



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

**DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA  
ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE,  
MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA.**

**Max Adolfo Siguí Villeda**

**Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

**Guatemala, abril de 2008**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA  
ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE,  
MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

**MAX ADOLFO SIGUÍ VILLEDA**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de marzo de 2007.



Max Adolfo Siguí Villeda



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Guatemala, 12 de febrero de 2008  
Ref. EPS. D. 124.02.08

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña,

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **MAX ADOLFO SIGUÍ VILLEDA**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA”**.


Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **Gualán**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

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



MAAO /jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Guatemala,  
25 de febrero de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boiton Velásquez,  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Max Adolfo Sigui Villeda, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
5 de marzo de 2008

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Max Adolfo Sigui Villeda, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de febrero de 2008  
Ref. EPS. D. 124.02.08

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez:


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **MAX ADOLFO SIGUÍ VILLEDA**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por 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. Norma Ileana Sarmiento Zecena  
Directora Unidad de EPS

NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



/bbdeb.

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Max Adolfo Siguí Villeda, titulado DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, abril 2008.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.127.08

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA ALDEA LIMONES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA ZAPOTE, MUNICIPIO DE GUALÁN, ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario **Max Adolfo Siguí Villeda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, abril de 2008



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios:** Por ser Él que hace posible todo y darme la oportunidad de estar hoy aquí.
- Mis padres:** Adolfo Maximiliano Siguí España  
Olga Marina Villeda Sandoval  
Quienes con su amor, enseñanza, apoyo, dedicación y la ayuda de Dios, han logrado hacer de mí, lo que ahora soy.
- Mis hermanos:** María de los Angeles Siguí Villeda  
Héctor René Villeda Recinos (D.E.P.)
- Mi familia:** Por tener siempre su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado.
- Mis amigos:** Por todos los momentos compartidos y su gran apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Facultad de Ingeniería**

Por mi formación profesional.

**Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga**

Por darme su amistad, consejos y asesoría en la elaboración de mi trabajo de graduación.

**La Municipalidad de Gualán**

Por brindarme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- en dicha municipalidad.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	VII
<b>GLOSARIO.</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XVII
<b>OBJETIVOS</b>	XIX
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXI

## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Monografía de Gualán**

1.1.1	Localización geográfica	01
1.1.2	Accesos y comunicaciones	02
1.1.3	Topografía del lugar	03
1.1.4	Aspectos climatológicos	03
1.1.5	Actividades económicas	03
1.1.6	Autoridades y servicios público	04
1.1.7	Generalidades	04
1.1.8	Censos anteriores	05
1.1.9	Información del censo actual	05
1.1.10	Determinación de la población futura	06

### **1.2 Investigación sobre necesidades de servicios básicos de infraestructura**

1.2.1	Descripción de las necesidades	07
-------	--------------------------------	----

1.1.2	Priorización de las necesidades	07
-------	---------------------------------	----

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

### **2.1 Diseño de edificio escolar de dos niveles para aldea Limones, Municipio de Gualán, departamento de Zacapa.**

2.1.1	Descripción del proyecto	09
2.1.2	Investigación preliminar	09
2.1.2.1	Capacidad soporte de terreno	09
2.1.2.2	Dimensiones y Área de terreno disponible	13
2.1.2.3	Normas para el diseño de edificios educativos	13
2.1.2.3.1	Criterios generales	15
2.1.2.3.2	Criterios de Conjunto	15
2.1.2.3.2.1	Criterios de iluminación	16
2.1.2.3.2.2	Instalaciones	18
2.1.2.3.2.3	Otros criterios	18
2.1.2.4	Diseño arquitectónico	19
2.1.2.5	Ubicación de edificio en terreno	20
2.1.2.6	Sistema estructural a utilizar	20
2.1.3	Análisis estructural	22
2.1.3.1	Pre-dimensionamiento estructural	22
2.1.3.2	Modelos matemáticos de marcos rígidos	25
2.1.3.3	Cargas aplicadas a marcos rígidos	27
2.1.3.3.1	Cargas verticales	28
2.1.3.3.2	Cargas horizontales	30

2.1.3.3.3	Análisis de marcos rígidos con el programa ETABS	39
2.1.4	Diseño estructural	43
2.1.4.1	Losas	43
2.1.4.2	Vigas	56
2.1.4.3	Columnas	65
2.1.4.4	Cimientos	77
2.1.5	Planos constructivos	85
2.1.6	Presupuesto	85

## **2.2 Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Zapote, municipio de Gualán, departamento de Zacapa.**

2.2.1	Descripción del proyecto	87
2.2.1.1	Criterios de diseño	87
2.2.1.2	Período de diseño	88
2.2.1.3	Población futura	88
2.2.1.4	Forma de captación	89
2.2.1.5	Calidad del agua	90
2.2.1.5.1	Fuentes de abastecimiento	90
2.2.1.5.2	Normas de calidad	90
2.2.1.5.3	Fuente de agua seleccionada	91
2.2.1.5.4	Aforos y análisis de la calidad del agua	91
2.2.1.5.5	Características de los exámenes de calidad del agua	91
2.2.1.5.6	Análisis químico sanitario	92
2.2.1.5.7	Examen bacteriológico	92
2.2.1.6	Dotación, factores, caudales	93

2.2.1.7	Captación	102
2.2.1.8	Topografía	102
2.2.1.8.1	Altimetría	105
2.2.1.8.2	Planimetría	105
2.2.1.9	Línea de conducción	106
2.2.1.10	Tratamiento de agua	108
2.2.2	Tanque de distribución	111
2.2.3	Red de distribución	125
2.2.3.1	Diseño de red de distribución	128
2.2.4	Obras hidráulicas	129
2.2.5	Presupuesto	131
2.2.6	Programa de operación y mantenimiento	132
2.2.7	Propuesta de tarifa	137
2.2.8	Análisis económico financiero	140
2.2.9	Estudio de impacto ambiental	144
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>151</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>153</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>155</b>
<b>APÉNDICE</b>		<b>157</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Ubicación geográfica del municipio de Gualán, Zacapa	02
2. Planta típica para edificio escolar	25
3. Marco rígido típico de edificación, sentido X	26
4. Marco rígido de edificación típico, sentido Y	26
5. Modelo matemático, marco rígido típico, sentido X	29
6. Modelo matemático, marco rígido típico, sentido Y	30
7. Planta típica de distribución de marcos rígidos	36
8. Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido sentido Y	40
9. Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido sentido X	40
10. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg-m), marcos rígidos sentido Y	41
11. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg-m), marcos rígidos sentido X	42
12. Planta de distribución de losas	44
13. Distribución de momentos en losas nivel 1 y 2 (kg-m)	48
14. Planta de momentos balanceados en losas nivel 1 y nivel 2 (kg-m)	51
15. Flexión de una viga simplemente apoyada	57
16. Diagramas de momentos y cortes últimos en viga tipo 1	58
17. Dimensiones de zapata	78
18. Momentos en losa	117
19. Armado de losa	119
20. Diagrama de fuerzas sobre las paredes del tanque	122

## TABLAS

I. Población total por área, según sexo	05
II. Población total por edad y sexo	05
III. Fuerzas por marco en cada nivel, para marcos rígidos en sentido X	37
IV. Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1	55
V. Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 2	55
VI. Cálculo de área de acero requerido para viga tipo 1	60
VII. Refuerzo de acero para vigas en edificio escolar	64
VIII. Refuerzo de acero para columnas de edificación escolar	77
IX. Presupuesto del proyecto	86
X. Dotaciones recomendadas	93
XI. Presupuesto de sistema de agua potable	131
XII. Programa de operación y mantenimiento	136
XIII. Medidas de mitigación de impactos ambientales para proyectos de agua potable	147

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Área
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto
<b>Ag</b>	Área gruesa o área total de la sección
<b>Ap</b>	Área punzante
<b>As</b>	Área de acero de refuerzo
<b>As<sub>max</sub></b>	Área de acero máximo permitido
<b>As<sub>min</sub></b>	Área de acero mínimo permitido
<b>As<sub>temp</sub></b>	Área de acero por temperatura
<b>At</b>	Área tributaria
<b>Av</b>	Área de varilla de acero
<b>Az</b>	Área de zapata
<b>b</b>	Ancho de un elemento en sección
<b>B</b>	Base de zapata
<b>C</b>	Coeficiente de rugosidad de tubería
<b>CF</b>	Coeficiente de fricción
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CMU</b>	Carga muerta última
<b>Cm</b>	Centro de masa
<b>CP</b>	Cota piezométrica
<b>CR</b>	Centro de rigidez
<b>C<sub>u</sub></b>	Coeficiente de cohesión del suelo
<b>CU</b>	Carga última
<b>CV</b>	Carga viva
<b>CVU</b>	Carga viva última
<b>d</b>	Peralte efectivo del elemento
<b>D</b>	Diámetro de la tubería

<b>Dc</b>	Desplante del cimiento
<b>e</b>	Excentricidad
<b>E</b>	Esbeltez de la columna
<b>E<sub>c</sub></b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>E<sub>s</sub></b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>EI</b>	Rigidez a la flexión del elemento a compresión
<b>F'<sub>c</sub></b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>F<sub>y</sub></b>	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
<b>Fcu</b>	Factor de carga última
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>F<sub>f</sub></b>	Fuerza de fricción
<b>FG</b>	Factor de gasto
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>F<sub>ni</sub></b>	Fuerza por nivel, en el nivel i
<b>FM</b>	Fuerzas por marco
<b>F.S.</b>	Factor de seguridad
<b>H<sub>f</sub></b>	Pérdida de carga debido a la fricción
<b>H</b>	Peralte total del elemento en sección
<b>I<sub>g</sub></b>	Inercia de la sección de un elemento
<b>Ka</b>	Coeficiente de fricción activa del suelo
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/m</b>	Kilogramo por metro
<b>L</b>	Longitud del elemento
<b>lts/seg.</b>	Litros por segundo
<b>Ln</b>	Longitud no soportada del estribo
<b>Lo</b>	Longitud de confinamiento de estribos
<b>Lu</b>	Longitud libre de pandeo de la columna
<b>m</b>	Relación entre los claros A y B de una losa rectangular
<b>mts/seg.</b>	Metros por segundo



<b>M</b>	Momento
<b>M<sub>(+)</sub></b>	Momento positivo
<b>M<sub>(-)</sub></b>	Momento negativo
<b>mca</b>	Metro columna de agua
<b>Mu</b>	Momento último
<b>n</b>	Periodo de diseño en años
<b>Nc</b>	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
<b>Nq</b>	Factor de capacidad de carga debido a la sobre carga
<b>N<sub>y</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
<b>P</b>	Carga
<b>Po</b>	Población actual
<b>P'</b>	Carga critica que soporta la columna
<b>Pd</b>	Presión a una distancia "d" del rostro de la columna
<b>Pf</b>	Población futura o de diseño
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>q<sub>o</sub></b>	Valor de esfuerzo límite
<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>m</sub></b>	Caudal medio
<b>Q<sub>distribución</sub></b>	Caudal de distribución
<b>Q<sub>conducción</sub></b>	Caudal de conducción
<b>r</b>	Radio de giro de un elemento
<b>R</b>	Rigidez de un elemento
<b>S</b>	Espaciamiento del acero de refuerzo
<b>t</b>	Espesor de losa
<b>V</b>	Corte o esfuerzo cortante, velocidad del flujo
<b>Vu</b>	Corte último
<b>W</b>	Carga

@	Separación del refuerzo
$\delta$	Magnificador de momentos
$\beta_d$	Factor de flujo plástico del concreto
$\rho_{bal}$	Porcentaje de acero en la falla balanceada
$\rho_{max}$	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento
$\rho_{min}$	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento
$\Phi$	Factor de reducción de resistencia
$\Sigma$	Sumatoria de una serie de valores
$\emptyset$	Diámetro
$\gamma$	Peso específico
<b>Núm. viviendas</b>	Número de viviendas

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Medición del volumen de agua que produce una fuente por unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Es el agua apta para consumo humano libre de agentes químicos y microorganismos patógenos.
<b>Agregado</b>	Material inerte, que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
<b>Altimetría</b>	Son los procedimientos del levantamiento topográfico y tienen por objeto, la determinación de las elevaciones (niveles) de los puntos, o estaciones estudiadas.
<b>Captación superficial</b>	Estructura destinada a recoger las aguas de una fuente de manera directa, con fines de aprovechamiento.
<b>Carga axial</b>	Carga aplicada en el eje longitudinal de un elemento.
<b>Carga muerta</b>	Carga que permanece estática a través del tiempo.
<b>Carga puntual</b>	Carga aplicada en magnitud en un solo punto.
<b>Carga viva</b>	Carga que puede moverse, a través del tiempo.

<b>Caudal</b>	Volumen de líquido que pasa por unidad de tiempo.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Conexión domiciliar</b>	Es aquella que se instala en la propiedad de un beneficiario, por medio del cual recibe la dotación de agua.
<b>Concreto</b>	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, arena, pedrín y agua.
<b>Cota de terreno</b>	Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
<b>Deflexión</b>	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al aplicárseles cargas.
<b>Desinfección</b>	Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, etc.
<b>Dotación</b>	Volumen de agua consumida por una persona en un día.
<b>Esfuerzo</b>	Fuerza por unidad de área.

<b>Estribo</b>	Refuerzo de acero utilizado para resistir esfuerzos cortantes y de torsión en un elemento estructural.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
<b>ETABS</b>	Por sus siglas en inglés (Extended Three Dimensional Análisis of Building Systems) es un software utilizado para el análisis estructural dinámico y estático de edificaciones.
<b>Excentricidad</b>	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
<b>Hipoclorador</b>	Es una bomba dosificadora de químicos, que alimenta una solución de hipoclorito de calcio a un sistema de agua potable. La solución es una concentración conocida y la dosificación es ajustada para lograr la dosis deseada.
<b>Hipoclorito de calcio</b>	Es un sólido blanco que se descompone fácilmente en el agua, liberando oxígeno y cloro. Es usado para la desinfección de agua.
<b>Línea de conducción</b>	Es el conjunto de tubería que forma la línea donde se transporta el agua, desde la captación hasta el tanque de distribución.

<b>Línea de distribución</b>	Es el conjunto de tubería que transporta el agua desde el tanque de distribución hasta el tipo de conexión que se tenga. La línea de distribución puede ser abierta con ramificaciones o no y en circuito cerrado.
<b>Mampostería</b>	Es un sistema constructivo que se basa en los elementos que van unidos entre si, por medio de una mezcla de arena y cemento, para soportar cargas que se le apliquen.
<b>Momento</b>	Producto de intensidad de una fuerza por su distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
<b>Piezométrica</b>	Cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de tuberías.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la tierra.
<b>Refuerzo</b>	Material que consiste en acero estructural y se utiliza para aumentar el soporte estructural de los elementos de concreto reforzado.
<b>Sabieta</b>	Mezcla de cemento, arena y agua que es utilizada para el levantado de muros.

**Sedimento**

Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por la acción de la gravedad.

**Topografía**

Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles. Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, siendo la X y la Y competencia de la planimetría y la Z de la altimetría.





## RESUMEN

A través del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), se atendieron necesidades de infraestructura en dos comunidades, aldea Zapote y aldea Limones, del municipio de Gualán, departamento de Zacapa, ubicadas en el Nor-Oriente del país. Siendo estas dos necesidades el resultado de un estudio de priorización realizado en colaboración con la Oficina Municipal de Planificación (O.M.P) del municipio.

En la aldea Zapote se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable, el cual es un servicio básico que beneficiará a trescientos treinta y cinco habitantes (335 hab.) en la actualidad. El diseño consta de: Estructura de captación, línea de conducción, tanque de distribución y línea de distribución. Previo al diseño, se analizó la calidad del agua de la fuente a utilizar y se verificó que cumpliera con las normas de potabilidad.

En la aldea Limones se diseñó un edificio escolar de dos niveles, el cual es una ampliación al establecimiento existente. Cuenta tres aulas teóricas por nivel, cada una para 30 – 40 estudiantes, manteniéndose en el rango de área mínima por estudiante.

El sistema estructural utilizado fue mediante marcos rígidos, diseñando los elementos estructurales que lo componen: losas, vigas, columnas y zapatas. El análisis estructural se realizó con el software ETABS (Extended Three Dimensional Análisis of Building Systems).



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Proponer soluciones a problemas que se presentan, mediante proyectos de infraestructura y así contribuir en el desarrollo de las comunidades en el municipio de Gualán

### **ESPECÍFICOS**

1. Diseñar el edificio escolar de dos niveles para la aldea Limones, brindando una estructura segura, estética y económica, con el cual se tendrá acceso al nivel de educación básica.
2. Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Zapote, con ello dando a los habitantes de dicha comunidad acceso a un servicio de carácter básico.
3. Capacitar al personal de la Oficina Municipal de Planificación (O.M.P.) en la elaboración de perfiles de proyectos, así como transmitirles conocimientos básicos en lo referente a proyectos de infraestructura.



## INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en coordinación con la Oficina Municipal de Planificación (O.M.P.), trata de contribuir con el desarrollo en comunidades más necesitadas, planteando soluciones a problemas que con planificación, asesoría técnica e infraestructura pueden ser resueltos.

El presente trabajo de graduación presenta el estudio y diseño de dos proyectos para comunidades del municipio de Gualán, siendo estos “Diseño de edificio escolar de dos niveles para aldea Limones” y “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para aldea Zapote”

Para el diseño del edificio escolar de dos niveles, se hizo el estudio de suelo respectivo para conocer la capacidad soporte del suelo donde se construirá. Se utilizó el sistema estructural por marcos rígidos, haciendo el análisis estructural por medio del programa ETABS, así como el diseño de los elementos estructurales que lo componen: Losas, vigas, columnas y zapatas. Posterior al diseño, se presenta el presupuesto del proyecto, en el cual se reflejan el valor económico de la obra.

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se empezó por conocer la comunidad y el número de habitantes a beneficiar. Siguiendo con el análisis de calidad de agua de la fuente a utilizar y el estudio topográfico correspondiente. Se diseñó la estructura de captación, línea de conducción, tanque de distribución y línea de distribución. Posteriormente, se realizó el presupuesto que refleja el costo total del proyecto, programa de operación y

mantenimiento, propuesta de tarifa, análisis económico financiero y estudio de impacto ambiental.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Monografía de Gualán**

### **1.1.1 Localización geográfica**

El municipio de Gualán se encuentra en la parte noreste del departamento de Zacapa, se localiza en la latitud 15°06'44" Norte y en longitud 89°21'45" Oeste. Su cabecera municipal en la ciudad de Gualán se encuentra a una distancia 2.5 kilómetros de la aldea Mayuelas, a 36 kilómetros de la cabecera departamental de Zacapa y 168 kilómetros de la ciudad capital. Cuenta con una extensión territorial de 696 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 130 metros sobre el nivel del mar.

Administrativamente subdivididos en 1 ciudad, 28 aldeas, 61 caseríos, 40 fincas, 5 parajes y 2 granjas. Limita al norte con el Estor y Los Amates (Izabal); al este con la República de Honduras; al sur con la Unión y Zacapa (Zacapa), al oeste con Zacapa, Río Hondo (Zacapa) y El Estor (Izabal).





### **1.1.3 Topografía del lugar**

La topografía del terreno es quebrada y montañosa, pero también cuenta con áreas planas dedicadas a la ganadería y el cultivo de algunas hortalizas; La principal cadena montañosa que cruza el municipio de Gualán, es la Sierra de las minas.

### **1.1.4 Aspectos climatológicos**

Según datos de la estación meteorológica (E-42) del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), ubicada en la aldea La Fragua del departamento de Zacapa, la precipitación media anual es de 977 milímetros; la temperatura media anual es de 28.10 grados centígrados. Perteneciente a la formación de bosque seco sub tropical. El clima del municipio de Gualán es bastante calido en la parte baja y fresco en las partes altas, donde se cultivan plantas propias de la región.

### **1.1.5 Actividades económicas**

La producción agrícola contribuye al sostenimiento del hogar y para algunos que comercializan es un ingreso económico.

Los productos tradicionales son el maíz, fríjol y tomate. La crianza de ganado bovino, porcino y aviar son otras actividades comunes en el municipio.

### **1.1.6 Autoridades y servicios públicos**

Cuenta con las autoridades y servicios públicos siguientes: Corporación Municipal, Juzgado de Paz, Policía Nacional Civil; cuenta con 5 bancos, 1 cooperativa y 1 de Western Unión, que prestan los servicios de seguros, préstamos y ahorros; escuelas públicas y colegios privados en el nivel pre-primario, primario, básico y diversificado; centro de salud, hospital privado; Iglesias evangélicas y católica.

### **1.1.7 Generalidades**

Gualán es uno de los municipios más antiguos de Zacapa. Sin embargo no se ha localizado ningún documento que se refiera a la fecha de su creación. Lo que si se encuentra documentado es que por disposición de las Cortes de España, el 29 de junio de 1,821, se le dio a Gualán el Título de Villa. Esto no se hizo efectivo debido a los acontecimientos de la Independencia. El 11 de octubre de 1,825, mediante acuerdo gubernativo, se reconoce a Gualán como municipio de Zacapa.

El municipio fue agregado a Izabal por Decreto del gobierno del 19 y 20 de noviembre, en el cual ya recibe el título de Villa.

El 10 de noviembre de 1871, según Decreto No. 30, queda creado el departamento de Zacapa, estando Gualán incluido dentro de los municipios del nuevo departamento.

Este municipio era conocido antiguamente con el nombre de San Miguel Gualán. Etimológicamente es posible que se derive de uaxìn, árbol de cuje o yaje, y lan que hace referencia a tlan el cual es un sufijo de abundancia. Es decir que Gualán significa “lugar donde abundan los yajes”

### 1.1.8 Censos anteriores

La información de censos anteriores refleja el crecimiento poblacional de áreas en estudio.

Los censos anteriores realizados en el municipio de Gualán dan a conocer que el municipio tiene un crecimiento poblacional expresado en porcentaje (%) del 3%, ha sido bastante constante por lo cual se hace factible calcular poblaciones futuras.

### 1.1.9 Información del censo actual

La población actual en el municipio de Gualán, departamento de Zacapa es de: cincuenta y tres mil ciento setenta y dos habitantes (53,172)

Área urbana: dieciséis mil quinientos cuarenta y un mil habitantes (16,541)

Área rural: treinta y seis mil seiscientos treinta y un mil habitantes (36,631)

**Tabla I. Población total por área, según sexo.**

Sexo	Urbana	%	Rural	%	Total	%
Hombres	5,763	10.9	17,981	33.44	23,744	44.66
Mujeres	10,778	20.4	18,650	34.69	29,428	55.34
Total	16,541	31.3	36,631	68.13	53,172	100

**Tabla II. Población total por edad y sexo**

13 a 15 años	685	1.90	708	1.33	1,393
16 a 19 años	5,740	10.90	4,545	8.35	10,285
20 a 64 años	6,510	12.50	5,425	10.43	11,935
65 a + años	2,493	1.75	9,988	18.75	12,481
TOTAL	23,744	44.66	29,428	55.34	53,172

### **1.1.10 Determinación de la población futura**

Los métodos matemáticos que se aplican en el cálculo de la población futura del país, se basan en ecuaciones que expresan el crecimiento demográfico en función del tiempo, dicho crecimiento medido y expresado en una tasa o en un porcentaje de cambio, se obtiene a partir de la observación o estimación del volumen poblacional en dos o más fechas del pasado reciente. Por lo general, los censos de población, realizados con un intervalo aproximado de diez años, permiten dicha medición. De otro lado, si no existe esa información, es válido utilizar por analogía, tasa de crecimiento demográfico de otros países que hayan experimentado circunstancias similares.

Existen varios métodos utilizados para el cálculo de población futura. Para el Municipio de Gualán se utilizara el método de crecimiento geométrico (cambio geométrico). La aplicación de este método supone que la población aumenta constantemente en una cifra proporcional a su volumen cambiante. Para obtener la población futura se aplica al último dato poblacional que se tenga, la fórmula del "interés compuesto" manteniendo constante la misma tasa anual de crecimiento del período anterior.

## **1.2 Investigación sobre necesidades de servicios básicos de Infraestructura.**

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

Por medio del consejo comunitario de desarrollo (COCODE), cada comunidad puede plantear al consejo municipal las necesidades con que cuentan. Ya teniéndose la información se procede a hacer un estudio, en el cual se mide el grado de factibilidad del proyecto, esto dependiendo de varios aspectos como: tamaño, habitantes a beneficiar etc. Luego de realizar el estudio de los proyectos se procede a la priorización de dichos proyectos.

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

La municipalidad de Gualán en su momento, decidió conveniente la realización de los siguientes proyectos de infraestructura:

Diseño de edificio escolar de dos niveles para aldea Limones; con el cual se beneficiará al sector educación.

Diseño del sistema de abastecimiento de agua para aldea Zapote; con el cual se estará brindando un servicio de carácter básico a dicha comunidad.



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

### **2.1 Diseño de edificio escolar de dos niveles para aldea Limones, municipio de Gualán, departamento de Zacapa.**

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

Con el diseño del edificio escolar de dos niveles en la aldea Limones, se pretende cubrir la necesidad de infraestructura en el área de educación del lugar.

El edificio contará con los siguientes ambientes: 6 aulas para enseñanza y módulo de gradas.

Con la construcción de dicho edificio, se pretende solucionar la falta de espacio con que cuenta el establecimiento escolar actual.

#### **2.1.2 Investigación preliminar**

##### **2.1.2.1 Capacidad soporte del terreno**

Los constructores han sido concientes desde hace muchos siglos que las condiciones del terreno debían ser consideradas para que sus edificaciones no se asienten, inclinen o colapsen. La construcción antigua se realizaba en

base a la experiencia del constructor. Sin embargo no fue sino hasta 1776, cuando Coulomb introdujo sus teorías de presión de tierras, que se aplicaron a los métodos analíticos. En 1871, Mohr presentó una teoría de falla para materiales idealmente plásticos, que en combinación con el trabajo de Coulomb, produjo la expresión muy conocida de resistencia cortante de suelos,

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

La determinación de la calidad y tipo de suelo donde se construirá el edificio es de gran importancia, ya que sobre dicho edificio es donde recaerán todas las cargas originadas por la estructura.

Para conocer la calidad y tipo de suelo del lugar a construir, se extrajo una muestra inalterada de 1 pie<sup>2</sup>, a la cual se le realizó un ensayo de laboratorio (compresión triaxial), en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

El tipo de suelo examinado tiene partículas entre 0.0425 mm – 0.002 mm, ubicándolo en la clasificación de limo-arenoso, de color café.

Con los datos obtenidos del ensayo de compresión triaxial, por medio del método de capacidad soporte del Dr. Terzaghi se calcula el valor soporte del suelo.



## Método de capacidad soporte de Dr. Terzaghi

$$q_o = (0.45 \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma) + (1.3 \cdot C_u \cdot N_c) + (\gamma_s \cdot D \cdot N_q)$$

donde:

$q_o$  = Valor de esfuerzo límite.

$C_u$  = Coeficiente de Cohesión del suelo.

$\Phi$  = Ángulo de fricción interna.

$N_c$  = Factor de capacidad de carga debido a la cohesión.

$\gamma_s$  = Peso específico del suelo.

$D_c$  = Desplante del cimiento.

$N_q$  = Factor de capacidad de carga debido a la sobre carga.

$B$  = Base de la zapata.

$N_\gamma$  = Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo.

$F_s$  = Factor de seguridad.

datos:

$$C_u = 3.6 \text{ T/m}^2$$

$$\Phi = 20.06^\circ$$

$$\gamma_s = 1.92 \text{ T/m}^3$$

$$D_c = 1.00 \text{ m}$$

$$B = 1.20 \text{ m}$$

$$F_s = 3$$

El primer paso es convertir el ángulo de fricción interna de grados a radianes.

$$\Phi_{rad} = \frac{\Phi \cdot \pi}{180}$$

$$\Phi_{rad} = \frac{20.06 \cdot \pi}{180} = 0.35 \text{ rad}$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobre carga ( $N_q$ )

$$N_q = \frac{e((3/2)\pi - \Phi_{rad}) \cdot \tan \Phi}{2 \cos^2 \cdot (45 + \Phi/2)}$$

$$N_q = \frac{e((3/2)\pi - 0.35) \cdot \tan 20.06^\circ}{2 \cos^2 \cdot (45 + 20.06^\circ/2)} = 7.48$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la cohesión ( $N_c$ )

$$N_c = \cot \Phi \cdot (N_q - 1)$$

$$N_c = \cot 20.06^\circ \cdot (7.48 - 1) = 17.74$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido al peso del suelo ( $N_\gamma$ )

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \Phi$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (7.48 + 1) \cdot \tan 20.06^\circ = 6.19$$

Calculando el valor de esfuerzo límite ( $q_o$ )

$$q_o = (0.45 \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma) + (1.3 \cdot C_u \cdot N_c) + (\gamma_s \cdot D_c \cdot N_q)$$

$$q_o = (0.45 \cdot 1.92 \cdot 1.20 \cdot 6.19) + (1.3 \cdot 3.6 \cdot 17.74) + (1.92 \cdot 1 \cdot 7.48) = 103.80$$

Calculando el valor soporte del suelo en estudio ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{q_o}{F_s}$$

$$V_s = \frac{103.80}{3} = 34.60 \text{ T/m}^2$$

### **2.1.2.2 Dimensiones y Área del terreno**

Como se mencionó anteriormente, el edificio escolar de dos niveles, servirá de complemento al conjunto de aulas con que cuenta el establecimiento actualmente. Las dimensiones del terreno disponible son:

Largo: 38 metros (m)

Ancho: 13 metros (m)

Área 494 metros cuadrado ( $\text{m}^2$ )

### **2.1.2.3 Normas para el diseño de edificios educativos**

En el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, se describen los criterios utilizados para espacios educativos, siendo los de Aula Teórica los que mejor se adaptan al diseño de este tipo de edificios.

Se denominan espacios educativos a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación, el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades. Por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el reglamento se describen como espacios educativos característicos a los siguientes: aula teórica, aula unitaria, aula de proyecciones y la economía doméstica. Los criterios que se describen a continuación son los de aula teórica que son los más adecuados para este tipo de edificaciones y tienen como función proveer a los maestros y alumnos un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza – aprendizaje. Los criterios de aula teórica se detallan de forma general a continuación:

- La capacidad óptima en el área básica es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de 1.50 m<sup>2</sup>, pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de 1.30 m<sup>2</sup>.
- Para la superficie total del aula debe considerarse el caso crítico, es decir, cuando se da la capacidad máxima de alumnos. Pero podrá ser diseñada de acuerdo a los requerimientos existentes.
- La forma del aula podrá ser cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda en 1.5 el lado menor.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno sentado frente al pizarrón.

- La distancia máxima desde la última fila hasta el pizarrón será de 8 metros; y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, será como máximo de 30°.

#### **2.1.2.3.1 Criterios generales**

Son todos los aspectos importantes que se toman para el diseño, se puede mencionar: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, color de los acabados, etc.

#### **2.1.2.3.2 Criterios de conjunto**

##### **Conjunto arquitectónico**

Se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir, y se debe diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.

##### **Emplazamiento**

Un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en la planta baja no exceda el 40% del área total del terreno.

## **Orientación del edificio**

La correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas.

## **Superficie y altura del edificio**

La superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

### **2.1.2.3.2.1 Criterios de iluminación**

#### **Generalidades de la iluminación en el edificio**

La iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor 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.

### **Tipos de iluminación**

La iluminación puede ser natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas se conoce como unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, aceptados para los centros educativos, se describen a continuación

- Iluminación natural: el diseño de ventanas para iluminación debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.
- Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser del 25% al 30% del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a una distancia de 2.5 veces la altura del muro donde están las ventanas.
- Iluminación natural bilateral: las ventanas en los muros del fondo ayudaran a mejorar las condiciones de iluminación siempre y cuando éstas den al exterior. Este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula.
- La Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural. Como se requiere iluminación nocturna en algunas áreas se debe considerar iluminar los ambientes de forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales y deberá ser difusa para que no moleste la vista.

### **2.1.2.3.2 Instalaciones**

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas. En su diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación.
- Capacidad adecuada para prestar el servicio.
- Servicio constante.
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales.

### **2.1.2.3.3 Otros criterios**

#### **Ventilación**

La ventilación debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.

#### **Criterios de color**

El color es uno de los elementos que evitan la reverberación y sobre todo ayudan a optimizar la iluminación natural. Se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca. Los colores deben dar un efecto tranquilizante.



## **Confort acústico**

Es muy importante en un centro de esta categoría, pues los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico de los estudiantes. Para que exista un confort acústico es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes. Los ruidos en un aula pueden provenir del exterior, del centro de ambientes vecinos o del interior; para prevenirlos y así lograr las condiciones acústicas óptimas, se pueden tomar las precauciones siguientes:

- Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, pero de no ser posible esto, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
- Para disminuir el ruido interno del ambiente, construir con materiales porosos, ya que estos absorben el ruido, también las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

### **2.1.2.4 Diseño arquitectónico**

Diseño es el arte de ordenar y componer elementos de la misma clase para formar un todo, con un sentido o un fin determinado.

El Diseño arquitectónico se ocupa de todo lo relacionado con la proyección y la construcción de edificios y obras de ingeniería, ambientación y decoración de edificios, parques y jardines, y elementos urbanos.

### **2.1.2.5 Ubicación de edificio en terreno**

El edificio se construirá en terreno de la actual escuela de la aldea Limones, el proyecto es una ampliación al establecimiento existente. (Ver apéndice)

### **2.1.2.6 Sistema estructural a utilizar**

Un sistema estructural deriva su carácter único en cierto número de consideraciones estudiadas por separado

- Funciones estructurales específicas de resistencia a la compresión, resistencia a la tensión; para cubrir claros horizontales, verticales o en voladizo.
- El o los materiales de los elementos
- La forma y unión de los elementos
- La forma de apoyo de la estructura
- Las condiciones específicas de carga
- Las consideraciones de usos impuestas
- Las propiedades de los materiales, procesos de producción y la necesidad de funciones especiales como desarmar o mover

Existen características para calificar los sistemas disponibles que satisfagan una función específica.

- Economía
- Necesidades estructurales especiales
- Problemas de diseño
- Problemas de construcción
- Material y limitación de escala

## **Clasificación de los sistemas estructurales**

### **Estructuras macizas**

Son aquellas en las que la resistencia y la estabilidad se logran mediante la masa, aun cuando la estructura no se completamente sólida.

### **Estructuras reticulares**

Consiste en una red de elementos ensamblados

### **Estructuras superficiales**

Pueden tener alto rendimiento debido a su función doble como estructura y envolvente, pueden ser muy estables y fuertes.

## **Tipos de sistemas Estructurales**

- Muros estructurales
- Sistemas de postes y vigas
- Sistemas para cubrir claros planos
- Sistema de arco, bóveda y cúpula
- Sistema de marcos rígidos

El sistema de marcos rígidos es el que se utilizará para este proyecto y se dice que cuando los elementos de un marco lineal están sujetos rígidamente, es decir, cuando las juntas son capaces de transferir flexión entre los miembros, es sistema asume un carácter particular. Si todas las juntas son rígidas, es imposible cargar algunos de los miembros transversalmente sin provocar la flexión de los demás.

### **2.1.3 Análisis estructural**

El análisis estructural es el proceso que se realiza para determinar como reaccionará una estructura ante los esfuerzos internos que actúan sobre ella; es decir, se determinan los efectos de las cargas aplicadas a una estructura.

#### **2.1.3.1 Pre-dimensionamiento estructural**

Pre-dimensionar la estructura es darle medidas preliminares a los elementos que la componen, los cuales serán utilizados para soportar cargas aplicadas en los mismos. Para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos que se describen a continuación:

## Losas

Lo que se calcula es el peralte (t) de ella. El método usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene. En este caso todas las losas están apoyadas en los cuatro lados; se tienen dos medidas de losas, por tanto, se toma la crítica y el peralte resultante se usa en ambas.

$$t_{losa} = \frac{(perimetro)}{180} = \frac{(4.45) \cdot (2) + (6.00) \cdot (2)}{180} = 0.01161 m$$

usar  $t_{losa} = 0.12 m$

## Columnas

El método que se utiliza para el predimensionamiento de columnas, calcula la sección y se basa en la carga aplicada a ésta. Para guardar simetría en las dimensiones de la columna se debe tomar la columna crítica, o sea, la que soporta mayor carga. La medida resultante de esta columna se aplica a las demás columnas. Para este cálculo, usaremos:

$$P = 0.8 \cdot (0.225 \cdot F'c \cdot Ag + Fy \cdot As)$$

$$As \text{ oscila entre: } 1\% Ag \leq As \leq 8\% Ag$$

donde:

P = Carga puntual

F'c = Resistencia del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)

Fy = Resistencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>)

As = Área de Acero

Ag = Área gruesa (Área de sección de columna)

$$P = (\text{área tributaria}) (\gamma_{\text{concreto}}) (t_{\text{losa}}) = (18.60 \text{ m}^2) (2400 \text{ kg/m}^3) (0.12 \text{ m})$$

$$P = 5356.00 \text{ Kg.}$$

Usando un As de 0.01 Ag entonces queda

$$5356 = 0.80 \cdot [(0.225 \times 210 \times Ag) + (2810 \times 0.01 Ag)]$$

$Ag = 88.55 \text{ cm}^2$ ; Según el código ACI, la sección mínima para columnas debe ser de 20 cm. x 20 cm. = 400 cm<sup>2</sup>, pero por seguridad se propone una sección de 30 cm. x 30 cm. = 900 cm<sup>2</sup>.

## Vigas

El método utilizado para el predimensionamiento de vigas, determina su peralte, el cual depende de la luz que cubran las mismas. La base de la viga queda a criterio del diseñador, en este caso se utiliza el ancho de las columnas. El predimensionamiento se realiza para la viga crítica, es decir la de mayor longitud, quedando las demás con igual sección. La forma en que se calcula el peralte (T) es la siguiente:

$$T_{\text{viga}} = (\text{luz libre de viga}) \times 0.08 \quad \text{o} \quad T_{\text{viga}} = \frac{L}{18.5} \quad (\text{según ACI})$$

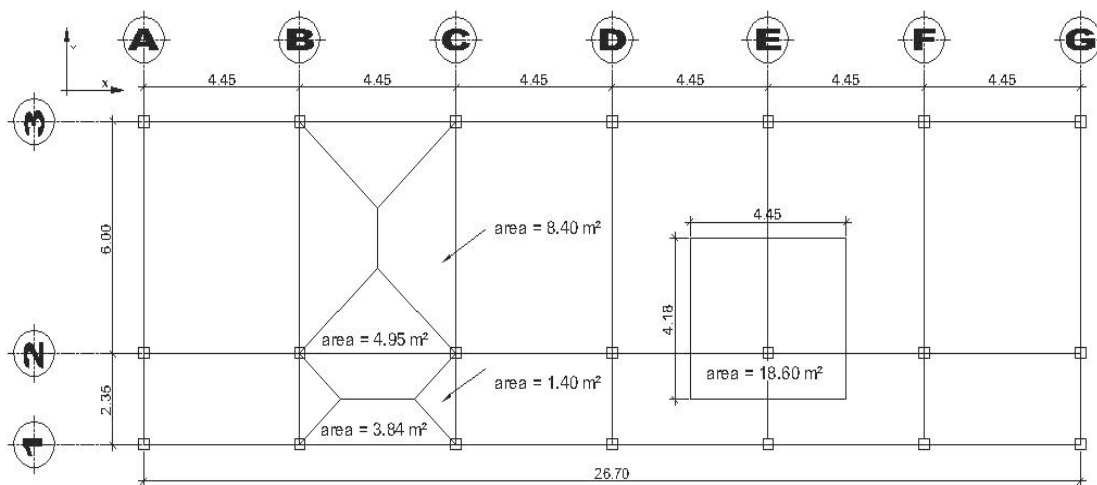
$$T_{\text{viga}} = (6.00 \text{ m}) \times 0.08 = 0.48 \text{ m} \approx 0.50 \text{ m}$$

$$T_{\text{viga}} = \frac{6.00 \text{ m}}{18.5} = 0.32 \text{ m}$$

Se utilizará  $T_{\text{viga}} = 0.45$ , por cumplir con las especificaciones descritas en el código ACI.

A continuación se presentan la figura 1, que muestra la planta de distribución de columnas y vigas con sus respectivas áreas tributarias, de la edificación escolar que se analiza y diseña estructuralmente en el resto del capítulo.

**Figura 2. Planta típica para edificación escolar**

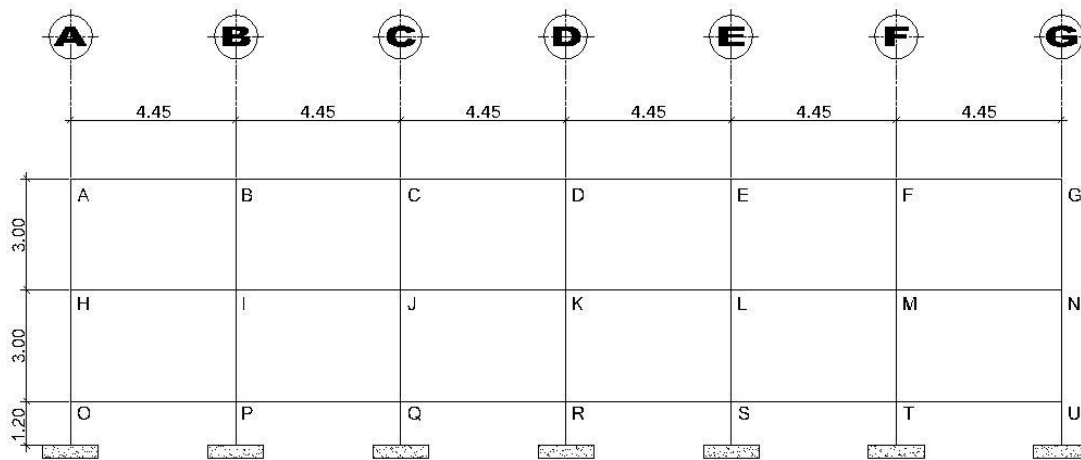


### 2.1.3.2 Modelos matemáticos de marcos rígidos

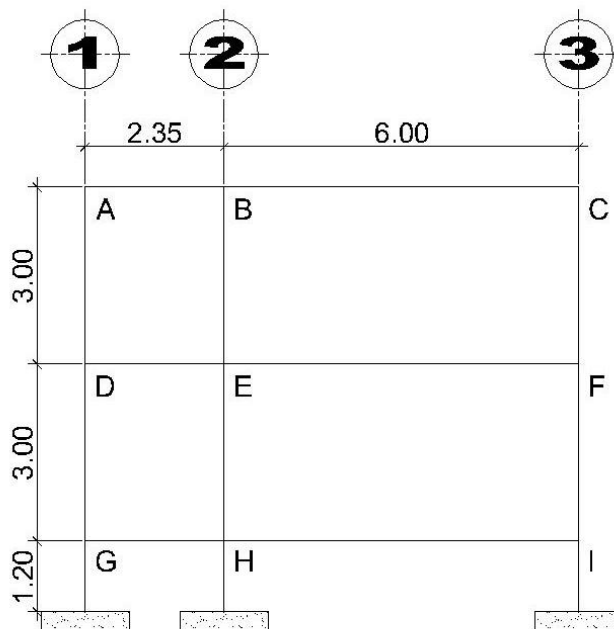
El modelo matemático de un marco rígido, es una gráfica que representa tanto la forma como las cargas que soporta un marco y sirve para hacer el análisis estructural del mismo.

En este caso, por similitud de marcos rígidos, en geometría y en las cargas aplicadas, se analizan únicamente los críticos en los sentidos X y Y, ver figuras 2 y 3.

**Figura 3. Marco rígido típico de edificación, sentido X**



**Figura 4. Marco rígido típico de edificación, sentido Y**





### **2.1.3.3 Cargas aplicadas a marcos rígidos**

Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden dividirse en tres grandes categorías: cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales. Las cargas muertas son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida de la estructura. Generalmente la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura. Esta puede calcularse con buena aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material.

Las cargas vivas consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios. Estas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

Las cargas ambientales consisten principalmente en cargas de presión y succión de viento, cargas sísmicas (fuerzas inerciales causadas por movimientos sísmicos), presiones de suelo en las porciones subterráneas de estructuras. Al igual que las cargas vivas, las cargas ambientales son inciertas tanto en magnitud como en distribución.

### 2.1.3.3.1 Cargas verticales

Los valores, que se usan en este caso para las cargas verticales, son los siguientes:

#### Carga muerta

Peso del concreto = 2,400 Kg/m<sup>3</sup>

Peso de acabados = 80 Kg/m<sup>2</sup>

Peso de muros = 210 Kg/m<sup>2</sup>

#### Carga viva

En techo = 100 Kg/m<sup>2</sup>

En aulas = 300 Kg/m<sup>2</sup>

En Pasillos = 400 Kg/m<sup>2</sup>

Las cargas linealmente distribuidas que se utilizan para realizar el análisis estructural, se calculan tomando en cuenta los valores anteriores, la geometría de la planta y siguiendo el procedimiento siguiente:

#### Marco rígido típico sentido X:

$$\text{Nivel 1} \quad CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{losa}} = \frac{(4.95 + 3.84) \times (0.12) \times (2400)}{4.15} = 610.00 \text{ Kg / m}$$

$$W_{\text{vigas}} = 0.45 \times 0.30 \times 2400 = 324 \text{ Kg / m}$$

$$W_{\text{muros}} = 4.15 \times 210 = 871.50 \text{ Kg / m}$$

$$W_{\text{acabados}} = \frac{(4.95 + 3.84) \times 80}{4.15} = 169.44 \text{ Kg / m}$$

$$CM = 610.00 + 324.00 + 871.50 + 169.44 = 1974.94 \text{ Kg/m}$$

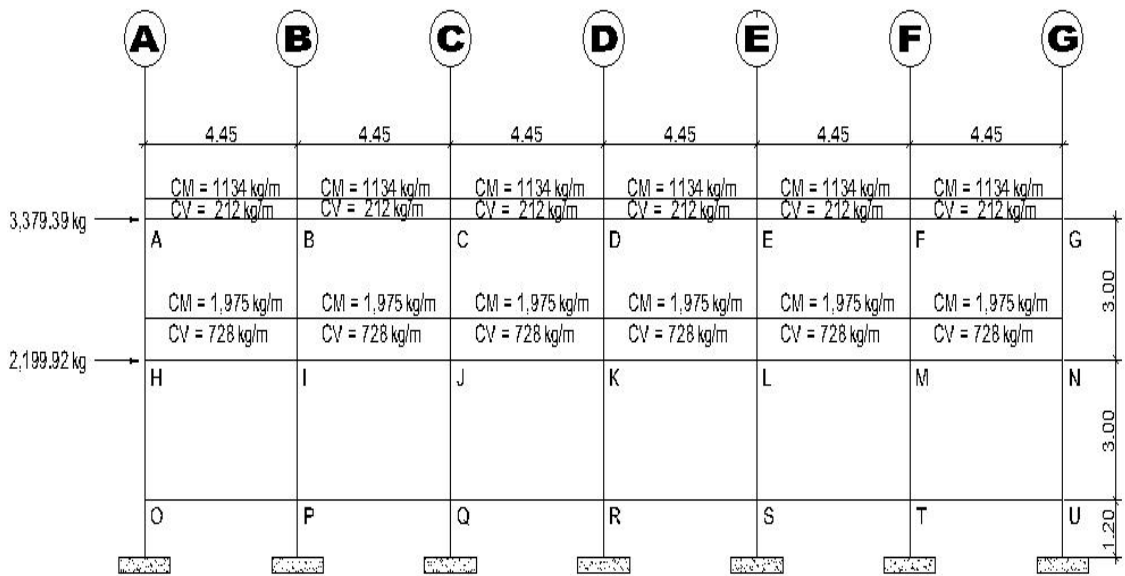
$$CV = W_{\text{aula}} + W_{\text{pasillo}}$$

$$CV = \frac{4.95 \times 300}{4.15} + \frac{3.84 \times 400}{4.15} = 727.95 \text{ Kg / m}$$

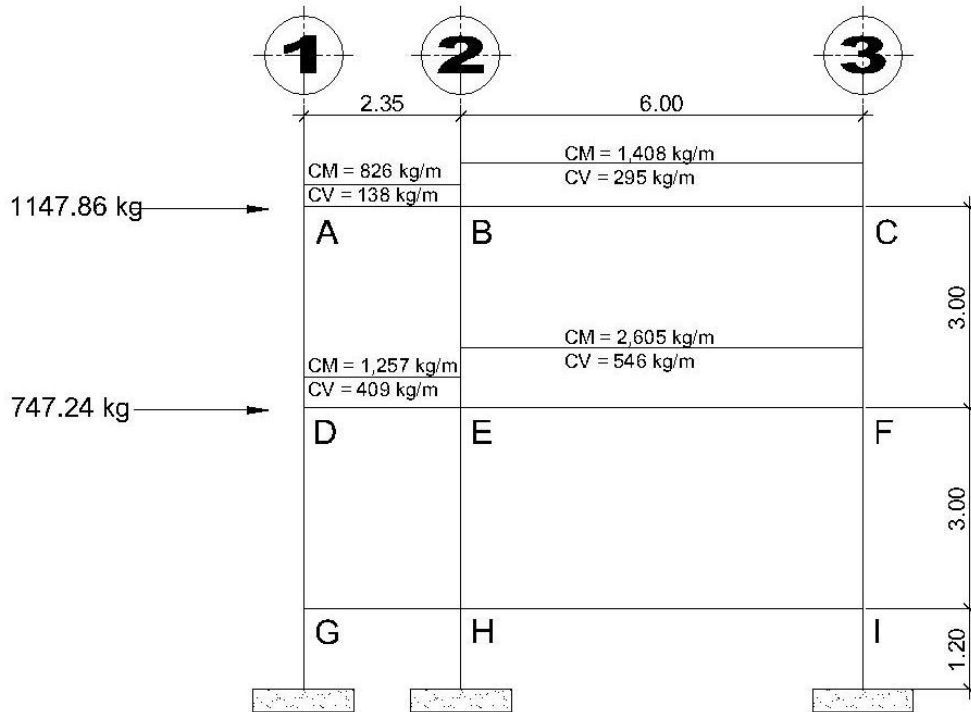
**Nivel 2**      CM = 1103.44 Kg/m  
                   CV = 211.80 Kg/m

Los valores de cargas distribuidas, tanto en el sentido X como en el sentido Y, que se observan en los marcos rígidos típicos de las figuras 4 y 5, fueron calculados usando el procedimiento anterior.

