 0,90 [A_{s \text{ min}} * f_y] \left( d - \frac{A_{s \text{ min}} * f_y}{1,7 * f'_c * B} \right)$$

$$MR_{As \text{ min}} = 0,90 [2,51 * 4 210] \left( 7,5 - \frac{2,51 * 4 210}{1,7 * 210 * 100} \right)$$

$$M_{\text{resistente } As \text{ min}} = 685,13 \text{ kg -m}$$

✓ Losas nivel 1

Como  $M_{\text{actuante}} > M_{\text{resistente}}$

Entonces se calcula el área de acero  $M_u(-)$  de la losa 1 de 1 737,58 kg-m.

$$As_{\text{req}} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right] * 0.85 * \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$$

$$As_{req} = \left[ 100 \cdot 7,5 - \sqrt{(100 \cdot 7,5)^2 - \frac{1\,737,58 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right] \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{210}{4\,210} \right)$$

$$As_{req} = 6,86 \text{ cm}^2$$

$$6,86 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

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

$$S = 10,35 \text{ centímetros}$$

$Mu(+)$	$= 1\,192,03 \text{ kg-m.}$	$As = 4,52 \text{ cm}^2$	$S = 15,71 \text{ cm}$
---------	-----------------------------	--------------------------	------------------------

$Mu(-)$	$= 1\,277,15 \text{ kg-m.}$	$As = 4,87 \text{ cm}^2$	$S = 14,57 \text{ cm}$
---------	-----------------------------	--------------------------	------------------------

$Mu(+)$	$= 1\,084,59 \text{ kg-m.}$	$As = 4,09 \text{ cm}^2$	$S = 17,36 \text{ cm}$
---------	-----------------------------	--------------------------	------------------------

$Mu(-)$	$= 873,94 \text{ kg-m.}$	$As = 3,25 \text{ cm}^2$	$S = 21,85 \text{ cm}$
---------	--------------------------	--------------------------	------------------------

Para la losa 1 del nivel 1 se utilizará refuerzo núm. 3 @ 0,15 m para facilitar el proceso constructivo (ver planos de losas).

✓ Losas nivel 2

Como  $M_{actuante} < M_{resistente}$

Se utilizarán varillas núm. 3 @ 20 (ver planos de losas).

Revisión por corte

El corte debe ser resistido únicamente por el concreto; por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado.

Corte máximo actuante

$$V_{\text{máx}} = \frac{C_u \cdot L}{2} = \frac{1\,774,00 \cdot 5,35}{2} = 4\,745,45 \text{ kg}$$

L = Lado corto, de los lados cortos de losas se elige el mayor.

Corte máximo resistente

$$V_{\text{res}} = \phi \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,85 \cdot \sqrt{210} \cdot 100 \cdot 7,5 = 9\,238,25 \text{ kg}$$

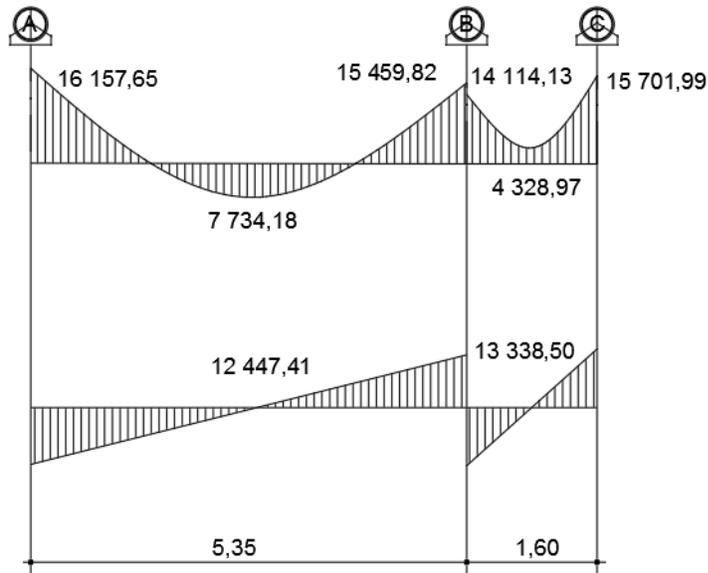
Comparar  $V_r$  con  $V_{\text{máx}}$ . Si  $V_r > V_{\text{máx}}$ , el espesor de la losa es el adecuado  $t = 10$  cm caso contrario aumentar  $t$ . Como  $V_r > V_{\text{máx}}$  el espesor es adecuado.

#### **2.2.6.9. Diseño de vigas**

Las vigas son elementos estructurales que transmiten cargas externas de manera transversal, las cuales provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes en su longitud. Soportan el peso de losa y el propio y las transmiten a las columnas y muros, si es el caso.

El procedimiento seguido para diseñar vigas, se describe a continuación, aplicado a la viga entre los ejes A, B y C del primer nivel. Los datos se obtienen del análisis estructural.

Figura 30. **Diagrama de envolvente de momentos y corte, viga primer nivel – marco 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Datos:

$f_y$	$= 4\ 210\ \text{kg/cm}^2$
$f'_c$	$= 280\ \text{kg/cm}^2$
Sección	$= 45 * 25\ \text{cm}$
Recubrimiento	$= 3\ \text{cm}$
$\rho_{bal}$	$= 0,02846$
$d$	$= 45 - 3 = 42\ \text{cm}$
$E_s$	$= 2,1 * 10^6\ \text{kg/cm}^2$
$M(-)1$	$= 16\ 157,65\ \text{kg -m}$
$M(-)2$	$= 15\ 459,92\ \text{kg -m}$
$M(+)$	$= 7\ 734,18\ \text{kg -m}$
$V_{crítico}$	$= 13\ 338,50\ \text{kg}$

- Límites de acero

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{f_c} / f_y) * (b*d)$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / f_y) * (b*d)$$

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{210} / 4\ 210) * 42 * 25 = 2,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / 4\ 210) * 42 * 25 = 3,52 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el mayor  $A_{s\text{mín}} = 3,52 \text{ cm}^2$

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{\beta * 0,85 * f_c}{f_y} * \frac{6\ 120}{6\ 120 + f_y}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * 0,85 * 280}{4\ 210} * \frac{6\ 120}{6\ 120 + 4\ 210}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,02846$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 * 0,02846 * 25 * 42$$

$$A_{s\text{máx}} = 14,94 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo longitudinal para M(-)1

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

$$As \text{ req} = \left[ 25*42 - \sqrt{(25*42)^2 - \frac{15\,730,82*25}{0,003825*210}} \right] * 0,85 * \left( \frac{210}{4\,210} \right)$$

$$As \text{ req} = 11,21 \text{ cm}^2$$

Los resultados para los momentos se observan en la tabla XLVII

Tabla XLVII. **Cálculo del área de acero en vigas**

	<b>Momento (kg-m)</b>	<b>As req (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>As mín (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>As máx (cm<sup>2</sup>)</b>
M(-)1=	16 157,65	11,21	3,52	14,94
M(+)=	7 734,18	5,08	3,52	14,94
M(-)2=	15 459,82	10,67	3,52	14,94

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Para calcular el armado de la viga, se debe cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI-318-08 capítulo 21:

- Cama superior M(-)1

Colocar 2 varillas como mínimo

$$As_{\text{mín}} = 3,52 \text{ cm}^2$$

$$33\% As(-) \text{ mayor} = 0,33*11,21 = 3,70 \text{ cm}^2 ;$$

Se coloca el mayor entre los anterior  $A_s = 3,70 \text{ cm}^2$ , que equivale a 2 núm. 6 corridas, que es igual a  $5,70 \text{ cm}^2$ .

Para cubrir los momentos negativos, se colocarán bastones tomando en cuenta la diferencia de diámetros, la cual no debe ser mayor o igual a 2 diámetros consecutivos.

Para  $M(-)1 = 16\ 157,65 \text{ kg-m}$ , se requiere  $A_s = 11,21 \text{ cm}^2$

Armado propuesto: 2 varillas núm. 6 corridas + 2 bastones núm. 6.

$$5,70 \text{ cm}^2 + 5,70 \text{ cm}^2 = 11,40 \text{ cm}^2$$

○ Cama superior  $M(-)2$

Para  $M(-)2 = 15\ 459,82 \text{ kg-m}$ , se requiere  $A_s = 10,67 \text{ cm}^2$

Armado propuesto: 2 varillas núm. 6 corridas + 2 bastones núm. 6

$$5,70 \text{ cm}^2 + 5,70 \text{ cm}^2 = 11,40 \text{ cm}^2$$

○ Cama inferior  $M(+)$

Para  $M(+)= 7\ 734,18 \text{ kg-m}$ , se requiere  $A_s = 5,08 \text{ cm}^2$

Colocar 2 varilla longitudinales como mínimo

$$A_{s\text{mín}} = 3,52 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_s(+) = 0,5 * 5,08 = 2,54 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_s(-) \text{ mayor} = 0,5 * 11,21 = 5,60 \text{ cm}^2$$

Se coloca el mayor entre las áreas de acero anteriores,  $A_s = 5,60 \text{ cm}^2$ .

Armado propuesto: 2 varillas núm. 6 =  $5,70 \text{ cm}^2$

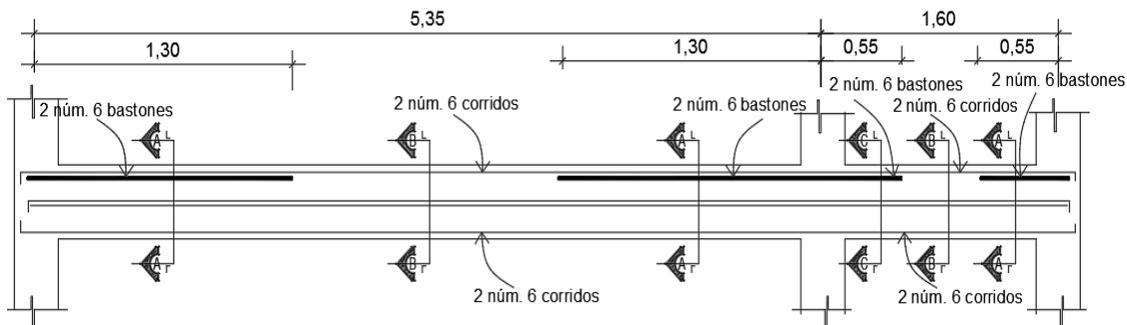
Debido a que la separación entre varillas de la cama superior y la inferior es mayor que 30,50 cm, es necesario colocar una varilla longitudinal en medio como refuerzo adicional. Según el código ACI 318-08 se especifica que debe ser  $1,61 \text{ cm}^2$  por cada pie de altura.

$40 \text{ cm} = 1,31 \text{ pies}$

$1,31 * 1,61 = 2,10 \text{ cm}^2$

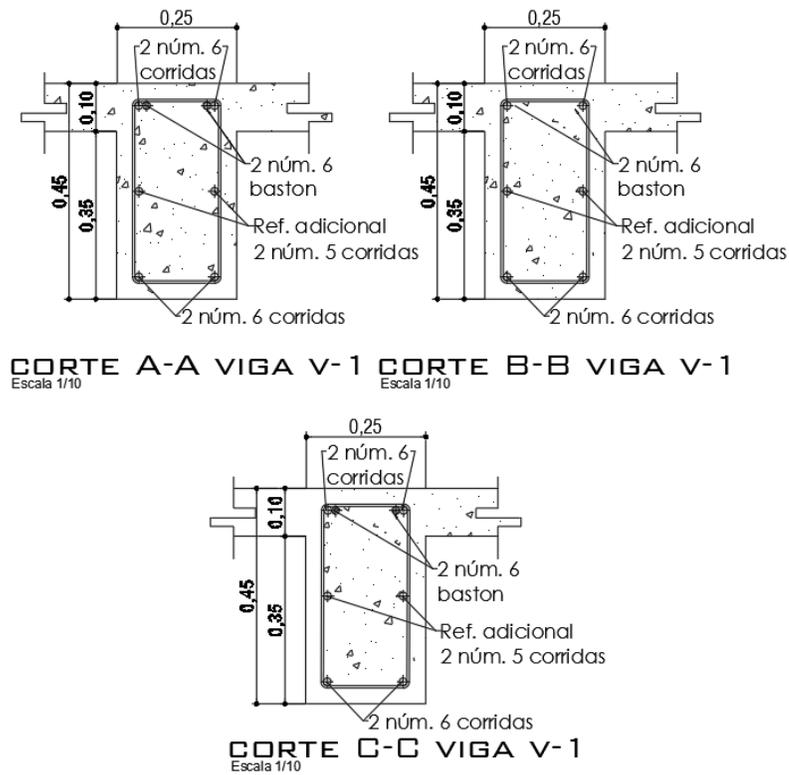
2 varillas núm. 5 =  $3,96 \text{ cm}^2$ , ubicadas en el eje neutro de la viga.

Figura 31. Armado longitudinal de vigas, primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 32. Sección de viga V-1 cortes A-A, B-B y C-C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Cálculo del corte resistente

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

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} * 25 \text{ cm} * 42 \text{ cm}$$

$$V_r = 7\,915,22 \text{ kg}$$

Comparar corte resistente con corte último:

$$V_u = 13\,338,50 \text{ kg}$$

Si  $V_r > V_u$  la viga necesita estribos solo por armado, a  $S_{\text{máx.}} = d/2 < 30$  cm.

Si  $V_r < V_u$  se diseñan estribos por corte, por medio de las expresiones.

$$S = \frac{2 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_u}$$

$$S_{\text{máx}} = 42 \text{ cm} / 2$$

$$S_{\text{máx}} = 21 \text{ cm} < 30$$

Como  $V_r < V_u$

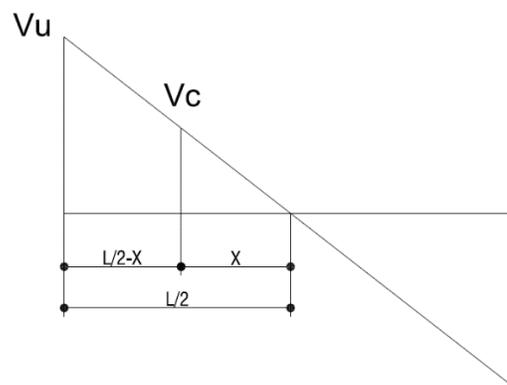
$$S = \frac{2(0,71) \cdot 4 \cdot 210 \text{ kg/cm}^2 \cdot 42 \text{ cm}}{13 \, 338,50 \text{ kg}}$$

$$S = 18,82 \text{ cm}$$

Este espaciamiento se utilizará en la sección donde no resiste el concreto.

Esta zona se obtiene mediante relación de triángulos.

Figura 33. **Diagrama de corte**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

$$\frac{5,35/2}{13\ 338,50} = \frac{X}{7\ 915,22}$$

$$X = 1,59 \text{ m}$$

$$L/2 - X = 2,675 - 1,59$$

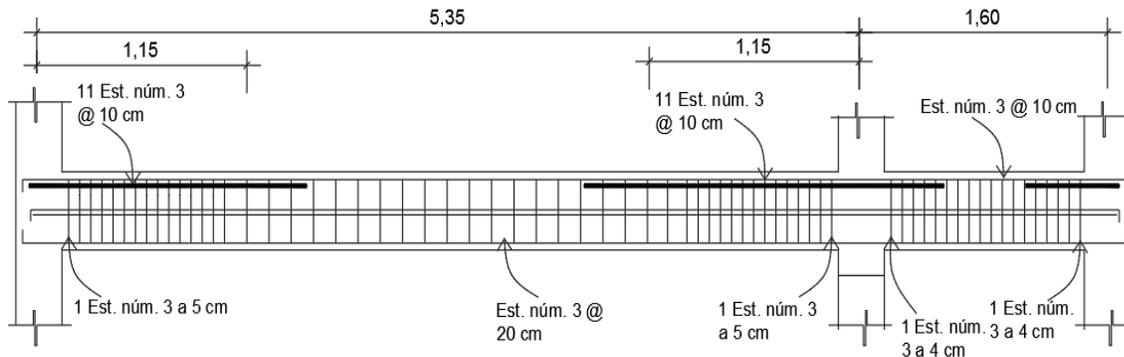
$$L/2 - X = 1,09 \text{ m}$$

Los requisitos mínimos para corte en zona confinada según el código ACI -318-08 en el artículo 21.3.4.2

- 2d en ambos extremos =  $2 \cdot 42 = 84 \text{ cm}$
- Primer estribo a no más de 5 cm
- Smáx. no debe ser mayor que
  - $d/4 = 42/4 = 10 \text{ cm}$
  - 8 fb longitudinal menor diámetro =  $8 \cdot 1,6 = 13 \text{ cm}$
  - 24fb estribo =  $24 \cdot 0,95 = 23 \text{ cm}$
  - No mayor de 30 cm

El armado de estribos final para la viga, es el siguiente: el primer estribo núm. 3 a 0,05 m + 11 Estribos núm. 3 @ 0,10 m en zona confinada en ambos extremos y el resto @ 0,20 m en zona no confinada. Ver figura 34, sección longitudinal de viga.

Figura 34. Sección longitudinal de viga V-1



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

### 2.2.6.10. Diseño de columnas

Son elementos estructurales sometidos a carga axial y momentos flexionantes. La carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, está determinada por el área tributaria. Los momentos flexionantes provienen del análisis estructural, para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta.

Se diseñarán únicamente las columnas críticas por cada nivel, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar la columna crítica del primer nivel aplicando el método de Bresler.

Datos:

Sección de columna = 30 \* 30 cm

Lvigas = 1,79+1,79+2,68+0,8 = 7,06 m

Sección de viga V-1 = 25 \* 45 cm

Longitud de columna = 4,50 m

$M_x = 15\,202,89 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$M_y = 3\,522,25 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$V_u = 6\,731,16$

Área tributaria =  $12,66 \text{ m}^2$

Espesor de losa = 0,10 m

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

$f_y = 4\,210 \text{ kg}/\text{cm}^2$

La carga axial  $P_u$  que resiste la columna, es el peso de las columnas sobre la columna que se analizará, incluyendo el área tributaria de las columnas por encima de la que se está analizando.

- Cálculo del factor de carga última

$$F_{cu} = C_U / (C_M + C_V)$$

Primer nivel

$C_U = 1\,774 \text{ kg}/\text{m}^2$

$C_M = 660 \text{ kg}/\text{m}^2$

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

$F_{cu1} = 1,53$

Segundo nivel

$C_U = 970 \text{ kg}/\text{m}^2$

$C_M = 450 \text{ kg}/\text{m}^2$

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

$F_{cu2} = 1,49$

- Cálculo de carga axial  $P_u$

$$P_u = (A_T \cdot C_U) + (PP_{vigas} + PP_{col}) \cdot F_{cu}$$

$$PP_{vigas} = b \cdot h \cdot L \cdot \gamma_{concreto}$$

$$PP_{vigas} = 0,25 \cdot 0,45 \cdot 7,06 \cdot 2400 = 1906,20 \text{ kg}$$

$$PP_{col} = b \cdot h \cdot L \cdot \gamma_{concreto}$$

$$PP_{col} = 0,30 \cdot 0,30 \cdot 3,00 \cdot 2400 = 648 \text{ kg}$$

$$PP_{col} = 0,30 \cdot 0,30 \cdot 4,50 \cdot 2400 = 972 \text{ kg}$$

$$P_u(2do \text{ Nivel}) = (12,66 \cdot 970) + (1906,20 + 648) \cdot 1,49 = 16085,96 \text{ kg}$$

$$P_u(1er \text{ nivel}) = (12,66 \cdot 1774) + (1906,20 + 972) \cdot 1,53 = 26862,47 \text{ kg}$$

$$P_u = 42948,43 \text{ kg}$$

- Clasificar las columnas por su esbeltez

Por la relación de esbeltez, las columnas se clasifican en cortas ( $E < 22$ ), intermedias ( $22 < E < 100$ ) y largas ( $E > 100$ ). El objetivo de clasificar las columnas, es ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del diseño estructural, si son intermedias se deben de magnificar los momentos actuantes, y si son largas, no se construyen.

La esbeltez se calcula por la fórmula:

$$E = K \cdot \frac{L_u}{R}$$

Donde:

K = coeficiente de rigidez de la columna

Lu = longitud efectiva

R = radio de giro (0,3 h)

Cálculo de coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación en las columnas ( $\Psi$ ):

$$\Psi = \frac{\sum K_{\text{columna}}}{\sum K_{\text{viga}}}$$

$$K_{(\text{rigidez})} = I/L$$

$$I = bh^3/12$$

$$I_{\text{col}} = 67\,500 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga Y y X}} = 189\,843,75 \text{ cm}^4$$

▪ Eje X

$$K_{\text{viga}} = 189\,843,75 / 535 = 354,85$$

$$K_{\text{viga}} = 189\,843,75 / 160 = 1\,186,52$$

$$K_{\text{col}} = 67\,500 / 300 = 225$$

$$K_{\text{col}} = 67\,500 / 450 = 150$$

$$\Psi = \frac{225+150}{354,85+1\,186,52} = 0,24$$

Extremo inferior por estar empotrado  $\Psi_b=0$

$$\Psi_p = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2} = \frac{0,24 + 0}{2} = 0,12$$

Coeficiente K

$$K = \frac{20 + \Psi_p}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

$$K = \frac{20 + 0,12}{20} * \sqrt{1 + 0,12} = 1,07$$

Esbeltez de columna

$$E = \frac{1,07 * 4,50}{0,30 * 0,30} = 53,50$$

Como  $E = 53,50 > 22$  y  $< 100$  la columna del primer nivel es clasificada como una columna intermedia.

- Eje Y

El cálculo de la esbeltez de esta columna, en el sentido Y, se resume a continuación:

$$\Psi_p = 0,18$$

$$K = 1,09$$

$$E = 54,71 > 22 \text{ y } < 100$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en el Y, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por lo tanto, se deben magnificar los momentos actuantes.

- Magnificación de momentos

Utilizando el método ACI-318 08 de magnificación de momentos.

- Sentido X

Cálculo del factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{CM_u}{CU}$$

$$\beta_d = \frac{1,4 \cdot 660}{1\,774} = 0,52$$

Cálculo del EI total del material

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

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

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

$$EI = \frac{15\,100 \sqrt{210} * \frac{30 * 30^3}{12}}{2,5 * (1 + 0,52)}$$

$$EI = 3,87E09 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 3\,886,93 \text{ ton} - \text{m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2} = \frac{\pi^2 * 3\,886,93}{(1,07 * 4,50)^2} = 1\,654,68 \text{ ton}$$

Cálculo del magnificador de momentos

$\delta > 1$  y  $\phi = 0,70$  si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{42\,948,43}{0,70 * 1\,654,68}} = 1,04$$

Cálculo de momentos de diseño:

$$M_{dx} = \delta * M_u$$

$$M_{dx} = 1,04 * 15\,202,89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{dx} = 15\,811,00 \text{ kg} - \text{m} = 15,81 \text{ ton} - \text{m}$$

o Sentido Y

$$\beta_d = 0,52$$

$$EI = 3\,886,93 \text{ ton} - \text{m}^2$$

$$P_{cr} = 1\,566,50 \text{ kg}$$

$$\delta = 1,04$$

$$M_{dy} = 1,04 * 3\,522,25 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{dy} = 3\,663,14 \text{ kg} \cdot \text{m} = 3,66 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

- Cálculo del acero longitudinal por el método de Bresler

Este método consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla, además; es uno de los métodos más utilizados, porque su procedimiento es tan sencillo y produce resultados satisfactorios.

La idea fundamental es aproximar el valor  $1/P'u$ . Este valor se aproxima por un punto del plano determinado por tres valores:

Carga axial pura ( $P'o$ )

Carga de falla para una excentricidad  $e_x$  ( $P'ox$ )

Carga de falla para una excentricidad  $e_y$  ( $P'oy$ )

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites  $1\% A_g < A_s < 6\% A_g$  en zona sísmica.

$$A_{smin} = 0,01 (30 \cdot 30) = 9 \text{ cm}^2 \quad A_{smáx} = 0,06 (30 * 30) = 54 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armado propuesto} = 8 \text{ núm. } 8 = 40,54 \text{ cm}^2 \rightarrow 4,50\%$$

Para este método se usan los diagramas de interacción, para diseño de columnas. Los valores a utilizar en los diagramas son:

Valor de la gráfica

$$Y = X = \frac{H_{\text{núcleo}}}{H_{\text{columna}}} = \frac{b - 2\text{rec}}{h} = \frac{0,30 - 2(0,03)}{0,30} = 0,80$$

Valores de la curva

$$\rho_{tu} = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot A_g} = \frac{40,54 \cdot 4\,210}{0,85 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30} = 1,06$$

Excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{15\,811,00}{42\,948,43} = 0,36$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{3\,663,14}{42\,948,43} = 0,08$$

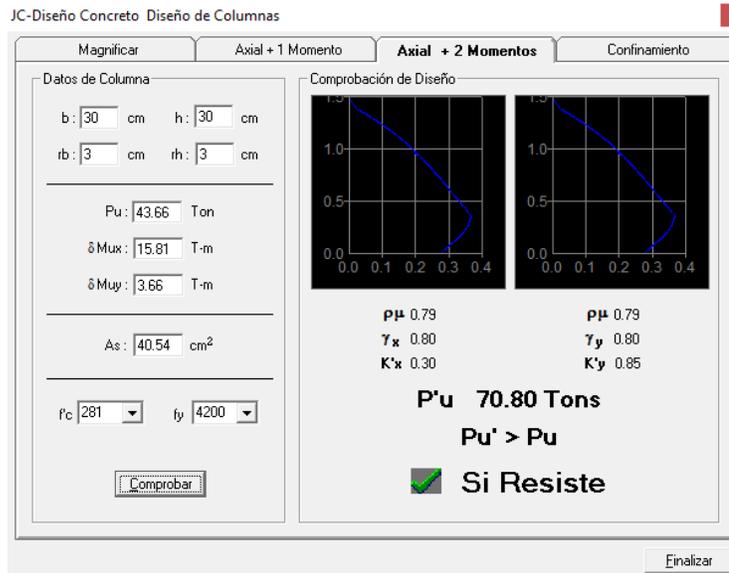
Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales.

$$e_x/h_x = 0,36 / 0,30 = 1,20$$

$$e_y/h_y = 0,08 / 0,30 = 0,27$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes  $K_x$  y  $K_y$ , en la gráfica de los diagramas de interacción. La gráfica se encontró aplicando el programa JC Diseño de concreto, ver figura 35.

Figura 35. Diagrama columna nivel 1 - programa JC Diseño de concreto



Fuente: elaboración propia, empleando JC Diseño de concreto.

- Cálculo de cargas

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex:

$$P'_{ux} = K_x * f'_c * b * h = 0,30 * 210 * 30 * 30 = 56\ 700 \text{ kg}$$

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey:

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h = 0,85 * 210 * 30 * 30 = 160\ 650 \text{ kg}$$

Carga axial de resistencia de la columna:

$$P'_o = \phi(0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + A_s * f_y) = 0,70 * (0,85 * 210 * (900 - 40,54) + 40,54 * 4\ 210)$$

$$P'o = 226\,860,91 \text{ kg}$$

Carga de la resistencia de la columna:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'o}} = \frac{1}{\frac{1}{56\,700} + \frac{1}{160\,650} - \frac{1}{226\,860,91}} = 51\,404,87 \text{ kg}$$

El valor de P'u debe ser mayor o igual a Pu

$$51\,404,87 \text{ kg} > 42\,948,43 \text{ kg}$$

Como  $P'u > Pu$ , el armado propuesto resiste las fuerzas aplicadas, si esto no fuera así se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

- Refuerzo transversal

Además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductilidad, para que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que, si las columnas se confinan, su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna.

