



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

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ**

**Hámlton Omar Tá Quej**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, enero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HÁMILTON OMAR TÁ QUEJ**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 24 de septiembre de 2014.

**Hámlton Omar Tá Quej**



Guatemala, 30 de septiembre de 2015  
Ref.EPS.DOC.672.09.15

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Hamilton Omar Tá Quej** con carné No. **201021196**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
MAAO/ra



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

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

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



Guatemala,  
07 de octubre de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Hámlton Omar Tá Quej**, con Carnet No. 2010-21196, 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,

Y ENSEÑAR A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 16 de octubre de 2015

Ref.EPS.D.549.10.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Hamilton Omar Tá Quej, carné 201021196**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



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

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Hamilton Omar Tá Quej, titulado **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.+

  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2015.

/bbdeb.

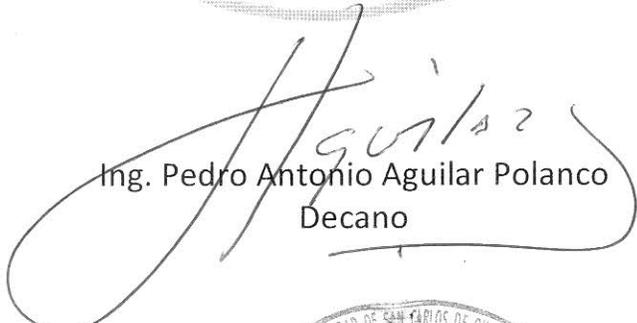
Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA TAMPÓ Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Hámlton Omar Tá Quej**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, enero de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por bendecirme en todo momento de la vida, darme sabiduría, dirección y fuerza para que mi meta fuese alcanzada.
<b>Mis padres</b>	Florencio Tá Coy y Dora Ilse Quej de Tá, a quienes agradezco su confianza depositada en mí, brindándome su apoyo moral y económico.
<b>Mis hermanos</b>	Alma, Byron, Deysi Tá Quej, por el apoyo y los consejos que me brindaron durante la carrera.
<b>Mis abuelos</b>	Dominga Quej y Francisco Xoy; que con su cariño y sabios consejos me guiaron en el sentido del trabajo y la responsabilidad.
<b>Mis tíos</b>	Sebastián Cucul y Lidia Baten, por el cariño, convivencias y consejos que me brindaron durante los años de la carrera.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por otorgarme la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios y contribuir para mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme sabiduría, fuerza y voluntad para poder alcanzar esta meta.
<b>Mis padres</b>	Por brindarme apoyo incondicional y un ejemplo a seguir en mi vida.
<b>Adrián Chavac Dionisio</b>	Por el apoyo y los consejos que me brindó durante los años de mi formación profesional.
<b>Ing. Manuel Arrivillaga</b>	Por la asesoría y el apoyo durante la realización de este trabajo de graduación.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme el conocimiento académico para formarme como ingeniero civil.
<b>Municipalidad de Tactic, Alta Verapaz</b>	Por permitirme realizar mi trabajo de graduación en dicha institución.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Tactic, Alta Verapaz.....	1
1.1.1. Ubicación .....	1
1.1.2. Geografía.....	2
1.1.3. Datos históricos .....	3
1.1.4. Situación climática .....	3
1.1.5. Aspectos sociales .....	4
1.1.6. Aspectos económicos.....	4
1.1.7. Aspectos de infraestructura .....	4
1.2. Diagnóstico sobre necesidades del municipio .....	5
1.2.1. Sistema de alcantarillado sanitario .....	6
1.2.2. Abastecimiento de agua potable.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	7
2.1. Diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó, Tactic, Alta Verapaz .....	7
2.1.1. Descripción general del proyecto.....	7
2.1.2. Levantamiento topográfico .....	8

2.1.2.1.	Altimetría .....	8
2.1.2.2.	Planimetría .....	9
2.1.3.	Descripción del sistema a utilizar .....	10
2.1.4.	Partes de un alcantarillado .....	11
2.1.4.1.	Colector principal.....	11
2.1.4.2.	Pozos de visita .....	11
2.1.4.3.	Conexiones domiciliarias.....	13
2.1.4.3.1.	Caja o candela .....	13
2.1.4.3.2.	Tubería secundaria .....	14
2.1.5.	Periodo de diseño .....	14
2.1.6.	Población futura .....	14
2.1.6.1.	Método de incremento geométrico .....	15
2.1.7.	Dotación de agua potable.....	16
2.1.8.	Factor de retorno al sistema.....	17
2.1.9.	Factor de Harmond .....	17
2.1.10.	Caudal sanitario .....	18
2.1.10.1.	Caudal domiciliar .....	18
2.1.10.2.	Caudal industrial.....	19
2.1.10.3.	Caudal comercial.....	20
2.1.10.4.	Caudal por conexiones ilícitas .....	21
2.1.10.5.	Caudal por infiltración.....	21
2.1.10.6.	Caudal medio .....	22
2.1.10.7.	Factor de caudal medio .....	22
2.1.10.8.	Caudal de diseño .....	23
2.1.11.	Selección del tipo de tubería .....	23
2.1.12.	Fundamentos hidráulicos .....	24
2.1.12.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales.....	24
2.1.12.2.	Relación de diámetros y caudales.....	25

2.1.12.3.	Relaciones hidráulicas.....	25
2.1.12.4.	Diámetro del colector.....	28
2.1.12.5.	Profundidad del colector.....	29
2.1.12.6.	Profundidad mínima del colector.....	29
2.1.12.7.	Ancho de zanja.....	30
2.1.12.8.	Volumen de excavación.....	31
2.1.12.9.	Cotas invert.....	32
2.1.12.10.	Ubicación de los pozos de visita.....	35
2.1.12.11.	Profundidad de los pozos de visita.....	35
2.1.13.	Cálculo hidráulico.....	36
2.1.13.1.	Especificaciones técnicas.....	36
2.1.13.2.	Ejemplo de diseño de un tramo.....	37
2.1.14.	Propuesta de tratamiento.....	42
2.1.14.1.	Fosas sépticas.....	43
2.1.14.2.	Pozos de absorción.....	69
2.1.15.	Elaboración de planos finales de drenajes sanitario.....	71
2.1.16.	Presupuesto.....	71
2.1.16.1.	Cronograma de ejecución.....	72
2.1.17.	Análisis económico.....	74
2.1.17.1.	Valor presente neto.....	74
2.1.17.2.	Tasa interna de retorno.....	75
2.1.18.	Evaluación de impacto ambiental.....	76
2.2.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Cuyquel, Tactic, A.V.....	77
2.2.1.	Descripción del proyecto.....	77
2.2.2.	Aforos, dotación y tipo de servicio.....	77
2.2.3.	Tasa de crecimiento poblacional.....	78
2.2.4.	Periodo de diseño, población futura.....	78

2.2.5.	Factores de consumo y caudales.....	79
2.2.5.1.	Factor de día máximo.....	79
2.2.5.2.	Factor de hora máximo .....	79
2.2.5.3.	Caudal medio diario .....	79
2.2.5.4.	Caudal máximo diario.....	80
2.2.5.5.	Caudal máximo horario .....	81
2.2.6.	Calidad del agua y sus normas .....	81
2.2.6.1.	Análisis bacteriológico.....	82
2.2.6.2.	Análisis físicoquímico .....	82
2.2.7.	Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías .....	83
2.2.8.	Presiones y velocidades.....	84
2.2.9.	Levantamiento topográfico .....	85
2.2.9.1.	Planimetría .....	86
2.2.9.2.	Altimetría .....	86
2.2.10.	Diseño hidráulico del sistema.....	86
2.2.10.1.	Captación .....	87
2.2.10.2.	Línea de conducción .....	88
2.2.10.3.	Tanque de distribución .....	91
	2.2.10.3.1. Cálculo del volumen.....	92
	2.2.10.3.2. Diseño estructural del tanque .....	92
2.2.10.4.	Línea de distribución .....	100
2.2.10.5.	Red de distribución.....	101
2.2.11.	Válvulas.....	104
2.2.11.1.	Válvulas de limpieza.....	104
2.2.11.2.	Válvulas de aire.....	104
2.2.11.3.	Válvulas de globo .....	105
2.2.11.4.	Válvulas de compuerta .....	105
2.2.12.	Tipo y número de conexiones .....	105

2.2.13.	Programación de operación y mantenimiento .....	106
2.2.14.	Propuesta de tarifa .....	106
2.2.15.	Planos.....	107
2.2.16.	Presupuesto.....	107
2.2.17.	Cronograma de ejecución.....	108
2.2.18.	Evaluación socioeconómica.....	110
	2.2.18.1. Valor presente neto .....	110
	2.2.18.2. Tasa interna de retorno .....	111
2.2.19.	Evaluación de impacto ambiental .....	111
CONCLUSIONES .....		113
RECOMENDACIONES .....		115
BIBLIOGRAFÍA .....		117
APÉNDICES .....		119
ANEXOS.....		145



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de proyectos en estudio .....	2
2.	Partes de un pozo de visita .....	12
3.	Conexiones domiciliarias .....	13
4.	Forma de medir la cota invert.....	32
5.	Caso especial de cota invert .....	33
6.	Diagrama de momentos .....	47
7.	Sección de muro de fosa séptica .....	51
8.	Geometría y diagrama de presiones del muro .....	97

### TABLAS

I.	Dotaciones indicadas en las normas de diseño .....	16
II.	Caudales industriales .....	19
III.	Relaciones hidráulicas para sección circular.....	26
IV.	Profundidad mínima del colector para tubería de concreto .....	30
V.	Profundidad mínima del colector para tubería de PVC .....	30
VI.	Ancho de zanja .....	31
VII.	Diámetros mínimos de pozos de visita.....	35
VIII.	Parámetros de diseño del proyecto de alcantarillado sanitario .....	37
IX.	Verificación de especificaciones hidráulicas .....	41
X.	Presupuesto del proyecto, ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Tampó, Tactic, Alta Verapaz.....	72
XI.	Cronograma de ejecución del proyecto.....	73

XII.	Bases de generales de diseño.....	87
XIII.	Momento estabilizante en muro.....	97
XIV.	Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable .....	108
XV.	Cronograma de ejecución del proyecto de abastecimiento agua potable .....	109

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\theta$	Ángulo de fricción interna
â	Años
<b>Asvar</b>	Área de acero de la varilla a utilizar
<b>As</b>	Área de acero del refuerzo
<b>Asmáx</b>	Área de acero máximo permitido
<b>Asmín</b>	Área de acero mínimo permitido
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CU</b>	Carga última
<b>CV</b>	Carga viva
<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>max diario</sub></b>	Caudal máximo diario
<b>Q<sub>max horario</sub></b>	Caudal máximo horario
<b>Q<sub>med</sub></b>	Caudal medio
<b>Qv</b>	Caudal por vivienda
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo rígido
$\emptyset$	Diámetro
$\emptyset_{\text{teórico}}$	Diámetro teórico
<b>Smáx</b>	Espaciamiento máximo de acero del refuerzo
<b>t</b>	Espesor de losa
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b>Hab</b>	Habitantes
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por cada metro cúbico
<b>Km</b>	Kilómetro

<b>L<sub>B</sub></b>	Lado mayor de la losa
<b>L<sub>A</sub></b>	Lado menor de la losa
<b>l/hab/día</b>	Litro por habitante por día
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>N</b>	Número de viviendas
<b>H<sub>f</sub></b>	Pérdida de carga
<b>P</b>	Perímetro
<b>n</b>	Período de años
<b>γ<sub>agua</sub></b>	Peso específico del agua
<b>γ<sub>c</sub></b>	Peso específico del concreto
<b>W<sub>concreto armado</sub></b>	Peso específico del concreto armado
<b>W<sub>concreto ciclópeo</sub></b>	Peso específico del concreto ciclópeo
<b>W<sub>suelo</sub></b>	Peso específico del suelo
<b>WT</b>	Peso total del muro
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pf</b>	Población futura
<b>%Alm</b>	Porcentaje de almacenamiento
<b>In</b>	Pulgada
<b>F'c</b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>Fy</b>	Resistencia a la tensión del acero

## GLOSARIO

<b>Accesorios</b>	Codos, <i>nipples</i> , tees, coplas, entre otros.
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto.
<b>Aforo</b>	Proceso de medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Aguas residuales</b>	Desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua precedente de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal de un punto medido en grados respecto al del norte, su valor tiene rango de 0 a 360°.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por determinado elemento en una unidad de tiempo.
<b>Censo</b>	Toda la información sobre la cantidad de población, en un período de tiempo determinado, el cual brinda y facilita una descripción de los cambios en el

número de habitantes que ocurren durante el paso del tiempo.

<b>Cocode</b>	Consejo comunitario de desarrollo.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, pozos de visita y otros accesorios que se utilizan para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
<b>Coficiente de rugosidad</b>	Factor que se aplica a fórmulas que determinan caudales y su valor depende de la superficie del material. Debe quedar alineado.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción con aspecto de piedra, que se obtiene de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua, que a diferencia del concreto reforzado las piedras son mucho más grandes.
<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción que se obtiene de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, piedra y agua, esto se combina con el refuerzo de acero.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, hasta el colector principal.
<b>Cota de terreno</b>	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.

<b>Cota invert</b>	La altura o cota de la parte interna e inferior de una tubería ya instalada.
<b>Cota piezométrica</b>	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o en la red de distribución que alcanzará una columna de agua, también es el equivalente a la cota de salida menos la pérdida de carga por fricción que ocurre en la distancia de separación.
<b>Consumo</b>	Volumen de agua que es utilizado. Está en función de una serie de factores inertes a la localidad que se abastece, por lo que es diferente en cada población.
<b>Desinfección</b>	Eliminar la infección o la propiedad de usarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
<b>Dotación</b>	Cantidad (volumen por unidad de tiempo) de agua asignada a una consumidora.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>NGO</b>	Norma guatemalteca obligatoria.
<b>Obras de arte</b>	Toda estructura necesaria para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

<b>Pérdida de carga</b>	Gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del agua de un punto a otro en una sección de tubería.
<b>Presión</b>	Representa a la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.
<b>TIR</b>	Tasa de interna de retorno.
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de investigación se desarrolla el diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Tampó y del sistema de abastecimiento de agua potable, aldea Cuyquel, ambos del municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz. Este documento consta de dos capítulos compuestos de la siguiente manera:

En el capítulo uno se desarrolla la fase de investigación, conteniendo la monografía del municipio de Tactic, su ubicación, datos históricos, su localización geográfica, aspectos sociales, aspectos económicos, entre otros.

El capítulo dos contiene la fase del servicio técnico profesional, el cual está conformado en dos secciones, en la primera está el diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Tampó, y en la segunda el del sistema de abastecimiento de agua potable, aldea Cuyquel, municipio de Tactic, dichas secciones cuentan con una memoria descriptiva de la situación actual del proyecto, métodos y normas de diseño.

También se describen los aspectos técnicos, que intervienen en el diseño, los criterios utilizados para el cálculo, la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos, y en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones y los anexos correspondientes.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó y del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Cuyquel, Tactic, Alta Verapaz.

### **Específicos**

1. Procurar el abastecimiento de agua apta para el consumo humano en la aldea Cuyquel, Tactic, Alta Verapaz, con el fin de disminuir en las personas enfermedades.
2. Realizar un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura en el municipio de Tactic, Alta Verapaz.
3. Aplicar los códigos y normas que correspondan al diseño del sistema de alcantarillado sanitario y del sistema de abastecimiento de agua potable.
4. Capacitar a los representantes de las comunidades beneficiadas para el uso y mantenimiento adecuado de la infraestructura a construir.



## INTRODUCCIÓN

La infraestructura y servicios básicos en determinada población son de suma importancia para el crecimiento, calidad de vida y desarrollo económico del mismo.

En los últimos años, en el municipio de Tactic del departamento de Alta Verapaz se han priorizado proyectos de agua potable y saneamiento, por lo que en el Ejercicio Profesional Supervisado los proyectos a diseñar se relacionan con los temas en mención.

Para la aldea Tampó se plantea el diseño del proyecto “Ampliación del sistema de alcantarillado sanitario”, ya que a través de este mejorarán las condiciones de vida de sus habitantes, tanto en aspectos de salud como en los ambientales.

En relación a la aldea Cuyquel se plantea el diseño del proyecto “Sistema de abastecimiento de agua potable”, el cual permitirá que la población de la aldea cuente con agua apta para el consumo humano.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Tactic, Alta Verapaz**

En la monografía del municipio se desarrolla lo siguiente: ubicación, geografía, datos históricos, la situación climática, aspectos sociales, aspectos económicos y aspectos de infraestructura.

### **1.1.1. Ubicación**

El municipio de Tactic se encuentra localizado al este del departamento de Alta Verapaz, con una altura promedio de 1 465 metros sobre el nivel del mar, las coordenadas geográficas de la cabecera municipal son las siguientes:

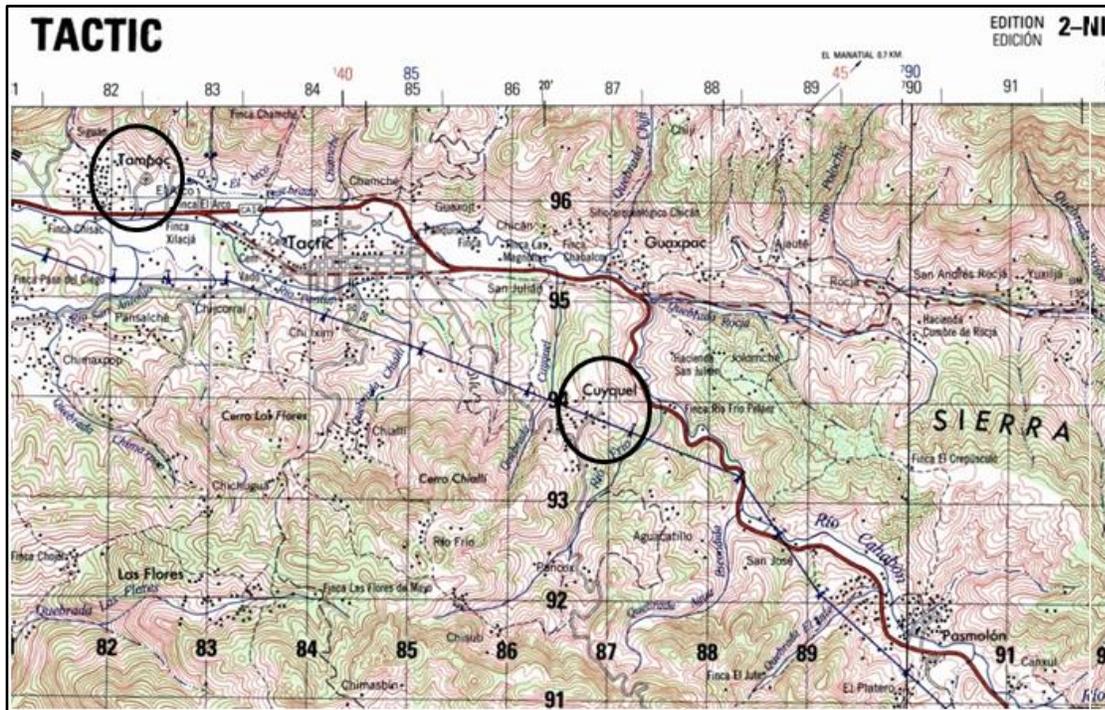
- Latitud norte 15° 19' 00"
- Longitud oeste 90° 21' 10"

Dista 30 kilómetros de la cabecera departamental y a 185 kilómetros de la ciudad capital, ambos por la ruta Nacional 7-E.

Sus colindancias son las siguientes:

- Norte con el municipio de Cobán.
- Sur con San Miguel Chicaj, Salamá y Purulhá, del departamento de Baja Verapaz y Santa Cruz Verapaz.
- Este con Tamahú.
- Oeste con Santa Cruz Verapaz.

Figura 1. Ubicación de proyectos en estudio



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja cartográfica 2 161 IV G, escala 1:50 000.

### 1.1.2. Geografía

El municipio cuenta con una extensión territorial aproximada de 85 km<sup>2</sup>. Nombre geográfico oficial: Tactic. La cabecera está en un valle angosto, entre el río Cahabón que al norte la separa de la montaña Xucaneb, y el río Pantup hacia el sur, lindero de la montaña Saltul. El BM (monumento de elevación) del IGN en el parque frente a la escuela, está a 1 465,92 metros sobre el nivel del mar, con latitud 15° 19' 05" y longitud 90° 21' 04". Tactic 2161 IV; Cobán 2162 III. El municipio, asimismo es atravesado por la ruta Nacional 7-E, que en su rumbo al oeste se conoce como 7-W. Cuenta también con caminos, roderas y

veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios adyacentes.

### **1.1.3. Datos históricos**

Durante la época prehispánica existían en los alrededores de Tactic, solamente centros ceremoniales, localizados en el actual Chicán, Guaxpac, Jauté, Chiji, Cuyquel, Patal, Pansalché y Chiacal. En estos lugares hay vestigios que prueban que estos existieron y que, además existía un centro ceremonial en Chi'lxim, lugar donde según las tradiciones, se reunían en luna llena los caciques, sacerdotes y otros principales de aquellos pueblos.

Después de Chichén, fue Chicán el centro ceremonial más grande de esta parte de Alta Verapaz, fue un asentamiento de mucho poderío político entre los Poqomchi' y fomentaban el comercio.

### **1.1.4. Situación climática**

Es una de las ciudades más importantes de Alta Verapaz y se encuentra ubicada en un extenso valle, junto a altas montañas. La temperatura media varía entre 18,2 y 20,2 °C; la temperatura máxima promedio es de 26,5 °C; la temperatura mínima promedio es de 10,5 °C. Se tiene una precipitación anual entre 710 y 2 842,10 milímetros.

Los datos anteriormente presentados fueron obtenidos de la estación meteorológica más cercana de Cobán, Alta Verapaz, que se encuentra a 26 kilómetros de Tactic, ya que el municipio no cuenta con una estación de esta índole.

### **1.1.5. Aspectos sociales**

El municipio tiene potencial turístico y por su ubicación debe desarrollar un corredor de servicios conexos como hoteles, restaurantes, transporte, entre otros; por encontrarse en la entrada a hacia el norte del departamento de Alta Verapaz y la Franja del Polochic. Actualmente no existen proyectos comunitarios que brinden soporte a la actividad turística.

### **1.1.6. Aspectos económicos**

Las condiciones de generación de empleo son mayoritariamente de autoempleo en el sector de la agricultura (34,64 %) y comercio por mayor y menor (32,24 %) de la economía; el sector de la industria textil presenta su contribución en la economía del municipio, sin embargo, esta no se desarrolla sino se mantiene. La población económicamente activa (PEA) es mayoritariamente masculina, de la población económicamente activa femenina, trabajan en actividades no agrícolas, específicamente en la elaboración de tejidos artesanales (güipiles, chalinas, servilletas, entre otros).

El principal motor económico lo constituyen las actividades agrícolas y pecuarias; siendo la producción de hortalizas la más importante, por la generación de empleo y el comercio. Además, Tactic es uno de los municipios que mayor producen tejidos típicos, razón por la participación de las mujeres en la PEA es mayor con relación a otros municipios del departamento (16 %).

### **1.1.7. Aspectos de infraestructura**

Los servicios básicos son esenciales en la vida cotidiana de las personas, entre ellos están: agua, energía eléctrica, salud, educación, drenajes,

letrización, extracción de basura, tratamiento de desechos sólidos, tratamiento de aguas servidas, rastro, cementerio, infraestructura deportiva y cultural, que tiene obligación el Estado de prestar a la población. Actualmente son brindados por entidades privadas e instituciones estatales.

Los servicios con los que cuenta el municipio son los siguientes:

- Energía eléctrica
- Agua entubada
- Centros educativos (preprimaria, primaria, básico y diversificado)
- Centro de Salud
- Alcantarillado sanitario
- Letrinización
- Rastro
- Cementerio
- Instalaciones deportivas
- Caminos balastados y pavimentados
- Transporte
- Mercado
- Servicios de telefonía e internet

## **1.2. Diagnóstico sobre necesidades del municipio**

Se realizó un diagnóstico sobre las principales necesidades del municipio con el fin de priorizar dos proyectos, y de esta manera desarrollarlos en el Ejercicio Profesional Supervisado, y así beneficiar a la mayoría de la población de este municipio.

### **1.2.1. Sistema de alcantarillado sanitario**

Las principales necesidades del municipio están relacionadas a los proyectos de agua y saneamiento. Debido al incremento poblacional este tipo de necesidades tienen mayor demanda. En la aldea Tampó existen varias familias nuevas que no cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario, por lo que dicha población demanda del mismo, ya que actualmente existe un brote de enfermedades gastrointestinales que afecta especialmente a los niños, de la misma forma, las aguas residuales y desechos sólidos son tirados a flor de tierra, por lo que genera malos olores y otros inconvenientes que afectan la salud de los habitantes.

### **1.2.2. Abastecimiento de agua potable**

Otra de las necesidades principales debido al crecimiento poblacional es el mejoramiento e introducción de sistemas de agua potable, ya que actualmente varios sistemas están llegando al final de su vida útil, por tal razón, es necesario diseñar el sistema de agua potable de la aldea Cuyquel, con el fin de que el vital líquido pueda llegar a todos los habitantes del lugar sin interrupciones, actualmente existe un sistema que no se da abasto, por lo que necesario crear uno nuevo.

Para ambos proyectos no existen antecedentes relacionados a empresas que hayan realizado estudios técnicos, por lo que se iniciará desde el levantamiento topográfico, censos poblacionales y recolección de datos que contribuyan a la realización de los estudios respectivos.

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

### **2.1. Diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó, Tactic, Alta Verapaz**

En esta sección se desarrolla la fase técnica del proyecto, métodos y normas utilizadas en el diseño, cálculos, planos, presupuestos, análisis económicos, entre otros.

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

El proyecto es el diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó, por lo que, previo a ello se realizó una investigación detallada de la población, con el fin de determinar los factores que influyen en el mismo.

Se inició con una investigación de campo sobre el área de influencia, seguidamente se realizó el levantamiento topográfico de la línea, paralelo a ello se practicó un censo poblacional con el fin de obtener el número de personas a beneficiar, como también para tomarlo en cuenta para el período de diseño a utilizar.

La red tiene una longitud de 1 002 metros con 21 pozos de visita, los cuales fueron ubicados en puntos en donde el levantamiento topográfico lo demandó; posteriormente se realizó el cálculo hidráulico de la red, tomando en cuenta las especificaciones de diseño que rige el Instituto de Fomento Municipal (Infom), luego se realizaron los planos del proyecto en donde se anotaron las

especificaciones técnicas de construcción, finalizando con el presupuesto y cronogramas físico-financiero.

La tubería a utilizar será de PVC, con un diámetro mínimo de 6 pulgadas, siguiendo las especificaciones de instalación y diseño hidráulico que proporcione la empresa que fabrica este tipo de tuberías, siendo para este caso la empresa Tubovinil S. A. Para el tratamiento del agua residual se propuso una fosa séptica, ubicada en un punto estratégico previo al desfogue hacia el río.

### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario es de suma importancia realizar un levantamiento topográfico, con el fin de conocer el comportamiento horizontal y vertical del terreno donde se ubicará el proyecto.

El levantamiento topográfico debe tener la mayor precisión posible, debido a que esto es fundamental para que el sistema funcione adecuadamente, ya que dicho levantamiento se relaciona estrictamente con el diseño hidráulico.

#### **2.1.2.1. Altimetría**

Se refiere a los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión del terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno. Para ello es necesario medir distancias verticales y horizontales, ya sea directa o indirectamente. A todo este procedimiento se le llama nivelación. El levantamiento altimétrico se realizó con nivelación taquimétrica, con doble lectura (adelante y atrás). Para ello se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito marca Topcon D200
- Un estadal
- Una plomada
- Una cinta métrica de 50 metros
- Trompos de madera
- Estacas de madera
- Pintura
- Clavos

Para el levantamiento altimétrico se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- En todos los cruces de calles o boca calles.
- A distancias no mayores de 20 metros.
- Puntos donde existieron cambios de dirección.
- Puntos en que haya cambios de pendiente del terreno.
- De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- De las alturas mínimas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga.
- De las alturas máximas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga.
- De las alturas de las depresiones geográficas más sobresalientes.