**Figura 5. Modelo matemático, marco rígido típico sentido X**



**Figura 6. Modelo matemático, marco rígido típico sentido Y**



### 2.1.3.3.2 Cargas horizontales

Las fuerzas horizontales a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio son: de viento y de sismo. En el análisis estructural regularmente se considera una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Para este caso, se diseñará el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método SEAOC, ya que en Guatemala es un país con alto riesgo sísmico.

Desde el punto de vista de las estructuras, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

### **Método SEAOC aplicado a la edificación**

#### **Corte basal (V):**

Es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base. Para obtener su valor se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = Z \cdot I \cdot C \cdot S \cdot K \cdot W$$

Donde:

Z = coeficiente que depende de la zona (Z=0.40; zona de alto riesgo sísmico)

I = coeficiente de importancia de la obra (I = 1, para escuelas)

C = coeficiente que depende del periodo natural de vibración

$$C = \frac{1}{15 \times T^{1/2}} \quad C < 0.12; \text{ si } C > 0.12 \text{ se debe usar } 0.12$$

$$T = 0.12 \times \frac{H}{B^{1/2}} \quad H = \text{altura del edificio (m)}$$

B = base del edificio a rostros exteriores con dirección del análisis (m)

K = factor que refleja la ductilidad de la estructura (K = 0.67)

S = coeficiente que depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1.50 El valor de  $C * S \leq 0.14$ , si el producto de estos coeficientes exceden este valor, tomar  $C * S = 0.14$

W = peso propio de la estructura mas 25% de las cargas vivas

➤ Cálculo del peso propio de la estructura (W)

$$W = W_{\text{nivel 1}} + W_{\text{nivel 2}}$$

$$W_{\text{nivel 1}} = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{columnas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + 0.25 \text{ carga viva}$$

$$W_{\text{nivel 1}} = 190,470.16 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{nivel 2}} = 170,676.96 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{edificio}} = 190,470.16 + 170,676.96 = 361,147.12 \text{ Kg}$$

➤ Cálculo de C

$$T_y = \frac{0.12 \times 7.20}{\sqrt{8.35}} = 0.30$$

$$C_y = \frac{1}{15 \times \sqrt{0.30}} = 0.12$$

$$T_x = \frac{0.12 \times 7.20}{\sqrt{26.70}} = 0.17$$

$$C_x = \frac{1}{15 \times \sqrt{0.17}} = 0.16$$

Chequeo de  $C * S \leq 0.14$

$$C_x * S = (0.16) (1.50) = 0.24$$

$$C_y * S = (0.12) (1.50) = 0.18$$

Como ambos productos no cumplen, usar entonces  $C * S = 0.14$ . Entonces sustituyendo todos los valores obtenidos en la ecuación de corte basal tenemos

$$V = V_x = V_y = (0.40) (1.00) (0.14) (0.67) (361,147.12)$$

$$V = 13,550.24 \text{ Kg}$$

### **Fuerzas por nivel**

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) \times W \times H_i}{\sum W_i \times H_i}$$

Donde:

$F_{ni}$  = fuerza por nivel

$V$  = corte basal

$F_t$  = fuerza de techo, cuando  $T$  (periodo natural del vibración) es menor que 0.25,  $F_t = 0$ ; cuando  $T \geq 0.25$ ,  $F_t = (0.07) (T) (V)$

$W$  = peso propio de la estructura más 25% de la carga viva

$W_i$  = peso propio de la estructura más 25% de la carga viva por nivel

$H_i$  = altura medida desde la cimentación al nivel considerado

➤ **Fuerza por nivel respecto a Y**

$F_t$ , cuando  $T_y = 0.30 > 0.25$

$$F_t = (0.07) (0.30) (13,550.24) = 284.55 \text{ Kg}$$

$$\text{Nivel 1 } F_{n1} = \frac{(13,550.24 - 284.55) \times 190,470.16 \times 4.20}{(190,470.16 \times 4.20) + (170,676.96 \times 7.20)} = 5,230.66 \text{ Kg}$$

$$\text{Nivel 2 } F_{n2} = \frac{(13,550.24 - 284.55) \times 170,676.96 \times 7.20}{(190,470.16 \times 4.20) + (170,676.96 \times 7.20)} = 8,035.03 \text{ Kg}$$

➤ **Fuerza por nivel respecto a X**

Como  $T_x = 0.17 < 0.25$ ; entonces  $F_t = 0$

$$\text{Nivel 1 } F_{n1} = \frac{(13,550.24 - 0) \times 190,470.16 \times 4.20}{(190,470.16 \times 4.20) + (170,676.96 \times 7.20)} = 5,342.86 \text{ Kg}$$

$$\text{Nivel 2 } F_{n2} = \frac{(13,550.24 - 0) \times 170,676.96 \times 7.20}{(190,470.16 \times 4.20) + (170,676.96 \times 7.20)} = 8,207.38 \text{ Kg}$$



## Fuerzas por marco

Para su cálculo se utilizarán las siguientes ecuaciones:

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

$$FM' = \frac{R \times F_{ni}}{\sum R_i}$$

$$FM'' = \frac{e \times F_{ni}}{\frac{\sum R_i \times d_i^2}{R_i \times d_i}}$$

$$CR = \frac{\sum R \times d_i}{\sum R_i}$$

$$e = C_m - CR; \quad e_{\text{mínimo}} = (0.05) \times \text{altura del edificio}$$

Donde:

FM= fuerza por marco

$R_i$  = rigidez del marco

$d_i$  = distancia de CR a marco considerado

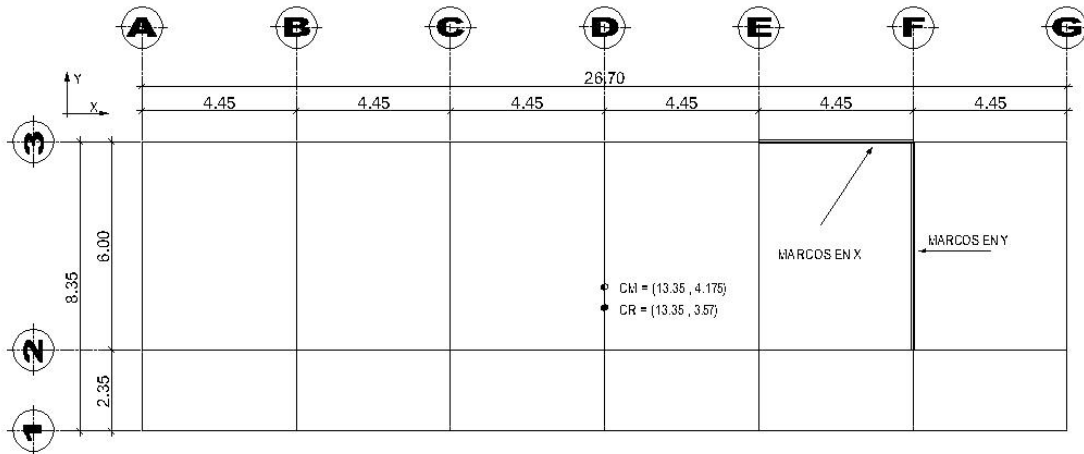
e = excentricidad

$C_m$  = centro de masa

CR = centro de rigidez

La figura 7 muestra la planta de distribución de marcos, la cual servirá para calcular el centro de rigidez, centro de masa, excentricidad y la distancia del centro de rigidez al marco considerado.

**Figura 7. Planta típica de distribución de marcos rígidos**



**Cálculo de fuerza por marco en el sentido X**

$$CR = \frac{1 \times 8.35 + 1 \times 2.35}{3 \times 1} = 3.57 \text{ m}$$

$$Cm = \frac{6.00 + 2.35}{2} = 4.175 \text{ m}$$

$$e = 4.175 - 3.57 = 0.61 \text{ m}$$

$$e_{\text{mínimo}} = 0.05 \times 7.20 = 0.36 \text{ m}$$

Se toma el valor máximo que es de = 0.61

➤ **Fuerza para marco 3 del Nivel 1, sentido X**

$$FM'_3 = \frac{1 \times 5,342.86}{3} = 1,780.95 \text{ Kg} = FM'_2 = FM'_1$$

$$FM''_3 = \frac{0.61 \times 5,342.86}{\frac{37.08}{4.78}} = 418.97 \text{ Kg}$$

$$FM_3 = 1,780.93 + 418.97 = 2,199.92 \text{ Kg}$$

➤ **Fuerza para marco 3 del Nivel 2, sentido X**

$$FM'_3 = \frac{1 \times 8,207.38}{3} = 2,735.79 \text{ Kg} = FM'_2 = FM'_1$$

$$FM''_3 = \frac{0.61 \times 8,207.38}{\frac{37.08}{4.78}} = 643.60 \text{ Kg}$$

$$FM_3 = 2,735.79 + 643.60 = 3,379.39 \text{ Kg}$$

**Tabla III. Fuerzas por marco, en cada nivel, para marcos rígidos en el sentido X**

Marco	Ri	Di	Ri*di	Ri*di^2	FM'	FM''	FM n1	FM'	FM''	FM n2
3	1	4.78	4.78	22.85	1780.95	418.97	2199.92	2735.79	643.60	3379.39
2	1	-1.22	-1.22	1.49	1780.95	-106.93	1674.02	2735.79	-164.27	2571.53
1	1	-3.57	-3.57	12.74	1780.95	-312.91	1468.04	2735.79	-480.68	2255.11

37.08

### **Cálculo de fuerza por marco en el sentido Y**

Centro de masa =  $C_m = 13.35$  m

Centro de rigidez =  $C_R = 13.35$  m

Excentricidad =  $e = C_m - C_R = 13.35 - 13.35 = 0$ ; Como la excentricidad es cero, entonces,  $FM'' = 0$  y  $FM = FM'$  en todos los marcos.

#### **➤ Fuerza para marco A del nivel 1, sentido Y**

$$FM = FM' = \frac{1 \times 5,230.66}{7 \times 1} = 747.24 \text{ Kg}$$

#### **➤ Fuerza para marco A del nivel 2, sentido Y**

$$FM = \frac{1 \times 8,035.03}{7 \times 1} = 1,147.86 \text{ Kg}$$

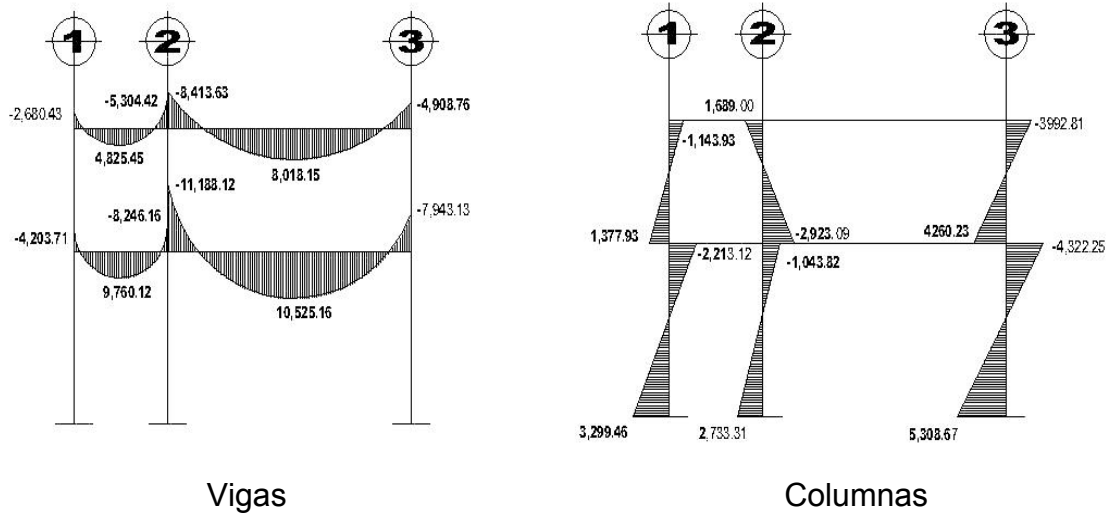
### **2.1.3.3.3 Análisis de marcos rígidos con el programa ETABS**

En la actualidad, el uso de programas de computación en el proceso de análisis y diseño en ingeniería se ha hecho muy común por la utilidad y facilidad con que se tienen resultados, por eso para el cálculo del análisis estructural de este proyecto se ha usado el software ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building System*) es un programa de análisis y diseño estructural para edificaciones basado en el método de los elementos finitos.

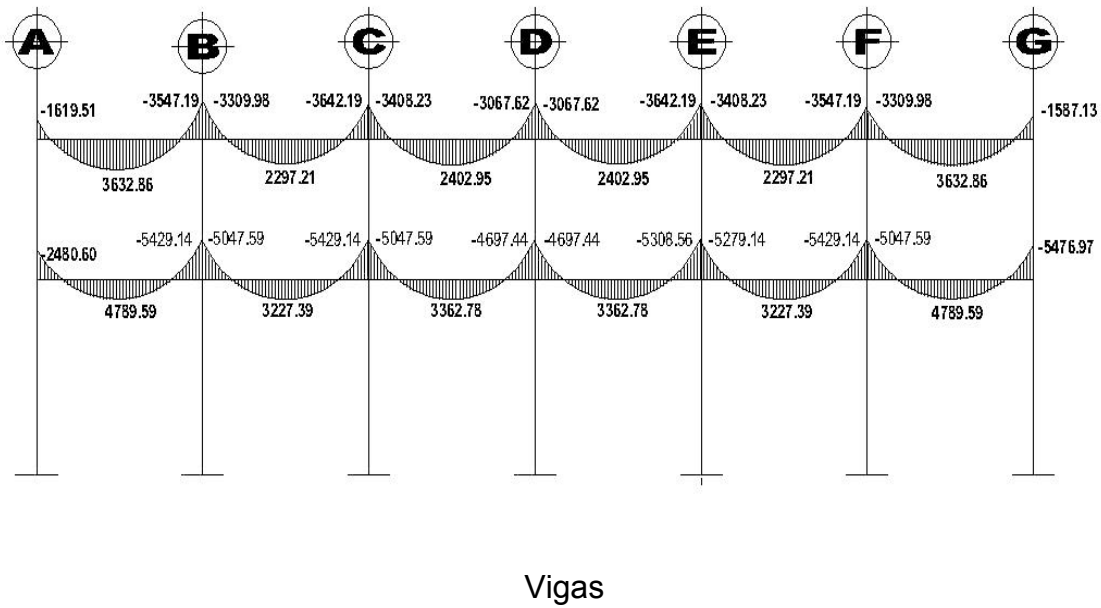
Este software brinda de forma fácil y precisa una serie de resultados, los cuales se presentan en forma rápidamente entendible por el ingeniero civil, de acuerdo a cada elemento de la estructura tales como vigas, columnas, etc. En cuanto al ingreso de datos, se enfoca en trabajar con términos propios a los edificios, pues el modelo se hace a partir de pisos, vanos, ejes de columnas, muros, en lugar de nudos y elementos genéricos.

A continuación se presentan los diagramas de momentos para cargas vivas, muertas y fuerzas sísmicas en vigas y columnas, obtenidos por el análisis estructural realizado por el programa ETABS.

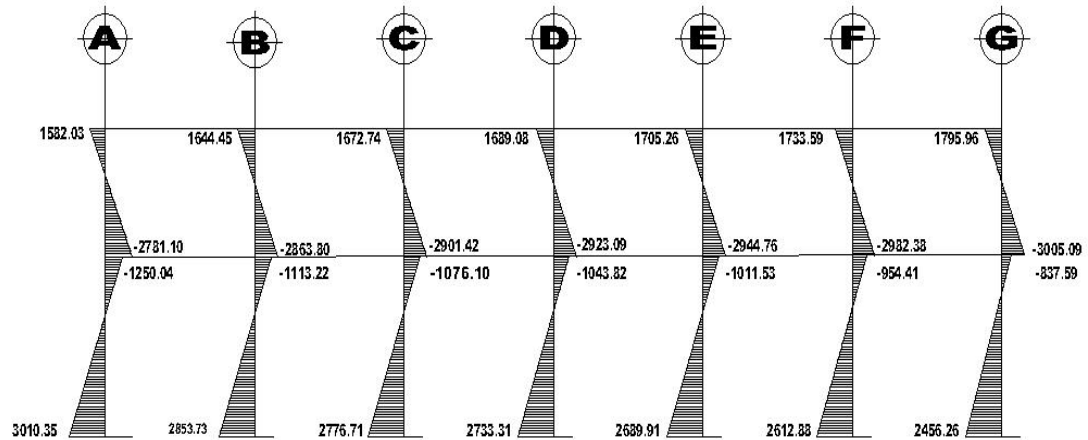
**Figura 8. Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido sentido Y**



**Figura 9. Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido sentido X**

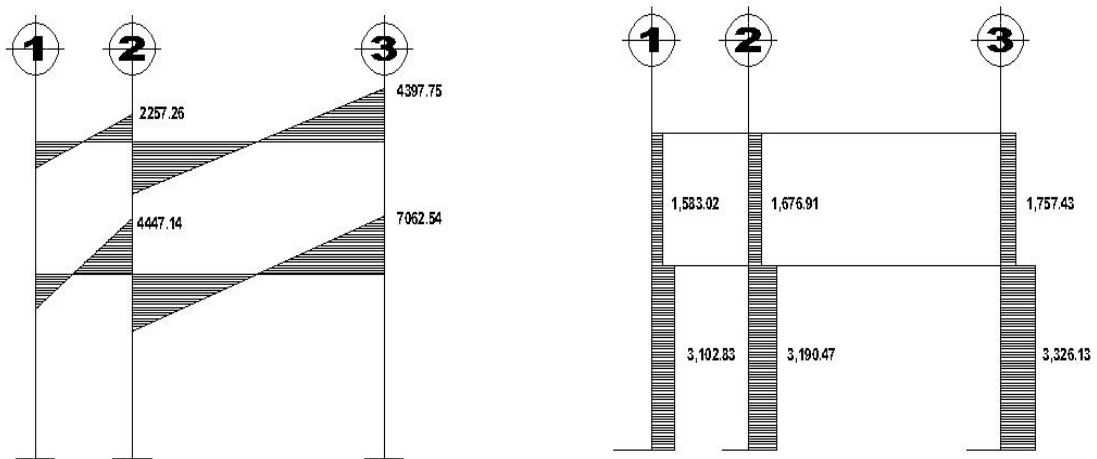


Continuación figura 9.



Columnas

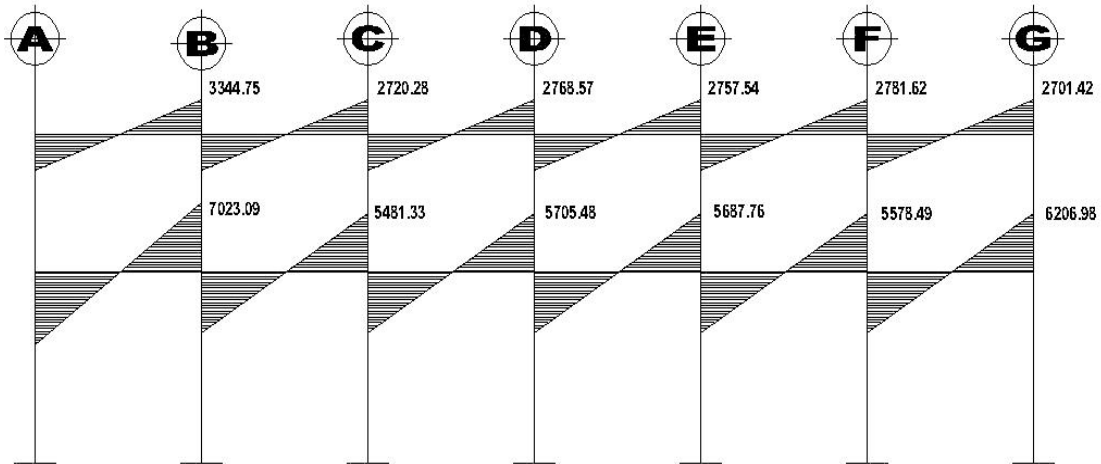
Figura 10. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido sentido Y



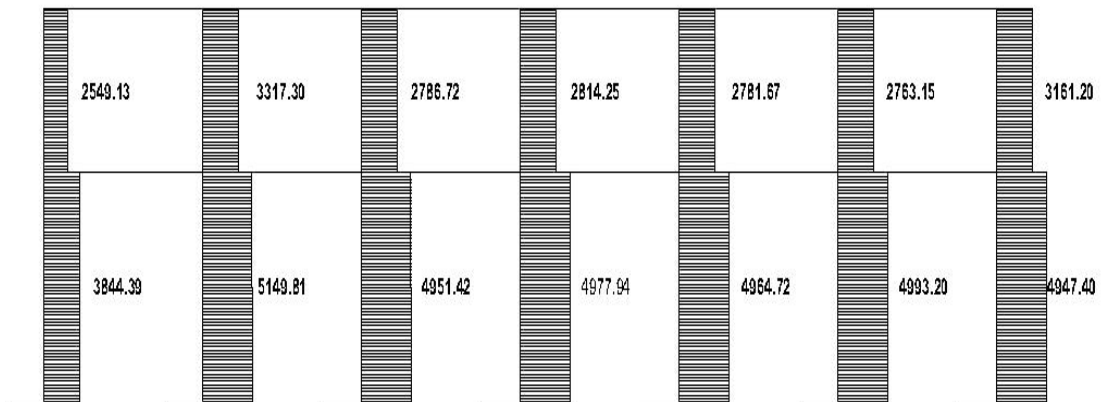
Vigas

Columnas

**Figura 11. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas (kg-m), marco rígido sentido X**



Vigas



Columnas



## 2.1.4 Diseño estructural

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

Para el diseño estructural de esta edificación, se usan los siguientes datos generales:

### ➤ Materiales

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

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_{\text{concreto}} = 2,400 \text{ kg/m}^3$$

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

$$E_c = 15,100 * (F'_c)^{1/2} \text{ kg/cm}^2$$

$$W_s = 1,500 \text{ kg/m}^3$$

### ➤ Recubrimiento de elementos

$$\text{Cimientos} = 0.075 \text{ m}$$

$$\text{Vigas} = 0.04 \text{ m}$$

$$\text{Columnas} = 0.03 \text{ m}$$

$$\text{Losas} = 0.025 \text{ m}$$

### 2.1.4.1 Losas

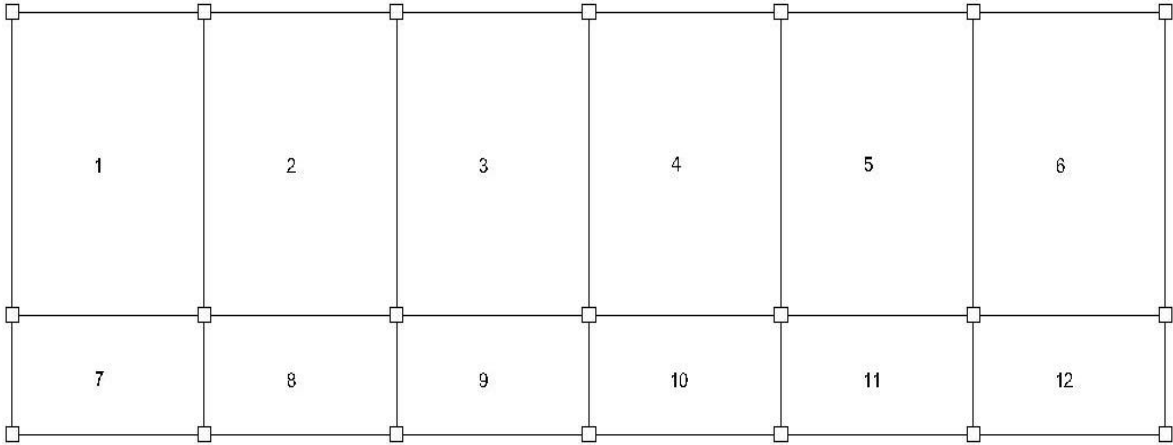
Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión.

Por su espesor, pueden dividirse en: cascarones ( $t < 0.09$ ), planas ( $0.09 < t < 0.12$ ) y nervuradas ( $t > 12$ ). Para diseñarlas, existen varios métodos, en este caso se utiliza el método 3 del ACI descrito en la sección siguiente:

**Losas del primer nivel**

A continuación se detalla el procedimiento seguido para el diseño de losas que se utilizarán en la edificación escolar. El espesor de la losa ( $t$ ) es de 0.12 m , los datos geométricos se presentan en la siguiente figura.

**Figura 12. Planta de distribución de losas**



## Cálculo de la carga última o carga de diseño

Para este cálculo se utilizarán los siguientes valores de carga y viva y carga muerta

### Carga muerta

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

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

Peso en muros =  $150 \text{ kg/m}^2$

### Carga viva

En techos =  $200 \text{ kg/m}^2$

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

En aulas =  $300 \text{ kg/m}^2$

#### ➤ Losa en aulas (1 – 6)

$$C_u = 1.4 (2400 \cdot 0.12 + (90 + 150)) + 1.7 (300) = 1249.20 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño, se tomó una franja unitaria de 1 m

$$C_{u_u} = 1249.20 \text{ kg/m}^2$$

#### ➤ Losa en pasillos (7 – 12)

$$C_u = 1.4 (2400 \cdot 0.12 + 90 + 150) + 1.7 (500) = 1589.20 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño, se tomó una franja unitaria de 1 m de ancho, entonces:

$$C_{u_u} = 1589.20 \text{ kg/m}^2$$

Para determinar como trabaja cada losa se utiliza la siguiente ecuación:

$M = a/b$  si  $M \geq 0.5$  la losa se diseña en dos sentidos

Donde: a lado corto de la losa  
b lado largo de la losa

$$M = 4.45/6.00 = 0.74; \quad 0.74 \geq 0.5$$

$$M = 2.35/4.45 = 0.53; \quad 0.53 \geq 0.5$$

Ambos tipos de losa se diseñaran en dos sentidos.

### **Momentos actuantes**

Fórmulas:  $M_{(-)} = C * C_{u} * a^2$   
 $M_{(+)} = C * C_{Mu} * a^2 + C * C_{Vu} * a^2$

Donde: C coeficiente de tablas del ACI  
a dimensión del lado considerado de la losa  
C<sub>Mu</sub> carga muerta última  
C<sub>Vu</sub> carga viva última

#### ➤ **Cargas últimas**

$$C_{Vu} = 1.7 * (300) * 1.00 \text{ m} = 510 \text{ kg/m} \quad (\text{en aulas})$$

$$C_{Vu} = 1.7 * (500) * 1.00 \text{ m} = 850 \text{ kg/m} \quad (\text{en pasillos})$$

$$C_{Mu} = 1.4 * (2400 * 0.12 + 90 + 150) * 1.00 \text{ m} = 739.20 \text{ kg/m}$$

➤ **Losa 1 (caso 4)**

$$M_{a(-)} = C_{a(-)} * C_{u_u} * a^2$$

$$M_{a(-)} = 0.076 * 1249.20 * (4.45)^2 = 1,880.03 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0.024 * 1249.20 * (6.00)^2 = 1,079.31 \text{ kg-m}$$

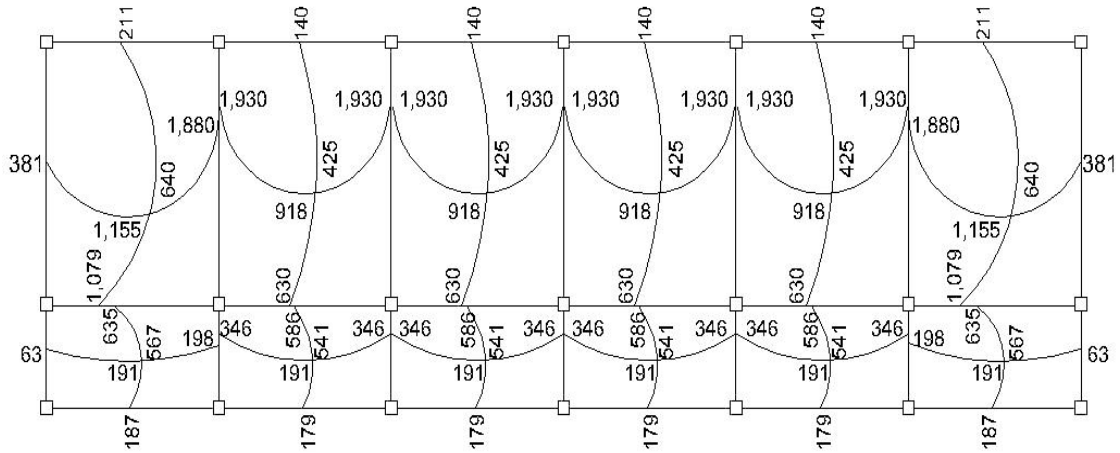
$$M_{a(+)} = C_{a(-)} * C_{M_u} * a^2 + C * C_{V_u} * a^2$$

$$M_{a(+)} = 0.043 * 739.20 * (4.45)^2 + 0.052 * 510 * (4.45)^2 = 1,154.59 \text{ kg-m}$$

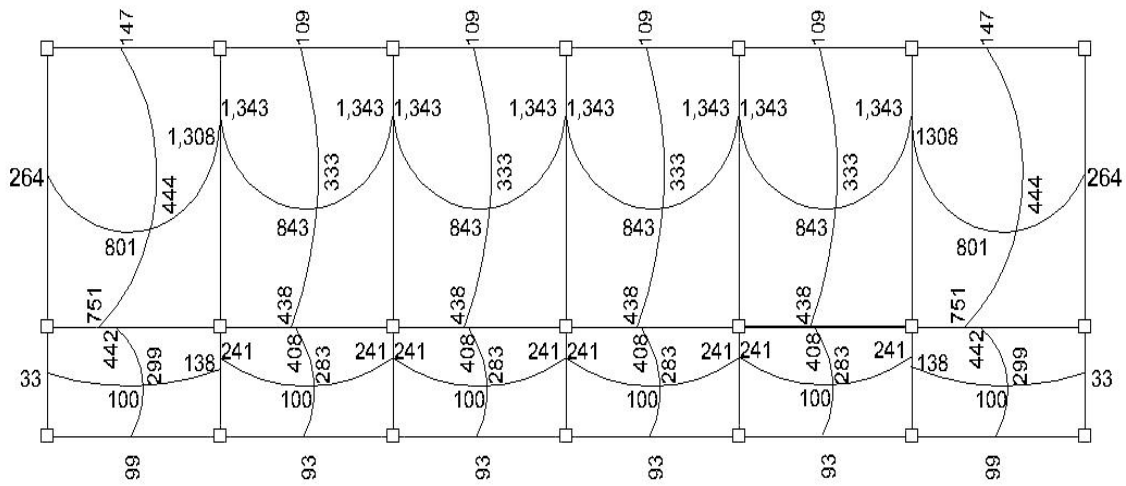
$$M_{b(+)} = 0.013 * 739.20 * (6.00)^2 + 0.016 * 510 * (6.00)^2 = 639.71 \text{ kg-m}$$

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos en todas las losas.

**Figura 13. Distribución de momentos en losas nivel 1 y nivel 2 (kg-m)**



1er. nivel



2do. nivel

## Balance de momentos

Cuando dos losas tienen un lado en común y tienen momentos diferentes, se deben balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar los refuerzos que requiere. Estos momentos se pueden balancear de la siguiente manera

$$\text{Si } 0.80 \cdot M_2 \leq M_1 \longrightarrow M_{\text{balanceado}} = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Siendo  $M_1$  = momento menor y  $M_2$  = momento mayor

Si  $0.80 \cdot M_2 > M_1 \longrightarrow$  se balancea proporcionalmente a su rigidez

$D_1$	$D_2$
$M_1 (+)$	$M_2 (-)$
$M_1 + (M_2 - M_1) \cdot D_1$	$M_2 - (M_2 - M_1) \cdot D_1$
$M_{\text{balanceado}}$	$M_{\text{balanceado}}$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}; \quad K_1 = \frac{1}{L_1}$$

Donde:

$M_1$  = momento menor

$M_2$  = momento mayor

$K_1$  y  $K_2$  = rigideces de losas 1 y 2

$D_1$  y  $D_2$  = factores de distribución de losas 1 y 2

➤ **Losa nivel 1, eje X**

$$M_1 = 1,880 \quad M_2 = 1,930$$

$$80\% \cdot M_2 = 1,544 < M_1$$

$$M_{\text{balanceado}} = \frac{1880 + 1930}{2} = 1,905 \text{ kg-m}$$

➤ **Losa nivel 1, eje Y**

$$M_1 = 635 \quad M_2 = 1,079$$

$$80\% \cdot M_2 = 863 > M_1$$

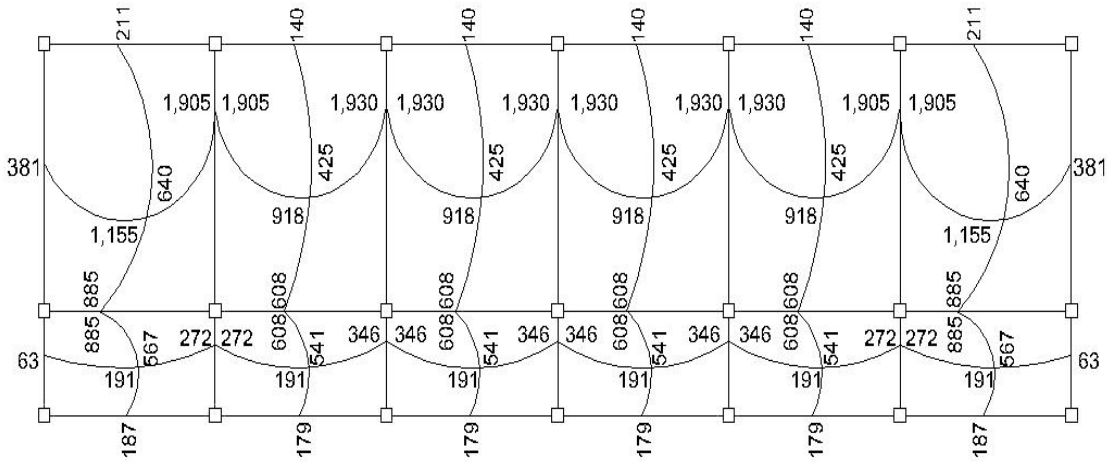
Se procede a hacer el balance proporcionalmente a su rigidez.

0.56	0.44
635	1079
$635 + (1079 - 635) \cdot 0.56$	$1079 - (1079 - 635) \cdot 0.44$
885	885

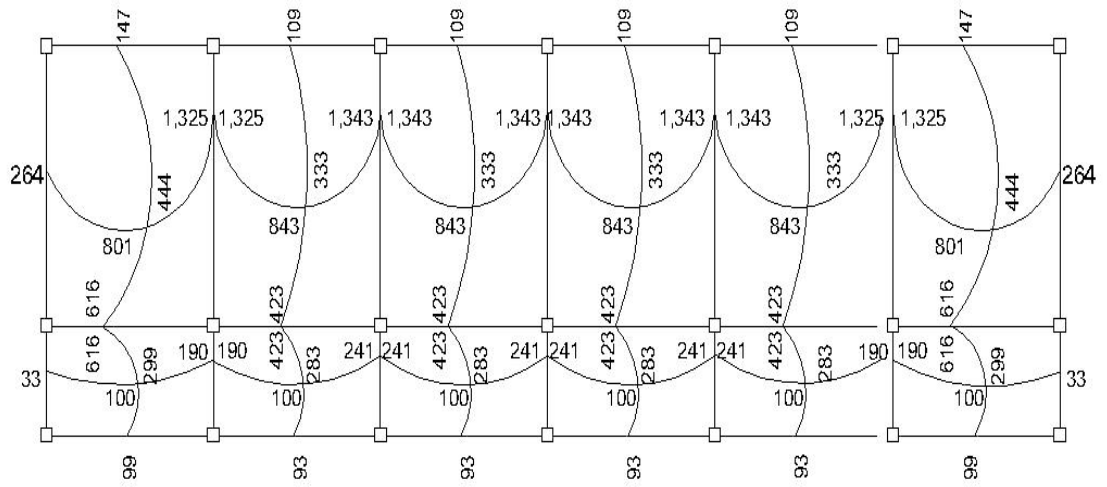
Los resultados del balance de momentos en todos los puntos necesarios pueden observarse en la figura 19. Con estos datos se calcula el acero de refuerzo necesario en losas.



**Figura 14. Planta de momentos balanceados en losas nivel 1 y nivel 2 (kg-m)**



1er. Nivel



2do. Nivel

## Diseño del acero de refuerzo

Para calcular el refuerzo de la losa, se usa el mismo procedimiento usado para el cálculo de una viga, tomando un ancho unitario de 1.00 metros.

### ➤ Cálculo de los límites de acero (losa 1)

$$d = t - \text{recubrimiento} = 12 \text{ cm} - 2.5 \text{ cm} = 9.5 \text{ cm}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.4 \cdot \left( \frac{14.1}{F_y} \right) \cdot b \cdot d$$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm (franja unitaria)}$$

$$d = t - \text{recubrimiento}$$

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

$$A_{s \text{ min}} = 0.4 \cdot \left( \frac{14.1}{2810 \text{ kg/cm}^2} \right) \cdot (100 \text{ cm}) \cdot (9.5 \text{ cm}) = 1.91 \text{ cm}^2$$

### ➤ Calculando espaciamiento asumiendo varilla No. 3

$$A_s = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$1.91 \text{ cm}^2 \text{ ————— } 100 \text{ cm.}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ ————— } S$$

$$S = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) \cdot (100 \text{ cm})}{1.91 \text{ cm}^2} = 37.17 \text{ cm}$$

Pero el espaciamiento de la armadura en las secciones no debe exceder dos veces el espesor de la losa según el código ACI 318 R-99, en el capítulo 13, sección 13.3.2

$$S_{\max} = (2) \cdot (t) = 2 \cdot 12 \text{ cm.} = 24 \text{ cm.}$$

➤ **Área de acero requerida, utilizando el espaciamiento máximo**

$$\begin{array}{l} 0.71 \text{ cm}^2 \text{ ————— } 24 \text{ cm.} \\ 100 \text{ cm} \text{ ————— } A_s \text{ requerida} \end{array}$$

$$A_{s \text{ requerida}} = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) \cdot (100 \text{ cm})}{24 \text{ cm}} = 2.96 \text{ cm}^2 \longrightarrow \text{Acero No. 3 @ 25 cm.}$$

➤ **Cálculo del momento máximo que resiste el  $A_{s \min}$**

$$M = \Phi \cdot \left( A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{A_s \cdot f_y}{1.7 \cdot f'_c \cdot b} \right) \right)$$

$$M = 0.9 \cdot \left( (2.96) \cdot (2810) \cdot \left( 9.5 - \frac{(2.96) \cdot (2810)}{(1.7) \cdot (210) \cdot (100)} \right) \right) = 69,394 \text{ kg-cm}$$

$$M = 693.94 \text{ kg-m}$$

Para el cálculo de las áreas de acero requeridas para las losas típicas del nivel 1 se utilizaron los siguientes criterios: para los momentos menores que resiste el momento del  $A_{s \text{ min}}$  se usa el  $A_{s \text{ min}}$ , con un espaciamiento de 0.25 m; para los momentos mayores al momento del  $A_{s \text{ min}}$  se calcula el área de acero con la formula siguiente:

$$A_s = \left[ b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{(Mu) \cdot (b)}{(0.003825) \cdot (f'c)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{f'c}{f_y} \right)$$

Donde:

Mu	momento ultimo (kg-m)
b y d	en cm.
$f_y$ y $f'c$	en $\text{kg}/\text{cm}^2$
$A_s$	$\text{cm}^2$

➤ **Áreas de acero para los momentos mayores al momento del  $A_{s \text{ min}}$ .**

$$M = 1,930 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (100) \cdot (9.5) - \sqrt{[(100) \cdot (9.5)]^2 - \frac{(1930) \cdot (100)}{(0.003825) \cdot (210)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{210}{2810} \right) = 8.65 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$8.65 \text{ cm}^2 \text{ ————— } 100 \text{ cm.}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ ————— } S$$

$$S = 8.21 \text{ cm.} \longrightarrow \text{acero No. 3 @ 0.10 m}$$

**Tabla IV. Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1**

Momentos kg/m	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	No. de varilla	S (cm)
1155	5.02	3	15
1905	8.53	3	10
885	3.80	3	20
640	2.73	3	25
1930	8.65	3	10
918	3.95	3	20

**Tabla V. Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 2**

Momentos kg/m	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	No. de varilla	S (cm)
801	3.43	3	20
1325	5.79	3	15
616	2.62	3	25
444	1.88	3	25
1343	5.88	3	15
843	3.62	3	20

### **Chequeo por corte**

Todas las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales que las conforman. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben ser resistidos únicamente por el concreto; por esta razón, se debe revisar si el espesor de la losa es el adecuado.

➤ **Cálculo del corte máximo actuante**

$$V_{\max} = \frac{(Cu_u) \cdot (L)}{2} = \frac{1589.20 \cdot 4.45}{2} = 3536 \text{ Kg}$$

L = lado corto de la losa que se esta analizando

➤ **Cálculo del corte máximo resistente**

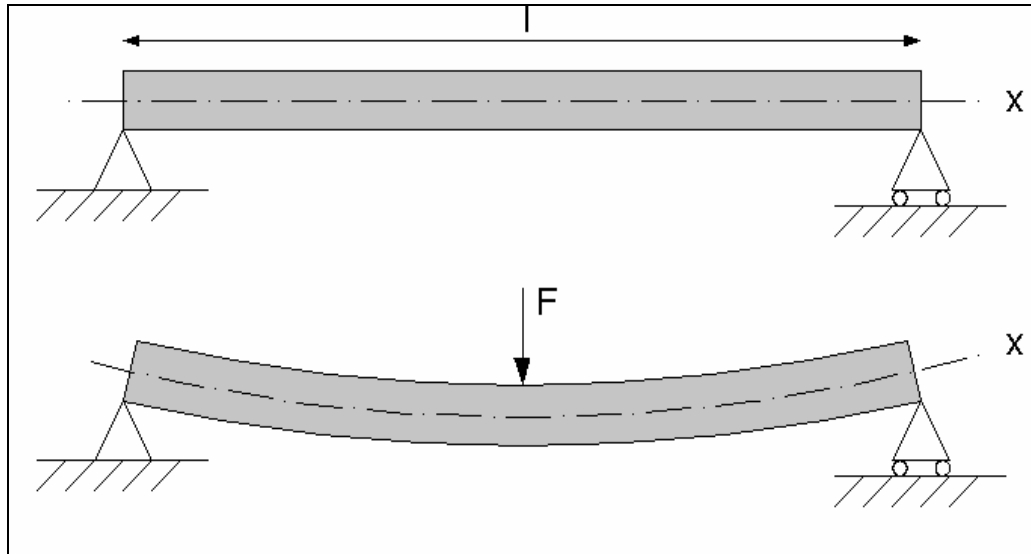
Debido a que el corte que resiste el concreto es mayor que el corte máximo actuante, se concluye que el espesor de losa utilizado es el adecuado.

### **2.1.4.2 Vigas**

En ingeniería se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia. En las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes o punzonamiento. También pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado.

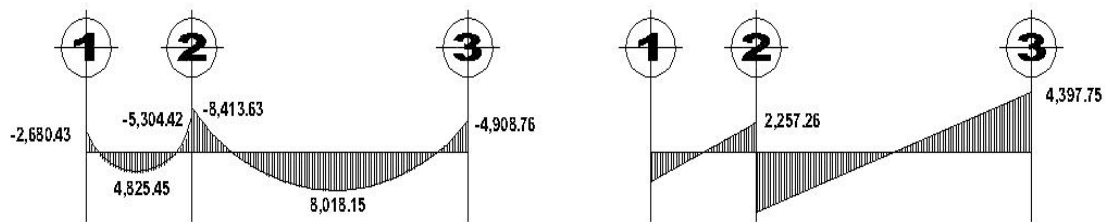
**Figura 15. Flexión de una viga simplemente apoyada**



Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes que se calcularon en el análisis estructural. El procedimiento a seguir se muestra a continuación.

Esta viga se ubica en el marco rígido típico sentido Y, nivel 2; los datos fueron tomados del análisis estructural y se muestran en la siguiente figura.

**Figura 16. Diagrama de momentos y cortes últimos en viga tipo 1**



**Diagrama de momento**

**Diagrama de corte**

Sección de la viga = 0.30 x 0.45 m.

Recubrimiento = 0.05 m.

Peralte efectivo (d) = 0.40 m.