Se debe chequear Vr con Vu con los siguientes criterios:

Si  $Vr > Vu$  se colocan estribos a  $S = d / 2$

Si  $Vr < Vu$  se diseñan los estribos por corte

Se calcula el corte resistente

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 27 = 5\,287,98 \text{ kg}$$

$V_u = 6\,731,16 \text{ kg}$ ; por tanto  $V_u > V_r$ ; Los estribos se colocarán en zona no confinada a  $d/2$ .

Para ambas opciones, debe considerarse que la varilla utilizada en este diseño será la número 3.

En este caso  $V_r < V_u$ , se colocarán estribos a  $S = d / 2 = 27 / 2 = 13,5 \text{ cm}$  en zona no confinada. Los estribos se colocarán a cada 13 cm con varillas número 3.

- Refuerzo por confinamiento

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones.

- $L_u / 6 = 2,60 / 6 = 0,43 \text{ m}$
- Lado mayor de la columna = 0,30 m
- 48Ø varilla transv. = 0,46 m
- 16Ø varilla long. = 0,36 m

Longitud de confinamiento: 0,45 metros

- Cálculo de la relación volumétrica.

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

Pero debe cumplir con:

$$\rho_s \geq 0,12 * \left( \frac{f_c}{f_y} \right)$$

Ach = Area chica = dx\*dy

$$A_{ch} = 24 * 24 = 576 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 * \left( \left( \frac{900}{576} \right) - 1 \right) * \left( \frac{0,85 * 210}{4 * 210} \right) = 0,0107$$

$$\rho_s \geq 0,12 * \left( \frac{210}{4 * 210} \right) = 0,0060$$

Por lo que se utiliza  $\rho_s = 0,0107$ .

Utilizando varillas número 3 para los estribos, el espaciamiento en la zona confinada es:

$$S_1 = \frac{4A_v}{\rho_s * L_e} = \frac{4 * 0,71}{0,0107 * (24)} = 11,03 \text{ cm}$$

Para la zona confinada = 0,45 m, estribo número 3 @ 0,10 metros

Debido a la existencia de varillas en las caras de las columnas, se colocarán estribos intermedios rotados a 45°, para proveer mayor confinamiento y adherencia del concreto.

Este procedimiento se aplicó a las columnas del segundo nivel, los resultados obtenidos son:

Segundo nivel:

$$M_x = 7\,065,65 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_y = 1\,168,82 \text{ kg} - \text{m}$$

$$V_u = 4\,640,80 \text{ kg}$$

$$P_u = 16\,085,96 \text{ kg}$$

- Magnificación de momentos

- Eje x:

$$\Psi_p = 0,07$$

$$K = 1,04$$

$$E = 34,65 > 22 \text{ y } < 100$$

$$\beta_d = 0,65$$

$$EI = 3\,581,81 \text{ ton} - \text{m}^2$$

$$P_{cr} = 3\,634,13 \text{ ton}$$

$$\delta = 1,02$$

$$M_{dx} = 7\,189 \text{ kg} - \text{m} = 7,19 \text{ ton-m}$$

○ Eje y:

$$\Psi_p = 0,11$$

$$K = 1,06$$

$$E = 35,24 > 22 \text{ y } < 100$$

$$\beta_d = 0,65$$

$$EI = 3\,581,81 \text{ ton} - \text{m}^2$$

$$P_{cr} = 3\,514,87 \text{ ton}$$

$$\delta = 1,02$$

$$M_{dy} = 1\,190 \text{ kg} - \text{m} = 1,19 \text{ ton-m}$$

- Cálculo del acero longitudinal por el método de Bresler

$$\text{Armado propuesto} = 8 \text{ núm. } 6 = 22,80 \text{ cm}^2$$

Valor de la gráfica

$$Y = X = 0,80$$

Valores de la curva

$$\rho_{tu} = 0,60$$

Excentricidades

$$e_x = 0,45$$

$$e_y = 0,07$$

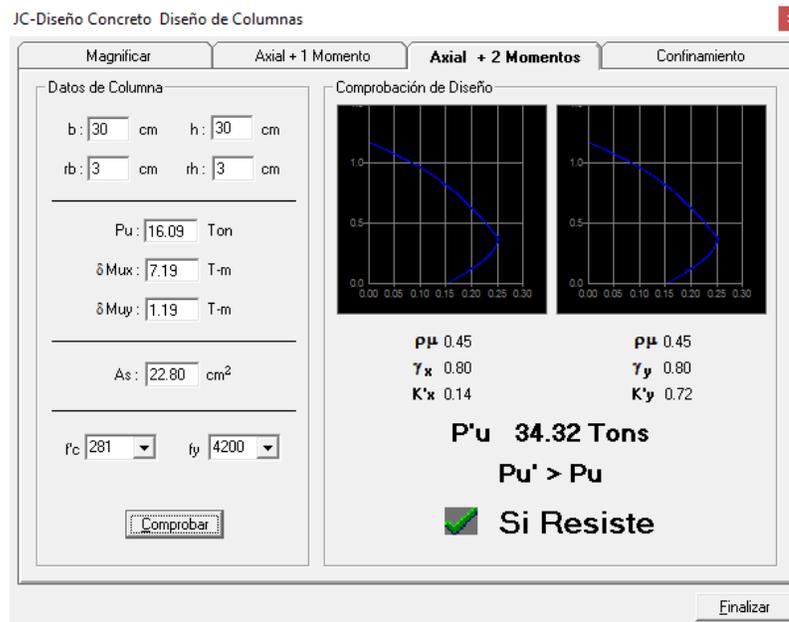
Valor de las diagonales

$$e_x/h_x = 0,45 / 0,30 = 1,50$$

$$e_y/h_y = 0,07 / 0,30 = 0,23$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes  $K_x$  y  $K_y$ , en la gráfica de los diagramas de interacción. La gráfica se encontró aplicando el programa JC Diseño de concreto, ver figura 36.

Figura 36. **Diagrama columna nivel 2 - programa JC Diseño de concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando JC Diseño de concreto.

- Cálculo de cargas

$$P'_{ux} = K_x * f'c * b * h = 0,14 * 210 * 30 * 30 = 26\ 460\ \text{kg}$$

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h = 0,72 * 210 * 30 * 30 = 136\ 080 \text{ kg}$$

$$P'_o = 176\ 803 \text{ kg}$$

Carga de la resistencia de la columna:

$$P'_u = 28\ 851 \text{ kg}$$

El valor de  $P'_u$  debe ser mayor o igual a  $P_u$

$$25\ 326 \text{ kg} > 16\ 085,96 \text{ kg}$$

- Refuerzo transversal

Se calcula el corte resistente

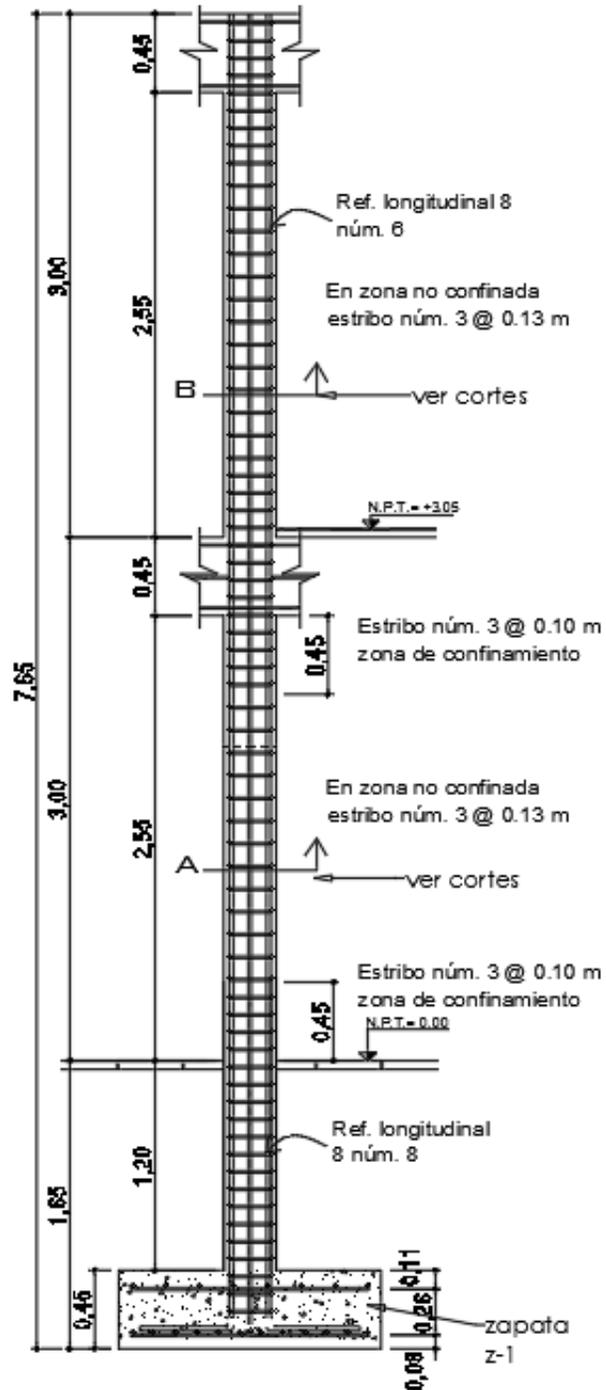
$$V_r = 5\ 287,98 \text{ kg}$$

$V_u = 4\ 640,80 \text{ kg}$ ; por tanto  $V_r > V_u$ ; Los estribos se colocarán en zona no confinada a  $d/2$ .

En este caso  $V_r > V_u$ , se colocan estribos a  $S = d / 2 = 27 / 2 = 13,5$ . Los estribos se colocarán a cada 13 cm con varillas número 3.

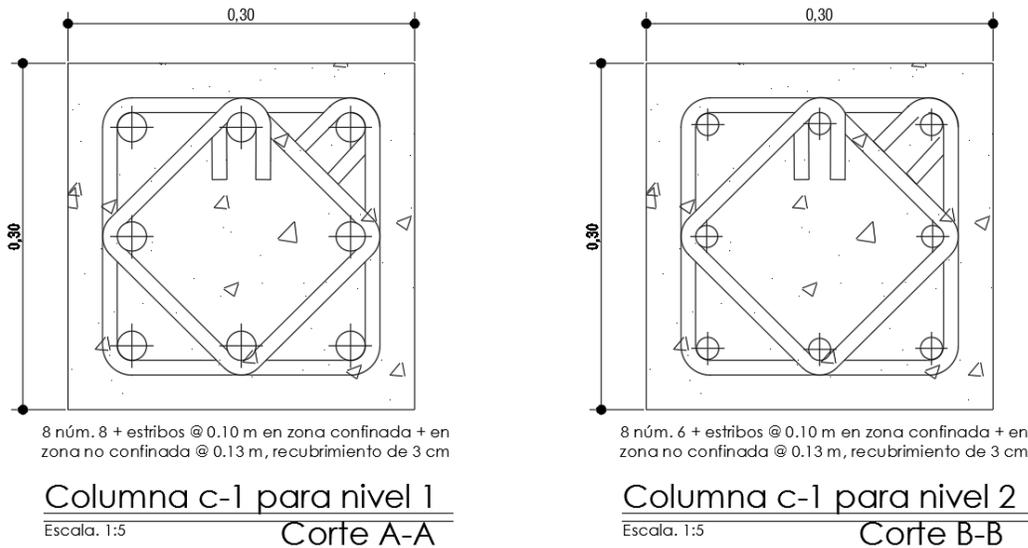
Ver detalle de armado de columna en figura 37 y 38.

Figura 37. Detalle refuerzo a corte columnas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 38. Sección de la columna primer y segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

### 2.2.6.11. Diseño de gradas

El módulo de gradas es independiente a la estructura de los marcos. Una escalera debe ser cómoda y segura, dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de la huella y contra huella.

$$c = 16,50 \text{ cm}$$

$$h = 30,00 \text{ cm}$$

La huella y contra huella deben cumplir con los siguientes criterios:

$$c < 20,00 \text{ cm}$$

$$h > c$$

$$(2 * c + h) < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$(c + h) = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}$$

$$c * h = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

Donde:

c = contra huella

h = huella

Determinando número de escalones:

$$N_{\text{escalones}} = \frac{\text{Altura de edificio}}{c}$$

$$N_{\text{escalones}} = \frac{300,00}{16,50} = 18,00$$

Se tienen 9 contra huellas y 8 huellas antes del descanso.

$$c < 20,00 \text{ cm}$$

$$c < 16,50 \text{ cm}$$

$$h > 20,00 \text{ cm}$$

$$h = 30,00 \text{ cm}$$

$$(2 * c + h) < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$(2 * 16,50 + 30,00) = 63 \text{ cm}$$

$$(c + h) = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}$$

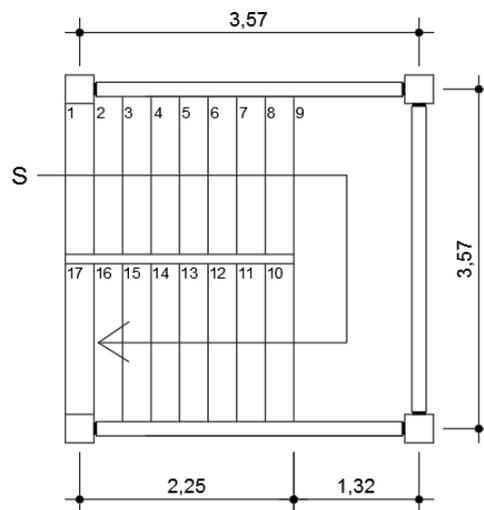
$$(16,50 + 30,00) = 46,50 \text{ cm}$$

$$c * h = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

$$16,50 * 30,00 = 495,00 \text{ cm}^2$$

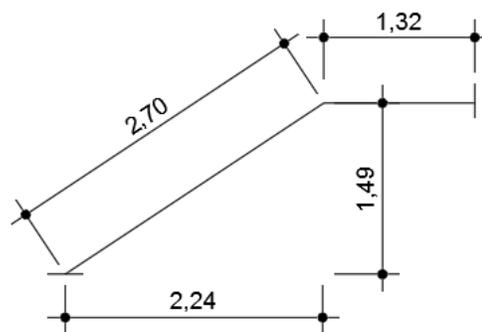
A continuación, se presenta una planta del módulo de gradas.

Figura 39. **Módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 40. **Perfil módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Longitud de losa

$$\text{Longitud} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Longitud} = \sqrt{149^2 + 224^2}$$

$$\text{Longitud} = 270 \text{ cm}$$

- Espesor de la losa

Se considerará como losa en un sentido con un extremo continuo según el ACI 308-08.

$$t = \frac{\text{Longitud}}{24}$$

$$t = \frac{270}{24}$$

$$t = 11,25 \text{ cm}$$

Se utilizará  $t = 12 \text{ cm}$

- Integración de cargas

Carga muerta:

C.M. = Peso propio de la escalera + sobre carga + acabados

$$\text{C.M.} = 2\,400,00 \cdot (0,12 + 0,165/2) + 80,00 + 20,00$$

$$C.M. = 586 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Carga viva:

C.V. = carga viva para escaleras

$$C.V. = 500,00 \text{ kg} / \text{m}^2$$

Carga última:

$$C.U. = (1,4 * C.M. + 1,7 * C.V.) * \text{franja unitaria}$$

$$C.U. = (1,4 * 586 + 1,7 * 500) * 1,00$$

$$C.U. = 1\ 670,40 \text{ kg} / \text{m}$$

- Cálculo de momentos actuantes en losa

$$M(+)=\frac{W * L^2}{9}$$

$$M(-)=\frac{W * L^2}{14}$$

Donde:

W = carga última

L = longitud de losa

Momentos:

$$M(+)=\frac{W * L^2}{9}$$

$$M(+)=\frac{1\ 670,40 * 2,70^2}{9}$$

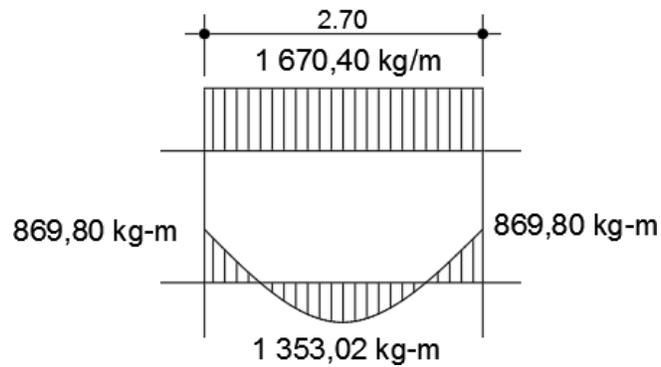
$$M(+)= 1\ 353,02 \text{ kg*m}$$

$$M(-) = \frac{W * L^2}{14}$$

$$M(-) = \frac{1\ 670,40 * 2,70^2}{14}$$

$$M(-) = 869,80 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Figura 41. **Distribución de carga y momento módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Acero de refuerzo:
  - Área de acero mínimo

$$A_{s\min} = (0,80\sqrt{f'c} / f_y) * (b*d)$$

$$A_{s\min} \geq (14,1 / f_y) * (b*d)$$

Donde:

$f_y$  = límite de fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

$$A_{s\text{mín}} = (0,80\sqrt{210} / 2810) * 100 * 12 = 4,95 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} \geq (14,1 / 2810) * 100 * 12 = 6,02 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el mayor  $A_{s\text{mín}} = 6,02 \text{ cm}^2$

- Área de acero máximo

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 * 0,03695 * 100 * 12$$

$$A_{s\text{máx}} = 22,17 \text{ cm}^2$$

- Área de acero requerido

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

Donde:

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

M = momento analizado

f'c = resistencia a la compresión del concreto

f<sub>y</sub> = límite de fluencia del acero

Áreas de acero para momento positivo y negativo.

Acero para momento positivo:

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

$$As (+) = \left[ 100*12,00 - \sqrt{(100*12)^2 - \frac{1\ 353,02*100}{0,003825*210}} \right] * 0,85 * \left( \frac{210,00}{2\ 810,00} \right)$$

$$As (+) = 4,60 \text{ cm}^2$$

Acero para momento negativo:

$$As (-) = 2,92 \text{ cm}^2$$

- Espaciamientos

Momento crítico

Espaciamiento para momento positivo con hierro núm. 3

$$S = \text{Área de acero hierro núm. 3} = \frac{\text{Franja unitaria}}{As (+)}$$

$$S = 0,71 * \frac{100,00}{4,60}$$

$$S = 15,62 \text{ cm}$$

Para facilitar el armado se propone varillas núm. 3 @ 15 cm para ambos momentos.

- Acero por temperatura

$$A_s \text{ temp} = 0,002 * b * d$$

$$A_s \text{ temp} = 0,002 * 100,00 * 12,00$$

$$A_s \text{ temp} = 2,40 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S \text{ máx} = 2 * t$$

$$S \text{ máx} = 2 * 15,00$$

$$S \text{ máx} = 30,00 \text{ cm}$$

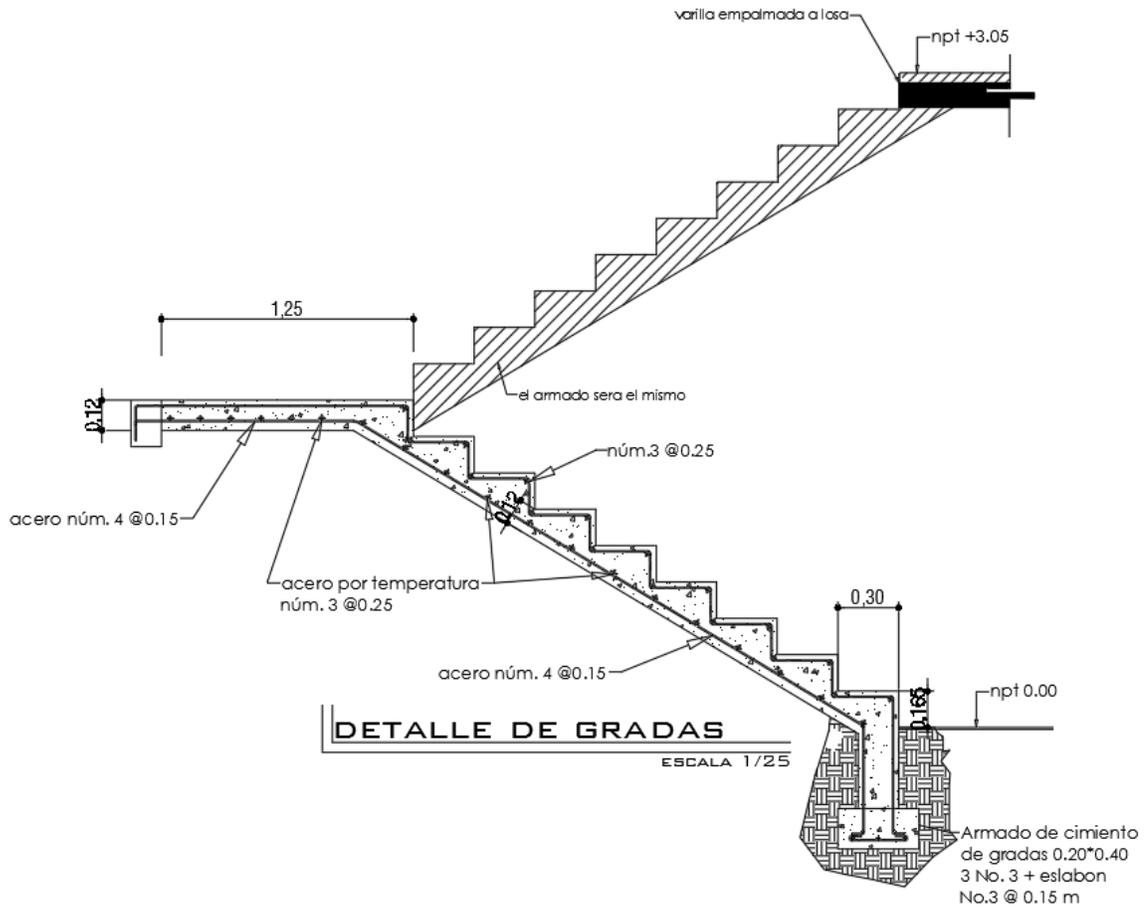
Espaciamiento hierro núm. 3

$$S = 0,71 * \frac{100,00}{2,40}$$

$$S = 29,69 \text{ cm}$$

Utilizar varillas núm.3 @ 25 cm

Figura 42. Armado final de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

### 2.2.6.12. Diseño de cimiento

Dadas las condiciones del proyecto se utilizarán zapatas concéntricas, para cargar las columnas, las zapatas son miembros estructurales que se usan para soportar columnas y muros, para transmitir sus cargas al suelo subyacente. El material más adecuado es el concreto reforzado, se utiliza para edificios de concreto reforzado, de acero estructural, puentes, torres y otras estructuras.

A continuación, se detalla el procedimiento para el cálculo de las zapatas concéntricas.

- Zapata concéntrica

Datos:

$$M_x = 15,20 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$M_y = 3,52 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$P_u = 42,95 \text{ ton}$$

$$V_s = 32,00 \text{ ton} / \text{m}^2$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,55 \text{ ton} / \text{m}^3$$

$$\text{FCU} = 1,53$$

- Cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{\text{FCU}}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{\text{FCU}}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{\text{FCU}}$$

Donde:

$P_u$  = carga axial última

$\text{FCU}$  = factor de carga última

$M_x$  = momento en el sentido x

$M_y$  = momento en el sentido y

Determinando cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU}$$

$$P'_t = \frac{42,95}{1,53}$$

$$P'_t = 28,07 \text{ ton}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{FCU}$$

$$M'_{tx} = \frac{15,20}{1,53}$$

$$M'_{tx} = 9,93 \text{ ton-m}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{FCU}$$

$$M'_{ty} = \frac{3,52}{1,53}$$

$$M'_{ty} = 2,30 \text{ ton-m}$$

- Predimensionamiento del área de zapata

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * P'_t}{V_s}$$

Donde:

$P't$  = carga de trabajo

$V_s$  = valor soporte de suelo

Área de zapata

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * P't}{V_s}$$

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * 28,07}{32,00}$$

$$A_{zapata} = 1.32 \text{ m}^2$$

Según el resultado, se propone utilizar las siguientes secciones y su área equivalente:

$$b = 1,60 \text{ m}$$

$$h = 1,60 \text{ m}$$

$$A_{zapata} = b * h$$

$$A_{zapata} = 1,60 * 1,60$$

$$A_{zapata} = 2,56 \text{ m}^2$$

- Revisión de presión sobre el suelo

Luego de haber dimensionado la zapata, se procede a calcular la carga máxima admisible, la cual de ser menor que el valor soporte del suelo y mayor que cero, si se supone que las presiones están linealmente distribuidas.

$$q = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} + \frac{M'_{tx}}{S_x} + \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Donde:

$P_{sz}$  = carga sobre zapata

$A_{zapata}$  = área de zapata

$M'_{tx}$  = momento de trabajo en sentido x

$M'_{ty}$  = momento de trabajo en sentido y

$S_x$  = factor en el sentido x

$S_y$  = factor en el sentido y

- Carga sobre zapata

$$P_{sz} = P'_t + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

Donde:

$P_{sz}$  = carga de trabajo

$P_{suelo}$  = peso debido al suelo

$P_{cimiento}$  = peso debido al cimiento

$$P_{sz} = P'_t + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P_{sz} = 28,07 + (1,55 * 1,00 * (2,56 - 0,30 * 0,30)) + 2,40 * 0,45 * 2,56$$

$$P_{sz} = 34,66 \text{ ton}$$

Factor  $S_x = S_y$

$$S_x = S_y = 1/6 * b * h^2$$

$$S_x = S_y = 1/6 * 1,50 * 1,50^2$$

$$S_x = S_y = 0,683 \text{ m}^3$$

- Presión máxima sobre el suelo

$$q_{\text{máx}} = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} + \frac{M'_{tx}}{S_x} + \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{34,66}{2,56} + \frac{9,93}{0,683} + \frac{2,30}{0,683}$$

$$q_{\text{máx}} = 31,44 \text{ ton / m}^2$$

- Presión mínima sobre el suelo

$$q_{\text{min}} = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} - \frac{M'_{tx}}{S_x} - \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

$$q_{\text{min}} = \frac{34,66}{2,56} - \frac{9,93}{0,683} - \frac{2,30}{0,683}$$

$$q_{\text{min}} = 16,75 \text{ ton / m}^2$$

De los resultados obtenidos se puede observar que la carga máxima es menor que el valor soporte del suelo y la carga mínima es mayor que cero, por lo que las dimensiones son correctas.

La presión del suelo, en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de la misma, para el diseño se determina una presión constante; se realiza el diseño con la carga máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_u = q_{\text{máx}} * \text{FCU}$$

Donde:

$q_{\text{máx}}$  = carga máxima admisible

FCU = factor de carga última

- Presión última

$$q_u = q_{\text{máx}} * \text{FCU}$$

$$q_u = 31,44 * 1,53$$

$$q_u = 48,10 \text{ ton / m}^2$$

- Espesor de la zapata

Dimensionada el área se procede a determinar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 7,50 cm, y que el peralte efectivo sea mayor de 15,00 cm más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal, que resista los esfuerzos de corte, para este caso será de 45,00 cm.