#### **2.1.2.2. Planimetría**

El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, así como la ubicación de los pozos de visita, y en general, ubicar los puntos de importancia. El método de levantamiento utilizado fue el de

conservación de azimut, con vuelta de campana. Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito marca Topcon D 200
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros
- Dos plomadas
- Trompos de madera
- Estacas de madera
- Pintura
- Clavos

### **2.1.3. Descripción del sistema a utilizar**

Existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero el más importante es el económico.

- Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, baños, cocinas, servicios y conexiones ilícitas; residuos comerciales como restaurantes; aguas negras producidas por industrias, e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia.
- Alcantarillado combinado: evacúa los dos caudales antes mencionados (sanitario y pluvial).

En el sector de la aldea Tampó donde se pretende construir el sistema de alcantarillado sanitario las calles no son pavimentadas, por tal razón se decidió realizar un alcantarillado sanitario, por lo que están excluidos los caudales de agua de lluvia, provenientes de las calles y otras superficies.

#### **2.1.4. Partes de un alcantarillado**

Son las partes de un sistema de ductos y equipos que tienen como finalidad coleccionar y desalojar en forma segura y eficiente las aguas residuales de una población, solas o en combinación con las aguas pluviales, además de disponerlas adecuadamente al ambiente.

##### **2.1.4.1. Colector principal**

Es el conducto principal. Se ubica generalmente en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su dispositivo final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor. Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto. El trayecto, comúnmente obligatorio, es subterráneo.

##### **2.1.4.2. Pozos de visita**

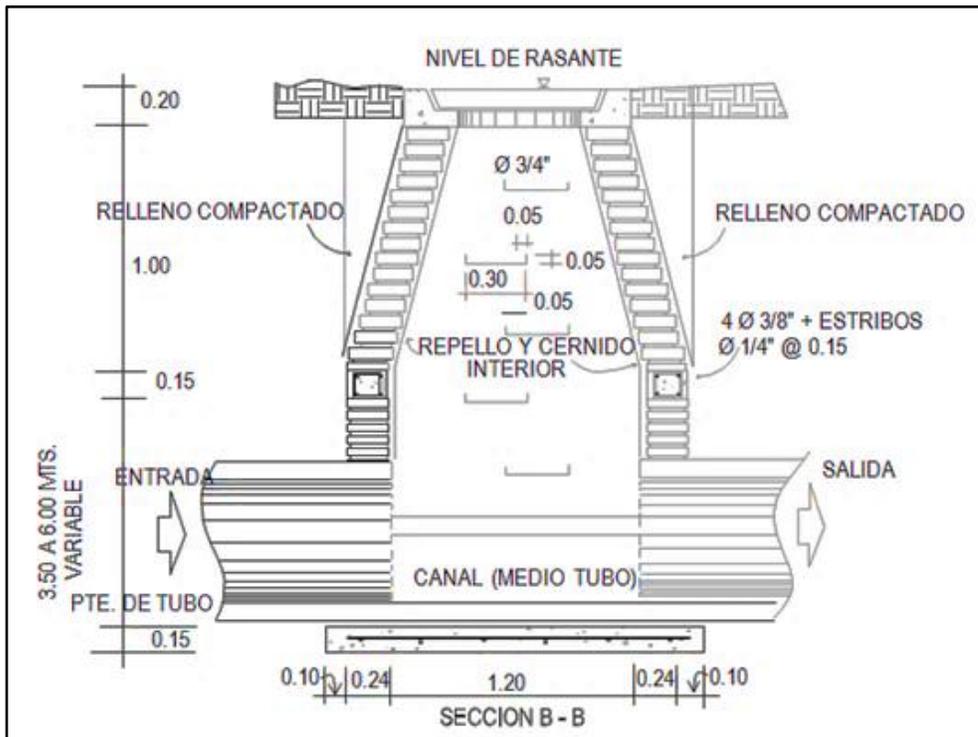
Son dispositivos que sirven para verificar el buen funcionamiento de la red del colector. Permite efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, accediendo a realizar funciones como conectar líneas secundarias como principales.

Su construcción está predeterminada, según normas establecidas por el Infom, encargadas de velar por la adecuada construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, la forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan a un modo general.

Las normas para la construcción de una red de alcantarillado sanitario recomiendan colocar pozos en los siguientes casos:

- Al inicio de todo colector
- En distancias no mayores de 100 a 120 metros
- En los cambios de diámetro
- En todo cambio de dirección o pendiente
- En toda intersección de colectores
- En las curvas de colectores a no más de 30 metros

Figura 2. Partes de un pozo de visita



Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala.* p. 64.

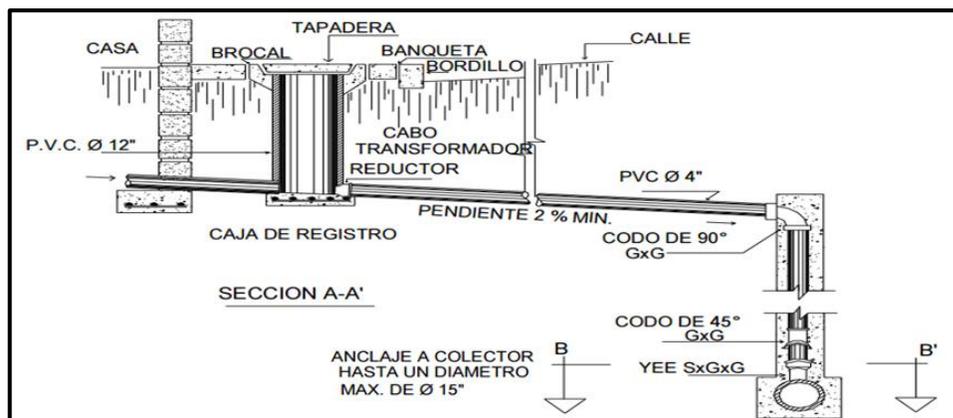
### 2.1.4.3. Conexiones domiciliarias

Son subestructuras que tienen el propósito de descargar todas las aguas provenientes de las edificaciones, y conducir las al colector o alcantarillado central, tal y como lo muestra la figura 3. Consta de las siguientes partes:

#### 2.1.4.3.1. Caja o candela

Es la estructura que recolecta las aguas provenientes del interior de las edificaciones. Pueden construirse de diferentes formas, tales como: un tubo de concreto vertical no menor de 12 pulgadas de diámetro, una caja de mampostería de lado no menor de 45 centímetros, impermeabilizado por dentro. Deben tener una tapadera para inspeccionar y controlar el caudal; el fondo debe estar fundido y con un desnivel para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan ser transportadas al colector, la altura mínima de la candela de 1 metro.

Figura 3. Conexiones domiciliarias



Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala. p. 72.

#### **2.1.4.3.2. Tubería secundaria**

Es la tubería que conecta la candela domiciliar con el colector principal, conduciendo las aguas residuales que la candela recibe del interior de las viviendas. Deberá utilizarse, para tubería PVC, tubo de 4 pulgadas y de 6 pulgadas si fuera de concreto, con pendiente mínima de 2 por ciento, considerando las profundidades de instalación.

#### **2.1.5. Periodo de diseño**

Es el tiempo en el que sistema de alcantarillado sanitario prestará un servicio de forma eficiente en un 100 % a la población, pasado este período es necesario rehabilitar el mismo.

El período de diseño para una infraestructura de este tipo oscila entre 20 a 40 años, a partir de la fecha que se realice el diseño, tomando en cuenta las limitaciones económicas, vida útil de los materiales, tiempo de gestión administrativa del proyecto, así como la facilidad de realizar ampliaciones de las obras planeadas, también, la relación anticipada de crecimiento de la población, entre otros factores, los cuales son regidos por las normas del Infom. Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se tomó un período de 30 años.

#### **2.1.6. Población futura**

El diseño de una red de alcantarillado sanitario se debe adecuar a un funcionamiento eficaz, durante un período de diseño, realizando una proyección de la población futura, para determinar el aporte de caudales al sistema al final del período de diseño. Para este diseño se utilizó el método de incremento geométrico, debido a que es el método que más se adecúa para las

poblaciones pequeñas, así como para las que se encuentran en vías de desarrollo.

Con la información de registros municipales, registros del Instituto Nacional de Estadística (INE), así como el censo realizado durante el levantamiento topográfico, y aplicando el método antes mencionado se realizó el cálculo de la población futura.

#### **2.1.6.1. Método de incremento geométrico**

Como se mencionó anteriormente, apropiado para las poblaciones pequeñas y bajo crecimiento poblacional, cuya gráfica tiene un comportamiento curvo.

Su fórmula se describe a continuación:

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

Donde:

*Pf = población futura*

*Po = población actual*

*r = tasa de crecimiento*

*n = número de años de diseño*

Datos:

*Pf = ?*

*Po = 385 habitantes*

*r = 3,5 %*

$$n = 30 \text{ años}$$

$$Pf = 385(1 + 0,035)^{30}$$

$$Pf = 1\ 100 \text{ habitantes para el 2045}$$

### 2.1.7. Dotación de agua potable

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Se expresa en litros por habitante por día: l/hab/día.

Los factores que se toman en cuenta para determinar la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad y cantidad del agua, administración del sistema, presión, entre otros.

La dotación en la aldea Tampó según clima, densidad de población, calidad y cantidad de agua, es de 100 l/hab/día.

Tabla I. **Dotaciones indicadas en las normas de diseño**

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/hab/día)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria* 1. p. 78.

### **2.1.8. Factor de retorno al sistema**

Factor que indica la cantidad de agua que retorna al sistema de alcantarillado sanitario, debido a que la dotación que ingresa a una vivienda no regresa en un 100 % a la alcantarilla, por razones como: uso en riego, pérdidas por infiltración y evaporación. El porcentaje de retorno está considerado entre el 70 y 90 % de la dotación de agua potable, para este caso se utilizó un factor de retorno al sistema de 80 %.

### **2.1.9. Factor de Harmond**

Es el valor estadístico que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso simultáneo del servicio; está dado de la siguiente manera.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

FH= factor de Harmond

P = población futura acumulada en miles

El factor de Harmond no es constante para todo el sistema de alcantarillado, debido a que varía por cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados, por tal razón también es diferente el valor del flujo actual al valor del flujo futuro.

### 2.1.10. Caudal sanitario

El caudal sanitario se calcula por medio de la integración de caudales de aguas residuales domésticas, industriales, comerciales, caudal por infiltraciones y caudal por conexiones ilícitas, para su cálculo en el presente proyecto solo se tomó en cuenta el caudal domiciliar y el caudal por conexiones ilícitas.

#### 2.1.10.1. Caudal domiciliar

El agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado, convirtiéndose en agua de desecho doméstico, está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de esta no será llevada al alcantarillado, como la que se usa en el riego de los jardines y en el lavado de vehículos; de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectada por un factor que varía entre 0,70 a 0,80, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{DOM.} = \frac{(\text{Dot})(\text{Núm. hab. futuros})(\text{Factor de retorno})}{86\ 400}$$

Donde:

Dot = dotación (lts/hab/día)

Núm. hab. futuros = número de habitantes futuros

$Q_{DOM.}$  = caudal domiciliar (lts/seg)

$$Q_{DOM.} = \frac{(100)(1\ 100)(0,8)}{86\ 400} = 1,02\ l/s$$

### 2.1.10.2. Caudal industrial

Es el agua de desechos de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, otros. Igual que para el caso anterior, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede estimar dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 litros por industria por día.

$$Q_{IND} = \frac{(Núm. industrias)(Dot)}{86\,400}$$

Donde:

$Q_{IND}$  = caudal comercial

$Núm. industrias$  = número de industrias

$Dot$  = dotación

Tabla II. Caudales industriales

0	1	2	3	4	5
1	Cervecería	1 litro de cerveza	241,00	5,65 l	1 000
2	Malterías				1 115
3	Destilerías	1 t de papas	20 m <sup>3</sup>	8,5 m <sup>3</sup>	
4	Destilerías	1 t de melaza	17,5 m <sup>3</sup>	7,5 m <sup>3</sup>	
5	Destilerías de brandy y fabricas de licor				294
6	Sacarificación de madera (BERGINS) (SCHOLER)	1 kg de azúcar producida	2,4 l		
		1 t de madera	700 m <sup>3</sup>	2,4 l	
		1 kg de azúcar producida	1,7 l	1,7 l	
		1 t de madera	500 m <sup>3</sup>		
7	Industria de golosinas				148
8	Refinerías de azúcar	1 t de remolacha	10-20 m <sup>3</sup>	10-20 m <sup>3</sup>	10 000

Continuación de la tabla II.

9	Industria de cereales preparadas				50
10	Productos lácteos	1 l de leche tratada	5-6 l	5-6 l	900
11	Fábricas	por 50 kg de margarina		2-3 m <sup>3</sup>	1100
12					300

Fuente: Motrosalf and Eddy. 1970 tabla 4-8, p. 43.

Para este diseño no se tomó en cuenta el caudal industrial, debido a que la aldea no cuenta con industrias en su entorno.

### 2.1.10.3. Caudal comercial

Es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, otros, por lo general, la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar.

$$Q_{COM} = \frac{(Núm. comercio)(Dot)}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{COM}$  = caudal comercial

$Núm. comercio$  = número de comercios

$Dot$  = dotación

En el entorno de la aldea se carecen de los servicios mencionados anteriormente, por lo tanto, no se contempla caudal comercial alguno.

#### **2.1.10.4. Caudal por conexiones ilícitas**

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario sin ninguna autorización. Este caudal daña al sistema, debe evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, de la permeabilidad del suelo, así como de la intensidad de la lluvia. El caudal de conexiones ilícitas se calcula a través de diferentes métodos, entre los cuales están: el método racional, el Reglamento de la ciudad de Guatemala y el de la Asociación de Ingenierías Sanitarias.

Para este caso se tomó como base para calcular dicho caudal el método del Infom, el cual especifica que se tomará como mínimo el 10 % del caudal domiciliar. No obstante, en áreas donde no existe el drenaje pluvial se podrá utilizar un valor más alto. El valor utilizado para el presente diseño fue de 20 % quedando integrado de la siguiente manera.

$$Q_{conexiones\ ilícitas} = Q_{DOM}(0,20)$$

$$Q_{conexiones\ ilícitas} = (1,02)(0,20) = 0,204\ l/s$$

#### **2.1.10.5. Caudal por infiltración**

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de las profundidades del nivel freático del agua, y de la tubería, de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción.

Para este estudio no se tomó en cuenta, ya que en el diseño se utilizó tubería de PVC, y este material no permite infiltración de agua.

#### **2.1.10.6. Caudal medio**

Como se mencionó anteriormente, caudal medio o caudal sanitario, es la suma de todos los caudales: domiciliario, comercial, industrial, conexiones ilícitas e infiltración, sin tomar en cuenta todo aquel caudal que, dada la situación o propiedades de la red, este no contribuya al sistema, se obtiene su valor de la siguiente ecuación.

$$Q_{SAN} = Q_{DOM} + Q_{IND} + Q_{COM} + Q_{conexiones\ ilícitas} + Q_{INF}$$

$$Q_{SAN} = Q_{DOM} + Q_{conexiones\ ilícitas}$$

$$Q_{SAN} = 1,02 + 0,20 = 1,22 \text{ l/s}$$

#### **2.1.10.7. Factor de caudal medio**

Una vez integrado el caudal medio o caudal sanitario se procede a calcular el factor que regula la aportación de caudal en la tubería, siendo este el factor de caudal medio, el cual varía de 0,002 a 0,005.

$$0,002 \leq F_{qm} \leq 0,005$$

Si da un valor inferior al rango anterior se tomará un 0,002, por el contrario, si da un valor al mayor, al rango anterior se tomará 0,005. El factor de caudal medio para este proyecto se calculó de la siguiente manera.

$$Fqm = \frac{Q_{SAN}}{\text{Núm. habitantes futuro}}$$

$$Fqm = \frac{1,22}{1\ 100} = 0,0011$$

Debido a que el resultado anterior es un valor inferior al rango mencionado, se utilizó como factor de caudal medio 0,002.

#### **2.1.10.8. Caudal de diseño**

El de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir en la actualidad y en el futuro, con el fin de que funcione adecuadamente durante todo el período de diseño.

$$Q_{DIS\ ACTUAL} = (FQM)(FH\ actual)(Núm.\ hab.\ actual)$$

$$Q_{DIS\ FUTURO} = (FQM)(FH\ futuro)(Núm.\ hab.\ futuro)$$

Donde:

Núm. hab. = número de habitantes (actuales o futuros) acumulados

FH = factor de Harmond

FQM = factor de caudal medio

#### **2.1.11. Selección del tipo de tubería**

En general, se usarán en el diseño secciones circulares de tuberías PVC, debido a que las condiciones de terreno donde se ubica la red de drenaje, presenta inconvenientes para el uso de tuberías de concreto.

## 2.1.12. Fundamentos hidráulicos

Con el fin de fundamentar los cálculos, en esta sección se describen los fundamentos hidráulicos utilizados en el diseño, los cuales se desarrollan de manera general y lo más explícito posible.

### 2.1.12.1. Ecuación de Manning para flujo de canales

La ecuación de Manning está basada para flujos constantes y canales abiertos, es la siguiente:

$$V = \frac{0,03429 * D^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

V = velocidad de flujo a sección llena (m/s)

D = diámetro de la sección circular (metros)

S = pendiente del terreno (%/100)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Nota: para el coeficiente de rugosidad (n) se utilizará un valor de 0,010 según Normativa ASTM 3034, diseño de sistemas de alcantarillado sanitario por gravedad.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios es tubería de PVC de 6 pulgadas, el cual podrá aumentar cuando a criterio del ingeniero diseñador sea necesario. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4 pulgadas.

### 2.1.12.2. Relación de diámetros y caudales

La relación  $q/Q$  no deberá ser mayor a 0,75, ni menor a 0,10 del diámetro interno de la tubería, para alcantarillado sanitario, esto es para que funcione como un canal abierto, en el cual circula el flujo por acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Aunque existen sus excepciones, como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre a presión, también puede suceder que el canal esté cerrado, como en el caso de los conductos que sirven de alcantarillados para que circule el agua de desecho y que eventualmente se genere alguna presión debido a la formación de gases.

### 2.1.12.3. Relaciones hidráulicas

La utilización de las tablas se realizó determinando primero la relación ( $q/Q$ ). Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación ( $v/V$ ), y obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. Estas relaciones son necesarias para poder asegurar que el sistema funcionará adecuadamente y sus parámetros son los siguientes:

Relaciones de caudales:

$$\frac{Q_{DIS}}{Q_{SECCIÓN LLENA}}$$

Relación de velocidades:

$$\frac{V_{DIS}}{V_{SECCIÓN LLENA}}$$

Relación de tirantes:

$$\frac{D_{DIS}}{D_{SECCIÓN LLENA}}$$

Tabla III. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556

Continuación de la tabla III.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474
0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663
0,2200	0,1631	0,6510	0,10619	0,5900	0,6140	1,0700	0,65488
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,5262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045
0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740

Continuación de la tabla III.

<b>d/D</b>	<b>a/A</b>	<b>v/V</b>	<b>q/Q</b>		<b>d/D</b>	<b>a/A</b>	<b>v/V</b>	<b>q/Q</b>
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647		0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303		0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000		0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719		0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870		0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060		0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685		0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215		0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

Fuente: Infom-Unepar, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001.

#### **2.1.12.4. Diámetro del colector**

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular, se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las del Infom indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8 pulgadas en el caso de tubería de concreto y de 6 pulgadas para tubería de PVC, esto si el sistema de drenaje es sanitario.

Para las conexiones domiciliars se puede utilizar un diámetro de 6 pulgadas para tubería de concreto y 4 pulgadas para tubería de PVC, formando ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal.

En este caso, el diámetro mínimo de tubería utilizado para el colector principal fue de 6 pulgadas y para las conexiones domiciliars fue de 4 pulgadas, todas de tubería de PVC.

#### **2.1.12.5. Profundidad del colector**

La profundidad de la línea principal o colector se dará en función de la pendiente del terreno, la velocidad del flujo, el caudal transportado y el tirante hidráulico. Asimismo, se debe tomar en cuenta que se debe considerar una altura mínima que permita proteger el sistema de las cargas de tránsito, de las inclemencias del tiempo y de accidentes fortuitos.

A continuación, según estudios realizados sobre cargas efectuadas por distintos tipos de transportes, se determinan profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior extrema de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

- Tubo de concreto
  - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 1 m
  - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 1,20 m
  
- Tubo de PVC
  - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 0,80 m
  - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 0,90 m

#### **2.1.12.6. Profundidad mínima del colector**

Según lo estipulado anteriormente y tomando en consideración que existen condiciones de tránsito liviano y pesado y diferentes diámetros de tubería, con los cuales se diseña un drenaje sanitario, en las siguientes tablas

se presentan los valores de la profundidad mínima, para distintos diámetros de tubos de concretos y PVC.

Tabla IV. **Profundidad mínima del colector para tubería de concreto**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	111	117	122	128	134	140	149	165
TRÁNSITO PESADO	131	137	142	148	154	160	169	185

Fuente: Infom.

Tabla V. **Profundidad mínima del colector para tubería de PVC**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	60	60	60	90	90	90	90	90
TRÁNSITO PESADO	90	90	90	110	110	120	120	120

Fuente: Infom.

#### **2.1.12.7. Ancho de zanja**

Para llegar a las profundidades mínimas del colector, se deben hacer excavaciones de estación a estación (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad requerida por la tubería a colocar. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas aconsejables, en función del diámetro y de las alturas a excavar.

Tabla VI. **Ancho de zanja**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2 m	Para profundidades de 2 a 4 m	Para profundidades de 4 a 6 m
4	0,50	0,60	0,70
6	0,55	0,65	0,75
8	0,60	0,70	0,80
10	0,70	0,80	0,80
12	0,80	0,80	0,80
15	0,90	0,90	0,90
18	1,00	1,00	1,10
24	1,10	1,10	1,35

Fuente: Infom.

### 2.1.12.8. **Volumen de excavación**

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería, está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos, siendo sus dimensionales; metro cúbico.

$$\text{Vol} = \frac{(H1 + H2) * D * Z}{2}$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H1 = profundidad del primer pozo (m)

H2 = profundidad del segundo pozo (m)

D = distancia entre pozos (m)

Z = ancho de la zanja (m)

Ejemplo del cálculo del volumen de excavación de un tramo.

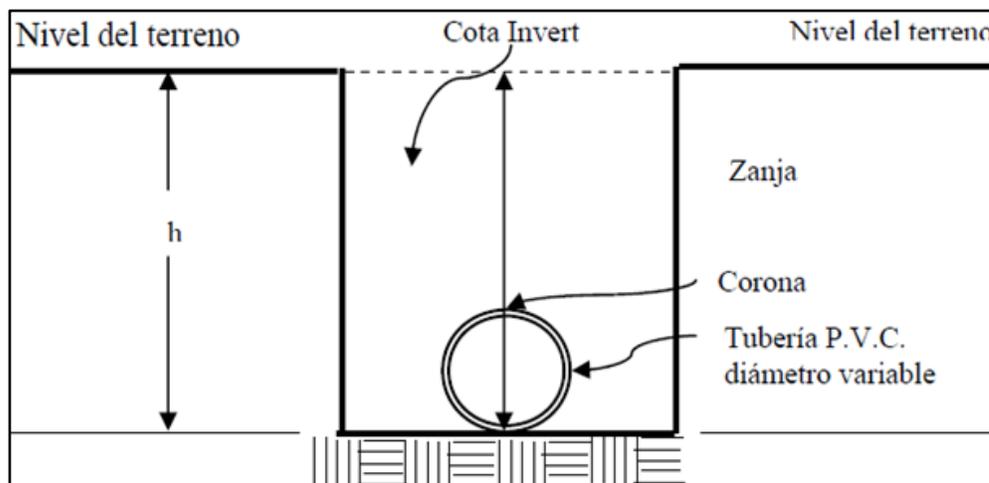
Volumen de excavación de PV1 a PV2

$$Vol. exc. = \left[ \left( \frac{1,09 + 1,12}{2} \right) * 22,30 * 0,60 \right] = 14,78 m^3$$

### 2.1.12.9. Cotas invert

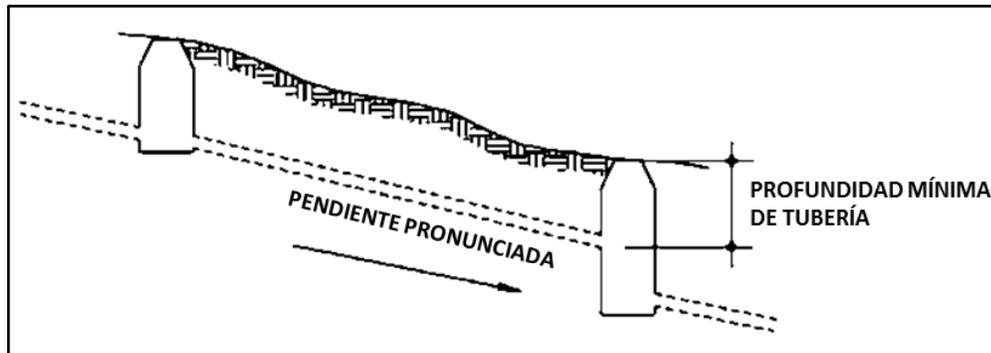
Es la cota de nivel que determina la colocación de la parte interior inferior de la tubería que conecta dos pozos de visita. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado.

Figura 4. Forma de medir la cota invert



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 5. **Caso especial de cota invert**



Fuente: VÁSQUEZ LÓPEZ José Antonio. *Diseño de alcantarillado sanitario para la aldea Cuchilla del Carmen, municipio de Santa Catarina Pínula, Guatemala*, p. 21.

Para el cálculo de todas las cotas invert del presente proyecto, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará como mínimo 3 centímetros debajo de la de entrada.

$$\varphi A = \varphi B$$

$$\text{Cota invert de salida} - \text{cota invert entrada} - 0,03$$

- Cuando a un pozo de visita entre una tubería de diámetro y salga otro de diferente diámetro, la cota invert de salida estará situada como mínimo a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada.

$$\varphi A > \varphi B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert entrada} - ((\varphi A > \varphi B) * 0,0254)$$

- Cuando la tubería de salida ubicada en un pozo al que también están conectados tramos iniciales, la cota invert de salida de la tubería de seguimiento deberá estar por lo menos a una altura por debajo de la cota invert del tramo inicial igual al diámetro de la tubería de salida.
- La cota invert de salida de la tubería inicial deberá estar como mínimo a la profundidad del tránsito liviano o pesado, según se considere oportuno.

A continuación se presenta el ejemplo de cálculo de la cota invert de un tramo. Fue realizada de la siguiente manera:

De PV1 a PV2

$$\begin{aligned} \text{Cota invert salida (PV1)} &= \text{cota de terreno inicial} - \text{altura de pozo} - 0,03 \\ \text{CIS} &= 92,20 - 1,06 - 0,03 = 91,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota invert de entrada (PV2)} &= \text{CIS} - (\text{Dist. horizontal} \cdot \%S \text{ tubo}) \\ \text{CIF} &= 91,11 - (22,30 \cdot 6,32 \%) = 89,70 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota invert de salida (salida PV2)} &= \text{cota invert entrada a PV2} - 0,03 \\ &= 89,70 - 0,03 = 89,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura de pozo inicial (PV1)} &= \text{cota terreno inicial} - \text{cota invert salida} \\ &= 92,20 - 91,11 = 1,09 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura de pozo final (PV2)} &= \text{cota de terreno final} - \text{cota invert salida (PV2)} \\ &= 90,79 - 89,67 = 1,12 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2.1.12.10. Ubicación de los pozos de visita

Luego de determinar la ruta donde correrá y se ejecutará la red de alcantarillado, se ubicaron los pozos de visita, tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

- Donde exista cambio de diámetro
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En cambio de pendiente
- En el inicio de cualquier ramal
- En distancia no mayores de 100 metros
- En curvas no más de 30 metros

#### 2.1.12.11. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de los pozos de visita al inicio del tramo está definida por la cota invert de salida; es decir, está determinada por la siguiente ecuación.

$$HPV = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{cota invert de salida del tramo}$$

En la tabla VII se indica los diámetros mínimos de pozos de visita.

Tabla VII. Diámetros mínimos de pozos de visita

Diámetro de tubería efluente (pulgadas)	Diámetro mínimo del pozo (metros)
8	1,20
10	1,20
12	1,20
14	1,50

Continuación de la tabla VII.

<b>Diámetro de tubería efluente (pulgadas)</b>	<b>Diámetro mínimo del pozo (metros)</b>
16	1,50
18	1,50
20	1,50
24	1,75
30	1,75
36	1,90
40	2,00
42	2,00
60	2,50

Fuente: Infom.