### **Límites de acero**

Antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se debe calcular los límites dentro de los cuales debe estar este; usando los criterios siguientes:



➤ **Área de acero mínimo**

$$A_{smin} = \left( \frac{14.1}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{smin} = \left( \frac{14.1}{2810} \right) * 30 * 40$$

$$A_{smin} = 6.02 \text{ cm}^2$$

➤ **Área de acero máximo**

$$A_{smax} = \rho_{max} * b * d \quad \rho_{max} = 0.5 * \rho_{balanceado}$$

$$\rho_{balanceado} = \left[ \frac{0.85 * \beta_1 * f'c}{f_y} \right] * \left[ \frac{6090}{(f_y + 6090)} \right]$$

$$\rho_{balanceado} = \left[ \frac{(0.85) * (0.85) * (210)}{2810} \right] * \left[ \frac{6090}{(2810 + 6090)} \right] = 0.037$$

$$\rho_{max} = (0.5) * (0.037) = 0.0185$$

$$A_{smax} = (0.0185) (30) (40) = 22.20 \text{ cm}^2$$

## Refuerzo longitudinal

Utilizando los momentos que se presentaron en la figura 16, se procede a calcular las áreas de acero con la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[ b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{(M_u) \cdot (b)}{(0.003825) \cdot (f'_c)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$$

Para  $M_u = 9,018.81 \text{ kg-m}$

$$A_s = \left[ (30) \cdot (40) - \sqrt{(30 \times 40)^2 - \frac{(9,018.81) \cdot (30)}{(0.003825) \cdot (210)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{210}{2810} \right) = 9.50 \text{ cm}^2$$

**Tabla VI. Cálculo de área de acero requerido para viga tipo 1**

Momento (Kg-m)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Varillas a utilizar	Área cubierta (cm <sup>2</sup> )
-2680	2.70	2 No. 7	7.76
4825	4.93	2 No. 7	7.76
-5304	5.44	2 No. 7	7.76
-8414	8.83	2 No. 7 + 1 No. 4	9.03
8018	8.39	2 No. 7 + 1 No. 4	9.03
-4909	5.02	2 No. 7	7.76

Después de calcular el  $A_s$  requerido para cada momento actuante, se procede a distribuir las varillas de acero de tal forma que, el área de estas, supla lo solicitado en los cálculos de  $A_s$ ; para ello se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos:

- En el refuerzo de la cama superior al centro se debe colocar como mínimo dos varillas o más corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_s$  mínimo o 33% del  $A_s$  calculado para el momento negativo.
- El refuerzo en la cama inferior en los apoyos se debe colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{smin}$ ; 50% del  $A_s$  calculado para el momento positivo; 50% del  $A_s$  calculado para el momento negativo.

La diferencia entre el  $A_s$  requerido menos el  $A_s$  corrido, en ambas camas, es que se coloca como bastones adicionales al armado existente.

### **Acero transversal (estribos)**

También se le llama refuerzo en el alma, en general este se suministra en forma de estribos espaciados a intervalos variables a lo largo del eje de la viga según lo requerido. El diseño por cortante es importante en las estructuras de concreto, debido a que la resistencia del concreto a corte es considerablemente menor que la de compresión.

Los objetivos de colocar acero transversal son: por armado, manteniendo el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte, esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función.

El procedimiento para el diseño del refuerzo de acero transversal es el siguiente:

➤ **Cálculo del corte que resiste el concreto ( $V_R$ )**

$$V_R = 0.85 \cdot (0.53) \cdot \sqrt{f'c} \cdot (b) \cdot (d)$$

$$V_R = 0.85 \cdot (0.53) \cdot \sqrt{210} \cdot (30) \cdot (40) = 7,834.04 \text{ kg}$$

$$V_u = 4,397.75 \text{ Kg (ver figura 16 diagrama de corte ultimo para viga 1)}$$

Si de la comparación del corte que resiste el concreto  $V_R$  con el corte ultimo  $V_u$ , se obtiene  $V_R \geq V_u$ , la viga necesita estribos solo por armado; y el espaciamiento de estos es,  $S_{\max} = d/2$ , usando como mínimo varilla No. 3. Si se obtiene  $V_R \leq V_u$ , se diseñan los estribos por corte con las siguientes ecuaciones:

$$V_s = V_u - V_R \quad v_s = \frac{V_s}{b \times d'} \quad S = \frac{2 \times A_v \times f_y}{v_s \times b}$$

Donde:

- $V_u$  corte último en kg.
- $V_R$  corte que resiste el concreto en kg.
- $d'$  recubrimiento en cm.
- $b$  base de la viga en cm.
- $S$  espaciamiento
- $A_v$  área de la varilla en  $\text{cm}^2$
- $f_y$  2,810  $\text{kg}/\text{cm}^2$

En este caso como  $V_R > V_u$ , la viga necesita estribos solo por armado; entonces el espaciamiento es  $d/2$ .

$$\text{Espaciamiento de estribos} = S = \frac{d}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

Se colocan varillas No. 3 @ 0.20 m. el armado final se muestra en los planos de diseño.

Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con la finalidad de darle ductilidad a los nudos. La longitud de confinamiento ( $L_{zc}$ ) que ocuparan los estribos por diseño debe ser de  $2 * d$ , a partir de la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, según el código ACI 318R-99 capítulo 21.

$$L_{zc} = 2 * d = (2) (0.40) = 0.8 \text{ m}$$

El espaciamiento de estribos ( $S_{zc}$ ) en la zona de confinamiento será el menor de los siguientes valores:

- $\frac{d}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ cm.}$
- $8 * \emptyset_{\text{barra longitudinal}} = (8) (2.22) = 17.76 \approx 18 \text{ cm.}$
- $24 * \emptyset_{\text{barra de estribo}} = (24) (0.95) = 22.80 \text{ cm.}$
- $300 \text{ mm.} \rightarrow 30 \text{ cm.}$

Por lo que se usará un espaciamiento entre estribos de 10 cm. Para el diseño de las vigas tipo 2,3 y 4 se sigue el procedimiento descrito anteriormente, los resultados obtenidos se observan en la tabla V.

**Tabla VII. Refuerzo de acero para vigas en edificación escolar.**

Viga tipo	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento Último Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	Corte Último Mu (Kg.)	Refuerzo
1	-2680	2.70	2 No.7	2,257 < V <sub>R</sub>	Estribos No.3 @ 0.10 m. en extremos hasta 0.80 m. resto @ 0.20
	4825	4.93	2 No.7		
	-5304	5.44	2 No.7		
	-8414	8.83	2 No.7 + 1 No. 4	4,398 < V <sub>R</sub>	
	8018	8.39	2 No.7 + 1 No. 4		
	-4909	5.02	2 No.7		
2	-4204	4.28	2 No. 7	4,447 < V <sub>R</sub>	Estribos No.3 @ 0.10 m. en extremos hasta 0.80 m. resto @ 0.20
	9760	10.35	2 No. 7 + 1 No.6		
	-8246	8.64	2 No. 7 + 1 No. 4		
	-11,188	12.01	3 No. 7	7,063 < V <sub>R</sub>	
	10,525	11.23	3 No. 7		
	-7943	8.30	3 No. 6		
3	-1620	1.62	2 No. 7	3,345 < V <sub>R</sub>	Estribos No.3 @ 0.10 m. en extremos hasta 0.80 m. resto @ 0.20
	3633	3.68	2 No. 7		
	-3547	3.59	2 No. 7		
	-3310	3.35	2 No. 7	2,720 < V <sub>R</sub>	
	2297	2.31	2 No. 7		
	-3642	3.69	2 No. 7		
4	-2481	2.49	2 No. 7	7,023 < V <sub>R</sub>	Estribos No.3 @ 0.10 m. en extremos hasta 0.80 m. resto @ 0.20
	4790	4.89	2 No. 7		
	-5429	5.57	2 No. 7		
	-5048	5.17	2 No. 7	5481 < V <sub>R</sub>	
	3227	3.26	2 No. 7		
	-5429	5.57	2 No. 7		

### 2.1.4.3 Columnas

Las columnas se definen como elementos estructurales que sostienen principalmente cargas a compresión. En general, las columnas también soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y esta acción de flexión puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal. Aun en estos casos, se hace una referencia a las columnas como elementos a compresión puesto que las fuerzas de compresión dominan su comportamiento.

El refuerzo principal en las columnas, es longitudinal, paralelo a la dirección de la carga. La relación del área de acero longitudinal ( $A_s$ ) al área de acero transversal bruta de concreto  $A_g$  esta en el intervalo del 1% al 8% conforme el código ACI 318-99, capítulo 21. El número de mínimo de barras longitudinales debe ser de 4 varillas en columnas rectangulares y 6 varillas en columnas circulares.

Procedimiento para el diseño del refuerzo longitudinal y transversal de columnas para edificio escolar en aldea Limones

Los datos necesarios para realizar el diseño de columnas, son tomados del análisis estructural.

$$\text{Área tributaria} = 18.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Sección} = 0.30 \times 0.30 \text{ m.}$$

$$L_u = 4.20 \text{ m.}$$

$$M_{u_x} = 3,010.35 \text{ kg-m}$$

$$M_{u_y} = 5,308.63 \text{ kg-m}$$

$$V_{u_x} = 5,149.81 \text{ kg}$$

$$V_{u_y} = 3,326.13 \text{ kg}$$

### **Cálculo de la carga Axial**

$$C_{u_{n2}} = 1.4 \times (0.12 \times 2,400 \times 18.60 + 80 \times 18.60) + 1.7 \times 100 = 9,753 \text{ Kg.}$$

$$C_{u_{n1}} = 1.4 \times [0.12 \times 2400 \times 18.60 + (80 + 210) \times 18.60] + 1.7 \times 500 = 15,981 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{vigas}} = 0.45 \times 0.30 \times 2400 \times 6 \times 2 = 3,888 \text{ kg.}$$

$$P_u = C_{u_{\text{nivel } 2}} + C_{u_{\text{nivel } 1}} + W_{\text{vigas}}$$

$$P_u = 29,662 \text{ Kg.}$$

### **Cálculo de esbeltez de la columna (E)**

Una columna es esbelta cuando su sección transversal es pequeños en relación con su longitud. Por el valor de su esbeltez, las columnas se clasifican en cortas ( $E < 21$ ), intermedias ( $21 < E < 100$ ), y largas ( $E > 100$ ). El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias; se deben magnificar los momentos actuantes y si son largas, no se construyen.



## Coeficiente que mide el grado de empotramiento en la rotación $\psi$

### ➤ Extremo superior de la columna

$$\psi = \frac{\sum \left[ \frac{E_m \times I}{L} \right]_{\text{columnas}}}{\sum \left[ \frac{E_m \times I}{L} \right]_{\text{vigas}}}$$

Donde:

$E_m$  Es igual a 1, por que todo el marco es del mismo material

$I$  inercia de cada elemento estructural

$L$  Longitud de cada elemento estructural

### Inercia de vigas

$$I_{\text{vigas}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{\text{vigas}} = \frac{1}{12} (30) \times (45)^3 = 227,813 \text{ cm}^4$$

## Inercia de columnas

$$I_{columnas} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{columnas} = \frac{1}{12} (30) \times (30)^3 = 67,500 \text{ cm}^4$$

$$\psi_{ax} = \frac{\frac{1 \times 67500}{3} + \frac{1 \times 67500}{4.20}}{\frac{1 \times 277813}{4.45} + \frac{1 \times 277813}{4.45}} = 0.31$$

$$\psi_{ay} = \frac{\frac{1 \times 67500}{3} + \frac{1 \times 67500}{4.20}}{\frac{1 \times 277813}{6.00} + \frac{1 \times 277813}{2.35}} = 0.23$$

### ➤ Extremo inferior de la columna

$$\psi_{bx} = \psi_{by} = 0$$

$$\psi_{x \text{ Promedio}} = (0.31 + 0)/2 = 0.155$$

$$\psi_{y \text{ Promedio}} = (0.23 + 0)/2 = 0.115$$

### Cálculo del coeficiente K

$$K = \left( \frac{20 - \psi_{\text{promedio}}}{20} \right) \times (1 + \psi_{\text{promedio}})^{1/2} \longrightarrow \text{para un } \psi_{\text{promedio}} < 2$$

$$K = 0.9 \times (1 + \psi_{\text{promedio}})^{1/2} \longrightarrow \text{para un } \psi_{\text{promedio}} \geq 2$$

$$K_x = \left( \frac{20 - 0.155}{20} \right) \times (1 + 0.155)^{1/2} = 1.07$$

$$K_y = \left( \frac{20 - 0.115}{20} \right) \times (1 + 0.115)^{1/2} = 1.05$$

### Cálculo de esbeltez de la columna

$$E = \frac{K \times L_u}{\sigma}$$

Donde:

E esbeltez de la columna

$L_u$  longitud de la columna

$\sigma$  0.30 x (lado menor de la columna), para columnas rectangulares

$$E_x = \frac{1.07 \times 4.20}{0.30 \times 0.30} = 49.93$$

$$E_y = \frac{1.05 \times 4.20}{0.30 \times 0.30} = 49.00$$

Por los valores obtenidos en E, podemos decir que la columna se clasifica dentro de las de tipo intermedia. Por consiguiente se deben magnificar los momentos.

### **Magnificación de momentos**

Para la magnificación de momentos se utilizará el método del código ACI 318 R-99 capítulo 13 sección 10.

### **Cálculo del factor de flujo plástico del concreto ( $\beta_d$ )**

$$\beta_d = \frac{1.4 \times CM}{1.4 \times CM + 1.7 \times CV}$$

$$\beta_d = \frac{1.4 \times 24,714}{1.4 \times 24,714 + 1.7 \times 1,020} = 0.95$$

### **Cálculo de E · I total del material**

$$E \cdot I = \frac{E \times I_g}{2.5 \times (1 + \beta_d)}; \quad E = 15,100 \times \sqrt{f'c}; \quad I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$E \cdot I = \frac{217,370.65 \times 67,500}{4.87} = 3.02 \times 10^9 \text{ Kg.-cm}^2 = 302 \text{ Ton-m}^2$$

### Cálculo de la carga crítica

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \cdot I}{(K \times L_u)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 302}{(1.06 \times 4.20)^2} = 150.38 \text{ Ton}$$

### Cálculo del magnificador de momento

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{P_u}{0.70 \times P_{cr}} \right)} \geq 1$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{29.62}{0.70 \times 150.38} \right)} = 1.39$$

### Momentos de diseño

$$M_d = \delta \times M_u$$

$$M_{dy} = 1.39 \times 5,309 = 7,380 \text{ kg-m}$$

$$M_{dx} = 1.39 \times 3,011 = 4,185 \text{ kg-m}$$

## **Cálculo del refuerzo Longitudinal**

Para calcular el acero longitudinal de las columnas, existen varios métodos que se aplican dependiendo del tipo de cargas a las que esta sometida la columna. Existen columnas sometidas a carga axial, carga axial y momento uniaxial, carga axial y momento biaxial y carga axial y momento triaxial.

Para calcular el acero de refuerzo, se utilizó el método de Bresler, debido a que las columnas están sometidas a carga axial y momento biaxial. El método consiste en que dado un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes. El procedimiento a seguir es el siguiente:

## **Cálculo de los límites de acero**

Según el código ACI 318 R-99, capítulo 10, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites:  $1\% A_g \leq A_s \leq 8\% A_g$ .

$$A_{s_{\min}} = 0.01 \times 30 \times 30 = 9.00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0.08 \times 30 \times 30 = 72.00 \text{ cm}^2$$

Se propone iniciar con un armado que este cerca del  $A_{s_{\min}}$ , utilizando un  $3\% A_g = 0.03 \times 30 \times 30 = 27 \text{ cm}^2 \rightarrow$  utilizar 6 No. 8 =  $6 \times 5.07 = 30.42 \text{ cm}^2$

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  $Y = X = d/h = 0.27/0.30 = 0.90$

Valor de la curva  $\rho_{tu} = \frac{A_s \times f_y}{A_g \times 0.85 \times f'_c} = \frac{30.42 \times 2810}{900 \times 0.85 \times 210} = 0.53$

### Cálculo de excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{4,185}{29,622} = 0.14$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{7,380}{29,622} = 0.25$$

### Cálculo de las diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0.14}{0.30} = 0.47$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0.25}{0.30} = 0.83$$

Con los datos obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes  $K'_x$  y  $K'_y$ , siendo estos:

$$K'_x = 0.50$$

$$K'_y = 0.65$$

### Cálculo de la resistencia de las columnas a una excentricidad dada

$$P'u_x = K'_x \times \phi \times f'_c \times b \times h$$

$$P'u_x = 0.50 \times 0.70 \times 210 \times 30 \times 30 = 66,150 \text{ kg}$$

$$P'u_y = K'_y \times \phi \times f'_c \times b \times h$$

$$P'u_y = 0.65 \times 0.70 \times 210 \times 30 \times 30 = 85,995 \text{ kg}$$

### Carga axial de resistencia para la columna

$$P'o = \phi \times [0.85 \times f'_c \times (A_g - A_s) + A_s \times f_y]$$

$$P'o = 0.70 \times [0.85 \times 210 \times (900 - 30.42) + 30.42 \times 2810] = 168,490 \text{ kg}$$

### Carga de resistencia de la columna

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'u_x} + \frac{1}{P'u_y} + \frac{1}{P'o}}$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{66,150} + \frac{1}{85,995} + \frac{1}{168,490}} = 30,600.00 \text{ kg} = 30.60 \text{ Ton}$$

$$P'u > P_u$$

$$30.60 \text{ Ton} > 29.62 \text{ Ton}$$



Cuando  $P'u > P_u$ , significa que el armado propuesto si resiste las cargas a las que estará expuesta la columna, si no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla con la condición.

### **Cálculo del acero transversal (estribos)**

Es necesario proveer de refuerzo transversal a las columnas, por medio de estribos para resistir los esfuerzos de corte. Por otro lado, en zonas sísmicas como en Guatemala, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas, esto se logra por medio del confinamiento de estribos en los extremos de la misma.

El resultado del confinamiento es un aumento en el esfuerzo de ruptura del concreto y además permite una deformación unitaria mayor del elemento.

### **Refuerzo por corte**

$$V_R = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_R = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 30 \times 27 = 5,288 \text{ kg}$$

$$V_R > V_U$$
$$5,288 \text{ Kg.} > 5,150 \text{ Kg.}$$

Si  $V_R \geq V_U$ , se colocan estribos a  $S = d/2$ ; si  $V_R < V_U$ , se diseñan los estribos por corte, para ambas opciones considerar que la varilla mínima permitida es la No. 3.

$$S = \frac{27}{2} = 13.50 \text{ cm.}$$

## Refuerzo por confinamiento

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones.

$$L_o \begin{cases} Lu/6 = 4.20/6 = 0.70 \\ \text{lado } > \text{ de la columna} = 0.30 \\ 0.70 \end{cases}$$

$$L_o = 70 \text{ cm}$$

## Cálculo de la relación volumétrica

$$\rho_s = 0.45 \times \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \left( \frac{0.85 \times f'_c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s = 0.45 \times \left( \frac{30^2}{24^2} - 1 \right) \times \left( \frac{0.85 \times 210}{2,810} \right) = 0.0016$$

## Cálculo del espaciamiento entre estribos en la zona confinada

$$S_i = \frac{2 \times A_v}{\rho_s \times L_n} = \frac{2 \times 0.71}{0.016 \times 24} = 3.70 \text{ cm}$$

**Tabla VIII. Refuerzo de acero para columnas de edificación escolar.**

Columna	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal	
	Cargas	Refuerzo	Cortes	Refuerzo
1er. Nivel 0.3m x 0.30m	Mdx = 4,185	6 No. 8	Vx = 5,150 Vy = 3,326 Vr = 5,288	Estribos No. 3 @ 0.05 hasta 0.70 m. en extremos resto @ 0.15m
	Mdy = 7,380			
	Pu = 29,662			
	P'u = 30,600			
2do. Nivel 0.30m x 0.30m	Mdx = 3,367	4 No. 8	Vx = 3,318 Vy = 1,758 Vr = 5,288	Estribos No. 3 @ 0.05 hasta 0.70 m. en extremos resto @ 0.15m
	Mdy = 5,198			
	Pu = 11,697			
	P'u = 29,900			

#### 2.1.4 Cimientos

Cimiento es aquella parte de la estructura que se coloca generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite las cargas al suelo o rocas subyacentes. Los dos requisitos esenciales en el diseño de cimientos son: que el asentamiento total de la estructura este limitado a una cantidad tolerablemente pequeña y que en lo posible, el asentamiento diferencial de las distintas partes de la estructura se elimine.

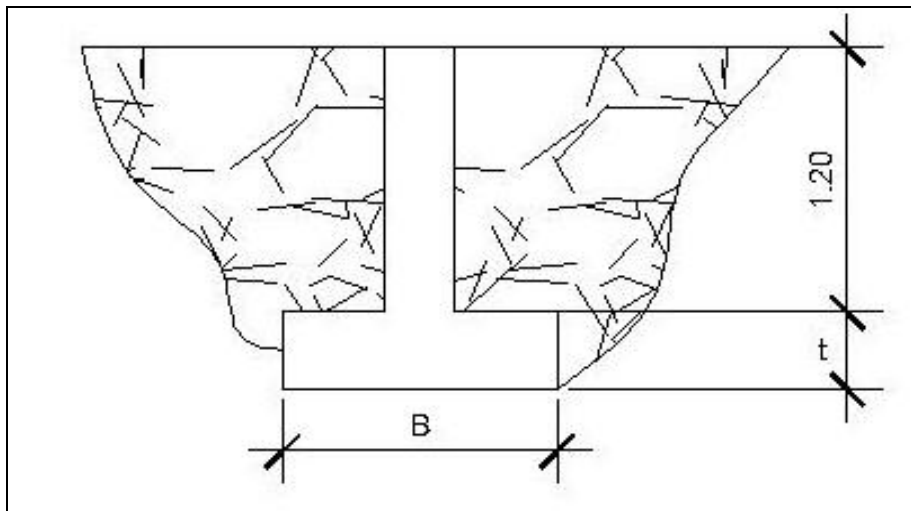
Para limitar los asentamientos de la manera indicada es necesario transmitir la carga de la estructura hasta un estrato de suelo que tenga la resistencia suficiente y distribuir la carga sobre un área suficientemente grande de este estrato para minimizar las presiones de contacto.

Si no se encuentran suelos adecuados justo debajo de la estructura, es necesario recurrir a cimentaciones profundas como pilotes o pilas para transmitir las cargas hasta estratos más profundos y de mayor firmeza. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente, el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicaran, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Las zapatas para columnas individuales son por lo general cuadradas, algunas veces rectangulares y representan el tipo de cimentación más sencillo y económico.

Los datos necesarios para el diseño de zapatas se toman del análisis estructural y del estudio de suelos realizado en el lugar.

**Figura 17. Dimensiones de Zapata**



$$Mu_x = 3,010 \text{ kg-m.}$$

$$Mu_y = 5,309 \text{ kg-m.}$$

$$P_u = 29,622 \text{ kg}$$

$$Fcu = 1.50$$

$$V_s = 34.60 \text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1.92 \text{ Ton/m}^3$$

El área de la zapata y el peralte de la misma, deben dimensionarse para soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas.

### **Cálculo de cargas de trabajo**

$$P' = \frac{P_u}{Fcu} = \frac{29.62 \text{ Ton}}{1.50} = 19.75 \text{ Ton}$$

$$M'u_x = \frac{Mu_x}{Fcu} = \frac{3.01 \text{ Ton}}{1.5} = 2.00 \text{ Ton}$$

$$M'u_y = \frac{Mu_y}{Fcu} = \frac{5.30 \text{ Ton}}{1.5} = 3.53 \text{ Ton}$$

### **Predimensionamiento del área de la zapata**

$$A_z = \frac{1.5 \times P'}{V_s} = \frac{1.5 \times 19.75}{34.60} = 0.85 \text{ m}^2 \rightarrow \sqrt{0.85} = 0.92 \approx 1.00 \text{ m}$$

Se propone una zapata de 1.00 x 1.00 m. y un espesor de t = 0.50 m.

## Chequeo de presión sobre el suelo

La zapata transmite verticalmente al suelo cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con este, ejerciendo una presión cuyo valor se define por la fórmula siguiente:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'x}{S_x} \pm \frac{M'y}{S_y} \quad 0 < q < V_s$$

Donde:

$$S = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} \times 1.00 \times 1.00^2 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$P = P' + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$P = 19.75 + (0.30^2 \times 4.20 \times 2.4) + (0.91 \times 1.20 \times 1.92) + (1^2 \times 0.50 \times 2.4)$$

$$P = 23.95 \text{ Ton}$$

$$q = \frac{23.95}{1^2} \pm \frac{2.00}{0.16} \pm \frac{3.53}{0.16}$$

$$q_{\text{max}} = 58.51 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{Excede el valor soporte del suelo}$$

$$q_{\text{min}} = -10.61 \text{ Ton/m}^2 < 0 \rightarrow \text{el valor de } q_{\text{min}}, \text{ debe ser mayor que } 0$$

Como la presión máxima sobre el suelo excede el  $V_s$ , se debe aumentar el área de la zapata, o sea, hacer otro predimensionamiento, hasta que se cumpla con las condiciones especificadas anteriormente.

## Segundo predimensionamiento

$$\text{Área propuesta: } 1.60 \times 1.60 = 2.56 \text{ m}^2 \qquad t = 0.50 \text{ m.}$$

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} \times 1.60 \times 1.60^2 = 0.68 \text{ m}^3$$

$$P = 19.75 + (0.30^2 \times 4.20 \times 2.40) + (2.47 \times 1.20 \times 1.92) + (1.60^2 \times 0.50 \times 2.4)$$

$$P = 29.42 \text{ Ton.}$$

$$q = \frac{29.42}{1.6^2} \pm \frac{2.00}{0.68} \pm \frac{3.53}{0.68}$$

$$q_{\max} = 19.62 \text{ Ton/m}^2 < \text{valor soporte del suelo}$$

$$q_{\min} = 3.636 \text{ Ton/m}^2 > 0$$

La presión máxima no excede el valor soporte del suelo y ya no existen presiones negativas, por lo que el área propuesta para la zapata es la adecuada, entonces la presión última o presión de diseño será:

$$q_{\text{diseño}} = q_{\max} \times F_{cu} = 19.62 \times 1.50 = 29.43 \text{ Ton/m}^2$$

## Chequeo por 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.

Se propone para el armado de las zapatas usar varillas No. 6

### ➤ Calculando el peralte efectivo ( $d$ )

$$d = t - \emptyset/2 - \text{recubrimiento} = 50 - 1.91/2 - 7.5 = 41.54 \text{ cm.}$$

### ➤ Calculando el corte actuante ( $V_{\text{actuante}}$ )

$$V_{\text{actuante}} = q_{\text{diseño}} \times b \times d = 29.79 \times 1.60 \times 0.4154 = 19.56 \text{ Ton.}$$

### ➤ Calculando el corte resistente ( $V_{\text{resistente}}$ )

$$V_R = \frac{0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d}{1000}$$

$$V_R = \frac{0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 160 \times 41.54}{1000} = 43.39 \text{ Ton.}$$

$$V_{\text{actuante}} < V_{\text{Resistente}}$$

$$19.56 \text{ Ton.} < 43.39 \text{ Ton.}$$



## Chequeo por punzonamiento

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que producen en ella alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a  $d/2$  del perímetro de la columna.:

$$V_{\text{actuante}} = A \times q_{\text{diseño}} = (1.60^2 - 0.71^2) \times (29.43) = 60.50 \text{ Ton}$$

$$V_R = \frac{0.85 \times 1.06 \times \sqrt{210} \times 160 \times 41.54}{1000} = 86.78 \text{ Ton}$$

$$V_{\text{actuante}} < V_{\text{Resistente}}$$

$$60.50 \text{ Ton.} < 86.78 \text{ Ton}$$

## Diseño por flexión

El empuje hacia arriba que ejerce el suelo sobre la zapata produce un momento flector en la misma, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

### ➤ Cálculo del área de acero mínima

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{14.10}{2,810} \times 100 \times 41.54 = 20.84 \text{ cm}^2$$

➤ **Cálculo del momento último**

$$Mu = \frac{q_{\text{diseño}} \times L^2}{2}$$

$$Mu = \frac{29.43 \times 1.60^2}{2} = 37.67$$

Cálculo del área de acero

$$As = \left[ b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{(Mu) \cdot (b)}{(0.003825) \cdot (f'c)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{f'c}{f_y} \right)$$

$$As = \left[ 160 \times 41.54 - \sqrt{(160 \times 41.54)^2 - \frac{(37,670) \cdot (160)}{(0.003825) \cdot (210)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{210}{2810} \right) = 37.52 \text{ cm}^2$$

➤ **Cálculo del espaciamiento entre varillas (S), utilizando varillas No. 6**

$$S = \frac{\text{area de la varilla}}{A_s} = \frac{2.85}{37.52} = 0.07 \text{ m.}$$

Se utiliza un espaciamiento de 0.10 m entre varillas, por lo que se utilizará acero de refuerzo No. 6 @ 0.10 m.

### **2.1.5 Planos constructivos**

Después de haber realizado todos los cálculos para el diseño del edificio escolar, se procede a elaborar los planos constructivos, los cuales son representaciones gráficas que detallan todos los elementos que conforman la edificación.

### **2.1.6 Presupuesto**

Es un plan de acción dirigido a cumplir una meta prevista, expresada en valores y términos financieros que, debe cumplirse en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas.

Se integró aplicando el criterio de precios unitarios, tomando como base el precio de materiales, mano de obra calificada y no calificada de la región.

**Tabla IX. Presupuesto del proyecto**

**Proyecto: Diseño de edificio escolar de dos niveles**

**Ubicación: Aldea Limones, municipio de Gualán, Zacapa.**

<i>No</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Total</i>
1	Trabajos preliminares	1	global	Q3,000.00	Q3,000.00
2	Excavación	90	M3	Q12.00	Q1,080.00
3	Zapata tipo 1	21	Unidad	Q1,741.00	Q36,561.00
4	Solera Hidrófuga	108	ML	Q119.00	Q12,852.00
5	Levantado de muro de block	276	m2	Q98.00	Q27,048.00
6	Solera Intermedia	148	ML	Q104.00	Q15,392.00
7	Columna tipo 1	21	Unidad	Q1,786.00	Q37,506.00
8	Columna tipo 1 (segundo nivel)	21	Unidad	Q1,205.00	Q25,305.00
9	Columna tipo 2	32	Unidad	Q432.00	Q13,824.00
10	Viga tipo 1	60.55	ML	Q397.00	Q24,038.35
11	Viga tipo 2	60.55	ML	Q416.00	Q25,188.80
12	Viga tipo 3	81.00	ML	Q367.00	Q29,727.00
13	Viga tipo 4	81.00	ML	Q367.00	Q29,727.00
14	Losa de entrepiso	228	m2	Q755.00	Q172,140.00
15	Losa de techo	228	m2	Q676.00	Q154,128.00
16	Ventanas tipo 1	6	Unidad	Q2,500.00	Q15,000.00
17	Ventanas tipo 2	36	Unidad	Q1,400.00	Q50,400.00
18	Puerta tipo 1	6	Unidad	Q750.00	Q4,500.00
19	Repellos	1,008	m2	Q11.00	Q11,088.00
20	Cernido	1,008	m2	Q13.00	Q13,104.00
21	Pintura	1,008	m2	Q6.50	Q6,552.00
22	Piso de granito	456	m2	Q110.00	Q50,160.00
23	Instalaciones Eléctricas	1	global	Q20,000.00	Q20,000.00
24	Instalaciones de aguas pluviales	1	global	Q18,200.00	Q18,200.00
25	Modulo de gradas	1	global	Q22,678.00	Q22,678.00

Costo de materiales, mano de obra y equipo

Q 819,198.25

Costos Indirectos (30%)

Q 245,759.47

**Costo Total del proyecto**

**Q 1,064,957.70**

## **2.2 Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para aldea Zapote municipio de Gualán, Zacapa**

### **2.2.1 Descripción del proyecto**

La selección del sistema a utilizar se hace de acuerdo con la fuente disponible y la capacidad económica de la comunidad para costear la operación y mantenimiento del mismo; el sistema más económico y conveniente de construir es el de gravedad, por lo que se verificó en primer lugar si las condiciones del terreno lo permitían.

Para este sistema se cuenta con un nacimiento, captación superficial, línea de conducción, tanque de distribución, red de distribución, cajas, válvulas, y 67 conexiones domiciliarias.

Para la ejecución física del proyecto, la comunidad, consciente de la importancia del vital líquido, aportará la mano de obra no calificada requerida.

#### **2.2.1.1 Criterio de diseño**

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable comprende la determinación de cantidades, diámetros, resistencia y tipo de tuberías, diseño de obras complementarias, planos de construcción, presupuesto, análisis del agua y otros aspectos importantes para el óptimo funcionamiento del sistema.

### **2.2.1.2 Período de diseño**

Es el número de años, para el cual el sistema va proporcionar un servicio satisfactorio a la población. Es recomendable que éste no sea menor de 20 años; además, se debe contemplar un período adicional por concepto de planificación, financiamiento, diseño y construcción, aproximadamente de 2 años, por lo que en este proyecto, se tomó un período de diseño de 22 años.

### **2.2.1.3 Población futura**

Aunque existen varios métodos para obtener una proyección del crecimiento poblacional, se recomienda utilizar el método geométrico, por considerarse el más aproximado para estimar el crecimiento de poblaciones de países en vías de desarrollo. Para el efecto, se utiliza la población actual que registra el último censo realizado en la comunidad, siempre y cuando éste sea confiable. Para la tasa de crecimiento poblacional, puede considerarse las estimaciones calculadas por el Instituto Nacional de Estadística. En el proyecto, se utilizó la tasa de crecimiento departamental de Zacapa, la cual es del 3%,

#### **Método geométrico**

$$Pf = Pa (1 + i)^{(N+n)}$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual

i = Tasa de crecimiento

N = Período de diseño

n = Período adicional por planificación, diseño, construcción, etc.

Ejemplo:

Para este caso, se tiene la siguiente información

Datos de la aldea Zapote

Población inicial de diseño  $P_a = 335$  habitantes

Tasa de crecimiento poblacional  $i = 3\%$

Período de diseño  $N = 20$  años

Período adicional  $n = 2$  año

$P_f = 335(1+0.03)^{(22)} = 642$  habitantes.

#### **2.2.1.4. Forma de captación**

##### **Aforo**

Es el procedimiento que se utiliza para medir el caudal de una fuente; existen varios métodos según las necesidades y circunstancias específicas de la fuente.

El método que más se utiliza para aforar manantiales, con corrientes menores o iguales a 5 lts/seg. es el volumétrico por lo exacto que representa su aplicación; el dato obtenido en la fuente Cartucheras es el siguiente

Fuente Cartucheras: 3.27 lts/seg.

### **2.2.1.5 Calidad del agua**

La calidad del agua se exige de acuerdo al uso que esta destinada, en este caso, se trata de agua para consumo humano, por lo que debe ser sanitariamente segura; se debe cumplir para ello, con las normas de calidad físico-química y bacteriológica, lo cual debe demostrarse con un certificado emitido por un laboratorio.

#### **2.2.1.5.1 Fuentes de abastecimiento**

Las fuentes de agua constituyen el principal recurso en el suministro de agua en forma individual o colectiva para satisfacer sus necesidades de alimentación, higiene y aseo de las personas que integran una localidad.

Su ubicación, tipo, caudal y calidad del agua serán determinantes para la selección y diseño del tipo de sistema de abastecimiento de agua ha construirse. Cabe señalar que es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para dotar de agua en cantidad suficiente a la población y, por otro, realizar el análisis físico, químico y bacteriológico del agua y evaluar los resultados con los valores de concentración máxima admisible recomendados.

#### **2.2.1.5.2 Normas de calidad**

Para determinar la calidad sanitaria del agua, es necesario efectuar un análisis físico-químico y un examen bacteriológico, bajo las normas COGUANOR NGO 29001; mientras que los muestreos para los mismos deben realizarse bajo las especificaciones COGUANOR NGO 29002 h18 y 29002 h19, respectivamente.



#### **2.2.1.5.3 Fuente de agua seleccionada**

La fuente de agua debe tener un caudal mínimo en época de estiaje igual o mayor al requerido por el proyecto; que no existan problemas legales de propiedad o de uso que perjudiquen su utilización y; que las características hidrográficas de la cuenca no deben tener fluctuaciones que afecten su continuidad. Además de conocer que no esta afectada por contaminantes que puedan ser dañinos para la salud de las personas beneficiadas.

La fuente de agua seleccionada para abastecer a la aldea Zapote es Cartucheras.

#### **2.2.1.5.4 Aforos y análisis de la calidad del agua**

Cuando las aguas no llenan los requisitos de potabilidad, según Especificaciones, éstas deberán ser tratadas, mediante procesos adecuados, entre los que se pueden mencionar: la desarenación, sedimentación, filtración y desinfección. Este último debe adoptarse en todos los sistemas públicos, para asegurar la calidad del agua, principalmente si se determina que existe contaminación bacteriológica.

#### **2.2.1.5.5 Características de los exámenes de calidad del agua**

Los exámenes de calidad del agua fueron realizados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería; de la Facultad de Ingeniería; de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estos exámenes están basados y regidos por normas internacionales que presenta la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua; según resultados se sabe si el agua es apta para el consumo humano.

#### **2.2.1.5.6 Análisis químico-sanitario**

Desde el punto de vista de la calidad física el agua cumple con la norma establecida.

Desde el punto de vista de la calidad química indicadores químicos de contaminación, amoníaco sobrepasa el límite mínimo de contaminación. Según la Organización Mundial de la Salud.

#### **2.2.1.5.7 Examen bacteriológico**

Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas de la Organización Mundial de la Salud.

Cuando las aguas no llenan los requisitos de potabilidad, según Especificaciones, éstas deberán ser tratadas, mediante procesos adecuados, entre los que se pueden mencionar: el desarenamiento, sedimentación, filtración y desinfección. Este último debe adoptarse en todos los sistemas públicos, para asegurar la calidad del agua, principalmente si se determina que existe contaminación bacteriológica.

### 2.2.1.6. Dotación, factores, caudales

#### Dotación

La dotación se determina en función de aspectos importantes, como son: la demanda de la comunidad, la cuál está en función a sus costumbres, que están regidas por la cultura y el clima que afecta a la zona; disponibilidad del caudal de la fuente, la capacidad económica de la comunidad para costear el mantenimiento y operación del sistema.

Algunas dotaciones recomendadas por algunas instituciones en el país dependiendo del tipo de abastecimiento que se tenga:

**Tabla X. Dotaciones recomendadas**

<b>DOTACIÓN</b>	<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO</b>
30 a 40	Pozo excavado y bomba manual
40 a 50	Llenacántaros en el clima frío
50 a 60	Llenacántaros en el clima cálido
60 a 80	Conexión predial en clima frío
100 a 150	Conexión domiciliar en clima frío y en zonas urbanas marginales
150 a 200	Conexión domiciliar en clima cálido y colonias no residenciales
200 a 250	Colonias residenciales

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, en la aldea Zapote, se utilizó una dotación de 150 lts/hab/día.

## **Factores**

En un sistema público de abastecimiento de agua, el consumo es afectado por una serie de factores que varían en función del tiempo, las costumbres de la región, las condiciones climáticas, y las condiciones económicas que son inherentes a una comunidad, y que varían de una comunidad a otra.

Estos factores de seguridad se utilizan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua, en cualquier época del año, bajo condiciones no previstas.

### **Factor de día máximo (FDM)**

Este incremento porcentual se utiliza, cuando no se cuenta con datos de consumo máximo diario. En acueductos rurales, el FDM puede variar de 1.2 a 1.5, y se recomienda utilizarlo de la siguiente forma:

- Para poblaciones menores de 1,000 habitantes un FDM de 1.4 a 1.5
  
- Para poblaciones mayores de 1,000 habitantes un FDM de 1.2 a 1.3

Para el proyecto de la aldea Zapote, se utilizó un factor de día máximo de 1.5, ya que la población actual es de 335 habitantes < 1,000 habitantes.

## **Factor de hora máxima (FHM)**

Este otro factor, como el anterior, también depende del número de habitantes a beneficiar según sus costumbres.

El FHM para sistemas rurales puede variar de 2.2 a 2.5., se puede considerar de la manera siguiente:

- Para poblaciones menores de 1,000 habitantes, un FHM de 2.4 a 2.5
- Para poblaciones mayores de 1,000 habitantes, un FHM de 2.2 a 2.3

Para el sistema de abastecimiento de agua de la aldea Zapote, se utilizó un factor de día máximo de 2.5, por ser su población menor de 1,000 habitantes.

## **Factor de gasto**

El factor de gasto es el consumo de agua que se distribuye por vivienda. El caudal de hora máxima (caudal de distribución) se distribuye en los tramos de tubería que componen la línea de distribución, asignándose a cada vivienda una dotación uniforme si ese es el caso.

$$\text{Factor de gasto ( FG )} = \frac{\text{Qd ( lts/seg )}}{\text{Número de Viviendas}}$$

## Caudales

### Caudal medio diario

Es conocido también como caudal medio ( $Q_m$ ), es la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con estos registros, se puede calcular en función de la población futura y la dotación asignada en un día.

El caudal medio diario para el proyecto de la aldea Zapote, se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{\text{Población futura} * \text{dotación}}{86,400 \text{ seg/día}}$$
$$Q_m = \frac{642 \text{ hab.} * 150 \text{ lts/hab/día}}{86,400 \text{ seg/día}} = 1.12 \text{ lts/seg.}$$

### Caudal máximo diario

También es conocido como caudal de conducción, debido a que es el que se utiliza para diseñar la línea de conducción.

Es el consumo máximo que puede haber en 24 horas observado durante un año; en el caso de no tener registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de día máximo.

Ejemplo:

$$Q_{\text{conducción}} = Q_m * FDM$$

Donde:

$Q_{\text{conducción}}$  = Caudal máximo diario o caudal de conducción

$Q_m$  = Consumo medio diario o caudal medio

FDM = Factor día máximo

$$Q_{\text{conducción}} = 1.12 \text{ lts/seg} * 1.5$$

$$Q_{\text{conducción}} = 1.68 \text{ lts/seg}$$

El caudal máximo diario o caudal de conducción para la aldea Zapote es de 1.68 lts/seg.

### **Caudal máximo horario**

También es conocido como caudal de distribución, debido a que es el que se utiliza para diseñar la red de distribución.

Es el consumo máximo en una hora del día, el cual se puede obtener de la observación del consumo equivalente a un año o en el caso de no tener registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

Ejemplo:

$$Q_{\text{distribución}} = Q_m * FHM$$

Donde:

$Q_{\text{distribución}}$  = Caudal máximo horario o caudal de distribución

$Q_m$  = Consumo medio diario o caudal medio

FHM= Factor hora máxima

$$Q_{\text{distribución}} = 1.12 \text{ lts/seg} * 2.5$$

$$Q_{\text{distribución}} = 2.8 \text{ lts/seg}$$

El caudal máximo horario o caudal de distribución para la aldea Zapote es de 2.8 lts/seg.



## Factor de gasto

El Factor de gasto es aquel caudal que se le asigna a cada vivienda de manera proporcional al resto de la población si ese fuera el caso.

ejemplo:

$$FG = \frac{Q_{distribución}}{\#viviendas}$$

FG = Factor de gasto

$Q_{distribución}$  = Caudal de distribución

#viviendas = Numero de viviendas a beneficiar

$$FG = \frac{2.8\text{ lts / seg}}{67} = 0.041\text{ lts / seg / vivienda}$$

El factor de gasto para sistema de abastecimiento de agua para la aldea Zapote es de 0.041 lts/seg/vivienda

## Diseño de tuberías

Para garantizar que todo el sistema de abastecimiento de agua preste un servicio eficiente y continuo durante toda su periodo de vida útil, se debe determinar la clase de tubería y diámetros adecuados; estos se pueden conseguir mediante el diseño hidráulico, utilizando fórmulas como la de Darcy-Weisbach o Hazen & Williams.

Fórmula de Hazen & Williams:

$$D = \left[ \frac{(1743.811) \times (L) \times (Q)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (\Delta ct)} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

$$H_f = \frac{(1743.811) \times (L) \times (Q)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (D)^{4.87}}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdida de carga (m)

Q = Caudal en la tubería (lts/seg)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro (pulg.)

C = Coeficiente de rugosidad en la tubería

## **Tipo de tuberías**

Generalmente en sistemas de abastecimiento de agua, se utiliza tubería de poli cloruro de vinilo (PVC) y de hierro galvanizado (HG). La tubería PVC es una tubería plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar. La tubería HG es de acero, recubierta tanto en su interior como en su exterior por zinc, y es utilizada donde se requiera una presión mayor de 175 m.c.a, pasos de zanjón o aéreos.

## **Diámetro de tubería**

Los diámetros de tubería se calculan en el diseño hidráulico; se hará necesario utilizar tuberías de diámetros comerciales para evitar atrasos y costos elevados.

## **Coefficiente de fricción**

En el caso de utilizar la formula de Hazen & Williams para el diseño hidráulico, siendo este el caso, se puede utilizar un coeficiente de rugosidad (C) que varia en el rango de 140 a 160 para tubería PVC.

Se recomienda un  $C = 140$  cuando se duda de la topografía  $C = 150$ , para levantamientos topográficos de primero y segundo orden. Cuando se utiliza tubería HG, puede utilizarse un  $C = 100$ .

### **2.2.1.7 Captación**

La captación es una estructura de concreto que sirve para proteger al manantial y recolectar el agua para abastecer a la población. Para este proyecto se hará una captación superficial.

Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable, se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser transportada mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento. La fuente en lo posible no debe ser vulnerable a desastres naturales, en todo caso debe contemplar las seguridades del caso.

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerán de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase del manantial; buscando no alterar la calidad y la temperatura del agua ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cauce y el manantial desaparece.

### **2.2.1.8 Topografía**

#### **Levantamiento topográfico**

En un proyecto de agua potable es de gran importancia, ya que define el diseño del sistema; tiene por objeto medir las extensiones del terreno, determinar la posición y elevación de puntos situados sobre y bajo la superficie del terreno, tanto en línea de conducción como en distribución así como tanques y demás obras en sistema.

La topografía se compone de planimetría y altimetría, los cuales se pueden realizar con teodolito y nivel de precisión respectivamente, dependiendo del orden del levantamiento topográfico

### **Orden de los levantamientos topográficos**

Dependiendo del tamaño, tipo de proyecto, habitantes a ser beneficiados, características del terreno, aparatos a emplearse y errores permisibles, los levantamientos topográficos pueden ser: de primero, segundo o tercer orden.

### **Levantamiento topográfico de primer orden**

Debe usarse en levantamientos de sistema por gravedad con diferentes totales de altura entre puntos obligados críticos menores de 5 m/Km. También debe usarse en sistemas por bombeo.

El levantamiento planimétrico se referirá al meridiano magnético y será efectuado con teodolito de precisión y cinta métrica metálica de precisión.

El levantamiento altimétrico será efectuado con nivel de precisión de trípode, referenciado a B.M. convencional o de preferencia geodésico.

### **Levantamiento topográfico de segundo orden**

- Debe usarse cuando la distancia de la fuente a la comunidad sea mayor de 6 km.
- Cuando la diferencia de altura fuente-comunidad (vivienda más alta) sea hasta de 10 metros por kilómetros en sistemas por gravedad.
- Cuando las viviendas a abastecer sean mas de 100, al momento de hacer el levantamiento.

El levantamiento planimétrico se referirá al meridiano magnético y será efectuado con teodolito de precisión o taquimétricamente.

El levantamiento altimétrico se hará por nivelación trigonométrica con teodolito, con doble lectura adelante y atrás, referenciado a un B.M. convencional o preferentemente geodésico.