- Peralte efectivo

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

Donde:

t = espesor de zapata

rec = recubrimiento

Determinando peralte efectivo, con hierro número 5

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

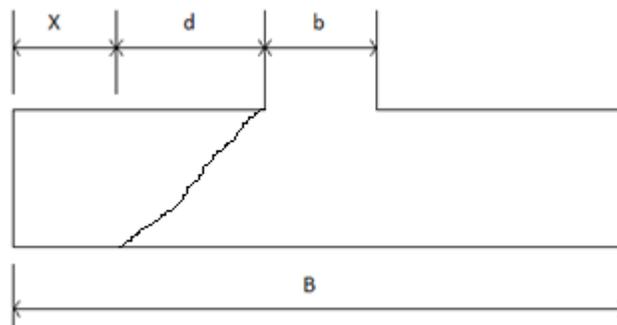
$$d = 45,00 - 7,50 - \frac{1,6}{2}$$

$$d = 0,37 \text{ m}$$

- Corte simple

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

Figura 43. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Distancia  $x$ :

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

Donde:

B = base de la zapata

b = base de la columna

d = distancia igual al peralte efectivo

Determinando distancia x:

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

$$x = \frac{1,60}{2} - \frac{0,30}{2} - 0,37$$

$$x = 0,28 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{\text{act-sis}} = A_{\text{act-sim}} * q_u$$

Donde:

$V_{\text{act-sis}}$  = área actuante al corte simple

$q_u$  = presión última

Determinando corte actuante:

$$V_{\text{act-sis}} = A_{\text{act-sim}} * q_u$$

$$V_{\text{act-sis}} = (1,60 * 0,28) * 48,10$$

$$V_{\text{act-sis}} = 21,55 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

Donde:

$f_c$  = resistencia del concreto

$b$  = base resistente

$d$  = distancia igual al peralte efectivo

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 160 * 37$$

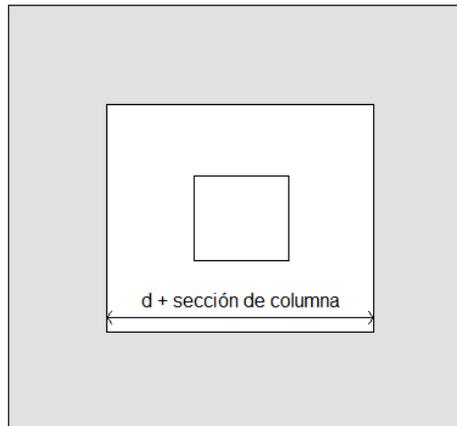
$$V_{\text{res-sim}} = 38,65 \text{ ton}$$

Con los resultados anteriores se demuestra que la condición sí cumple:  
el corte actuante es menor que el corte resistente.

- Corte punzante

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

Figura 44. **Corte punzante en zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

$$d + \text{sección de columna} = 0,67 \text{ m}$$

$$V_{\text{act-pun}} = A_{\text{act-pun}} * q_u$$

Donde:

$V_{\text{act-pun}}$  = área actuante al corte punzante

$q_u$  = presión última

- Corte actuante

$$V_{\text{act-pun}} = A_{\text{act-pun}} * q_u$$

$$V_{\text{act-pun}} = (2,56 - 0,67 * 0,67) * 48,10$$

$$V_{\text{act-pun}} = 101,54 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{\text{res-pun}} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Donde:

$f'_c$  = resistencia del concreto

$b_o$  = 4 \* (d + sección de columna)

d = distancia igual al peralte efectivo

$$V_{\text{res-pun}} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_{\text{res-pun}} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 266,80 * 37$$

$$V_{\text{res-pun}} = 128,89 \text{ ton}$$

Con los resultados anteriores se demuestra que la condición sí cumple:  
el corte punzante es menor que el corte resistente.

- Diseño del refuerzo

El empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero, para soportar los esfuerzos inducidos.

- Momento último

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

Donde:

$q_u$  = presión última

$L$  = distancia de extremo de columna hacia borde de zapata

Momento último

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

$$M_u = \frac{(48,10 * 1\,000) * (0,65)^2}{2}$$

$$M_u = 10\,161,13 \text{ kg-m}$$

- Área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = (0,80\sqrt{f'_c} / f_y) * (b*d)$$

$$A_{s_{\min}} \geq (14,1 / f_y) * (b*d)$$

Donde:

$f_y$  = límite de fluencia del acero

$b$  = franja unitaria

$d$  = peralte efectivo

$$A_{s_{\min}} = (0,80\sqrt{210} / 4\,210) * 100 * 37 = 10,19 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} \geq (14,1 / 4\,210) * 100 * 37 = 12,39 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 12,39 \text{ cm}^2$$

- Área de acero máximo

$$As \text{ máx} = 0,50 * \rho_{bal} * b * d$$

$$As \text{ máx} = 0,50 * 0,0214 * 100 * 37$$

$$As_{máx} = 39,59 \text{ cm}^2$$

- Área de acero requerido

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

Donde:

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

M = momento analizado

f'c = resistencia a la compresión del concreto

fy = límite de fluencia del acero

Determinando área de acero

$$As = \left[ 100*37,00 - \sqrt{(100*37)^2 - \frac{10\ 161,13 * 100}{0,003825*210}} \right] * 0,85 * \left( \frac{210,00}{4\ 210} \right)$$

$$As = 7,42 \text{ cm}^2$$

Debido a que el área de acero mínima es mayor que el área de acero que requiere el momento último, se aplicará para el diseño el área de acero mínima.

Espaciamiento para área de acero mínimo, utilizando hierro núm. 5

$$S = \text{Área de acero hierro núm. 5} = \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 2,00 * \frac{100,00}{12,39}$$

$$S = 16,14 \text{ cm}$$

Se colocará hierro núm. 5 @ 0,15 m.

Área de acero por temperatura

Se colocará en la cama superior

$$A_{\text{temp}} = 0,002 * b * t$$

Donde:

b = franja unitaria de zapata

t = espesor de zapata

Determinando área de acero por temperatura:

$$A_{\text{stem}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{\text{stem}} = 0,002 * 100,00 * 45,00$$

$$A_{\text{stem}} = 9,00 \text{ cm}^2$$

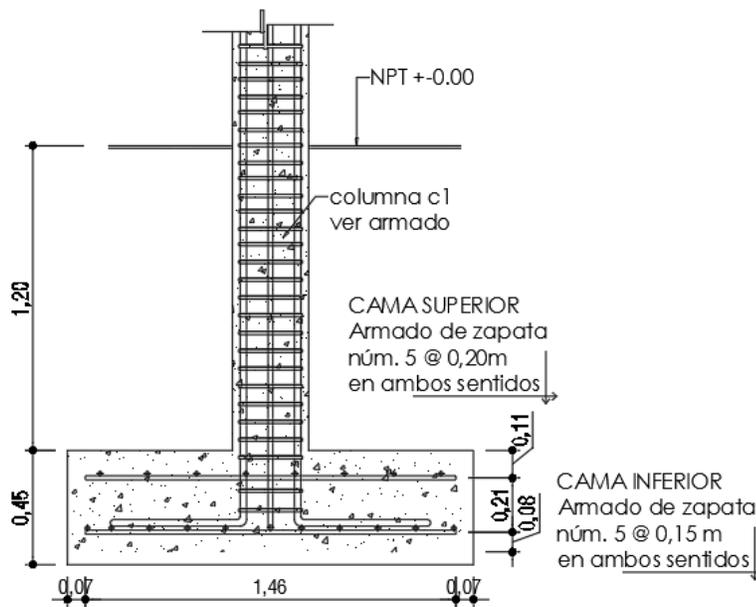
$$S = \text{Área de acero hierro núm. 5} = \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 2,00 * \frac{100,00}{9,00}$$

$$S = 20,00 \text{ cm}$$

Se colocará hierro núm. 5 @ 0,20 m.

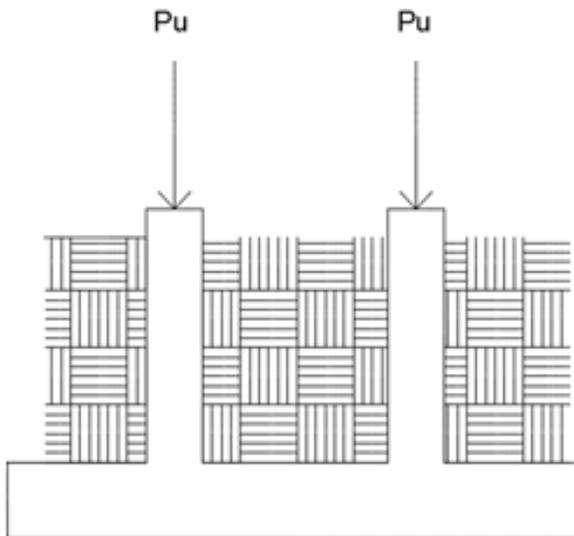
Figura 45. **Armado final de zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Zapata combinada

Figura 46. **Sección de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Datos:

$$A_{\text{trib a}} = 12,66 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{trib b}} = 2,85 \text{ m}^2$$

$$M_{x1} = 15,20 \text{ ton-m}$$

$$M_{x2} = 14,08 \text{ ton-m}$$

$$M_{y1} = 3,52 \text{ ton-m}$$

$$M_{y2} = 3,57 \text{ ton-m}$$

$$P_{u1} = 42,95 \text{ ton}$$

$$P_{u2} = 16,75 \text{ ton}$$

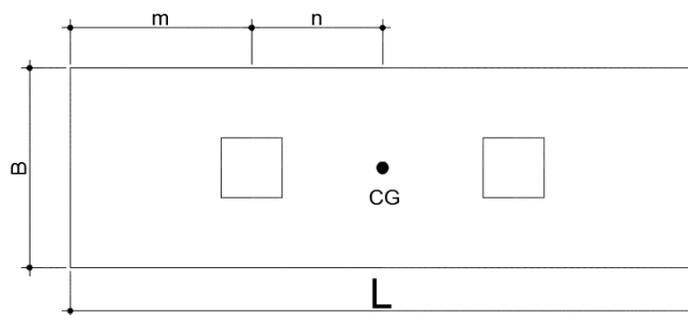
$$V_s = 32,00 \text{ ton / m}^2$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,55 \text{ ton} / \text{m}^3$$

$$\text{FCU} = 1,53$$

Haciendo el cimiento rectangular y tomando como base la distancia entre columnas, se tiene que:

Figura 47. **Componentes de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Determinando cargas de trabajo

$$P'_{t1} = 28,53 \text{ ton}$$

$$P'_{t2} = 10,95 \text{ ton}$$

$$M'_{tx1} = 9,94 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$M'_{tx2} = 9,21 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$M'_{ty1} = 2,30 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$M'_{ty2} = 2,34 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

- Cálculo del centro de gravedad

$$\sum M_a = 0$$

$$11\,090,12(1,30) = 39\,624,37 \cdot n$$

$$n = 0,36 \text{ m}$$

- Área de zapata

$$L = 2 (m + n)$$

$$L = 2 (0,80 \text{ m} + 0,36 \text{ m})$$

$$L = 2,32 \text{ m}$$

$$\text{Pero } L_{\text{mín}} = 3,10 \text{ m}$$

$$L = 3,10 \text{ m}$$

$$B = A / L$$

$$B = (28,53 \text{ ton/m} + 11,09 \text{ ton/m}) / (32 \text{ ton/m}^2 \cdot 3,10 \text{ m})$$

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

$$B_{\text{real}} = 1,00 \text{ m}$$

Según el resultado, se propone utilizar las siguientes secciones y su área equivalente:

$$L = 3,10 \text{ m}$$

$$B = 1,00 \text{ m}$$

$$A_{\text{zapata}} = 3,10 \text{ m}^2$$

- Chequeo del área de zapata

## Integración de cargas

$$P_{\text{columna}} = A_{\text{sc}} * h_{\text{col}} * P.E.\text{concreto}$$

$$P_{\text{suelo y cimiento}} = A_z * D_f * P.E.\text{concreto}$$

$$PCG = P'_{t1} + P'_{t2} + 2 * P_{\text{col}} + P_{\text{suelo y cimiento}}$$

Donde:

$A_{\text{sc}}$  = área de sección de columna

$h_{\text{col}}$  = altura de columna

$A_z$  = Área de zapata

$D_f$  = desplante de cimentación

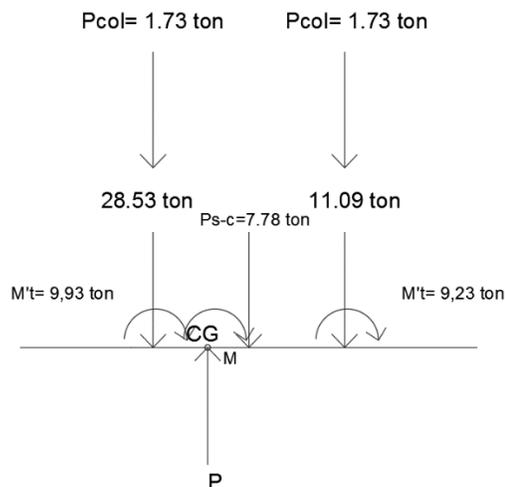
$T$  = espesor de zapata

PCG = cargas equivalentes al centro de gravedad

$$P_{\text{columna}} = 1,73 \text{ ton}$$

$$P_{\text{suelo y cimiento}} = 7,78 \text{ ton}$$

Figura 48. **Diagrama de cuerpo libre**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014

$$PCG = 28,53 \text{ ton} + 11,09 \text{ ton} + 2 * 1,73 \text{ ton} + 7,78 \text{ ton}$$

$$PCG = 50,86 \text{ ton}$$

$$\sum M_{cg-x} = 7,78(0,28) + 12,82(0,93) + 9,23 = 28,53(0,36) + 9,93$$

$$\sum M_{cg-x} = 23,33 - 20,2$$

$$\sum M_{cg-x} = 3,12 \text{ ton-m}$$

$$\sum M_{cg-y} = 2,341 - 2,309$$

$$\sum M_{cg-y} = 0,032 \text{ ton-m}$$

- Revisión de presión sobre el suelo

Factor  $S_x = S_y$

$$S_x = 1/6 * b * h^2$$

$$S_y = 1/6 * h * b^2$$

$$S_x = 1/6 * 3,10 * 1,00^2 = 0,517$$

$$S_y = 1/6 * 1,00 * 3,10^2 = 1,602$$

- Presión en el sentido positivo

$$q_1 = PCG/A + M_{cg-y}/S_y + M_{cg-x}/S_x$$

$$q_2 = PCG/A + M_{cg-y}/S_y - M_{cg-x}/S_x$$

$$q_1 = 50,86/3,10 + 0,032/1,602 + 3,12/0,517$$

$$q_2 = 50,86/3,10 + 0,032/1,602 - 3,12/0,517$$

$$q_1 = 22,46 \text{ ton/m}^2$$

$$q_2 = 10,39 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{prom}} = 16,43 \text{ ton/m}^2$$

- Presión en el sentido negativo

$$q_1 = PCG/A - M_{cg-y}/Sy + M_{cg-x}/Sx$$

$$q_2 = PCG/A - M_{cg-y}/Sy - M_{cg-x}/Sx$$

$$q_1 = 50,86/3,10 - 0,032/1,602 + 3,12/0,517$$

$$q_2 = 50,86/3,10 - 0,032/1,602 - 3,12/0,517$$

$$q_1 = 22,42 \text{ ton/m}^2$$

$$q_2 = 10,35 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{prom}} = 16,39 \text{ ton/m}^2$$

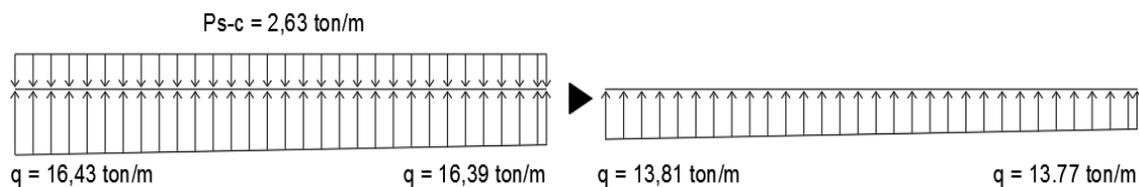
- Presión de suelo y cemento

$$Q_{\text{suelo y cemento}} = Df * P.E. \text{ suelo} + t * P.E. \text{ concreto}$$

$$Q_{\text{suelo y cemento}} = 1,00 * 1,55 + 0,45 * 2,40$$

$$Q_{\text{suelo y cemento}} = 2,63 \text{ ton/m}^2$$

Figura 49. Diagrama de presiones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Presiones últimas de diseño por metro lineal

$$q_{\text{dis-máx}} = q_{\text{dis-min}} = \text{FCU} * q_{\text{máx-min}}$$

- Presión máxima sobre el suelo

$$q_{\text{dis-máx}} = 1,53 * 16,43 \text{ ton / m}^2 = 25,14 \text{ ton / m}^2$$

- Presión mínima sobre el suelo

$$q_{\text{dis-min}} = 1,53 * 16,39 \text{ ton / m}^2 = 25,08 \text{ ton / m}^2$$

- Ecuación de las presiones últimas de diseño

Por relación de triángulos

$$\frac{3,1}{13,81-13,77} = \frac{x}{q_{\text{dis}}(x)-13,81}$$

$$q_{\text{dis}}(x) = 13,81 - 0,013x \text{ ton/ m}^2 * 1\text{m (franja unitaria)}$$

$$w = 13,81 - 0,013x \text{ ton/m}$$

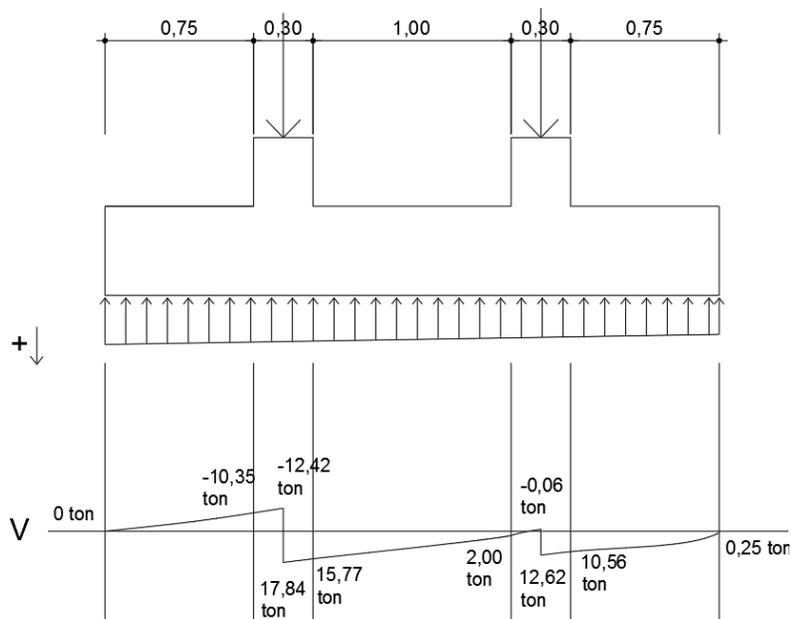
Para determinar el mayor esfuerzo cortante en la zapata se realizó el diagrama de corte, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla XLVIII. **Cálculo del esfuerzo cortante en la zapata**

Distancia		No.	Corte	
x =	0,00	V1 =	0,00	ton
x =	0,75	V2 =	-10,35	ton
x =	0,90	V3 =	-12,42	ton
x =	0,90	V4 =	17,84	ton
x =	1,05	V5 =	15,77	ton
x =	2,05	V6 =	2,00	ton
x =	2,20	V7 =	-0,06	ton
x =	2,20	V8 =	12,62	ton
x =	2,35	V9 =	10,56	ton
x =	3,10	V10 =	0,25	ton

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Figura 50. **Diagrama de corte**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

- Espesor de la zapata

$$t = 40,00 \text{ cm}$$

- Peralte efectivo

$$d = 0,32 \text{ m}$$

- Corte simple

$$\text{Distancia } x = 0.90 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{\text{act-sis}} = 17,84 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{\text{res-sim}} = 19,48 \text{ ton}$$

Con los resultados anteriores se demuestra que la condición sí cumple:  
el corte actuante es menor que el corte resistente.

- Corte punzante

$$d + \text{sección de columna} = 2,47 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{\text{act-pun}} = 36,86 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{\text{res-pun}} = 102,15 \text{ ton}$$

Como  $V_{\text{act-pun}} < V_{\text{res-pun}}$  la condición si cumple.

- Diseño del refuerzo

Momento último

$$M_u = 12\,563,28 \text{ kg-m}$$

- Área de acero mínima

$$A_{S_{\text{min}}} = 10,62 \text{ cm}^2$$

- Área de acero requerida

$$A_s = 10,90 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento utilizando hierro núm. 5

$$S = 18,22 \text{ cm}$$

Se colocará hierro núm. 5 @ 0,15 m.

- Área de acero por temperatura

$$A_{Stem} = 0,002 * b * t$$

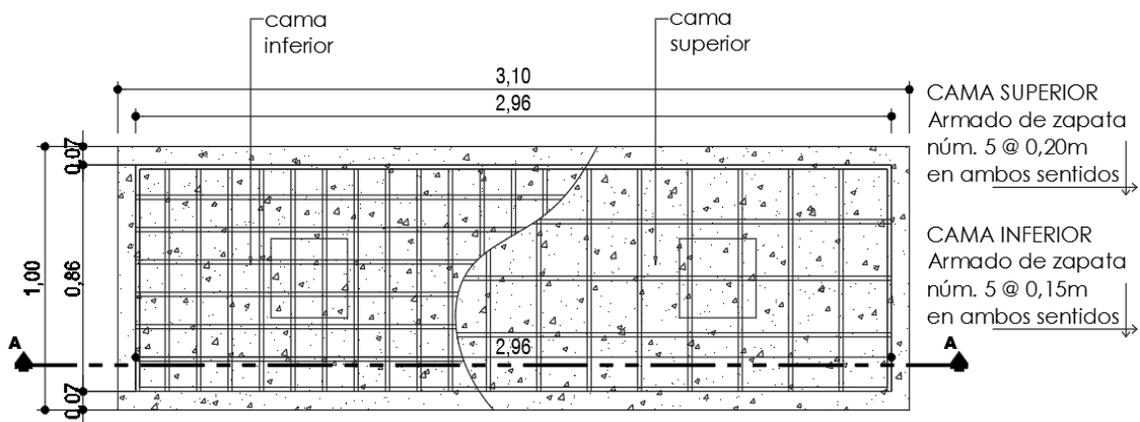
$$A_{Stem} = 8,00 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento utilizando hierro núm. 5

$$S = 24,75 \text{ cm}$$

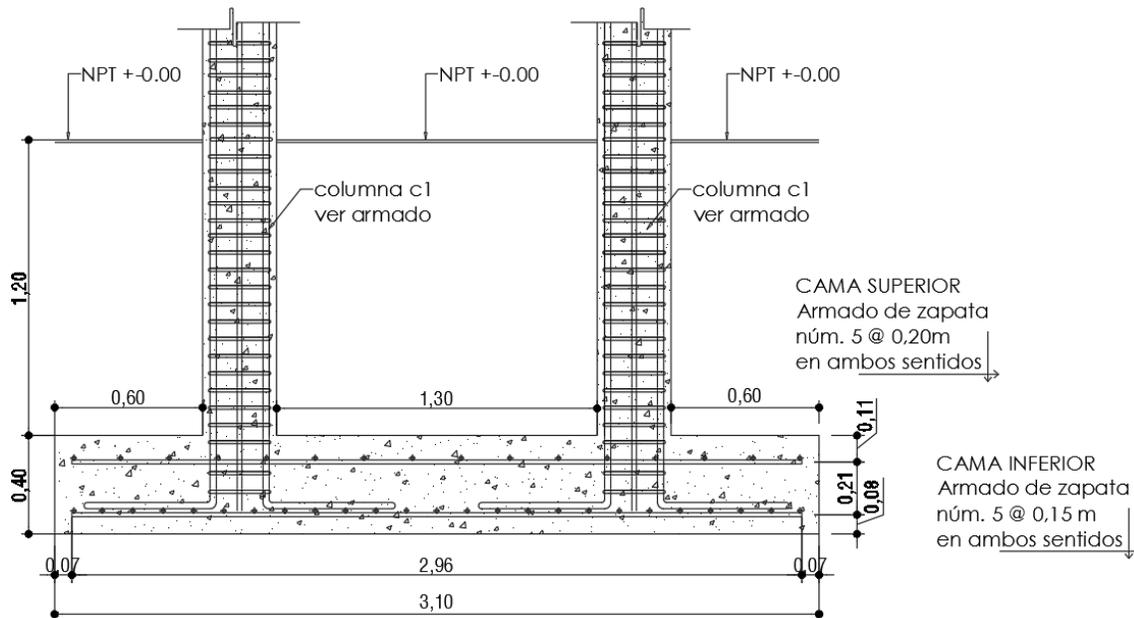
Se colocará hierro núm. 5 @ 0,20 m.

Figura 51. Armado final de la zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 52. Corte de zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2014.

## 2.2.7. Instalaciones

Las instalaciones para éste proyecto serán: agua potable, drenajes y electricidad; deben ser capaces de atender la demanda de acuerdo a la cantidad de personas que harán uso de la edificación.

### 2.2.7.1. Agua potable

La instalación hidráulica será por medio de un circuito cerrado diseñado por el método de Hunter, el cual consiste en asignar a cada aparato sanitario un número de unidades de gasto determinado experimentalmente, la red principal debe estar por lo menos a 0,30 metros por debajo del nivel de piso.

Tabla XLIX. **Unidades de gasto de Hunter**

Pieza	Unidades	Gasto
Inodoro	1	5 U.H.
Urinario	1	3 U.H.
Lavamanos	1	2 U.H.
Llave de chorro	1	5 U.H.

Fuente: RODRIGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias de edificios*. p. 90.

Con la tabla anterior se obtiene la demanda para los diferentes aparatos sanitarios dentro del edificio municipal.

3 sanitarios	5 U.H. = 15 U.H.
2 lavamanos	2 U.H. = 4 U.H.
1 urinario	3 U.H. = 3 U.H.
TOTAL	= 22 U.H. ≈ 30 U.H.

Tabla L. **Gastos probables Método de Hunter (L/s)**

Núm. de unidades Hunter	Tanque	Válvula
30	1,10	1,87
40	1,18	1,96
50	1,26	2,05
60	1,34	2,14
70	1,42	2,23
80	1,50	2,32
90	1,58	2,41
100	1,66	2,50

Fuente: RODRIGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias de edificios*. p. 90.

De la tabla L se obtiene el gasto probable para los aparatos sanitarios que es de 1,10 litros sobre segundo.

Aplicando el factor de corrección de 0,60  
 $DMP = 1,10 * 0,60 = 0,66 \text{ L/s} \approx 0,66 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .

Determinando el diámetro de la tubería a utilizar.

$$Q = A * V$$

$$A = Q / V$$

La velocidad promedio en la red comunitaria para el edificio es de 3 metros sobre segundo.

$$A = (0,66 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) / (3 \text{ m/s}) = 2,2 * 10^{-4} \text{ m}^2 \approx 0,34 \text{ pul}^2$$

Se utilizará tubería de 1/2" con área de 0,40 pul<sup>2</sup>.

### **2.2.7.2. Drenajes**

Las instalaciones de drenajes serán de tubería de PVC de 3" y 4" para aguas negras, y de 4" para aguas pluviales; las cuales desfogarán en el recolector local.

- Drenaje sanitario

Para la evacuación de aguas negras provenientes de los aparatos sanitarios se determinó los diámetros y pendientes necesarias para el traslado de éstas, la tubería para drenajes debe ser PVC.

Para el cálculo de la tubería de drenaje se deben definir las unidades de descarga, las cuales sirven para estimar la descarga de todos los aparatos sanitarios.

Según el uso las instalaciones sanitarias pueden clasificarse en:

Primera clase: de uso privado utilizado en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles, de uso para una familia o persona.

Segunda clase: de uso semipúblico utilizado en oficinas, fábricas, entre otros, donde el uso es solamente por las personas del edificio ocupado.

Tercera clase: de uso público, donde no existe limitante de número de personas a usarlo.