### **2.1.13. Cálculo hidráulico**

En la tabla de cálculo hidráulico que se encuentra en los anexos se presenta toda la información utilizada para generar el diseño final del sistema de alcantarillado sanitario, obtenida dicha información hidráulica, esta se utilizó para la elaboración de los planos correspondientes.

#### **2.1.13.1. Especificaciones técnicas**

Para el diseño del alcantarillado sanitario se emplearán las especificaciones técnicas para tubería PVC utilizando diversas fórmulas.

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo con las Normas ASTM 3034 y las que establece el Infom. En el diseño se asumió velocidades mínimas de 0,4 metros por segundo, ya que las normas del fabricante de PVC establece 0,4 a 4,00 metros por segundo.

Tabla VIII. **Parámetros de diseño del proyecto de alcantarillado sanitario**

Período de diseño	30 años
Viviendas actuales	55 viviendas
Viviendas futuras	156 viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	7 habitantes por vivienda
Población actual	385 habitantes
Tasa decrecimiento	3,50 %
Población futura	1 100 habitantes
Método de cálculo de población futura	geométrico
Dotación	100 l/hab./día
Factor de retorno	0,8
Velocidades máximas y mínimas	0,40 < V ≤ 3,00 m/s.(TPVC)
Tipo y diámetro de tubería mínimo	PVC de 6 pulgadas ASTM 3034
Coefficiente de rugosidad de tubería	n = 0,010
Fórmulas de diseño	Manning
Relaciones hidráulicas	Q = VxA
Factor de Harmond	3,77
Factor de caudal medio	0,002
<b>Conexión domiciliar</b>	
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4 pulgadas
Pendiente dela tubería	2 a 6 %
Candela concreto	12 pulgadas de Ø
<b>Pozo de visita</b>	
Altura de cono	0,90 m
Diámetro superior mínimo	0,75 m
Diámetro inferior mínimo	1,20 m

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.13.2. Ejemplo de diseño de un tramo

Se ejemplificará el tramo entre el pozo de visita PV10 y PV11, en el cual se verifica si cumple con todos las normas de diseño requeridas por el Infom o por las del fabricante, con velocidades máximas y mínimas tirante mínimo y máximo dentro de la tubería.

Datos:

- Cota terreno inicio: 75,6908 metros
- Cota terreno final: 72,4938 metros
- Distancia: 41,6491 metros
- Viviendas del tramo: 2
- Viviendas acumuladas: 21
- Densidad de vivienda: 7 hab/vivienda
- Total habitantes a servir: actual: 147 futuro: 413
- Factor de caudal medio: 0,002
- Período de diseño: 30 años
- Material a utilizar: tubería PVC

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{75,6908 - 72,4938}{41,6491} * 100 = 7,68 \%$$

- Habitantes a servir actual acumulado: 147
- Cálculo de habitantes a servir futuro acumulado:

$$P_f = 147(1 + 0,035)^{30} = 413$$

- Factor de Harmond (FH)
  - Con la población actual:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{147}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{147}{1000}}} = 4,19$$

- Con la población futura:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{413}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{413}{1000}}} = 4,02$$

- Factor de caudal medio = 0,002
- Caudal de diseño

- Caudal de diseño actual:

$$q_{\text{dis}} = 4,19 * 0,002 * 147 = 1,23 \text{ l/s}$$

- Caudal de diseño futuro:

$$q_{\text{dis}} = 4,01 * 0,002 * 413 = 3,31 \text{ l/s}$$

- Resumen de datos a utilizar:

$$q_{\text{dis actual}} = 1,23 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{dis futuro}} = 3,31 \text{ l/s}$$

$$S_{\text{terreno}} = 7,68 \%$$

$$\Phi_{\text{tubería}} = 6'' \text{ (diámetro propuesto, tubería de PVC)}$$

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (6)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{7,68/100}}{0,010} = 3,14 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = 3,14 * 0,01824 * 1\ 000 = 57,28\ l/s$$

- Relaciones hidráulicas

$$q/Q\ actual = 1,23 / 57.28 = 0,0215$$

$$q/Q\ futuro = 3,31 / 57.28 = 0,058$$

$$v/V\ actual = 0,4037$$

$$v/V\ futuro = 0,5438$$

- Velocidad

- Velocidad actual:

$$v = (0,4037 * 3,14) = 1,27\ m/s$$

- Velocidad futura:

$$v = (0,5438 * 3,14) = 1,71\ m/s$$

- Relaciones d/D

- d/D actual = 0,1010

- d/D futura = 0,1630

Tabla IX. **Verificación de especificaciones hidráulicas**

<b>Caudales (l/s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Relación de diámetros (d/D)</b>
$q < Q$	$0,4 \leq v \leq 3,00$	$0,10 \leq d/D \leq 0,75$
<b>Actual</b>		
1,23 < 57,28	$0,4 \leq 1,27 \leq 3,00$	$0,10 \leq 0,10 \leq 0,75$
<b>Futuro</b>		
3,31 < 57,28	$0,4 \leq 1,71 \leq 3,00$	$0,10 \leq 0,16 \leq 0,75$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

De la tabla IX se puede observar que las relaciones hidráulicas se encuentran dentro de los parámetros de diseño.

- Cotas invert

$$\text{CIS} = \text{cota invert de llegada a PV10} - 0,03 \text{ m}$$

$$\text{CIS} = 74,45 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 74,42 \text{ m}$$

$$\text{CIE} = \text{cota invert de entrada a PV11} = \text{CIS} - (\text{DH} * \text{S tubos} \%)$$

$$\text{CIE} = 74,42 \text{ m} - (41,65 \text{ m} * 7,68 \%) = 71,22 \text{ m}$$

- Profundidad de pozos

- PV-10:

$$\text{Hpv10} = (\text{cota de terreno} - \text{CIS})$$

$$\text{Hpv10} = 75,69 - 74,42 = 1,27 \text{ m}$$

- PV-11:

$$H_{pv11} = \text{cota terreno} - (\text{CIE} - 0,03)$$

$$H_{pv11} = 72,49 - (71,22 - 0,03) = 1,30 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$Vol. exc. = \left[ \left( \frac{1,27 + 1,30}{2} \right) * 41,65 * 0,60 \right] = 32,11 m^3$$

#### **2.1.14. Propuesta de tratamiento**

En Guatemala, las aguas negras que proceden de los sistemas de alcantarillado sanitario, en su mayoría se descargan directamente hacia las corrientes naturales. Las aguas negras están constituidas, aproximadamente, por 99 % de agua y 1 % de sólidos, su vertido en una corriente natural, cambia las características del agua que las recibe, por tal razón, el material que se deposita en el lecho, impide el crecimiento de plantas acuáticas, los de naturaleza orgánica se pudren robando oxígeno al agua produciendo malos olores y sabores.

En cuanto a las materias tóxicas, compuestos metálicos, ácidos y álcalis, estas, producen afectación indirecta o directamente a la vida acuática, las pequeñas partículas suspendidas pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas; los aceites y grasas flotan en la superficie de la corriente o se adhieren a las plantas e impiden su desarrollo.

Para un tratamiento adecuado previo a la disposición de las aguas negras, hay que tener en cuenta factores como: espacio, topografía del terreno, costos

de construcción y operación, con el fin de seleccionar las unidades adecuadas para la población.

Para el presente proyecto se propone la construcción de fosas sépticas.

#### **2.1.14.1. Fosás sépticas**

En la fosa séptica, las materias en suspensión en las aguas negras sufren una sedimentación, la materia orgánica se descompone en sustancias más simples por la acción de las bacterias anaeróbicas, que pueden realizar su metabolismo sin necesidad de oxígeno.

La fosa séptica es un tanque hermético, que puede construirse de ladrillo, piedra, concreto o cualquier otro material que se considere adecuado, es un tanque de escurrimiento horizontal y continuo de un solo piso.

Parámetros de diseño:

Período de retención (T)	24 horas
Gasto, (q)	100 l/h/d
Factor de retorno (F.R)	0,80
Número de habitantes servidos (N)	385 habitantes (55 viviendas)
Lodos acumulados	45 l/h/a
Relación largo/ancho	2/1
Capacidad máxima recomendable	60 viviendas
Período de limpieza	3 años

- Cálculo de caudal

$$Q = qN$$

$$Q = (100)(385) = 38\,500,00 \text{ l/día}$$

- Cálculo de volumen

$$V = Q * T$$

$$V = (38\,500,00 \text{ l/día})(24\text{h})(1 \text{ día}/24 \text{ horas}) = 38\,500,00 \text{ litros}$$

$$V = 38,50 \text{ m}^3$$

- Cálculo de volumen para lodos

$$V = N * \text{gasto de lodos}$$

$$V = 385 \text{ hab} * 45,00 = 17\,325,00 \text{ litro}$$

$$V = 17,50 \text{ m}^3$$

$$V = 17,50 \text{ m}^3 * 3 \text{ años}$$

$$V = 52,50 \text{ m}^3$$

- Volumen total

$$V_t = 38,50 \text{ m}^3 + 52,50 \text{ m}^3 = 91,00 \text{ m}^3$$

- Dimensiones

$$V = ALH$$

Como  $L/A = 2$ , entonces  $L = 2A$  al sustituir  $L$  en la ecuación anterior

$$V = 2 * A^2 * H$$

Se propone  $H = 3,50 \text{ m}$

$$A^2 = \frac{V}{2H}$$

$$A^2 = \frac{91,00}{2 * 3,5} = \frac{91,00}{7} = 13,00 \text{ m}^2$$

$$A = 3,60 \text{ m}$$

Como  $L = 2A$ , entonces  $L = 2(3,60) = 7,20 \text{ m}$

Dimensiones finales

$$A = 4,00 \text{ m}$$

$$L = 8,00 \text{ m}$$

$$H = 3,50 \text{ m}$$

Diseño estructural de fosas sépticas para el proyecto

- Losa (tapadera)
  - Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{4,00}{4,00} = 1,00$$

Como  $a/b \geq 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos

- Espesor

$$t = \frac{2 * (4,00 + 4,00)}{180} = 0,09 \text{ m}$$

### Carga muerta

Peso propio de la losa $2400 \text{ kg/m}^3 * 0,09$	=	$216 \text{ kg/m}^2$
Acabados	=	$70 \text{ kg/m}^2$
		<hr/>
		$286 \text{ kg/m}^2$

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

La fosa se encuentra enterrada, el empuje lateral del suelo solo afecta a los muros laterales.

### Carga última

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$$

$$C_u = 1,4(286 \text{ kg/m}^2) + 1,7(200 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_u = 400,40 \text{ kg/m}^2 + 340,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 740,40 \text{ kg/m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M(+)_a = 0,032 * 340 * 4,00^2 + 0,027 * 400,40 * 4,00^2$$

$$M(+)_a = 347,05 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M(+)_b = 0,035 * 340 * 4,00^2 + 0,033 * 400,40 * 4,00^2$$

$$M(+)_b = 401,81 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(-)_a = \frac{M(+)_a}{3} = \frac{347,05 \text{ kg} - \text{m}}{3} = 115,68 \text{ kg} - \text{m}$$

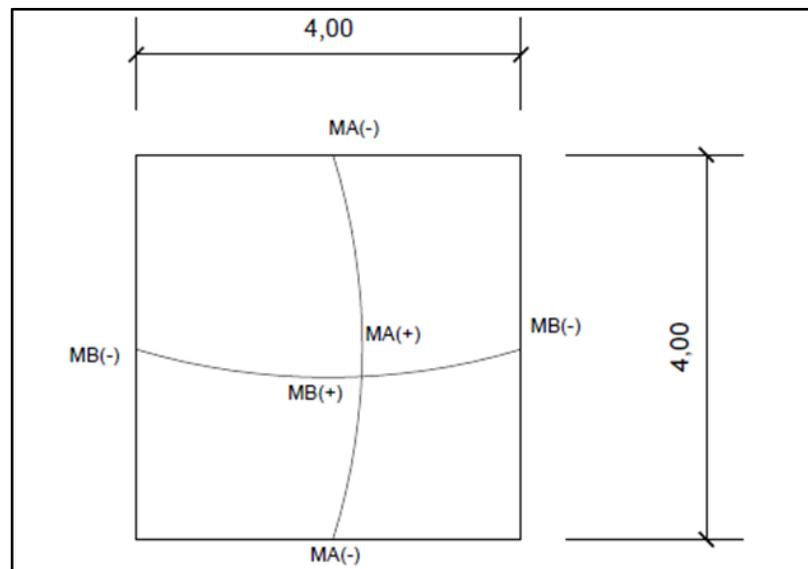
$$M(-)_b = \frac{M(+)_b}{3} = \frac{401,81 \text{ kg} - \text{m}}{3} = 133,94 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(-)_b = C_b(W_{CV} + W_{CM})L_b^2$$

$$M(-)_b = 0,071 * 740,40 * 4,00^2$$

$$M(-)_b = 841,09$$

Figura 6. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 9 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,45 \text{ cm} = 6,55 \text{ cm}$$

Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero  $Fy = 2\,810 \text{ kg/m}^2$

$b = 100 \text{ cm}$

$t = 9 \text{ cm}$

$\phi = \frac{3}{8}'' = 0,95 \text{ cm}$

Asumiendo  $\phi = \frac{3}{8}$

Área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{Fy} \right) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{2\,810} \right) * 100 * 6,55 = 3,29 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,9 \text{ m} = 0,27 \text{ m}$$

Acero requerido para M+

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

$$A_s = \left[ 100 * 6,55 - \sqrt{(100 * 6,55)^2 - \frac{401,81 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

$$A_s = \left[ 655 - \sqrt{429\,025 - \frac{40\,181}{0,80325}} \right] * 0,063523$$

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

Área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ )

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 6,55 =$$

$$A_{s_{\max}} = 12,10 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo  $A_s = 3,29 \text{ cm}^2$

$$3,29 - 100 \text{ (base)}$$

$$0,71 - x$$

$$S = 21,58 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 3 * 0,9 \text{ m} = 27 \text{ cm}$$

$$21 \text{ cm} < S_{\max} \rightarrow \text{sí cumple}$$

Calculando el momento que resiste con  $A_{s_{\min}}$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 * \left[ A_s * F_y \left( d - \frac{A_s * F_y}{1,7F'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 * \left[ 3,29 * 2\,810 \left( 6,55 - \frac{3,29 * 2\,810}{1,7(210) * 100} \right) \right]$$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 523,44 \text{ kg} - \text{m}$$

Acero requerido para M-

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

$$A_s = \left[ 100 * 6,55 - \sqrt{(100 * 6,55)^2 - \frac{841,09 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = \left[ 655 - \sqrt{429025 - \frac{84,109}{0,80325}} \right] * 0,063523$$

$$A_s = 5,43 \text{ cm}^2$$

Calculando espaciamiento

$$5,43 - 100 \text{ (Base)}$$

$$0,71 - x$$

$$S = 13,07 \text{ cm}$$

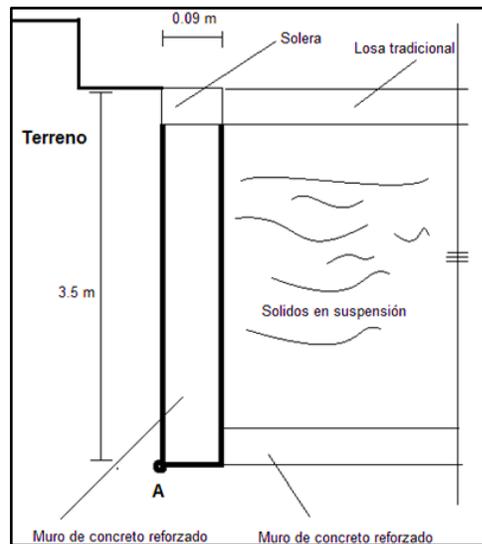
$$13 \text{ cm} < S_{max} \rightarrow \text{sí cumple}$$

El esfuerzo serán varillas corrugadas número 3 (3/8") @ 0,21 metros en ambos sentidos (rieles) con tensiones a L/5 número 3 (3/8") @ 0,21 y bastones a L/4 número 3 (3/8") @ 0,21, una losa de espesor de 0,09 metros.

- Muro de concreto reforzado de 3,50x4,00x0,09

Los muros de la fosa séptica se encuentran 3,50 metros enterrados, por lo que es considerado el empuje del suelo.

Figura 7. **Sección de muro de fosa séptica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Los muros de la fosa séptica se encuentran 3,5 metros enterrado, por lo que es considerado el empuje del suelo.
- Valor soporte del suelo: 18 000 kg/m<sup>2</sup>.
- Peso específico del suelo: 1 650 kg/m<sup>3</sup>.
- El ángulo de fricción interna 28°.
- Con base a resultados a estudios de suelos efectuados en comunidades propias del municipio de Tactic, Alta Verapaz.

Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{3,50}{4,00} = 0,88$$

Como  $\frac{a}{b} \geq 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos

Espesor

$$t = \frac{2 * (3,50 + 4,00)}{180} = 0,09 \text{ m}$$

Carga muerta

Peso propio de losa	$2400 \text{ kg/m}^3 * 0,09$	=	$216 \text{ kg/m}^2$
Acabados		=	$70 \text{ kg/m}^2$
			<hr/>
			$286 \text{ kg/m}^2$

Carga viva

$$Kq = \frac{1 + \text{sen}\theta}{1 - \text{sen}\theta} = \frac{1 + \text{sen}28^\circ}{1 - \text{sen}28^\circ} = 2,77$$

$$\rho_q = \frac{1}{2} \gamma_1 H^2 Kq$$

$$\rho_q = \frac{1}{2} (1,65 \text{ T/m}^3) (3,5)^2 (2,77) = 27\,994,31 \text{ kg/m} \text{ Presión pasiva}$$

$$\rho_q = 27,99 \text{ T por un metro de profundidad (Muros)}$$

$$\rho_q = 27,99 \text{ T}$$

Presión pasiva por metro cuadrado de losa en estudio.

$$\rho_q = \frac{27,99 \text{ T}}{(3,5 * 4,00)} = 1,99 \text{ T/m}^2$$

Carga última

$$Cu = 1,4CM + 1,7CV$$

$$C_u = 1,4(286 \text{ kg/m}^2) + 1,7(1\ 999,59 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_u = 400,4 \text{ kg/m}^2 + 3\ 399,30 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 3\ 799,70 \text{ kg/m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI, se diseña con el caso I. Además, es importante señalar que el momento negativo no existe, pues no hay continuidad.

Coefficientes para momentos (+)

Carga muerta				Carga viva			
	0,045		0,029		0,045		0,029
a	0,050	b	0,026	a	0,050	b	0,026
	0,047		0,028		0,047		0,028

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M(+)_a = 0,047 * 3\ 399,70 * 3,50^2 + 0,047 * 400,4 * 3,50^2$$

$$M(+)_a = 2\ 187,91 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M(+)_b = 0,028 * 3\ 399,30 * 4,00^2 + 0,028 * 400,4 * 4,00^2$$

$$M(+)_b = 1\ 702,26 \text{ kg} - \text{m}$$

Peralte

Proponiendo varilla de 7/8"

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 9 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 1,11 \text{ cm} = 5,89 \text{ cm}$$

Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero  $Fy = 2810 \text{ kg/m}^2$

$b = 100 \text{ cm}$

$t = 9 \text{ cm}$

$\phi = 7/8" = 2,22 \text{ cm}$

Asumiendo  $\phi = 7/8"$

Área de acero mínimo ( $As_{\min}$ )

$$As_{\min} = \left( \frac{14,1}{Fy} \right) * b * d$$

$$As_{\min} = \left( \frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 5,89 = 2,95 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,09\text{m} = 0,27 \text{ m}$$

Acero requerido  $M(+)_a$

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

$$As = \left[ 100 * 5,89 - \sqrt{(100 * 5,89)^2 - \frac{2187,91 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$As = \left[ 589 - \sqrt{346921 - \frac{218791}{0,80325}} \right] * 0,0635231$$

$$A_s = 20,07 \text{ cm}^2$$

Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 9 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,80 \text{ cm} = 6,2 \text{ cm}$$

$$\phi = 5/8" = 1,59 \text{ cm}$$

$$\text{Asumiendo } \phi = 5/8"$$

Acero requerido  $M(+)_b$

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

$$A_s = \left[ 100 * 6,20 - \sqrt{(100 * 6,20)^2 - \frac{1\,702,26 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

$$A_s = \left[ 620 - \sqrt{384\,400 - \frac{170\,226}{0,80325}} \right] * 0,0635231$$

$$A_s = 13,00 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ )

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 6,20$$

$$A_{s_{\max}} = 11,45 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero requerido  $A_s = 20,07 \text{ cm}^2$

Calculando espaciamientos

Proponiendo acero núm. 6, varillas longitudinales (3,50 m)

Área de acero de una varilla núm. 6 =  $2,85 \text{ cm}^2$

$$20,07 - 100 \text{ Base}$$

$$2,85 - x$$

$$S = 14,20 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

$$15 \text{ cm} < S_{\text{max}} \rightarrow \text{sí cumple}$$

Proponiendo acero núm. 5 varillas longitudinales (4,00m)

$$13,00 - 100 \text{ Base}$$

$$1,98 - x$$

$$S = 15,23 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

$$15 \text{ cm} < S_{\text{max}} \rightarrow \text{sí cumple}$$

El refuerzo serán varillas corrugadas núm. 6 (6/8") @ 0,15 metros, en el sentido corto y varillas núm. 5 (5/8") @ 0,15 metros en el sentido largo. Losa de espesor de 0,09 metros.

- Muro 3,50x4,00x0,13

Los muros de la fosa séptica se encuentran 3,5 metros, por lo que es considerado el empuje del suelo.

Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{3,5}{8,00} = 0,50$$

Como  $a/b \geq 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos

Espesor

$$t = 2 * (3,50 + 8,00) / 180 = 0,13 \text{ m}$$

Carga muerta

Peso propio de la losa	$2400 \text{ kg/m}^3 * 0,13$	$= 312 \text{ kg/m}^2$
Acabados		$\underline{= 70 \text{ kg/m}^2}$
		$382 \text{ kg/m}^2$

Carga viva

$$K_q = \frac{1 + \text{sen}\theta}{1 - \text{sen}\theta} = \frac{1 + \text{sen}28^\circ}{1 - \text{sen}28^\circ} = 2,77$$

$$\rho_q = \frac{1}{2} \gamma_1 H^2 K_q$$

$$\rho_q = \frac{1}{2} (1,65 \text{ T/m}^3) (3,5)^2 (2,77) = 27\,994,31 \text{ kg/m presión pasiva}$$

$$\rho_q = 27,99 \text{ T por un metro de profundidad (Muro)}$$

$$\rho_q = 27,99 \text{ T}$$

Presión pasiva por metro cuadrado de losa en estudio.

$$\rho_q = \frac{27,99 \text{ T}}{(3,5 * 8,00)} = 1 \text{ T/m}^2$$

### Carga última

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$$

$$C_u = 1,4(382 \text{ kg/m}^2) + 1,7(1\,000,00 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_u = 534,8 \text{ kg/m}^2 + 1\,700 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 2\,234,80 \text{ kg/m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI, se diseña con el caso I. Además, es importante establecer que el momento negativo no existe pues no hay continuidad.

### Coefficientes para momentos (+)

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M(+)_a = 0,095 * 1\,700,00 * 3,50^2 + 0,095 * 534,8 * 3,50^2$$

$$M(+)_a = 2\,600,75 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M(+)_b = 0,006 * 1\,700,00 * 8,00^2 + 0,006 * 534,8 * 8,00^2$$

$$M(+)_b = 858,16 \text{ kg} - \text{m}$$

### Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 13 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 1,11 \text{ cm} = 9,9 \text{ cm}$$

### Calculando refuerzo

$$\text{Resistencia a la compresión del concreto } F'_c = 210 \text{ kg/m}^2$$

Esfuerzo de ruptura del acero  $F_y = 2\,810 \text{ kg/m}^2$

$b = 100 \text{ cm}$

$t = 13 \text{ cm}$

$\emptyset = 7/8" = 2,22 \text{ cm}$

Asumiendo  $\emptyset = 7/8"$

Área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{F_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{2\,810} \right) * 100 * 9,9 = 4,97 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$s_{\max} = 3 * t = 3 * 0,13 \text{ m} = 0,40 \text{ m}$$

Acero requerido para  $M(+)_a$

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

$$A_s = \left[ 100 * 9,9 - \sqrt{(100 * 9,9)^2 - \frac{2\,600,75 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

$$A_s = \left[ 990 - \sqrt{980\,100 - \frac{260\,075}{0,80325}} \right] * 0,0635231$$

$$A_s = 11,42 \text{ cm}^2$$

Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 13 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,64 \text{ cm} = 10,36 \text{ cm}$$

$$\phi = 1/2" = 1,27 \text{ cm}$$

$$\text{Asumiendo } \phi = 1/2"$$

Acero requerido para  $M(+)_b$

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

$$A_s = \left[ 100 * 10,36 - \sqrt{(100 * 10,36)^2 - \frac{858,16 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = \left[ 1,036 - \sqrt{(1073296) - \frac{85816}{0,80325}} \right] * 0,0635231$$

$$A_s = 3,36 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ )

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 9,9$$

$$A_{s_{\max}} = 18,29 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero requerido  $A_s = 11,42 \text{ cm}^2$ . Proponiendo acero número 7:

$$11,42 - 100 \text{ Base}$$

$$3,88 - x$$

$$S = 33,97 \text{ cm} = 0,33 \text{ m}$$
$$33 \text{ cm} < S_{max} \rightarrow \text{sí cumple}$$

Proponiendo acero número 4

$$3,36 - 100 \text{ Base}$$
$$1,27 - x$$

$$S = 37,79 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$
$$36 \text{ cm} < S_{max} \rightarrow \text{sí cumple}$$

El refuerzo serán varillas corrugadas núm. 7 (7/8") @ 0,33 metros, en el sentido corto y varillas núm. 4 (1/2") @ 0,36 en el sentido largo. Losa de espesor de 0,13 metros.

- Losa (base)

Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{4,00}{8,00} = 0,50$$

Como  $a/b \geq 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos

Espesor

$$t = \frac{2 * (4,00 + 8,00)}{180} = 0,13 \text{ m}$$

Carga muerta

Peso propio de losa $2400 \text{ kg/m}^3 * 0,13$	= $312 \text{ kg/m}^2$
Acabados	= $70 \text{ kg/m}^2$
	= $382 \text{ kg/m}^2$

Carga viva:  $100 \text{ kg/m}^2$

Carga última

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$$

$$C_u = 1,4(382 \text{ kg/m}^2) + 1,7(100 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_u = 534,8 \text{ kg/m}^2 + 170 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 704,80 \text{ kg/m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M(+)_a = 0,095 * 170 * 4,00^2 + 0,095 * 534,8 * 4,00^2$$

$$M(+)_a = 1071,30 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M(+)_b = 0,006 * 170 * 8,00^2 + 0,006 * 534,8 * 8,00^2$$

$$M(+)_b = 270,64 \text{ kg} - \text{m}$$

Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 13 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,64 \text{ cm} = 10,36 \text{ cm}$$

Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero  $Fy = 2\,810 \text{ kg/m}^2$

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

$$t = 13 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 1/2" = 1,59 \text{ cm}$$

Asumiendo  $\emptyset = 1/2"$

Área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{Fy} \right) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{2\,810} \right) * 100 * 10,37 = 5,20 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,13\text{m} = 0,39\text{m}$$

Acero requerido para  $M(+)_a$

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

$$As = \left[ 100 * 10,36 - \sqrt{(100 * 10,36)^2 - \frac{1\,071,30 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

$$As = \left[ 1,036 - \sqrt{1\,073\,296 - \frac{107\,130}{0,80325}} \right] * 0,0635231$$

$$As = 4,22 \text{ cm}^2$$

Acero requerido para  $M(+)_b$

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

$$A_s = \left[ 100 * 10,36 - \sqrt{(100 * 10,36)^2 - \frac{270,64 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = \left[ 1,036 - \sqrt{1\,073\,296 - \frac{27\,064}{0,80325}} \right] * 0,0635231 = 1,04 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ )

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 10,36$$

$$A_{s_{\max}} = 19,13 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo  $A_s = 5,20 \text{ cm}^2$

$$5,20 - 100$$

$$1,27 - x$$

$$S = 24,42 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 3 * 13 \text{ cm} = 39 \text{ cm}$$

$$25 \text{ cm} < S_{\max} \rightarrow \text{Si cumple}$$

Calculando el momento que resiste con  $A_{s_{\min}}$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 * \left[ A_s * F_y \left( d - \frac{A_s * F_y}{1,7F'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{AS_{min}} = 0,90 * \left[ 5,20 * 2\,810 \left( 10,36 - \frac{5,20 * 2\,810}{1,7(210) * 100} \right) \right]$$

$$M_{AS_{min}} = 1\,308,60 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{AS_{min}} > M_{\text{último}} \quad \text{Sí cumple}$$

El refuerzo serán varillas corrugadas núm. 4 (1/2") @ 0,25 metros en ambos sentidos, una losa de espesor de 0,13 metros.