### **Levantamiento topográfico de tercer orden**

- Se usará cuando la distancia fuente-comunidad, sea hasta de 6 kilómetros.
- La diferencia de altura de la fuente a la comunidad (vivienda más alta), sea de 15 metros mínima por kilómetro en sistemas por gravedad.
- Las viviendas a abastecer sean 100 como máximo, al momento de hacer el levantamiento.

El levantamiento planimétrico se referirá al meridiano magnético, utilizando brújula y cinta métrica de cualquier clase.

El levantamiento altimétrico se hará con nivel de mano o alfiler, referenciado a un B.M. convencional o preferentemente geodésico.

#### **2.2.1.8.1 Altimetría**

La altimetría o nivelación se realizó a través de un método indirecto, el cual es llamado taquimétrico; permite definir las cotas del terreno a trabajar, tanto en las irregularidades, cambios de dirección importantes como en lugares donde se realizaran obras.

#### **2.2.1.8.2 Planimetría**

Es la manifestación de la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario; para este proyecto se utilizó el método de conservación del azimut, considerando un norte arbitrario como referencia.

Se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito Sokkia DT 600
- Cinta métrica Stanley
- Estadal
- Plomada
- Brújula

### **2.2.1.9 Línea de conducción**

#### **Diseño de línea de conducción**

Previamente a iniciar el levantamiento de la (s) líneas de conducción, deberá hacerse un recorrido desde la (s) fuentes hasta la (s) comunidades para hacer una selección preliminar de la localización de dichas líneas.

La línea de conducción puede definirse como el conjunto de tubería que inicia desde las obras de captación, hasta el tanque de distribución, las cuales están diseñadas para trabajar a presión.

Para la línea de conducción, se debe seleccionar la clase y diámetro de tubería que se ajuste a la máxima economía, siempre y cuando la capacidad de la tubería sea suficiente para transportar el caudal deseado.

Es conveniente incrementar la longitud horizontal de la misma, en un porcentaje de 2% a 5%, de acuerdo con pendiente del terreno, cuanto más quebrado sea, mayor será el porcentaje; para el proyecto se tomó un 3% de incremento.

Para hacer eficiente la línea de conducción, puede requerirse desarenadores, cajas rompe presión, válvulas reguladoras de presión, válvulas de expulsión de aire, válvulas de limpieza, llaves de paso, reductores, codos, anclajes etc. Cada uno de estos elementos precisa de un diseño, según a las condiciones y características particulares.



## Presiones y velocidades

La presión hidrostática en línea de conducción es recomendable mantenerla debajo de 80 m.c.a, ya que arriba de ésta se hace necesario prestar especial atención; la máxima presión permisible bajo este cuidado es de 90 m.c.a. En caso de no poder mantener presiones debajo de los límites, se hace necesario el uso de cajas rompe presión; esto para evitar mal funcionamiento del sistema.

La presión hidrodinámica en la línea de conducción no debe ser mayor de 60 m.c.a.

Ejemplo:

De E-0 A E-7

Cota inicial del terreno = 1,000

Cota final del terreno = 969.72

Longitud = 324.08

Caudal ( $Q_{\text{conducción}}$ ) = 1.68 lts/seg.

C (coeficiente de rugosidad) = 140

Al aplicar la fórmula de Hazen & Williams y sustituir valores, se puede obtener el diámetro adecuado para el tramo que se está analizando.

$$D = \left[ \frac{(1743.811) \times (L) \times (Q)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (\Delta ct)} \right]^{\frac{1}{4.87}} = 1.40 \text{ plg}$$

$$D = 2''$$

$$H_f = \frac{(1743.811) \times (324.08) \times (1.68)^{1.852}}{(140)^{1.852} \times (2)^{4.87}} = 5.41 \text{ metros.}$$

$$C \text{ piezométrica} = 1,000 - 5.41 = \mathbf{994.59 \text{ m.}}$$

### 2.2.1.10 Tratamiento de agua

Todas aquellas aguas que no llenen los requisitos de potabilidad establecidos en las Normas COGUANOR, deberán tratarse mediante procesos adecuados para poder ser empleadas como fuente de abasto para poblaciones

El tipo de tratamiento deberá fijarse de acuerdo a los resultados de los análisis realizados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería, o bien por laboratorios autorizados para dicho análisis.

## **Desinfección**

Para asegurar la calidad del agua, ésta debe someterse a tratamiento de desinfección, preferiblemente a base de cloro o compuestos clorados. El punto de aplicación de compuesto clorado deberá seleccionarse en forma tal que se garantice una mezcla efectiva con el agua y aseguren un periodo de contacto de 20 minutos como mínimo, antes de que llegue el agua al consumidor. La desinfección debe ser tal que se asegure un residual de 0.2 a 0.5 mg/L en el punto más lejano de la red.

### **El cloro**

Es un elemento que se utiliza como desinfectante y como blanqueador, ya sea de forma granular o líquida. Este actúa de manera prolongada en el agua destruyendo los microorganismos. De manera comercial lo podemos encontrar en las siguientes formas:

- Cloro gaseoso
- Cal Clorada
- Hipoclorito de Sodio
- Hipoclorito de Calcio

En cada una de sus diferentes presentaciones el cloro se encuentra en concentraciones diferentes. Es decir, no todo el producto es 100% cloro.

El llamado “Cloro Activo” es el que se utiliza para nombrar el porcentaje del peso de cloro puro que contienen las diferentes presentaciones.

Por ejemplo:

- El cloro gaseoso es 99.5% cloro activo.
- El hipoclorito de sodio es entre 1 – 15% cloro activo.
- El hipoclorito de calcio (HTH) normalmente es entre 65 – 70% cloro activo

### **Hipoclorito de Calcio**

También conocido como HTH, es de estructura sólida, fuerte olor, color blanco y que se disuelve fácilmente en el agua. Utilizado comúnmente para el tratamiento del agua en sistemas de agua potable ya sea de forma granulada o en forma de tabletas.

### **Hipoclorador**

Un hipoclorador es una bomba dosificadora de químicos que alimenta una solución de hipoclorito de calcio al sistema. La solución es una concentración conocida y la dosificación es ajustada para lograr la dosis deseada.

Se usará un solo hipoclorador, que dosifique una solución al 65%, diluido en agua en pequeñas dosis, directamente al caudal de entrada en el tanque de distribución.

Tomando en cuenta que el caudal de entrada al tanque de distribución es de (2.80 lts/seg), se recomienda un hipoclorador modelo PPG 3015, usado para el tratamiento de aguas a pequeñas comunidades de entre 50 y 250

familias, en sistemas de abastecimiento por gravedad. El hipoclorador requiere de un mantenimiento simple y puede hacerlo el fontanero.

### **2.2.2 Tanque de distribución**

Los tanques de distribución juegan un papel importante en el diseño de un sistema de distribución de agua, tanto para el funcionamiento hidráulico del sistema como para el almacenamiento del agua y así poder brindar un eficiente servicio.

A Todo tanque de distribución construido con mampostería de piedra, concreto ciclópeo o concreto armado, se le deberá cubrir con losa de concreto reforzada, provista con boca de inspección con tapadera sanitaria, rebalse y limpieza, para efectos de inspección y reparación; el acceso deberá estar cerca de la entrada de la tubería de alimentación, para realizar aforos cuando sea necesario.

#### **Requisitos sanitarios del tanque de distribución**

- Cubierta hermética, que impida la penetración de aves, agua, polvo del exterior, con pendiente para drenar el agua de lluvia.
- Evitar la entrada de luz para que no nazcan algas
- El tubo de ventilación tendrá la abertura exterior hacia abajo, con rejilla, para impedir la entrada de insectos y polvo.

- Escotilla de visita para inspección de limpieza, ubicada cerca de la tubería de entrada, para facilitar el aforo del caudal en cualquier momento.
  
- El diámetro mínimo de la tubería de rebalse será igual al de la tubería de entrada al tanque.
  
- El tubo de salida se colocará al lado opuesto del tubo de entrada, para que el agua circule en el tanque.
  
- Contará con escaleras interiores y exteriores, si el tanque excede de 1.2 metros de alto. La superficie del terreno, alrededor del tanque, tendrá una pendiente que permita drenar hacia fuera el agua superficial, sobresaliendo las paredes por lo menos 30 centímetros, de la superficie del terreno.
  
- El fondo del tanque estará siempre por encima del nivel freático

### **Funciones principales de un tanque de distribución**

- Suplir las demandas máximas horarias, esperadas en la línea de Distribución
  
- Almacenar un volumen determinado de reserva, por eventualidades
  
- Regular presiones en la red de distribución

- Proporcionar una presión suficiente, para que funcione el sistema

El volumen necesario para compensar la variación de consumo puede ser establecida mediante una curva de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la población estudiada y cuando se carezca de ésta, pueden adoptarse los criterios de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), los cuales establecen que el volumen del tanque debe ser del 25% al 45% del caudal medio diario ; que se aplican de acuerdo a las restricciones siguientes:

- En poblaciones menor de 1,000 habitantes, del 25% al 35% del consumo medio diario, sin considerar reserva por eventualidades.
- Si la población está entre 1,000 y 5,000 habitantes, 35% del consumo medio diario, más un 10% por eventualidades.
- Para poblaciones mayores a 5,000 habitantes, 40% del consumo medio diario, más un 10% por eventualidades.

### **Cálculo de volumen de tanque de distribución**

Para este proyecto, que cuenta con una población menor de 1,000 habitantes, se tomara un 30% del caudal medio diario

El volumen de almacenamiento se calcula por la expresión:

$$V = 30\% * Q_m$$

Donde:

$$Q_m = 1.12 \text{ l/s}$$

$$1 \text{ día} = 86400 \text{ Segundos}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Litros.}$$

$$\text{Volumen} = 0.30 * (1.12 \text{ litros/segundos}) * (86400/1000)$$

$$\text{Volumen} = 29.03 \text{ m}^3 = 30 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 30 \text{ m}^3$$

### **Diseño de tanque de distribución**

El tanque poseerá muros contruidos de concreto ciclópeo, lo cual significa que estarán hechos de piedra bola y las medidas de la roca variarán desde dos hasta seis pulgadas de diámetro, las cuales se unirán entre si con mezcla de cemento o sabieta, utilizando una proporción de 1:3

Los muros del tanque estarán sometidos a fuerzas del agua y del suelo, por lo cual se procederá a realizar su diseño, tomando en cuenta las dimensiones propuestas.



## Diseño de losa

Las dimensiones de la losa serán de 5.3 m \* 4.3 m., empleándose el método 3 de la *American Concrete Institute (ACI)*.

Descripción	Losa
A/B	0.81
Refuerzo	2 sentidos
Espesor (t)	10 cm.

El espesor mínimo recomendado por la ACI es de 9 cm., pero para su construcción se empleará un espesor de 10 cm.

### ➤ Carga muerta (CM)

Son cargas que estarán durante toda la vida útil del proyecto.

W propio de losa = $2,400 \text{ Kg/m}^3 * 0.1 \text{ m.} =$	240 $\text{Kg/m}^2$
Sobre cargas	90 $\text{Kg/m}^2$
Total carga muerta	330 $\text{Kg/m}^2$
Carga muerta última (Cmu) = $1.4 * 330 =$	462 $\text{Kg/m}^2$

### ➤ Carga viva (CV)

Son cargas que soportará la losa en ocasiones eventuales, por ser solo de cubierta, se asumirá una carga viva (CV) = 80  $\text{kg/m}^2$ .

$$\text{Carga viva última} = 1.7 * 80 = 136 \text{ kg/m}^2$$

➤ **Carga última (CU)**

Es cuando se le han aplicado los factores que recomienda el ACI a las cargas vivas y muertas.

$$CU = 1.4*(CM) + 1.7*(CV) = 462 + 136 = 598 \text{ kg/m}^2.$$

$$CU = 598 \text{ kg/m}^2$$

➤ **Cálculo de momentos**

$M_A$  = Es el momento generado en el lado mas corto de la losa.

$M_B$  = Es el momento generado en el lado mas largo de la losa.

CADL = Factor de momentos de carga muerta.

CALL = Factor de momentos de carga viva

$$M_{A(+)} = A^2(CADL * CM_u + CALL * CV_u)$$

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

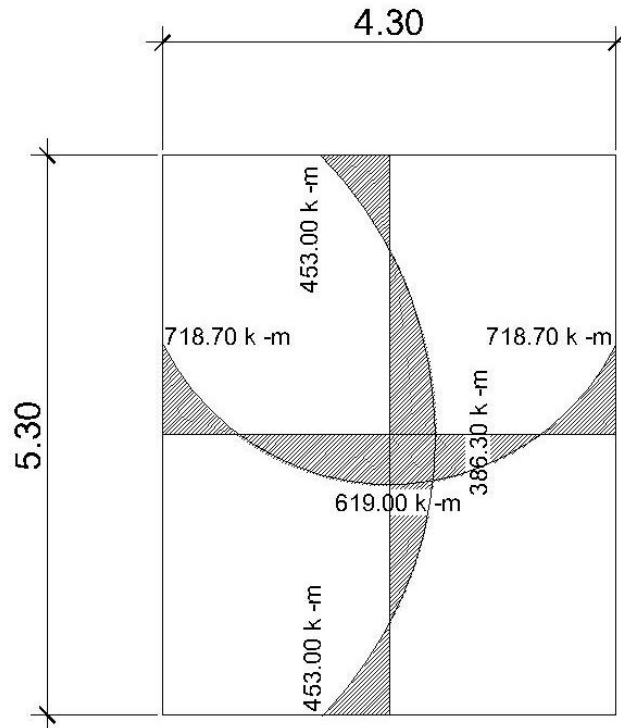
$$M_{A(+)} = 4.3^2(0.056 * 462 + 0.056 * 136) = \mathbf{619 \text{ Kg} - m}$$

$$M_{A(-)} = 4.3^2(0.065 * 598) = \mathbf{718.7 \text{ Kg} - m}$$

$$M_{B(+)} = 5.3^2(0.023 * 462 + 0.023 * 136) = \mathbf{386.3 \text{ Kg} - m}$$

$$M_{B(-)} = 4.3^2(0.027 * 598) = \mathbf{453.54 \text{ Kg} - m}$$

**Figura 18. Momentos en losa**



➤ **Cálculo del área de acero**

$$M_A = 718.7 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_B = 453.54 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$t = 10 \text{ cm.}$$

$$d = t - \text{recubrimiento} = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ cm.}$$

$$A_s = \left[ (100) \cdot (7.5) - \sqrt{[(100) \cdot (7.5)]^2 - \frac{(718.7) \cdot (100)}{(0.003825) \cdot (210)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{210}{2810} \right) = 3.95 \text{ cm}^2$$

$A_s = 3.95 \text{ cm}^2$  para momento en A (Área de acero necesaria, para el lado A)

$A_s = 2.45 \text{ cm}^2$  para momento en B (Área de acero necesaria, para el lado B)

➤ **Chequeo del área mínima de acero que requerirá la losa**

$$A_{s \min} = 0.4 \cdot \left( \frac{14.1}{F_y} \right) \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \min} = 1.5053$$

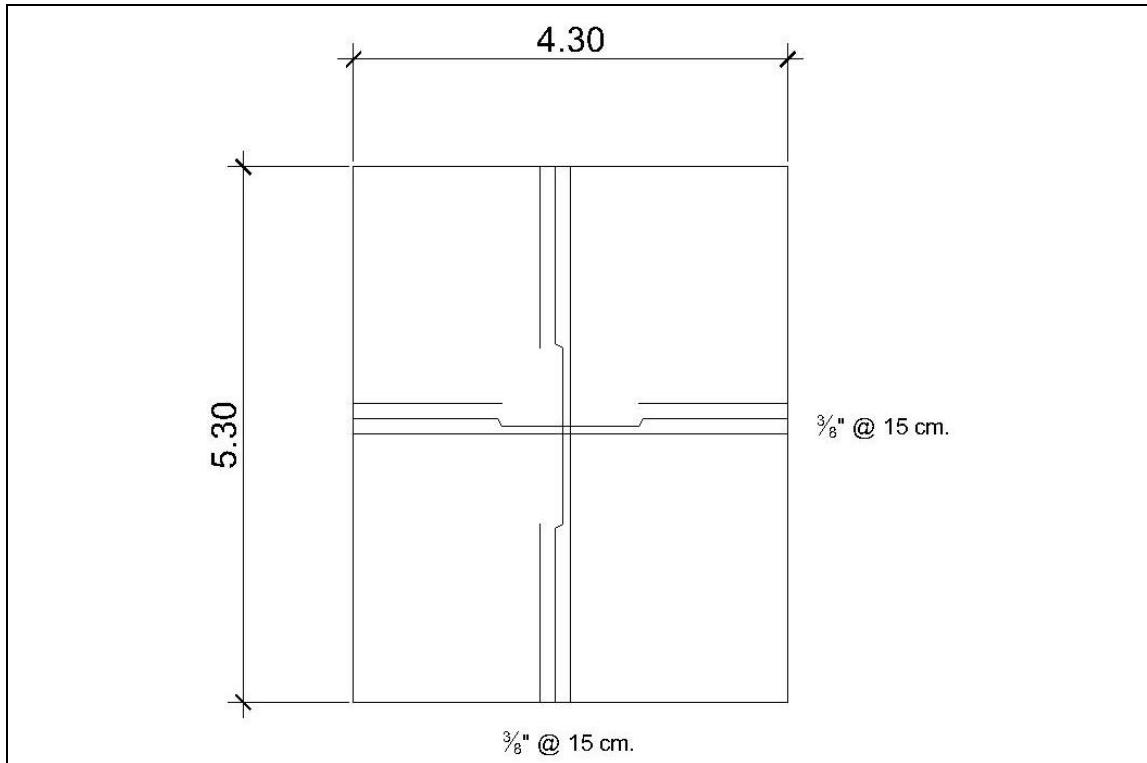
Debido a que el área mínima de acero es menor que la que necesitaría los lados A y B ocuparemos el área encontrada para cada uno de los lados.

Área	Espaciamiento	
3.95 cm <sup>2</sup>	100 cm.	} Para momento en A
0.71 cm <sup>2</sup>	S	
		} S = 18 cm. = 15 cm.

Área	Espaciamiento	
2.45 cm <sup>2</sup>	100 cm.	} Para momento en B
0.71 cm <sup>2</sup>	S	
		} S = 29 cm. = 25 cm.

Se utilizará un espaciamento de **S = 15 cm.**

**Figura 19. Armado de la losa**



### **Diseño de viga**

$F'c$  = Resistencia del concreto

$F_y$  = Resistencia del acero.

$C_{mu}$  = Carga última muerta.

$C_{vu}$  = Carga última viva.

$CU$  = Carga última total.

$t$  = Espesor de la viga.

$\delta_c$  = Peso específico del concreto

$$\begin{aligned}
 f'c &= 210 \text{ kg/cm}^2 & C_{mu} &= 462 \text{ kg/m}^2 \\
 f_y &= 2,810 \text{ kg/cm}^2 & C_{vu} &= 136 \text{ kg/m}^2 \\
 t &= 10 \text{ cm} & CU &= 598 \text{ kg/m}^2 \\
 \delta_c &= 2,400 \text{ kg/m}^3 & Rec &= 4 \text{ cm} \\
 d &= 16 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{Losa}} = (598 \text{ kg/m}^2 \cdot 4.3 \text{ m}) / 5.3 \text{ m} = 485.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga total} = 485.2 \text{ kg/m}$$

$$M = (485.2 \text{ kg/m} \cdot 5.3^2) / 8 = 1703.65 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (100) \cdot (14) - \sqrt{[(100) \cdot (14)]^2 - \frac{(1703.65) \cdot (100)}{(0.003825) \cdot (210)}} \right] \cdot 0.85 \cdot \left( \frac{210}{2810} \right) = 4.16 \text{ cm}^2$$

$A_s = 4.16 \text{ cm}^2$  (Área de acero que necesita la viga para poder resistir las cargas que existen sobre ella)

➤ **Chequeo con el área máxima y mínima de acero**

$$A_{s\text{min}} = \left( \frac{14.1}{f_y} \right) \cdot b \cdot d = \left( \frac{14.1}{2810} \right) \cdot (15) \cdot (16) = 1.20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{max}} = \rho_{\text{max}} \times b \times d \quad \rho_{\text{max}} = 0.5 \times \rho_{\text{balanceado}}$$

$$\rho_{\text{balanceado}} = \left[ \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \right] \times \left[ \frac{6090}{(f_y + 6090)} \right]$$

$$\rho_{\text{balanceado}} = \left[ \frac{(0.85) \cdot (0.85) \cdot (210)}{2810} \right] \cdot \left[ \frac{6090}{(2810 + 6090)} \right] = 0.037$$

$$\rho_{\max} = (0.5) \cdot (0.037) = 0.0185$$

$$A_{s\max} = (0.0185) (15) (16) = 4.44 \text{ cm}^2$$

$$1.20 \text{ cm}^2 \leq 4.16 \text{ cm}^2 \leq 4.44 \text{ cm}^2$$

➤ **Chequeo contra cortante**

$$V_u = (485.2 \cdot 5.3)/2$$

$$V_u = 1,285.78 \text{ Kg.}$$

$$V_R = 0.85 \cdot (0.53) \cdot \sqrt{210} \cdot (15) \cdot (16) = 1,566.80 \text{ kg}$$

**Diseño muros**

Datos:

Peso específico del suelo ( $\delta_s$ ) = 1,400 Kg./m<sup>3</sup>.

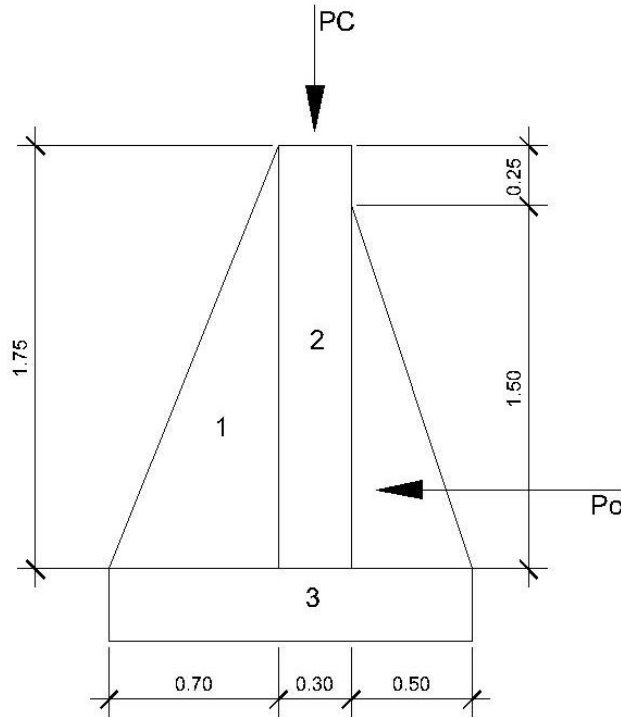
Peso específico del concreto ( $\delta_c$ ) = 2,400 Kg./m<sup>3</sup>.

Peso específico del concreto ciclópeo ( $\delta_{cc}$ ) = 2,500 Kg./m<sup>3</sup>.

Ángulo de fricción ( $\varphi$ ) = 25°

Valor soporte del suelo ( $V_s$ ) = 15,000 kg/m<sup>2</sup>

**Figura 20. Diagrama de fuerzas sobre las paredes del tanque**



➤ **Carga uniforme distribuida (W)**

$$W_{\text{losa}} + \text{viga de carga} = 557.2 \text{ Kg./m}$$

$$W = 557.2 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Carga puntual (Pc)} = 557.2 \text{ kg/m} * 1 \text{ m} = 557.2 \text{ kg}$$

$$\text{Momento por carga puntual (Mc)} = 557.2 \text{ kg} * (0.7 + (0.3/2)) = 473.62 \text{ kg-m}$$

Fuerza activa Fa (Fuerza del agua)

$$Fa = \delta_{\text{agua}} * H^2/2$$

$$Fa = 1000 \text{ kg/m}^3 * 1.5^2/2 = 1125 \text{ kg/m}$$

Momento de volteo respecto de 0

$$M_{\text{act}} = Fa * H/3 = 1125 * ((1.5/3) + 0.3) = 900 \text{ kg-m}$$



- **Cálculo del momento estabilizante, sobre el muro del Tanque de distribución**

Sección	$\gamma_{cc} * A = WR$ (Kg/m)	Brazo (m)	MR (kg-m/m)
1	$2500(0.7*1.75/2) = 1531$	$2/3*(0.7) = 0.47$	719.57
2	$2500(0.3*1.75) = 1313.5$	$(0.7 + (0.3 / 2)) = 0.85$	1151.63
3	$2500(0.3*1.5) = 1125$	$1/2 + 0.25) = 0.75$	843.75
	$\Sigma 3968.50$		$\Sigma 2678.95$

Carga total (WT) = W + WR

$$WT = 557.2 + 3968.5 = 4525.7 \text{ kg/m}$$

- **Verificación de la estabilidad contra el volteo (Fsv) > 1.5**

$$F_{sv} = \frac{MR + M_c}{M_{act}} = \frac{2,678.95 + 473.62}{900} = 3.5$$

- **Verificamos la estabilidad contra deslizamiento (Fsd) > 1.5**

$F_d = WT * \text{Coeficiente de fricción}$

$$F_d = 4525.7 * 0.9 \text{ Tg}(25^\circ) = 1,899.33 \text{ kg}$$

$$F_{sd} = F_d / F_a = 1,899.33 \text{ kg} / 1125 \text{ kg} = 1.69$$

➤ **Verificación de la presión bajo base del muro,  $P_{max} < V_s$  y  $P_{min} > 0$**

Donde la excentricidad ( $e_x$ ) = Base/(2 – a)

$$a = \frac{MR + Mc - Mact}{WT}$$

$$a = \frac{2678.95 + 473.64 - 900}{4525.7} = 0.497$$

$$e_x = \frac{1.5}{2 - 0.497} = 0.253m \quad e_x = \text{Es el punto donde se está aplicando la fuerza.}$$

➤ **Módulo de sección ( $S_x$ )**

$$S_x = \frac{1}{6} * base^2 * long$$

$$S_x = \frac{1}{6} * 1.5^2 * 1 = 0.38m^3$$

La presión es:

$$P_{max} = \frac{WT}{A} \pm \frac{WT * e_x}{S_x}$$

$$P_{max} = \frac{5256.57}{1.5 * 1} \pm \frac{5256.57 * 0.42}{0.38} = 6030.03Kg / m^2$$

$$P_{max} = 6,030.3 \text{ kg/m}^2 < 15,000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{min} = 3.97 \text{ kg/m}^2 > 0$$

### **2.2.3 Red de distribución**

La red de distribución es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el consumidor y su función es brindar un servicio en forma continua, en cantidad suficiente y desde luego con calidad aceptable, por lo que se debe tratar el agua antes de entrar a la misma.

Para el diseño de la red, será necesario considerar los siguientes criterios:

- El buen funcionamiento del acueducto se debe garantizar para el período de diseño, de acuerdo con el máximo consumo horario.
- La distribución debe hacerse, mediante criterios que estén de acuerdo con el consumo real de la comunidad.
- La red de distribución se debe dotar de accesorios y de obras de arte necesarias, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de acuerdo a las normas establecidas; todo esto para facilitar su mantenimiento.

## **Tipo de redes de distribución**

Por la forma y principio hidráulico de diseño, las redes pueden ser:

### ➤ **Red ramificada o abierta**

Es la que se construye en forma de árbol, la cual se recomienda cuando las casas están dispersas. En este tipo de red, los ramales principales se colocan en las rutas de mayor importancia, de tal manera que alimente a otros secundarios. Para este proyecto se utilizó este tipo de red.

### ➤ **Red en forma de malla o de circuito cerrado**

Es cuando las tuberías están en forma de circuito cerrado, intercomunicados entre sí. Esta técnica funciona mejor que la red ramificada, ya que elimina los extremos muertos y permite la circulación del agua. En una red en forma de malla, la fórmula de Hazen & Williams define la pérdida de carga, la cual es verificada por el método de Hardy Cross, que se considera balanceado cuando la corrección del caudal es menor al 1% del caudal que entra.

## **Presiones y velocidades**

Entre los límites recomendables para verificar la presión y velocidad del líquido dentro de las tuberías de distribución, se tiene que la presión hidrostática no debe sobrepasar los 60 m.c.a, en algunas situaciones, podrá permitirse una presión máxima de 70 m.c.a., ya que después de alcanzarse una presión de 64 m.c.a. se corre el riesgo de falla en los empaques de chorros

En cuanto a la presión hidrodinámica en la red de distribución, ésta debe estar entre 40 m.c.a y 10 m.c.a., aunque en muchas de las regiones donde se ubica la comunidad, la topografía es irregular y se hace difícil mantener ésta, por lo que se podría considerar en casos extremos una presión mínima de 6 m.c.a.

En cuanto a las velocidades en la red, se recomienda estar entre el rango de 0.4m/s – 3.0 m/s.

### 2.2.3.1 Diseño de red de distribución

Para el diseño de la aldea Zapote, se presenta el cálculo para el tramo de tubería entre las estaciones E-27 y E-29, que corresponden al ramal secundario número uno.

De E-27 A E-29

Cota inicial del terreno 908.96

Cota final del terreno = 907.38

Longitud = 51.97

Caudal ( $Q_{\text{ramal1}}$ ) = 0.2508 lts/seg.

C (coeficiente de rugosidad) = 140

Cota piezometrica inicial = 918.98

$$D = \left[ \frac{(1743.811) \times (51.97) \times (0.2508)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (1.58)} \right]^{\frac{1}{4.87}} = 0.86$$

Para chequear presiones y velocidades usaremos un diámetro comercial de 1"

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.2508/1000}{\pi \cdot 0.0127^2} = 0.49 \text{ m/s}$$

$$H_f = \frac{(1743.811) \times (51.97) \times (0.2508)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (1)^{4.87}} = 0.75 \text{ metros}$$

D = 1"

Hf = 0.75 metros

V = 0.49 m/s

Piezométrica inicial = 918.98

Piezométrica final = 918.23

## **2.2.4 Obras hidráulicas**

También son llamadas obras de arte, se utilizan en el recorrido de la tubería, según la necesidad que se presente en cualquier punto que pueda afectar el sistema hidráulico y con eso mejorar su funcionamiento para brindar el mejor servicio posible.

### **➤ Caja de válvulas**

Antes de seleccionar las válvulas se deben considerar los siguientes factores: tipo de válvula, materiales de construcción, capacidad de presión y temperatura así como el costo y disponibilidad.

### **➤ Válvulas de aire**

El objetivo de esta es extraer el aire que se va acumulando dentro de la tubería; debe de colocarse en la línea de conducción, después de una depresión y en la parte más alta donde el diseño hidráulico lo indique. La válvula será de bronce y adaptada para tubería y accesorios de PVC, protegida con una caja de mampostería y tapadera de concreto reforzado.

### **➤ Válvula de limpieza**

En un sistema de conducción de agua, siempre se considerarán dispositivos que permitan la descarga de sedimentos acumulados; estas se deben colocar en los puntos más bajos.

➤ **Válvulas de compuerta**

Son las válvulas de aislamiento de mayor uso en los sistemas de distribución, principalmente por su costo, disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están abiertas totalmente. Este tipo de válvulas se colocaron en caja rompe presión y tanque de distribución.

➤ **Cajas rompe presión**

Se utiliza para controlar la presión interna de la tubería, rompiendo o aliviando la presión en la línea de conducción o de distribución; evitando así la falla de tuberías y accesorios, cuando la presión estática de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máxima de los mismos. Cuenta en la entrada con una caja y válvula de compuerta, tubería de desagüe y rebalse o válvula de flote, según fuese el caso, y su pichacha en la tubería de salida. Para este proyecto únicamente se necesito el uso de una caja rompe presión. Se colocó en E-20.

➤ **Conexiones prediales**

Se entiende por conexión predial cada servicio que se presta a una comunidad, a base grifo instalado fuera de la vivienda, pero dentro del predio o lote que ocupa. Es el tipo de servicio más recomendable desde el punto de vista de higiene y salud para el área rural, tomando en cuenta a la vez, razones económicas. La instalación predial se recomienda para comunidades rurales concentradas y dispersas con nivel socioeconómico regular.



## 2.2.5 Presupuesto

Es un plan de acción dirigido a cumplir una meta prevista, expresada en valores y términos financieros que, debe cumplirse en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas.

Se integró aplicando el criterio de precios unitarios, tomando como base el precio de materiales, mano de obra calificada y no calificada de la región.

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

<i>No.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Total</i>
1	<i>Topografía</i>	1	global	Q3,600	Q3,600
2	<i>Captación</i>	1	U	Q11,826	Q11,826.00
3	<i>Línea de conducción</i>	1385	ml	Q39.00	Q54,015.00
4	<i>Tanque de distribución 30 m3</i>	1	U	Q33,154.00	Q33,154.00
5	<i>Red de distribución</i>	1588	ml	Q37.00	Q58,756.00
6	<i>Cajas rompe-presión</i>	1	U	Q3,544.00	Q3,544.00
7	<i>Sistema de cloración</i>	1	U	Q14,680.00	Q10,000.00
8	<i>Conexiones domiciliarias</i>	67	U	Q437.00	Q29,279.00

Costo de materiales y mano de

Q 204,174.00

Costos indirectos (25%-30%)

Q 53,224.10

**Costo total del proyecto**

**Q 257,398.10**

## **2.2.6 Programa de operación y mantenimiento**

Todo sistema de abastecimiento de agua, para incrementar su eficiencia en funcionamiento necesita un programa o planificación de operación y mantenimiento. Para lo cual se propone lo siguiente.

Las actividades de operación y mantenimiento son realizadas por un operador, en este caso el fontanero, quien será el responsable del buen funcionamiento del servicio, con la colaboración de la comunidad. Para lo cual se propone lo siguiente.

### **Programa de operación**

Se dan a conocer aspectos a tomar en cuenta para una buena operación de los componentes del sistema de abastecimiento de agua.

#### **➤ La cantidad y calidad del agua**

De cuidar las fuentes de agentes contaminantes de y captar el agua en las presas depende y es el primer factor para el buen funcionamiento del sistema.

#### **➤ Mantener el tanque de distribución lleno**

Se hace necesaria la inspección del tanque, para así poder garantizar que toda vivienda contemplada este dotada del servicio.

➤ **Mantener la presión del agua**

Esto se logra con el manejo de las válvulas. El abrir o cerrar válvulas permiten que se acumulen presiones suficientes en la tubería para que el agua llegue a todas las conexiones del sistema.

**Programa de mantenimiento**

Además de un programa operativo, se hace necesario el mantenimiento del sistema, para prevenir daños que se den en el transcurso del tiempo de la vida útil del proyecto.

Se puede mencionar dos tipos de mantenimiento que es y se hará necesario dar.

**Mantenimiento preventivo**

Este comprende todas las acciones y actividades que se planifiquen y realicen para que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua, éste se realizará con el propósito de disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse

**Mantenimiento correctivo**

Tiene en cuenta las acciones de reparación de daños en el equipo e instalaciones causados por deterioro normal del uso del sistema de abastecimiento de agua o por acciones extrañas o imprevistas.

Recomendaciones necesarias para dar mantenimiento a las diferentes partes del sistema de abastecimiento de agua en el área rural u otros sistemas que se adapten a éste.

➤ **En la obra de captación**

En época de invierno, es recomendable visitar la fuente de agua por lo menos una vez al mes o cuando se crea necesario debido a la cantidad de precipitación que se haya dado. Esto se hará para detectar desperfectos, el estado de la misma y para corregir algún problema encontrado, se limpiará la fuente de maleza y vegetación, escombros o cualquier otro material que dé lugar a obstrucción o represente un peligro de contaminación.

➤ **Revisión de la línea de conducción**

Observar si hay deslaves o hundimientos de tierra, además se debe verificar si existen áreas húmedas anormales sobre la línea; si es así, explorar la línea enterrada para controlar posible fugas de agua.

➤ **Revisión de válvulas**

se debe revisar el buen funcionamiento de las válvulas, abrir y cerrar las mismas lentamente para evitar daño a la tubería debido a las altas presiones, también se deberá observar que no hayan fugas o rupturas, si existieran deben repararse o cambiarse. Esta actividad puede realizarse cada 4 meses o cuando se requiera necesario.

➤ **Revisión del tanque de distribución**

Realizar limpieza e inspecciones constantes al tanque de distribución, de por lo menos una vez al mes, observando que el mismo no tenga grietas o filtraciones, se debe verificar que la escalera que conduce a la parte superior y que la tapa de visita estén en buenas condiciones, además vigilar que las válvulas de limpieza, tubos de salida y distribución, así como el sistema de desinfección se encuentren en buen estado.

➤ **Revisión de la red de distribución**

La red de distribución es la que constituye todo el sistema de tubería desde el tanque de distribución, hasta aquellas líneas de las cuales parten tomas o cualquier tipo de conexiones, las cuales se deberán inspeccionar, recorriendo las vías por las que se encuentra enterrada la tubería de la red, con el fin de detectar y controlar fugas u otras anomalías. Esta actividad se recomienda realizarla cada cuatro meses.

**Tabla XII. Programa de operación y mantenimiento**

<b>No</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
1	Inspección del sistema de desinfección	cada 1 mes	Fontanero
2	Limpieza e inspección de la captación	cada 1 mes	Fontanero
3	Limpieza e inspección del Tanque de distribución	cada 1 mes	Fontanero
4	Inspección del área adyacente a la fuente, para determinar agentes de contaminación	cada 3 meses	Fontanero
5	Limpieza, chapeo e inspección de línea de conducción y red de distribución	Cada 4 meses	Fontanero y comunitarios
6	Inspección de cajas de válvulas	Cada 4 meses	Fontanero
7	Chapeo y limpieza de áreas adyacentes a la captación	Cada 6 meses	Fontanero y Comunitarios
8	Reforestar el área de la captación	cada año	Comunitarios
9	Realizar aforo de la fuente utilizada	Cada año	Fontanero
10	Tomar muestras para análisis de laboratorio	Cada año	Técnico de salud rural

### 2.2.7 Propuesta de tarifa

Para que un sistema de agua potable cumpla con su función y sea sostenible durante el período de diseño, se requiere de un fondo para operar dicho sistema y darle su respectivo mantenimiento. Para esto se debe determinar una tarifa que debe aportar cada una de las viviendas beneficiadas con el proyecto, la cual esta en función de la operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva del mismo.

#### Costo de operación

Es el costo que representa el pago mensual al fontanero por la inspección y el buen funcionamiento de todo el sistema. Este se calcula tomando en cuenta el pago por jornal en el municipio de La Unión y las prestaciones de ley.

Pago por jornal      Q 30.00

Prestaciones      66% (vacaciones, indemnización, aguinaldo, bono 14, IGSS).

$$\text{Salario mensual} = \left( \frac{\text{Q } 30.00}{\text{dia}} \right) \times \left( \frac{30 \text{ dias}}{\text{mes}} \right) \times 1.66 = \text{Q}1,494.00$$

El Salario del fontanero es de Q1,494.00 al mes.

### **Costo de mantenimiento (M)**

Este costo servirá para la compra de materiales para el sistema, en caso de que sea necesario cambiarlos por deterioro de los mismos, estimando el 4 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{[(0.004) \cdot \text{Costo total del proyecto}]}{\text{periodo de diseño del proyecto}} = \frac{[(0.004) \cdot 257,398.10]}{22} = \text{Q } 46.80 \text{ mensual}$$

### **Costo de tratamiento (T)**

Es el costo que se requiere para la compra de tabletas de tricloro, método que se utilizará para la desinfección del agua, el cual se hará mensualmente,

$$T = (\text{costo de la tableta de tricloro}) \cdot (\text{No. de tabletas a utilizar en un mes})$$

$$T = (\text{Q } 0.50) \cdot (21 \text{ tabletas por mes}) = \text{Q } 10.50 \text{ por mes}$$

### **Costo de administración (A)**

El costo de administración es el valor que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. El cual se estima que es el 15% de la suma de los tres costos anteriores.

$$A = 15\% \cdot (O + M + T) = 0.15 \cdot (1,494.00 + 46.80 + 10.50) = \text{Q } 232.69 \text{ al mes}$$



### **Costo de reserva (R)**

Este costo servirá como reserva para cubrir cualquier imprevisto que afecte el proyecto, el cual será el 10% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 10\% * (O + M + T) = 0.10 * (1,494.00 + 46.80 + 10.50) = Q 155.13 \text{ mensual}$$

### **Tarifa calculada**

La tarifa calculada es la suma de los costos anteriores, dividido el número de viviendas:

$$\text{Tarifa} = \frac{(O + M + T + A + R)}{\text{No. de viviendas}}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{(1,494.00 + 46.80 + 10.50 + 232.69 + 155.13)}{67} = Q 28.94 \approx Q 29.00 \text{ mensual}$$

De acuerdo al cálculo de la tarifa mensual, se determinó una cuota máxima de Q 29.00 mensual, la cual cubrirá los gastos del fontanero incluyendo sus prestaciones, los costos del mantenimiento del sistema, el costo de desinfección del agua, así como otros gastos que puedan surgir para el buen funcionamiento del mismo.

Según datos proporcionados por la Oficina Municipal de Planificación O.M.P de la municipalidad de Gualán, el ingreso promedio anual por familia en el área urbana es de Q 19,800.00 anual, mientras que en el área rural es de Q17,928.00 anual, por lo tanto, para determinar si la comunidad está en

condiciones para pagar la cuota mensual propuesta para este proyecto, se deben realizar los siguientes cálculos:

Tarifa máxima mensual < 5% ingreso promedio mensual de la comunidad

La aldea Zapote es parte del área rural del municipio, por lo tanto asumiremos un ingreso promedio mensual de 1,494.00

$$1,494.00 \times 0.05 = 74.70$$

$$Q 29.00 < Q 74.70$$

De acuerdo al costo actual para la adquisición del agua y a la capacidad económica de la población, se concluye que los beneficiarios tienen la capacidad de pagar la tarifa propuesta.

### **2.2.8 Análisis económico y financiero**

El análisis financiero de un proyecto es diferente al análisis económico, aunque ambos conceptos están íntimamente relacionados. El análisis financiero de un proyecto determina la utilidad o beneficio monetario que percibe la institución que opera el proyecto, en cambio el análisis económico mide el efecto que ejerce el proyecto en la sociedad.

## **Análisis económico**

Los proyectos de abastecimiento de agua potable deben de ser sometidos a un análisis económico para determinar la conveniencia de ejecutarlos y para este efecto debemos identificar, cuantificar, y valorar sus costos y beneficios.

### **Análisis costo/beneficio**

Este análisis se aplica en aquellos casos en que tanto los costos como los beneficios pueden expresarse en términos monetarios. Los indicadores más comunes asociados a este tipo de análisis son: el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

#### ➤ **Valor Presente Neto (VPN)**

Se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar todos los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, a valores actuales, para determinar la rentabilidad al término del periodo de funcionamiento; la tasa de interés, corresponde a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 11%.

Debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser financiada por alguna institución. Para el análisis del VPN este rubro no se considerará debido a que se analizará si el proyecto es auto sostenible o no.

**Cálculo de costo de operación y mantenimiento anual (CA) y valor presente (VP)**

$$CA = (O + M + T + A + R) \times 12$$

$$CA = (Q 1,939.12) \times 12 = Q 23,269.44$$

$$VP_{CA} = CA \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right]$$

$$VP_{CA} = 23,269.44 \times \left[ \frac{(1+0.11)^{22} - 1}{0.11 \times (1+0.11)^{22}} \right] = Q 190,244.90$$

**Cálculo de tarifa poblacional anual (TPA) y valor presente (VP)**

$$TPA = Q 29.00 \times 67 \times 12 = Q 23,316.00$$

$$VP_{TPA} = TPA \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right]$$

$$VP_{TPA} = 23,316 \times \left[ \frac{(1+0.11)^{22} - 1}{0.11 \times (1+0.11)^{22}} \right] = Q 190,625.53$$

El valor presente neto estará dado por la diferencia de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el periodo de funcionamiento del sistema.

$$VPN = \text{Ingresos} - \text{egresos} = Q 190,625.53 - Q 190,244.90 = Q 380.63$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el periodo de funcionamiento.

➤ **Tasa interna de retorno (TIR)**

Es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el presente proyecto es de carácter social, no es posible obtener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

$$\text{Costo} = \text{inversión inicial} - \text{VPN} = Q 257,398.10 - Q 380.63 = Q 257,017.47$$

Beneficio = No. de habitantes a futuro

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{Q 257,017.47}{642} = Q 400.34 \quad \text{por habitante}$$

Las instituciones de inversión social, toman la decisión de invertir de acuerdo al valor del costo/beneficio y de las disposiciones económicas que posean.

### **2.2.9 Estudio de impacto ambiental**

Los proyectos de infraestructura para el sector de agua potable no representan impactos ambientales adversos de gran magnitud, que pudieran poner en riesgo la salud de las personas o el medio ambiente, sino por el contrario, se espera satisfacer una demanda de primera necesidad.

Durante la etapa de construcción de un sistema de agua potable, es necesario preparar los terrenos donde se instalaran los diferentes componentes del sistema, desde la fuente de agua hasta el tanque de distribución y de este a las conexiones domiciliarias. Si no son bien estudiados los métodos de construcción de las diferentes partes del sistema, se pueden generar impactos ambientales adversos de mayor magnitud, sin embargo buenas medidas constructivas y de mitigación hacen poco probable la generación de impactos.

#### **Plan de manejo ambiental**

Para la ejecución del proyecto se deberá incorporar un plan de manejo ambiental, que consistirá en la elaboración sistemática y estructurada de una serie de medidas destinadas a mitigar, restaurar y/o compensar los impactos ambientales negativos producidos en el entorno debido a la implementación de un proyecto, así como también deberá contemplar la elaboración de una estrategia ambiental que incluya medidas de prevención de riesgos ambientales y de control de accidentes.

## **Medidas de mitigación**

Las medidas de mitigación tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto en el entorno en cualquiera de sus fases de ejecución. Estas medidas se determinan en función del análisis de cada una de las componentes ambientales afectadas por la ejecución del proyecto, en cada una de las etapas de este, pudiendo ser de tres categorías diferentes:

- Medidas que impidan o eviten completamente un efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción.
- Medidas que minimizan o disminuyen el efecto adverso o significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes.
- Medidas que reducen o eliminan el efecto adverso significativo mediante la implementación de acciones específicas.

## **Medidas de reparación y/o restauración**

Estas medidas tienen por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o en caso de no ser posible restablecer sus propiedades básicas.

## **Medidas de compensación**

Estas medidas tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado.

El ejecutor debe describir de forma sencilla el componente afectado y los potenciales impactos ambientales que se puedan ocasionar como producto de la ejecución y operación de su proyecto, con su respectiva medida de mitigación, reparación y/o restauración y compensación, con la finalidad de que este diseñe un plan de mitigación apropiado para su proyecto.

El diseño de un plan de manejo ambiental busca que el ejecutor genere y provea la información específica necesaria y establezca los compromisos para asegurar un medioambiente libre de contaminación.