Tabla LI. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo		
	Clase			Clase		
	1ra.	2da.	3ra.	1ra.	2da.	3ra.
Inodoros	4	5	6	3"	3"	3"
Lavamanos	1	2	2	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Urinaros	2	2	2	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"

Fuente: RODRIGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias de edificios*. p. 98.

El edificio se tomó como de segunda clase y aplicando la tabla LI se obtiene la demanda para los diferentes aparatos sanitarios.

3 sanitarios	5 U.H. = 15 U.H.
2 lavamanos	2 U.H. = 4 U.H.
1 urinario	2 U.H. = 2 U.H.
<b>TOTAL</b>	<b>= 21 U.H. ≈ 30 U.H.</b>

Para determinar el diámetro de tubería a utilizar se compara con los valores recomendados por la cantidad de descarga y pendiente que tendrá la tubería.

Tabla LII. **Gastos probables Método de Hunter (L/s)**

Núm. de unidades de Hunter		Número máximo de unidades de descarga			
		Derivación horizontal S=0	Pendiente		
mm	pulg.		1/100	2/100	3/100
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280

Fuente: RODRIGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias de edificios*. p. 90.

Con los valores obtenidos y comparándolo con la tabla LII se propone utilizar tubería de 4 pulgadas, con una pendiente de 2 %, para drenajes sanitarios.

- Drenaje pluvial

El drenaje pluvial está diseñado para evacuar las aguas de las precipitaciones dividiendo las losas en 4 áreas de 20 m<sup>2</sup>, la intensidad de lluvia se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = C * I * A / 360$$

La ubicación del proyecto es entre las líneas de 200 y 240 mm/h (ver figura 52). Se utilizará para la estimación del cálculo del caudal medio de 220 mm/h.

Donde:

$Q_{dis}$  = caudal de diseño (pluvial)

I = Intensidad de lluvia

C = coeficiente de escorrentía = 0,90 para techos

A = área de techo = 40,00 m<sup>2</sup> = 0,004 hectáreas

$$Q_{dis} = 0,90 * 220 * 0,002 / 360$$

$$Q_{dis} = 1,10 \text{ L/s}$$

Se propone tubería PVC de 3" de diámetro para cada bajada de agua pluvial con una pendiente del 1 %, comprobando la capacidad de transporte de dicha tubería, de la siguiente forma:

Encontrando la velocidad del flujo a sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * s^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * 3^{2/3} * 0,01^{1/2}}{0,01} = 0,87 \text{ m/s}$$

Área de sección de la tubería:

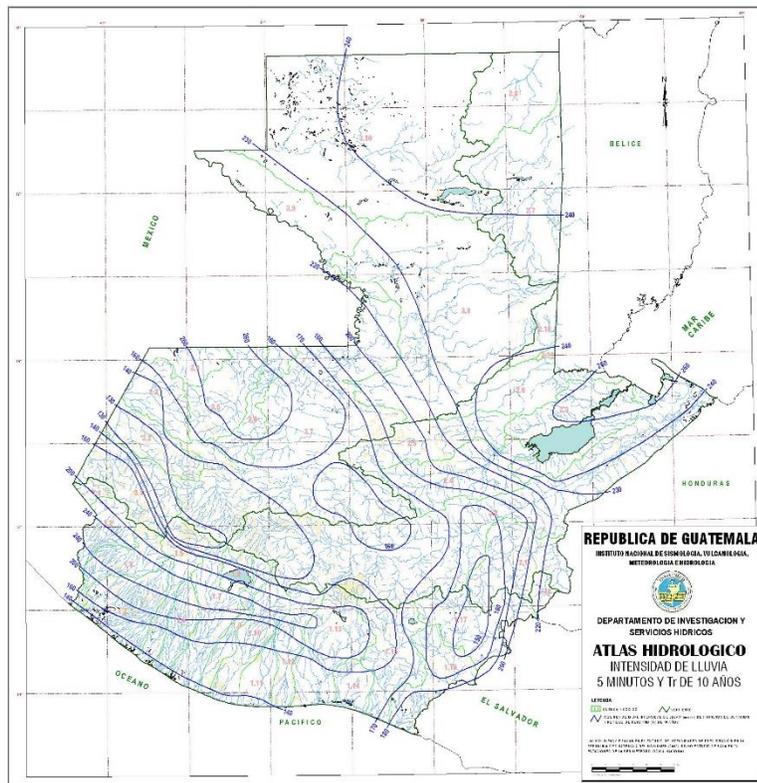
$$A = 5,067 * 10^{-4} * D^2 = 5,067 * 10^{-4} * 3^2 = 0,004560 \text{ m}^2$$

Caudal a sección llena:

$$Q = A * V = 0,004560 * 0,87 = 0,003967 \text{ m}^3/\text{s} = 3,97 \text{ L/s}$$

Como Q es mayor de  $Q_{\text{dis}}$  el diámetro de la tubería de 3" es correcto.

Figura 53. **Mapa intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y período de retorno de 10 años**



Fuente: INSIVUMEH. *Atlas Hidrológico*.

### 2.2.7.3. Electricidad

Se diseñaron 4 circuitos identificados de la A a D, distribuidos de la siguiente manera: 1 circuito (A) de iluminación en el primer nivel, 1 circuito (B)

de iluminación en el segundo nivel, 1 circuito (C) de fuerza en el primer nivel y 1 circuito (D) de fuerza en el segundo nivel. La acometida eléctrica a utilizar es de 120 V monofásica con conexión a tierra.

La instalación eléctrica tendrá un tablero de control de 12 flipones, la iluminación se basó en lámparas fluorescentes de 100 watts y tomacorrientes de 180 watts, el cableado será protegido con poliducto de ¾" empotrado según indica los planos.

Cálculo del amperaje:

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

Donde:

I = corriente (Amperios)

P = corriente (watts)

V = voltaje (Voltios)

Circuito de iluminación A: consta de 11 lámparas de 100 watts.

$$I = \frac{11 \cdot 100 \text{ w}}{120 \text{ v}} = 9,17 \text{ A}$$

El cable número 12 puede conducir una corriente de 25 amperios y el número cable número 10, 32 amperios. Por seguridad se aplica un 30 % de reducción para obtener el amperaje. El valor resultante se compara con el amperaje necesario para el circuito.

Amperaje cable número 10 = 32 \* 0,70 = 22,4 A

Amperaje cable número 12 = 25 \* 0,70 = 17,5 A

Tabla LIII. **Resumen de circuitos eléctricos**

<b>Circuito</b>	<b>Tipo de carga</b>	<b>Potencia unitaria (W)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Potencia Total (W)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Flip On</b>	<b>Calibre conductor</b>
A	Iluminación	100	11	1100	9.17	15	12
B	Iluminación	100	9	900	7.50	15	12
C	Fuerza	180	11	1980	16.50	25	10
D	Fuerza	180	12	2160	18.00	25	10

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### **2.2.8. Elaboración de planos**

Los planos elaborados para el edificio de aulas comprenden: planta amueblada, planta acotada, sección y elevación, planta de acabados, planta de electricidad, planta de drenajes, planta de instalaciones hidráulicas, planta de cimientos y distribución de columnas, planta de losas y vigas y detalles estructurales. Se pueden ver en los anexos.

### **2.2.9. Elaboración de presupuesto**

Es un documento que permite establecer prioridades y evaluar las consecuencias de los objetivos. Debe incluirse en la planificación de cualquier proyecto de ingeniería con los precios de materiales y mano de obra cotizados en la región.

Para la integración de los precios unitarios se aplicó 35 % por gastos indirectos.

Tabla LIV. **Presupuesto de la auxiliatura municipal para el caserío El Manantial**

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	SUB-TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y nivelación	86	M²	Q 50,15	Q 4 312,90
1,2	Trazo y replanteo	79	ML	Q 41,66	Q 3 291,14
1,3	Bodega	1	Global	Q 12 302,78	Q 12 302,78
2	ZANJEADO				
2,1	Excavación	45	M³	Q 52,48	Q 2 361,60
2,2	Retiro de material sobrante	11	M³	Q 112,44	Q 1 236,84
3	MUROS				
3,1	Levantado de muros de 0,15 x 0,19 x 0,39 m	437	M²	Q 233,29	Q 101 945,93
3,2	Solera de humedad	90	ML	Q 195,09	Q 17 558,50
3,3	Solera Intermedia	74	ML	Q 257,19	Q 19 032,23
4	COLUMNAS				
4,1	Columna C-1	119	ML	Q 1 016,30	Q 120 939,70
4,2	Columna C-2	9	ML	Q 560,70	Q 5 046,30
4,3	Columna C-3	93	U	Q 146,67	Q 13 640,31
5	ZAPATAS				
5,1	Zapata concéntrica	6	U	Q 2 651,23	Q 15 907,39
5,2	Zapata combinada	4	U	Q 3 727,35	Q 14 909,40
6	VIGA				
6,1	Viga V-1	130	ML	Q 839,01	Q 109 071,90
7	LOSAS				
7,1	Losa primer nivel	80	M²	Q 724,74	Q 57 979,32
7,2	Losa segundo nivel	80	M²	Q 663,82	Q 53 105,60
8	MODULO DE GRADAS				
8,1	Módulo de gradas	1	Global	Q 26 786,70	Q 26 786,70
9	VENTANAS (ANGULAR + VIDRIO)				
9,1	Ventana tipo V-1 (de hierro)	7,6	M²	Q 781,34	Q 5 938,18
9,2	Ventana tipo V-2 (de hierro)	1,2	M²	Q 755,88	Q 907,06
9,3	Ventana tipo V-3 (de hierro)	8	M²	Q 633,97	Q 5 071,76
9,4	Ventana tipo V-4 (de hierro)	17,1	M²	Q 689,21	Q 11 785,49
10	PUERTAS (METAL)				
10,1	Puerta tipo P-1 (2,10 X 1,50)	1	U	Q 2 850,00	Q 2 850,00
10,2	Puerta tipo P-2 (2,10 X 0,90)	2	U	Q 2 100,00	Q 4 200,00
10,3	Puerta tipo P-3 (1,80 X 0,75)	3	U	Q 1 700,00	Q 5 100,00
10,4	Puerta tipo P-4 (2,10 X 1,00)	3	U	Q 2 420,00	Q 7 260,00
11	INSTALACIONES				
11,1	Instalación eléctrica-iluminación	1	Global	Q 12 600,00	Q 12 600,00
11,2	Instalación eléctrica-fuerza	1	Global	Q 8 250,00	Q 8 250,00
11,3	Instalación hidráulica	1	Global	Q 2 895,00	Q 2 895,00
11,4	Instalación artefactos sanitarios	1	Global	Q 3 200,00	Q 3 200,00
11,5	Instalación drenaje aguas pluviales	1	Global	Q 1 800,00	Q 1 800,00
11,6	Instalación drenaje aguas negras	1	Global	Q 2 900,00	Q 2 900,00
12	ACABADOS				
12,1	Repello + cernido	155	m2	Q 87,61	Q 13 579,15
12,2	Banqueta perimetral (e = 0,08 m)	31	m2	Q 273,05	Q 8 464,50
12,3	Piso cerámico	162	m2	Q 274,35	Q 44 444,03
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 720 673,70</b>

El presente presupuesto asciende a:  
**SETECIENTOS VEINTE MIL SEISCIENTOS SETENTA Y TRES QUETZALES CON 70/100. (Q 720,673.70)**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

## 2.2.10. Evaluación de impacto ambiental inicial

La evaluación de impacto ambiental se llevó a cabo por medio de una boleta de riesgo que presenta el Ministerio de Ambiente, dicha boleta fue proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (DMP), del municipio de Tejutla.

Los resultados obtenidos durante la evaluación fueron de 168 puntos. En la boleta se especifica que para un valor arriba de 400 puntos se debe reformular el proyecto, y si muestra un valor arriba de los 1 000 puntos, se rechazará el proyecto por completo, ya que representa un gran riesgo para el ambiente.

Tabla LV. **Boleta de identificación y evaluación ambiental**

Identificación y evaluación de riesgo programas/ proyectos			N.A.	Expuestos al evento	Genera el evento	Amenaza				Vulnerabilidad				Riesgo	Total= A*V
Origen del evento	Factor	Tipo de evento				0	4	8	10	2	4	8	10		
						Nula	Mínima	Moderada	Severa	Baja	Media	Alta	Extremadamente alta		
NATURAL	Meteorológico	Huracanes, ciclones y tifones	X				X							0	
		Tornados (vientos fuertes)	X				X							0	
		Tormenta tropical		X				X						16	
		Onda térmica fría		X			X							8	
		Onda térmica cálida	X				X							0	
		Inundaciones	X					X						0	
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas		X				X						16	
	Otros. Especifique	X				X							0		
	Topográficos o geotécnicos	Derrumbes		X					X					32	
		Deslizamientos		X					X					32	
		Lahares	X				X							0	
		Flujos de lodo y agua		X				X						16	
		Otros	X				X							0	
	Tectónicos o geológicos	Terremotos (sismos)		X				X						16	
		Erupciones volcánicas	X					X						0	
		Maremotos (tsunamis)	X				X							0	
		Otros	X				X							0	





## CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado es una oportunidad para que el estudiante aporte a las comunidades del área rural los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias y de ésta forma complementar la teoría con la práctica en el campo de la ingeniería civil.
2. El sistema de agua potable se diseñó de acuerdo a los parámetros y normas que indica la guía Infom-Unepar por lo cual se asegura la unidad de criterios en torno a los parámetros cualitativos y cuantitativos que en el mismo intervinieron.
3. La tarifa propuesta para el proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable para ala aldea La Inmortal Libertad es Q 32,00 y Q 27,00 por vivienda al mes para el sector El Sur y Los Ramírez respectivamente, con este costo se cubren los gastos de operación y mantenimiento para que el sistema funcione correctamente.
4. Se diseñó un edificio para las autoridades locales del caserío El Manantial, el cual cuenta con un salón de reuniones, módulo de gradas y servicios sanitarios, así como tres oficinas para las distintos comités y asociaciones de vecinos organizados; se adoptó un sistema estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos y losas tradicionales de concreto reforzado para proporcionar sismo-resistencia al edificio según el código ACI 318 y las Normas AGIES, ya que se encuentra en una zona de constantes sismos.
5. La alcaldía Auxiliar para el caserío El Manantial proporcionará un ambiente apropiado a las autoridades locales para la discusión de los

asuntos comunitarios, beneficiando así a toda la población, ya que cuenta con un área de 160 m<sup>2</sup> y será de 2 plantas, con un valor de Q 720 673,70. Por otro lado el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea La Inmortal Libertad beneficiará directamente a 248 habitantes con un costo de Q 415 958,85; quedando en manos del COCODE local y las autoridades municipales gestionar el financiamiento de estos proyectos de desarrollo.

## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Tejutla, San Marcos y COCODES:

1. Actualizar los precios que se presentan en los presupuestos antes de la contratación de las obras, debido a que están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía, afectando el costo real de los proyectos al momento de cotizar.
2. Promover un programa de capacitación para la comisión de agua de la aldea La Inmortal Libertad, con respecto al uso, manejo y mantenimiento de los diferentes elementos del sistema de agua potable, con el fin de maximizar el tiempo de vida útil.
3. Instruir a los usuarios del proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Inmortal Libertad, en cuanto a la aplicación de buenos hábitos de higiene personal y evitar que contaminen el agua de la fuente y demás componentes del sistema.
4. Los materiales de construcción deberán ser sometidos a pruebas de laboratorio, para garantizar la calidad y condiciones óptimas de éstos. Por tanto, deberá considerarse la supervisión técnica de la obra por medio de profesionales de la ingeniería civil y cumplir con lo establecido en los planos.
5. Garantizar la supervisión técnica profesional a cargo de un ingeniero civil para cumplir con las especificaciones y requerimientos contenidos en los planos y la utilización de materiales de calidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria*  
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 35 p.
2. American Concrete Institute. Requisito de reglamento para el concreto  
estructural y comentario (ACI 318S-08). Comité ACI 318.  
California: ACI, 2004. 490 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas  
de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura  
para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
4. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de  
cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de  
Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 155 p.
5. GOMEZ GOMEZ, Robin Ariel. *Diseño del edificio municipal de dos  
niveles de Palín, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil  
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,  
2,015. 150 p.
6. THOMPSON LARIOS, Carol Magdali. *Diseño, supervisión y ejecución  
del proyecto de agua por gravedad a la comunidad de Xecoxom  
Santa María Nebaj, departamento del Quiché*. Trabajo de  
graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de  
San Carlos de Guatemala, 1996. 38 p.

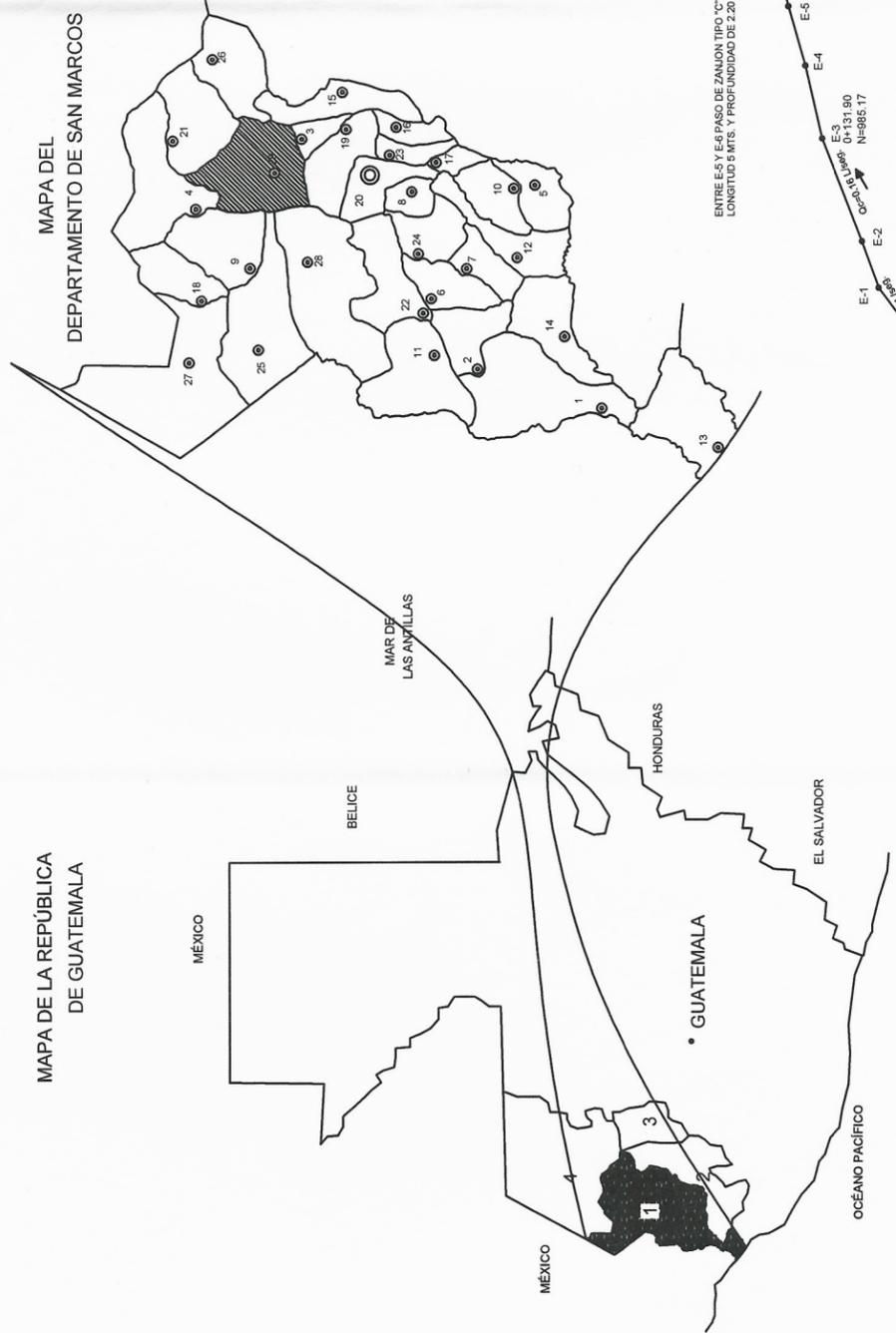


## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea La Inmortal Libertad**

1. Plano de localización y planta de conjunto sector Los Ramírez
2. Planta y perfil línea de conducción y distribución
3. Planta y perfil línea de distribución
4. Tanque de distribución de 10 m<sup>3</sup> de capacidad
5. Plano de localización y planta de conjunto sector El Sur
6. Planta y perfil línea de conducción y distribución
7. Tanque de distribución de 15 m<sup>3</sup> de capacidad
8. Detalles de captación
9. Detalles de clorador y válvulas
10. Detalles de caja rompe presión y conexiones domiciliarias

Fuente: elaboración propia.



1. SAN MARCOS
2. QUETZALTENANGO
3. TOTONICAPÁN
4. HUEHUETENANGO

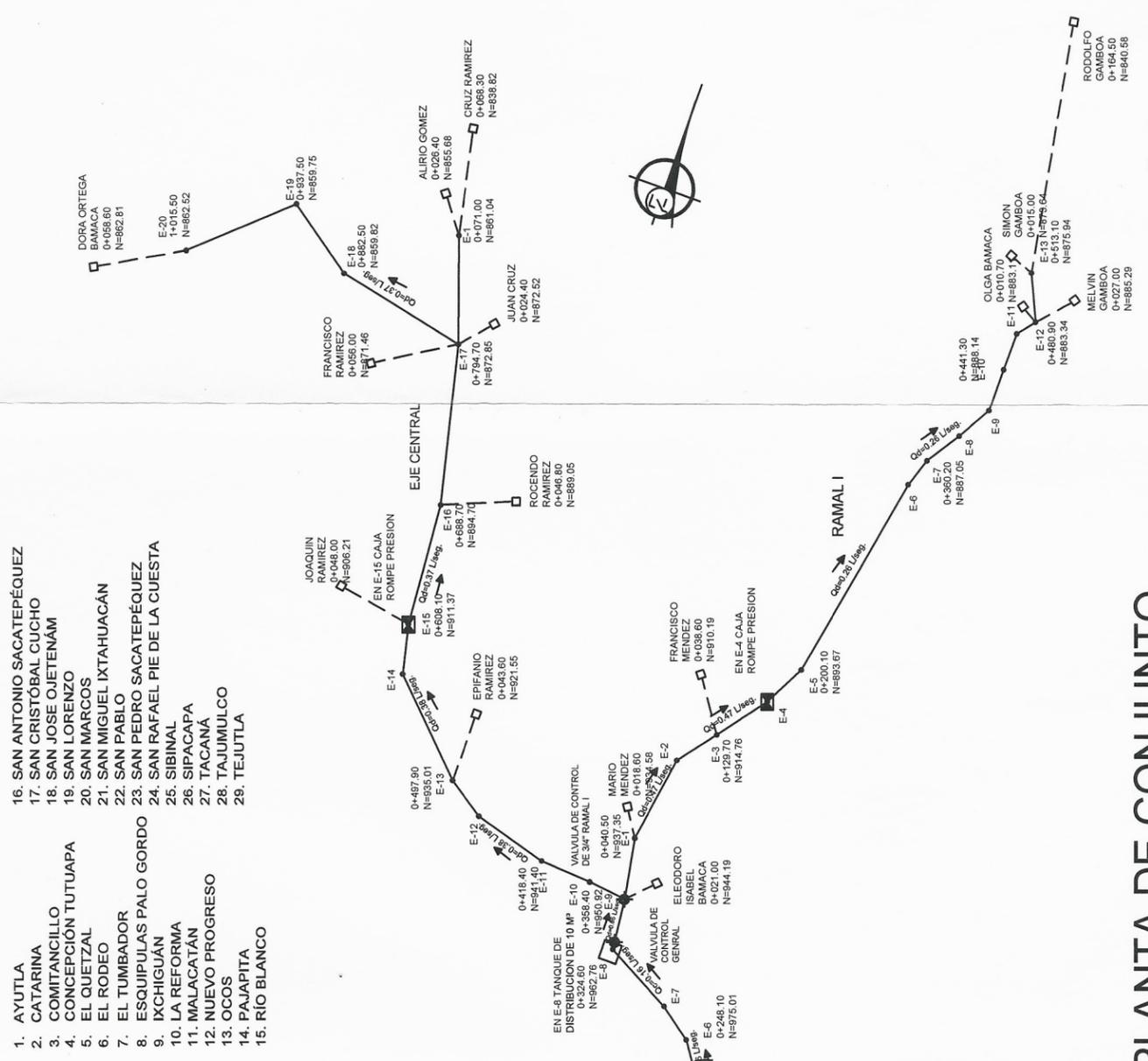
**LOCALIZACION DEL PROYECTO**

COORDENADAS GEOGRAFICAS DE TANQUE DE DISTRIBUCION  
 91° 52' 09.12" O  
 15° 07' 50.29" N



**UBICACION DEL PROYECTO**

1. AYUTLA
2. CATARINA
3. COMITANCILLO
4. CONCEPCION TUTUAPA
5. EL QUETZAL
6. EL RODEO
7. EL TUMBADOR
8. ESQUIPULAS PALO GORDO
9. IXCHIGUAN
10. LA REFORMA
11. MALACATÁN
12. NUEVO PROGRESO
13. OCOS
14. PAJAPITA
15. RÍO BLANCO
16. SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ
17. SAN CRISTÓBAL CUCHO
18. SAN JOSE CUJETENÁN
19. SAN LORENZO
20. SAN MARCOS
21. SAN MIGUEL IXTAHUACÁN
22. SAN PABLO
23. SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ
24. SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA
25. SIBINAL
26. SIPACAPA
27. TACANÁ
28. TAJUMULCO
29. TEJUTLA



**PLANTA DE CONJUNTO**

Escala: 1/2000

**BASES DE DISEÑO LOS RAMIREZ**

AFORO.	0.16	L/S
VIVIENDAS.	15	UNIDADES
DENSIDAD POBLACIONAL	8	HAB/VIV
POBLACION ACTUAL	120	HABITANTES
PERIODO DE DISEÑO.	20	AÑOS
TASA DE CRECIMIENTO	3.00	% ANUAL
POBLACION FUTURA	178	HABITANTES
DOTACION.	60	L/HAB/DIA
CAUDAL MEDIO DIARIO	0.12	L/S
FACTOR DIA MAXIMO.	1.20	L/S
CAUDAL DE CONDUCCION.	0.15	L/S
FACTOR HORA MAXIMA	1.80	L/S
CAUDAL POR VIVENDA.	0.22	L/S
VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	0.015	L <sup>3</sup> /VIV
	10	METROS CUBICOS

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD

PROYECTO: "CONSTRUCCION SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE" SECTOR: LOS RAMIREZ Y SU R. ALDEA LA INMORTAL, TEJUTLA, SAN MARCOS

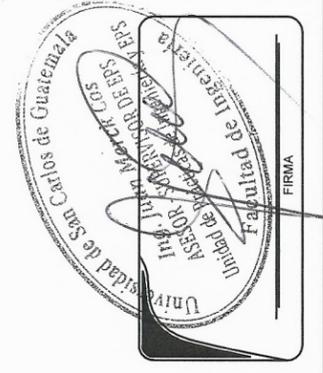
PLANO DE: UBICACION Y LOCALIZACION

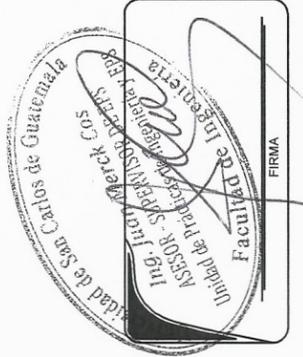
Diseño: ERICK BRAVO  
 Cálculo: ERICK BRAVO  
 Dibujo: ERICK BRAVO  
 Fecha: OCTUBRE 2014