- Viga

Calculando el peralte

$$h = 0,07L$$

$$h = 0,07(4,00) = 0,28\text{m} = 0,30$$

Calculando la base

$$h = 2(\text{base})$$

$$\text{base} = h/2 = 0,30/2 = 0,15 \text{ m}$$

Se utilizará una base de 0,20 m

Calculando el predimensionamiento

$$\text{Viga} = \text{base} * \text{altura} * \text{longitud}$$

$$\text{Viga} = 0,20 * 0,30 * 4,00$$

Cargas sobre la viga

$$\text{Área tributaria} = (l/2) * l$$

$$\text{Área tributaria} = \left(\frac{4,00}{2}\right)(4,00) = 8,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga muerta (CM)} = W_{\text{propio}} + W_{\text{losa}} + \text{Acabados}$$

$$\text{CM} = \left[ \frac{(2\,400)(0,20 * 0,30 * 4,00)}{4,00} \right] + \left[ \frac{(2\,400)(8,00 * 0,09)}{4,00} \right] + \left[ \frac{(70 * 8)}{4} \right] = 716 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga viva (CV)} = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 8 \text{ m}}{4,00\text{m}} = 200 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga ultima (CU)} = 1,4(\text{CM}) + 1,7(\text{CV})$$

$$\text{CU} = 1,4(716) + 1,7(200)$$

$$\text{CU} = 1\,342,40 \text{ kg/m} = 1,34 \text{ Ton/m}$$

Calculando momentos

$$M(+)=\frac{WL^2}{14}=\frac{(1\,342,40)(4,00^2)}{14}=1534,17 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{10}=\frac{(1\,342,40)(4,00^2)}{10}=2\,147,84 \text{ kg} * \text{m}$$

Peralte efectivo

$$d = h - 4$$

$$d = 30 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = 26 \text{ cm}$$

Calculando refuerzo

$$\text{Resistencia a la compresión del concreto } F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo de ruptura del acero  $F_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$

$b = 20 \text{ cm}$

$d = 26 \text{ cm}$

$M_u = 2\,147,84 \text{ kg} \cdot \text{m}$

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

$$A_s = \left[ 20 \cdot 26 - \sqrt{(20 \cdot 26)^2 - \frac{2\,147,84 \cdot 20}{0,003825 \cdot 210}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810}$$

$$A_s = \left[ 520 - \sqrt{270\,400 - \frac{42\,956,80}{0,80325}} \right] \cdot 0,0635231$$

$$A_s = 3,45 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{F_y} \right) \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{2\,810} \right) \cdot 20 \cdot 26 = 2,61 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ )

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 \cdot 0,03694 \cdot 20 \cdot 26$$

$$A_{s_{\max}} = 9,60 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero requerido  $A_s = 3,45 \text{ cm}^2$

Varillas para el  $A_s$  requerido en el momento negativo

$$A_{s_{req}} = 3,45 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varillas } 1/2" = 1,27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Núm. varillas} = \frac{3,45 \text{ cm}^2}{1,27 \text{ cm}^2} = 3,00 \text{ varillas}$$

Se utilizarán 3 varillas

Área de acero requerido para el momento positivo

$$A_s = 2,42 \text{ cm}^2$$

$$\text{As varilla } 1/2" = 1,27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Núm. varillas} = \frac{2,42 \text{ cm}^2}{1,27 \text{ cm}^2} = 2,00 \text{ varillas}$$

Momento de corte

$$V = \frac{WL}{2} = \frac{(1\ 342,24)(4,00)}{2} = 2\ 684,48 \text{ kg}$$

Corte resistente

$$V_{cm} = (0,85)(0,53)\sqrt{210}(20)(26) = 3\ 394,75 \text{ kg}$$

$$C_r > C_a$$

Calculando S

$$S = \frac{d}{2} = \frac{26}{2} = 13 \text{ cm}$$

Se utilizará  $s = 15 \text{ cm}$

El refuerzo serán 3 varillas corridas en la cama superior núm. 4 y 2 varillas corridas en la cama inferior núm. 4 + estribos núm. 3 @ 0,15 metros.

#### **2.1.14.2. Pozos de absorción**

Los pozos de infiltración, así como todos los sistemas de filtración que aprovechan la absorción del suelo, no deben usarse donde se contamine el agua subterránea. Cuando se utilicen pozos de absorción, la excavación debe terminar 1,2 metros arriba del nivel de agua freática.

Para el dimensionamiento del pozo de absorción es importante realizar la prueba de filtración del suelo, en este caso se realizó la prueba de Jhon W. Kiker, la cual consiste:

- Excavar un agujero de  $900 \text{ cm}^2$ .
- Llenar el agujero con agua hasta que filtre, se debe observar la velocidad con la que se filtra el agua. Se debe llenar hasta que este saturado.
- Cuando esté saturado, se debe calcular el tiempo requerido para que baje 2,5 cm. Este es el tiempo estándar  $t$  de filtración.

Dimensionamiento del pozo de absorción:

- Diámetro pozo 1,50 metros
- Caudal diarios = 100 lt/hab/día
- Número de habitantes = 385 habitantes

Tiempo de filtración a 2,5 cm

2 minutos; 24 segundos; 84 centésimas = 144,84 segundos

$$A = \frac{Q}{T_i}$$

Donde:

A = área útil del campo de infiltración

Q = caudal diario

T<sub>i</sub> = tasa de infiltración

$$\begin{aligned} \text{Volumen infiltración} &= 0,025 \text{ m} * 0,30 * 0,30 \\ &= 2,25 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 1\ 000 = 2,25 \text{ l} \end{aligned}$$

Tasa de infiltración

$$T_i = \frac{2,25 \text{ l}}{144,84 \text{ s}} = 0,0155344 \text{ l/s}$$

Tasa de infiltración por 1 m<sup>2</sup>

$$T_i = 0,0155344 / 1 \text{ m}^2 = 0,0155344 \text{ l/s/m}^2$$

$$A = \frac{Q}{T_i}$$

$$A = \frac{(100 \text{ l/hab/día} * 385 \text{ hab}) / 86\ 400 \text{ s}}{0,0155344 \text{ l/s/m}^2}$$

$$A = \frac{0,445602 \text{ l}}{0,0155344 \text{ l/s/m}^2}$$

$$A = 28,68 \text{ m}^2$$

$$H = \frac{A}{S}$$

Donde:

H = profundidad útil del pozo de infiltración

A = altura útil

S = superficie lateral del cilindro

$$H = \frac{28,68 \text{ m}^2}{2\pi * (0,75 \text{ m})}$$

$$H = 6,08 = 6 \text{ m}$$

La altura total del pozo de absorción será de 6 metros y un diámetro de 1,50 m.

#### **2.1.15. Elaboración de planos finales de drenajes sanitario**

Los planos elaborados para el proyecto del sistema de alcantarillado sanitario son los siguientes: planta de densidad de vivienda, plantas-perfiles, detalles de pozos de visita, detalles de fosas sépticas y pozos de absorción.

#### **2.1.16. Presupuesto**

En el presupuesto del proyecto, se presentan los renglones de trabajo, las cantidades estimadas, los precios unitarios, montos por renglón, y el costo total de la obra, tal y como lo muestra la tabla X.

Tabla X. **Presupuesto del proyecto, ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Tampó, Tactic, Alta Verapaz**

<b>RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO</b>						
<b>PROYECTO:</b> AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO						
<b>UBICACIÓN:</b> ALDEA TAMPÓ, TACTIC, ALTA VERAPAZ.						
No.	DESCRIPCION DE RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	MONTO	
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1,1	Replanteo topográfico y Trazo	1 002,00	ml	Q 8,08	Q	8 096,96
1,2	Excavación de zanja	985,00	m <sup>3</sup>	Q 55,84	Q	55 000,04
<b>TOTAL DEL RENGLON</b>						<b>Q 63 097,00</b>
<b>2</b>	<b>COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA</b>					
2,1	Colocación de tubería de PVC $\Phi$ 6"	1 002,00	ml	Q 127,76	Q	128 011,52
2,2	Relleno y compactación de zanja	710,00	m <sup>2</sup>	Q 28,80	Q	20 449,07
<b>TOTAL DEL RENGLON</b>						<b>Q 148 460,59</b>
<b>3</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>					
3,1	Pozos de visita de 1,00 a 1,50m de altura	21,00	UNIDAD	Q 5 544,56	Q	116 435,68
<b>TOTAL DEL RENGLON</b>						<b>Q 116 435,68</b>
<b>4</b>	<b>CONXIONES DOMICILIARES</b>					
4,1	Conexiones domiciliars	54,00	unidad	Q 1 605,92	Q	86 719,92
<b>TOTAL DEL RENGLON</b>						<b>Q 86 719,92</b>
<b>5</b>	<b>TRATAMIENTO</b>					
5,1	Fosa séptica	2,00	unidad	Q 31 846,47	Q	63 692,95
5,2	pozos de absorción	2,00	unidad	Q 8 055,89	Q	8 057,89
<b>TOTAL DEL RENGLON</b>						<b>Q 71 750,84</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA</b>						<b>Q 486 464,02</b>

Fuente: elaboración propiaempleando Microsoft Excel 2013.

### 2.1.16.1. Cronograma de ejecución

La tabla XI muestra el cronograma de ejecución del proyecto. Este es combinado, debido a que se desarrolla la parte de ejecución física como la financiera.

Tabla XI. Cronograma de ejecución del proyecto

**CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCIERO**

PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
 UBICACIÓN: ALDEA TAMPÓ, TACTIC, ALTA VERAPAZ

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	% POR RENGLÓN	COSTO POR RENGLÓN	MESES						
						MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	
Duración de la obra: 24 semanas (6 meses)												
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>											
1.1	Replanteo topográfico y Trazo	1 002,00	ml	1,66%	Q. 8 096,96							
1.2	Excavación de zanja	985,00	m <sup>3</sup>	11,31%	Q. 55 000,04							
2	<b>COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA</b>											
2.1	Colocación de tubería de PVC Ø 6"	1 002,00	ml	26,31%	Q. 128 011,52							
2.2	Relleno y compactación de zanja	710,00	m <sup>2</sup>	4,20%	Q. 20 449,07							
3	<b>POZOS DE VISITA</b>											
3.1	P.V. de 1 m a 1,5 m de altura	21,00	unidad	23,94%	Q. 116 435,68							
4	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>											
4.1	Conexiones domiciliarias	54,00	unidad	17,83%	Q. 86 719,92							
5	<b>TRATAMIENTO</b>											
5.1	Fosa séptica	2,00	unidad	13,09%	Q. 63 692,95							
5.2	Pozos de absorción	2,00	unidad	1,66%	Q. 8 057,89							
				100,00%	Q. 486 464,02							
PORCENTAJE MENSUAL EJECUTADO						9,06%	9,86%	9,86%	21,28%	38,13%	11,80%	
PORCENTAJE MENSUAL ACUMULADO						9,06%	18,92%	28,78%	50,06%	88,20%	100,00%	
DESEMBOLSO MENSUAL						Q. 44 076,41	Q. 47 972,60	Q. 47 972,60	Q. 103 516,82	Q. 185 511,99	Q. 57 413,60	
DESEMBOLSO MENSUAL ACUMULADO						Q. 44 076,41	Q. 92 049,02	Q. 140 021,62	Q. 243 538,44	Q. 429 050,43	Q. 486 464,02	

SEMANA EN LA CUAL SE EJECUTARÁ EL RENGLÓN, IDENTIFICADA CON:

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### **2.1.17. Análisis económico**

Los proyectos de beneficio comunitario, en su mayoría, no tienen fines lucrativos, tal es el caso de los proyectos de agua y saneamiento, por lo cual, para su ejecución, conlleva a conseguir financiamiento a través de subsidios, transferencias, impuestos, donaciones, etcétera. Sin embargo, es indispensable realizar un análisis financiero y determinar la viabilidad del proyecto, para ello se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno.

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

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (actualizar mediante una tasa), todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivos futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

Para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima activa, que en el mercado actual es del 12 %.

Inversión inicial (costo del de ejecución del proyecto)	= Q	486 464,02
Mantenimiento del sistema (limpieza tubería mes)	= Q.	1 000,00
Costo por conexión domiciliar (ingreso)	= Q.	1 500,00
Costo por servicio mensual	= Q	10,00
Período de diseño		30 años.

$$VPN = -486\,464,02 - 12\,000 \left( \frac{(1,12)^{30} - 1}{0,12(1,12)^{30}} \right) + 82\,500 + 6\,600 \left( \frac{(1,12)^{30} - 1}{0,12(1,12)^{30}} \right)$$

$$VPN = -447\,461,98$$

El resultado negativo indica que el dinero invertido no será recuperado, pero como se mencionó anteriormente, este proyecto no tiene fines lucrativos, más bien, tiene como objetivo beneficiar a la comunidad, cubriendo necesidades primarias que mejoraran la calidad de vida de los habitantes.

#### **2.1.17.2. Tasa interna de retorno**

TIR es igual a la suma de los ingresos actualizados, con la suma de los egresos actualizados igualando al egreso inicial, también se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero. Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplen las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión.

Debido a que el presente proyecto es de beneficio social, es imposible obtener una tasa de retorno TIR atractiva, por ende, el análisis económico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, que se determina de la siguiente manera:

Inversión inicial = Q 486 464,02

Beneficio = núm. de habitantes beneficiados (futuro)

Costo beneficio = Q 486 464,02 / 1 100 habitantes

Costo beneficio = Q 442,25 / habitantes

### **2.1.18. Evaluación de impacto ambiental**

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es una metodología que determina impactos negativos o positivos, de un proyecto, con el fin de presentar alternativas viables que solucionen dichos impactos.

A continuación se describen algunas de las características, así como de las medidas de mitigación a realizar en el lugar donde se ejecutará el proyecto de alcantarillado sanitario.

En lo referente a la excavación para el zanjeo, se realizará de una manera controlada para evitar que el polvo se levante y contamine el aire del medio y así evitar problemas de respiración a los habitantes del entorno.

Para el acarreo sobrante del material se tiene previsto un botadero de ripio en las cercanías de la aldea involucrada evitando la afectación a la población.

Si existe la necesidad de realizar destronque de árboles debido al paso de la tubería de alcantarillado sanitario, se tiene contemplado la siembra de nuevas unidades en un área que sea adecuada para su crecimiento.

Los impactos asociados a la calidad del aire, suelo, vivienda, servicios públicos y estética del paisaje serán adversos, no significativos, reversibles y temporales. La extensión de los efectos de estos impactos quedará contenida dentro de los límites de la mancha urbana, en sitios cercanos a donde se desarrolle la obra.

## **2.2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Cuyquel, Tactic, A.V.**

En esta sección se desarrolla la fase técnica del proyecto, métodos y normas utilizadas en el diseño, cálculos, planos, presupuestos, análisis económicos, etc.

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

El proyecto consiste en diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual debido a su ubicación, naturaleza de la fuente de abastecimiento y topografía del lugar, será un sistema por gravedad, tanto la línea de conducción como la red de distribución, siendo esta última por ramales abiertos. Se diseñará una captación típica para fuentes de tipo acuífero libre con brote definido en ladera, tanque de distribución y 56 conexiones domiciliarias.

### **2.2.2. Aforos, dotación y tipo de servicio**

En la aldea Cuyquel se ubica una fuente de agua con brote definido en una ladera, de la cual se captará en su totalidad, para conducirla por gravedad a las viviendas de la aldea en mención.

El aforo se realizó por el método volumétrico, obteniendo un caudal total de 1 l/s, realizándose el 4 de agosto de 2014, según los pobladores de la aldea, el caudal de la fuente se mantiene constante en cualquier época del año.

La dotación es la cantidad de agua asignada a una persona durante un día. De acuerdo con las normas y debido a que la aldea con clima templado, y

haciendo un análisis de consumo por el tipo de actividad que desarrollan, se decidió adoptar una dotación de 100 l/hab/día y un tipo de servicio predial.

### **2.2.3. Tasa de crecimiento poblacional**

En el municipio de Tactic A. V. se tiene una tasa de crecimiento poblacional de 3,00 %, según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el 2002, el cual se aplicó para estimar la población futura.

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

El periodo de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable es el comprendido entre la puesta en marcha del servicio y en el momento en el que sobrepase las condiciones establecidas en el diseño, con base a las normas establecidas, para el presente proyecto se utilizó un período de diseño de 30 años.

Para el cálculo de la población futura se utilizó el método de crecimiento geométrico según la fórmula siguiente.

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población actual según el censo realizado en el EPS durante el levantamiento topográfico = 336

$r$  = tasa de crecimiento poblacional = 3 %

$n = \text{período de diseño} = 30 \text{ años}$

$$P_f = 336(1 + 0,03)^{30} = 816 \text{ habitantes}$$

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

Estos factores se relacionan con el cálculo de los caudales de diseño, el factor de día máximo se utiliza para calcular el caudal de día máximo, y el factor de hora máximo se utiliza para calcular el caudal de hora máximo.

#### **2.2.5.1. Factor de día máximo**

Factor de día máximo que oscila entre 1,2 y 1,8, para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes se recomendó utilizar 1,5 y 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, según normas Unepar, en este caso se utilizará 1,50.

#### **2.2.5.2. Factor de hora máximo**

Factor de hora máximo que oscila entre 2,00 y 3,00, para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes se recomienda utilizar 3,00 y 2,00 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, según Normas Unepar.

#### **2.2.5.3. Caudal medio diario**

Es el caudal que consume a diario una población; generalmente se obtiene del promedio de consumos de un año. Para la aldea Cuyquel no existen datos de consumo, por lo que el caudal medio se obtiene a partir de la dotación de 100 litros/habitantes/día.

El caudal medio diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{D \times P}{86\,400}$$

Donde:

$Q_{med}$  = caudal medio diario [l/s]

D = dotación [l/hab/día]

P = número de habitantes futuros

86 400 = cantidad de segundos en un día

$$Q_{med} = \frac{100 * 816}{86\,400} = 0,94 \text{ l/s}$$

#### **2.2.5.4. Caudal máximo diario**

Es el caudal que satisface la demanda del día de mayor consumo, se utiliza en el diseño de la línea de conducción del sistema, para el efecto se calcula incrementando el caudal medio por el factor de día máximo.

Este caudal se determina de la siguiente manera:

$$Q_{max \text{ diario}} = F_{dm} \times Q_{med}$$

Donde:

$Q_{max \text{ diario}}$  = caudal máximo diario [l/s]

$F_{dm} = 1,50$

$Q_{med}$  = caudal medio diario [l/s]

$$Q_{max\ diario} = 1,50 \times 0,94 = 1,41\ l/s$$

### 2.2.5.5. Caudal máximo horario

Es el caudal que satisface la demanda de la hora de mayor consumo. Se utiliza en el diseño de la red de distribución del sistema, para el efecto se calcula incrementando el caudal medio por el factor de hora máximo.

$$Q_{max\ horario} = f_{hm} \times Q_{med}$$

Donde:

$$Q_{max\ horario} = \text{caudal máximo horario [l/s]}$$

$$F_{hm} = 3$$

$$Q_{med} = \text{caudal medio diario [l/s]}$$

$$Q_{ma.\ horario} = 3,00 \times 0,94 = 2,82\ l/s$$

### 2.2.6. Calidad del agua y sus normas

El agua potable debe llenar ciertas condiciones tales como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.

- Inodora, insípida y fresca.
- Aireada, sin sustancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica.
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Para el análisis del agua es indispensable realizar los siguientes exámenes:

#### **2.2.6.1. Análisis bacteriológico**

Este se hace con el fin de establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos que pueden transmitir enfermedades. Se apoya en métodos estadísticos, que determinan el número más probable de bacterias presentes.

Según los resultados de los exámenes de calidad de agua que se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, desde el punto de vista bacteriológico, el agua se enmarca en la clasificación 1, 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.

#### **2.2.6.2. Análisis físicoquímico**

Tiene el propósito de determinar las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua, que afectan su calidad, tales como: amoníaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y también su alcalinidad (clasificación). El resultado del laboratorio, desde el punto de vista de la calidad física y química

el agua cumple con las normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

PH cumple. Según Norma Coguanor NGO 4010. Esto indica que el agua es adecuada para el consumo humano. (Resultados en anexos).

### 2.2.7. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

Para determinar las pérdidas de carga en la tubería, se recurre a la fórmula de Hazen & Williams, la cual está expresada por:

$$H_f = \frac{1\,743,811(L)(Q)^{1,85}}{C^{1,85} \cdot \emptyset^{4,87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga [m]

$L$  = longitud de tubería [m]

$Q$  = caudal de conducción [l/s]

$C$  = coeficiente de fricción de tubería

[PVC  $C = 150$ ; HG  $C = 100$ ]

$\emptyset$  = diámetro de la tubería [in]

Conociendo la altura máxima disponible, se toma como  $H_f$ , la cual permitirá encontrar el diámetro teórico necesario para la conducción del agua. Despejando el diámetro de la fórmula anterior se tiene:

$$\phi_{teórico} = \left( \frac{1\,743,811(L)(Q)^{1,85}}{C^{1,85} \cdot Hf} \right)^{1/4,87}$$

Del resultado obtenido se usan dos diámetros comerciales, uno mayor y otro menor del diámetro teórico, siendo necesario el cálculo de la pérdida de carga para cada diámetro, para poder combinar ambos y hacer que las pérdidas sean iguales a la altura disponible. Para esta línea de conducción en función a los resultados obtenidos se realizaran dos tramos, siendo el primer tramo de la cota de captación a una caja rompe presión con diámetro único de 1,5", y para el otro tramo siendo de la caja rompe presión al tanque de distribución con diámetro único de 1,5".

### **2.2.8. Presiones y velocidades**

El diseño hidráulico se hará en función a la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería. Para comprender el mecanismo que se emplea se incluyen los principales conceptos utilizados:

- Presión estática en tuberías: se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente.

La máxima presión estática recomendable que soportan las tuberías debe ser entre un 90 y 95 %, teóricamente puede soportar más pero por cuestiones de seguridad si hay presiones mayores que la presente, es necesario colocar una caja rompe presión o tubería de PVC de 250 PSI o HG.

- Presión dinámica en la tubería: cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor disminuyendo por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería, lo que era altura de carga estática ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión que se le llama pérdida de carga. La energía consumida o pérdida de carga varía con respecto a la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota del terreno en ese punto.

- Velocidades: en todo diseño hidráulico es necesario revisar la velocidad del líquido, para verificar si esta se encuentra entre los límites recomendados.

Para diseño de sistemas de agua potable, según las normas de Unepar se consideran los siguientes límites.

- Para conducciones: mínima = 0,40 m/s y máxima = 3 m/s
- Para distribución: mínima = 0,60 m/s y máxima = 3 m/s

Sin embargo, los fabricantes recomiendan: mínima de 0,40 m/s y máxima de 4 m/s.

### **2.2.9. Levantamiento topográfico**

Los trabajos de topografía consistieron en el levantamiento de la línea de conducción, zona del tanque de captación, ubicación de las áreas posibles de las obras de arte y la red de distribución.

Se utilizó como equipo un teodolito marca Topcon D200, un estadal, dos plomadas, cinta métrica, trompos y estacas de madera, pintura y clavos.

#### **2.2.9.1. Planimetría**

Tiene como objetivo determinar la longitud del proyecto, localizar los accidentes geográficos y todas aquellas características, tanto naturales como no naturales, que puedan influir en el diseño del sistema, por ejemplo: calles, edificios, áreas de desarrollo futuro, carreteras, zanjones, ríos, cerros, entre otros.

Para la medición de planimetría del proyecto se utilizó el método de conservación de azimut.

#### **2.2.9.2. Altimetría**

Se encarga de la medición de la diferencia de nivel o elevación entre los diferentes puntos del terreno, los cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. Para la medición de altimetría se utilizó el método taquimétrico.

#### **2.2.10. Diseño hidráulico del sistema**

En el diseño hidráulico del sistema se desarrolla el diseño de la captación, la línea de conducción, el tanque de distribución, y la red de distribución. Es por ello que en la tabla XII se muestran las bases generales de diseño, las cuales regirá cada etapa del diseño hidráulico del sistema.

Tabla XII. **Bases de generales de diseño**

Tipo de sistema Gravedad	30 años
No. de conexiones	56
Población actual	336
Población futura	816
Viviendas actuales	56
Viviendas futuras	135
Período de diseño	30 años
Tasa de crecimiento	3,00 %
Dotación	100 l/h/d
Caudal medio	0,94 l/s
Caudal de conducción	1,41 l/s
Caudal de distribución	2,82 l/s
Factor de día máximo	1,5
Factor de hora máximo	3
Clase de tubería	PVC
Presión de trabajo	160 PSI
Coefficiente hidráulico (c)	150
Factor de almacenamiento	36 %
Volumen del tanque	30 m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### **2.2.10.1. Captación**

Se define como las obras de artes o estructuras de obra civil adecuadas para la captación total o parcial de una fuente de abastecimiento, el cual puede ser: superficial, brote definido y galerías de infiltración; todas estas estructuras diseñadas bajo ciertas normas y reglamentos. La fuente de abastecimiento constituye el elemento primordial en el diseño de un acueducto y previo a cualquier paso debe definirse su tipo, cantidad, calidad y ubicación.

En este proyecto la fuente es un brote definido, consiste en hacer una excavación hasta el suelo firme rodeando el nacimiento del cual se deriva un muro frontal y dos alatones dentro de los cuales se realiza una galería de infiltración, la cual consiste en la colocación de rocas, de mayor a menor, en orden ascendente, con una capa de pedrín y el sello sanitario, tomando en cuenta que las salidas de tubería tiene que quedar libre normalmente en un espacio de 1 por 1 metro; además, consta de un dispositivo de rebalse y uno de seguridad en la tapadera.

#### **2.2.10.2. Línea de conducción**

La línea de conducción es un conjunto de tuberías libres o forzadas que parten del tanque de captación al tanque de distribución. Para el diseño de una línea de conducción por gravedad, se deben tener los siguientes aspectos fundamentales.

- Capacidad suficiente para transportar el caudal de día máximo.
- La selección del diámetro y clase de la tubería que se empleará deberá ajustarse a la capacidad económica del proyecto.

A continuación se muestra el cálculo de la línea de conducción, tomando en cuenta que en el diseño se utilizó una caja rompe presión debido a que la máxima presión estática es mayor a la presión de trabajo de la tubería, por lo que el diseño se realizó a través de 2 tramos, el primero que inicia de la cota de captación y finaliza en la cota de la caja rompe presión, y otro que inicia en la cota de la caja rompe presión y finaliza en la cota del tanque de distribución.

Tramo 1: tramo del tanque de captación (E-1) a caja rompe presión (E-7)

Datos:

$$E-1 = 1\,000,00$$

$$E-7 = 925,84$$

$$\text{Longitud} = 733,94 \text{ m.}$$

$$\text{Caudal} = 1,41 \text{ l/s (caudal de día máximo)}$$

$$C = 150$$

Primero se calcula la altura disponible  $H_{\text{disponible}}$ , entre estación inicial y estación final.

$$H_{\text{disponible}} = 1\,000,00 - 925,84 = 74,16 \text{ m}$$

Para esta carga disponible se determina el diámetro teórico, realizando el despeje de la ecuación de Hazen & Williams, para el cálculo del diámetro de tubería, se obtiene la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\phi_{\text{teórico}} &= \left( \frac{1\,743,811(L)(Q)^{1,85}}{C^{1,85} \cdot Hf} \right)^{1/4,87} \\ \phi_{\text{teórico}} &= \left( \frac{1\,743,811(733,94)(1,41)^{1,85}}{(150)^{1,85} \cdot (74,16)} \right)^{1/4,87} \\ \phi_{\text{teórico}} &= 1,26 \text{ in}\end{aligned}$$

Se recomienda utilizar tubería de 1 ½"

Del resultado obtenido, se procede a calcular la pérdida de carga para el diámetro elegido, tomando en cuenta que para el cálculo se debe utilizar el diámetro interno de la tubería.

$$Hf_{1,5''} = \frac{1\,743,811(733,94)(1,41)^{1,85}}{(150)^{1,85}(1,754)^{4,87}} = 14,76 \text{ m}$$

- Cota piezométrica en E-7:

Es la diferencia entre la cota inicial de terreno (E-1) y la pérdida de carga de la tubería.