**Tabla XIII. Medidas de mitigación de impactos ambientales para proyectos de agua potable.**

<b>Componente</b>	<b>Impacto</b>	<b>Medida de mitigación</b>
Emisiones a la atmósfera	Emisión de material particulado y polvo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra.</li> <li>• Transportar el material de excavación cubierto y por las rutas establecidas con anticipación</li> </ul>
Efluentes de líquidos	Generación de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilizar el efluente producido por la prueba del tanque de distribución y la tubería.</li> <li>• Disponer de baños químicos para personal en la obra.</li> </ul>
Residuos sólidos	Generación de residuos sólidos (domésticos e industriales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener contenedores de residuos domiciliarios para un adecuado almacenamiento temporal.</li> <li>• Recuperar y reutilizar la mayor cantidad de residuos excavaciones</li> <li>• Retirar transportar y disponer los residuos sobrantes, en lugares autorizados.</li> </ul>
Ruidos y/o vibraciones	Incremento en los niveles de ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar trabajos de excavación e instalación de tuberías en horarios diurnos.</li> <li>• Mantener los vehículos en las mejores condiciones mecánicas.</li> </ul>
Recursos hídricos	<p>Alteración y utilización de agua superficial o subterránea</p> <p>Contaminación de cursos de agua o causes por sedimentos y residuos líquidos o sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las obras no perjudiquen o entorpezcan el aprovechamiento del agua para otros fines.</li> <li>• Dejar un caudal mínimo de agua, principalmente para la época de estiaje.</li> <li>• No afectar los derechos constituidos de terceros</li> <li>• No almacenar temporalmente material de excavación en causes o lechos de río o sectores que desemboquen en ellos.</li> <li>• No disponer efluentes en causes o cursos de agua que sirven para abastecimiento.</li> <li>• Remover inmediatamente los derrames accidentales de combustible con materiales adecuados.</li> </ul>

**Continuación tabla XIII.**

Suelo	Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No realizar directamente en el suelo las mezclas para las obras de concreto.</li> <li>• Realizar los trabajos de mantenimiento de equipo y maquinaria, si se requiere, sobre un polietileno que cubra el área de trabajo.</li> <li>• Remover inmediatamente el suelo, en caso de derrames accidentales de combustible y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos.</li> </ul>
Vegetación y Fauna	Remoción y afectación de la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización.</li> <li>• Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra.</li> <li>• Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.</li> </ul>
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo.</li> <li>• Mantener una adecuada señalización en el área de la obra en etapa de ejecución y operación.</li> <li>• Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.</li> </ul>
	Incremento en los niveles de accidentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga.</li> <li>• Mantener una adecuada señalización en el área de la obra en etapa de ejecución y operación.</li> <li>• Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.</li> <li>• Controlar la velocidad de los vehículos y que estos cuenten con la alarma de reversa.</li> </ul>
Paisaje	Impacto visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.</li> </ul>

**Continuación tabla XIII.**

Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suspender la obra, delimitar el área e informar a quien corresponda para una correcta evaluación, en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos. Una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.</li></ul>
---------------------	-----------------------------	--



## CONCLUSIONES

1. En el análisis y diseño estructural del edificio escolar de dos niveles, se aplicaron diferentes criterios, como los que están contenidos en el código A.C.I. y atendiendo a los criterios establecidos en el Reglamento de Construcción de Edificios Educativos del Ministerio de Educación
2. El costo monetario de construir el edificio escolar de dos niveles, en la aldea Limones, el cual cuenta con 484 m<sup>2</sup> de construcción es de Q 1,064,957.70 , lo cual indica que el precio por m<sup>2</sup> del edificio es de Q 2,200.32 , ubicando esta cantidad en el promedio del costo de obras de este tipo en el municipio de Gualán.
3. En el sistema de abastecimiento de agua potable se seleccionó el sistema por gravedad, ya que la topografía del terreno lo permite. Esto significa que la fuente esta en un nivel mas alto que las viviendas a beneficiar.
4. En el proyecto de introducción de agua potable para la aldea Zapote, se cuentan con 2,973.00 metros lineales de tubería entre línea de conducción y distribución con un costo de Q 257,398.10 , lo que significa que el costo por metro lineal del sistema es de Q 86.50. Esta cantidad sobrepasa el costo promedio, debido a que la línea es pequeña pero con una obra de captación y un tanque de distribución de gran tamaño.

5. Para que el proyecto de introducción de agua potable sea sostenible, se evaluó la incorporación de un sistema de tarifa, con el cual se estarán cubriendo costos para llevar a cabo el programa que se elaboró de mantenimiento, prevención y corrección, para así garantizar el correcto funcionamiento de dicho. La tarifa por vivienda calculada es de Q 29.00 mensuales, esta es inferior al 5% de los ingresos mensuales por familia, lo cual indica que están en capacidades económicas para pagarla.
  
6. En la construcción de todo proyecto, se busca causar el menor impacto negativo posible al ambiente. Un proyecto de infraestructura para el sector agua, no representa impactos ambientales adversos de gran magnitud, sin embargo, se hizo necesario la elaboración sistemática y estructurada de una serie de medidas destinadas a mitigar, restaurar y/o compensar los impactos negativos que se pudieran producir por la implementación del proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. A la municipalidad del municipio de Gualán, por ser estos proyectos de gran importancia para el desarrollo de sus comunidades, se recomienda hacer todas las gestiones necesarias para obtener el debido financiamiento para llevar acabo la fase de ejecución.
2. A los habitantes de la aldea Limones, colaborar en todo sentido facilitando cualquier tipo de ayuda, principalmente, el aporte de mano de obra no calificada.
3. A la municipalidad de Gualán, capacitar de la mejor manera a la persona (s) encargada del mantenimiento periódico que deberá hacerse a los elementos del sistema de agua potable que lo requieran, según el programa proporcionado, para garantizar el servicio continuo de éste.
4. A los habitantes de aldea Zapote, tomar medidas para contrarrestar restaurar y/o compensar los impactos ambientales negativos producidos por la implementación del proyecto, guiándose en el cuadro elaborado para mitigación de impactos ambientales de agua potable.
5. A la municipalidad de Gualán, supervisión de los proyectos al estar en la fase de ejecución, para asegurar que se cumplan con todas las especificaciones descritas en los planos de diseño que se muestran en el apéndice de este trabajo de graduación.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Méndez Ramos, Ligia Milithza. Diseño de edificio escolar de dos niveles aldea Nuevo San Antonio y sistema de abastecimiento de agua potable aldea Chiquival Viejo, municipio de San Carlos Sija, Quetzaltenango. Tesis Ingeniería Civil. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 2004.
2. Tampán Corado, Rolando Antonio, Guía teórica y práctica para uso de software de ETABS para diseño reestructuras de concreto. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.
3. Código de diseño de hormigón armado, ACI 318 -99, Reglamento y comentarios. American Concrete Institute, Estados Unidos, 1999
4. Arthur H. Nilson. Diseño de estructuras de concreto. Editorial Mc Graw Hill. Duodécima edición, 2004.
5. INFOM. Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales. Segunda revisión. Guatemala, 1997.



## APÉNDICE

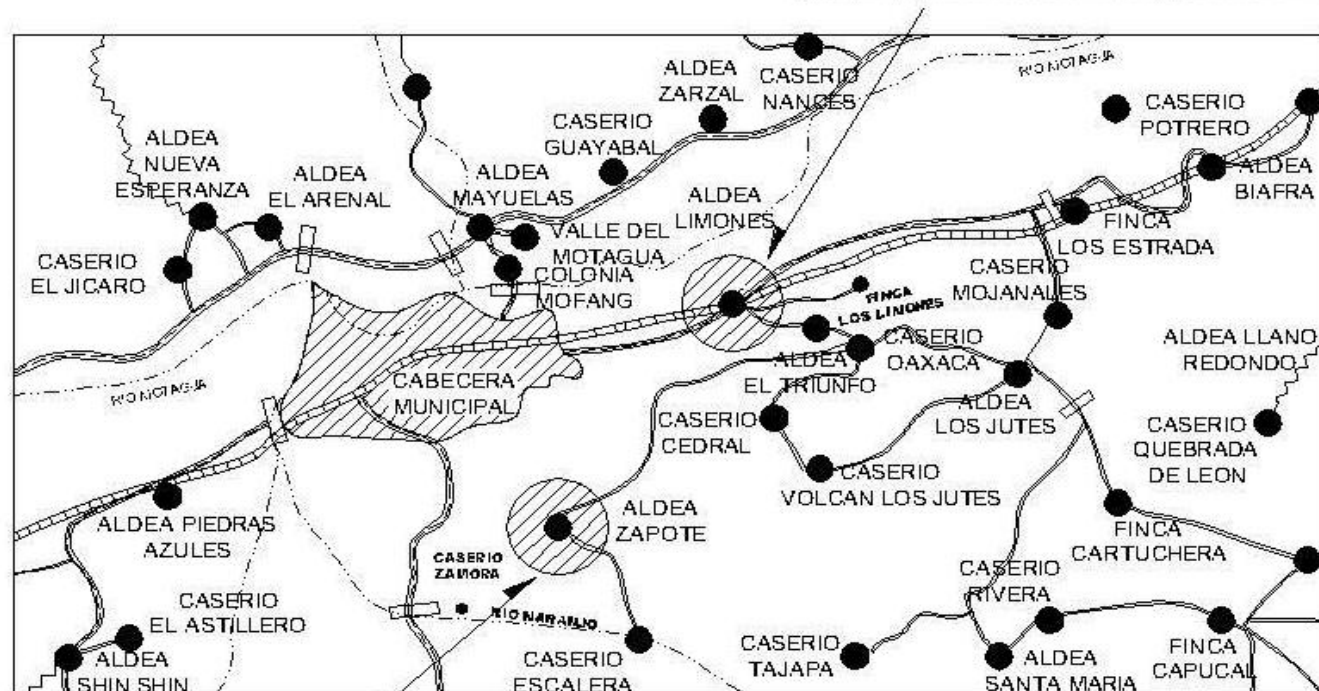
1. Ubicación Geográfica de proyectos de infraestructura dentro del municipio de Gualán (zona de interés)
2. Libreta topográfica de línea de conducción y distribución del sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Zapote, municipio de Gualán.
3. Resumen hidráulico de diseño de línea de conducción y distribución del sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Zapote, municipio de Gualán
4. Estudio de laboratorio de suelo, ensayo de compresión triaxial.
5. Tabla de clasificación de suelos
6. Examen bacteriológico de agua
7. Análisis físico químico sanitario de agua
8. Planos constructivos (Edificio escolar de dos niveles)
9. Planos constructivos (Introducción del sistema de abastecimiento de agua potable)



# MUNICIPIO DE GUALAN DEPARTAMENTO DE ZACAPA

**PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR**  
**UBICACIÓN: ALDEA LIMONES**

SIMBOLOGIA	
●	ALDEA Ó CASERIO
*	PARAJE
—	LÍNEA FERREA
—	RIOS IMPORTANTES
—	GARRETERA ASFALTADA
—	BRECHA
—	GARRETERA TRANSITABLE TODO EL TIEMPO
—	PUENTE



**PROYECTO: AGUA POTABLE**  
**UBICACIÓN: ALDEA ZAPOTE**

ESCALA 1:100,000

**LIBRETA TOPOGRÁFICA****INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ZAPOTE, GUALÁN, ZACAPA****LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

EST.	P.O.	AZIMUT	D. H.(metros)	COTA	OBSERVACIONES
	0			1,000.00	CAPTACIÓN SUPERFICIAL
0	1	188°45'14"	21.65	988.38	
1	2	193°48'46"	39.13	983.22	
2	3	208°50'19"	46.76	969.38	
3	4	186°46'23"	68.25	962.67	
4	5	182°55'07"	28.52	968.07	
5	6	202°42'16"	56.96	971.28	
6	7	219°42'17"	54.06	969.72	
7	8	243°16'27"	78.45	963.20	
8	9	223°56'32"	79.11	954.40	
9	10	252°44'19"	35.74	948.10	
10	11	264°56'05"	113.28	936.46	
11	12	257°15'14"	87.18	941.20	
12	13	206°15'23"	122.98	944.63	
13	14	239°14'44"	73.66	936.56	
14	15	218°55'06"	27.86	937.55	
15	16	254°45'53"	68.28	935.87	
16	17	236°47'17"	56.72	927.35	
17	18	197°27'24"	98.54	931.87	
18	19	243°02'09"	22.53	934.18	
19	20	199°01'24"	115.14	926.15	
20	21	225°11'02"	89.52	920.43	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

**LINEA DE DISTRIBUCIÓN**

EST.	P.O.	AZIMUT	D. H.(metros)	COTA	OBSERVACIONES
21	22	174°06'57"	48.26	918.25	
22	23	152°03'02"	48.21	915.88	
23	24	165°59'20"	56.83	914.36	
24	25	175°56'40"	37.83	911.02	
25	26	187°59'36"	38.37	910.62	
26	27	159°55'31"	14.06	908.96	
27	27.1	99°24'50"	11.32	909.23	INICIA RAMAL 1
	28	84°09'06"	23.43	907.83	
28	28.1	52°19'03"	6.58	908.14	
	28.2	230°10'23"	4.79	908.27	
	29	33°42'21"	28.54	907.38	
29	29.1	101°55'59"	3.95	907.13	FINALIZA RAMAL 1
	29.2	202°28'39"	12.97	907.73	
	29.3	246°32'57"	8.46	907.48	
27	30	159°55'31"	33.95	910.15	
30	30.1	220°01'12"	8.37	909.68	INICIA RAMAL 2
	30.2	256°34'05"	11.97	909.83	
	31	232°54'03"	36.44	909.87	
31	31.1	75°53'48"	15.08	909.45	FINALIZA RAMAL 2
	31.2	335°47'54"	6.31	910.13	
30	32	159°55'31"	39.10	911.71	
32	33	169°57°44"	48.09	909.16	
33	33.1	160°48'26"	11.46	909.35	
	33.2	180°13'48"	24.99	909.41	
	33.3	212°58'13"	23.60	908.94	
	33.4	218°57'14"	10.06	909.16	
	34	191°20'47"	49.40	908.94	
34	34.1	31°28'40"	14.69	909.32	
	34.2	357°57'58"	14.31	909.09	
	35	179°52'30"	24.53	909.12	
35	36	168°23'21"	23.96	907.23	
36	36.1	241°09'42"	10.21	907.60	INICIA RAMAL 3

EST.	P.O.	AZIMUT	D. H.(metros)	COTA	OBSERVACIONES
36	36.2	290°17'06"	6.62	907.02	
	37	253°15'55"	16.91	908.03	
37	37.1	249°49'40"	7.83	908.16	
	37.2	264°33'12"	31.05	908.35	
	37.3	312°41'02"	24.51	908.02	
	38	295°44'57"	88.94	911.25	
38	38.1	32°48'09"	21.78	910.93	FINALIZA RAMAL 3
	38.2	90°43'51"	15.64	911.17	
	38.3	102°57'36"	31.78	911.01	
	38.4	125°46'44"	35.80	910.83	
	38.5	240°49'23"	11.65	911.35	
36	39	168°23'21"	30.38	906.14	
39	39.1	99°27'33"	16.77	906.58	INICIA RAMAL 4
	40	85°59'57"	35.40	908.39	
40	40.1	82°57'10"	8.56	908.18	
	40.2	345°38'05"	10.59	908.35	
	41	33°10'15"	36.99	907.26	
41	41.1	112°54'03"	30.08	906.18	
	41.2	138°44'39"	22.45	907.43	
	41.3	145°59'26"	10.54	906.89	
	41.4	298°07'33"	15.44	907.12	
	42	123°10'15"	65.30	905.31	
42	42.1	13°49'20"	14.01	905.76	FINALIZA RAMAL 4
	42.2	192°23'24"	7.95	905.15	
	42.3	268°10'15"	10.87	904.98	
	42.4	283°10'40"	17.34	905.56	
	42.5	349°57'56"	17.97	905.21	
39	43	168°23'21"	28.86	909.14	
43	44	196°01'05"	66.25	908.87	
44	45	172°06'53"	58.62	907.27	
45	46	190°21'31"	61.73	905.16	
46	46.1	78°35'02"	14.67	905.62	INICIA RAMAL 5
	47	95°25'49"	35.59	905.79	

EST.	P.O.	AZIMUT	D. H.(metros)	COTA	OBSERVACIONES
47	47.1	25°16'49"	23.33	906.05	
	47.2	63°52'49"	10.86	905.54	
	48	49°40'12"	37.67	906.17	
48	48.1	49°29'59"	23.31	905.94	
	48.2	100°53'14"	37.04	905.87	
	48.3	102°28'58"	47.40	905.54	
	48.4	131°47'38"	22.43	905.68	
	49	108°06'50"	99.26	904.62	
49	49.1	13°59'28"	27.35	904.78	FINALIZA RAMAL 5
	49.2	217°50'47"	21.96	904.53	
46	50	248°19'25"	18.32	905.04	
50	50.1	268°51'25"	13.12	905.29	INICIA RAMAL 6
	51	322°43'24"	33.75	904.86	
51	51.1	255°51'19"	13.49	904.78	
	51.2	323°38'56"	25.58	904.65	
	52	310°06'43"	60.31	904.52	
52	52.1	62°01'21"	10.85	904.73	
	52.2	176°41'41"	18.81	904.18	
	52.3	267°11'06"	13.76	904.03	
	52.4	322°17'43"	22.73	904.67	
	53	310°06'43"	52.11	904.08	
53	53.1	53°00'07"	24.85	904.16	FINALIZA RAMAL 6
	53.2	217°23'28"	7.11	903.99	
50	54	248°19'25"	35.18	904.81	
54	54.1	206°58'54"	13.05	905.10	INICIA RAMAL 7
	54.2	269°47'04"	13.98	904.88	
	55	167°52'50"	32.62	904.68	
55	55.1	53°07'15"	11.42	904.79	
	55.2	97°32'37"	23.03	904.80	
	55.3	167°37'35"	18.31	904.45	
	56	134°41'41"	45.94	904.91	
56	56.1	40°10'27"	13.06	905.08	FINALIZA RAMAL 7
	56.2	213°42'03"	17.83	905.13	



EST.	P.O.	AZIMUT	D. H.(metros)	COTA	OBSERVACIONES
54	57	248°53'28"	32.61	904.63	
57	57.1	280°53'28"	10.77	904.11	
	58	255°15'33"	63.77	903.52	
58	58.1	30°04'55"	23.91	903.02	FINALIZA RAMAL PRINCIPAL
	58.2	102°24'10"	19.62	903.68	
	58.3	330°50'45"	13.80	903.17	

## RESUMEN HIDRÁULICO

PROYECTO: Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

UBICACIÓN: Aldea Zapote, Municipio de Gualán, Departamento de Zacapa

### LINEA DE CONDUCCIÓN

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
0	7	324.8	1.68	0.83	140	1.4	2	5.41	54	160	1000	994.6	1000	969.72	0	24.87	0	30.28	
7	13	532.24	1.68	0.83	140	1.73	2	8.87	89	160	994.59	985.7	962.72	944.63	24.87	41.09	30.28	55.37	
13	19	358.02	1.68	0.83	140	1.78	2	5.97	60	160	985.72	979.8	944.63	934.18	41.24	45.57	55.37	65.82	
19	20	118.59	1.68	0.83	140	1.5	2	1.98	20	160	979.75	977.8	934.18	926.15	45.72	51.62	65.82	73.85	Caja Rompe presión
20	21	92.2	1.68	0.83	140	1.53	2	1.54	15	160	926.15	924.6	926.15	920.43	0	4.18	0	5.72	

### LINEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL PRINCIPAL

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
21	27	243.56	2.80	0.61	140	1.96	3	1.45	41	160	920.43	919	920.43	908.96	0	10.02	0	11.47	Inicia Ramal 1
27	30	33.95	2.55	0.56	140	2.01	3	0.17	6	160	918.98	918.8	908.96	910.15	10.02	8.66	11.47	10.28	Inicia Ramal 2
30	33	87.19	2.38	0.52	140	2.47	3	0.38	15	160	918.81	918.4	910.15	909.16	8.66	9.27	10.28	11.27	
33	34	49.4	2.38	0.52	140	2.99	3	0.22	9	160	918.43	918.2	909.16	908.94	9.27	9.27	11.27	11.49	
34	36	48.49	2.13	0.67	140	1.87	2.5	0.42	9	160	918.21	917.8	908.94	907.23	9.27	10.56	11.49	13.2	Inicia Ramal 3
36	39	30.38	1.71	0.54	140	1.72	2.5	0.18	6	160	917.79	917.6	907.23	906.14	10.56	11.47	13.2	14.29	Inicia Ramal 4
39	46	215.46	1.21	0.38	140	2.3	2.5	0.66	36	160	917.61	917	906.14	905.16	11.47	11.79	14.29	15.27	Inicia Ramal 5
46	50	18.32	0.84	0.41	140	1.85	2	0.08	4	160	916.95	916.9	905.16	905.04	11.79	11.83	15.27	15.39	Inicia Ramal 6
50	54	35.18	0.50	0.44	140	1.53	1.5	0.25	6	160	916.87	916.6	905.04	904.81	11.83	11.81	15.39	15.62	Inicia Ramal 7
54	58	96.38	0.25	0.49	140	1.01	1	1.39	17	160	916.62	915.2	904.81	903.52	11.81	11.71	15.62	16.91	

### LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

## RAMALES SECUNDARIOS

### RAMAL 1

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
27	29	51.97	0.25	0.49	140	0.86	1	0.75	9	160	918.98	918.2	908.96	907.38	10.02	10.85	11.47	13.05	

### RAMAL 2

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
30	31	36.44	0.17	0.33	140	0.98	1	0.25	6	160	918.81	918.6	910.15	909.87	8.66	8.69	10.28	10.56	

### RAMAL 3

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
36	38	105.85	0.42	0.37	140	1	1.5	0.55	18	160	917.79	917.2	907.23	911.25	10.56	5.99	13.2	9.18	

### RAMAL 4

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
39	42	137.69	0.50	0.44	140	1.56	1.5	1	23	160	917.61	916.6	906.14	905.31	11.47	11.3	14.29	15.12	

### RAMAL 5

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
46	49	172.52	0.38	0.33	140	1.6	1.5	0.73	29	160	916.95	916.2	905.16	904.62	11.79	11.6	15.27	15.81	

### RAMAL 6

Estación		Long. (M)	Caudal (L/S)	Vel. (M/S)	C	Diámetro Teórico	Diámetro Comercial	Hf (M)	No. Tubos	Tipo (PSI)	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
50	53	146.72	0.33	0.66	140	1.31	1	3.6	24	160	916.87	913.3	905.04	904.08	11.83	9.19	15.39	16.35	

RAMAL 7

Estación		Long.	Caudal	Vel.	C	Diámetro	Diámetro	Hf	No.	Tipo	Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Presión Dinámica		Presión Estática		Observación de tramo
De	A	(M)	(L/S)	(M/S)		Teórico	Comercial	(M)	Tubos	(PSI)	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
54	56	78.56	0.21	0.41	140	1.54	1	0.81	13	160	916.62	915.8	904.81	904.91	11.81	10.9	15.62	15.52	



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0077 S.S. O.T.No.: 21,171

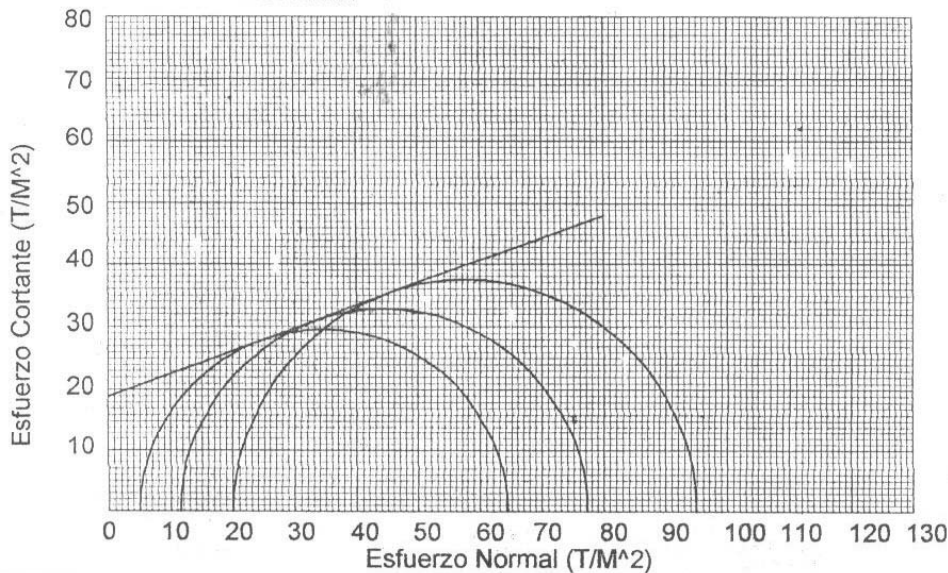
INTERESADO: Max Adolfo Sigüé Villeda

PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS-

UBICACION: 30 calle 17-56, zona 12

FECHA: 28 de febrero de 2007

Pozo No.: x Profundidad: x



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 20,06^\circ$	COHESIÓN: $C_u = 3,6 \text{ T/M}^2$
---	-------------------------------------

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q(T/m^2)$	34,66	44,35	57,49
PRESION INTERSTICIAL $u(T/m^2)$	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA $E_r$ (%)	3,5	5,5	8,0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1,92	1,92	1,92
HUMEDAD (%H)	15,34	15,34	15,34

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
 DIRECTOR CII/USAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992. Plánita 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



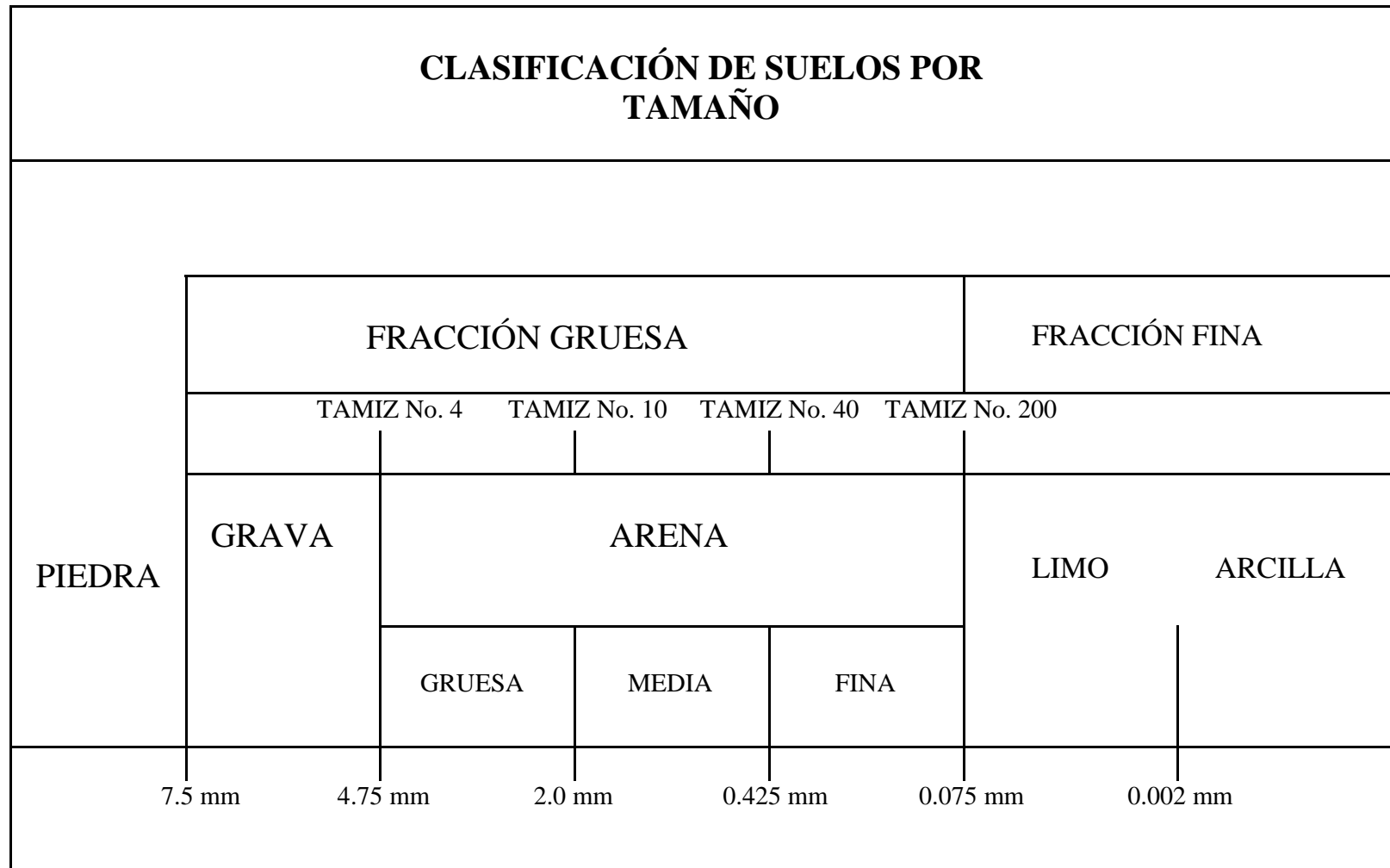
## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN

<b>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS</b>  Mas del 50% Es retenido por El tamiz No. 200	<b>GRAVAS</b>  Mas del 50% de la fracción gruesa, es retenida por tamiz No. 4	<b>Gravas Limpias</b> Poco o nada de partículas finas	<b>Gravas bien graduadas</b> Mezcla de arena y grava
			<b>Gravas mal graduadas</b> Mezcla de arena y grava
		<b>Gravas con finos</b> Cant. Apreciable de partículas finas	<b>Gravas limosas</b> Mezcla de grava, arena y limo
			<b>Gravas arcillosas</b> Mezcla de grava, arena y arcilla
	<b>ARENAS</b>  Mas del 50% de la fracción gruesa, pasa por el tamiz No.4	<b>Arenas limpias</b> Poco o nada de partículas finas	<b>Arenas bien graduadas</b> Arenas con grava
			<b>Arenas mal graduadas</b> Arenas con grava
		<b>Arenas con finos</b> Cant. apreciable de partículas finas	<b>Arenas limosas</b> Mezcla de arena y limos
			<b>Arenas arcillosas</b> Mezcla de arena y limos

## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN

<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b>  Mas del 50% Pasa por El tamiz No. 200	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b>  Límite líquido por debajo del 50%	Limos inorgánicos, arcillosos ligeramente o no plásticos
		Arcillas inorgánicas, con grava, arenosas limosas, con baja o media plasticidad
		Limos orgánicos, arcillas limosas, orgánicas de baja plasticidad
	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b>  Límite líquido mayor del 50%	Limos inorgánicos, limos elásticos. de alta plasticidad
		Arcillas inorgánicas, de alta plasticidad
		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad
	<b>SUELOS ORGÁNICOS</b>	Turbas y otros suelos altamente orgánicos

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR TAMAÑO





O.T. No. 21 303		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-202 012	
INTERESADO	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>		
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Max Sigui</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Finca Cartucheras</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-03-19; 14 h 20 min.</u>		
FUENTE:	<u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-03-20; 10 h 45 min</u>		
MUNICIPIO:	<u>Gualán</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO:	<u>Zacapa</u>	SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>Clara</u>	ASPECTO:	<u>Clara</u>	COLORO RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Inodora</u>	OLOR:	<u>Inodora</u>		

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 1 600	300

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 20<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

CONCLUSIÓN: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Guatemala, 2007-04-09

Vo.Bo.  
  
 Ing. Oswaldo Romo Escobar Alvaréz  
 DIRECTOR CII/USAC

Zenón Much Santos  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio







**LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA**  
**ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS) - CENTRO**  
**DE INVESTIGACIONES (CI)**  
**DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12**

O.T. No. 21 303 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO INF. No. 22 733

INTERESADO:	FACULTAD DE INGENIERÍA	PROYECTO:	CONTROL DE CALIDAD:
RECOLECTADA POR:	Max Signo	DEPENDENCIA:	U.S.A.C.
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Ferrea Cartucheras	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2007-03-19; 11h 20 min
FUENTE:	Nacimiento	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2007-03-20; 10 h 45 min.
MUNICIPIO:	Gualán	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Zacapa		

RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Clara	4. OLORES:	Inodora	7. TEMPERATURA:	--- °C
2. COLOR:	01,10 Unidades	5. SABOR:	-----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:	888,00 μmhos/cm
3. TURBIDEZ:	00,50 UNT	6. potencial de Hidrogeno (pH):	08,00 unidades		
SUSTANCIAS	mg/l.	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	01,15	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	16,50	11. SOLIDOS TOTALES	489,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,012	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,51	12. SOLIDOS VOLÁTILES	12,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	15,40	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	144,00	13. SOLIDOS FIJOS	477,00
4. CLORO RESIDUAL	-----	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03	14. SOLIDOS EN SUSPENSION	102,00
5. MANGANESO (Mn)	00,066	10. DUREZA TOTAL	412,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	471,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		
00,00	00,00	428,00	428,00		

OTRAS DETERMINACIONES: \_\_\_\_\_

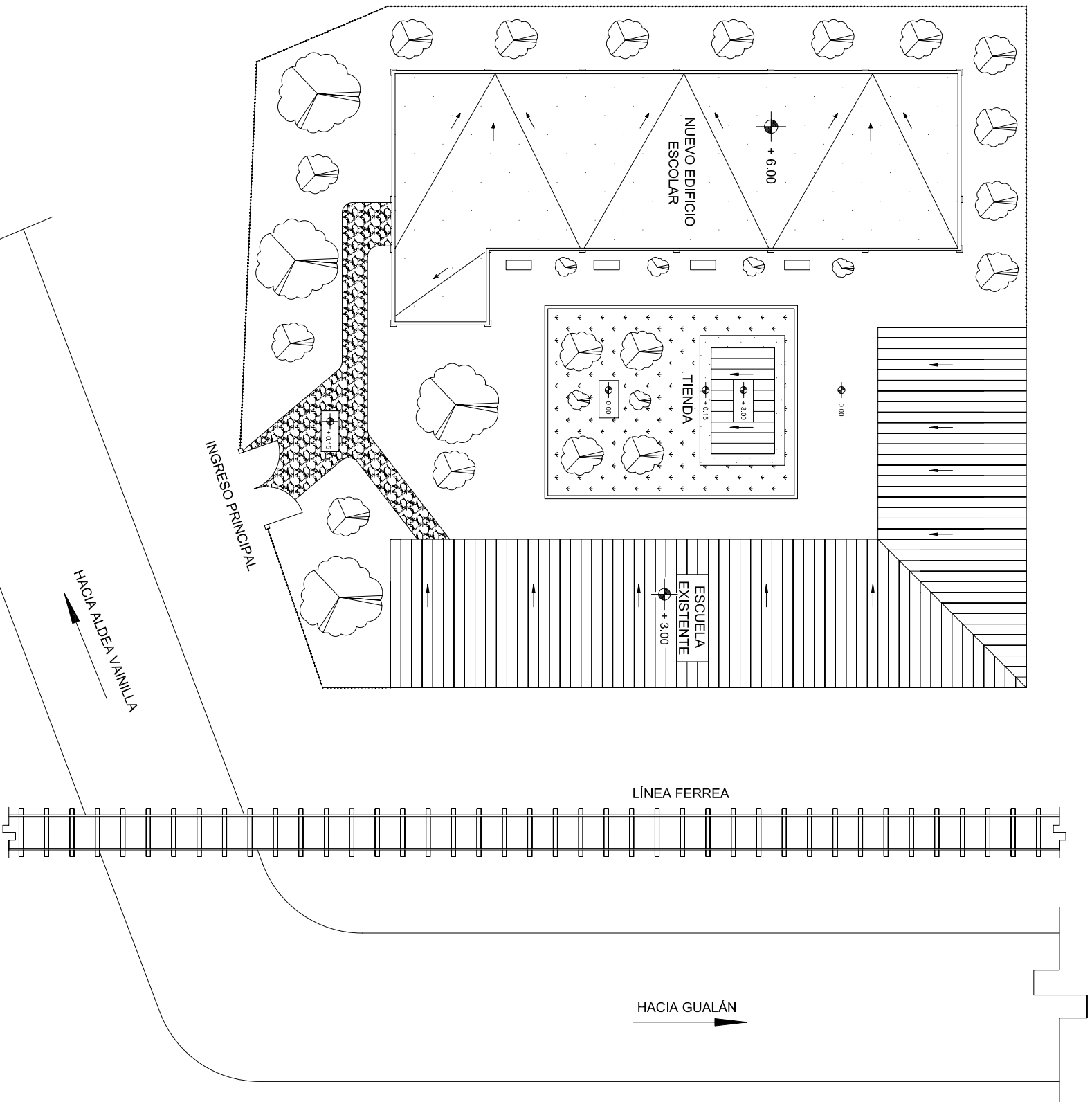
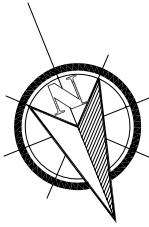
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física el agua cumple con la norma. Desde el punto de vista de la calidad química indicadores químicos de contaminación Amoníaco sobrepasa el límite mínimo de contaminación. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 20<sup>th</sup> EDITION 2 000, NORMA COGUANOR NCO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA, Guatemala, 2007-04-09

Yo Bo.   
 Ing. Oswaldo Romero Escobar Álvarez  
 DIRECTOR CHU.S.A.C.

Zenón Muñoz Santos  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio





# PLANTA DE CONJUNTO

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:110

REFERENCIA	
	LAMINA DE ZINC
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE
	ARBOLES
	CAMINO EMPEDRADO
	FUNDICIÓN DE CONCRETO
	GRAMA
	TERRENO NATURAL
	NIVEL
	CERCO DE ALAMBRE ESPIGADO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE GUALÁN, ZACAPA

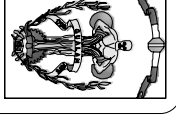
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
 ALDEA LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO

DISEÑO: MAX SIGAL VILELA  
 ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

CALCULO: MAX SIGAL VILELA  
 DIBUJO: MAX SIGAL VILELA

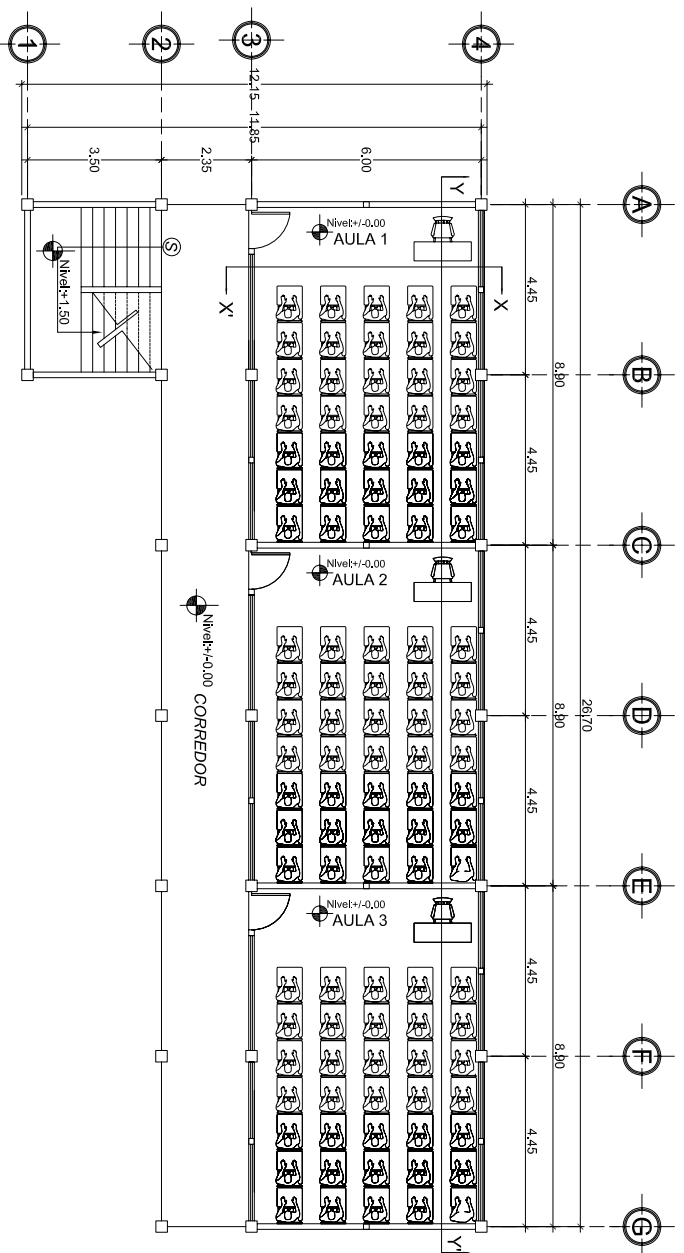
ESCALA: INDICADA  
 FECHA: NOVIEMBRE 2007



Vo. Bo.

HOLA: 1 / 10

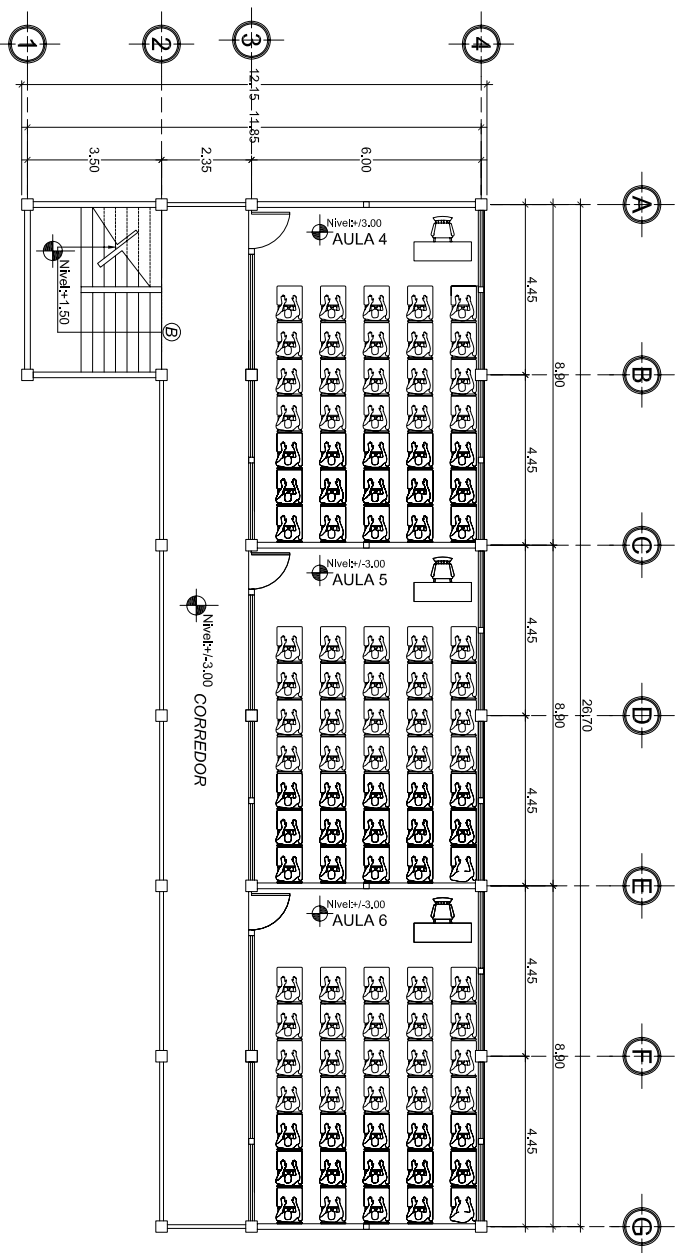
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



**PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

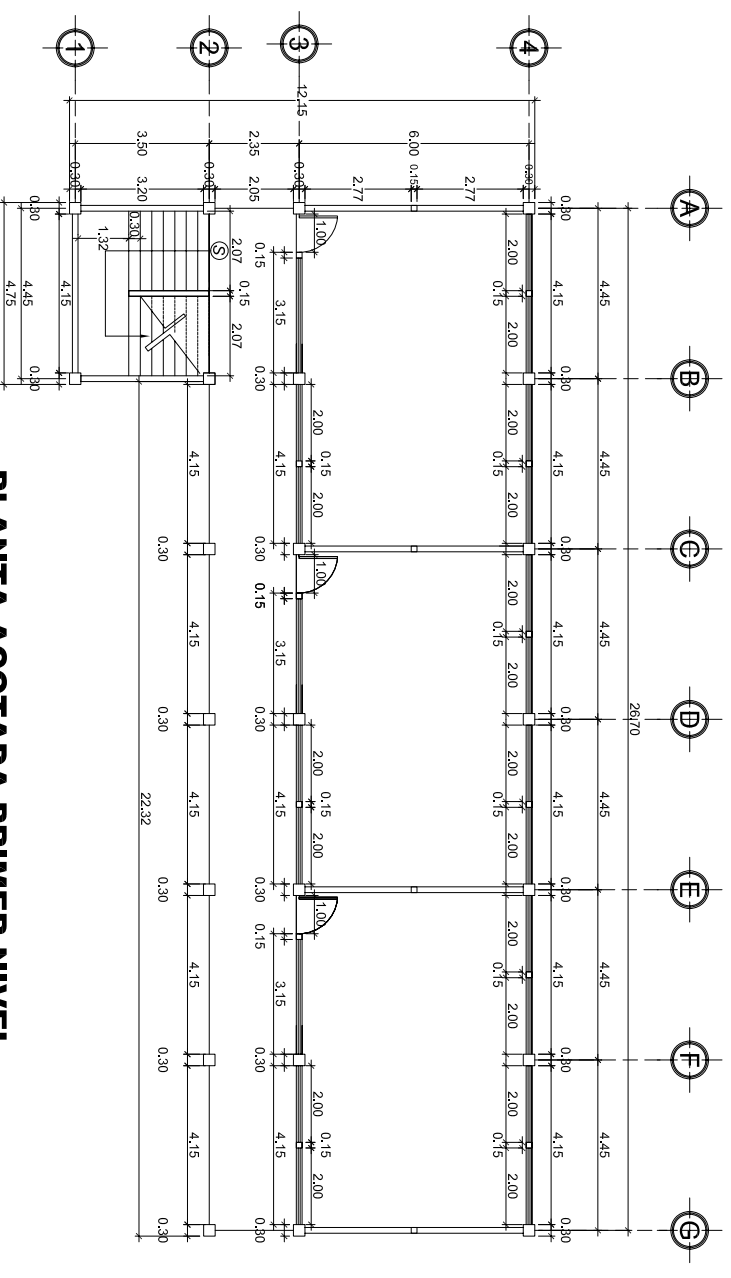
ESCALA 1:100



**PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

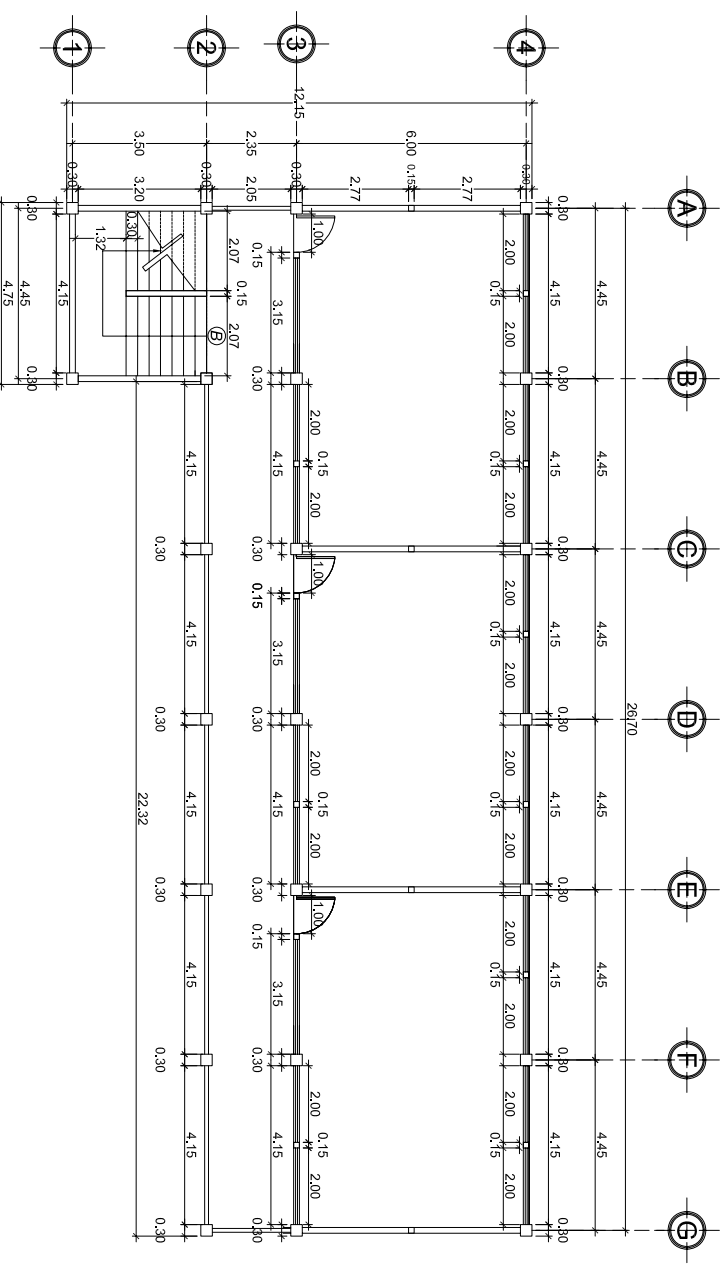
ESCALA 1:100



**PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:100



**PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:100

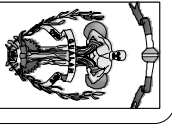


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
AIDEA LIMONES, GUALAN, ZACAPA  
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA Y ACOTADA

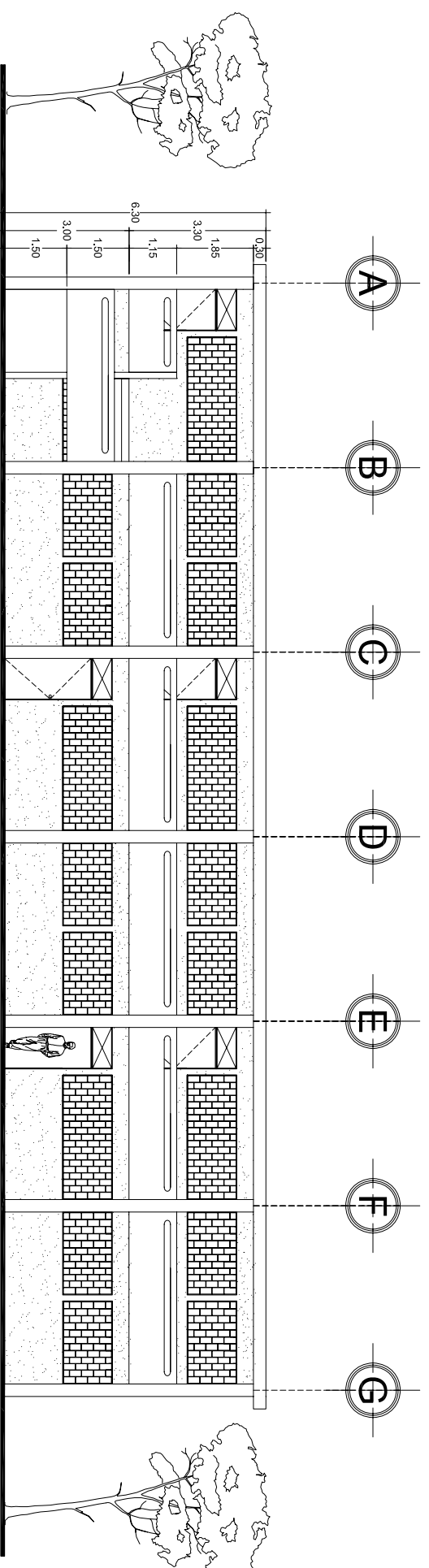
DISEÑO: CAJULOT  
MAX SIGA VILELA  
ASESOR: DIBUJO:  
ING. MANUEL ARRILLAGA  
MAX SIGA VILELA

ESCALA: 2  
FECHA:  
NOVIEMBRE 2007



Vo. Bo.