Municipalidad de Tejutla, San Marcos

HOJA 01/10

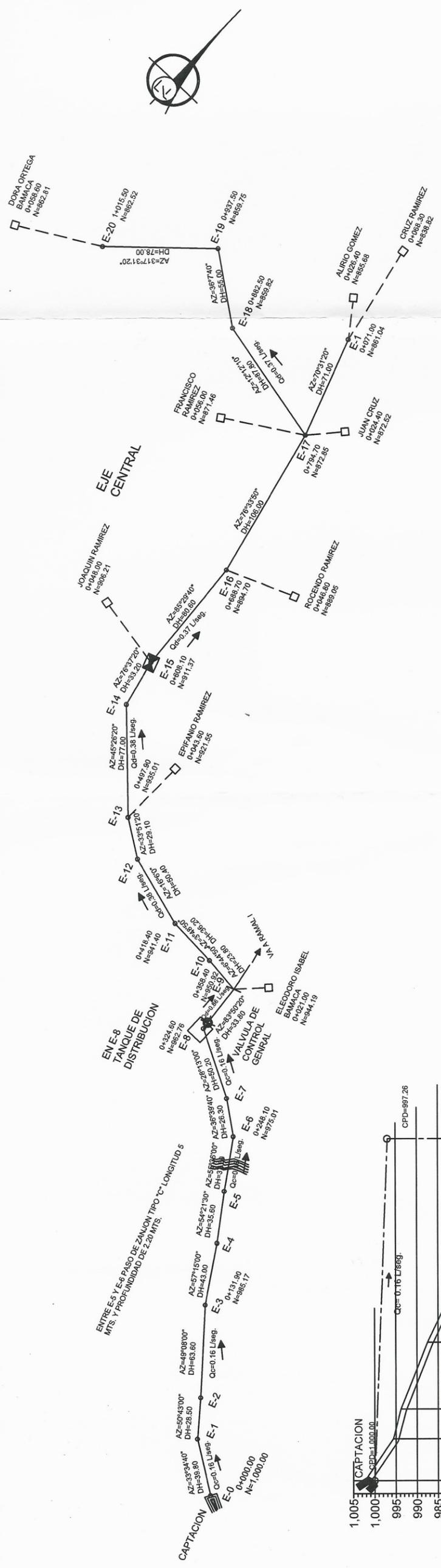
FASE I E A U



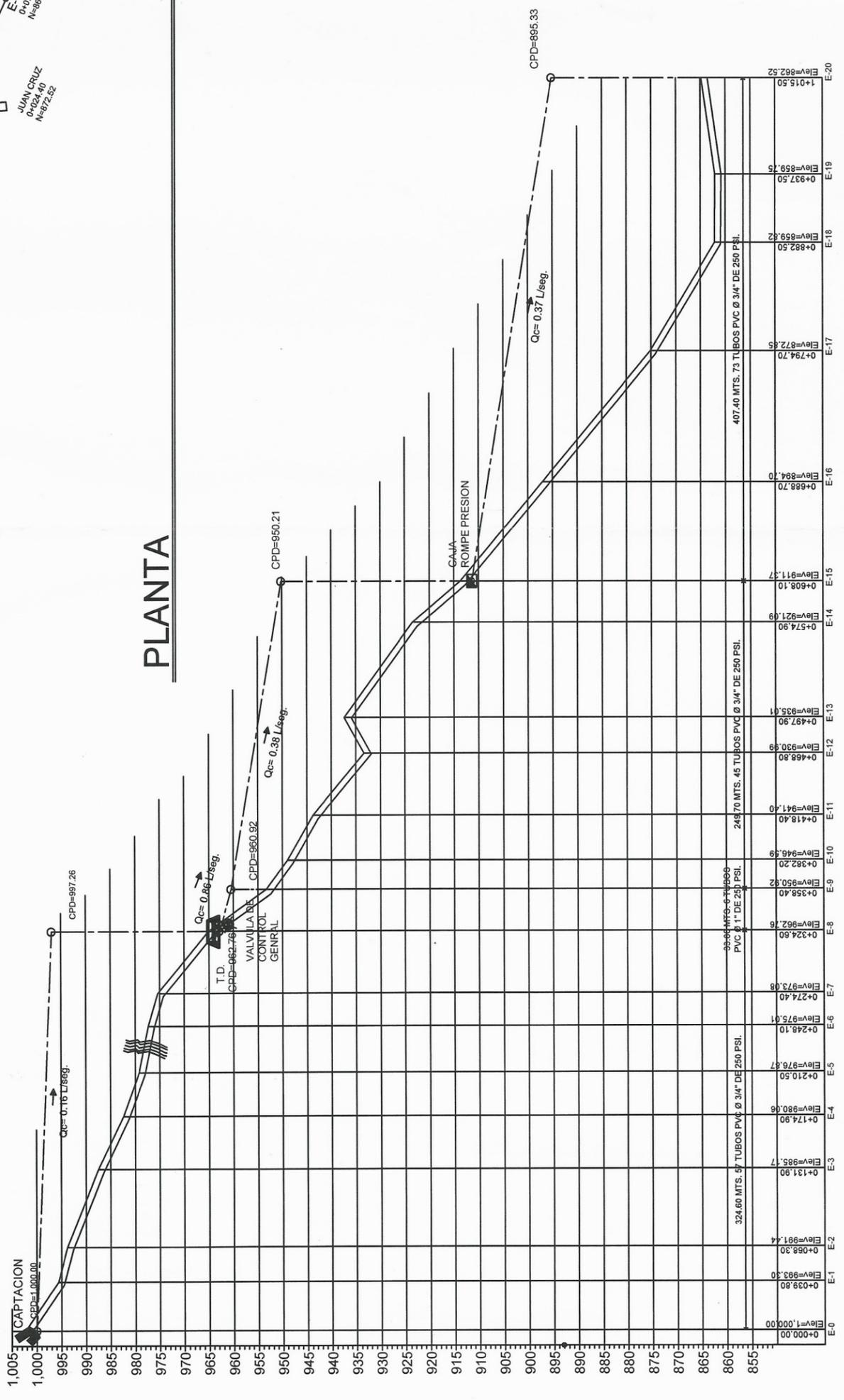


SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJA ROMPE-PRESION
	VALVULA DE CONTROL
	TANQUE DE DISTRIBUCION
	PASO AEREO Y DE ZANION EN PLANTA
	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

Escala. 1/1500



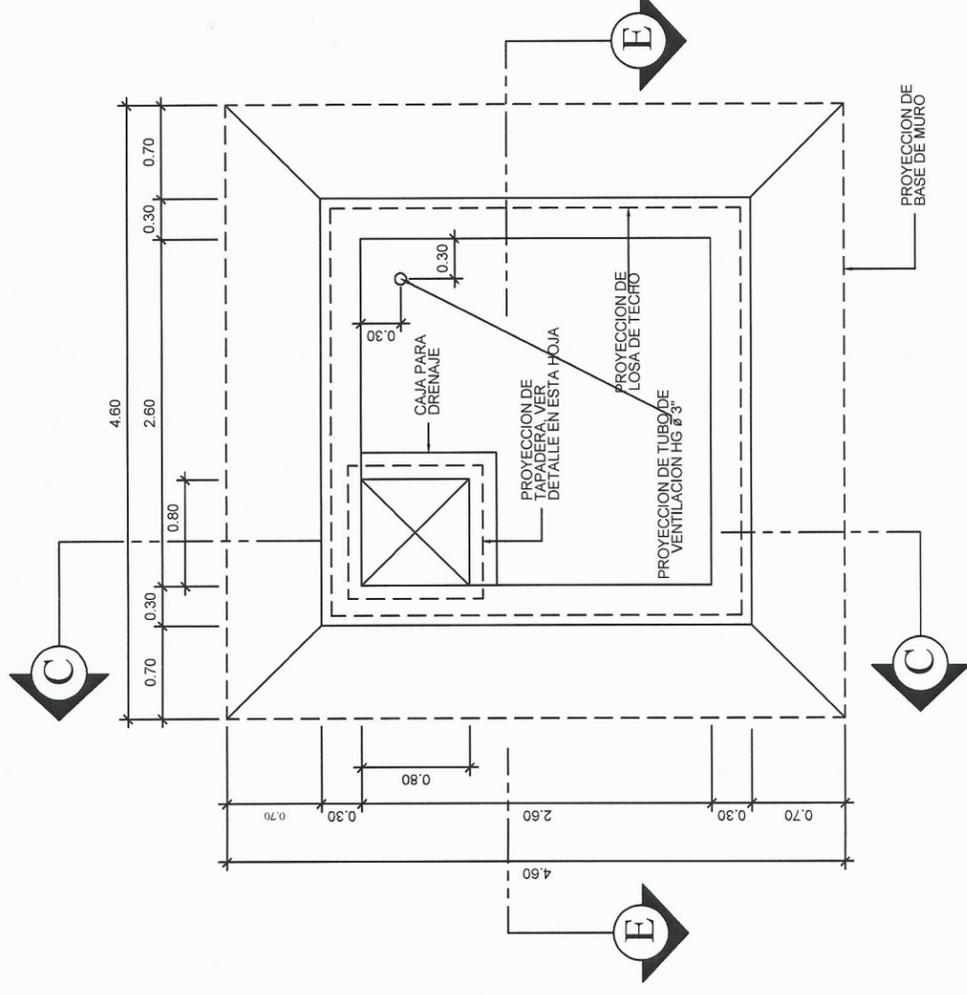
# PLANTA



# PERFIL

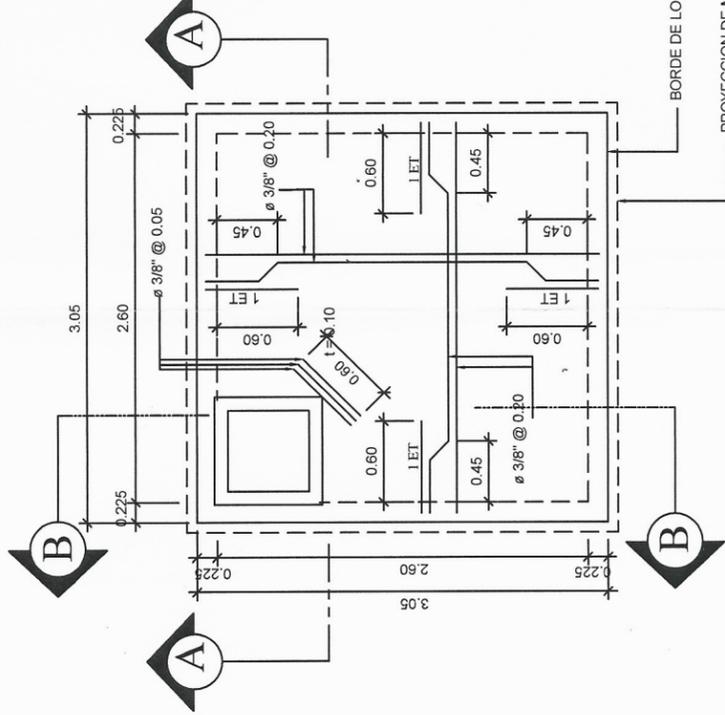
H=1/2000 V=1/500





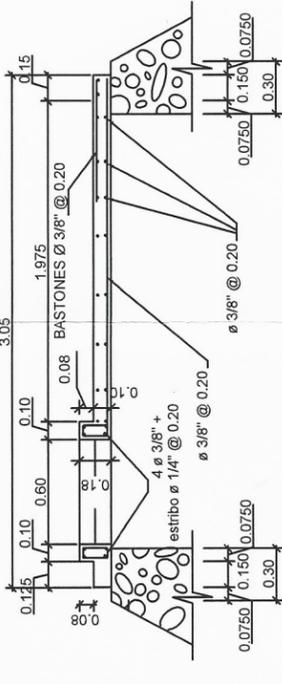
PLANTA DE TANQUE

ESCALA 1:25



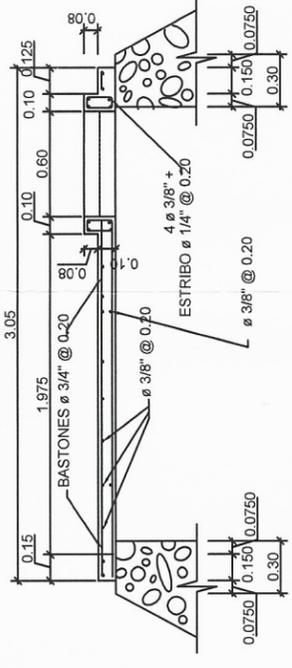
PLANTA LOSA DE TECHO

ESCALA 1:25



SECCION A-A

ESCALA 1:20



SECCION B-B

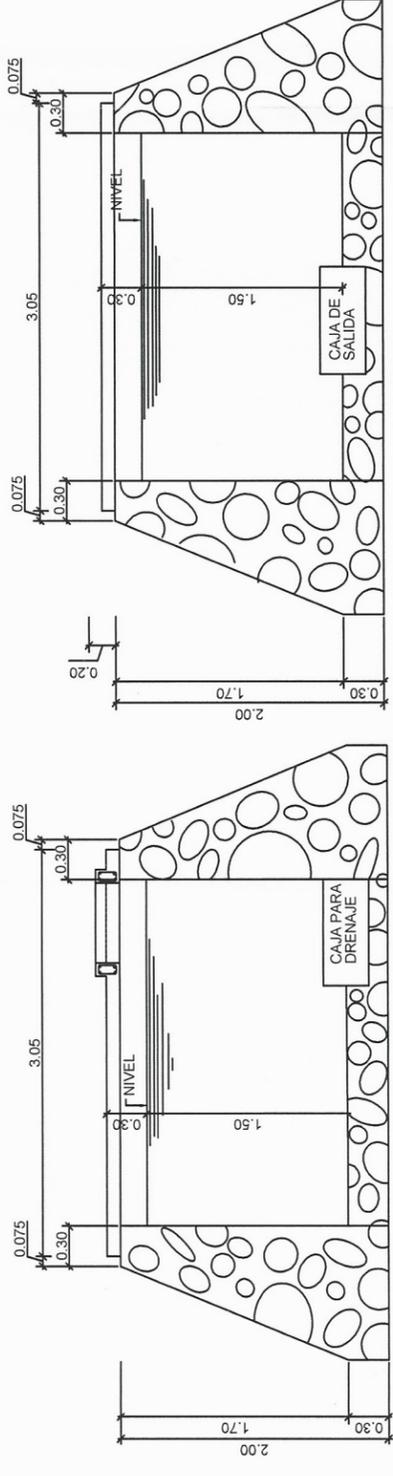
ESCALA 1:20

NOTAS GENERALES:

- MATERIALES:
- 1.- CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/Pig<sup>2</sup>) A LOS 28 DIAS
  - 2.- ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE fy = 2810 Kg/cm<sup>2</sup> (GRADO 40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615
  - 3.- VARIOS: LOS MUROS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA
  - 4.- TODAS LA DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
  - 5.- LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO
  - 6.- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.
  - 7.- LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS
  - 8.- LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UN CAPA DE SABIETA DE

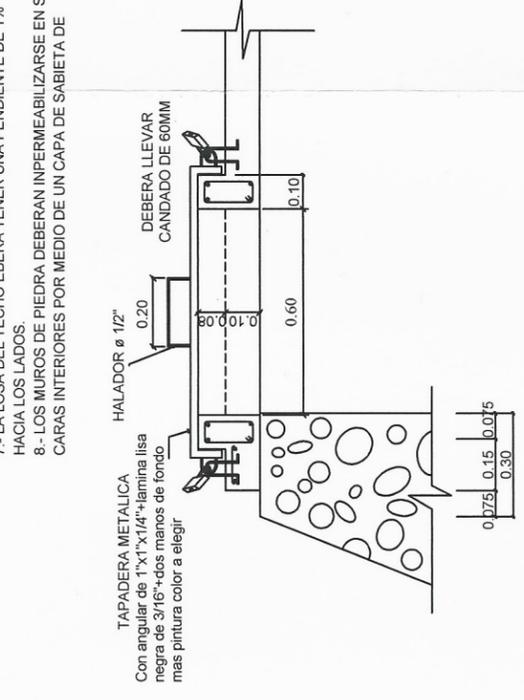
- 9.- LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.
- 10.- LOS MUROS DE TANQUE SERAN DE MAMPOSTERIA: 67% PIEDRA BOLA 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2
- 11.- EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.

CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.  
 9.- LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.  
 10.- LOS MUROS DE TANQUE SERAN DE MAMPOSTERIA:  
 67% PIEDRA BOLA  
 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2  
 11.- EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.



SECCION C-C

ESCALA 1:25



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:10

PROYECTO: "CONSTRUCCION SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE"

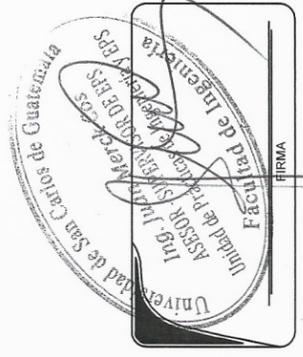
DIRECCION: SECTOR LOS RAMIREZ Y EL SUR, ALCA LA INMORTAL, TEJULA, SAN MARCOS

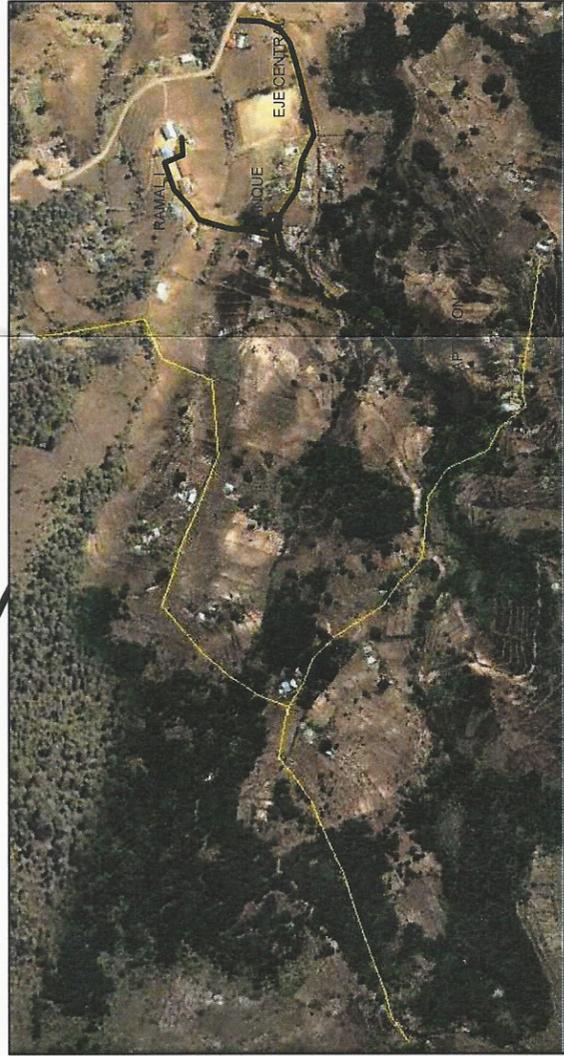
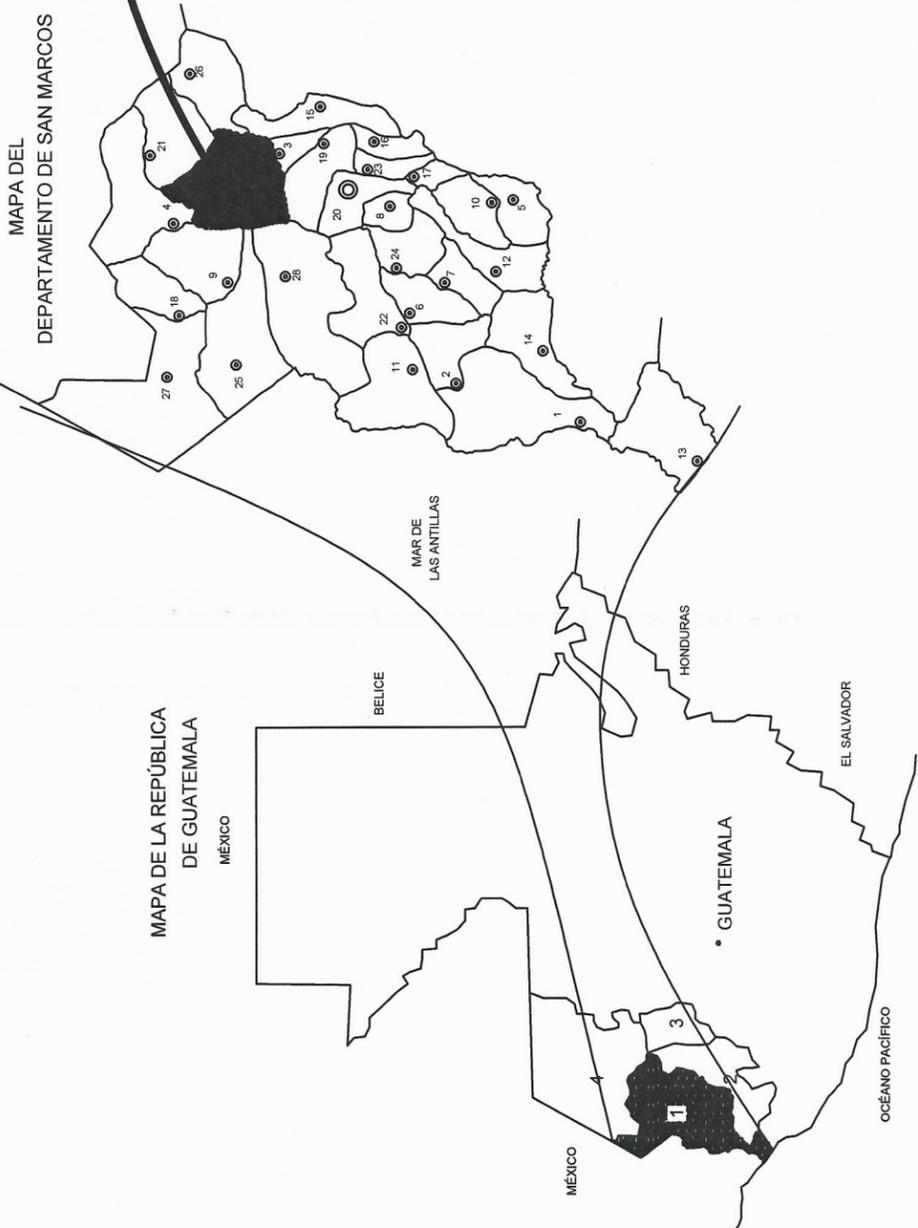
PLANO DE: TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE 10 M3 DE CAPACIDAD

Diseño: ERICK BRAVO  
 Calculo: ERICK BRAVO  
 Dibujo: ERICK BRAVO  
 Escala: INDICADA  
 Fecha: OCTUBRE 2.014

PROYECTOS  
 ASOR SURINTECCOS  
 Unidad de Ingeniería y Arquitectura  
 TIG - Ingenieros  
 ASOR SURINTECCOS  
 Unidad de Ingeniería y Arquitectura  
 TIG - Ingenieros

04/10  
 FASE

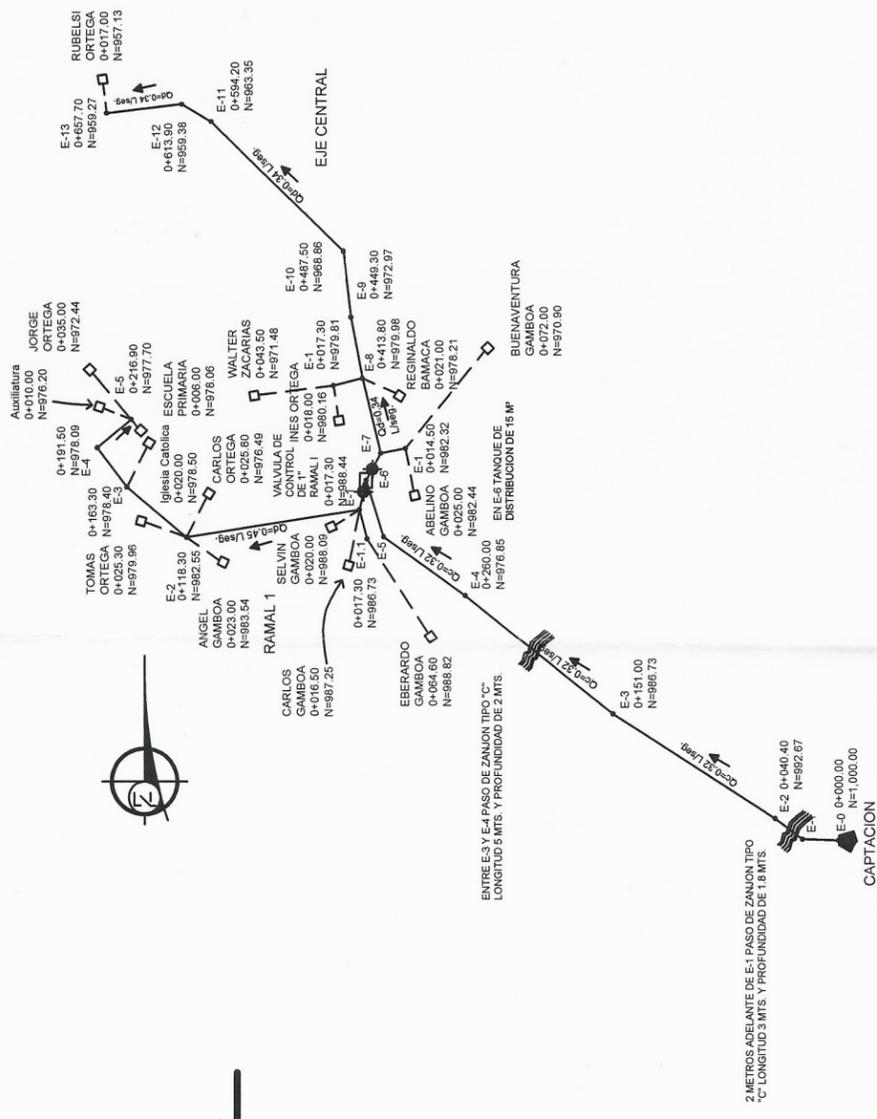




COORDENADAS GEOGRAFICAS DE TANQUE DE DISTRIBUCION  
 15° 08' 06.81" N  
 91° 51' 51.81" O

COORDENADAS GEOGRAFICAS DE FUENTE DE AGUA  
 15° 07' 56.82" N  
 91° 51' 56.81" O

## UBICACION DEL PROYECTO



## LOCALIZACION DEL PROYECTO

1. AYUTLA
2. CATARINA
3. COMITANCILLO
4. CONCEPCION TUTUAPA
5. EL QUETZAL
6. EL RODEO
7. EL TUMBADOR
8. ESQUIPULAS PALO GORDO
9. IXCHIGUÁN
10. LA REFORMA
11. MALACATÁN
12. NUEVO PROGRESO
13. OCOS
14. PAJAPITA
15. RÍO BLANCO
16. SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ
17. SAN CRISTÓBAL CUCHO
18. SAN JOSE OJETENAMÍ
19. SAN LORENZO
20. SAN MARCOS
21. SAN MIGUEL IXTAHUACÁN
22. SAN PABLO
23. SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ
24. SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA
25. SIBINAL
26. SIPACAPA
27. TACANÁ
28. TAJUMULCO
29. TEJUTLA