$C_p = \text{cota salida (E-1)} - \text{pérdida de carga}$

$$C_p = 1\,000 - 14,76 = 985,24 \text{ m}$$

Presión dinámica:

$PD = \text{cota piezometrica en E-7} - \text{cota de terreno en E-7}$

$$PD = 985,24 - 925,84 = 59,40 \text{ m.}$$

Velocidad:

$$V = Q/A$$

$$V = (1,41/1000) / [(3,14156/4) (1,754 * (2,54/100))^2]$$

$V = 0,90 \text{ m/s}$ ; la velocidad se encuentra dentro del parámetro establecido  $0,40 \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$ .

Cantidad de tubos:

$$(733,94 \text{ m} / 6 \text{ m}) * 1,10 = 135 \text{ tubos}$$

El tramo de E-7(caja rompe presión) a E-13 (tanque de distribución) se diseñó como el ejemplo anterior. (Ver tabla de cálculo hidráulico en apéndice 2).

### **2.2.10.3. Tanque de distribución**

En todo sistema, incluyendo aquellos con abastecimiento por gravedad las 24 horas del día, debe diseñarse un tanque como mínimo, con las siguientes funciones.

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.
- Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias.
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad, cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado, de lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará del 25 al 40 % del consumo medio diario, y en sistemas por bombeo de 35 al 50 %.

Cuando el suministro de agua puede considerarse seguro y continuo, en la cantidad prevista en el proyecto, se puede prescindir del volumen de reservas para contingencias, con el fin de mantener bajo el costo inicial del sistema.

### 2.2.10.3.1. Cálculo del volumen

En los sistemas por gravedad se debe de considerar un volumen de distribución o almacenamiento de 25 al 40 % del caudal medio diario o el 25 % del caudal máximo diario, según normas de diseño.

$$Vol = \frac{Qmd * \% \text{almecnamiento} * 1m^3 * 86\ 400}{1\ 000}$$

$$Vol = \frac{0,94 * 0,36 * 86\ 400}{1\ 000} = 29,23\ m^3$$

Capacidad real del tanque =  $30\ m^3$

Se diseñará un tanque cuidando la relación largo–ancho de 1,5:1 a 2:1, el cual será construido con concreto ciclópeo de diseño semisuperficial.

### 2.2.10.3.2. Diseño estructural del tanque

Los tanques de distribución o almacenamiento, normalmente se construyen de muros de gravedad de concreto ciclópeo (concreto pobre en cemento), concreto reforzado, mampostería reforzada, y cubierta de losa de concreto reforzado; en los tanques elevados, predomina el uso del acero.

Debido a las características del terreno para este caso se diseñará con muros de gravedad de concreto ciclópeo y cubierta de concreto reforzado, tomando en cuenta que la condición crítica es cuando este se encuentre completamente lleno. La estructura de cubierta se diseñará, con una losa de concreto reforzada con las dimensiones que se muestran a continuación.

- Longitud = 4,50 m
- Ancho = 3,00 m
- Alto = 2,25 m

Losa (tapadera)

Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{3,00}{4,50} = 0,67$$

Como  $a/b \geq 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos

Espesor

$$t = \frac{2 * (3,00 + 4,50)}{180} = 0,09 \text{ m}$$

Carga muerta

$$\text{Peso propio de losa } 2400 \text{ kg/m}^3 * 0,09 = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 70 \text{ kg/m}^2$$

---


$$286 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva = 200 kg/m<sup>2</sup>

Carga última

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$$

$$C_u = 1,4(286 \text{ kg/m}^2) + 1,7(200 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_u = 400,40 \text{ kg/m}^2 + 340,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 740,40 \text{ kg/m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M(+)_a = 0,072 * 340 * 3,00^2 + 0,072 * 400,40 * 3,00^2$$

$$M(+)_a = 479,78 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M(+)_b = 0,014 * 340 * 4,50^2 + 0,014 * 400,40 * 4,50^2$$

$$M(+)_b = 209,90 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(-)_a = \frac{M(+)_a}{3} = \frac{479,78 \text{ kg} - \text{m}}{3} = 159,93 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(-)_b = \frac{M(+)_b}{3} = \frac{209,90 \text{ kg} - \text{m}}{3} = 69,97 \text{ kg} - \text{m}$$

Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2$$

$$d = 9 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,45 \text{ cm} = 6,55 \text{ cm}$$

Calculando refuerzo

$$\text{Resistencia a la compresión del concreto } F'_c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Esfuerzo de ruptura del acero } F_y = 2810 \text{ kg/m}^2$$

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

$$t = 9 \text{ cm}$$

$$\phi = 3/8" = 0,95 \text{ cm}$$

Asumiendo  $\phi = 3/8"$

Área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{F_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \left( \frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 6,55 = 3,29 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,9 \text{ m} = 0,27 \text{ m}$$

Acero requerido para M(+)

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

$$A_s = \left[ 100 * 6,55 - \sqrt{(100 * 6,55)^2 - \frac{479,78 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = \left[ 655 - \sqrt{429025 - \frac{47978}{0,80325}} \right] * 0,063523$$

$$A_s = 3,00 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ )

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 6,55$$

$$A_{s_{\max}} = 12,10 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo  $A_s = 3.29 \text{ cm}^2$

$$3,29 - 100 \text{ (Base)}$$

$$0,71 - x$$

$$S = 21,58 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 3 * 0,9 \text{ m} = 27 \text{ cm}$$

$$21 \text{ cm} < S_{\max} \rightarrow \text{sí cumple}$$

Calculando el momento que resiste con  $A_{s_{\min}}$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 * \left[ A_s * F_y \left( d - \frac{A_s * F_y}{1,7F'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 * \left[ 3,29 * 2\,810 \left( 6,55 - \frac{3,29 * 2\,810}{1,7(210) * 100} \right) \right]$$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 523,44 \text{ kg} - \text{m}$$

El esfuerzo serán varillas corrugadas núm. 3 (3/8") @ 0,21 metros en ambos sentidos; tensiones núm. 3 a L/5 @ 0,21 y bastones núm. 3 a L/4 @ 0,21, en ambos sentidos, con una losa de espesor de 0,09 metros.

- Muro de gravedad

Datos a utilizar para el cálculo estructural:

$$\text{Peso del concreto ciclópeo} = 2\,700 \text{ kg/m}^3$$

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

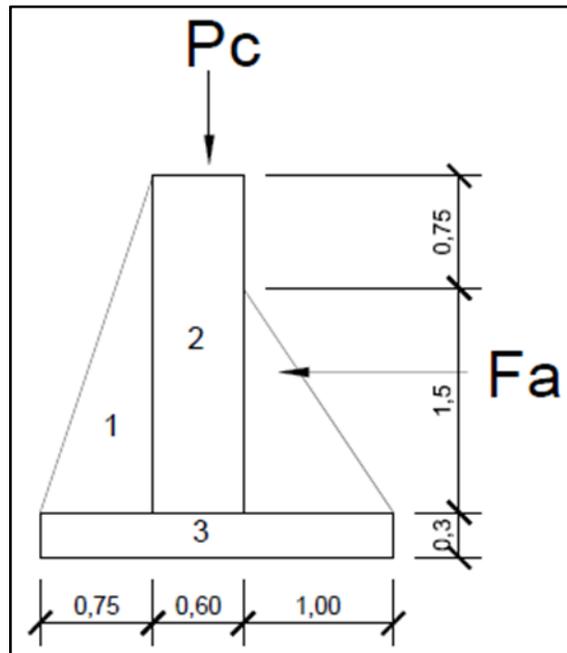
$$\text{Peso específico del suelo} = 1\,700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Angulo de fricción interna } (\theta) = 28^\circ$$

$$\text{Valor soporte del suelo } (V_s) = 12\,000 \text{ kg/m}^2$$

Con base a resultados a estudios de suelos efectuados en comunidades propias del municipio de Tactic Alta Verapaz, Alta Verapaz.

Figura 8. **Geometría y diagrama de presiones del muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XIII. **Momento estabilizante en muro**

Sección	Dimensiones (m)		Área (m <sup>2</sup> )	Peso vol (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Wr (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)/m
1	0,75	2,25	0,84	2 700	2 268	0,50	1 134
2	0,60	2,25	1,35	2 700	3 645	1,05	3 827,25
3	2,35	0,30	0,70	2 700	1 890	1,18	2 230,20
				<b>Σ</b>	<b>7 803</b>		<b>7 191,45</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Carga de losa y vigas sobre el muro

Carga muerta (CM)

$$\text{Peso propio de losa} = 2400 \text{ kg/m}^3 * 0,09 \text{ m} = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobre peso} = 70 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CM} = 216 + 70 = 286 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{CU} = 1,4\text{CM} + 1,7\text{CV} = 1,4(286) + 1,7(100) = 570,40 \text{ kg/m}^2$$

Área tributaria:

$$a = (3,0\text{m} * 1,5\text{m}) / 2 = 2,25 \text{ m}^2$$

$$b = (((4,5\text{m} + 1,5\text{m})/2)*1,5\text{m}) = 4,5 \text{ m}^2$$

Peso sobre el muro = peso área tributaria de losa + peso propio de viga

$$W_a = (570,40 * 2,25)/3 + (2400 * 0,15 * 0,20) = 499,80 \text{ kg/m}$$

$$W_b = (570,40 * 4,5)/4,5 + (2400 * 0,15 * 0,20) = 642,40 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{crítico}} = 642,40$$

Considerando W como carga puntual (Pc)

$$P_c = 642,40 \text{ kg/m} * 1,0 \text{ m} = 642,40 \text{ kg}$$

Momento que ejerce la carga puntual

$$M_c = 642,40 \text{ kg} [(0,30/2) + 1,0] \text{ m} = 738,76 \text{ kg-m}$$

Peso total del muro (Wt):

$$W_t = W + W_r = 642,40\text{kg} + 7803 \text{ kg} = 8445,40 \text{ kg}$$

Fuerza activa (Fa):

$$F_a = \gamma_{\text{agua}} * H^2 / 2 = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * (1,5)^2 / 2 = 1\,125 \text{ kg/m}$$

Momento de volteo respecto a "x"

$$\begin{aligned} M_{\text{act}} &= F_a * ((H / 3) + 0,30) = \\ &= 1\,125 \text{ kg/m} * ((1,50/3)+0,30) = 900 \text{ kg-m / m} \end{aligned}$$

Chequeos:

- Estabilidad contra volteo (Fsv) > 1,50

$$F_{sv} = (M_r + M_c) / M_{act} = (7\,191,45 + 738,36) / 900 = \mathbf{8,81 > 1,50}$$

- Estabilidad contra el deslizamiento (Fsd) > 1,50

$$F_{sd} = (W_T * f) / F_a = (7\,803 * 0,48) / 1\,125 = \mathbf{3,33 > 1,25}$$

- Seguridad ante falla por capacidad de carga

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{M_r + M_c - M_a}{W_T} \\ e &= \frac{2,35}{2} - \frac{7\,195,45 + 738,36 - 900,00}{7\,803,00} = 0,27 \end{aligned}$$

$$B/6 = 2,35/6 = 0,39 \text{ sí cumple}$$

Módulo de sección por metro lineal (Sx):

$$S_x = 1/6 * (\text{base})^2 * \text{longitud}$$

$$= 1/6(2,35)^2 * 1 = 0,92\text{m}^3$$

Presión máxima (Pmáx)

$$P_{\text{máx}} = (W_T / A) + [(W_T * ex) / Sx]$$

$$P_{\text{máx}} = (7\ 803 / 2,35 * 1) + [(7\ 803 * 0,27) / 0,92]$$

$$P_{\text{máx}} = 5,61 \text{ t/m}^2 < 12,00 \text{ t/m}^2$$

Presión mínima (Pmin)

$$P_{\text{min}} = (W_T / A) - [(W_T * ex) / Sx]$$

$$P_{\text{min}} = (7\ 803 / 2,35 * 1) - [(7\ 803 * 0,27) / 0,92]$$

$$P_{\text{min}} = 1,03 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ t/m}^2$$

Se concluye que las dimensiones propuestas del muro resisten las cargas a las que estará sometido.

#### **2.2.10.4. Línea de distribución**

Consta de 258 metros lineales aproximadamente que van del tanque de distribución en la estación E-13 hasta la estación E-15. El diseño se realizó de manera similar al diseño en la línea de conducción, obteniendo la carga disponible, seguidamente con la fórmula de Hazen y Williams, determinar un diámetro teórico, con el resultado obtenido determinar la pérdida de carga y finalmente se realizó el chequeo de las presiones y velocidades. Los resultados obtenidos se pueden observar en el apéndice 3, en la tabla de cálculo hidráulico.

### 2.2.10.5. Red de distribución

En las áreas rurales, generalmente se utilizan redes abiertas porque la ubicación de las viviendas dependen estrictamente de la topografía del terreno, es decir, al estar el terreno con frecuentes variaciones las viviendas se encuentran alejadas unas de otras. Es muy complicado emplear el diseño con base a bloques como se realiza regularmente en áreas urbanas.

Al igual que la línea de conducción, los ramales de la red de distribución se calculan con la ecuación de Hazen & Williams, chequeando que las velocidades y las presiones se encuentren dentro de los rangos establecidos.

Para el chequeo de las redes debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Utilizar como caudal de diseño el mayor entre el caudal de uso instantáneo y el caudal unitario.
- La presión dinámica estará entre el rango de 10 y 40 mca, excepto en puntos donde exista poco desnivel, se puede tomar un mínimo de 6 mca.
- Las velocidades deben estar comprendidas entre 0,60 m/s y 3 m/s.

Caudal de uso simultáneo

Este caudal se considera como la probabilidad estadística del uso simultáneo de las conexiones domiciliarias, este no debe ser menor de 0,20 l/s, se determina en función de la siguiente ecuación:

$$Q_i = \sqrt{K(N - 1)}$$

Donde:

$Q_i$  = caudal instantáneo [l/s]

$K$  = coeficiente, 0,15 para conexión predial y 0,20 para llena cántaros

$N$  = número de viviendas

Sustituyendo datos en la expresión anterior

$$Q_i = \sqrt{0,15(136 - 1)} = 4,15 \text{ l/s}$$

Caudal unitario

Este caudal es igual al caudal máximo horario, el cual se describió y calculó en 2.2.5.5, obteniendo el siguiente valor:

$$Q_{\max \text{ horario}} = 2,82 \text{ l/s}$$

Se utiliza para el diseño el caudal mayor entre el caudal de uso simultáneo y el caudal unitario, en este caso el caudal mayor resultó ser el caudal de uso simultáneo.

Con el caudal tomado se procede a calcular el caudal por vivienda, el cual servirá para determinar el caudal necesario para cada tramo, este se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_v = \frac{Q_{\text{diseño}}}{N} = \frac{4,15}{136} = 0,030 \text{ l/s}$$

A continuación se diseñará el tramo de la red de distribución que va de la estación 17 a la estación 17.1

Datos:

$$C_{E-17} = 892,35$$

$$C_{E-17.1} = 852,80$$

$$Q = 0,51 \text{ l/s}$$

$$L = 99,64\text{m}$$

$$\text{Población} = 102 \text{ personas}$$

$$\phi_{teórico} = \left( \frac{1\,743,811(L)(Q)^{1,85}}{C^{1,85} \cdot Hf} \right)^{1/4,87}$$

$$\phi_{teórico} = \left( \frac{1\,743,811(99,64)(0,51)^{1,85}}{(150)^{1,85} \cdot 39,55} \right)^{1/4,87}$$

$$\phi_{teórico} = 3/4 \text{ in}$$

$$Hf = \frac{1\,743,811(99,64)(0,51)^{1,85}}{150^{1,85} \cdot (0,926)^{4,87}} = 6,85 \text{ m}$$

$$V = (0,51/1000) / [(3.14156/4) (0,926 * (2,54/100))^2]$$

$$V = 1,17 \text{ m/s;}$$

La velocidad se encuentra en el parámetro establecido  $0,60 \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$

$$C_p = 894,78 - 6,85 = 887,93 \text{ m}$$

$$P_E = 892,35 - 852,80 = 39,55 \text{ m}$$

$$P_D = 887,93 - 852,80 = 35,13 \text{ m}$$

La presión dinámica se encuentra dentro del parámetro  $10 \text{ mca} \leq P_D \leq 40 \text{ mca}$  m/s.

El diseño de la red de distribución contemplado en este estudio se resume en la tabla de cálculo hidráulico del apéndice 3.

### **2.2.11. Válvulas**

En los sistemas de agua potable es muy común la utilización de válvulas tanto en la línea de conducción como en la red de distribución, en esta sección se describen los tipos de válvulas más comunes para este tipo de proyectos.

#### **2.2.11.1. Válvulas de limpieza**

Son aquellas que se usan para extraer todos los sedimentos que se pueden acumular en los puntos bajos de las tuberías, se deben colocar únicamente y exclusivamente en la línea de conducción, ya que en la red de distribución, los grifos realizan esta función.

Estas válvulas se componen básicamente por una te a la cual se conecta lateralmente un *niple* (tubería menor de 6 m), además de una válvula de compuerta que se puede abrir para que, por medio del agua, se expulsen de la tubería los sólidos acumulados. La válvula de limpieza se colocó en la estación E-10 como se detalla en los planos constructivos en los anexos.

#### **2.2.11.2. Válvulas de aire**

Las líneas por gravedad tienen tendencias a acumular aire en los puntos altos. Cuando se tienen presiones altas, el aire tiene a disolver y continua en la

tubería hasta que es expulsado, pero en los puntos altos de relativa baja presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería. La acumulación de aire en los puntos altos provoca una reducción del área de flujo del agua y consecuentemente se produce un aumento de las pérdidas y una disminución del caudal. Con el fin de prevenir este fenómeno debe utilizarse válvulas que ubicadas en todos los puntos altos permitirán la expulsión de aire y la circulación del caudal deseado. La válvula de aire, se colocará en la estación E-5, como se detalla en los planos constructivos en los anexos.

#### **2.2.11.3. Válvulas de globo**

Las válvulas de globo se emplean, por lo general, en las conexiones domiciliarias para regular el caudal. El agua al pasar por el interior de la válvula tendrá que hacer un recorrido lo que produce una considerable pérdida de carga, aún con la válvula completamente abierta.

Para el diseño de este sistema no se tomarán en cuenta estas válvulas, el flujo en la distribución se regula mediante las presiones dinámicas.

#### **2.2.11.4. Válvulas de compuerta**

Tienen la función de abrir o cerrar el paso del agua. Se colocarán en la estación E- 1, y en la red distribución en las estaciones E-15 y en la estación E-17.

#### **2.2.12. Tipo y número de conexiones**

El tipo de conexión a instalar es predial, es decir, un chorro por vivienda. Se tiene contemplado realizar 56 conexiones en toda la red de distribución.

### **2.2.13. Programación de operación y mantenimiento**

Para el sistema de abastecimiento de agua potable se pueden realizar dos tipos de mantenimiento, siendo estos:

- Preventivo
- Correctivo

Mantenimiento preventivo: se entenderá como todas las acciones y actividades que se planifiquen y realicen para que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua, este se realizará con el propósito de disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse.

Mantenimiento correctivo: se realizará ante cualquier daño que se presente en el sistema, siendo este accidental o premeditado, en el cual se tendrá que realizar a la mayor brevedad posible para no afectar a la población con la carencia del vital líquido.

### **2.2.14. Propuesta de tarifa**

Se debe garantizar la sostenibilidad del proyecto durante el período para el que fue diseñado. Esto implica que es necesario contar con recursos suficientes para operar el sistema, darle un mantenimiento preventivo y cuando así lo amerita también correctivo; dichos recursos solo pueden obtenerse a través del pago mensual que cada vivienda deberá cancelar.

Se contratará a un fontanero para darle mantenimiento a todo el sistema, con un sueldo de 3 000 quetzales mensuales, este obtendrá del pago mensual por el servicio de agua y se estima una cantidad de 1 700,00 quetzales para

materiales de mantenimiento, haciendo un total de 4 700 quetzales para el costo de operación y mantenimiento.

#### Cálculo de la tarifa mensual

Datos

Número de conexiones = 136

Costo de operación y mantenimiento = Q 4 700,00

La tarifa será la sumatoria de los costos de operación y mantenimiento dividido el número de conexiones.

Tarifa =  $4\,700,00 / 136 = Q\,35,00$  mensuales por vivienda

#### **2.2.15. Planos**

Los elaborados del proyecto son los siguientes: planta general de densidad de conjunto, plantas-perfiles de la línea de conducción y red de distribución, detalles del tanque de captación, detalles de las válvulas y el detalle de la caja rompe presión.

#### **2.2.16. Presupuesto**

En el presupuesto del proyecto, se presentan los renglones de trabajo, las cantidades estimadas, los precios unitarios, montos por renglón, y el costo total de la obra, tal y como lo muestra la tabla XIV.

Tabla XIV. **Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable**

<b>RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO</b>					
<b>PROYECTO:</b> SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE					
<b>UBICACIÓN:</b> ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ.					
No.	DESCRIPCION DE RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	MONTO
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.1	Replanteo Topográfico	2 490,00	ml	Q 5,44	Q 13 543,98
<b>2</b>	<b>CAPTACIÓN</b>				
2.1	Tanque de captación de 2,0 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 21 161,12	Q 21 161,12
<b>3</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>				
3.1	Tanque de distribución de 30 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 78 689,20	Q 78 689,20
3.2	Caja hipoclorador de 1,5 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 7 037,26	Q 7 037,26
<b>4</b>	<b>LINEA DE CONDUCCIÓN</b>				
4.1	Tubería PVC y accesorios	1 338,00	ml	Q 53,72	Q 71 873,87
<b>5</b>	<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>				
5.1	Tubería PVC y accesorios	1 130,00	ml	Q 41,11	Q 46 456,85
<b>6</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>				
6.1	conexiones domiciliars red de distribución	56,00	unidad	Q 898,50	Q 50 316,13
<b>7</b>	<b>OBRAS DE ARTE</b>				
7.1	Caja rompe presión de 1 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 6 059,36	Q 6 059,36
7.2	Caja de válvula de aire	1,00	global	Q 4 861,37	Q 4 861,37
7.3	Caja de válvula de limpieza	1,00	global	Q 5 231,57	Q 5 231,57
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA</b>					<b>Q305 230,72</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### 2.2.17. Cronograma de ejecución

Se presenta en la tabla XV el cronograma de ejecución del proyecto, este cronograma es combinado, debido a que se desarrolla la parte de ejecución física como la financiera en la misma tabla.

Tabla XV.

**Cronograma de ejecución del proyecto de abastecimiento agua potable**

<b>RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO</b>						
<b>PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b> <b>UBICACIÓN: ALDEA CUYQUEL, TACTIC, ALTA VERAPAZ.</b>						
No.	DESCRIPCION DE RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	MONTO	
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1.1	Replanteo Topográfico	2 490,00	ml	Q 5,44	Q	13 543,98
<b>2</b>	<b>CAPTACIÓN</b>					
2.1	Tanque de captación de 2,0 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 21 161,12	Q	21 161,12
<b>3</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>					
3.1	Tanque de distribución de 30 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 78 689,20	Q	78 689,20
3.2	Caja hipoclorador de 1,5 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 7 037,26	Q	7 037,26
<b>4</b>	<b>LINEA DE CONDUCCIÓN</b>					
4.1	Tubería PVC y accesorios	1 338,00	ml	Q 53,72	Q	71 873,87
<b>5</b>	<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>					
5.1	Tubería PVC y accesorios	1 130,00	ml	Q 41,11	Q	46 456,85
<b>6</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>					
6.1	conexiones domiciliars red de distribución	56,00	unidad	Q 898,50	Q	50 316,13
<b>7</b>	<b>OBRAS DE ARTE</b>					
7.1	Caja rompe presión de 1 m <sup>3</sup>	1,00	global	Q 6 059,36	Q	6 059,36
7.2	Caja de válvula de aire	1,00	global	Q 4 861,37	Q	4 861,37
7.3	Caja de válvula de limpieza	1,00	global	Q 5 231,57	Q	5 231,57
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA</b>						<b>Q305 230,72</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

## 2.2.18. Evaluación socioeconómica

Se realizará como en el proyecto de alcantarillado sanitario, mediante el valor presente neto y la tasa interna de retorno, con el fin de determinar la viabilidad del proyecto.

### 2.2.18.1. Valor presente neto

Cálculo del VPN

Inversión inicial (costo del de ejecución del proyecto)	= Q	305 566,00
Mantenimiento del sistema (mensualidad encargado)	= Q	2 000,00
Costo por conexión domiciliar (ingreso)	= Q	1 500,00
Costo por servicio mensual	= Q	35,00
Período de diseño		30 años.

$$VPN = -305\,566 - 24\,000 \left( \frac{(1,12)^{30} - 1}{0,12(1,12)^{30}} \right) + 82\,500 + 23\,100 \left( \frac{(1,12)^{30} - 1}{0,12(1,12)^{30}} \right)$$

$$VPN = -230\,315,12$$

El resultado negativo indica que el dinero invertido no será recuperado, al igual que el proyecto de alcantarillado sanitario, no es un proyecto con fines lucrativos, pero es de necesidad primaria, es conveniente la inversión, ya que beneficiará a muchas familias y mejorará la calidad de vida de los beneficiados.

### **2.2.18.2. Tasa interna de retorno**

Es igual a la suma de los ingresos actualizados, con la suma de los egresos actualizados igualando al egreso inicial, también se puede decir, que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero. Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplen las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión.

Debido a que el presente proyecto es de beneficio social, es imposible obtener una tasa de retorno TIR atractiva, por ende, el análisis a realizar, es similar al proyecto de alcantarillado sanitario, que consiste en determinar el costo beneficio, de la siguiente manera:

Inversión inicial = Q 305 566,00

Beneficio = núm. de habitantes beneficiados (futuro)

Costo beneficio = Q 305 566,00 / 816 habitantes

Costo beneficio = Q 374,46/ hab

### **2.2.19. Evaluación de impacto ambiental**

No se presentan impactos ambientales adversos de gran magnitud que pudiera poner en riesgo el medio ambiente.

En la etapa de construcción del sistema de abastecimiento de agua potable es necesario preparar los terrenos donde se instalarán los distintos elementos estructurales y no estructurales, no cortar árboles sin los debidos procesos y el terreno del tanque de almacenamiento no debiera generar

impactos significativos en el medio ambiente. No dañar el hábitat natural de la flora y fauna.

- Análisis de vulnerabilidad del entorno: el ambiente natural puede ser afectado por el sistema de agua potable en los aspectos siguientes:
  - Capa vegetal del terreno
  - Generación sólidos domésticas
  - Hacer uso desmedido del agua
  
- Consideraciones a tomar para no causar daños
  - No incendiar capas vegetales con el afán de crear espacios disponibles para la construcción.
  - Si un área es deforestada considerablemente, es necesario realizar reforestaciones que a corto plazo puedan sustituir el área verde retirada.
  - Una vez finalizados los trabajos de construcción retirar cualquier tipo de material de los accesos públicos.
  - Concientizar a la población en el buen manejo del recurso hídrico.

## CONCLUSIONES

1. La realización de los estudios técnicos de los proyectos: ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó y el sistema de abastecimiento de agua potable la aldea Cuyquel, ambos del municipio de Tactic, Alta Verapaz, son un aporte importante y técnicamente viable para darle solución a los problemas de agua y saneamiento de las comunidades en cuestión.
2. La construcción de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó, es de carácter urgente, ya que con ello cesarán los malos olores y la transmisión de enfermedades gastrointestinales provocadas por la escasez de un servicio adecuado para la evacuación de las aguas residuales, con ello será beneficiada la salud y calidad de vida de los habitantes.
3. Los costos por metro lineal determinados en los presupuestos de los proyectos, sistema de alcantarillado sanitario y sistema de abastecimiento de agua potable, Q 484,00 y Q 145,00 respectivamente, para el primero el precio unitario es equivalente a un 20 % más, en comparación a los proyectos del área, esto debido a que en la mayoría de casos no se consideran los sistemas de tratamientos. Para el proyecto de agua potable el precio unitario es similar a los unitarios de proyectos de agua del área, ya que tienen un rango entre Q 140,00 y Q 175,00.