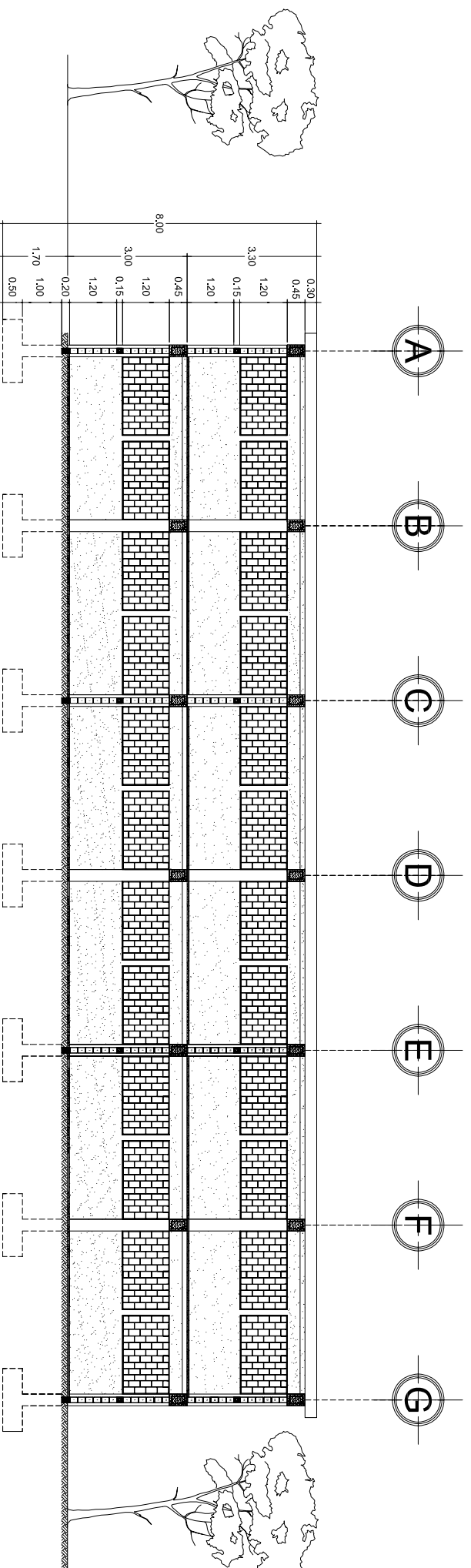
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



**ELEVACIÓN SUR**

EDIFICIO ESCOLAR

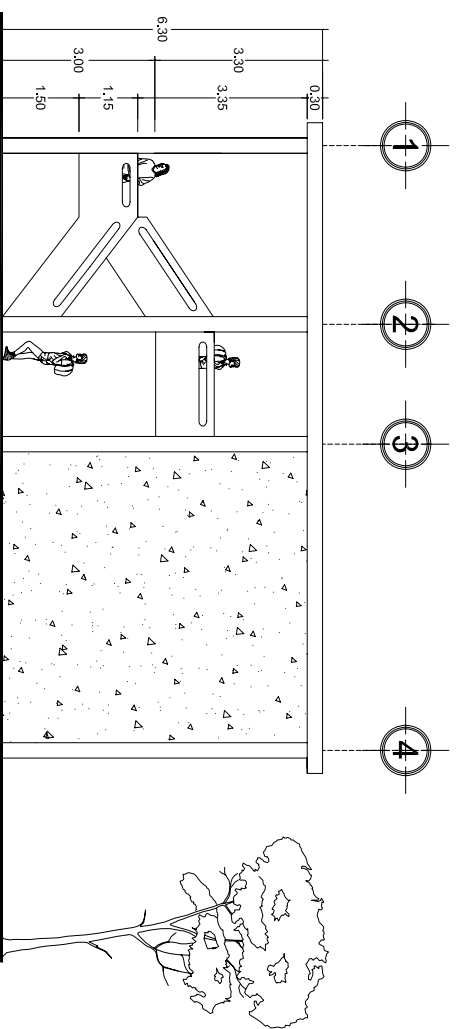
ESCALA 1:75



**SECCIÓN Y - Y'**

EDIFICIO ESCOLAR

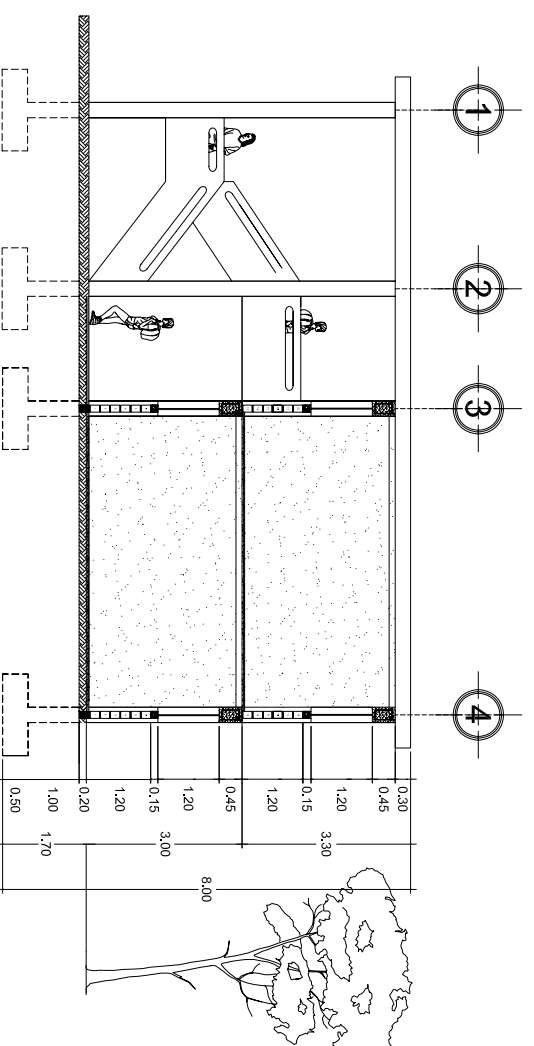
ESCALA 1:75



**ELEVACIÓN OESTE**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:75



**SECCIÓN X - X'**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

PROYECTO:  
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
ALDEA LIMONES, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO:  
SECCIONES Y ELEVACIONES

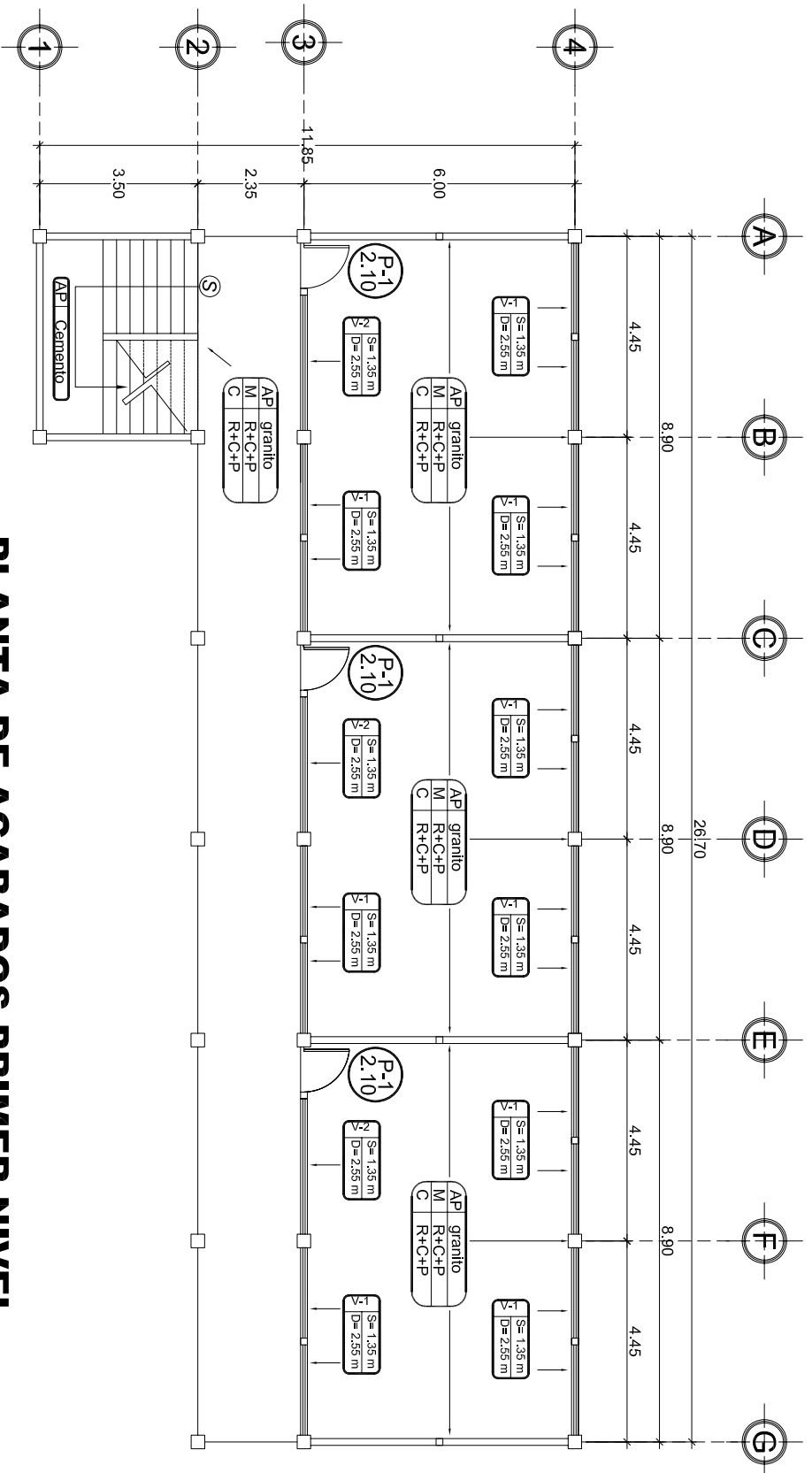
DISEÑO: MAX SIGA VILELA	CALCULO: MAX SIGA VILELA	ESCALA: INDICADA
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	DRIBUJO: MAX SIGA VILELA	FECHA: NOVIEMBRE 2007

Vo. Bo.



HOLA:  
3 / 10

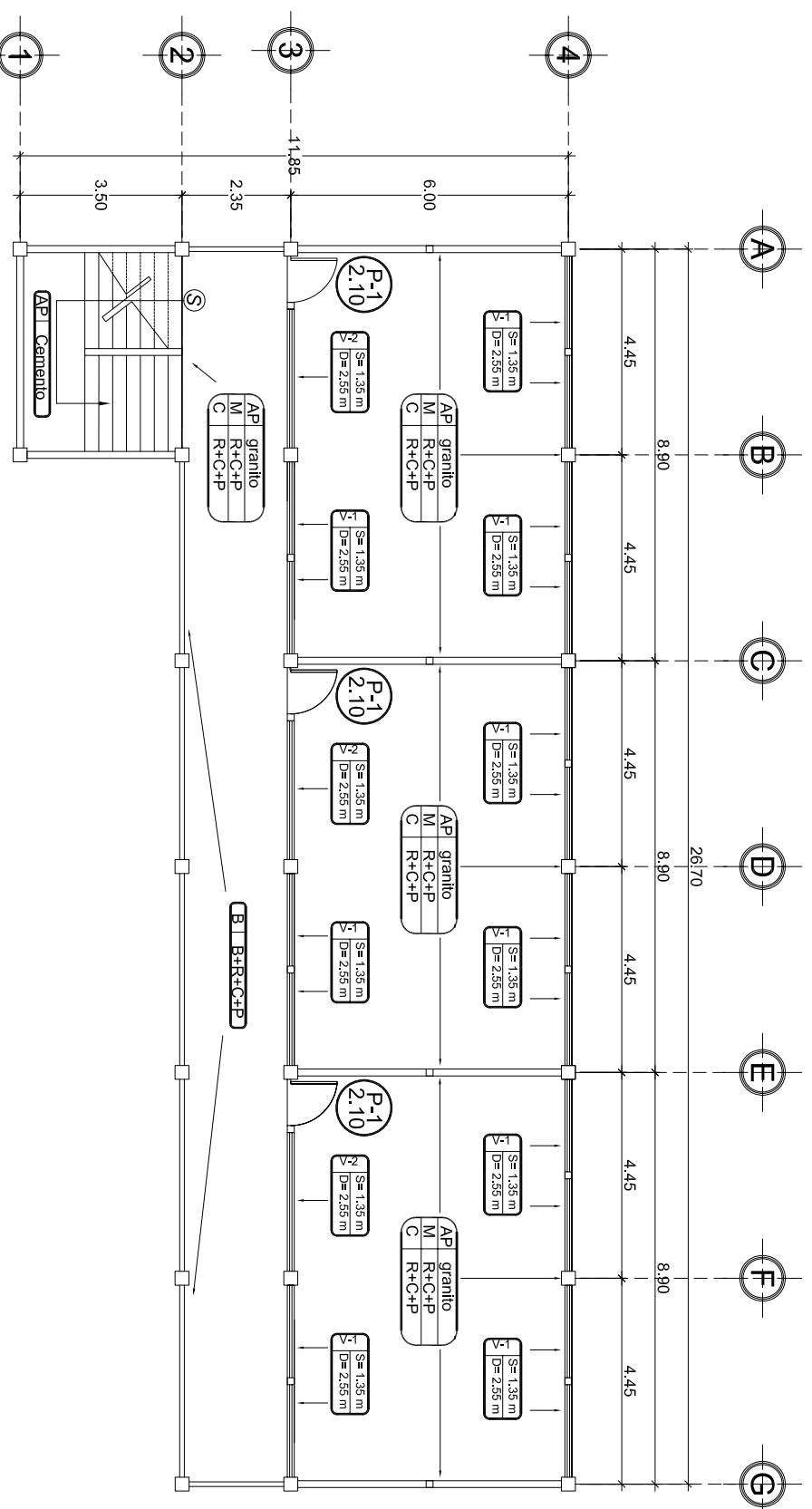
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



## PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:75



## PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:75

### Acabados

Acabados en piso — API G  
 Acabados en muros — M R+C+P  
 Acabados en cielo — C R+C+P

### Ventanas

Tipo Altura de sillar  
 Altura de dintel

### Puertas

Tipo de puerta Altura dintel

### Baranda

Baranda Acabado en baranda

### REFERENCIA

PG	PISO DE GRANITO
R	REPELLO
C	CERNIDO
P	PINTURA
B	BLOCK

### PLANILLA DE PUERTAS, VENTANAS Y BARANDA

TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDADES	MATERIAL
V-1	1.35 m	2.55 m	2.00 m	1.20 m	36	METAL
V-2	1.35 m	2.55 m	3.15 m	1.20 m	6	METAL
P-1	-----	2.10 m	1.00 m	2.10 m	6	METAL
B	-----	-----	0.15 m	1.15 m	1	BLOCK

#### NOTA:

-El acabado en columnas y vigas será repello + blanqueado  
 -Las ventanas serán balcones de metal como lo indica el plano de elevaciones y secciones.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
 ALDEA LIMONES, GUALAN, ZACAPA

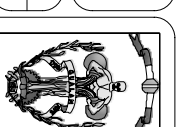
CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS

DISEÑO: MAX SIGA VILELA  
 ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

CALCULO: MAX SIGA VILELA  
 DIBUJO: MAX SIGA VILELA

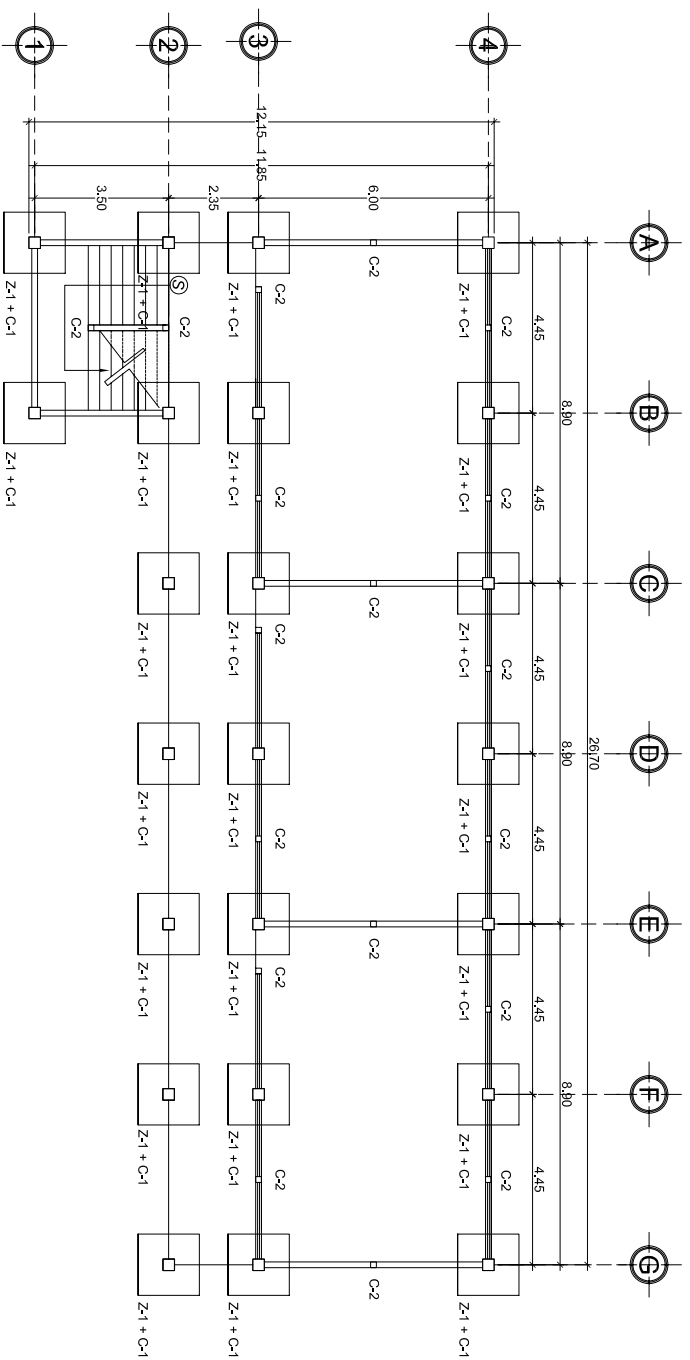
ESCALA: INDICADA  
 FECHA: NOVIEMBRE 2017

Vo. Bo.



HOLA: 4 / 10

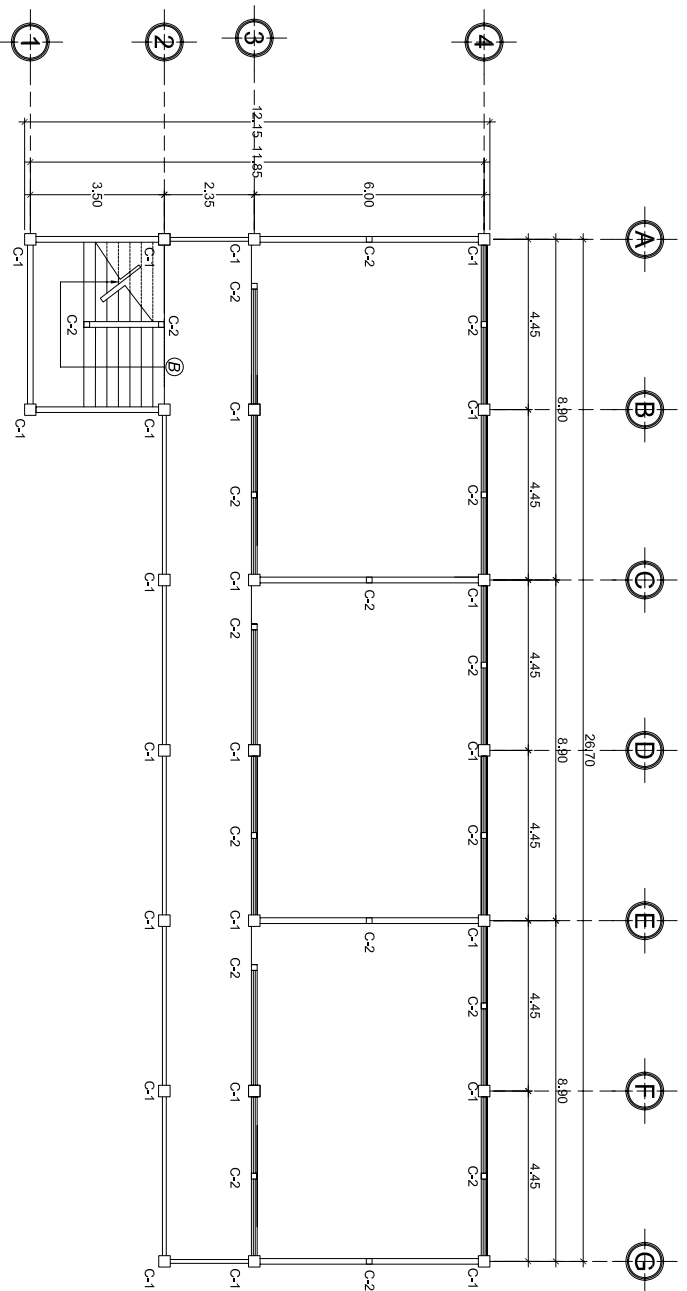
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



**PLANTA DE CIMENTACIÓN PRIMER NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

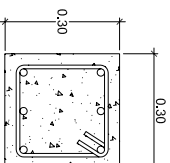
ESCALA 1:100



**PLANTA DE CIMENTACIÓN SEGUNDO NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

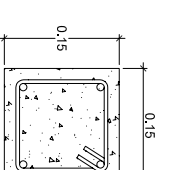
ESCALA 1:100



Reinuerzo Longitudinal  
6 No. 8 en columnas del primer nivel  
4 No. 8 en columnas del segundo nivel  
Distribución de estibos  
No. 3 en columnas @ 0.05 hasta 0.70 m.  
No. 2 @ 0.15

**SECCIÓN DE COLUMNA C-1**

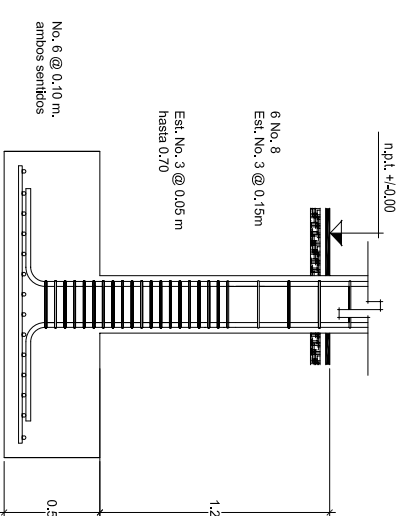
ESCALA 1:50



Reinuerzo Longitudinal  
4 No. 3  
Distribución de estibos  
No. 2 @ 0.15

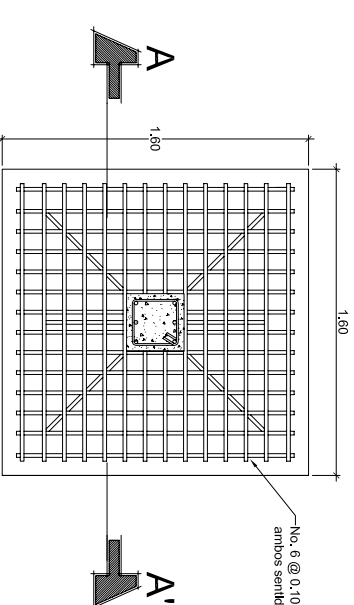
**SECCIÓN DE COLUMNA C-2**

ESCALA 1:5



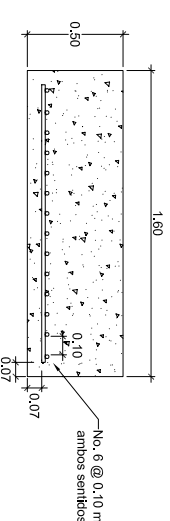
**SECCIÓN A-A'**

ESCALA 1:20



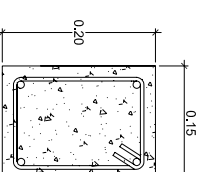
**PLANTA DE ZAPATA Z-1**

ESCALA 1:20



**SECCIÓN DE ZAPATA**

ESCALA 1:20



**SECCIÓN DE SOLERA HIDRÓFUGA**

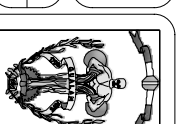
ESCALA 1:5

**ESPECIFICACIONES**

Resistencia del acero  
 $f_y = 40,000 \text{ PSI (2,810 kg/cm}^2\text{)}$   
Resistencia del concreto a los 28 días  
 $F_c = 3,000 \text{ PSI (210 kg/cm}^2\text{)}$   
Proporción 1:2:3  
1 saco de cemento, 10 paladas de arena, 20 paladas de pedrín  
Block pómez 0.15 x 0.20 x 0.40 de resistencia 25 kg/cm<sup>2</sup>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALANJ, ZACAPA



PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
ALDEA LIMONES, GUALANJ, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA DE CIMENTACIÓN

DISEÑO: MAX SIGA VILLELA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

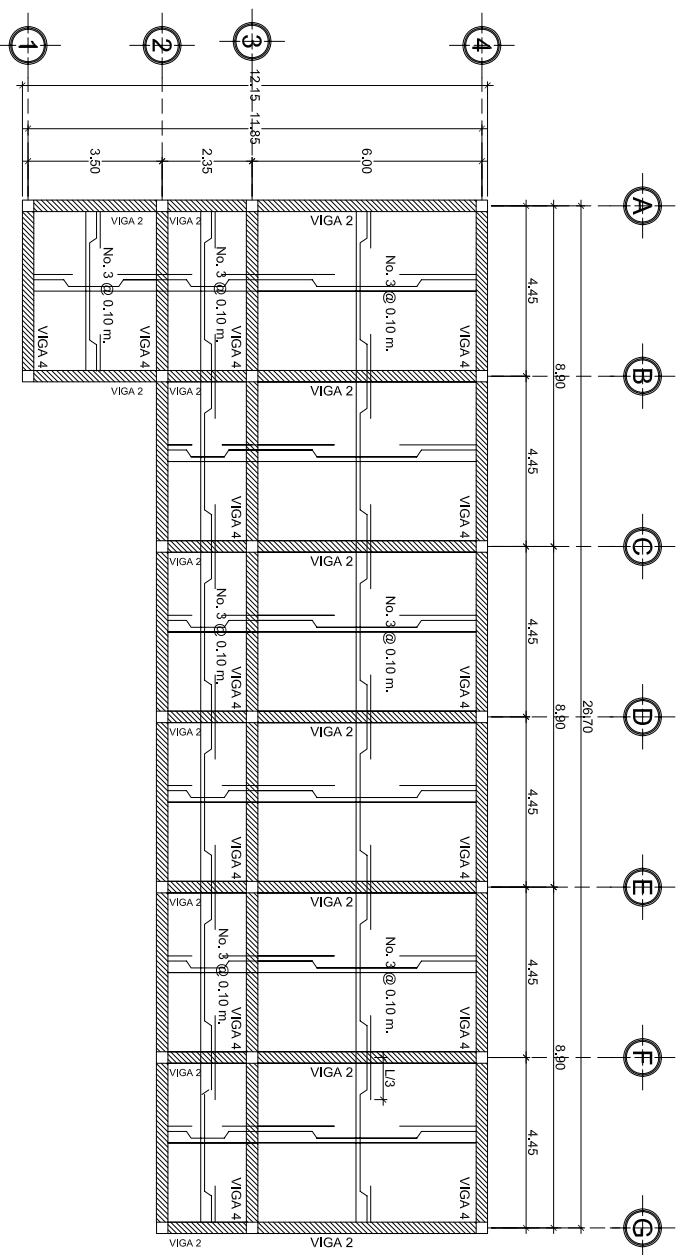
CALCULO: MAX SIGA VILLELA  
DIBUJO: MAX SIGA VILLELA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2007

Vo. Bo.

HOLA: 5 / 10

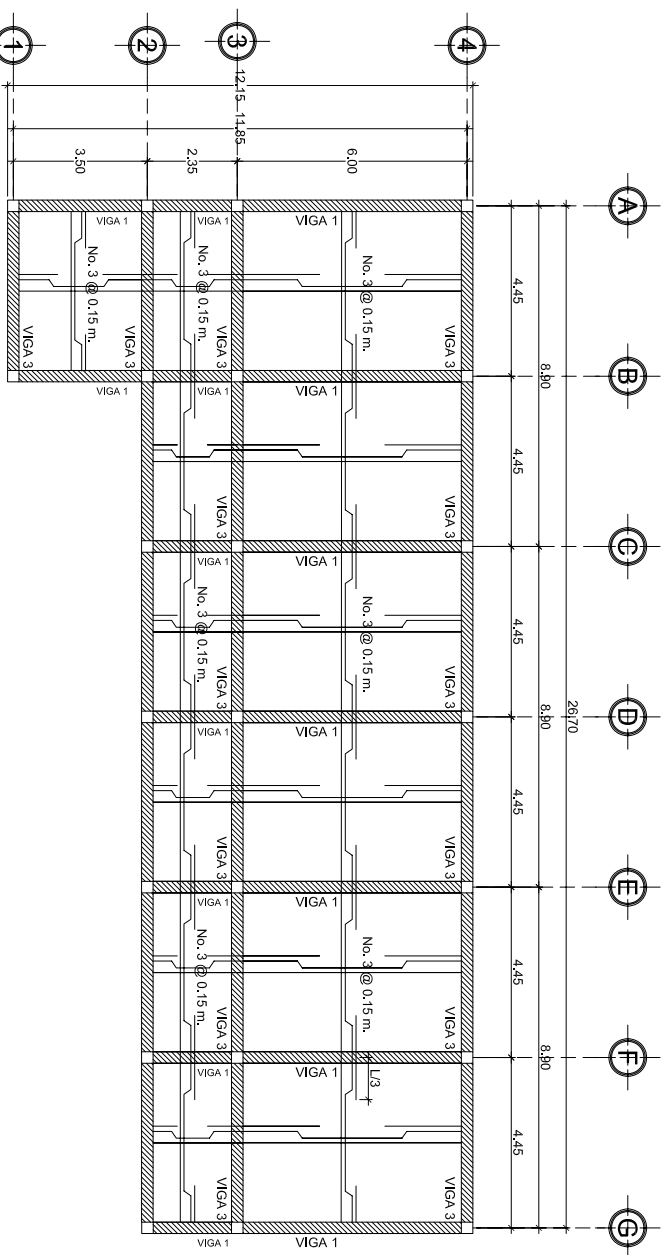
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



**PLANTA DE LOSA Y VIGA PRIMER NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

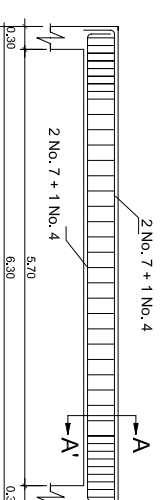
ESCALA 1:100



**PLANTA DE LOSA Y VIGA SEGUNDO NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

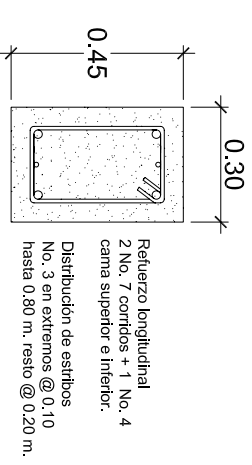
ESCALA 1:100



**DETALLE DE VIGA TIPO 1**

EDIFICIO ESCOLAR

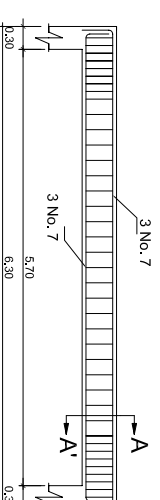
ESCALA 1:50



**SECCIÓN A-A VIGA TIPO 1**

EDIFICIO ESCOLAR

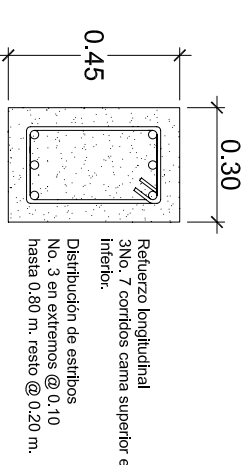
ESCALA 1:10



**DETALLE DE VIGA TIPO 2**

EDIFICIO ESCOLAR

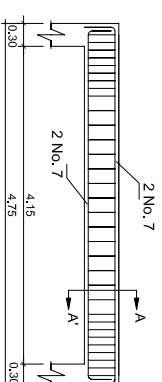
ESCALA 1:50



**SECCIÓN A-A VIGA TIPO 2**

EDIFICIO ESCOLAR

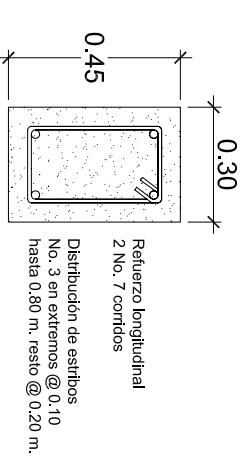
ESCALA 1:10



**DETALLE DE VIGA TIPO 3**

EDIFICIO ESCOLAR

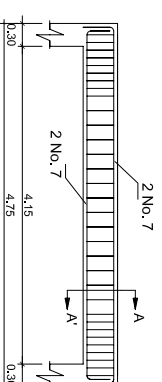
ESCALA 1:50



**SECCIÓN A-A VIGA TIPO 3**

EDIFICIO ESCOLAR

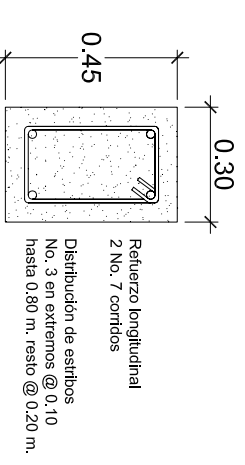
ESCALA 1:10



**DETALLE DE VIGA TIPO 4**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:50



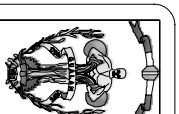
**SECCIÓN A-A VIGA TIPO 4**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA



PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
ALDEA LIMONES, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA DE LOSA Y DETALLE DE VIGAS

DISEÑO: MAX SIGA VILELA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

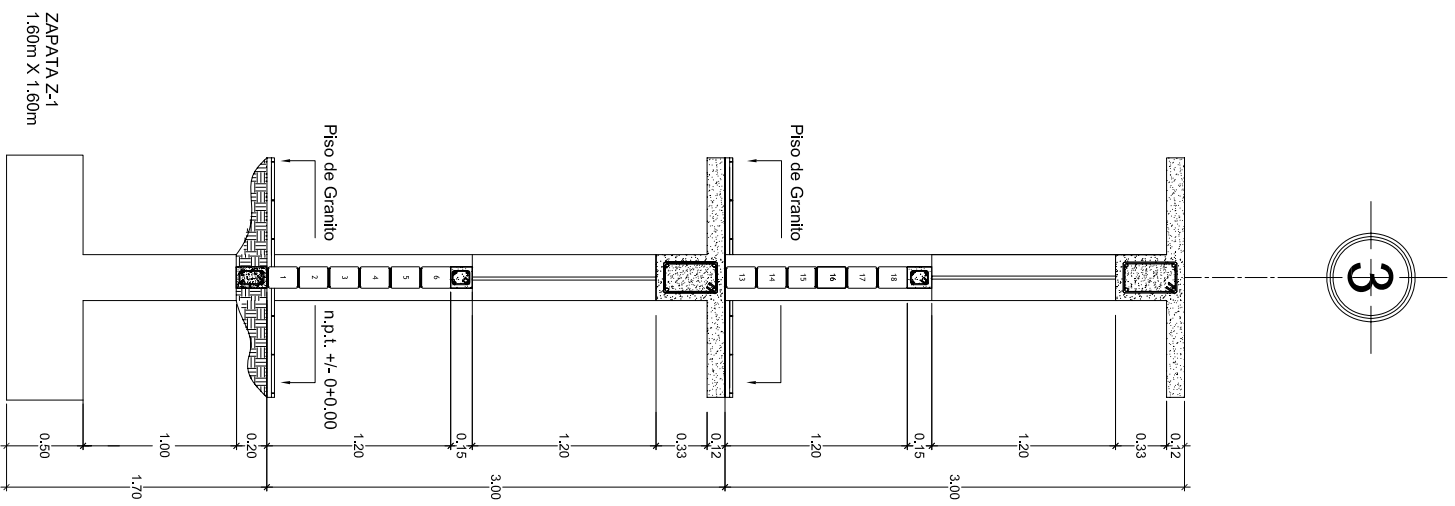
CALCULO: MAX SIGA VILELA  
DIBUJO: MAX SIGA VILELA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2017

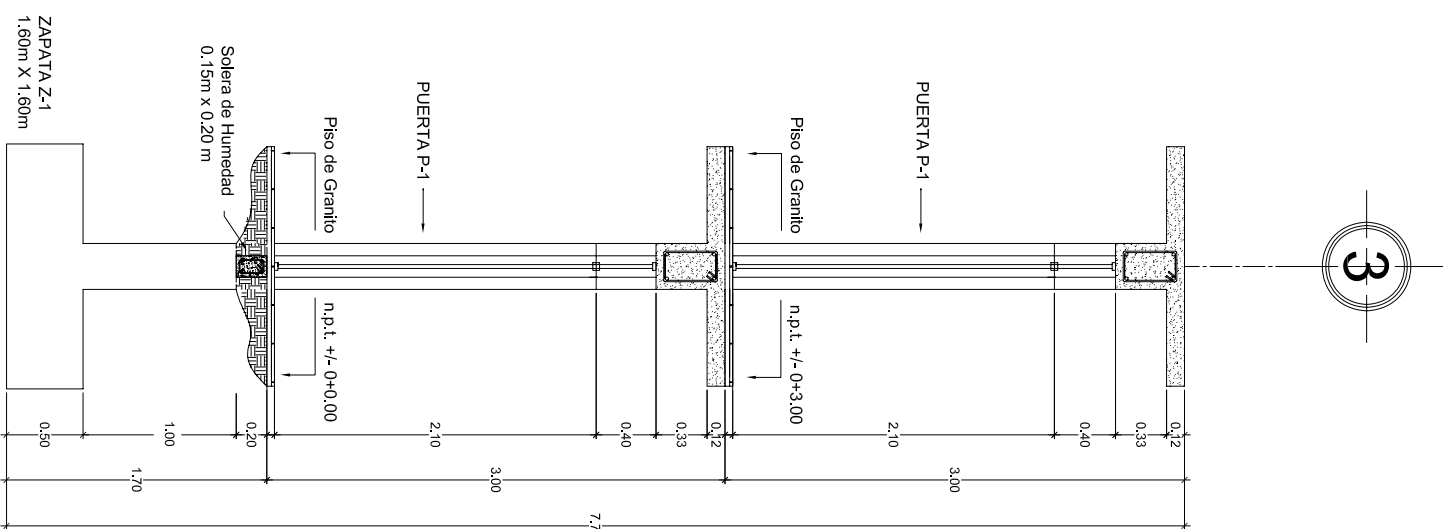
HOLA: 6 / 10

Vo. Bo.