PROYECTO: "CONSTRUCCION SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE" DE TEJUTLA, SAN MARCOS

DIRECCION: SECTOR LOS RAMIREZ Y EL SUR, ALDEA LA INMORTAL

PLANO DE: UBICACION Y LOCALIZACION

Fecha: OCTUBRE 2014

Escala: INDICADA

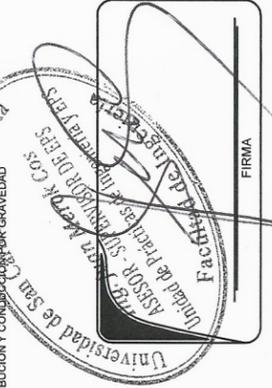
Diseño: ERICK BRAVO

Cálculo: ERICK BRAVO

Check: ERICK BRAVO

### BASES DE DISEÑO EL SUR

AFORO:	0.32	L/S
VIVIENDAS:	16	UNIDADES
DENSIDAD POBLACIONAL	8	HAB/VIV
POBLACION ACTUAL	128	HABITANTES
PERIODO DE DISEÑO:	20	AÑOS
TASA DE CRECIMIENTO	3.00	% ANUAL
POBLACION FUTURA:	232	HABITANTES
DOTACION:	90	L/HAB/DIA
CAUDAL MEDIO DIARIO	0.24	L/S
FACTOR DIA MAXIMO:	1.20	L/S
CAUDAL DE CONDUCCION:	0.29	L/S
FACTOR HORA MAXIMA	1.80	L/S
CAUDAL POR VIVIENDA:	0.44	L/S
VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	0.027	L/S/VIV
SISTEMA DE DISTRIBUCION Y CONDUCCION POR GRAVEDAD		
MÉTODOS CUBICOS		



## PLANTA DE CONJUNTO

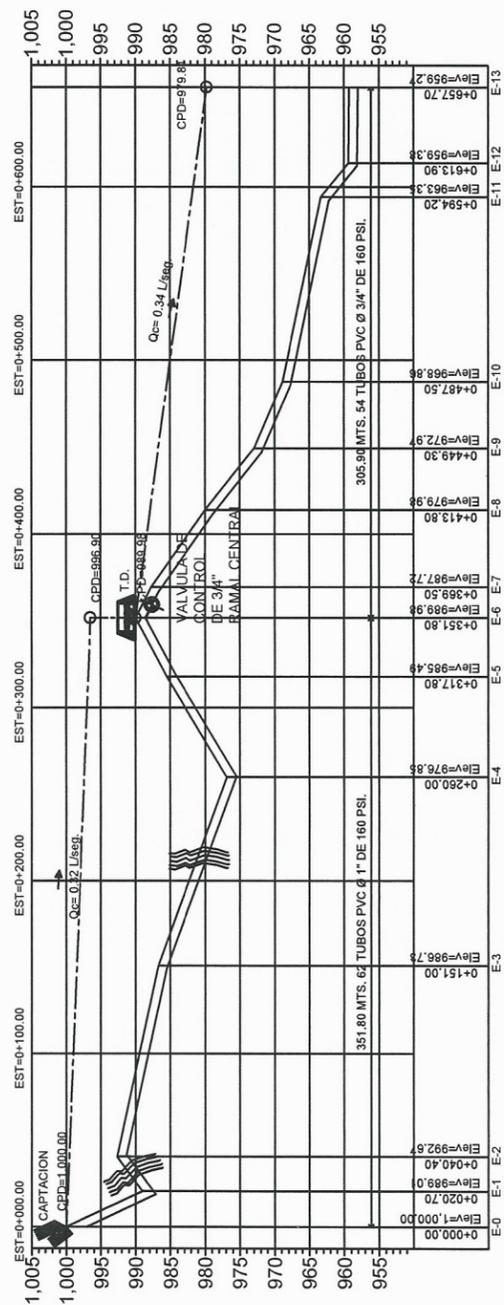
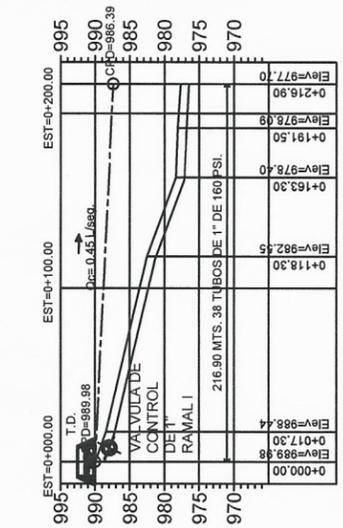
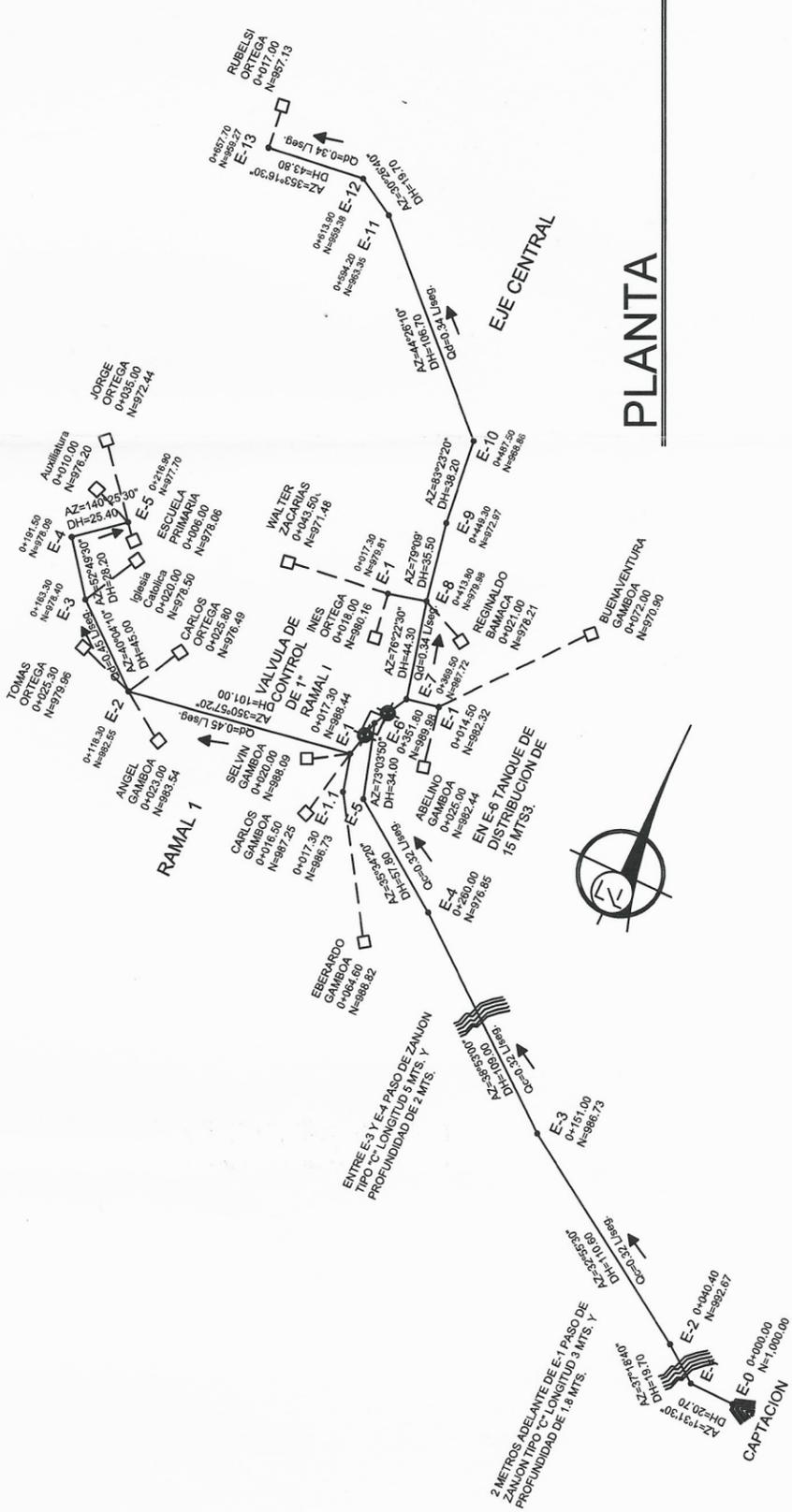
Escala: 1/2000

FIRMA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJA ROMPE-PRESION
	VALVULA DE CONTROL
	TANQUE DE DISTRIBUCION
	PASO AEREO Y DE ZANJON EN PLANTA
	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

Escala. 1/1500

# PLANTA

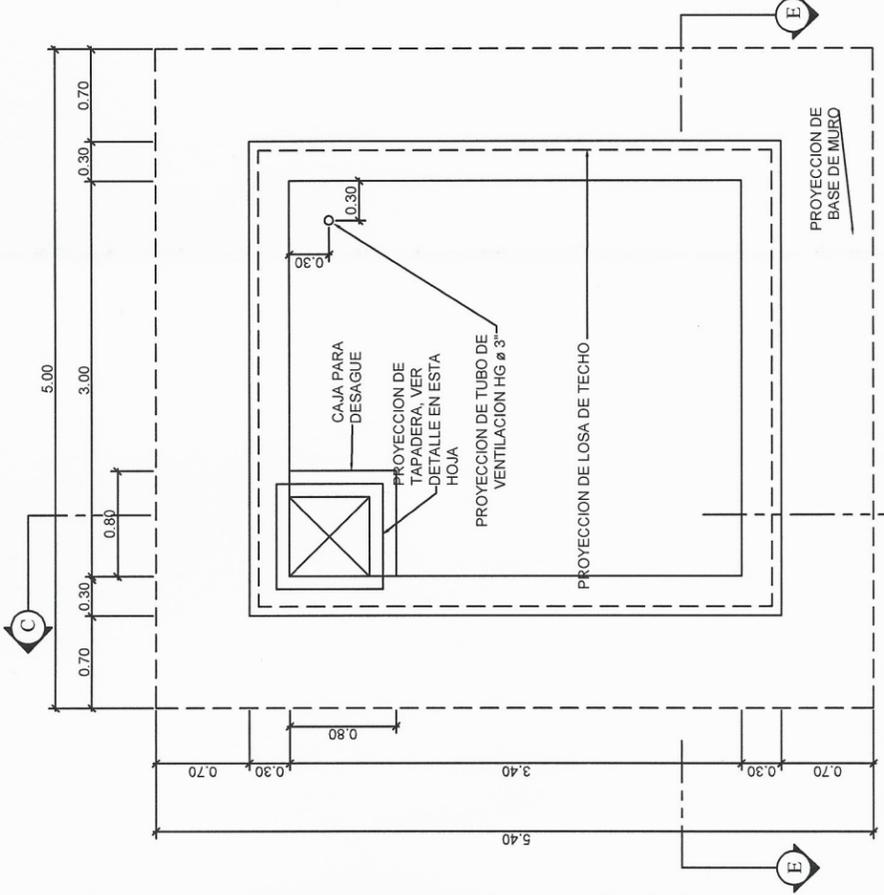


# PERFIL

H=1/2000 V=1/500

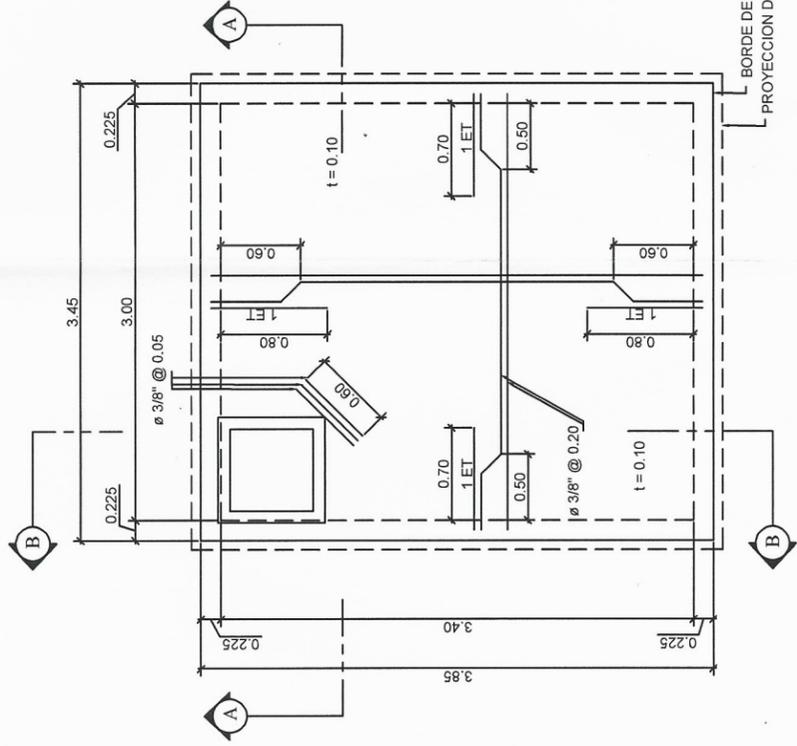
**PROYECTO:** "CONSTRUCCION SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE"  
**DIRECCION:** SECTOR LOS RAMIREZ Y EL SUR, ALDEA LA INMORTAL, TEJUTLA, SAN MARCOS  
**PLANO DE:** PLANTA-PERFIL LINEA DE DISTRIBUCION  
**INDICADA:** ERICK BRAVO  
**FECHA:** OCTUBRE 2.014  
**FASE:** I E A U

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y  
 ASISTENTE SUPERVISOR DE ERS  
 Inq. Juan Marco Cas  
 FIRMA



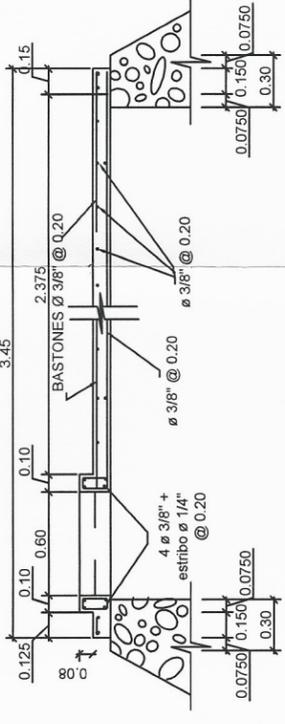
PLANTA DE TANQUE

ESCALA 1:25



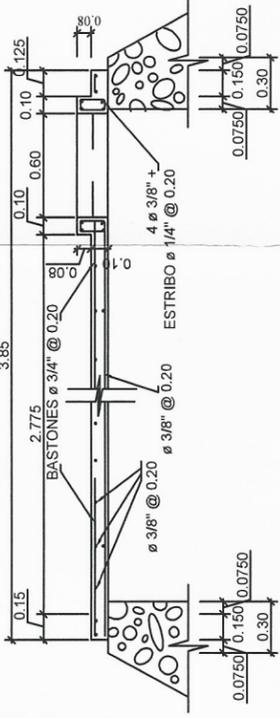
PLANTA DE LOSA DE TECHO

ESCALA 1:25



SECCION A-A

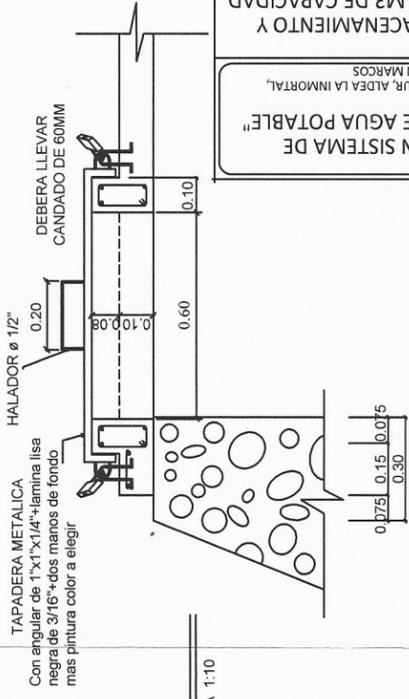
ESCALA 1:20



SECCION B-B

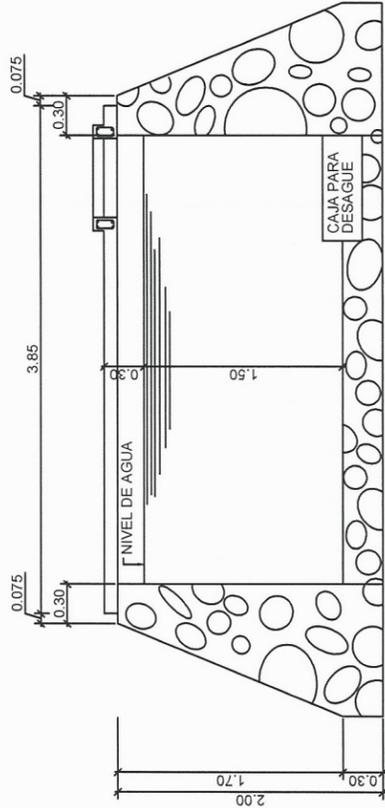
ESCALA 1:20

BORDE DE LOSA DE TECHO  
PROYECCION DE MURO



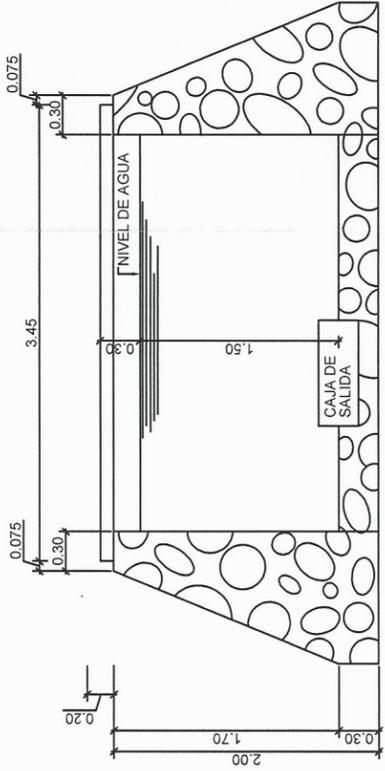
DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:10



SECCION C-C

ESCALA 1:25



SECCION E-E

ESCALA 1:25

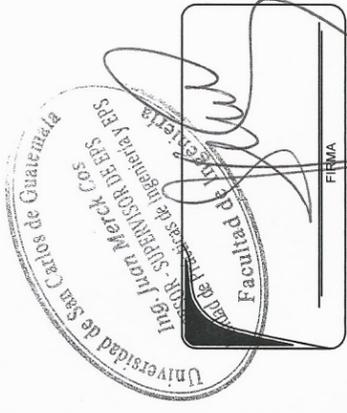
PROYECTO: "CONSTRUCCION SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE"  
DIRECCION: SECTOR LOS RAMIREZ Y EL SUR, ALDEA LA INMORTAL, TEJUTLA, SAN MARCOS  
PLANO DE: TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE 15 M3 DE CAPACIDAD

Diseño: ERICK BRAVO  
Calculo: ERICK BRAVO  
Dibujo: ERICK BRAVO  
Escala: INDICADA

Fecha: OCTUBRE 2014



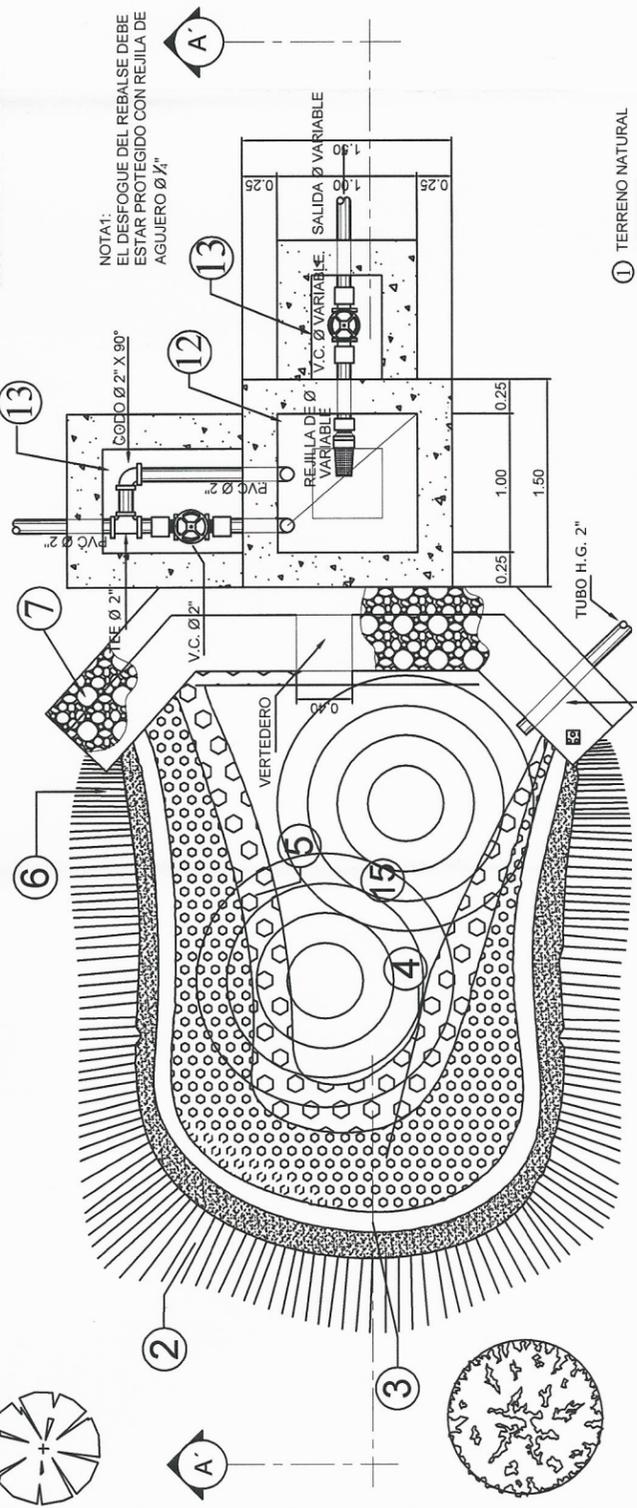
07/10  
F A S E



NOTAS GENERALES:

- MATERIALES:  
 1° CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/Pig<sup>2</sup>) A LOS 28 DIAS  
 2° ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE fy = 2810 Kg/cm<sup>2</sup> (GRADO 40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615  
 3° VARIOS:  
 LOS MUROS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.  
 4° TODAS LA DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.  
 5° LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.  
 6° EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.  
 7° LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.  
 8° LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UN CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.  
 9° LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.  
 10° LOS MUROS DE TANQUE SERAN DE MAMPOSTERIA:  
 67% PIEDRA BOLA  
 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2  
 11° EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.

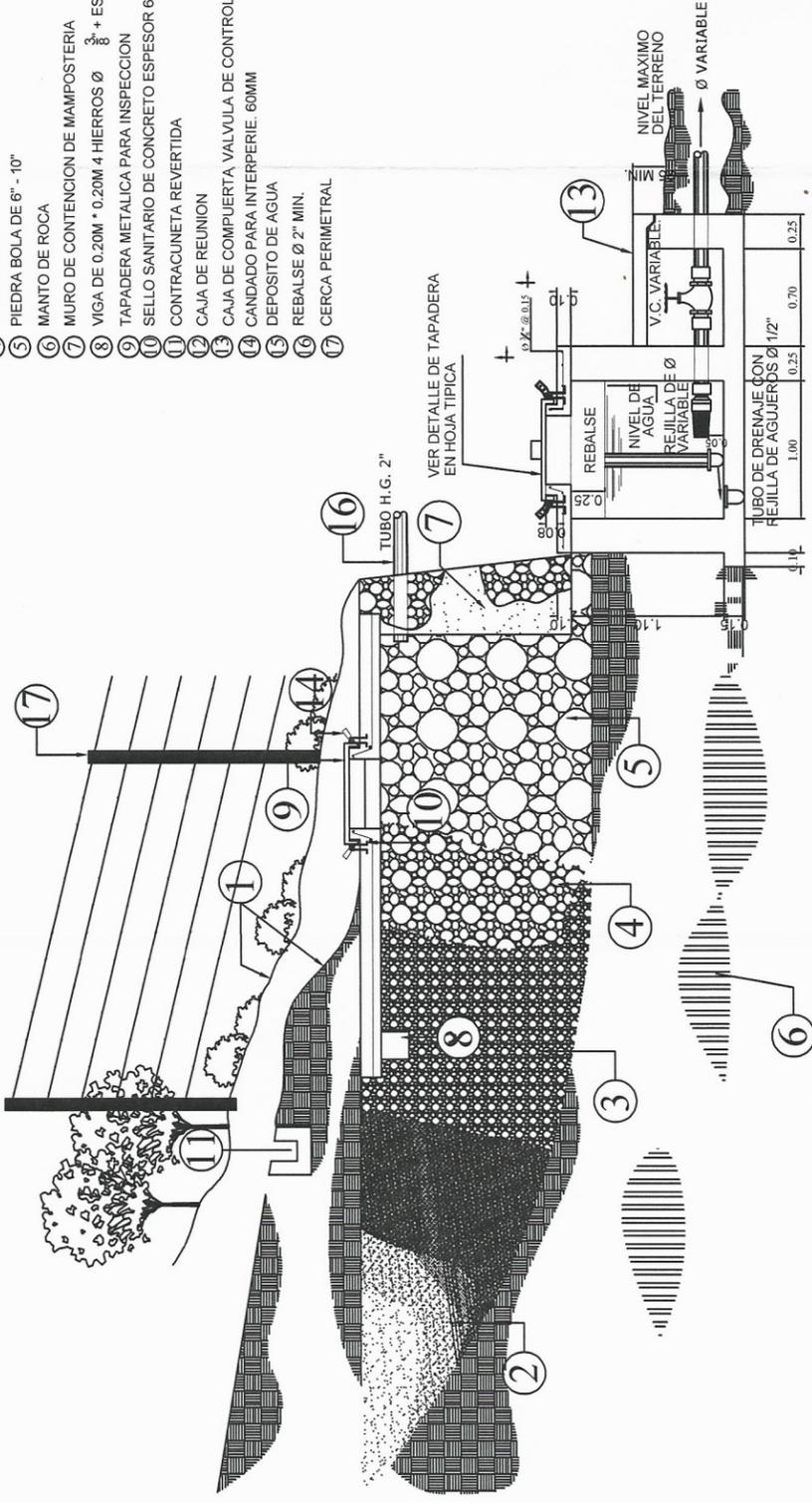
NOTA 3:  
PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE LAS  
CAJAS DE VALVULAS VER PLANO TÍPICO  
SEGUN DIAMETRO DE DRENAJE.



PLANTA DE CAPTACION.

ESCALA 1/25

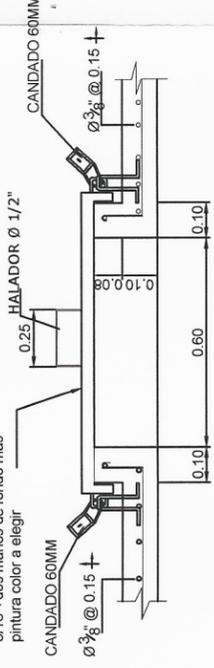
- 1 TERRENO NATURAL
- 2 ACUIFERO
- 3 GRAVA DE 1/2"
- 4 GRAVA DE 3"
- 5 PIEDRA BOLA DE 6" - 10"
- 6 MANTO DE ROCA
- 7 MURO DE CONTENCIÓN DE MAMPOSTERIA
- 8 VIGA DE 0.20M \* 0.20M 4 HIERROS Ø 3/8" + EST. Ø 1/4" @ 0.20
- 9 TAPADERA METALICA PARA INSPECCION
- 10 SELLO SANITARIO DE CONCRETO ESPESOR 6 cm.
- 11 CONTRACUNETA REVERTIDA
- 12 CAJA DE REUNION
- 13 CAJA DE COMPUERTA VALVULA DE CONTROL No. 1.
- 14 CANDADO PARA INTERPERIE. 60MM
- 15 DEPOSITO DE AGUA
- 16 REBALSE Ø 2" MIN.
- 17 CERCA PERIMETRAL



SECCION A-A'

ESCALA 1/25

TAPADERA METALICA  
Con angular de  
1" X 1/4" lamina lisa negra de  
3/16" + dos manros de fondo mas  
pintura color a elegir



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1/10

NOTAS GENERALES

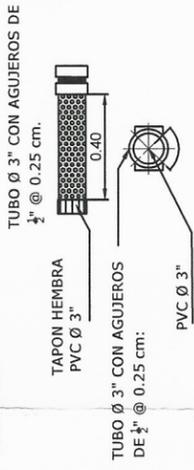
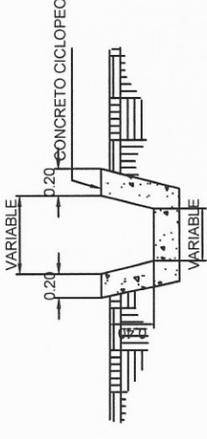
- 1.- LA EXCAVACION DEBE HACERSE HASTA ENCONTRAR EL ESTRATO IMPERMEABLE.
- 2.- DEBE CAPTARSE LA TOTALIDAD DEL AGUA DE ACUIFERO DEJANDO PREVISTO REBALSE.
- 3.- HACER UNA ZANJA DE DRENAJE INTERCEPTOR PARA PROTEGER Y EVITAR INFILTRACIONES DEL AGUA SUPERFICIAL. ESTA ZANJA ESTARA A UN MINIMO DE 7mts. DE LA CAPTACION.