4. La construcción del sistema de agua potable beneficiará a los habitantes de la aldea Cuyquel, ya que contarán con agua apta para el consumo humano, tendrán mejor salud alimentaria, disminuirá el índice de enfermedades estomacales, se evitará el acarreo del líquido, entre otros beneficios indirectos, por lo que mejorará la calidad de vida de los habitantes.
  
5. Durante la ejecución de los proyectos, según la evaluación de impacto ambiental, estos no tendrán incidencia significativa, contemplando así mismo las medidas de mitigación que se deben de realizar con el fin de incomodar ambientalmente a los pobladores del área.

## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Tactic, Alta Verapaz:

1. Capacitar a los pobladores que se verán beneficiados con el proyecto de agua potable, en cuanto a la importancia del mantenimiento del sistema, así como las consecuencias que conlleva la tala de árboles en áreas cercas al nacimiento de agua.
2. Concientizar a los beneficiarios del proyecto de alcantarillado sanitario, para que las tuberías se mantengan libres de basura o cualquier objeto que pueda dañarlas, con el fin de que el sistema funcione de manera adecuada.
3. Garantizar la supervisión técnica durante la ejecución de ambos proyectos, a través de la Dirección Municipal de Planificación, velando el cumplimiento de las especificaciones técnicas indicadas en planos, con el fin de obtener un óptimo funcionamiento de los sistemas.
4. Cumplir con las medidas de mitigación ambiental especificadas para ambos proyectos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria*  
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. 318-08. Estados Unidos, 2008. 621 p.
3. Instituto de Fomento Municipal. Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. Unepar. *Guía para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales*. Guatemala: Infom, 2011. 63 p.
4. MARTÍNEZ JORDÁN, Óscar. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio el centro y sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio la Tejera, municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 117 p.
5. Oficina Sanitaria Panamericana. *Normas de diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales de Guatemala*. Guatemala: OPS, 1997. 107 p.
6. RAMÍREZ HUNTER, Guillermo. *Estudio paramétrico para la comparación de diseño de losas por el método 3 y por el método del marco equivalente*. Guatemala, 2007. 114 p.

7. TERENCE Y J. CCGHEE. *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales*, Vol. 1. Estados Unidos: Lafayette College, 1995. 587 p.

## APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo hidráulico sistema de alcantarillado sanitario

De	A	Cotas del terreno		DH (m)	S (%) Terreno	Núm. de casas		Habitantes a servir	
		Inicio	Final			Local	Acumulada	Actual	futuro
0	1	100,00	92,20	21,04	37,07	2	2	14	40
1	2	92,20	90,79	22,30	6,32	3	5	35	99
2	4	90,79	87,27	53,42	6,60	5	10	70	197
4	6	87,27	84,30	64,16	4,62	4	14	98	276
6	8	84,30	80,68	51,57	7,02	1	15	105	295
8	9	80,68	78,74	37,18	5,22	3	18	126	354
9	10	78,74	75,69	43,68	6,98	1	19	133	374
10	11	75,69	72,49	41,65	7,68	2	21	147	413
11	12	72,49	70,22	44,15	5,14	6	27	189	531
12	14	70,22	68,98	46,20	2,68	4	31	217	610
14	16	68,98	68,04	34,43	2,73	0	31	217	610
16	17	68,04	66,21	47,65	3,85	1	32	224	629
17	19	66,21	63,53	83,73	3,20	2	34	238	669
19	21	63,53	61,27	63,60	3,56	2	36	252	708
21	27	61,27	59,52	60,71	2,87	2	48	336	944
27	28	59,52	58,04	51,91	2,85	5	53	371	1042
28	29	58,04	57,24	39,92	2,00	0	53	371	1042
Ramal									
24	23	66,75	64,52	31,36	7,10	4	4	28	79
23	21	64,52	61,27	62,97	5,17	2	10	70	197
25	23	66,35	64,52	49,98	3,66	4	4	28	79

Continuación apéndice 1.

De	A	Factor de Harmond		Caudal de diseño (l/s)		FQM Chequeado		Ø	S (%)	Núm. de tubos	Sección llena	
		Actual	futuro	Actual	futuro	Actual	futuro				(in)	Tubo
0	1	4,399	4,333	0,123	0,347	0,002	0,002	6	37,07	4	6,89	125,76
1	2	4,344	4,245	0,304	0,840	0,002	0,002	6	6,32	4	2,85	51,91
2	4	4,283	4,150	0,600	1,635	0,002	0,002	6	6,60	9	2,91	53,04
4	6	4,246	4,094	0,832	2,260	0,002	0,002	6	4,62	11	2,43	44,40
6	8	4,238	4,082	0,890	2,408	0,002	0,002	6	7,02	9	3,00	54,74
8	9	4,215	4,047	1,062	2,865	0,002	0,002	6	5,22	6	2,59	47,18
9	10	4,208	4,036	1,119	3,019	0,002	0,002	6	6,98	7	2,99	54,58
10	11	4,194	4,016	1,233	3,317	0,002	0,002	6	7,68	7	3,14	57,22
11	12	4,157	3,961	1,571	4,206	0,002	0,002	6	5,14	7	2,57	46,83
12	14	4,135	3,928	1,795	4,792	0,002	0,002	6	2,68	8	1,85	33,83
14	16	4,135	3,928	1,795	4,792	0,002	0,002	6	2,73	6	1,87	34,13
16	17	4,130	3,921	1,850	4,932	0,002	0,002	6	3,85	8	2,22	40,52
17	19	4,120	3,906	1,961	5,226	0,002	0,002	6	3,20	14	2,03	36,94
19	21	4,110	3,892	2,071	5,511	0,002	0,002	6	2,91	11	1,93	35,25
21	27	4,057	3,816	2,726	7,205	0,002	0,002	6	2,87	10	1,92	34,99
27	28	4,037	3,788	2,996	7,895	0,002	0,002	6	2,85	9	1,91	34,86
28	29	4,037	3,788	2,996	7,895	0,002	0,002	6	2,00	7	1,60	29,23
Ramal												
24	23	4,359	4,270	0,244	0,675	0,002	0,002	6	6,92	5	2,98	54,33
23	21	4,283	4,150	0,600	1,635	0,002	0,002	6	5,17	10	2,58	46,97
25	23	4,359	4,270	0,244	0,675	0,002	0,002	6	3,66	8	2,17	39,51

Continuación del apéndice 1.

De	A	Relación actual			Relación futura			Velocidad (m/s)		CHEQUEO DE VELOCIDAD	
		PV	PV	q/Q	v/V	d/D	q/Q	v/V	d/D	Actual	futuro
0	1	0,0010	0,1544	0,0230	0,0028	0,2148	0,0380	1,06	1,48	OK	OK
1	2	0,0059	0,2701	0,0540	0,0162	0,3699	0,0880	0,77	1,05	OK	OK
2	4	0,0113	0,3310	0,0740	0,0308	0,4500	0,1200	0,96	1,31	OK	OK
4	6	0,0187	0,3857	0,0940	0,0509	0,5231	0,1530	0,94	1,27	OK	OK
6	8	0,0163	0,3699	0,0880	0,0440	0,4996	0,1420	1,11	1,50	OK	OK
8	9	0,0225	0,4087	0,1030	0,0607	0,5518	0,1670	1,06	1,43	OK	OK
9	10	0,0205	0,3986	0,0990	0,0553	0,5356	0,1590	1,19	1,60	OK	OK
10	11	0,0215	0,4037	0,1010	0,0580	0,5438	0,1630	1,27	1,71	OK	OK
11	12	0,0336	0,4616	0,1250	0,0898	0,6187	0,2020	1,18	1,59	OK	OK
12	14	0,0531	0,5294	0,1560	0,1417	0,7071	0,2540	0,98	1,31	OK	OK
14	16	0,0526	0,5273	0,1550	0,1404	0,7055	0,2530	0,99	1,32	OK	OK
16	17	0,0457	0,5061	0,1450	0,1217	0,6761	0,2350	1,12	1,50	OK	OK
17	19	0,0531	0,5294	0,1560	0,1415	0,7071	0,2540	1,07	1,43	OK	OK
19	21	0,0588	0,5458	0,1640	0,1563	0,7274	0,2670	1,05	1,41	OK	OK
21	27	0,0779	0,5928	0,1880	0,2059	0,7860	0,3070	1,14	1,51	OK	OK
27	28	0,0859	0,6114	0,1980	0,2265	0,8079	0,3230	1,17	1,54	OK	OK
28	29	0,1025	0,6437	0,2160	0,2701	0,8492	0,3550	1,03	1,36	OK	OK
Ramal											
24	23	0,0045	0,2502	0,0480	0,0124	0,3424	0,0780	0,75	1,02	OK	OK
23	21	0,0128	0,3452	0,0790	0,0348	0,4662	0,1270	0,89	1,20	OK	OK
25	23	0,0062	0,2765	0,0560	0,0171	0,3752	0,0900	0,60	0,81	OK	OK

Continuación del apéndice 1.

De	A	Tirante		Cotas <i>Invert</i>		Profundidad de pozo		Altura de pozo (m)	Ancho de zanja (m)	Excavación (m ^3)
		Actual	Futuro	Salida	Entrada	Inicio	Final			
0	1	0,138	0,228	98,94	91,14	1,06	1,06	1,06	0,6	13,53
1	2	0,324	0,528	91,11	89,70	1,09	1,09	1,09	0,6	14,74
2	4	0,444	0,72	89,67	86,15	1,12	1,12	1,12	0,6	36,27
4	6	0,564	0,918	86,12	83,16	1,15	1,15	1,15	0,6	44,72
6	8	0,528	0,852	83,13	79,50	1,18	1,18	1,18	0,6	36,87
8	9	0,618	1,002	79,47	77,53	1,21	1,21	1,21	0,6	27,25
9	10	0,594	0,954	77,50	74,45	1,24	1,24	1,24	0,6	32,80
10	11	0,606	0,978	74,42	71,23	1,27	1,27	1,27	0,6	32,03
11	12	0,75	1,212	71,20	68,93	1,30	1,30	1,30	0,6	34,75
12	14	0,936	1,524	68,90	67,66	1,33	1,33	1,33	0,6	37,19
14	16	0,93	1,518	67,63	66,69	1,36	1,36	1,36	0,6	28,33
16	17	0,87	1,41	66,66	64,82	1,39	1,39	1,39	0,6	40,07
17	19	0,936	1,524	64,79	62,12	1,42	1,42	1,42	0,6	71,92
19	21	0,984	1,602	62,09	60,23	1,45	1,45	1,45	0,6	55,23
21	27	1,128	1,842	59,82	58,08	1,45	1,45	1,45	0,6	53,29
27	28	1,188	1,938	58,05	56,57	1,48	1,48	1,48	0,6	46,50
28	29	1,296	2,13	56,54	55,74	1,51	1,51	1,51	0,6	18,06
Ramal										0,00
24	23	0,288	0,468	65,69	63,52	1,06	1,25	1,06	0,6	21,70
23	21	0,474	0,762	63,27	60,02	1,25	1,25	1,25	0,6	43,58
25	23	0,336	0,54	65,29	63,47	1,06	1,06	1,06	0,6	15,84

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel.

Apéndice 2. Cálculo línea de conducción

CONDUCCIÓN										
De	A	Cota terreno		Longitud (m)	Caudal (l/s)	C	Ø Teórico (pulgadas)	Diámetro		Hf (m)
		Inicial	Final					Comercial	Interno	
1	7	1000,00	925,84	733,94	1,41	150	1,26	1,50	1,754	14,76
7	13	925,84	895,85	603,64	1,41	150	1,45	1,50	1,754	12,14

CONDUCCIÓN											
De	A	Velocidad (m/s)	Verificación de velocidad	Piezométrica		Presión (m)		Presión (psi)		Núm. de tubos PVC	Tubos (psi)
				Inicial	Final	Inicial	final	inicial	final		
1	7	0,90449	correcto	1000,00	985,24	0	59,40	0	85	135	160
7	13	0,90449	correcto	925,84	913,70	0	17,85	0	26	111	160

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel.

Apéndice 3. Cálculo de la red de distribución

**TANQUE A DISTRIBUCIÓN 17**

De	A	Cota terreno		Longitud (m)	Caudal (l/s)	C	∅ Teórico (pulgadas)	Diámetro		Hf (m)
		Inicial	Final					Comercial	Interno	
13	17	895,85	892,35	7,6	0,75	150	0,72	1,00	1,195	0,31
17	17.1	892,35	852,8	99,64	0,51	150	0,64	0,75	0,926	6,85
17.1	17.2	852,8	849,3	11,64	0,24	150	0,51	0,50	0,716	0,69

**TANQUE A DISTRIBUCIÓN 17**

De	A	Velocidad (m/s)	Verificación de velocidad	Piezométrica		Presión (m)		Presión (psi)		Núm. de tubos PVC	Tubos (psi)
				Inicial	Final	Inicial	final	inicial	final		
13	17	1,03650	correcto	895,85	895,54	0	3,19	0	5	1	160
17	17.1	1,17379	correcto	895,54	888,69	3,19	35,89	4,58	51	18	160
17.1	17.2	0,92391	correcto	888,69	888,00	35,89	38,70	51,47	55	2	160

Continuación del apéndice 3.

LINEA DE DISTRIBUCIÓN										
De	A	Cota terreno		Longitud (m)	Caudal (l/s)	C	Ø Teórico (pulgadas)	Diámetro		Hf (m)
		Inicial	Final					Comercial	Interno	
13	15	895,85	840,72	257,3	3,39	150	1,50	1,50	1,754	26,22
15	15A	840,72	857,3	57,99	0,15	150	0,43	0,50	0,716	1,45

LINEA DE DISTRIBUCIÓN										
De	A	Velocidad (m/s)	Verificación de velocidad	Piezométrica		Presión (m)		Presión (psi)		Tubos
				Inicial	Final	Inicial	final	inicial	final	
13	15	2,17462	correcto	895,85	869,63	0	28,91	0	41	47
15	15A	0,57744	correcto	869,63	868,18	28,91	10,88	41,458	16	11

Continuación del apéndice 3.

**DISTRIBUCIÓN 15**

De	A	Cota terreno		Longitud (m)	Caudal (l/s)	C	Ø Teórico (pulgadas)	Diámetro		Hf (m)
		Inicial	Final					Comercial	Interno	
15	15,1	840,72	827,75	41,57	1,8	150	1,09	1,00	1,195	8,51
15,1	15.1.1	827,75	828,84	6,22	0,15	150	0,48	0,50	0,716	0,16
15,1	15.1.2	827,75	826,82	5,14	0,12	150	0,44	0,50	0,716	0,09
15,1	15,3	827,75	817,72	47,64	0,15	150	0,46	0,50	0,716	1,19
15,3	15,4	817,72	812,63	26,39	0,12	150	0,43	0,50	0,716	0,44
15,4	15,5	812,63	809,72	21,52	0,27	150	0,63	0,50	0,716	1,60
15,5	15,6	809,72	812,15	22,72	0,27	150	0,66	0,50	0,716	1,69
15,5	15,7	809,72	803,62	45,57	0,45	150	0,77	0,50	0,716	8,70
15,7	15,8	803,62	800,92	32,08	0,27	150	0,70	0,50	0,716	2,38

**DISTRIBUCIÓN 15**

De	A	Velocidad (m/s)	Verificación de velocidad	Piezométrica		Presión (m)		Presión (psi)		Núm. de tubos PVC	Tubos (psi)
				Inicial	Final	Inicial	final	inicial	final		
15	15,1	2,48760	correcto	869,63	861,12	28,91	33,37	41,46	48	8	160
15,1	15.1.1	0,57744	correcto	861,12	860,96	33,37	32,12	47,85	46	1	160
15,1	15.1.2	0,46195	correcto	861,12	861,03	33,37	34,21	47,85	49	1	160
15,1	15,3	0,57744	correcto	861,12	859,93	33,37	42,21	47,85	61	9	160
15,3	15,4	0,46195	correcto	859,93	859,49	42,21	46,86	60,53	67	5	160
15,4	15,5	1,03940	correcto	859,49	857,90	46,86	48,18	67,20	69	4	160
15,5	15,6	1,03940	correcto	857,90	856,21	48,18	44,06	69,08	63	4	160
15,5	15,7	1,73233	correcto	857,90	849,20	48,18	45,58	69,08	65	8	160
15,7	15,8	1,03940	correcto	849,20	846,82	45,58	45,90	65,36	66	6	160

Continuación del apéndice 3.

DISTRIBUCIÓN 16													
De	A	Cota terreno		Longitud (m)	Caudal (l/s)	C	∅ Teórico (pulgadas)	Diámetro		Hf (m)			
		Inicial	Final					Comercial	Interno				
15	16	840,72	835,85	49,23	1,44	150	1,27	1,25	1,532	1,99			
16	16,3	835,72	825,8	41,57	0,15	150	0,45	0,50	0,716	1,04			
16,3	16,4	825,8	822,92	25,78	0,21	150	0,60	0,50	0,716	1,20			
16,4	16,5	822,92	814,22	31,83	0,15	150	0,44	0,50	0,716	0,80			
16,5	16,6	814,22	811,62	41,46	0,12	150	0,54	0,50	0,716	0,69			
16,6	16,8	811,62	821,82	72,34	0,15	150	0,50	0,50	0,716	1,81			
16,8	16,9	821,82	815,82	26,07	0,12	150	0,42	0,50	0,716	0,43			
16,9	16,1	815,82	817,78	63,65	0,18	150	0,73	0,50	0,716	2,23			
16,5	16,11	814,22	813,75	12,2	0,12	150	0,60	0,50	0,716	0,20			
16,11	16,12	813,75	809,8	20,08	0,12	150	0,43	0,50	0,716	0,33			
16,12	16,13	809,8	808,72	60,02	0,12	150	0,70	0,50	0,716	0,99			

DISTRIBUCIÓN 16													
De	A	Velocidad m/s	Verificación de velocidad	Piezométrica		Presión (m)		Presión (psi)		Núm. de tubos			
				Inicial	Final	Inicial	final	inicial	final	PVC	PSI		
15	16	1,21084	correcto	869,63	867,64	28,91	31,79	41,46	46	9	160		
16	16,3	0,57744	correcto	867,64	866,60	31,92	40,80	45,78	59	8	160		
16,3	16,4	0,80842	correcto	866,60	865,40	40,80	42,48	58,51	61	5	160		
16,4	16,5	0,57744	correcto	865,40	864,60	42,48	50,38	60,92	72	6	160		
16,5	16,6	0,46195	correcto	864,60	863,92	50,38	52,30	72,25	75	8	160		
16,6	16,8	0,57744	correcto	863,92	862,11	52,30	40,29	75,00	58	13	160		
16,8	16,9	0,46195	correcto	862,11	861,68	40,29	45,86	57,78	66	5	160		
16,9	16,1	0,69293	correcto	861,68	859,45	45,86	41,67	65,76	60	12	160		
16,5	16,11	0,46195	correcto	864,60	864,40	50,38	50,65	72,25	73	2	160		
16,11	16,12	0,46195	correcto	864,40	864,07	50,65	54,27	72,64	78	4	160		
16,12	16,13	0,46195	correcto	864,07	863,08	54,27	54,36	77,82	78	11	160		

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel.

Apéndice 4. Presupuesto detallado por renglones de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tampó

<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
<b>1.1</b>	<b>REPLANTEO TOPOGRÁFICO Y TRAZO</b>		1 002,00 metros lineales		
	Descripción de mano de obra				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Trazo de la línea de drenaje+pozos de visita	1 002,00	Global	Q 4,00	Q 4 008,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 4 008,00
	Mano de obra no calificada (40 %)				Q 1 603,20
	Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q 617,23
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C+Prestaciones laborales</b>				<b>Q 6 228,43</b>
	<b>Total de herramienta y mano de obra</b>				<b>Q 6 228,43</b>
	Costos indirectos				
	Administración (3 %)				Q 186,85
	Supervisión (3 %)				Q 186,85
	Imprevistos (2 %)				Q 124,57
	Impuesto, IVA (12 %)				Q 747,41
	Utilidades (10 %)				Q 622,84
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q 8 096,96</b>
	<b>Precio Unitario</b>				<b>Q 8,08</b>

<b>1.2</b>	<b>EXCAVACIÓN DE ZANJA</b>		985,00 m <sup>3</sup>		
	Descripción de mano de obra				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Excavación	985,00	m <sup>3</sup>	Q 26,00	Q 25 610,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 25 610,00
	mano de obra no calificada (40 %)				Q 10 244,00
	Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q 6 453,72
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C+Prestaciones laborales</b>				<b>Q 42 307,72</b>
	<b>Total de materiales y mano de obra</b>				<b>Q 42 307,72</b>
	Costos indirectos				
	Administración (3 %)				Q 1 269,23
	Supervisión (3 %)				Q 1 269,23
	Imprevistos (2 %)				Q 846,15
	Impuesto, IVA (12 %)				Q 5 076,93
	Utilidades (10 %)				Q 4 230,77
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q 55 000,04</b>
	<b>Precio Unitario</b>				<b>Q 55,84</b>

Continuación del apéndice 4.

2	COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA				
2.1	Colocación de tubería de PVC $\Phi$ 6"	1 002,00	ml		
	Descripción de materiales				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Tubo de P.V.C. de $\Phi$ 6" + accesorios	175,00	U	Q 490,00	Q 85 750,00
	Sub-total de materiales				Q 85 750,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 8 575,00
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>Q 94 325,00</b>
	Descripción de mano de obra				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Colocación de tubería de PVC $\Phi$ 6"	175,00	U	Q 20,00	Q 3 500,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 3 500,00
	Mano de obra no calificada (40 %)				Q 1 400,00
	Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q 784,00
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C+Prestaciones laborales</b>				<b>Q 5 684,00</b>
	<b>Total de materiales y mano de obra</b>				<b>Q 100 009,00</b>
	Costos indirectos				
	Administración (3 %)				Q 3 000,27
	Supervisión (3 %)				Q 3 000,27
	Imprevistos (2 %)				Q 2 000,18
	Impuesto, IVA (12 %)				Q 12 001,08
	Utilidades (8 %)				Q 8 000,72
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q128 011,52</b>
	<b>Precio Unitario</b>				<b>Q 127,76</b>

2.2	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA	710,00	m <sup>2</sup>		
	Descripción de mano de obra				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Relleno y compactación al 95 %	710,00	m <sup>2</sup>	Q 15,00	Q 10 650,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 10 650,00
	Mano de obra no calificada (40 %)				Q 4 260,00
	Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q 820,05
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C+Prestaciones laborales</b>				<b>Q 15 730,05</b>
	<b>Total de materiales y mano de obra</b>				<b>Q 15 730,05</b>
	Costos indirectos				
	Administración (2 %)				Q 314,60
	Supervisión (3 %)				Q 471,90
	Imprevistos (5 %)				Q 786,50
	Impuesto, IVA (12 %)				Q 1 887,61
	Utilidades (8 %)				Q 1 258,40
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q 20 449,07</b>
	<b>Precio Unitario</b>				<b>Q 28,80</b>

Continuación del apéndice 4.

<b>3</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>				
<b>3.1</b>	<b>Pozos de visita de 1,00 a 1,50 m de altura</b>	<b>21,00</b>	<b>UNIDAD</b>		
<b>Descripción de materiales</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Cemento	295,00	SACOS	Q 77,00	Q 22 715,00
	Arena de río	15,00	m <sup>3</sup>	Q 165,00	Q 2 475,00
	Piedrín	9,00	m <sup>3</sup>	Q 230,00	Q 2 070,00
	Arena amarilla	20,00	m <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 2 500,00
	Cal en pasta	57,00	sacos	Q 48,00	Q 2 736,00
	Cal viva	70,00	qq	Q 50,00	Q 3 500,00
	Acero de f 1/2" Grado 40	41,00	varilla	Q 67,00	Q 2 747,00
	Acero de f 3/8" Grado 40	3,00	varilla	Q 37,00	Q 111,00
	Acero de f 1/4" Grado 40	3,00	varilla	Q 15,00	Q 45,00
	Alambre de amarre	80,00	LB	Q 6,00	Q 480,00
	Ladrillos	26 100,00	UNIDAD	Q 1,25	Q 32 625,00
	Madera para formaleta 10'x1'x1"	420,00	PT	Q 6,00	Q 2 520,00
	Clavos	20,00	lb	6,00	Q 120,00
	Sub-total de materiales				Q 74 644,00
	Desperdicio (5 %)				Q 3 732,20
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>Q 78 376,20</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Excavación	57,15	m <sup>3</sup>	Q 23,00	Q 1 314,45
	Extracción y movimiento de material sobrante	15,75	m <sup>3</sup>	Q 17,00	Q 267,75
	Levantado de muro circular de ladrillo tayuyo	232,60	m <sup>2</sup>	Q 10,00	Q 2 326,00
	Repello + Alisado	232,60	m <sup>2</sup>	Q 4,00	Q 930,40
	Realización de formaleta	39,20	m <sup>2</sup>	Q 10,00	Q 392,00
	Realización del concreto	14,00	m <sup>3</sup>	Q 13,00	Q 182,00
	Fundir	14,00	m <sup>3</sup>	Q 18,00	Q 252,00
	Armado de hierro núm. 4 Grado 40	234,75	ml	Q 1,40	Q 328,65
	Armado de hierro núm. 3 Grado 40	180,00	ml	Q 1,20	Q 216,00
	Armado de hierro núm. 2 Grado 40	311,00	ml	Q 1,10	Q 342,10
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 6 551,35
	Mano de obra no calificada (40 %)				Q 2 620,54
	Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q 2 017,82
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C+Prestaciones laborales</b>				<b>Q 11 189,71</b>
	<b>Total de materiales y mano de obra</b>				<b>Q 89 565,91</b>
<b>Costos indirectos</b>					
	<b>Administración (2 %)</b>				<b>Q 1 791,32</b>
	<b>Supervisión (3 %)</b>				<b>Q 2 686,98</b>
	<b>Imprevistos (5 %)</b>				<b>Q 4 478,30</b>
	<b>Impuesto, IVA (12 %)</b>				<b>Q 10 747,91</b>
	<b>Utilidades (8 %)</b>				<b>Q 7 165,27</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q116 435,68</b>
	<b>Precio Unitario</b>				<b>Q 5 544,56</b>

Continuación del apéndice 4.

4	CONEXIONES DOMICILIARES				
4.1	CONEXIONES DOMICILIARES 54,00 UNIDAD				
Descripción de materiales					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Cemento	28,00	bolsas	Q 77,00	Q	2 156,00
Arena de río	3,00	m <sup>3</sup>	Q 165,00	Q	495,00
Piedrín	3,00	m <sup>3</sup>	Q 230,00	Q	690,00
Hierro de f 1/4"	260,00	varillas	Q 17,00	Q	4 420,00
Alambre de amarre	75,00	libra	Q 6,00	Q	450,00
Tubo P.V.C. N-3034 Diámetro 4"	100,00	unidad	Q 315,00	Q	31 500,00
Tubo de cemento de 16" de diámetro	55,00	unidad	Q 160,00	Q	8 800,00
Silleta de 6x4"	55,00	Unidad	Q 160,00	Q	8 800,00
Cemento Solvente	1,50	galón	Q 450,00	Q	675,00
Sub-total de materiales				Q	57 986,00
Desperdicio				Q	2 899,30
<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>Q</b>	<b>60 885,30</b>
Descripción de mano de obra					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Perforación de boquete de 6" tubo de 16"	54,00	UNIDAD	Q 6,00	Q	324,00
Colocación de tubo de 16"	54,00	UNIDAD	Q 15,00	Q	810,00
Armado y fundicion de piso	54,00	UNIDAD	Q 12,00	Q	648,00
Armado de tapadera	54,00	UNIDAD	Q 10,00	Q	540,00
Armado de brocal	54,00	UNIDAD	Q 10,00	Q	540,00
Fundicion de tapadera	54,00	UNIDAD	Q 10,00	Q	540,00
Fundicion de brocal	54,00	UNIDAD	Q 10,00	Q	540,00
Sub-total de mano de obra calificada				Q	3 942,00
Mano de obra no calificada (40 %)				Q	1 576,80
Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q	303,53
<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C+Prestaciones laborales</b>				<b>Q</b>	<b>5 822,33</b>
<b>Total de materiales y mano de obra</b>				<b>Q</b>	<b>66 707,63</b>
Costos indirectos					
Administración (3 %)				Q	2 001,23
Supervisión (3 %)				Q	2 001,23
Imprevistos (2 %)				Q	1 334,15
Impuesto, IVA (12 %)				Q	8 004,92
Utilidades (10%)				Q	6 670,76
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>86 719,92</b>
				<b>Precio Unitario</b>	<b>Q 1 605,92</b>

Continuación del apéndice 4.