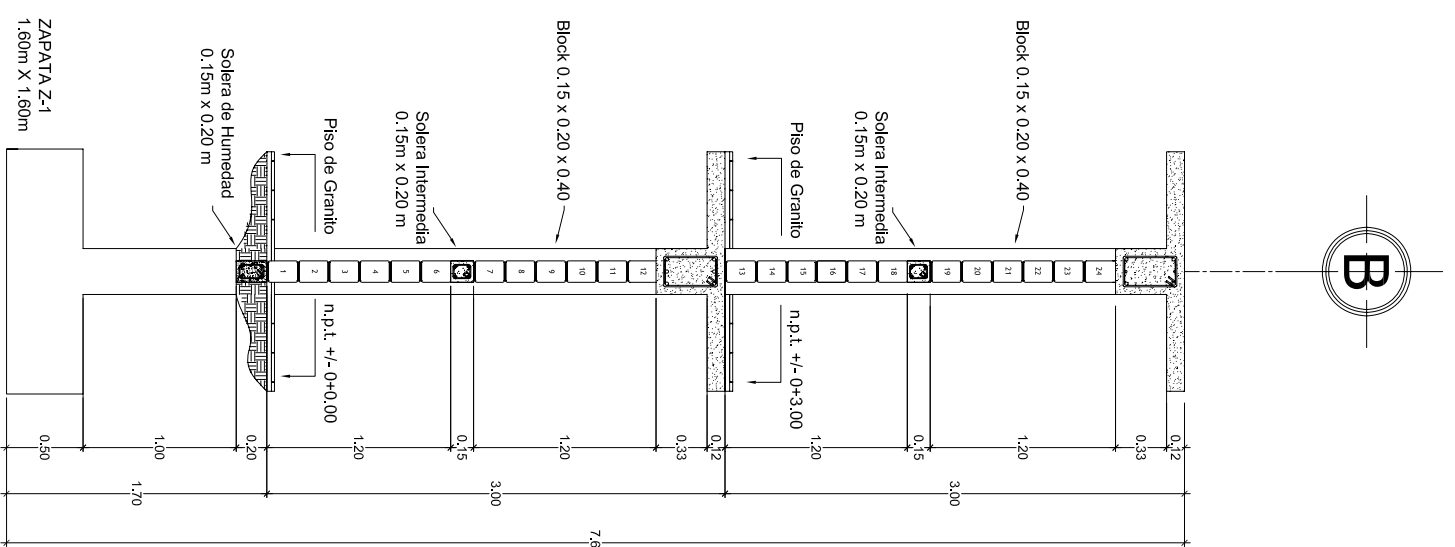
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



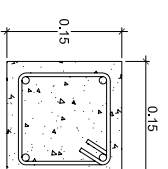
**CORTE DE MURO EJE X'**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:25



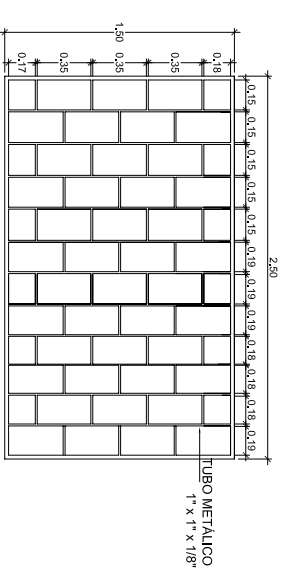
**CORTE DE MURO EJE 3**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:25



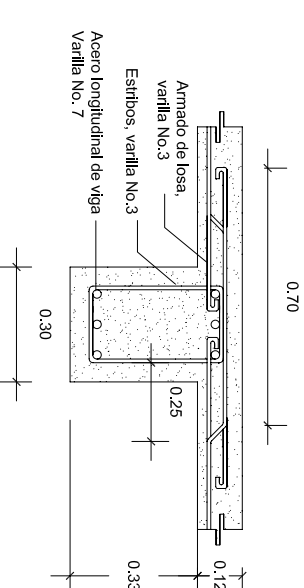
**CORTE DE MURO EJE C**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:25



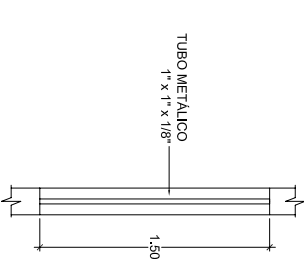
**SECCIÓN DE SOLERA INTERMEDIA**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:5



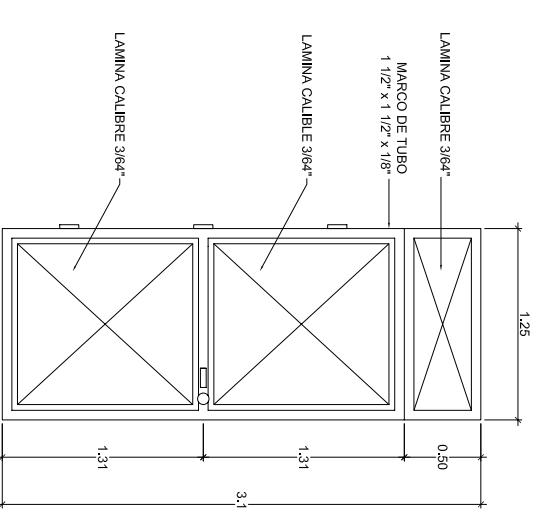
**DETALLE DE VENTANA V-1**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:20



**SECCIÓN DE SOLERA INTERMEDIA**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:10



**SECCIÓN DE VENTANA V-1**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:20



**DETALLE DE PUERTA P-1**  
EDIFICIO ESCOLAR ESCALA 1:20

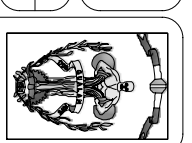


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN, ZACAPA

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
ALDEA LIMONES, GUALÁN, ZACAPA

CONTENIDO: CORTE DE MUROS

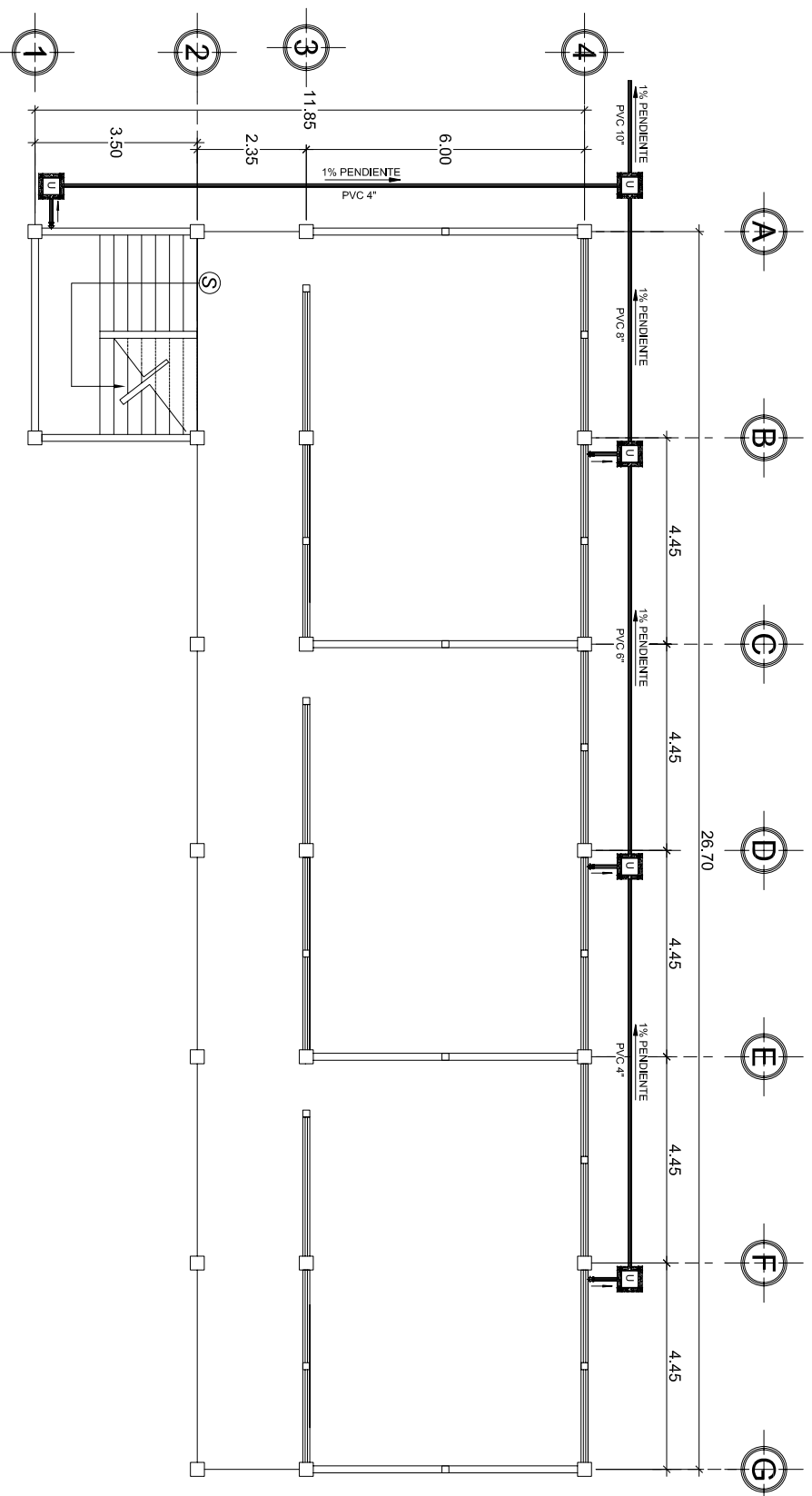
DISÑO: CALCULO: ESCALA: HOJA: 7 / 10  
MAX SIGA VILELA  
ASESOR: DIBUJO: INDICADA  
ING. MANUEL ARRILLAGA  
MAX SIGA VILELA  
NOVIEMBRE 2017



ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



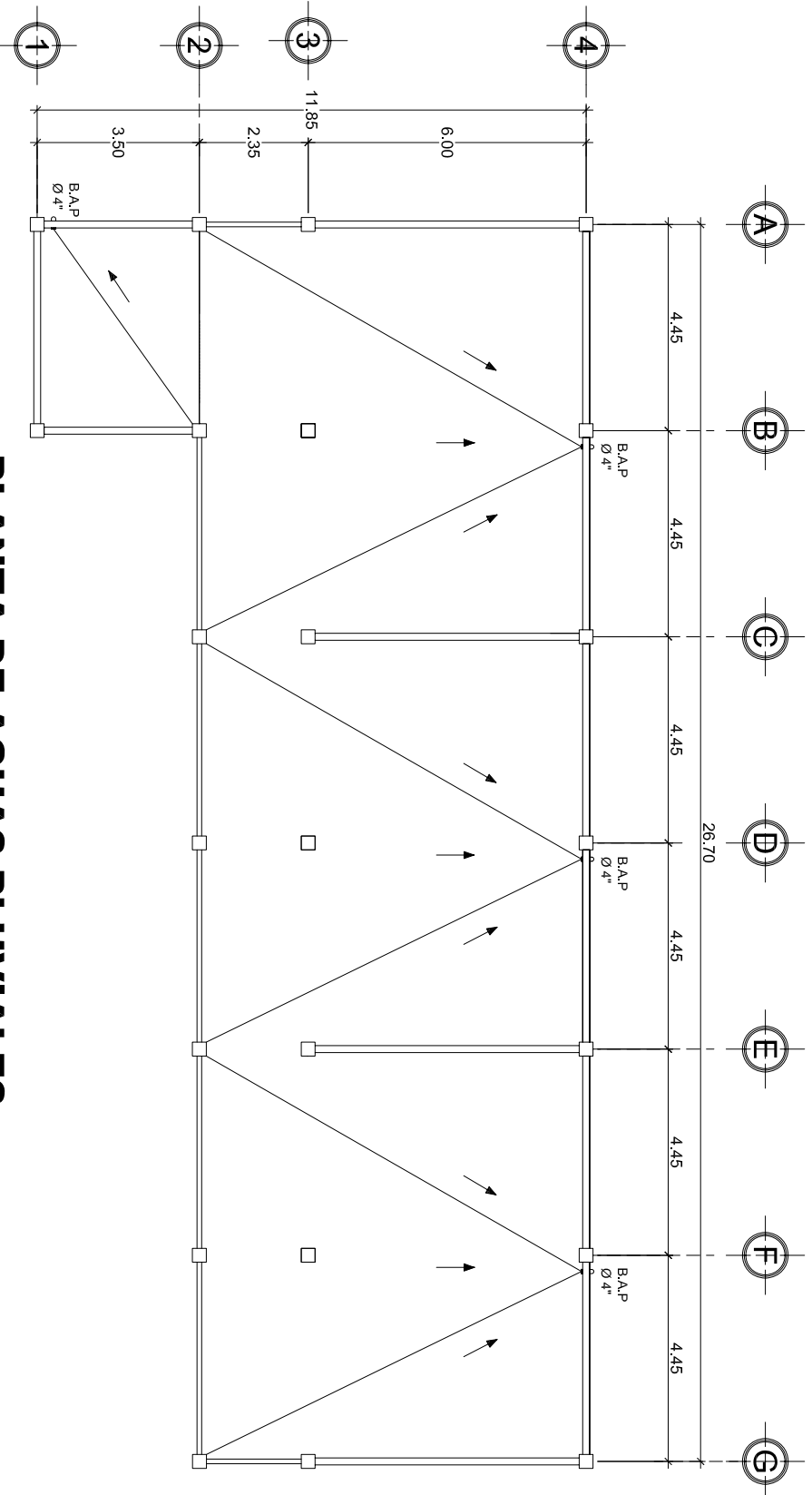




## PLANTA DE AGUAS PLUVIALES

PRIMER NIVEL, EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:75



## PLANTA DE AGUAS PLUVIALES

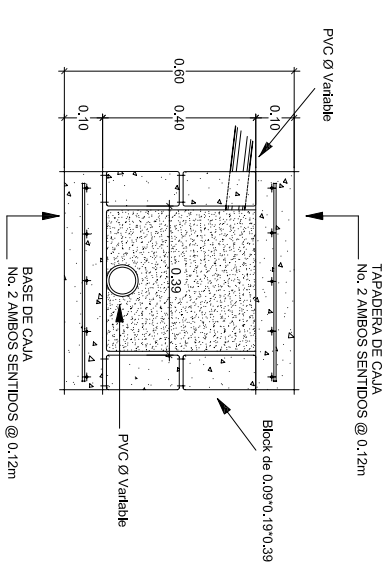
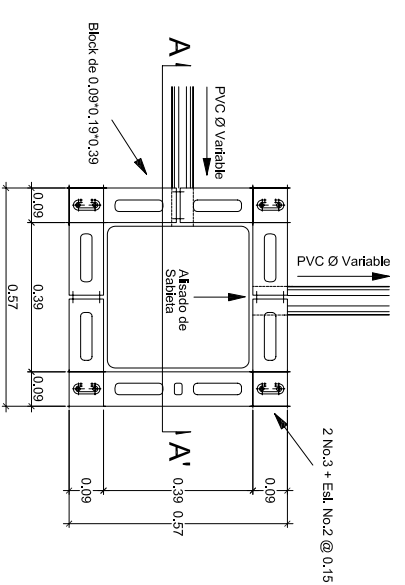
SEGUNDO NIVEL, EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:75

REFERENCIA	
	TUBERIA P.V.C. AGUA PLUVIAL
	CODO VERTICAL 90° P.V.C.
	CAJA UNIÓN
	SENTIDO DE PENDIENTE
	BAJADA DE AGUAS PLUVIALES
	DIÁMETRO DE TUBERÍA

### ESPECIFICACIONES:

1. La Tubería de Instalación Será de P.V.C.. Norma ASTM D 2241.93 de 125 PSI.
2. Las Tapaderas Deberán Quedarse a Nivel de Jardín o Banqueta.
3. Sellar Con Concreto La Conexión de Edificio Existente a la Candela Domiciliar.



### PLANTA

CAJA UNIÓN

ESCALA 1:10

### SECCIÓN A - A'

CAJA UNIÓN

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
ALDEA LIMONES, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA DE TECHOS

DISEÑO: MAX SIGA VILELA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

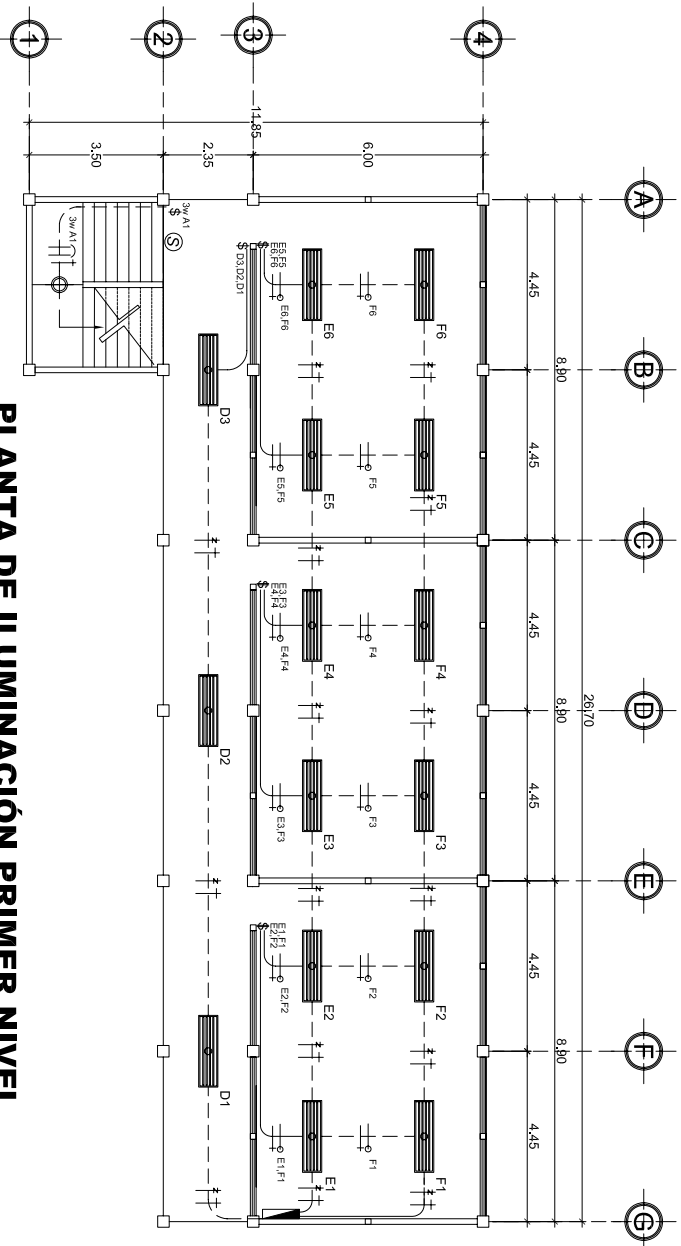
Vo. Bo.

CALCULO: MAX SIGA VILELA  
DIBUJO: MAX SIGA VILELA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2017



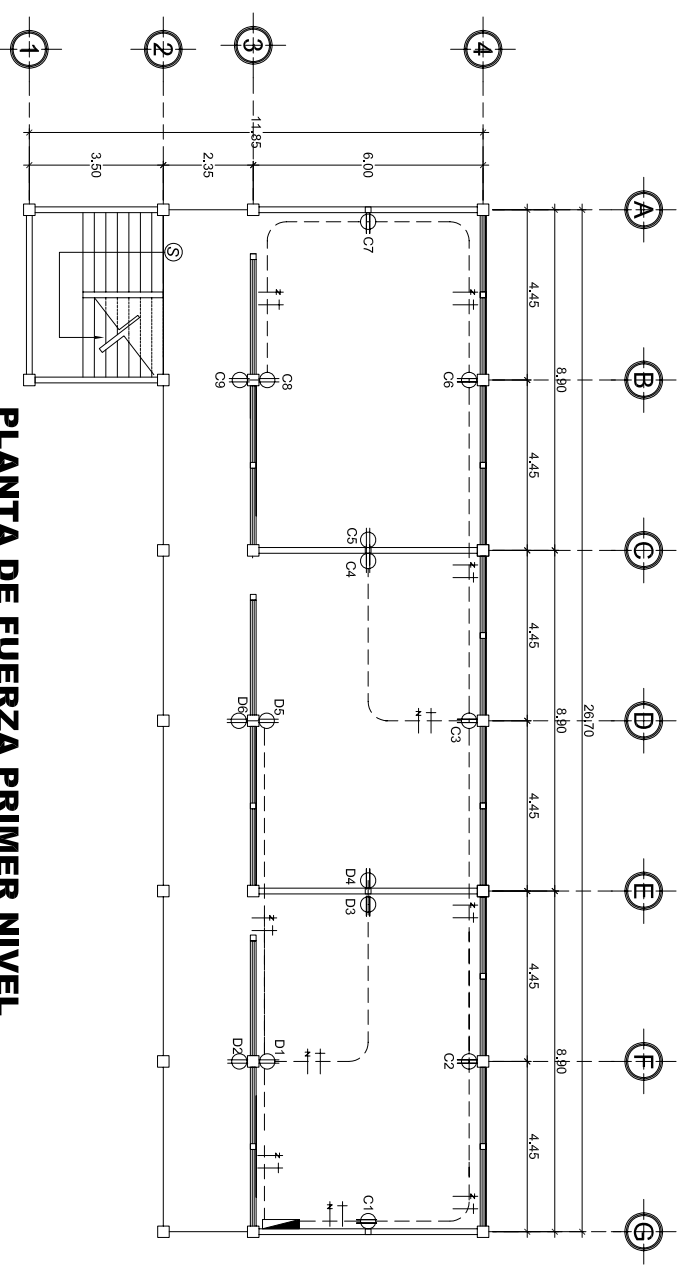
HOLA: 9 / 10



**PLANTA DE ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

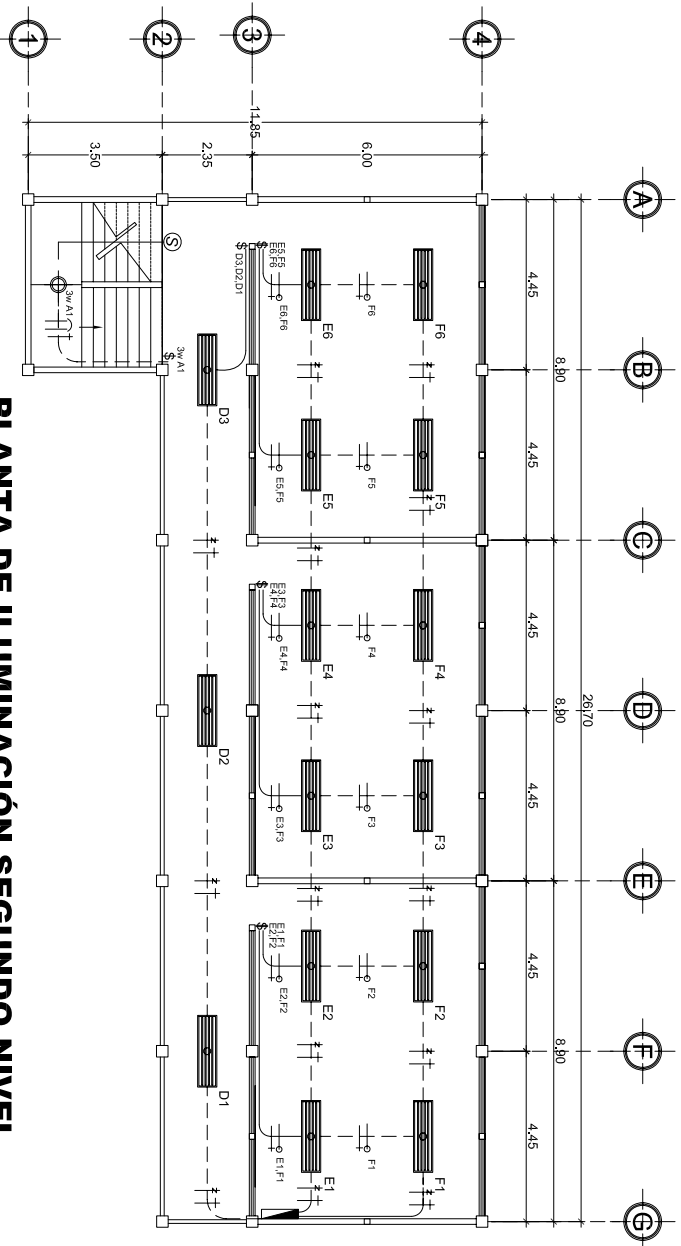
ESCALA 1:100



**PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

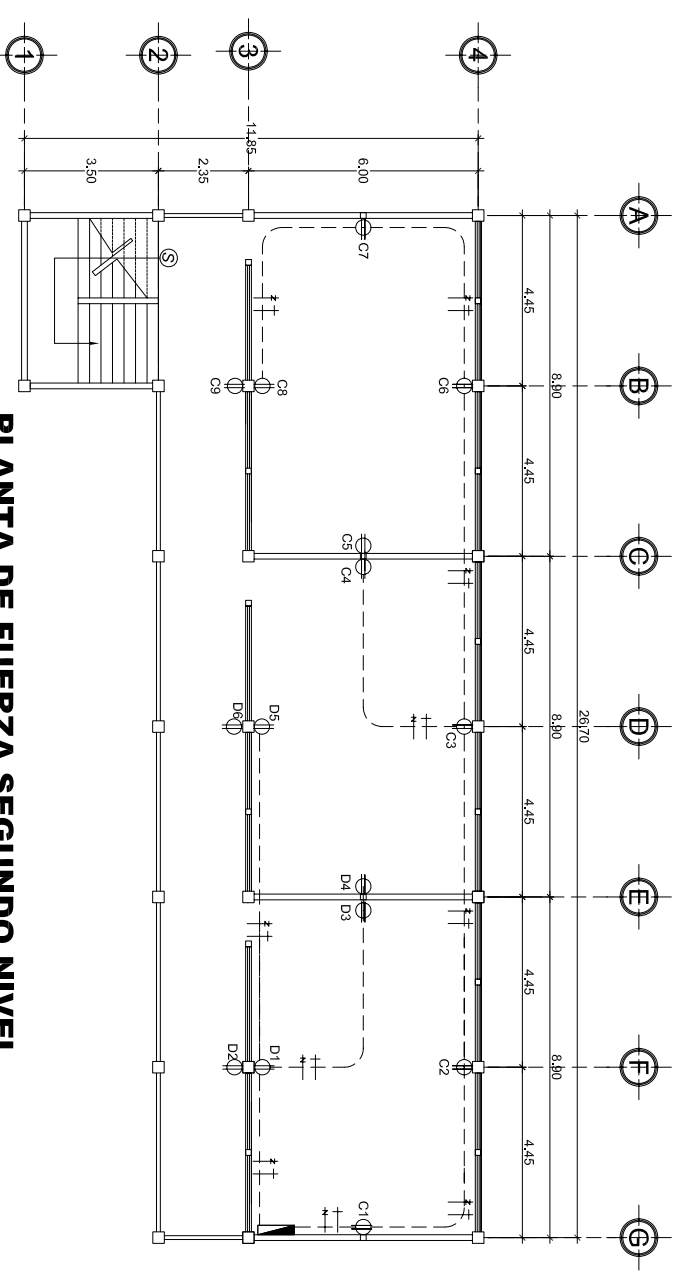
ESCALA 1:100



**PLANTA DE ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA 1:100



**PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL**

EDIFICIO ESCOLAR

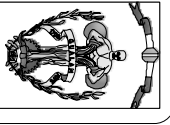
ESCALA 1:100

REFERENCIA	
	LAMPARA DE PARED
	3W
	TABLERO DE CIRCUITO PRINCIPAL
	CABLEADO EN CIELO
	CABLEADO EN PARED
	LINEA VIVA FORRADO 110W

REFERENCIA	
	LINEA NEUTRAL FORRADO AWG 110W
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	LAMPARA 4 TUBOS 40W, h = 2.70m
	TOMACORRIENTE DOBLE, h = 0.30 m
	INDICA CIRCUITO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA



PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES  
 ALDEA LIMONES, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA

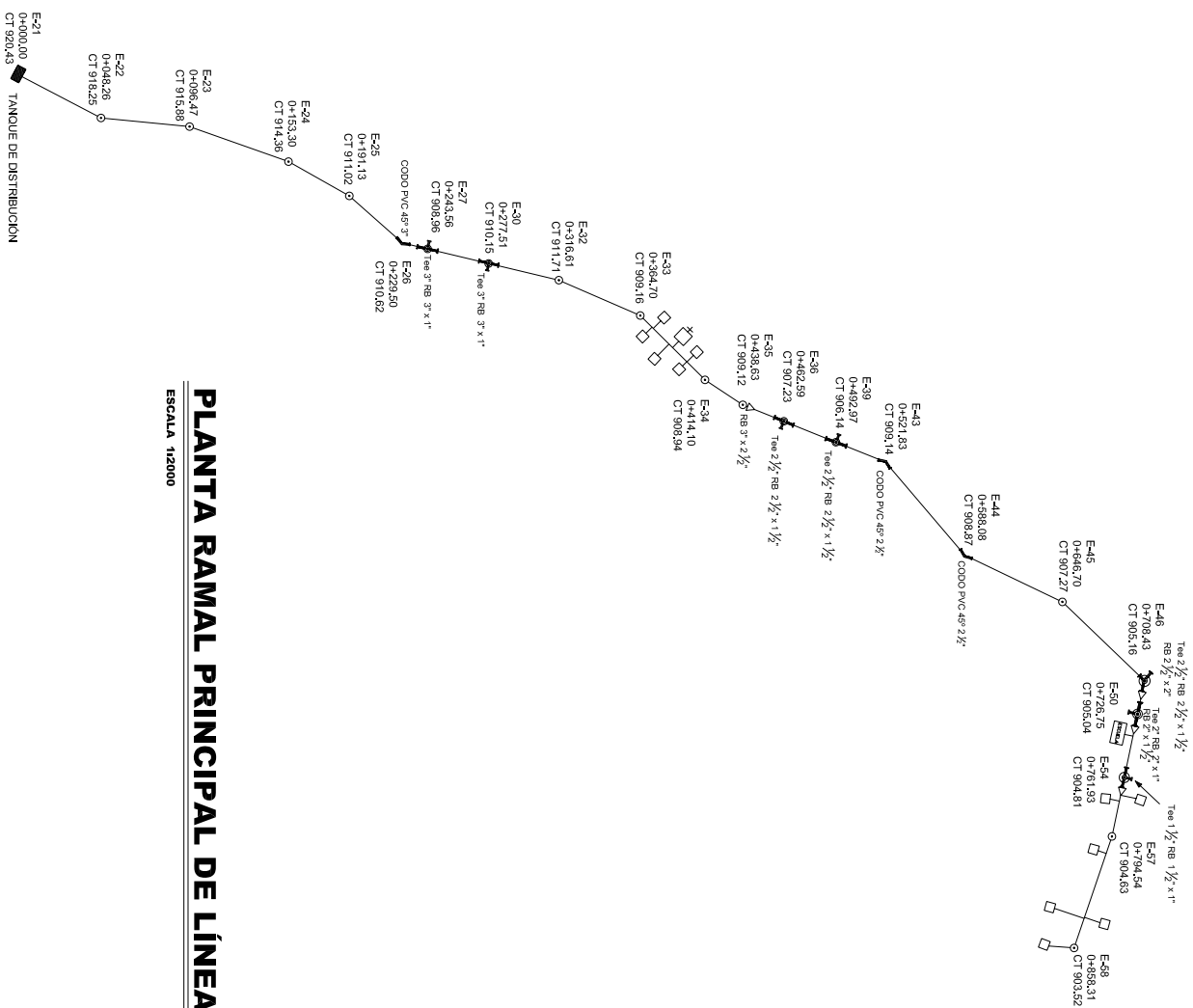
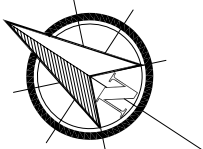
DISÑO: MAX SIGA VILLEDA  
 ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA  
 CALCULO: MAX SIGA VILLEDA  
 DIBUJO: MAX SIGA VILLEDA  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: NOVIEMBRE 2007

HOLA: 10 / 10

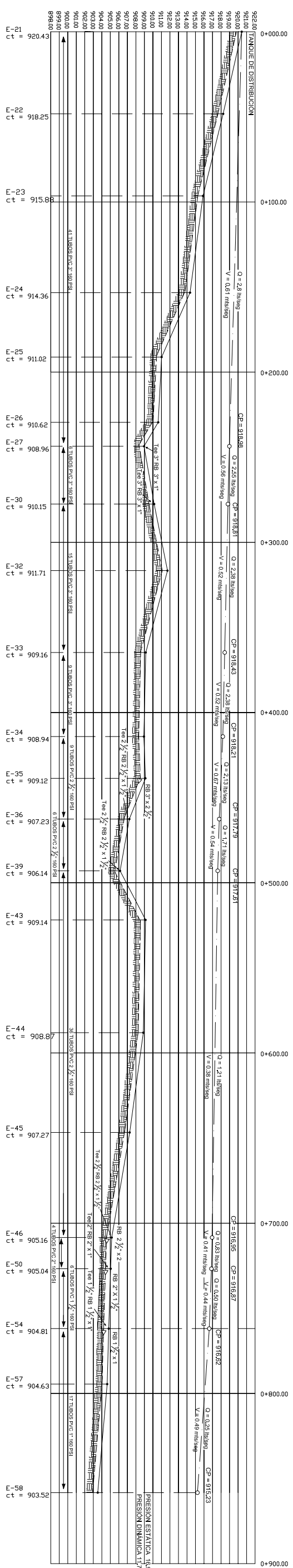
Vo. Bo.

ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA





ESCALA 1:2000



ESCALA HORIZONTAL: 1:1250  
ESCALA VERTICAL: 1:250

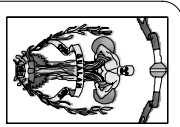
REFERENCIA	
0+000.00	CAMINAMIENTO
CT	COTA DE TERRENO
○	ESTACIÓN (E)
□	CASA, ESCUELA
□	IGLESIA
▷	REDUCTOR BUSHING (RB)
⊥	TEE
■	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
—	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
---	PERFIL DEL TERRENO
---	TUBERÍA
Q	CAUDAL (L/S)
V	VELOCIDAD (M/S)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALÁN, ZACAPÁ

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PLANTA - PERFIL  
RAMAL PRINCIPAL DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

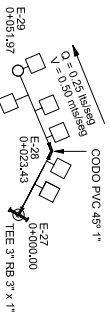
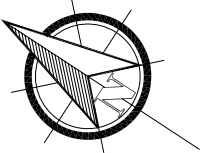
DISEÑO: MAX SIGÜENZA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA  
CALCULO: MAX SIGÜENZA  
DIBUJO: MAX SIGÜENZA



ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2007  
HOLA: 2  
10

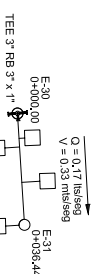
Vo. Bo.

ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



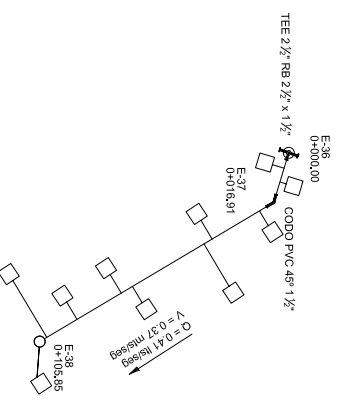
**PLANTA RAMAL 1 E27 - E29**

ESCALA 1:1250



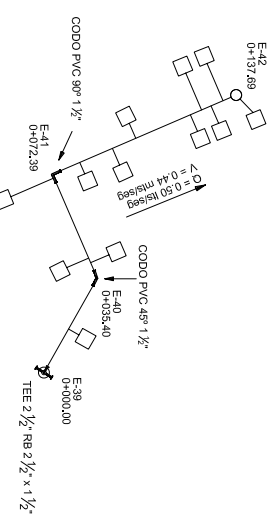
**PLANTA RAMAL 2 E30 - E31**

ESCALA 1:1250



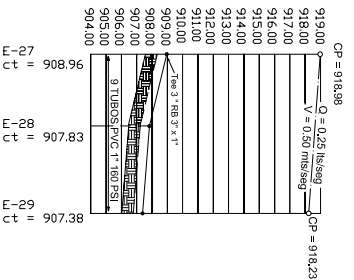
**PLANTA RAMAL 3 E36 - E38**

ESCALA 1:1250



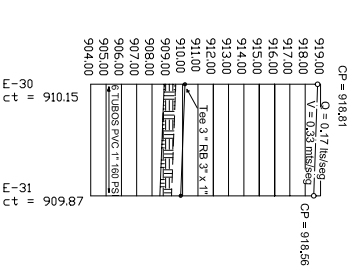
**PLANTA RAMAL 4 E39 - E42**

ESCALA 1:1250



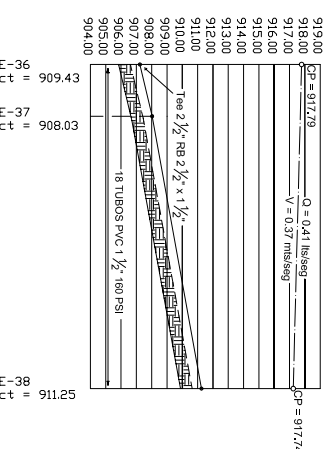
**PERFIL RAMAL 1 E27 - E29**

ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250



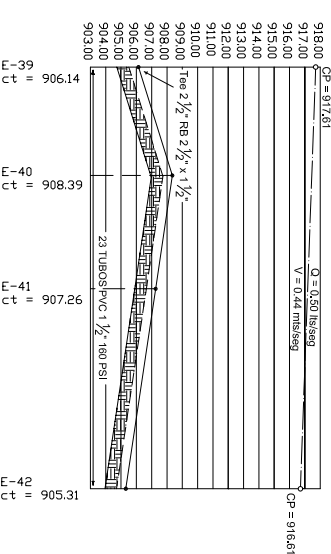
**PERFIL RAMAL 2 E30 - E31**

ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250



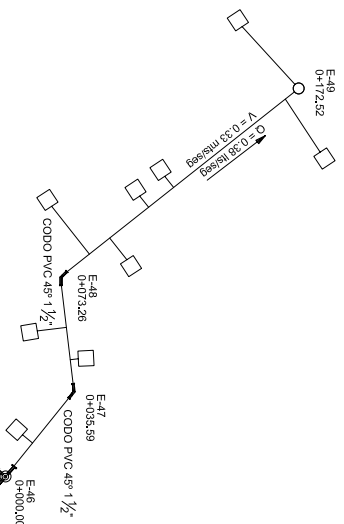
**PERFIL RAMAL 3 E36 - E38**

ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250



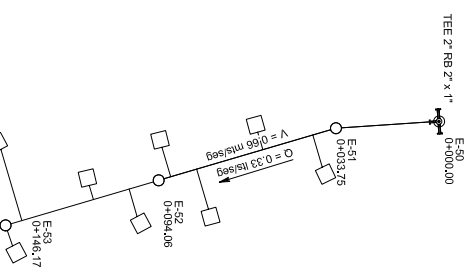
**PERFIL RAMAL 4 E39 - E42**

ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250



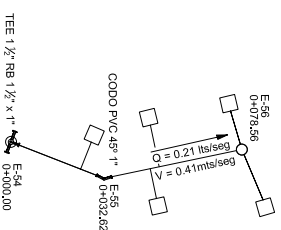
**PLANTA RAMAL 5 E46 - E49**

ESCALA 1:1250



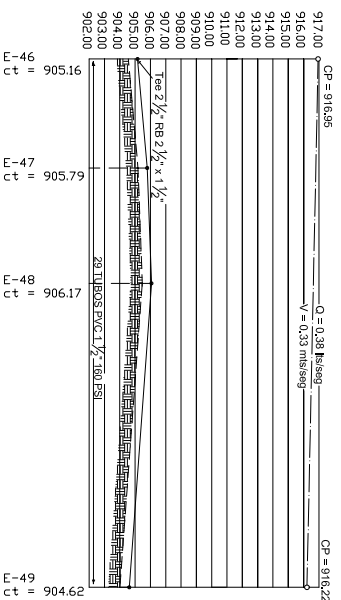
**PLANTA RAMAL 6 E50 - E53**

ESCALA 1:1250



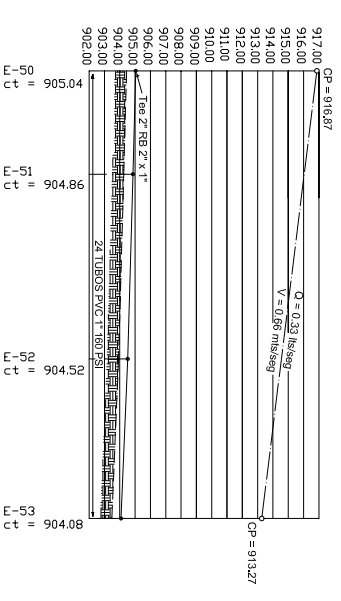
**PLANTA RAMAL 7 E54 - E56**

ESCALA 1:1250



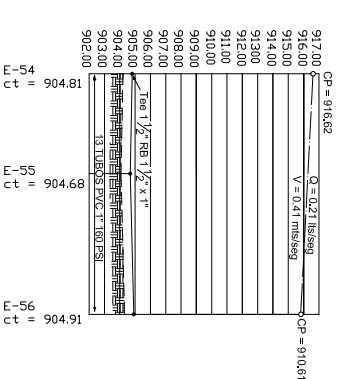
**PERFIL RAMAL 5 E46- E49**

ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250



**PERFIL RAMAL 6 E50 - E53**

ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250



**PERFIL RAMAL 7 E54 - E56**

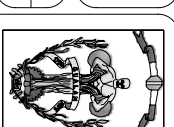
ESCALA HORIZONTAL 1:1250  
ESCALA VERTICAL 1:250

REFERENCIA	
0+000.00	CAMINAMIENTO
CT	COTA DE TERRENO
○	ESTACION (E)
□	CASA, ESCUELA, IGLESIA
▷	REDUCTOR BUSHING (RB)
⊥	TEE
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	COTA PIEZOMETRICA
---	PERFIL DEL TERRENO
---	TUBERIA
Q	CAUDAL (L/S)
V	VELOCIDAD (M/S)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ALDEA ZAPOTE, GUALAN, ZACAPA  
PLANTA - PERFIL  
RAMALES SECUNDARIOS DE LINEA DE DISTRIBUCION

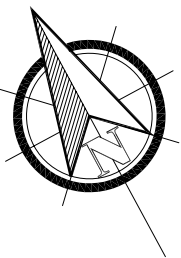


DISEÑO: MAX SIBIULEA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA  
CALCULO: MAX SIBIULEA  
DIBUJO: MAX SIBIULEA  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2007

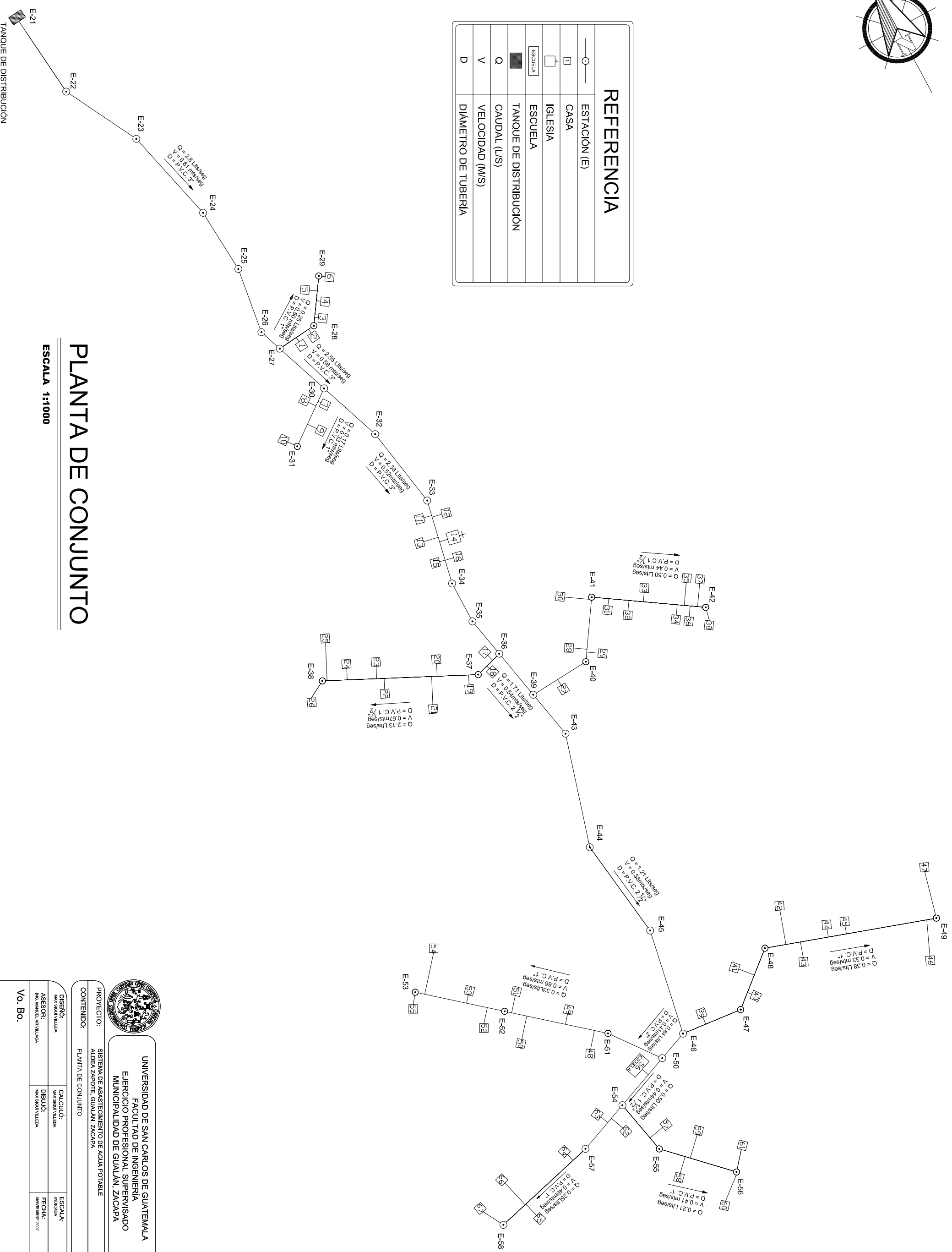
Vo. Bo.

HOLA:  
3  
10

ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



REFERENCIA	
○	ESTACION (E)
□	CASA
⌂	IGLESIA
⌂	ESCUELA
■	TANQUE DE DISTRIBUCION
Q	CAUDAL (L/S)
V	VELOCIDAD (M/S)
D	DIAMETRO DE TUBERIA



# PLANTA DE CONJUNTO

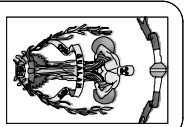
ESCALA 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO

DISEÑO: MAX SIGÜENZA	CALCULO: MAX SIGÜENZA	ESCALA: INDICADA
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	DRIBUJO: MAX SIGÜENZA	FECHA: NOVIEMBRE 2007

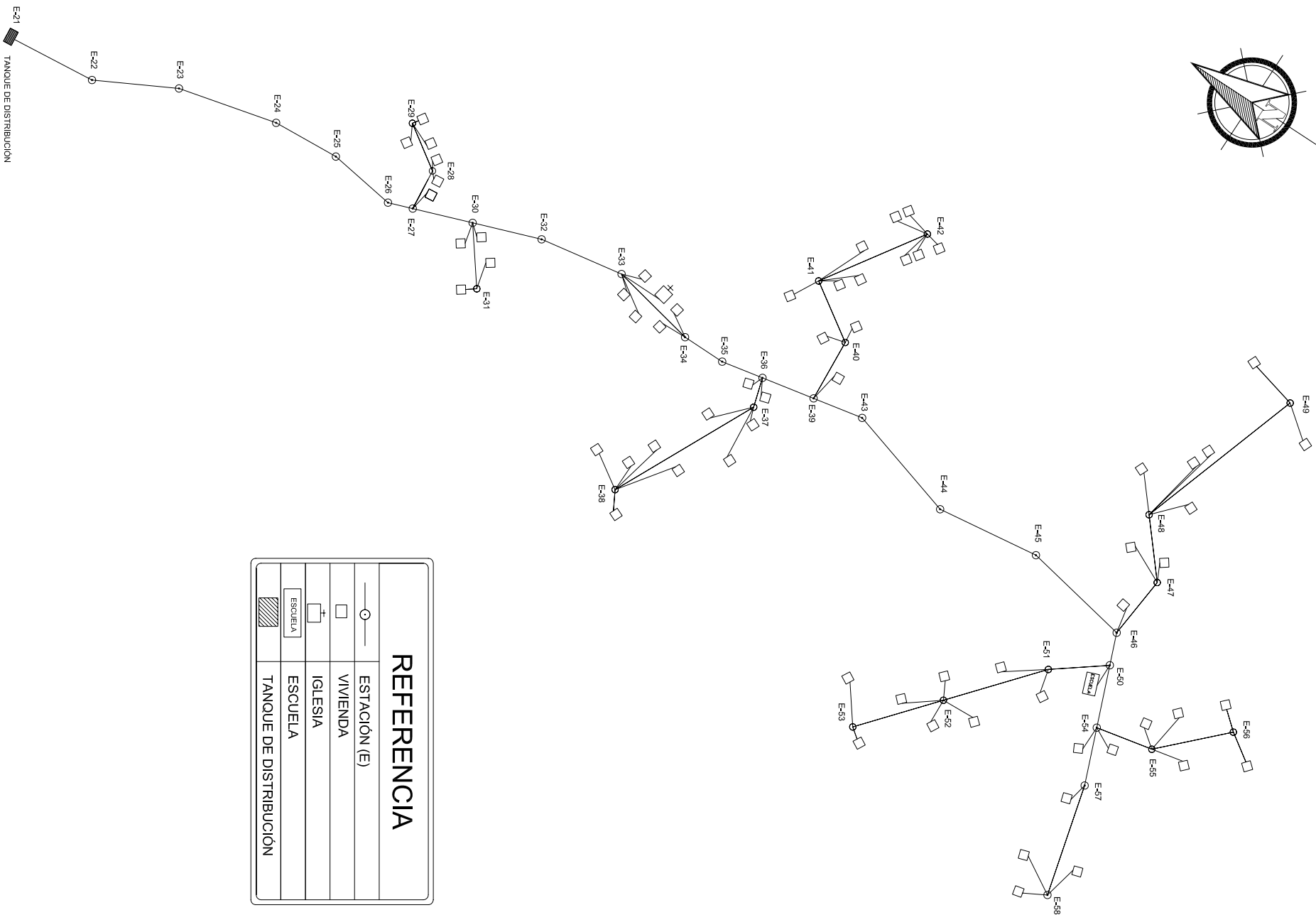
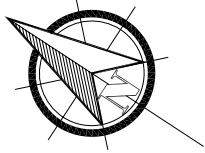


Vo. Bo.

ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA

HOLA: 4 / 10

# LIBRETA TOPOGRÁFICA



REFERENCIA	
	ESTACIÓN (E)
	VIVIENDA
	IGLESIA
	ESCUELA
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN


EST.	PO.	AZIMUT	DIST HORIZ. (m)	COTA (m)			
0	1	188°	45'	14°	21,65	908,38	
1	2	193°	48'	46"	39,13	983,22	
2	3	208°	50'	19"	46,78	968,38	
3	4	186°	46'	23"	68,25	962,67	
4	5	182°	55'	07"	28,52	968,07	
5	6	202°	42'	16"	56,98	972,28	
6	7	219°	42'	17"	54,06	969,72	
7	8	243°	16'	27"	78,45	963,20	
8	9	223°	56'	32"	79,11	954,40	
9	10	252°	44'	19"	35,74	944,10	
10	11	264°	56'	05"	113,28	936,46	
11	12	257°	15'	14"	87,18	942,20	
12	13	206°	15'	23"	122,98	944,63	
13	14	239°	14'	44"	73,66	936,56	
14	15	218°	55'	08"	27,88	937,55	
15	16	254°	45'	53"	68,28	935,87	
16	17	236°	47'	17"	56,72	927,35	
17	18	197°	27'	24"	98,54	931,87	
18	19	243°	02'	09"	22,53	934,18	
19	20	199°	01'	24"	115,14	926,15	
20	21	225°	11'	02"	89,52	920,43	
21	22	174°	06'	57"	48,26	918,25	
22	23	152°	03'	02"	48,21	916,88	
23	24	165°	59'	20"	56,83	914,36	
24	25	175°	56'	40"	37,83	911,02	
25	26	187°	59'	38"	38,37	910,82	
26	27	199°	55'	31"	14,08	909,96	
27	27,1	99°	24'	50"	11,32	909,23	
28	28	84°	09'	06"	23,43	907,83	
28	28,1	52°	19'	03"	6,58	906,14	
28,2	230°	10'	23"	4,79	906,27		
29	33°	42'	21"	28,54	907,38		
29	28,1	101°	55'	59"	3,95	907,13	
29,2	202°	28'	38"	12,97	907,73		
29,3	246°	32'	57"	8,46	907,48		
27	30	159°	55'	31"	33,95	910,15	
30	30,1	220°	01'	12"	6,37	909,68	
	30,2	256°	34'	05"	11,97	909,83	
31	31,1	232°	54'	03"	36,44	909,87	
31	31,1	75°	53'	48"	15,08	909,45	
31	31,2	335°	47'	54"	6,31	910,13	
30	32	159°	55'	31"	39,10	911,71	

EST.	PO.	AZIMUT	DIST HORIZ. (m)	COTA (m)			
32	33	169°	57'	44"	48,89	909,16	
33	33,1	160°	48'	26"	11,46	908,35	
33,2	180°	13'	48"	24,99	909,41		
33,3	212°	58'	13"	23,60	908,84		
33,4	181°	57'	14"	10,06	909,16		
34	191°	20'	47"	49,40	909,94		
34	34,1	31°	28'	40"	14,89	909,32	
	34,2	357°	57'	58"	14,31	909,09	
35	179°	52'	30"	24,53	909,12		
35	36	168°	23'	21"	23,96	907,23	
36	36,1	241°	09'	42"	10,21	907,60	
	36,2	102°	57'	36"	6,82	907,02	
37	253°	15'	55"	16,91	909,03		
37	37,1	249°	49'	40"	7,83	909,16	
	37,2	264°	33'	12"	31,05	909,35	
	37,3	312°	41'	02"	24,51	908,02	
	38	38,1	32°	48'	09"	21,78	910,93
	38,2	90°	43'	51"	15,64	911,17	
	38,3	102°	57'	36"	31,78	911,01	
	38,4	125°	46'	44"	35,80	910,83	
	38,5	240°	49'	23"	11,45	911,35	
39	39	168°	23'	21"	30,28	909,14	
39	39,1	99°	27'	33"	16,77	909,39	
40	40	85°	59'	57"	35,40	909,35	
40	40,1	82°	57'	10"	8,98	909,18	
	40,2	345°	38'	05"	10,59	909,35	
	41	33°	10'	18"	30,89	907,26	
41	41,1	112°	54'	03"	30,08	909,18	
	41,2	138°	44'	39"	22,45	907,43	
	41,3	145°	59'	28"	10,54	908,89	
	41,4	169°	07'	33"	15,44	907,12	
42	42	123°	10'	15"	85,30	908,31	
42	42,1	13°	48'	20"	14,01	909,76	
42,2	162°	23'	24"	7,85	909,16		
42,3	268°	10'	15"	10,87	909,98		
	42,4	283°	10'	40"	17,34	909,56	
	42,5	348°	57'	56"	17,97	909,21	
43	43	168°	23'	21"	28,86	909,14	
43	44	198°	01'	05"	68,25	908,87	
44	45	172°	06'	53"	58,62	907,47	
45	46	190°	21'	31"	61,73	909,16	
46	46,1	78°	35'	02"	14,67	909,62	

EST.	PO.	AZIMUT	DIST HORIZ. (m)	COTA (m)		
47	47	95°	25'	48"	35,59	906,79
47	47,1	25°	16'	49"	23,33	906,05
47,2	63°	52'	49"	10,86	906,54	
48	48	49°	40'	12"	37,67	906,17
48	48,1	49°	29'	59"	23,31	906,94
48,2	100°	53'	14"	37,84	906,87	
48,3	102°	28'	58"	47,40	906,54	
	48,4	131°	47'	38"	22,43	906,52
49	108°	06'	50"	99,28	906,82	
49	49,1	13°	59'	28"	27,35	904,78
49,2	217°	50'	47"	21,98	904,53	
46	50	248°	19'	25"	18,32	905,04
50	50,1	288°	51'	25"	13,12	905,29
51	51	322°	43'	24"	33,75	904,86
51	51,1	265°	51'	19"	13,49	904,78
51,2	323°	38'	56"	25,58	904,65	
52	52,1	310°	06'	43"	60,31	904,52
52	52,1	62°	01'	21"	10,95	904,73
52,2	176°	41'	41"	18,81	904,18	
52,3	267°	11'	06"	13,76	904,03	
52,4	322°	17'	43"	22,73	904,67	
53	53,1	53°	00'	07"	24,85	904,16
53,2	217°	23'	28"	7,11	904,99	
54	54	248°	19'	25"	35,18	904,81
54,1	206°	50'	54"	13,05	906,10	
54,2	269°	47'	04"	13,88	904,88	
55	55,1	107°	52'	50"	32,62	904,68
55,2	53°	07'	15"	11,42	904,79	
55,3	167°	37'	35"	23,03	904,80	
56	56,1	134°	41'	41"	45,94	904,45
56,2	213°	42'	03"	17,83	906,13	
57	57,1	248°	53'	28"	32,81	904,63
57,2	280°	53'	28"	10,77	904,11	
58	58,1	30°	04'	55"	23,91	905,02
58,2	102°	24'	10"	19,62	905,68	
58,3	330°	50'	45"	13,80	905,17	

# PLANTA TOPOGRÁFICA Y DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA 1:1500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

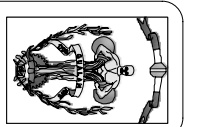
PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ALDEA ZAPOTE, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO:  
PLANTA TOPOGRÁFICA Y DENSIDAD DE VIVIENDA

DISÑO: MAX SIGA VILELA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA  
Vo. Bo.

ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2007

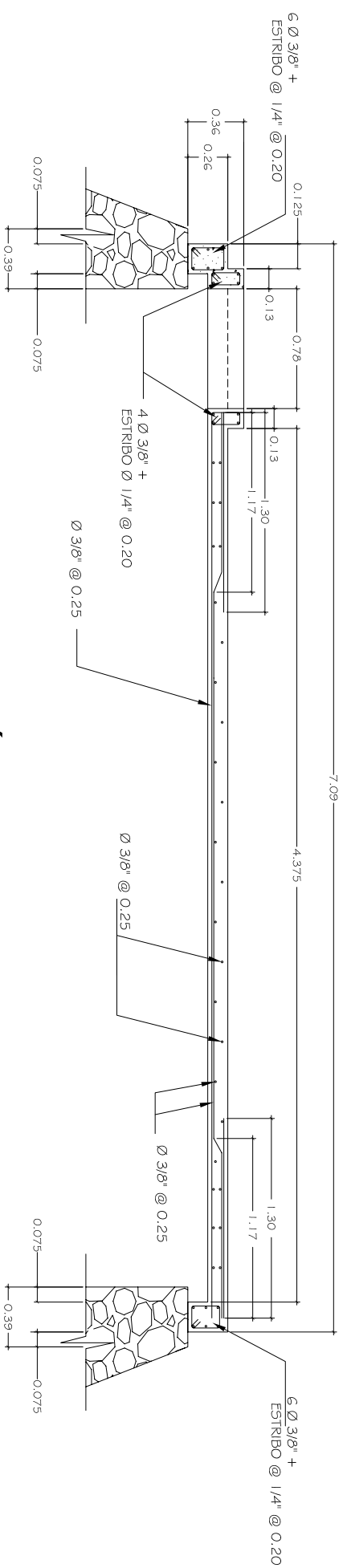
HOJA: 5  
10



ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA

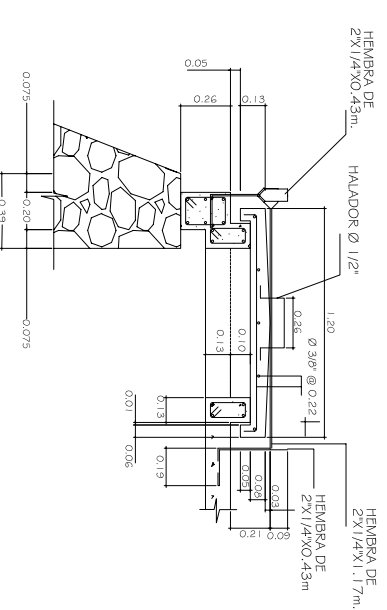






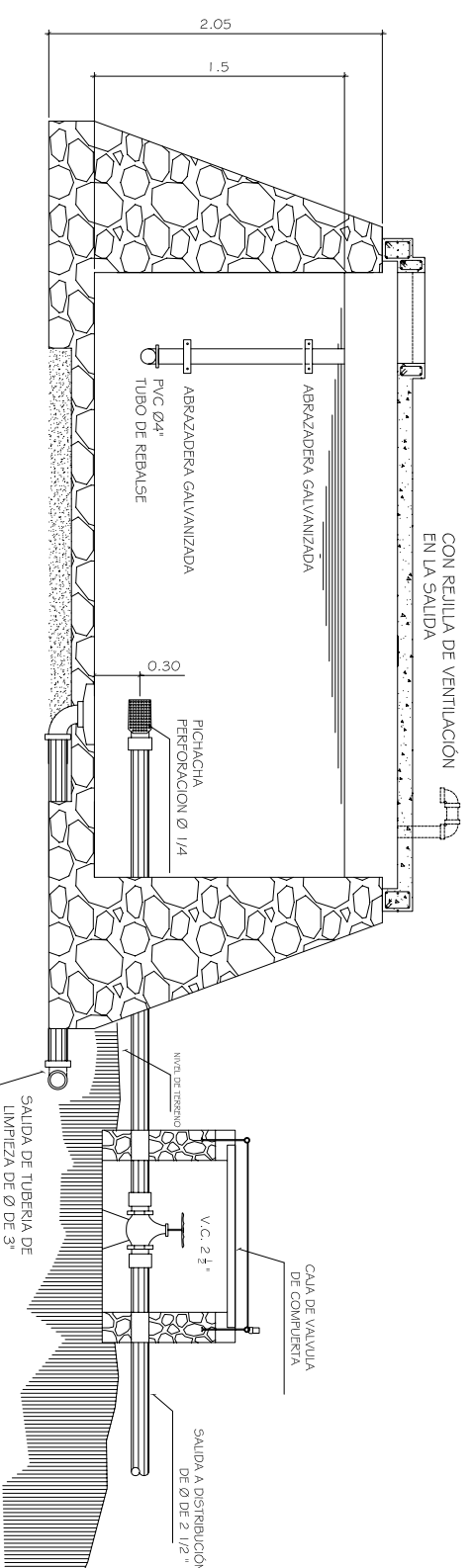
### SECCIÓN A-A

ESCALA 1:20



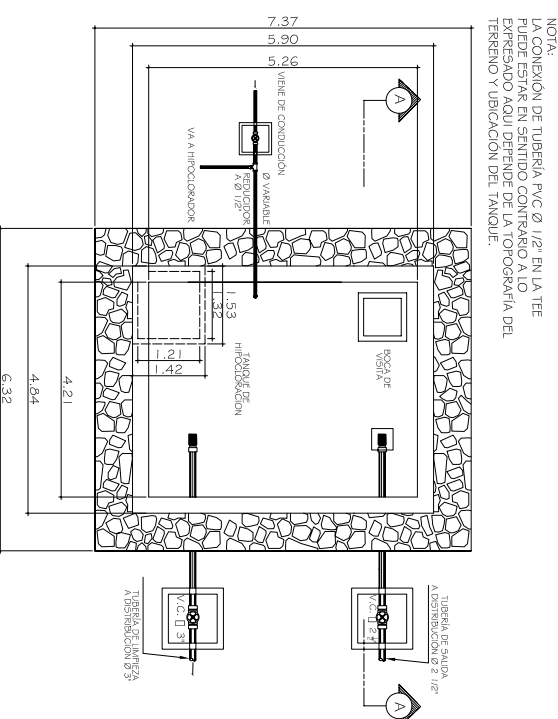
### DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:20

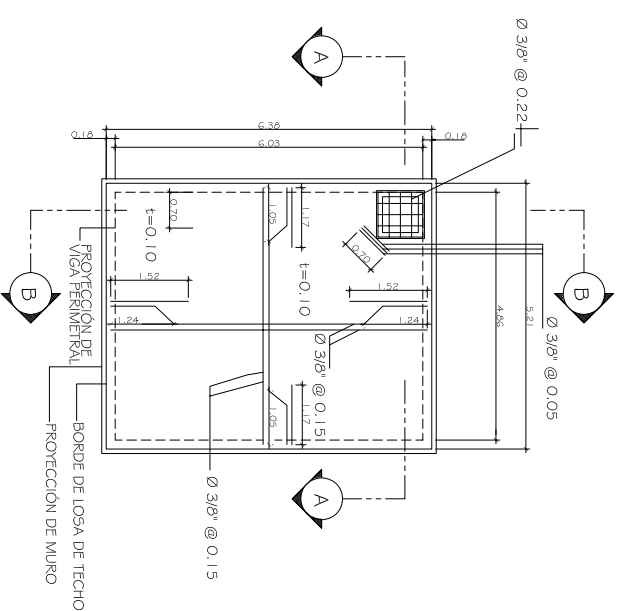


### SECCIÓN A-A' DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA 1:25



NOTA:  
LA COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE Ø 1 1/2" EN LA TEE DEBEN SER EN EL SENTIDO CORRECTO Y NO EXPRESADO AQUÍ DEBEN DE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO Y UBICACIÓN DEL TANQUE.



### PLANTA DE ARMADO DE LOSA DE TECHO

ESCALA 1:75

### PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA 1:75

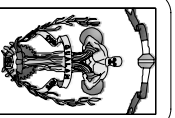
### NOTAS GENERALES

#### MATERIALES

- 1º CONCRETO: SE USARÁ CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESIÓN DE  $f_c = 3000$  PSI A LOS 28 DÍAS (1 SACO DE CEMENTO, 10 PALADAS DE ARENA, 20 PALADAS DE PIEDRA.) PROPORCIÓN 1:2:3
- 2º ACERO DE REFUERZO: SE USARÁ ACERO DE REFUERZO DE  $f_y = 40,000$  PSI (GRADO 40) ESPECIFICACIÓN ASTM A615
- 3º VARIOS: LOS MUROS ESTÁN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
- 4º TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS.
- 5º LOS RECUBRIMIENTOS SERÁN DE 3cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRÁ ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
- 6º EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERÁ SER PERFECTAMENTE APISONADO.
- 7º LA LOSA DEL TECHO DEBERÁ TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- 8º LOS MUROS DE PIEDRA DEBERÁN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCIÓN (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.
- 9º LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERÁN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.
- 10º LOS MUROS DEL TANQUE SERÁN DE CONCRETO CICLOPEO: 67% PIEDRA BOLA 33% SABIETA (CEMENTO Y ARENA) PROPORCIÓN 1:2
- 11º EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERÁ DE 0.03m.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA



PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ALDEA ZAPOTE, GUALAN, ZACAPA

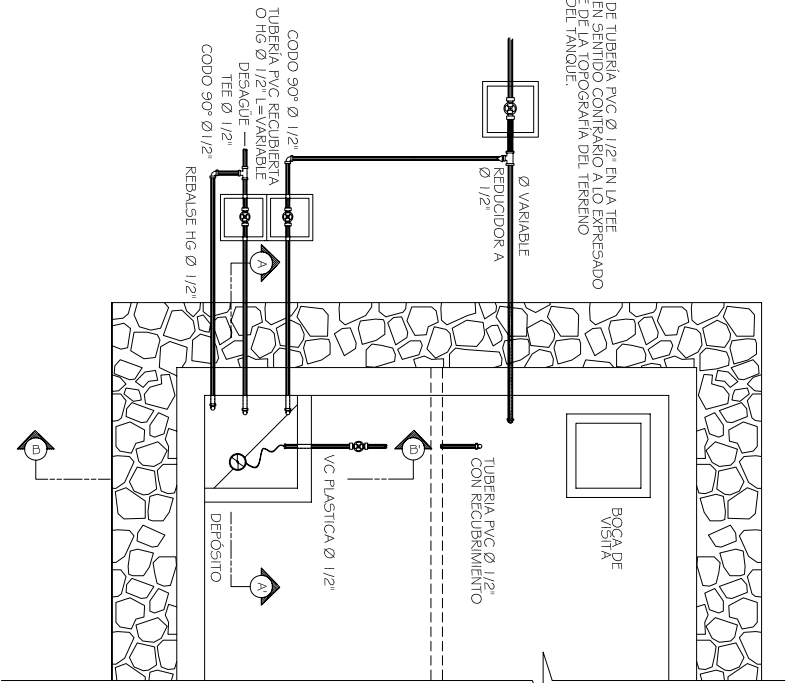
CONTENIDO: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

DISÑO: MAX SIGAL VILDEA	CALCULO: MAX SIGAL VILDEA	ESCALA: INDICADA	HOLA: 7
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	DRIBUO: MAX SIGAL VILDEA	FECHA: NOVIEMBRE 2007	10

Vo. Bo.

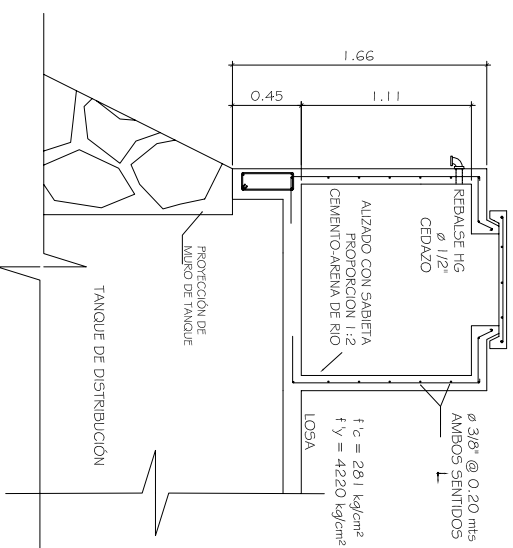
ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA

LA CONEXION DE TUBERIA PVC Ø 1/2" EN LA TEE PUEDE ESTAR EN SENTIDO CONTRARIO A LO EXPRESADO AQUÍ DEPENDIENDO DE LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO Y UBICACION DEL TANQUE.



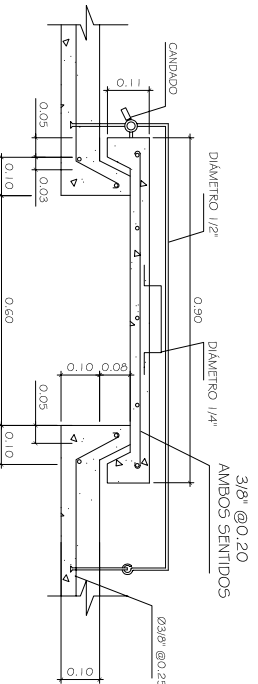
### DETALLE DE HIPOCLORADOR

SEM ESCALA



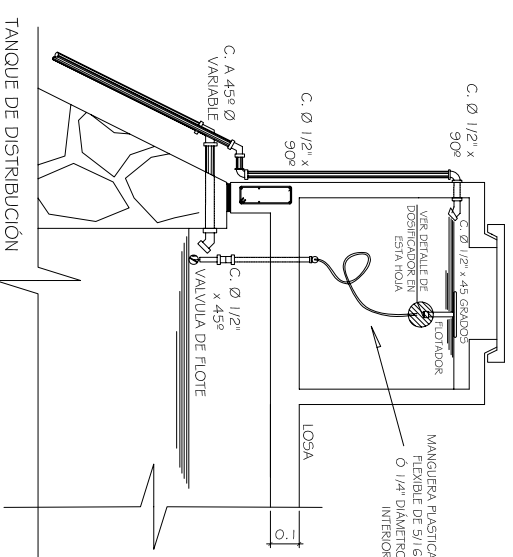
### DETALLE DE ARMADO

ESCALA 1:25



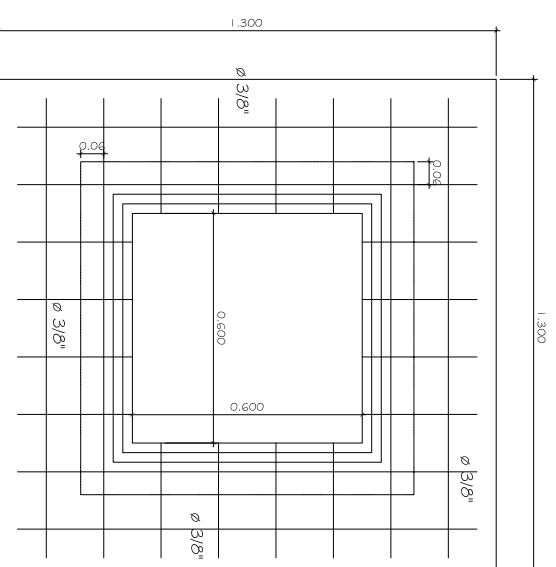
### DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:10



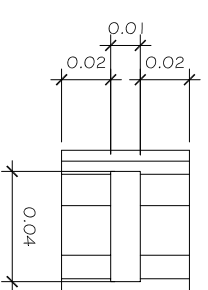
### SECCIÓN A - A' DE HIPOCLORADOR

ESCALA 1:25



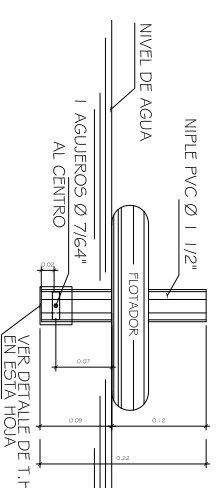
### DETALLE DE LOSA

ESCALA 1:10



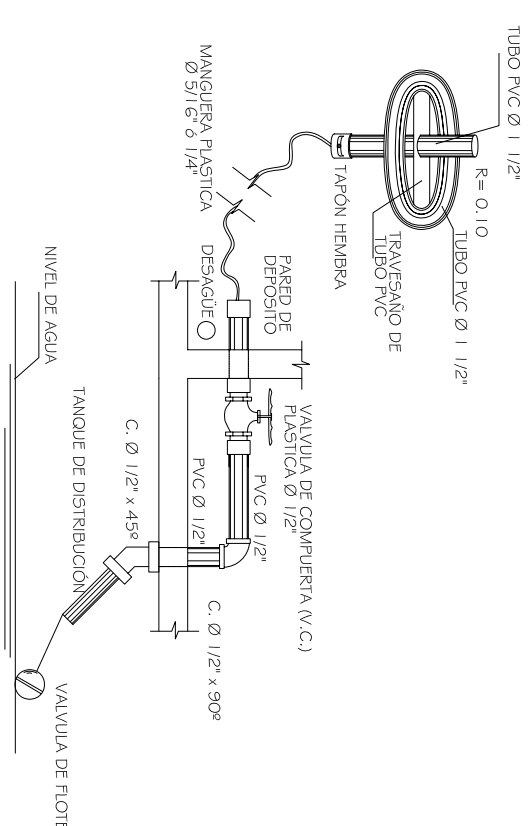
### DETALLE DE T.H.

ESCALA 1:5



### DETALLE DE FLOTADOR

ESCALA 1:20



### SECCIÓN B - B' DE HIPOCLORADOR

ESCALA 1:20

VOLUMEN DE SOLUCION AL 0.1% QUE TIENE QUE INGRESAR AL TANQUE PARA DOSIFICAR 1 m³	CANTIDAD NECESARIA DE SOLUCION
0.50	1.1750
0.60	43.80
0.70	2.16
0.80	2.52
0.90	2.88
1.00	3.24
1.10	3.60
1.20	3.96
1.30	4.32
1.40	4.68
1.50	5.04
1.60	5.40
1.70	5.76
1.80	6.12
1.90	6.48
2.00	6.84
2.10	7.20
2.20	7.56
2.30	7.92
2.40	8.28
2.50	8.64
2.60	9.00
2.70	9.36
2.80	9.72
2.90	10.08
3.00	10.44
3.10	10.80
3.20	11.16
3.30	11.52
3.40	11.88
3.50	12.24
3.60	12.60
3.70	12.96
3.80	13.32
3.90	13.68
4.00	14.04
4.10	14.40
4.20	14.76
4.30	15.12
4.40	15.48
4.50	15.84
4.60	16.20
4.70	16.56
4.80	16.92
4.90	17.28
5.00	17.64
5.10	18.00
5.20	18.36
5.30	18.72
5.40	19.08
5.50	19.44
5.60	19.80
5.70	20.16
5.80	20.52
5.90	20.88
6.00	21.24

### PASOS PARA CLORACION DE AGUA

1. PREPARAR LA SOLUCION CONCENTRADA DE HIPOCLORITO DE CALCIO EN OTRO TANQUE MEZCLANDOLA PERFECTAMENTE. LA TABLA INDICA LA CANTIDAD DE CLOROGENO NECESARIA PARA PREPARAR UNA SOLUCION AL 0.10% (1,000 P.P.M.)
  2. DEJAR SEDIMENTAR LA SOLUCION, EL LIQUIDO CLARO PASARLO AL DEPOSITO DEL HIPOCLORADOR, EL SEDIMENTO DESECHARLO YA QUE ES INACTIVO Y PRODUCE TAPONAMIENTOS EN LA TUBERIA.
  3. EN LA TABLA 2 INDICA EL VOLUMEN DE SOLUCION AL 0.10% RESPECTIVAMENTE NECESARIA PARA APLICAR DURANTE DOS DIAS COMO MINIMO PARA DIFERENTES CAUDALES DE DISEÑO.
  4. LA CAIDA DE LA SOLUCION DE HIPOCLORITO AL TANQUE DEBERA SER NORMAL A LA ENTRADA DE AGUA PROVENIENDO DE CONDUCION, O EN OTROS TAPONAMIENTOS, DEBERA PENSAR LA SOLUCION DE HIPOCLORITO SOBRE EL CROMO DE AGUA QUE ENTRA AL TANQUE PRODUciendo LA DIFUSION, CON EL OBJETIVO DE LOGRAR UNA BUENA MEZCLA EN UN TIEMPO RELATIVAMENTE CONTO
- EL PERIODO DE CONTACTO EN EL TANQUE DE DISTRIBUCION SERA COMO MINIMO DE DOS HORAS, TIEMPO DURANTE EL CUAL EL AGUA NO PASARA A LA RED DE DISTRIBUCION ESTO SOLO SE HARÁ CUANDO SINIENCIA EL PROCESO DE CLORACION

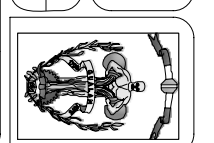
HIPOCLORITO NECESARIO PARA PREPARAR SOLUCION AL 0.1%	CANTIDAD DE HIPOCLORITO				
VOLUMEN DE SOLUCION REQUERIDA	65%	67%	68%	69%	70%
75	115.38	111.94	110.29	108.70	107.14
100	153.85	149.25	147.06	144.93	142.86
300	461.54	447.76	441.18	434.78	428.57

VOLUMEN DEL DEPOSITO A UTILIZARSE 1000 lbs.  
DOSIFICAR 3 LIBRAS PARA UNA 65%  
DOSIFICAR 3 LIBRAS PARA 70%



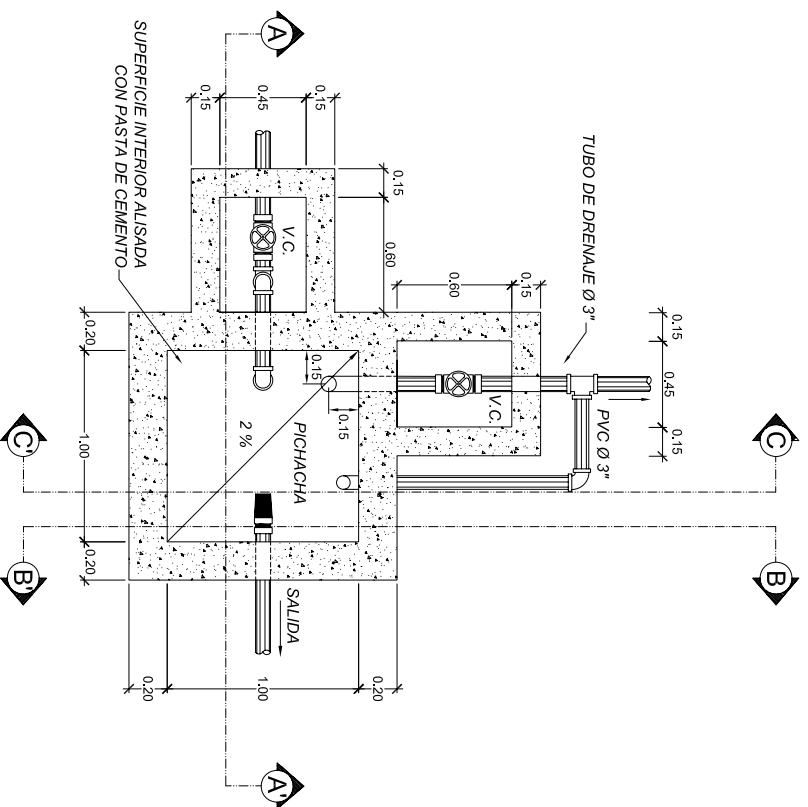
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ALDEA ZAPOTE, GUALAN, ZACAPA  
CONTENIDO: DETALLE DE HIPOCLORADOR



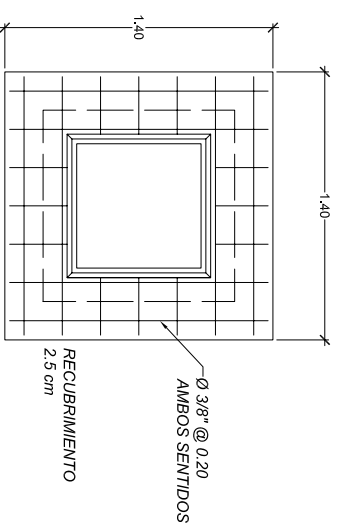
HOLA: 8 / 10

DISEÑO: MAX SIGAL VILELA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA  
Vo. Bo.  
DIBUJO: MAX SIGAL VILELA  
FECHA: NOVIEMBRE 2007



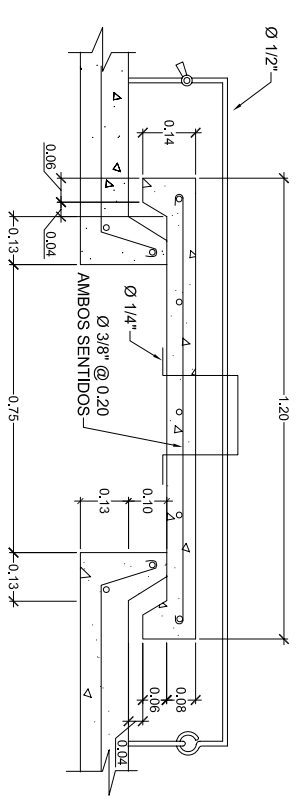
## PLANTA DE CAJA ROMPRE PRESIÓN

SIN ESCALA



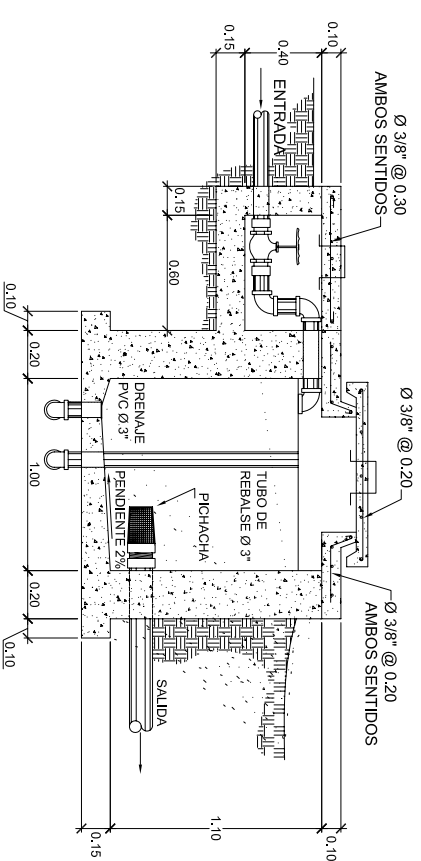
## DETALLE DE LOSA DE CAJA ROMPRE PRESIÓN

SIN ESCALA



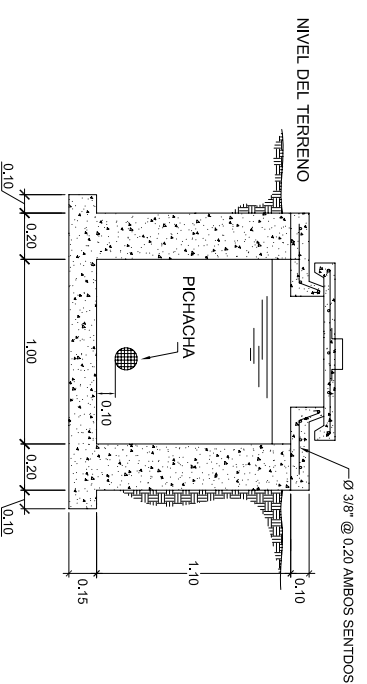
## DETALLE DE TAPADERA DE CAJA ROMPRE PRESIÓN

SIN ESCALA



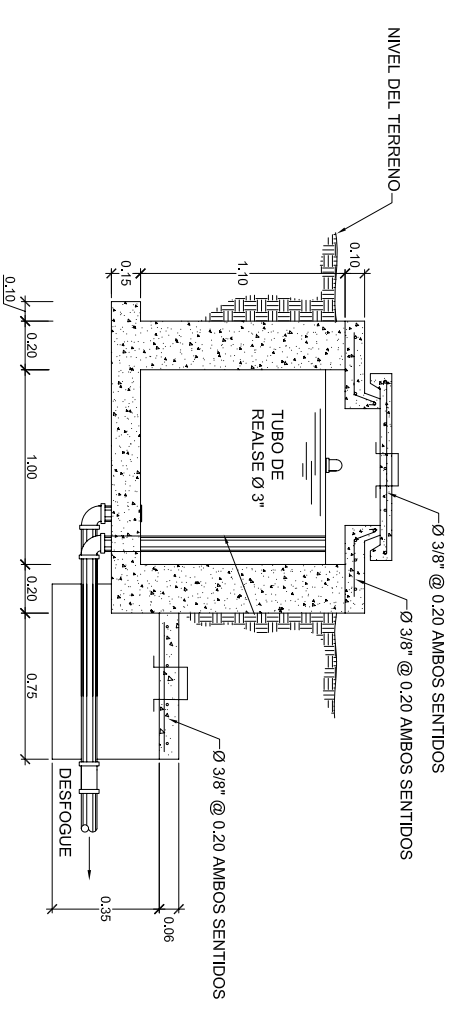
## SECCIÓN A - A' CAJA ROMPRE PRESIÓN

SIN ESCALA



## SECCIÓN B - B' CAJA ROMPRE PRESIÓN

SIN ESCALA



## SECCIÓN C - C' CAJA ROMPRE PRESIÓN

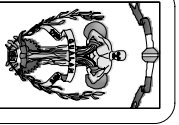
SIN ESCALA

Especificaciones:

1. Las válvulas se asentaran sobre un lecho de arena para facilitar el drenaje.
2. Las cajas y tapaderas se construirán de concreto F'c = 3,000 PSI. (1 Saco de cemento, 10 paladas de arena, 20 paladas de piedrin.) proporción 1:2:3
3. Todas las dimensiones estan dadas en metros
4. El hierro de refuerzo sera Ø 3/8" . Fy = 40,000 PSI
5. Todas las paredes deben ir alisadas con sabieta en proporción 1:2 (1 de cemento, 2 de arena de río)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA



PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ALDEA ZAPOTE, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO: DETALLE DE CAJA ROMPRE PRESION

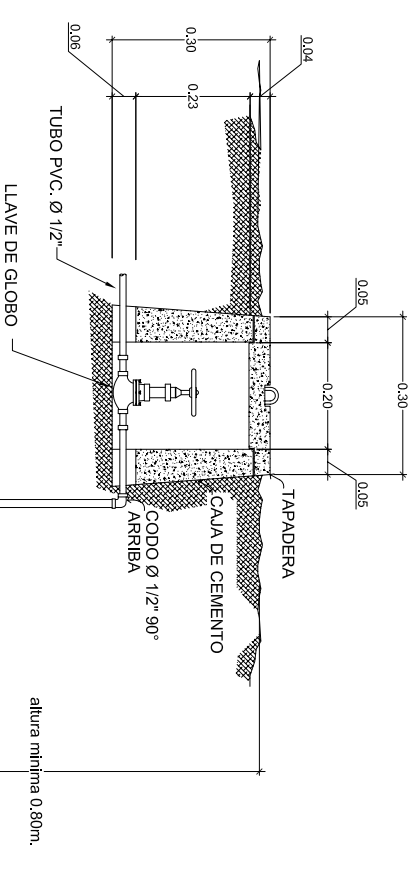
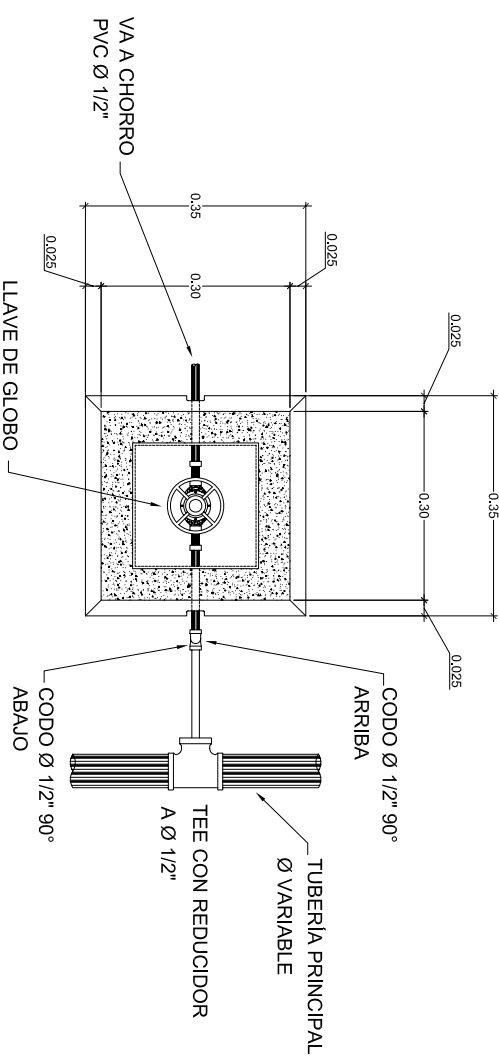
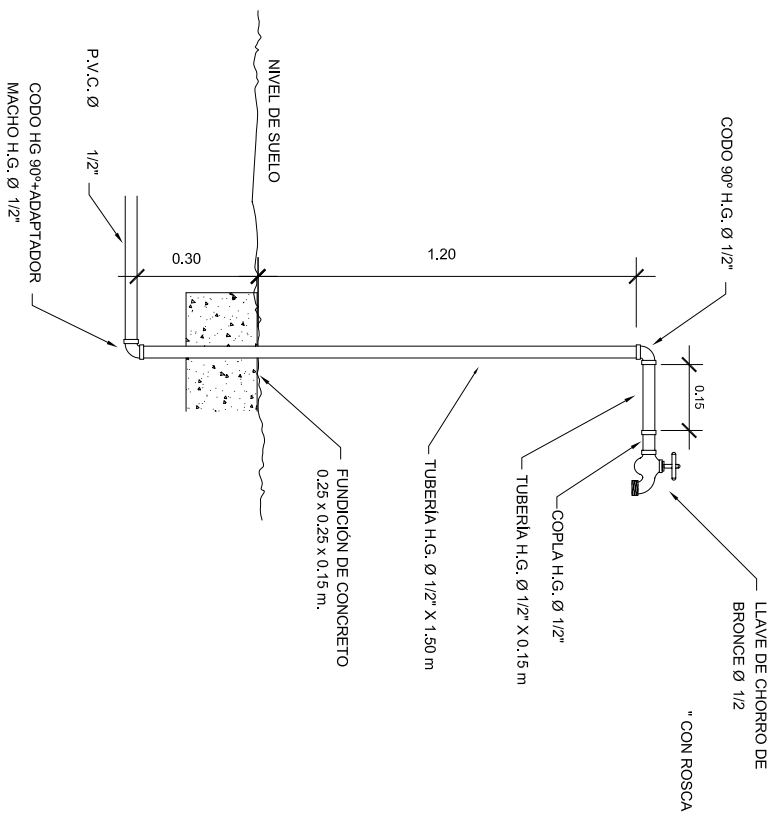
DISEÑO: MAX SIGÜENZA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2007

Vo. Bo.

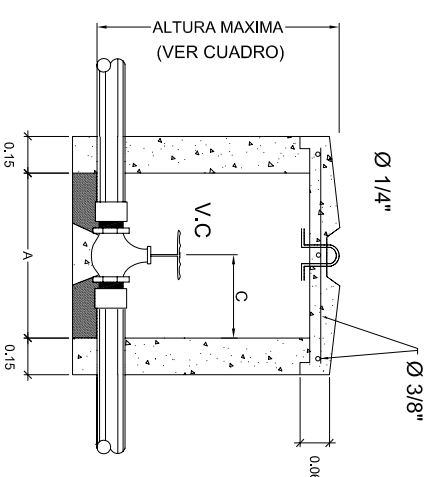
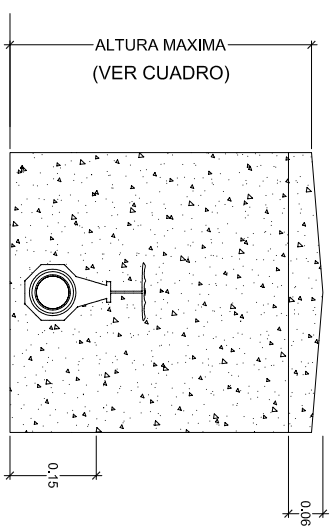
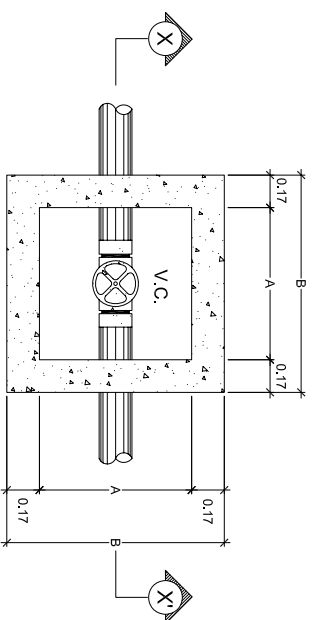
HOLA:  
9 / 10

ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA



### PLANTA CONEXIÓN DOMICILIAR

### SECCIÓN CONEXIÓN DOMICILIAR



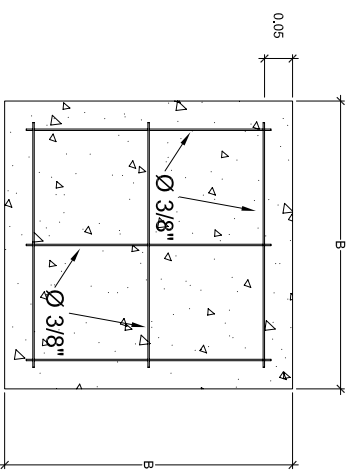
Notas:

A = dimensión interior  
B = dimensión de tapadera  
C = posición de válvula (A/2)

La apertura de la caja deberá ser del diámetro del tubo, para evitar el ingreso de agua y/o animales.

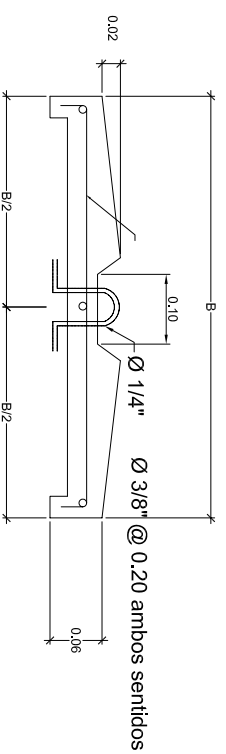
### PLANTA CAJA PARA VALVULAS

SIN ESCALA



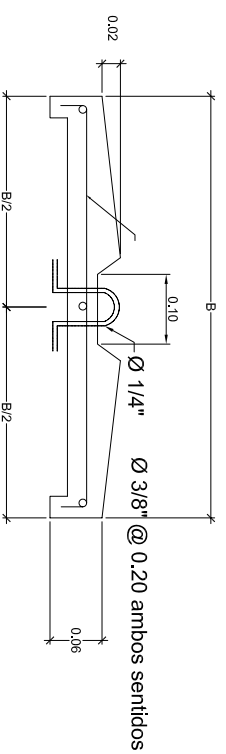
### SECCIÓN Y - Y' CAJA PARA VALVULAS

SIN ESCALA



### SECCIÓN X - X' CAJA PARA VALVULAS

SIN ESCALA



Especificaciones:

1. Las válvulas se asentaran sobre un lecho de arena para facilitar el drenaje.
2. Las cajas y tapaderas se construirán de concreto F'c = 3,000 PSI. (1 Saco de cemento, 10 paladas de arena, 20 paladas de piedra,) proporción 1:2:3
3. Todas las dimensiones estan dadas en metros
4. El hierro de refuerzo sera Ø 3/8". Fy = 40,000 PSI
5. Todas las paredes deben ir alisadas con sabieta en proporción 1:2 (1 de cemento, 2 de arena de río)

### CUADRO DE DIMENSIONES

Ø	A	B	C	ALTURA MÁXIMA
1/2"	0.30	0.40	0.15	0.30
2"	0.50	0.66	0.25	0.40



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE GUALAN, ZACAPA

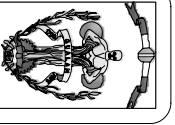
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ALDEA ZAPOTE, GUALAN, ZACAPA

CONTENIDO: DETALLE CONEXIÓN DOMICILIAR, DETALLE DE CAJA PARA VALVULAS

DISEÑO: MAX SIGA VILELA  
ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA

CALCULO: MAX SIGA VILELA  
DIBUJO: MAX SIGA VILELA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: NOVIEMBRE 2017



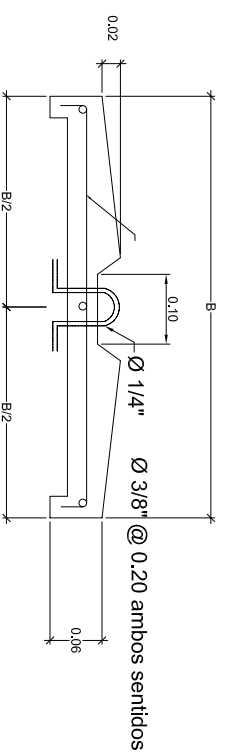
HOLA: 10 / 10

Vo. Bo.

ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOAETA

### TAPADERA PARA CAJA DE VALVULAS

SIN ESCALA



### TAPADERA PARA CAJA DE VALVULAS

SIN ESCALA