NOTA:

- LA TUBERIA QUE CONDUCE EL AGUA DE LA GALERIA A LA CAJA DE CAPTACION DEBE DISEÑARSE PARA EL CAUDAL MAXIMO QUE PRODUCE LA FUENTE
- EL REBALSE DE Ø 4" DEBE SER INSTALADO A UN MINIMO DE 5cm. ABAJO DE LA COTA MAS BAJA DEL MANTO PARA EVITAR RECARGAS EN EL MISMO.
- LA CONSTRUCCION DE LA VIGA VER CORTE A-A' QUEDARA A CRITERIO DEL CONSTRUCTOR CUANDO SE CONSIDERE NECESARIO.

DETALLE DE CUNETETA

ESCALA 1/10

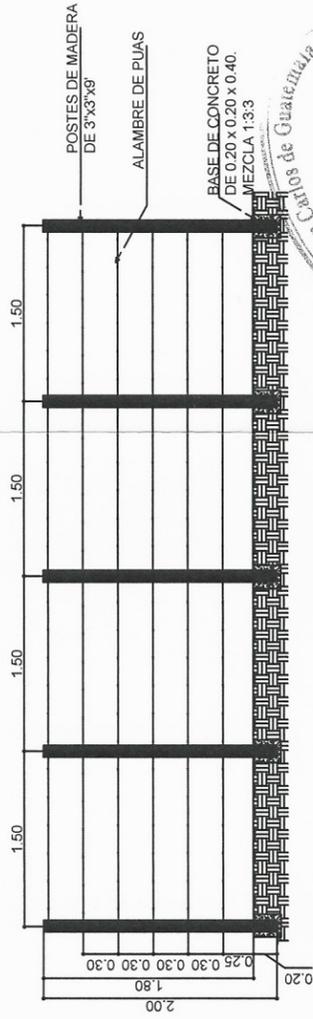


DETALLE DE TUBO PVC PERFORADO

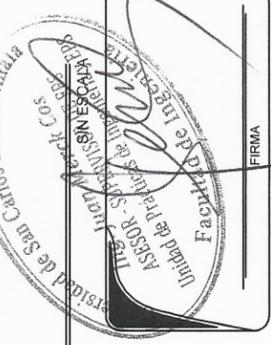
ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES

- MAMPOSTERIA DE PIEDRA: PIEDRA BOLA 67% MORTERO 33% EL MORTERO A UTILIZAR SABIETA PROPORCION DE MEZCLA-CEMENTO-ARENA (1:2) CONCRETO: F = 210 Kg/cm<sup>2</sup> 3000 Lbs/pulg<sup>2</sup> PROPORCION SEGUN DISEÑO DE MEZCLA
- MUROS: LOS MUROS DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA DEBEN IMPERMEABILIZARSE POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE PROPORCION CEMENTO-ARENA (1:2) DEBIDAMENTE ALIZADA.
- LOSAS: LA LOSA DE CONCRETO DEBE DARSELE UN DESNIVEL DE 1% HACIA LOS LADOS Y LA SUPERFICIE DEBE QUEDAR CERNIDA CON CEMENTO-ARENA EN PROPORCION (1:2).
- REFUERZO: Fy = 2810 Kg/cm<sup>2</sup>



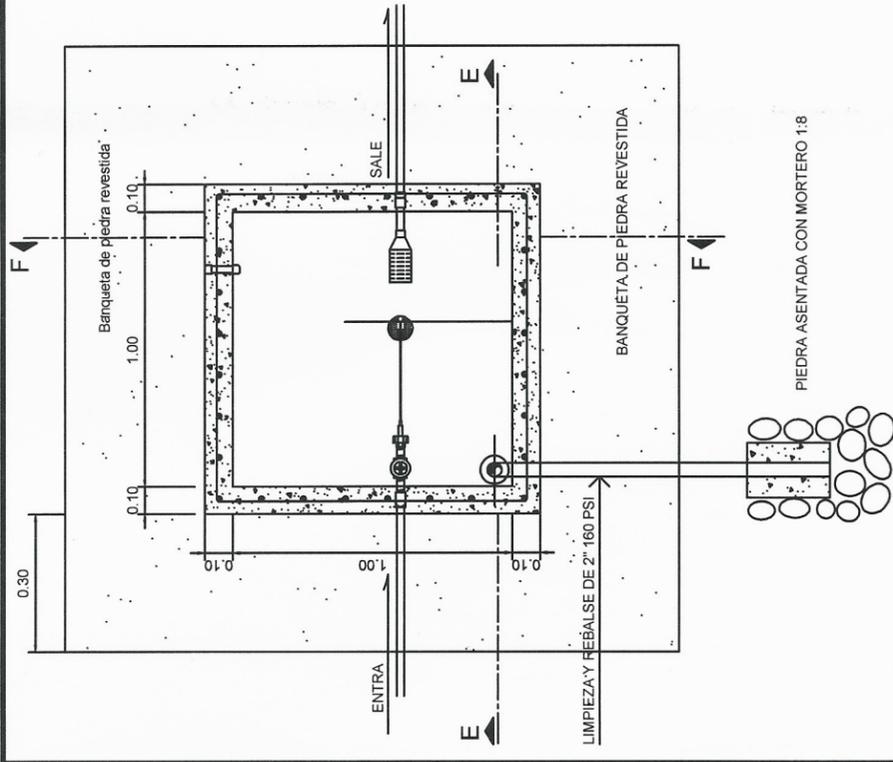
DETALLE INSTALACION POSTES DE MADERA + ALAMBRE ESPIGADO



PROYECTO:	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
DIRECCION:	SECTOR LOS RAMIREZ Y EL SUR, ALDEA LA INMORTAL, TEGUCIGALPA, SAN MARCOS
PLANO DE:	PLANTA DE CAPTACION
Diseño:	ERICK BRAVO
Calculo:	ERICK BRAVO
Dibujo:	ERICK BRAVO
Escala:	INDICADA
Fecha:	OCTUBRE 2, 014

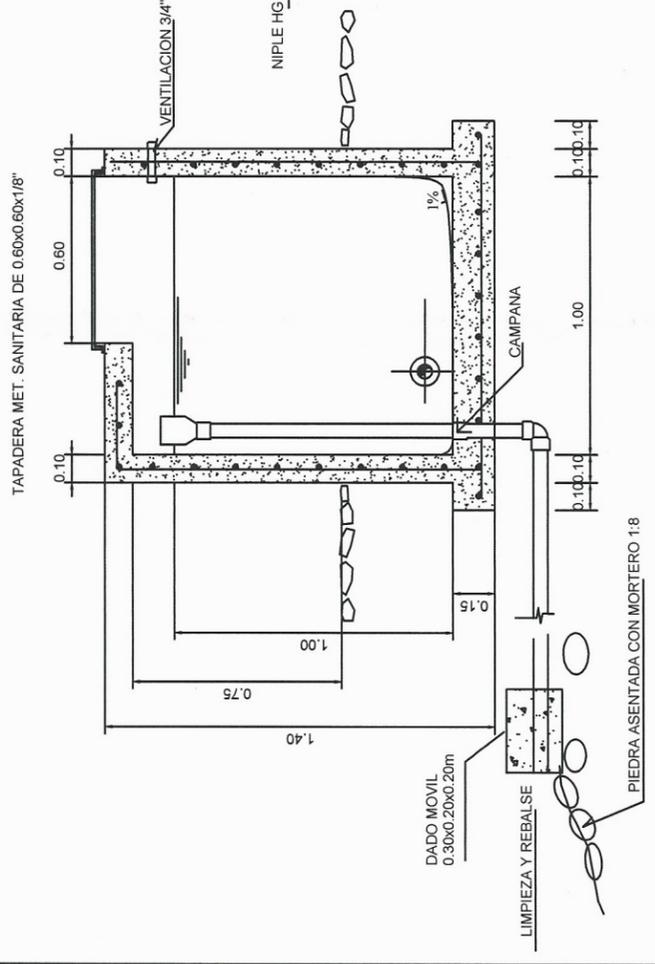
HOJA	08	10
FASE	A	U





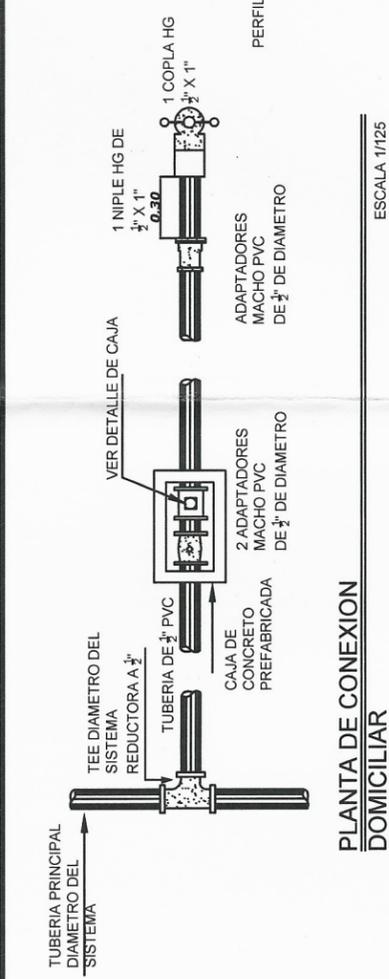
**PLANTA CAJA ROMPE PRESION DE 1 M<sup>3</sup>**

ESCALA 1/20



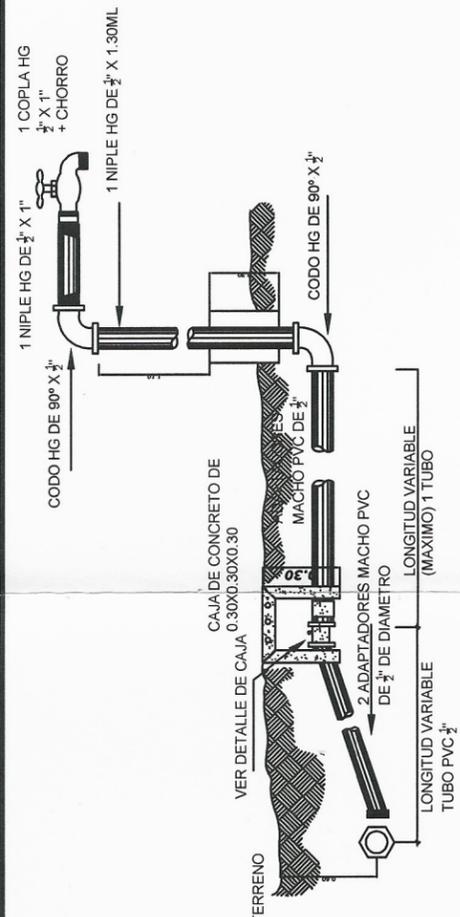
**CORTE F-F CAJA ROMPE PRESION DE 1 M<sup>3</sup>**

ESCALA 1/20



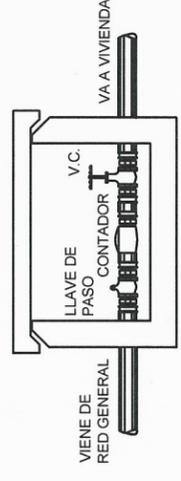
**PLANTA DE CONEXION DOMICILIAR**

ESCALA 1/125



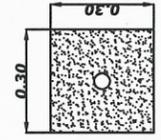
**ELEVACION DE CONEXION DOMICILIAR**

ESCALA 1/125



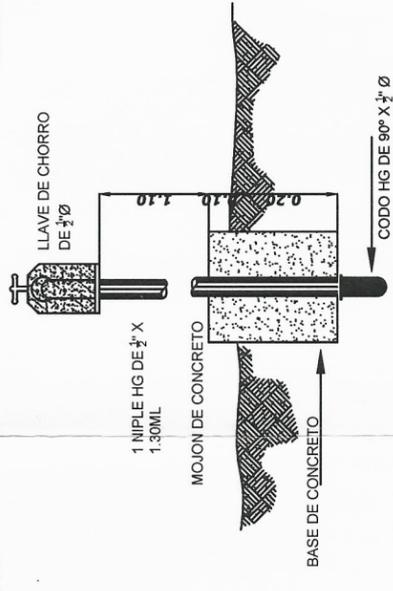
**DETALLE DE ACOMETIDA**

SIN ESCALA



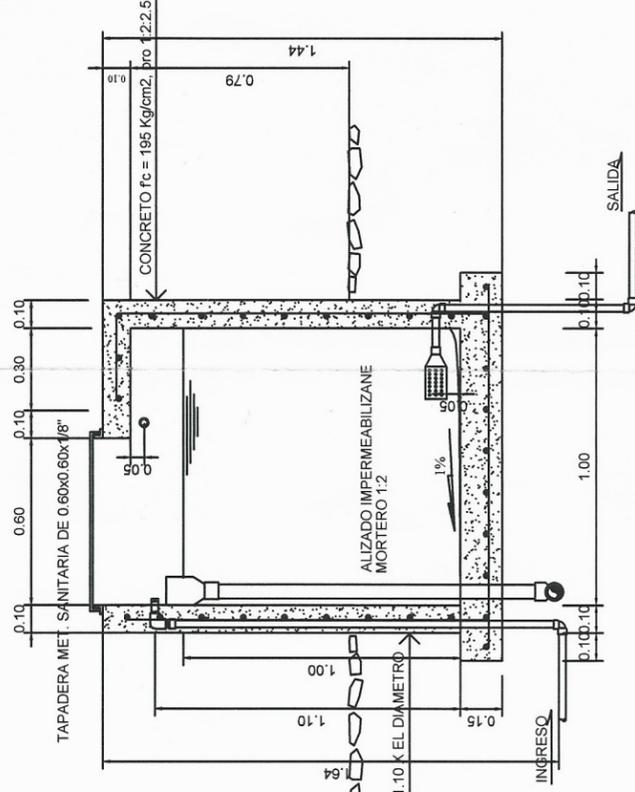
**PLANTA BASE**

SIN ESCALA



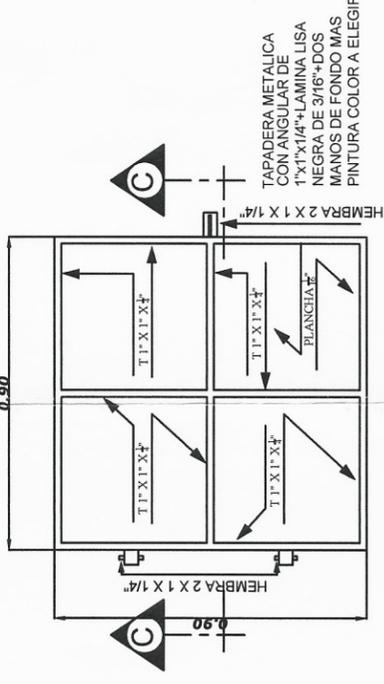
**ELEVACION POSTERIOR "MOJON"**

SIN ESCALA



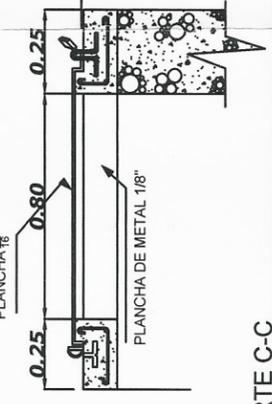
**CORTE E-E CAJA ROMPE PRESION 1 M<sup>3</sup>**

ESCALA 1/20



**PLANTA TAPADERA DE METAL**

SIN ESCALA



**CORTE C-C TAPADERA DE METAL PARA CAJAS**

NOTA:  
TODAS LAS TAPADERAS DE CONCRETO DE LAS CAJAS DE VALVULAS DE AIRE Y LIMPIEZA ASI COMO LAS TAPADERAS DE LAS CAJAS ROMPE PRESION Y CLORADOR DERIVADO, SERAN SUSTITUIDAS POR TAPADERAS DE METAL EN SUS DIMENSIONES INDICADAS Y CON UN GROSOR MINIMO DE LAMINA DE 1/8" DE PULGADA.

PROYECTO: "CONSTRUCCION SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE" DE TEPITLA, SAN MARCOS  
DIRECCION: SECTOR LOS RAMIREZ Y EL SUR, ALDEA LA INMORTAL, TEPITLA, SAN MARCOS  
PLANO DE: CLORADOR + VALVULA DE CONTROL + PASO DE ZAYON TIPO "C"

Diseño: ERICK BRAVO  
Dibujo: ERICK BRAVO  
Escala: INDICADA  
Fecha: OCTUBRE 2014

Municipalidad de Tepitla, San Marcos

1	E	A	U	FASE
10	10			

FIRMA



Apéndice 2. **Planos constructivos del edificio de dos niveles para la auxiliatura municipal del caserío El Manantial**

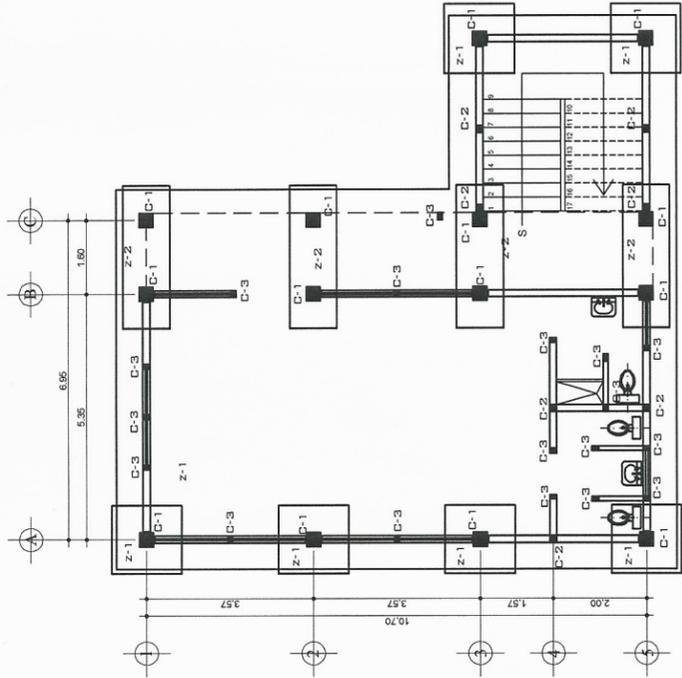
1. Planta amueblada, acotada y acabados
2. Fachadas, cortes y detalle de armado de viga
3. Planta de cimentaciones y cortes de muro
4. Planta de instalación hidráulica y eléctricas (fuerza e iluminación)

Fuente: elaboración propia.

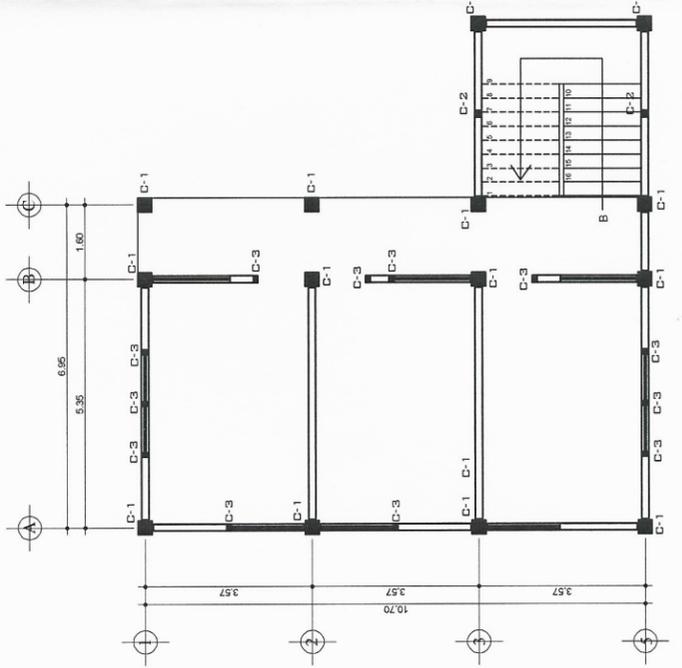




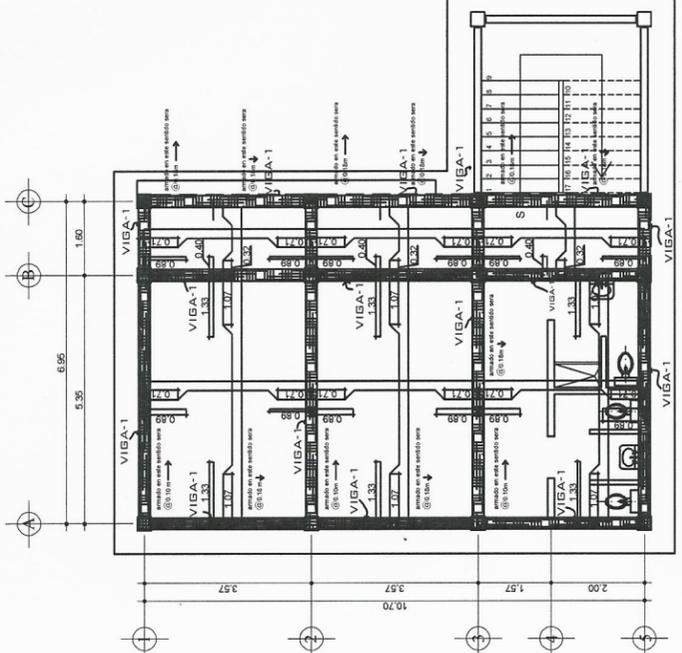




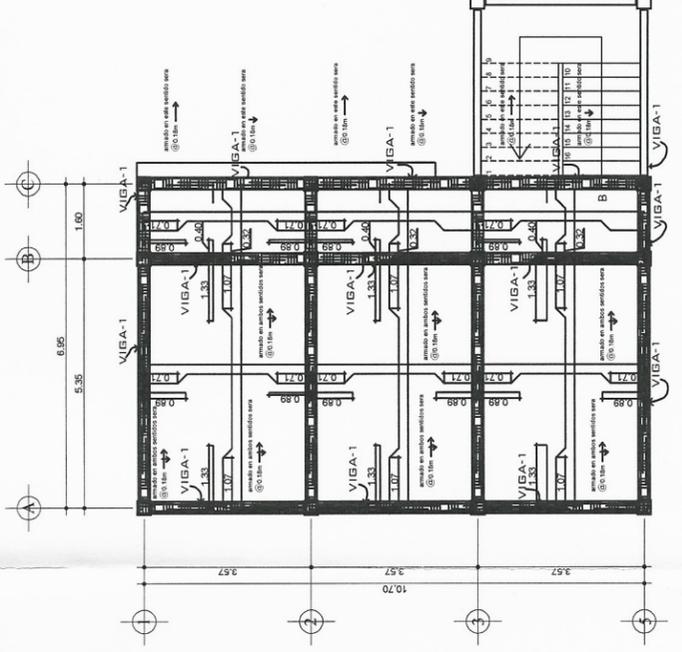
PLANTA DE CIMENTACION  
NIVEL 1  
ESCALA 1/75



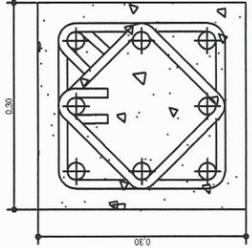
PLANTA DE CIMENTACION  
NIVEL 2  
ESCALA 1/75



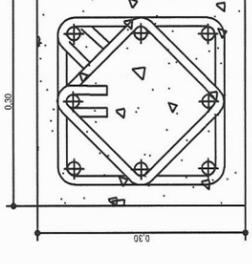
PLANTA DE LOSAS  
NIVEL 1  
ESCALA 1/75



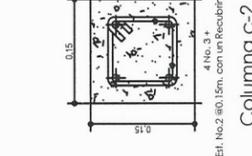
PLANTA DE LOSAS  
NIVEL 2  
ESCALA 1/75



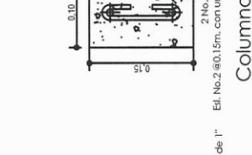
Corte A-A  
Escala 1/5



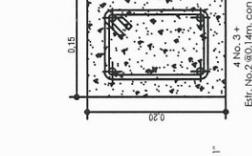
Corte C-1 para nivel 1  
Escala 1/5



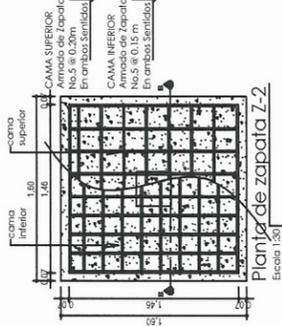
Columna C-2  
Escala 1/5



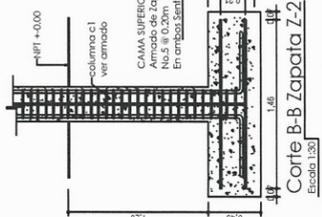
Columna C-3  
Escala 1/5



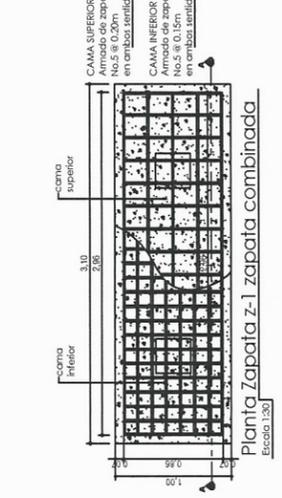
Solera Hidrofuga  
Escala 1/5



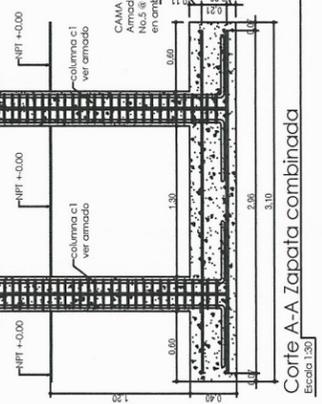
Planja de zapata Z-2  
Escala 1/30



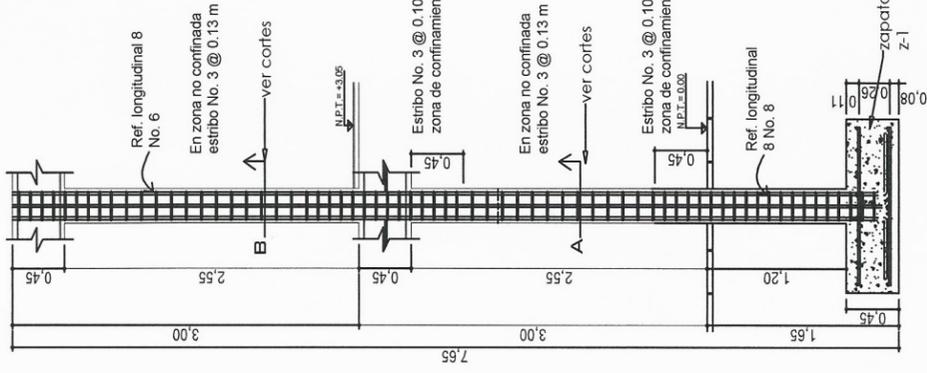
Corte B-B Zapata Z-2  
Escala 1/30



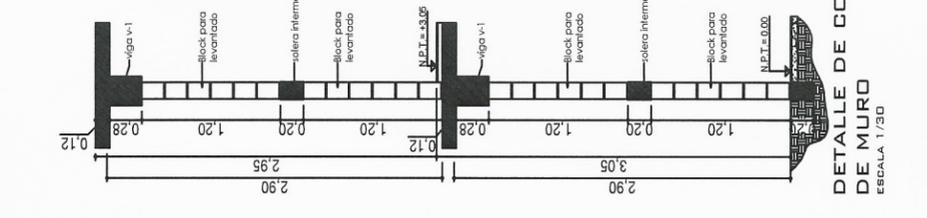
Planja Zapata z-1, zapata combinada  
Escala 1/30