5	TRATAMIENTO				
5,1	FOSA SÉPTICA	2,00	unidad		
<b>Descripción de materiales</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Cemento	118,00	bolsas	Q 77,00	Q 9 086,00
	Arena de río	7,00	m <sup>3</sup>	Q 165,00	Q 1 155,00
	Piedrín	11,00	m <sup>3</sup>	Q 230,00	Q 2 530,00
	Codo Pvc de 90° de 6"	1,00	unidad	Q 537,00	Q 537,00
	Tee pvc de 90° de 6"	1,00	unidad	Q 824,50	Q 824,50
	Hierro núm. 3 Grado 40	143,00	varillas	Q 28,00	Q 4 004,00
	Hierro núm. 4 Grado 40	95,00	varillas	Q 54,00	Q 5 130,00
	Hierro núm. 5 Grado 60	20,00	varillas	Q 85,00	Q 1 700,00
	Hierro núm. 6 Grado 60	20,00	varillas	Q 125,00	Q 2 500,00
	Hierro núm. 7 Grado 60	16,00	varillas	Q 170,00	Q 2 720,00
	Alambre de amarre	50,00	libras	Q 6,00	Q 300,00
	Clavos de 3"	25,00	unidad	Q 9,00	Q 225,00
	Reglas de 2"x3"x8'	250,00	pie/tabla	Q 7,00	Q 1 750,00
	Tablas de 1"x12"x10'	520,00	pie/tabla	Q 7,00	Q 3 640,00
	Sub-total de materiales				Q 36 101,50
	Desperdicio				Q 1 805,08
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>Q 37 906,58</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Excavación	140,00	m <sup>3</sup>	Q 28,00	Q 3 920,00
	Albañiles	40,00	días	Q 100,00	Q 4 000,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 7 920,00
	Mano de obra no calificada (40 %)				Q 3 168,00
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>Q 11 088,00</b>
	<b>Total de materiales y mano de obra</b>				<b>Q 48 994,58</b>
<b>Costos indirectos</b>					
	Administración (3 %)				Q 1 469,84
	Supervisión (3 %)				Q 1 469,84
	Imprevistos (2 %)				Q 979,89
	Impuesto, IVA (12 %)				Q 5 879,35
	Utilidades (10%)				Q 4 899,46
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>Q 63 692,95</b>
	<b>Precio Unitario</b>				<b>Q 31 846,47</b>

Continuación del apéndice 4.

5.2	POZO DE ABSORCIÓN				2,00	unidad	
<b>Descripción de materiales</b>							
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>		
	Cemento	5,00	bolsas	Q 77,00	Q	385,00	
	Arena de río	0,50	m <sup>3</sup>	Q 165,00	Q	82,50	
	Piedrín	1,00	m <sup>3</sup>	Q 230,00	Q	230,00	
	Hierro núm. 2 Grado 40	10,00	varillas	Q 17,00	Q	170,00	
	Hierro núm. 3 Grado 40	15,00	varillas	Q 28,00	Q	420,00	
	Alambre de amarre	5,00	libra	Q 6,00	Q	30,00	
	Ladrillo tayuyo	1980,00	unidad	Q 1,40	Q	2 772,00	
	Codo Pvc de 90° de 6"	2,00	unidad	Q 537,00	Q	1 074,00	
	Sub-total de materiales				Q	5 163,50	
	Desperdicio				Q	258,18	
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>					<b>Q</b>	<b>5 421,68</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>							
	<b>Excavación</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>		
	Excavación	35,00	m <sup>3</sup>	Q 28,00	Q	980,00	
	Albañiles	40,00	días	Q 100,00	Q	4 000,00	
	Sub-total de mano de obra calificada				Q	4 980,00	
	Mano de obra no calificada (40 %)				Q	1 992,00	
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>					<b>Q</b>	<b>6 972,00</b>
	<b>Total de materiales y mano de obra</b>					<b>Q</b>	<b>12 393,68</b>
<b>Costos indirectos</b>							
	<b>Administración (3 %)</b>					<b>Q</b>	<b>371,81</b>
	<b>Supervisión (3 %)</b>					<b>Q</b>	<b>371,81</b>
	<b>Imprevistos (2 %)</b>					<b>Q</b>	<b>247,87</b>
	<b>Impuesto, IVA (12 %)</b>					<b>Q</b>	<b>1 487,24</b>
	<b>Utilidades (10%)</b>					<b>Q</b>	<b>1 239,37</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>					<b>Q</b>	<b>16 111,78</b>
	<b>Precio Unitario</b>					<b>Q</b>	<b>8 055,89</b>

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel.

Apéndice 5. **Presupuesto detallado por renglones del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Cuyquel**

1 TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	2 490,00	ml	
<b>Descripción de materiales</b>				
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>
	Madera	50,00	pie/tablar	6,50
	Clavos	5,00	libras	7,50
	Cal	5,00	sacos	25,00
	Sub-Total de materiales			487,50
	Desperdicio (10 % Mat.)			48,75
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>			<b>536,25</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>				
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>
	Alquiler de equipo	9,00	días	450,00
	Encargado	5,00	días	100,00
	Topógrafo	9,00	días	200,00
	cadeneros	9,00	días	60,00
	Sub-total de mano de obra calificada			6 890,00
	Mano de obra no calificada (40 %)			2 756,00
	Prestaciones laborales (66 % de M.O.C. Y M.O.N.C)			482,30
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>			<b>10 128,30</b>
	<b>Total de materiales + mano de obra</b>			<b>10 664,55</b>
<b>Costos indirectos</b>				
	Administración (3 %)			319,94
	Imprevistos (2 %)			213,29
	Impuesto, IVA (12 %)			1 279,75
	Utilidades (10 %)			1 066,46
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>13 543,98</b>
	<b>Precio unitario</b>			<b>5,44</b>

Continuación del apéndice 5.

2		CAPTACIÓN			
2.1	TANQUE DE CAPTACIÓN DE 2 m <sup>3</sup>	1,00	global		
Descripción de materiales					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Cemento 4 000 psi	50,00	sacos	77,00	3 850,00	
Arena de río	5,00	libras	240,00	1 200,00	
Piedrín	6,00	m <sup>3</sup>	240,00	1 440,00	
Piedra	5,00	m <sup>3</sup>	110,00	550,00	
Hierro corrugado 3/8" legítimo	40,00	varillas	29,00	1 160,00	
Hierro liso de 1/4" legítimo	25,00	varillas	14,00	350,00	
Tubo PVC de 2" 160 psi	1,00	unidad	66,00	66,00	
Tubo PVC de 3/4" 160 psi	1,00	unidad	32,00	32,00	
Codo PVC de 90° de 3/4" liso	1,00	unidad	5,00	5,00	
Codo PVC de 90° de 2" liso	1,00	unidad	16,00	16,00	
Cono de rebose de 4" a 2"	1,00	unidad	42,00	42,00	
Tapón liso de 2"	1,00	unidad	3,00	3,00	
Alambre de amarre	6,00	libras	9,00	54,00	
Madera	320,00	pie/tablar	6,50	2 080,00	
Clavos	5,00	libras	9,00	45,00	
Candado de 2"	2,00	unidad	65,00	130,00	
Adaptador macho PVC de 3"	2,00	unidad	45,00	90,00	
Válvula de compuerta de 3"	1,00	unidad	980,00	980,00	
Sub-Total de materiales				12 093,00	
Desperdicio (10 % Mat.)				1 209,30	
<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>13 302,30</b>	
Descripción de mano de obra					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Supervisión de la elaboración del tanque	12,00	m <sup>2</sup>	100,00	1 200,00	
Armado, encofrado, fundición y desencofrado	12,00	m <sup>2</sup>	100,00	1 200,00	
Sub-total de mano de obra calificada				2 400,00	
Mano de obra no calificada (40 %)				960,00	
<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>3 360,00</b>	
<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>16 662,30</b>	
Costos indirectos					
<b>Administración (3 %)</b>				<b>499,87</b>	
<b>Imprevistos (2 %)</b>				<b>333,25</b>	
<b>Impuesto, IVA (12 %)</b>				<b>1 999,48</b>	
<b>Utilidades (10 %)</b>				<b>1 666,23</b>	
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>21 161,12</b>	
				<b>Precio unitario</b>	<b>21 161,12</b>

Continuación del apéndice 5.

3 TANQUE DE DISTRIBUCIÓN				
3.1	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 30 m <sup>3</sup>	1,00	global	
<b>Descripción de materiales</b>				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento 4 000 psi	240,00	sacos	77,00	18 480,00
Arena de río	30,00	m <sup>3</sup>	240,00	7 200,00
Piedrín	15,00	m <sup>3</sup>	240,00	3 600,00
Piedra	15,00	m <sup>3</sup>	110,00	1 650,00
Hierro corrugado de 3/8" legitimo	65,00	varillas	29,00	1 885,00
Alambre de amarre	40,00	libras	9,00	360,00
Madera	600,00	pie/tablar	6,50	3 900,00
Clavos	60,00	libras	9,00	540,00
Candado de 2"	2,00	unidad	65,00	130,00
Adaptador macho PVC de 1 1/2"	1,00	unidad	14,00	14,00
Adaptador macho PVC 1"	6,00	unidad	9,00	54,00
Adaptador macho PVC 2"	2,00	unidad	16,00	32,00
Válvula de compuerta de 2"	1,00	unidad	805,00	805,00
Válvula de compuerta de 1"	2,00	unidad	390,00	780,00
Válvula de compuerta de 1 1/2"	1,00	unidad	680,00	680,00
Válvula de compuerta de 1"	2,00	unidad	545,00	1 090,00
Sub-Total de materiales				41 200,00
Desperdicio (10 % Mat.)				4 120,00
<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>45 320,00</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Supervisión de la elaboración del tanque	52,00	m <sup>2</sup>	100,00	5 200,00
Armado, encofrado, fundición y desencofrado	52,00	m <sup>2</sup>	100,00	5 200,00
Sub-total de mano de obra calificada				10 400,00
Mano de obra no calificada (60 %)				6 240,00
<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>16 640,00</b>
<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>61 960,00</b>
<b>Costos indirectos</b>				
Administración (3 %)				1 858,80
Imprevistos (2 %)				1 239,20
Impuesto, IVA (12 %)				7 435,20
Utilidades (10 %)				6 196,00
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>78 689,20</b>
Precio unitario				78 689,20

Continuación del apéndice 5.

3.2	CAJA HIPOCLORADOR DE 1,5 m <sup>3</sup>	1,00 global			
<b>Descripción de materiales</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Cemento 4 000 psi	12,00	sacos	77,00	924,00
	Arena de río	1,00	m <sup>3</sup>	240,00	240,00
	Piedrín	0,75	m <sup>3</sup>	240,00	180,00
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	9,00	varillas	29,00	261,00
	Hierro liso de 1/4" legitimo	4,00	varillas	14,00	56,00
	Alambre de amarre	5,00	libras	9,00	45,00
	Madera	25,00	pie/tablar	6,50	162,50
	Clavos	2,00	libras	9,00	18,00
	Candado de 2"	2,00	unidad	65,00	130,00
	Tubo pvc de 1/2" 315 psi	1,00	unidad	30,00	30,00
	Tubo pvc de 2" 160 psi	1,00	unidad	64,00	64,00
	Codo pvc de 90° de 1/2" liso	3,00	unidad	4,00	12,00
	Tee pvc de 1 1/2" reducida d 1/2"	1,00	unidad	25,00	25,00
	Válvula de compuerta de 1/2"	1,00	unidad	65,00	65,00
	Comparimetro	1,00	unidad	200,00	200,00
	Dosificador	1,00	unidad	200,00	200,00
	Tapón hemra de 1/2"	1,00	unidad	2,00	2,00
	Tee pvc de 3" reducida a 1/2"	1,00	unidad	100,00	100,00
	Unión pvc de 1/2"	1,00	unidad	2,00	2,00
	Válvula de chorro plastico de 1/2"	1,00	unidad	30,00	30,00
	Sub-total de materiales				2 746,50
	Desperdicio (10 % Mat.)				274,65
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>3 021,15</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Armado, encofrado, fundición y desencofrado	1,50	m <sup>3</sup>	1 200,00	1 800,00
	Sub-total de mano de obra calificada				1 800,00
	Mano de obra no calificada (40 %)				720,00
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>2 520,00</b>
	<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>5 541,15</b>
<b>Costos indirectos</b>					
	Administración (3 %)				166,23
	Imprevistos (2 %)				110,82
	Impuesto, IVA (12 %)				664,94
	Utilidades (10 %)				554,12
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>7 037,26</b>
	<b>Precio unitario</b>				<b>7 037,26</b>

Continuación del apéndice 5.

4		LÍNEA DE CONDUCCIÓN			
4.1	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	1 338,00		ml	
<b>Descripción de materiales</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Codo de 45° PVC 1 1/2"	15,00	unidad	18,00	270,00
	Codo de 90° PVC 1 1/2"	7,00	unidad	18,00	126,00
	Válvula de compuerta de 1 1/2"	2,00	unidad	700,00	1 400,00
	Válvula de aire PVC de 1 1/2"	2,00	unidad	920,00	1 840,00
	Válvula de limpieza PVC de 1 1/2"	2,00	unidad	895,00	1 790,00
	Tubos PVC de 1 1/2" 160 psi	275,00	unidad	78,00	21 450,00
	Pegamento Tangit	10,00	galón	650,00	6 500,00
	Sub-total de materiales				33 376,00
	Desperdicio (10 % Mat.)				3 337,60
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>36 713,60</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Colocación de tubería PVC	275,00	unidad	35,00	9 625,00
	Supervisión	8,00	días	350,00	2 800,00
	Sub-total de mano de obra calificada				12 425,00
	Mano de obra no calificada (60 %)				7 455,00
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>19 880,00</b>
	<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>56 593,60</b>
<b>Costos indirectos</b>					
	Administración (3 %)				1 697,81
	Imprevistos (2 %)				1 131,87
	Impuesto, IVA (12 %)				6 791,23
	Utilidades (10 %)				5 659,36
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>71 873,87</b>
			<b>Precio unitario</b>		<b>53,72</b>

Continuación del apéndice 5.

5		RED DE DISTRIBUCIÓN			
5.1	RED DE DISTRIBUCIÓN	1 130,00		ml	
<b>Descripción de materiales</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Reductor <i>bushing</i> 1 1/4" a 1/2"	2,00	unidad	15,00	30,00
	Reductor <i>bushing</i> 1 1/4" a 1"	1,00	unidad	12,00	12,00
	Reductor <i>bushing</i> 1" a 3/4"	1,00	unidad	6,00	6,00
	Reductor <i>bushing</i> 3/4" a 1/2"	1,00	unidad	5,00	5,00
	Tapones de 1/2" liso	8,00	unidad	4,00	32,00
	Tee pvc 1 1/2" a 1 1/4" lisa	1,00	unidad	28,00	28,00
	Tee pvc 1" a 1/2" lisa	1,00	unidad	12,00	12,00
	Tee pvc 1 1/4" con rosca	1,00	libras	15,00	15,00
	Tee pvc 1/2" lisa	4,00	unidad	5,00	20,00
	Válvula de compuerta de 1 1/4"	1,00	unidad	630,00	630,00
	Válvula de compuerta de 1"	2,00	unidad	401,00	802,00
	Válvula de compuerta de 1/2"	1,00	unidad	350,00	350,00
	Tubos PVC de 1 1/4" 160 psi	15,00	unidad	62,00	930,00
	Tubos PVC de 1" 160 psi	6,00	unidad	70,00	420,00
	Tubos PVC de 1" 160 psi	12,00	unidad	55,00	660,00
	Tubos PVC de 3/4" 160 psi	25,00	unidad	48,00	1 200,00
	Tubos PVC de 1/2" 160 psi	135,00	unidad	38,00	5 130,00
	Pegamento Tangit	10,00	galón	650,00	6 500,00
	Sub-total de materiales				16 782,00
	Desperdicio (10 % Mat.)				1 678,20
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>18 460,20</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Colocación tubería pvc	195,00	unidad	35,00	6 825,00
	Supervisión	15,00	días	300,00	4 500,00
	Sub-total de mano de obra calificada				11 325,00
	Mano de obra no calificada (60 %)				6 795,00
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>18 120,00</b>
	<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>36 580,20</b>
<b>Costos indirectos</b>					
	Administración (3 %)				1 097,41
	Imprevistos (2 %)				731,60
	Impuesto, IVA (12 %)				4 389,62
	Utilidades (10 %)				3 658,02
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>46 456,85</b>
				Precio unitario	41,11

Continuación del apéndice 5.

6 CONEXIONES DOMICILIARES				
6 CONEXIONES DOMICILIARES		56,00 unidad		
Descripción de materiales				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento 4 000 psi	17,00	sacos	77,00	1 309,00
Arena de río	2,00	m <sup>3</sup>	240,00	480,00
Piedrín	1,00	m <sup>3</sup>	240,00	240,00
Madera	40,00	pie/tablar	6,50	260,00
Clavos	5,00	libras	9,00	45,00
Tubo pvc de 1/2" 315 psi	330,00	unidad	28,00	9 240,00
Adaptador macho pvc de 1/2"	118,00	unidad	2,00	236,00
Codo H.G.T.L. de 90° de 1/2" con rosca	56,00	libras	8,00	448,00
Codo pvc de 90° de 1/2" con rosca	56,00	unidad	4,00	224,00
Copla H.G.T.L. de 90° de 1/2" con rosca	56,00	unidad	6,50	364,00
Llave de chorro de 1/2"	56,00	unidad	92,00	5 152,00
Llave de paso de 1/2"	56,00	unidad	65,00	3 640,00
Niple H.G.T.L. de 0,30 m de 1/2"	56,00	unidad	28,00	1 568,00
Niple H.G.T.L. de 1,50 m de 1/2"	56,00	unidad	67,00	3 752,00
Permatex negro	3,00	tubo	44,00	132,00
Teflón 3/4"	25,00	unidad	8,00	200,00
Sub-total de materiales				27 290,00
Desperdicio (10 % Mat.)				2 729,00
<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>30 019,00</b>
Descripción de mano de obra				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Albañil	60,00	días	100,00	6 000,00
Sub-total de mano de obra calificada				6 000,00
Mano de obra no calificada (60 %)				3 600,00
<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>9 600,00</b>
<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>39 619,00</b>
Costos indirectos				
Administración (3 %)				1 188,57
Imprevistos (2 %)				792,38
Impuesto, IVA (12 %)				4 754,28
Utilidades (10 %)				3 961,90
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>50 316,13</b>

Continuación del apéndice 5.

7		OBRAS DE ARTE			
7.1	CAJA ROMPE PRESIÓN DE 1 m <sup>3</sup>	1,00 global			
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Cemento 4 000 psi	18,00	sacos	77,00	1 386,00
	Arena de río	1,00	m <sup>3</sup>	240,00	240,00
	Piedrín	0,50	m <sup>3</sup>	240,00	120,00
	Piedra	0,50	m <sup>3</sup>	110,00	55,00
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	8,00	varillas	29,00	232,00
	Hierro liso de 1/4" legitimo	3,00	varillas	14,00	42,00
	Alambre de amarre	5,00	libras	9,00	45,00
	Madera	25,00	pie/tablar	6,50	162,50
	Clavos	2,00	libras	9,00	18,00
	Candado de 2"	2,00	unidad	65,00	130,00
	Adaptador macho de 1 1/2"	2,00	unidad	14,00	28,00
	Codo PVC de 90° de 1 1/2" liso	2,00	unidad	14,00	28,00
	Válvula de compuerta de 1 1/2"	1,00	unidad	680,00	680,00
Sub-total de materiales					3 166,50
Desperdicio (10 % Mat.)					316,65
<b>Total de materiales + Desperdicio</b>					<b>3 483,15</b>
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Armando, encofrado fundición y desencofrado	1,00	m <sup>3</sup>	920,00	920,00
Sub-total de mano de obra calificada					920,00
Mano de obra no calificada (40 %)					368,00
<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>					<b>1 288,00</b>
<b>Total de materiales + mano de obra</b>					<b>4 771,15</b>
Costos indirectos					
Administración (3 %)					143,13
Imprevistos (2 %)					95,42
Impuesto, IVA (12 %)					572,54
Utilidades (10 %)					477,12
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>					<b>6 059,36</b>
<b>Precio unitario</b>					<b>6 059,36</b>

Continuación del apéndice 5.

7.2	CAJA DE VÁLVULA DE AIRE				1,00	global
<b>Descripción de materiales</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>	
	Cemento 4 000 psi	12,00	sacos	77,00	924,00	
	Arena de río	1,00	m <sup>3</sup>	240,00	240,00	
	Piedrín	0,50	m <sup>3</sup>	240,00	120,00	
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	13,00	varillas	29,00	377,00	
	Hierro liso de 1/4" legitimo	7,00	varillas	14,00	98,00	
	Alambre de amarre	4,00	libras	9,00	36,00	
	Madera	25,00	pie/tablar	6,50	162,50	
	Clavos	5,00	libras	9,00	45,00	
	Candado de 2"	2,00	unidad	65,00	130,00	
	Adaptador hembra de pvc de 1" c/rosca	3,00	unidad	8,00	24,00	
	Reductor <i>bushing</i> de pvc de 3" a 1" liso	2,00	unidad	50,00	100,00	
	Reductor <i>bushing</i> pvc de 1 1/2" a 1" liso	1,00	unidad	7,00	7,00	
	Tee pvc de 3" liso	2,00	unidad	83,00	166,00	
	Tee pvc de 1 1/2" liso	1,00	unidad	14,00	14,00	
	Válvula de aire BVK1 de 1"	1,00	unidad	120,00	120,00	
	Sub-total de materiales				2 563,50	
	Desperdicio (10 % Mat.)				256,35	
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>2 819,85</b>	
<b>Descripción de mano de obra</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>	
	Armado, encofrado, fundición y desencofrado	1,00	unidad	720,00	720,00	
	Sub-total de mano de obra calificada				720,00	
	Mano de obra no calificada (40 %)				288,00	
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>1 008,00</b>	
	<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>3 827,85</b>	
<b>Costos indirectos</b>						
	Administración (3 %)				114,84	
	Imprevistos (2 %)				76,56	
	Impuesto, IVA (12 %)				459,34	
	Utilidades (10 %)				382,79	
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>4 861,37</b>	
	<b>Precio unitario</b>				<b>4 861,37</b>	

Continuación del apéndice 5.

7,30	CAJA DE VÁLVULA DE LIMPIEZA		1,00 global		
<b>Descripción de materiales</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Cemento 4 000 psi	8,00	sacos	77,00	616,00
	Arena de río	1,00	m^3	240,00	240,00
	Piedrín	0,50	m^3	240,00	120,00
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	13,00	varillas	29,00	377,00
	Hierro liso de 1/4" legítimo	7,00	varillas	14,00	98,00
	Alambre de amarre	4,00	libras	9,00	36,00
	Madera	25,00	pie/tablar	6,50	162,50
	Clavos	5,00	libras	9,00	45,00
	Candado de 2"	2,00	unidad	65,00	130,00
	Adaptador hembra pvc de 4"	3,00	unidad	10,00	30,00
	Adaptador hembra pvc de 1 1/2"	2,00	unidad	55,00	110,00
	Tee pvc de 4" lisa	2,00	unidad	85,00	170,00
	Tee pvc de 1 1/2" liso	1,00	unidad	14,00	14,00
	Válvula de compuerta de 1 1/2"	1,00	unidad	680,00	680,00
	Sub-total de materiales				2 828,50
	Desperdicio (10 % Mat.)				282,85
	<b>Total de materiales + Desperdicio</b>				<b>3 111,35</b>
<b>Descripción de mano de obra</b>					
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>TOTAL</b>
	Armado, encofrado, fundición y desencofrado	1,00	unidad	720,00	720,00
	Sub-total de mano de obra calificada				720,00
	Mano de obra no calificada (40 %)				288,00
	<b>Total de M.O.C.+M.O.N.C</b>				<b>1 008,00</b>
	<b>Total de materiales + mano de obra</b>				<b>4 119,35</b>
<b>Costos indirectos</b>					
	Administración (3 %)				123,58
	Imprevistos (2 %)				82,39
	Impuesto, IVA (12 %)				494,32
	Utilidades (10 %)				411,94
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLÓN</b>				<b>5 231,57</b>
	<b>Precio unitario</b>				<b>5 231,57</b>

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel.



# ANEXOS

## Anexo 1. Análisis bacteriológico del agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

O.T. No. 34107 Nº. **3349** 258904

INTERESADO: <u>HAMILTON OMAR TÁ QUEJ</u> CARNÉ No. <u>201021196</u>	PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL TACTIC, ALTA VERAPAZ"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>ALDEA CUYQUEL</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2014-11-10; 17 h 19 min.</u>
FUENTE: <u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2014-11-11; 11 h 10 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Tactic</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Alta Verapaz</u>	

SABOR: <u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u>
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: _____
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>	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		130	2

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

Guatemala, 2014-11-18

Vo.Bo.   
**Inga. Telma Maricela Cano Morales**  
 DIRECTORA CI/USAC



**Zelton Sauch Sarito**  
 Ing. Químico Col. No. 42  
 MSc/ en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo: 2418-9118, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

145

## Anexo 2. Análisis físico-químico del agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

O.T. No. 34 107

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO SANITARIO

INF. No. 25 922

<p>INTERESADO: <b>HAMILTON OMAR TÁ QUEJ, CARNÉ 201021196</b></p> <p>RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>ALDEA CUYQUEL</u></p> <p>FUENTE: <u>Nacimiento</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>Tactic</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Alta Verapaz</u></p>	<p>PROYECTO: <b>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA CUYQUEL TACTIC, ALTA VERAPAZ"</b></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2014-11-10; 17 h 19 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2014-11-11; 11 h 10 min.</u></p> <p>CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
--	---

**RESULTADOS**

1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA. (En el momento de recolección) <u>12° C Aprox. (según etiqueta)</u>
2. COLOR: <u>03,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>205,00 µmhos/cm</u>
3. TURBIEDAD: <u>02,98 UNT</u>	6 potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,76 unidades</u>	

SUSTANCIAS		SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
	mg/L		mg/L		mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,02	6. CLORUROS (Cl)	10,50	11. SOLIDOS TOTALES	133,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> )	00,00	7. FLUORUROS ( F )	00,01	12. SOLIDOS VOLÁTILES	15,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	05,80	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	00,00	13. SOLIDOS FIJOS	118,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,04	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	05,00
5. MANGANESO (Mn)	00,014	10. DUREZA TOTAL	120,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	109,00

**ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)**

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	118,00	118,00

OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física y química el agua cumple con las normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>ra</sup> EDITION 2005, NORMAS COGUANDR NCO 4 010 ( SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 ( AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2014-11-18

Vo.Bo.