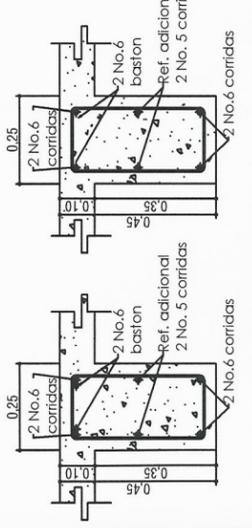
Corte A-A Zapata combinada  
Escala 1/30



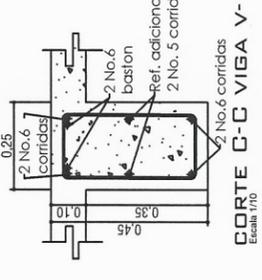
DETALLE DE CORTE DE COLUMNA  
ESCALA 1/30



DETALLE DE CORTE DE MURO  
ESCALA 1/30



CORTE A-A VIGA V-1  
Escala 1/10



CORTE C-C VIGA V-1  
Escala 1/10

CONSTRUCCION EDIFICIO AUXILIARIA MUNICIPAL

PROYECTO: ERICK BRAVO  
DISEÑO: ERICK BRAVO  
INDICADA: ERICK BRAVO  
OBRERA: ERICK BRAVO  
FECHA: Octubre 2015

MANO DE OBRERA: CASERIO EL MANTUAL, TEJUTIA, SAN MARCOS

ESTRUCTURALES CIMENTACIONES, LOSAS Y DETALLES

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y ASesor - SUPERVISOR DE OBRAS

San Carlos de Guatemala

ASesor - SUPERVISOR DE OBRAS

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y ASesor - SUPERVISOR DE OBRAS

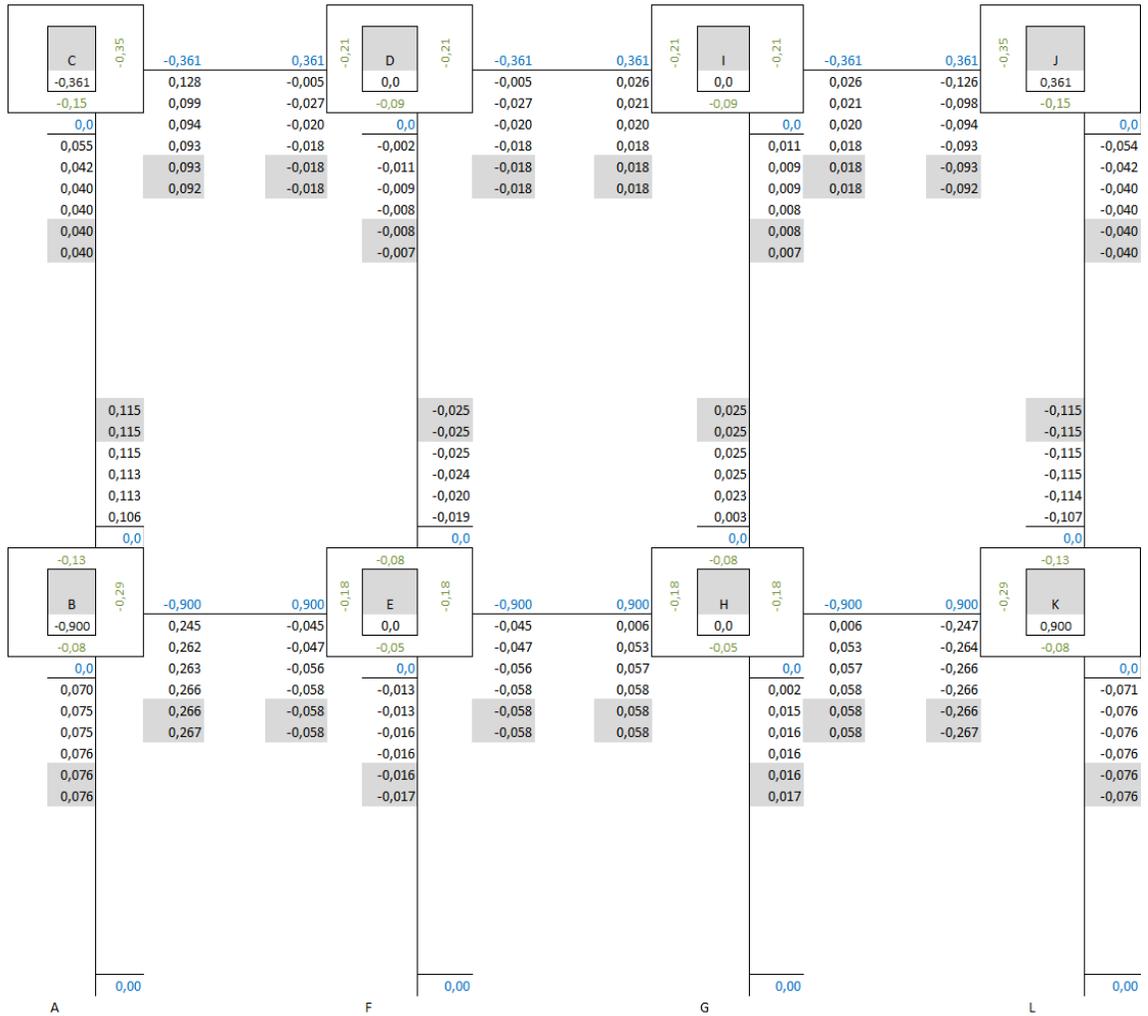
03 04

FASE

04



### Apéndice 3. Análisis estructural por medio del método numérico de Dr. Kani para cargas vivas – marco B



Fuente: elaboración propia.







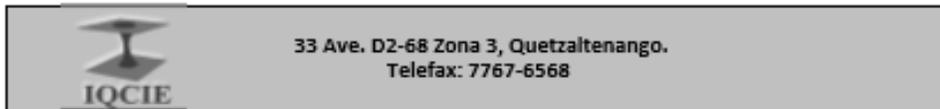
**Apéndice 5. Cálculo hidráulico sector El Sur y sector Los Ramírez del sistema de abastecimiento de agua potable**

Fuente: elaboración propia.



## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de la calidad del agua para el sector Sur



#### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup> No. : 27 -2,015

Interesado:	Temperatura In Situ (°C):
Punto de Muestreo: Nacimiento de Agua No. 4	pH In Situ:
Fuente: Sector Sur, La Inmortal	Conductividad eléctrica (µS/cm.):
Libertad, Tejutla, San Marcos	Cloro residual (mg/L):
Municipio: Tejutla	Sólidos Disueltos totales (mg/L):
Departamento: San Marcos	Salinidad (%):
Fecha de Captación: 06/03/2015	Oxígeno (Disuelto mg/L de O <sub>2</sub> ):
Hora de Captación: 6:00 Horas	Fecha de Recepción de laboratorio: 06/03/2015
Técnica de Preservación: Refrigeración (2.0 a 8.0 °C)	Hora de recepción de laboratorio: 10:00 Horas
Responsable de Captación: Erwin Velásquez	Fecha de análisis de la muestra en laboratorio: 06/03/2015
(Personal ajeno a IQCIE)	

<sup>(1)</sup> Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS:

No.	PARÁMETROS FÍSICOS <sup>1</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>2</sup>	LMP <sup>2</sup>	OMS <sup>2</sup>
1	Olor en Frío	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓	No Rechazable
2	Olor en Caliente (60 ± C)	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓	No Rechazable
3	Color aparente	Unidades pt-Co	30.00	5.00	x	35.00
4	Color Verdadero	Unidades pt-Co	N/A	NSC		NSC
5	Conductividad eléctrica (a 25 ± C)	(µS/cm.)	310.00	750	✓	<1,500
6	Aspecto	Visual	Claro	Claro	✓	Claro
7	Sabor	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓	No Rechazable
8	pH Laboratorio	Unidades pH	7.79	7.0-7.5	x	6.5-8.5
9	Temperatura In Situ	± C	N/A	15.0 °C -25.0 °C		34.0 °C
10	Turbiedad	UTN	3.00	5.00	✓	15.00
11	Sólidos en Suspensión	mg/L	41.00	NSC		NSC
12	Sólidos Disueltos totales	mg/L	273.00	300.00	✓	1000.00
13	Sólidos Sedimentables	c.c./L/Hr.	N/A	-		-
No.	PARÁMETROS QUÍMICOS <sup>2</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>2</sup>	LMP <sup>2</sup>	OMS <sup>2</sup>
14	Alcalinidad total	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	17.00	NSC		NSC
15	Aluminio	mg/L de Al	N/A	0.05		0.2
16	Calcio	mg/L de Ca	13.23	75.00	✓	150.00
17	Cobre	mg/L de Cu	N/A	0.05		1.50
18	Dureza de Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	13.00	NSC		NSC
19	Dureza de Magnesio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	20.00	NSC		NSC
20	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	33.00	100.00	✓	500.00
21	Magnesio	mg/L de Mg	29.84	50.00	✓	100.00
22	Manganeso total	mg/L de Mn	0.30	0.10	x	0.40
23	Hierro total	mg/L de Fe	< 0.01	0.30	✓	NSC
24	Sulfatos	mg/L de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10.00	100.00	✓	250.00
25	Sulfuros	mg/L de SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	N/A	NSC		NSC
26	Fosfatos	mg/L de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	N/A	NSC		NSC
27	Fluoruros	mg/L de F	N/A	NSC		1.50
28	Cloruros	mg/L de Cl <sup>-</sup>	13.00	100.00	✓	250.00
29	Cloro Total	mg/L Cl <sub>2</sub>	N/A	NSC		NSC
30	Cloro residual libre	mg/L Cl <sub>2</sub>	N/A	0.50		1.00
31	Nitrato	mg/L de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.89	NSC		50.00
32		mg/L de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.20	NSC		NSC

Continuación del Anexo 1.

33	Nitrato	mg/L de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.300	NSC	3.00	√	3.00
34		mg/L de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.081	NSC	NSC		
35	Nitrógeno amoniacal	mg/L de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.31	NSC	NSC		
36	Cinc	mg/L de Zn	N/A	3.00	70.00		3.00
37	Molibdeno	mg/L de Mo	N/A	NSC	NSC		0.07
38	Níquel	mg/L de Ni	N/A	NSC	NSC		0.02
39	Piomo	mg/L de Pb	N/A	NSC	0.01		0.02
40	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L de DBO <sub>5</sub>	N/A	NSC	NSC		
41	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L de DQO	N/A	NSC	NSC		
42	Iodo	mg/L de I	N/A	NSC	NSC		
43	Oxígeno Disuelto	mg/L de O <sub>2</sub>	N/A	NSC	NSC		
44	Bromo	mg/L de Br	N/A	NSC	NSC		
45	Fósforo Total	mg/L de P	N/A	NSC	NSC		
46	Nitrógeno Total	mg/L de N	N/A	NSC	NSC		
47	Mercurio	mg/L de Hg	N/A	NSC	0.001		0.001
48	Cadmio	mg/L de Cd	N/A	NSC	0.003		0.003
49	Bario	mg/L de Ba	N/A	NSC	0.700		
50	Boro	mg/L de B	N/A	NSC	0.300		
51	Cianuro	mg/L de CN <sup>-</sup>	N/A	NSC	0.070		
52	Cromo total	mg/L de Cr	N/A	NSC	0.050		
53	Mercurio total	mg/L de Hg	N/A	NSC	0.001		
54	Selenio	mg/L de Se	N/A	NSC	0.010		
55	Arsenico	mg/L de As	N/A	NSC	0.010		0.01
No.	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS <sup>2</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>4</sup>	LMP <sup>5</sup>		
56	Recuento Coliformes Totales	UFC / 100c.c.	343.00	NSC	Negativo	x	
57	Escherichia Coli	UFC / 100c.c.	Negativo	-	Negativo	√	Neg
58	Shigella y Salmonella	UFC / 100c.c.	Negativo	NSC	NSC		Neg

NOTAS:

LMA = LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE

√ = Sí cumple con la norma

LMP = LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

x = No cumple con la norma

NSC = NO SE CONTEMPLA EN LA NORMA

UFC / 100 c.c. = Unidad Formadora de Colonia por cada 100 cm<sup>3</sup>

N/A = NO ANALIZADO

Temperatura de Analisis

20 °C

<sup>2</sup> Metodología de análisis físico-químico basado en:

Standard Methods for the examination of water & Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 21st Edition, 2000.  
American Society for Testing and Materials (ASTM), Environmental Protection Agency (EPA), Lamotte<sup>®</sup>.

<sup>3</sup> El Análisis Microbiológico fue realizado según método de membranas de filtración ASTM, el límite de calidad es de una colonia de coliformes por 100 cm<sup>3</sup> y debe tomarse medidas correctivas cuando se encuentren 1 o más colonias coliformes por 100 cm<sup>3</sup>.

<sup>4</sup> Los límites máximos aceptables (LMA) y permisibles (LMP), están basados en la Norma Técnica Guatemalteca de agua para consumo humano (agua potable), COGUANOR NTG 29001. Adoptada Consejo Nacional de Normalización: 2010-06-18

<sup>5</sup> Guías para la calidad del agua potable. 1er. Apéndice a la 3a. Edición. Vol. 1, Recomendaciones, OMS (2,006)

NOTA: Se recomienda siempre aplicar el proceso de desinfección a la presente fuente de agua y los parámetros que no cumplan con el LMP, debe aplicarse proceso de tratamiento para cumplir la Norma COGUANOR NTG 29001

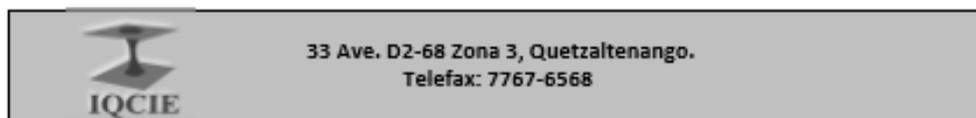
  
Msc. Ing. Jorge Mario Ordóñez Cifuentes  
Ingeniero Civil y Sanitario, Cof. No. 4,394  
Encargado de Físico-Química y Microbiología

Msc. Ing. Jorge Mario Ordóñez C.  
Ingeniero Civil Col. No. 4,394  
Maestría en Ingeniería Sanitaria

INGENIERÍA QUÍMICA, CIVIL, INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA  
  
Oficina: 33 Ave. 50-68 Zona 3,  
Quetzaltenango, Guatemala, C.A.  
Teléfono: (502) 7767 6568  
e-mail: iqcie.j@gmail.com

Fuente: Laboratorio IQCIE.

## Anexo 2. Análisis de la calidad del agua para el sector Los Ramírez



### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup> No. :

24 -2,015

Interesado:		Temperatura In Situ (°C):	
Punto de Muestreo:	Nacimiento de Agua No. 1	pH In Situ:	
Fuente:	Sector Los Ramírez, Aldea La Inmortal Libertad, Tejutla, San Marcos	Conductividad eléctrica (µS/cm.):	
Municipio:	Tejutla	Cloro residual (mg/L):	
Departamento:	San Marcos	Sólidos Disueltos totales (mg/L):	
Fecha de Captación:	06/03/2015	Salinidad (‰):	
Hora de Captación:	6:00 Horas	Oxígeno (Disuelto mg/L de O <sub>2</sub> ):	
Técnica de Preservación:	Refrigeración (2.0 a 8.0 °C)	Fecha de Recepción de laboratorio:	06/03/2015
Responsable de Captación:	Erwin Velásquez (Personal ajeno a IQCIE)	Hora de recepción de laboratorio:	10:00 Horas
		Fecha de análisis de la muestra en laboratorio:	06/03/2015

<sup>(1)</sup> Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS:

No.	PARÁMETROS FÍSICOS <sup>1</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>2</sup>	LMP <sup>3</sup>	OMS <sup>2</sup>
1	Olor en Frío	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓ No Rechazable	✓
2	Olor en Caliente (60 ± C)	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓ No Rechazable	✓
3	Color Aparente	Unidades pt-Co	36.00	5.00	✗ 35.00	✗
4	Color Verdadero	Unidades pt-Co	N/A	NSC		
5	Conductividad eléctrica (a 25 ± C)	(µS/cm.)	320.00	750	✓ <1,500	✓
6	Aspecto	Víscual	Claro	Claro	✓ Claro	✓
7	Sabor	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓ No Rechazable	✓
8	pH Laboratorio	Unidades pH	7.98	7.0-7.5	✗ 6.5-8.5	✓ 6.5-9.5
9	Temperatura In Situ	°C	N/A	15.0 °C -25.0 °C		34.0 °C
10	Turbiedad	UTN	3.00	5.00	✓ 15.00	✓
11	Sólidos en Suspensión	mg/L	35.00	NSC		NSC
12	Sólidos Disueltos totales	mg/L	215.00	500.00	✓ 1000.00	✓ 1200.00
13	Sólidos Sedimentables	c.c./L/Hr.	N/A	-		-
No.	PARÁMETROS QUÍMICOS <sup>1</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>2</sup>	LMP <sup>3</sup>	OMS <sup>2</sup>
14	Alcalinidad total	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	16.00	NSC		NSC
15	Aluminio	mg/L de Al	N/A	0.05		0.2
16	Calcio	mg/L de Ca	12.02	75.00	✓ 150.00	✓
17	Cobre	mg/L de Cu	N/A	0.05		1.50
18	Dureza de Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	12.00	NSC		NSC
19	Dureza de Magnesio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	18.00	NSC		NSC
20	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	30.00	100.00	✓ 500.00	✓ 200.00
21	Magnesio	mg/L de Mg	27.08	50.00	✓ 100.00	✓
22	Manganeso total	mg/L de Mn	0.60	0.10	✗ 0.40	✗ 0.5
23	Hierro total	mg/L de Fe	0.05	0.30	✓ NSC	2.00
24	Sulfatos	mg/L de SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	7.00	100.00	✓ 250.00	✓ 500.00
25	Sulfuros	mg/L de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	N/A	NSC		NSC
26	Fosfatos	mg/L de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	N/A	NSC		NSC
27	Fluoruros	mg/L de F	N/A	NSC		1.5
28	Cloruros	mg/L de Cl	12.60	100.00	✓ 250.00	✓ 250.00
29	Cloro Total	mg/L Cl <sub>2</sub>	N/A	NSC		NSC
30	Cloro residual libre	mg/L Cl <sub>2</sub>	N/A	0.50		1.00
31	Nitrato	mg/L de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.85	NSC		50.00
32		mg/L de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.42	NSC		NSC

Continuación del Anexo 2.

33	Nitrito	mg/L de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.391	NSC	3.00	√	3.00
34		mg/L de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.179	NSC	NSC		
35	Nitrógeno amoniacal	mg/L de N-NH <sub>4</sub>	0.31	NSC	NSC		
36	Cinc	mg/L de Zn	N/A	3.00	70.00		3.00
37	Molibdeno	mg/L de Mo	N/A	NSC	NSC		0.07
38	Níquel	mg/L de Ni	N/A	NSC	NSC		0.02
39	Plomo	mg/L de Pb	N/A	NSC	0.01		0.02
40	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L de DBO <sub>5</sub>	N/A	NSC	NSC		
41	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L de DQO	N/A	NSC	NSC		
42	Iodo	mg/L de I	N/A	NSC	NSC		
43	Oxígeno Disuelto	mg/L de O <sub>2</sub>	N/A	NSC	NSC		
44	Bromo	mg/L de Br	N/A	NSC	NSC		
45	Fósforo Total	mg/L de P	N/A	NSC	NSC		
46	Nitrógeno Total	mg/L de N	N/A	NSC	NSC		
47	Mercurio	mg/L de Hg	N/A	NSC	0.001		0.001
48	Cadmio	mg/L de Cd	N/A	NSC	0.003		0.003
49	Bario	mg/L de Be	N/A	NSC	0.700		
50	Boro	mg/L de B	N/A	NSC	0.300		
51	Cianuro	mg/L de CN <sup>-</sup>	N/A	NSC	0.070		
52	Cromo total	mg/L de Cr	N/A	NSC	0.050		
53	Mercurio total	mg/L de Hg	N/A	NSC	0.001		
54	Selenio	mg/L de Se	N/A	NSC	0.010		
55	Arsénico	mg/L de As	N/A	NSC	0.010		0.01
No.	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS <sup>2</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>3</sup>	LMP <sup>4</sup>		
56	Recuento Coliformes Totales	UFC / 100c.c.	410.00	NSC	Negativo	x	
57	Escherichia Coli	UFC / 100c.c.	Negativo	-	Negativo	√	Neg
58	Shigella y Salmonella	UFC / 100c.c.	Negativo	NSC	NSC		Neg

NOTAS:

LMA = LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE

LMP = LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

NSC = NO SE CONTEMPLA EN LA NORMA

N/A = NO ANALIZADO

Temperatura de Análisis

20 °C

√ = Sí cumple con la norma

x = No cumple con la norma

UFC / 100 e.e. = Unidad Formadora de Colonia por cada 100 cm<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Metodología de análisis físico-químico basado en:

Standard Methods for the examination of water & Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 21st Edition, 2005.

American Society for Testing and Materials (ASTM), Environmental Protection Agency (EPA), Lamotte<sup>®</sup>.

<sup>2</sup> El Análisis Microbiológico fue realizado según método de membranas de filtración ASTM, el límite de calidad es de una colonia de coliformes por 100 cm<sup>3</sup> y debe tomarse medidas correctivas cuando se encuentren 1 o más colonias coliformes por 100 cm<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Los límites máximos aceptables (LMA) y permisibles (LMP), están basados en la Norma Técnica Guatemalteca de agua para consumo humano (agua potable), COGUANOR NTG 29001. Adoptada Consejo Nacional de Normalización: 2010-06-18

<sup>4</sup> Guías para la calidad del agua potable. 1er. Apéndice a la 3a. Edición. Vol. 1, Recomendaciones, OMS (2,006)

NOTA: Se recomienda siempre aplicar el proceso de desinfección a la presente fuente de agua y los parámetros

que no cumplan con el LMP, debe aplicarse proceso de tratamiento para cumplir la Norma COGUANOR NTG 29001.

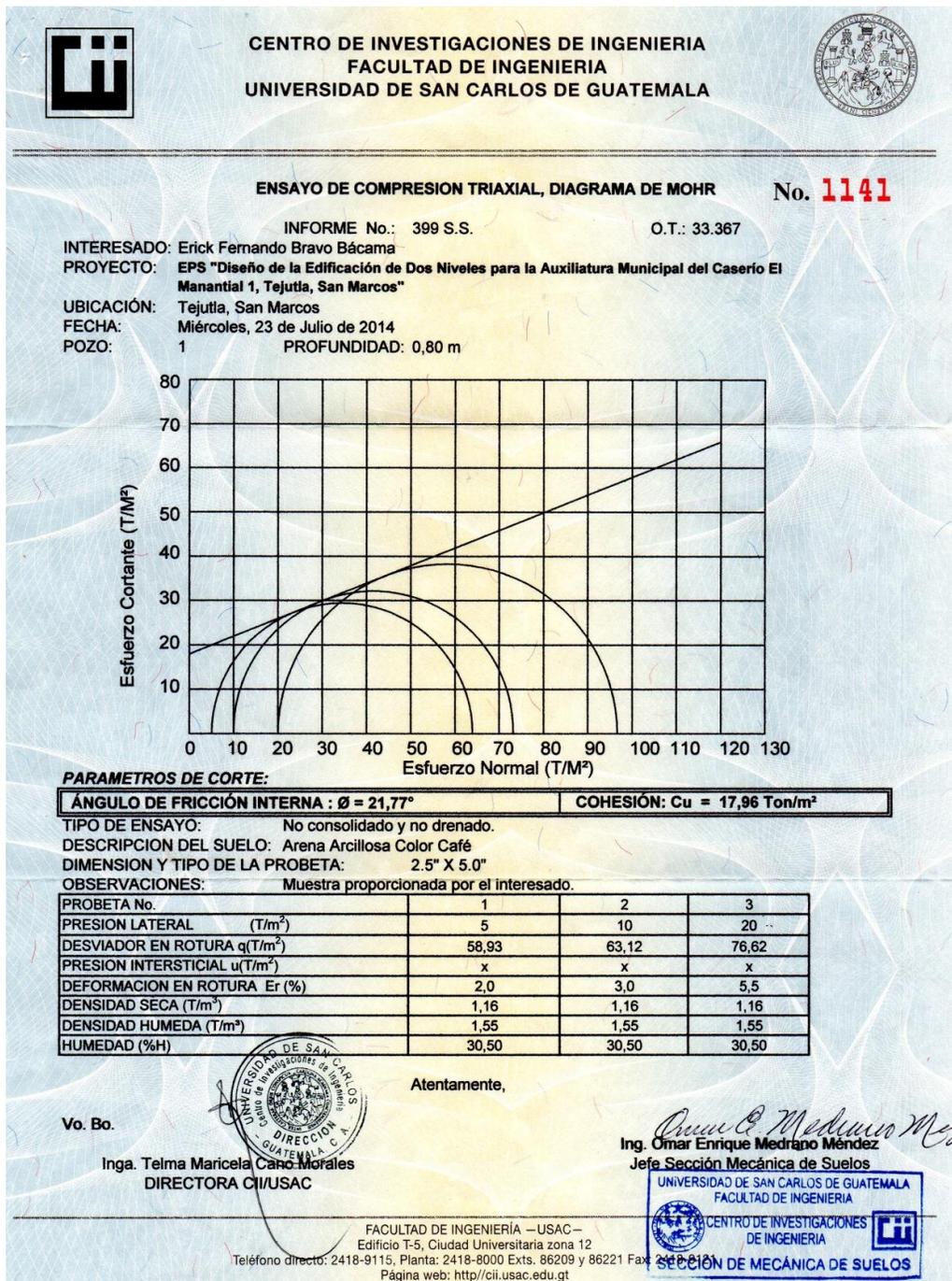
  
Msc. Ing. Jorge Mario Ordóñez Cifuentes;  
Ingeniero Civil y Sanitario, Col. No. 4,394  
Encargado de Físico-Química y Microbiología

Msc. Ing. Jorge Mario Ordóñez C.  
Ingeniero Civil Col. No. 4,394  
Maestría en Ingeniería Sanitaria

INGENIERÍA QUÍMICA, CIVIL, INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA  
 Oficina: 33 Ave. D2-68 Zona 3,  
Quetzaltenango, Guatemala, C.A.  
Teléfono: (502) 7767 6568  
e-mail: iocle.j@gmail.com

Fuente: Laboratorio IQCIE

### Anexo 3. Resultado ensayo de compresión Triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) USAC.