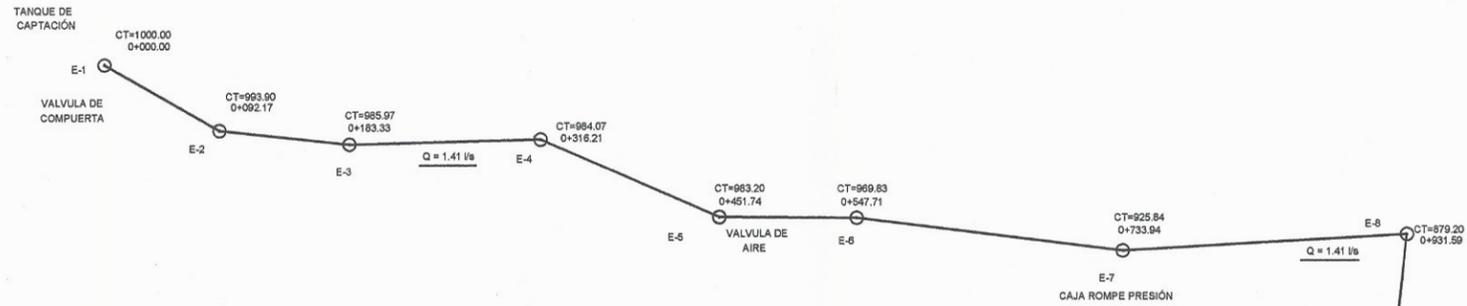
Inga. Telma Maricela Cano Rodríguez  
DIRECTORA CI/USAC

**Zelma María Bermúdez**  
Ing. Química Col. No. 920  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



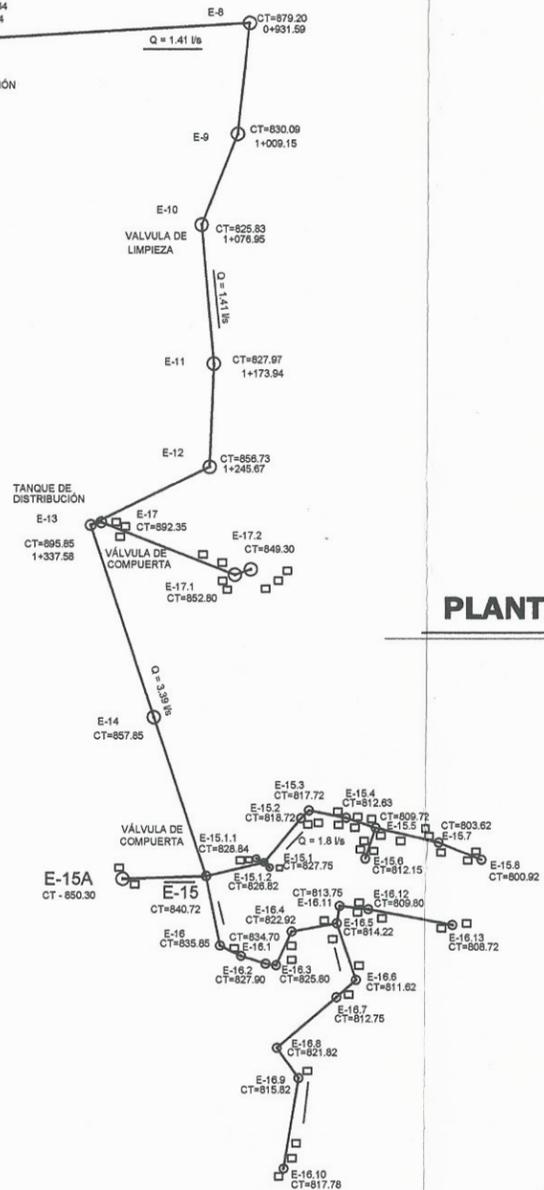
FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



CONDUCCIÓN				
EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA	COTA
1				1000
1	2	209°35'57"	92.27	993.9
2	3	186°04'6"	91.06	985.97
3	4	178°31'11"	132.88	984.07
4	5	213°28'24"	135.53	983.2
5	6	180°21'41"	95.97	969.83
6	7	187°01'46"	186.23	925.84
7	8	176°41'45"	197.65	879.2
8	9	276°07'29"	77.56	830.09
9	10	291°41'32"	67.8	825.83
10	11	264°55'40"	96.99	827.97
11	12	272°14'34"	71.73	856.73
12	13	333°54'38"	91.91	895.85

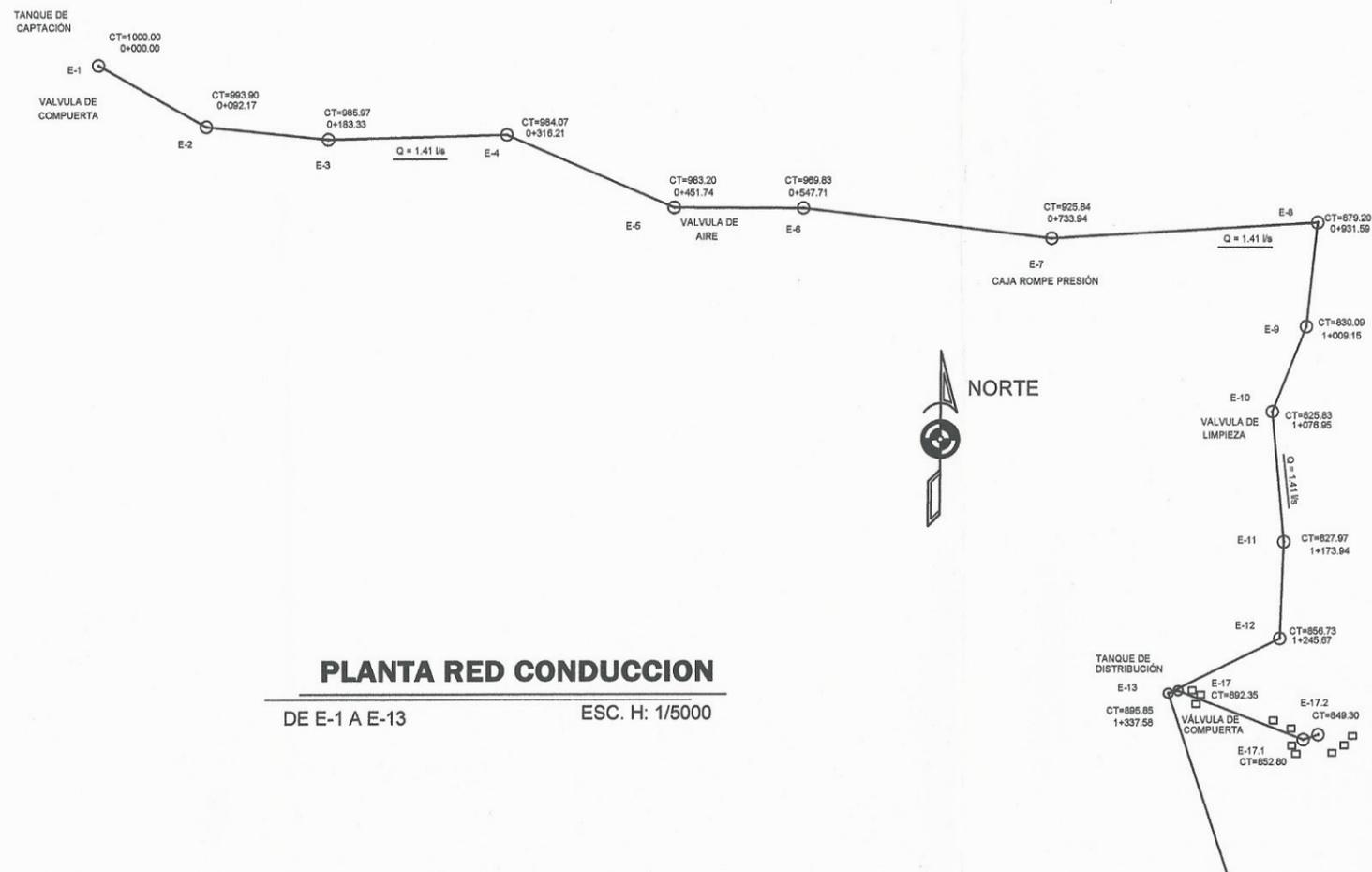
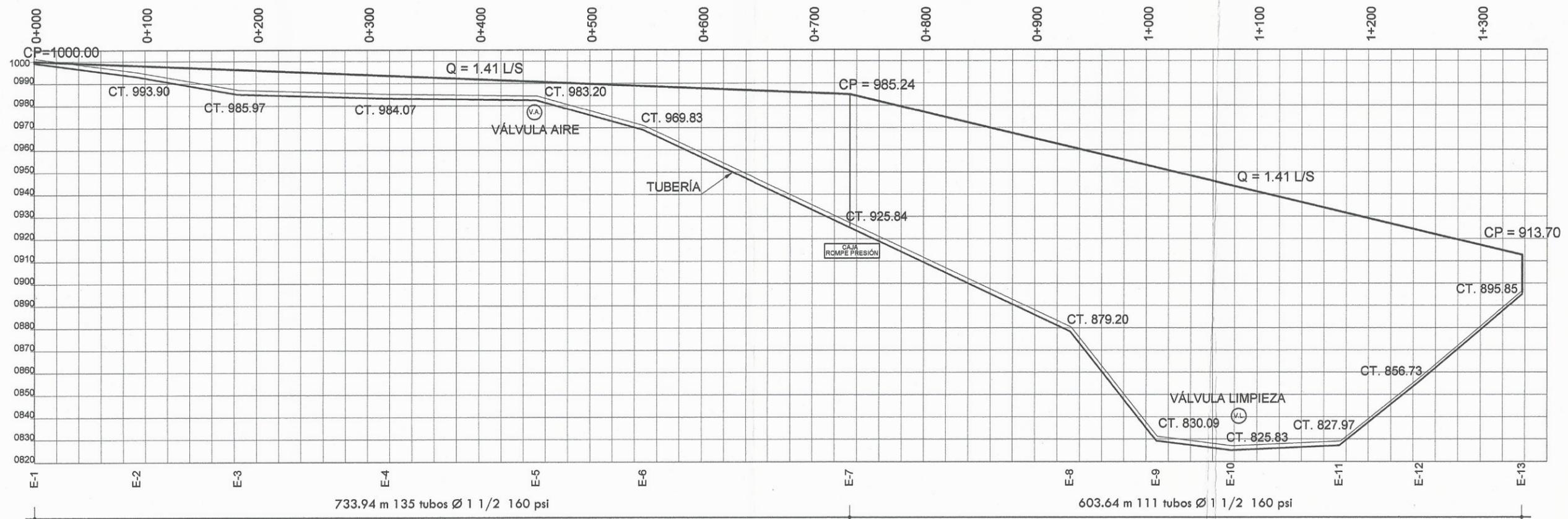
DISTRIBUCIÓN				
13	14	251°45'27"	140.86	857.85
14	15	251°46'09"	116.44	840.72
RAMAL 15				
15	15.1	166°51'19"	41.57	827.75
15.1	15.1.1	25°49'46"	6.22	828.84
15.1	15.1.2	223°26'24"	5.14	826.82
15.1	15.2	129°36'36"	39.93	818.72
15.2	15.3	135°09'18"	7.71	817.72
15.3	15.4	191°02'30"	26.39	812.63
15.4	15.5	198°43'58"	21.52	809.72
15.5	15.6	288°14'59"	22.72	812.15
15.5	15.7	192°55'54"	45.57	803.62
15.7	15.8	202°17'59"	32.08	800.92
RAMAL 15A				
15	15A	358°07'41"	57.99	850.3
RAMAL 16				
15	16	258°29'27"	49.23	835.85
16	16.1	206°20'24"	16.35	834.7
16.1	16.2	197°51'25"	17.82	827.9
16.2	16.3	188°45'32"	7.4	825.8
16.3	16.4	114°43'47"	25.78	822.92
16.4	16.5	169°34'31"	31.83	814.22
16.5	16.6	251°08'36"	41.46	811.62
16.6	16.7	318°17'48"	18.16	812.75
16.7	16.8	319°32'19"	54.18	821.82
16.8	16.9	234°48'24"	26.07	815.82
16.9	16.1	279°18'45"	63.65	817.78
16.5	16.11	99°23'17"	12.19	813.75
16.11	16.12	186°32'16"	20.08	809.8
16.12	16.13	190°22'25"	60.02	808.72
RAMAL 17				
13	17	165°39'22"	7.6	892.35
17	17.1	201°28'10"	99.64	852.8
17.1	17.2	161°22'01"	11.64	849.3



**PLANTA DE CONJUNTO**

ESC: 1/5000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA			
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN TACTIC, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERIA	SIEBRO: HAMILTON TA	SALCIDO: HAMILTON TA	
NOMBRE: HAMILTON MARTA QUEJ	SIBAO: HAMILTON TA	FECHA: SEPTIEMBRE 2015	
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUYQUEL	ESCALA: INDICADA		
CONTENIDO: PLANTA GENERAL			HOJA 1/8
MANUEL ARRIVILLA COPIETA ABERCA SUPERVISOR			HAMILTON TA EPERISTA DE INGENIERIA



**PLANTA RED CONDUCCION**

DE E-1 A E-13

ESC. H: 1/5000

**PLANTA RED CONDUCCION**

DE E-1 A E-13

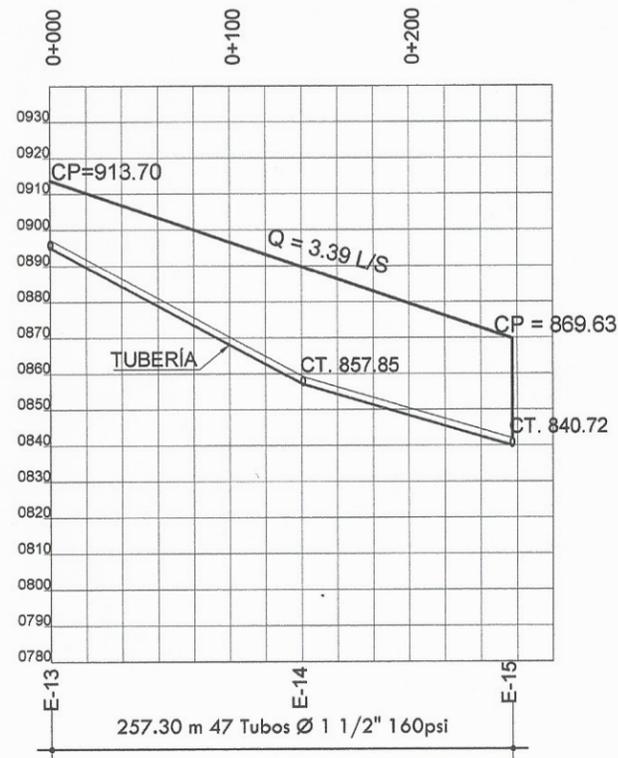
ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

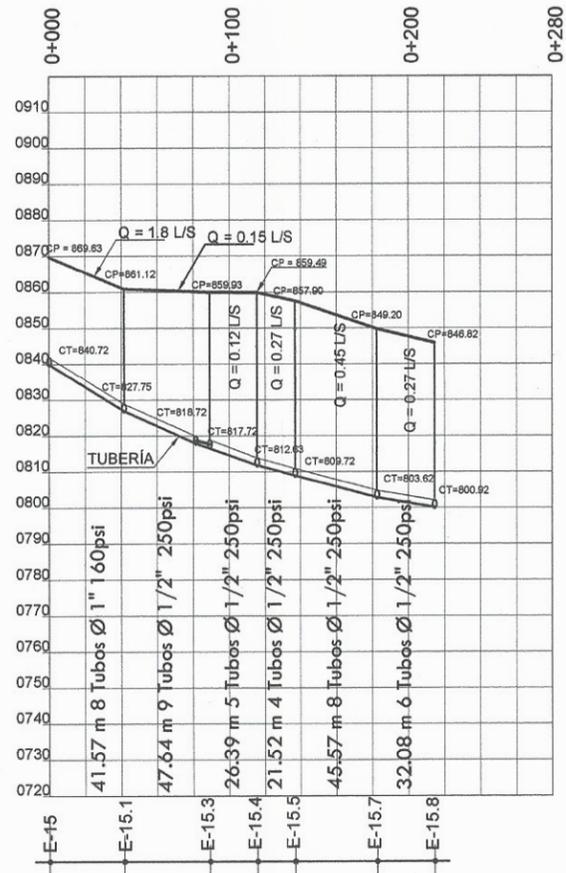
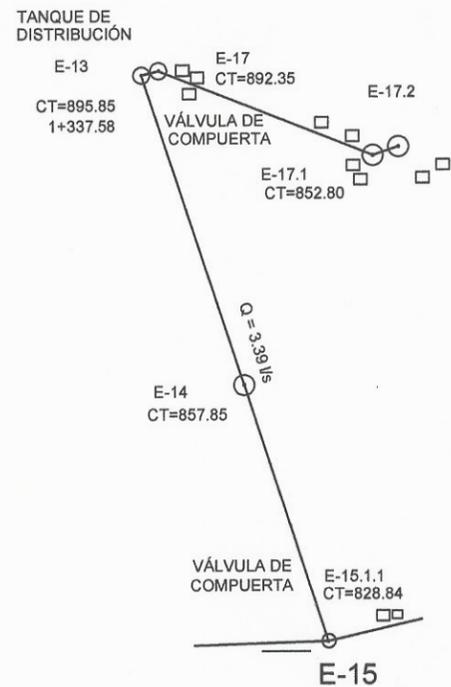
EPS INGENIERÍA	DISEÑO: HAMILTON TA	CALCULO: HAMILTON TA
NOMBRE: HAMILTON OMAR TOQUEJ CARNET: 201041190	DIBUJO: HAMILTON TA	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUYQUEL	ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION		
 ING. HAMILTON ARRIVILLADO COCHERA ABESOR EN INGENIERIA		HAMILTON TA EPESISTA DE INGENIERIA
HOJA		2/8



**PLANTA PERFIL**

DE E-13 A E-15

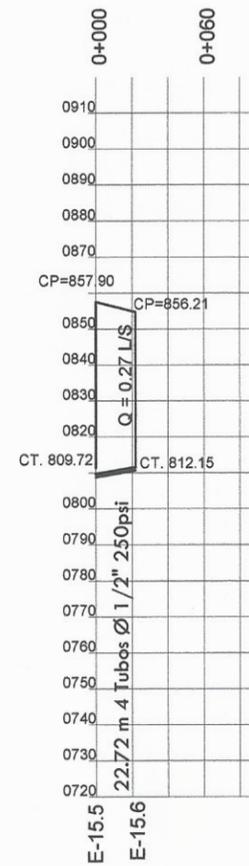
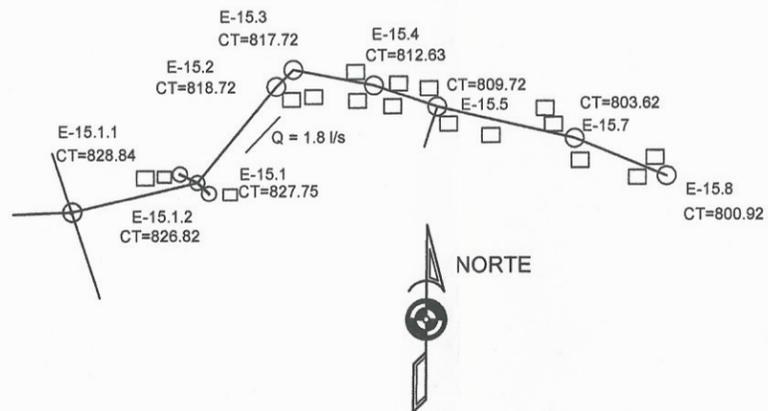
ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000



**PLANTA PERFIL**

DE E-15 A E-18

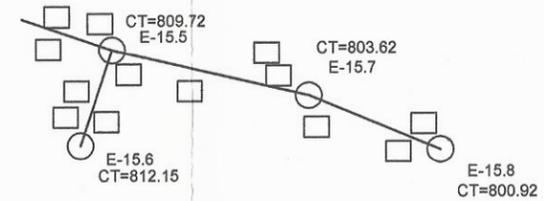
ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000



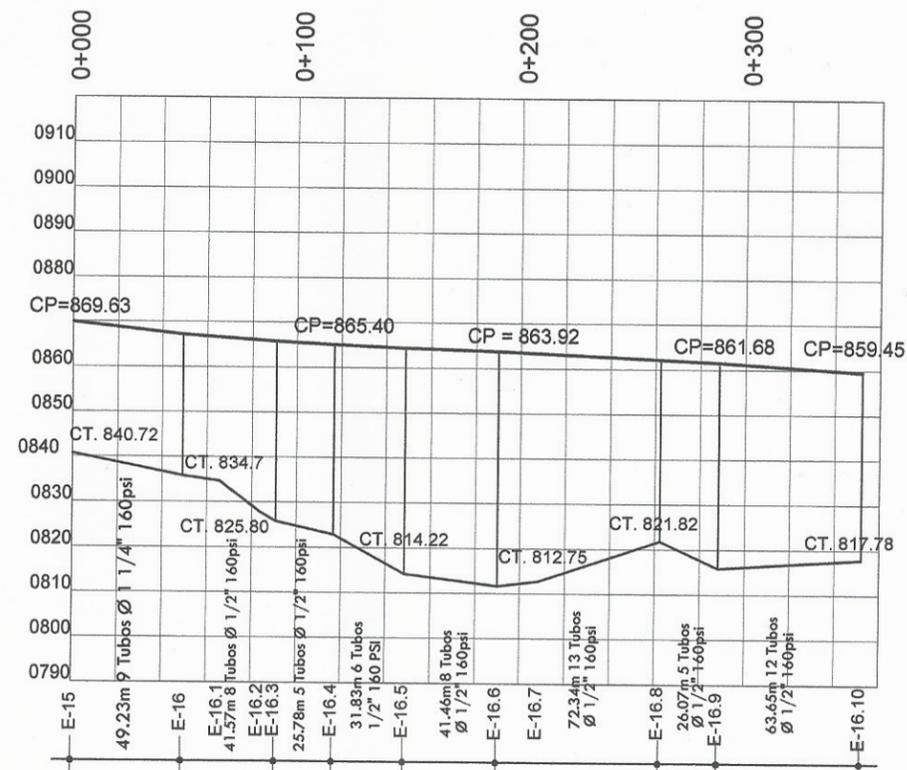
**PLANTA PERFIL**

DE E-15.5 A E-15.6

ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000

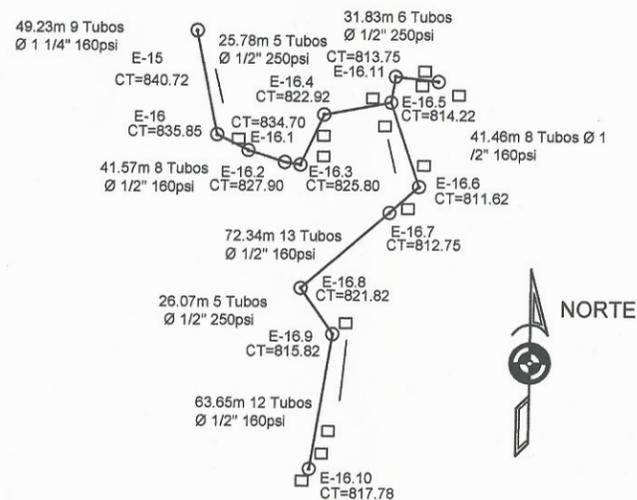


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN			
TACTIC, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERIA		DISEÑO	CALCULO
NOMBRE: HAMILTON OMARITA QUEJ		HAMILTON TA	HAMILTON TA
CARNET: 2010-21195		FECHA:	SEPTIEMBRE 2015
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUY QUEJ		ESCALA:	INDICADA
TITULO: PLANTA PERFIL DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION		HOJA	
ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHOA		3/8	
ABSORBENTE		HAMILTON TA	
		ESPECIALISTA DE INGENIERIA	



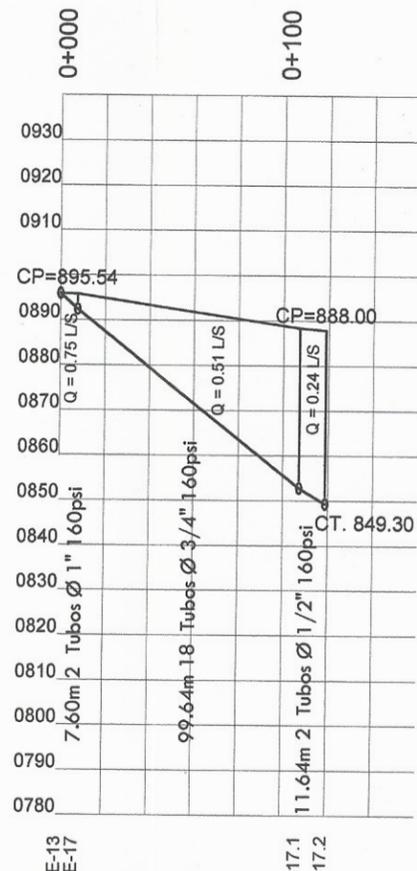
**PLANTA RED DE DIST.**

DE E-15 A E-16.10 ESC. H: 1/4000 ESC. V: 1/2000



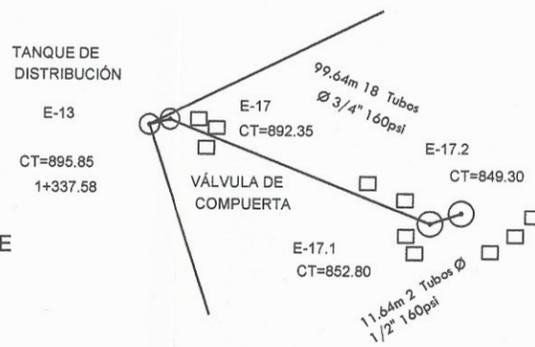
**PLANTA RED DE DISTRIBUCION.**

DE E-15 A E-16.10



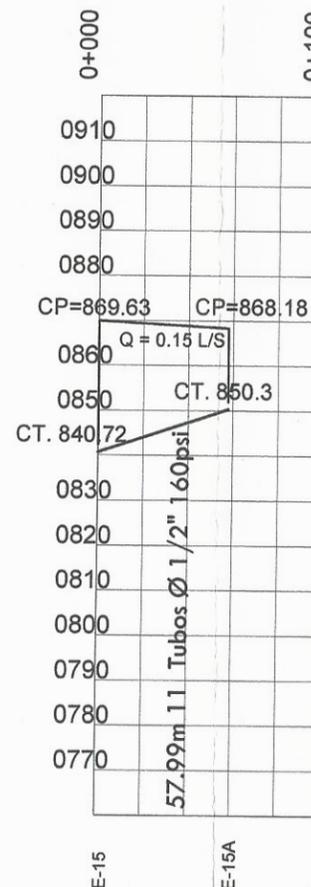
**PLANTA RED DE DIST.**

DE E-13 A E-17.2 ESC. H: 1/4000 ESC. V: 1/2000



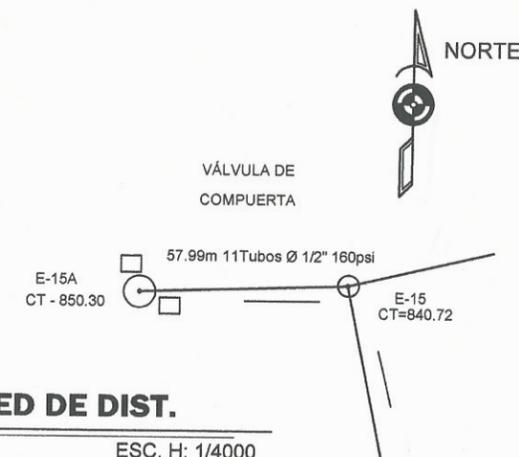
**PLANTA RED DE DIST.**

DE E-13 A E-17.2 ESC. H: 1/4000 ESC. V: 1/2000



**PLANTA RED DE DIST.**

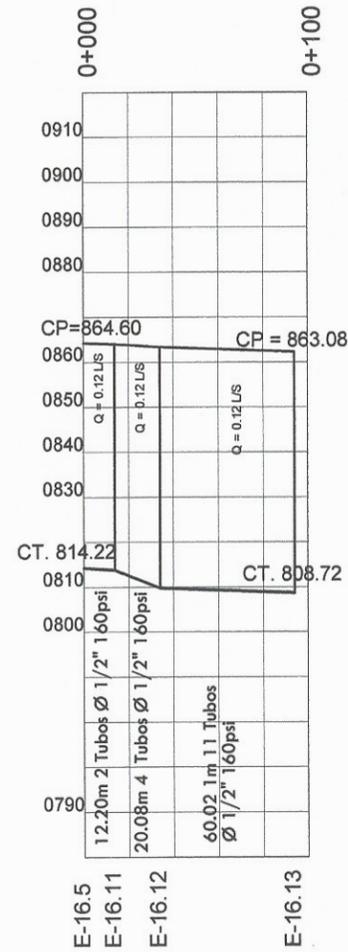
DE E-15 A E-15A ESC. H: 1/4000 ESC. V: 1/2000



**PLANTA RED DE DIST.**

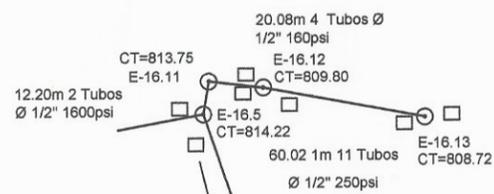
DE E-15 A E-15A ESC. H: 1/4000 ESC. V: 1/2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION TACTICO, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERIA		DESIGNO HAMILTON TA	CALEFICAO HAMILTON TA
NOMBRE: HAMILTON OMAR TA QUEJ CARNET: 2010-1190		DESIGNO HAMILTON TA	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUYQUEJ		ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE RED DE DISTRIBUCION			
ING. MANUEL ARVILLAGA OCHAY ASESOR SUPERVISOR		HAMILTON TA ESTUDIANTE DE INGENIERIA	
HOJA			4/8



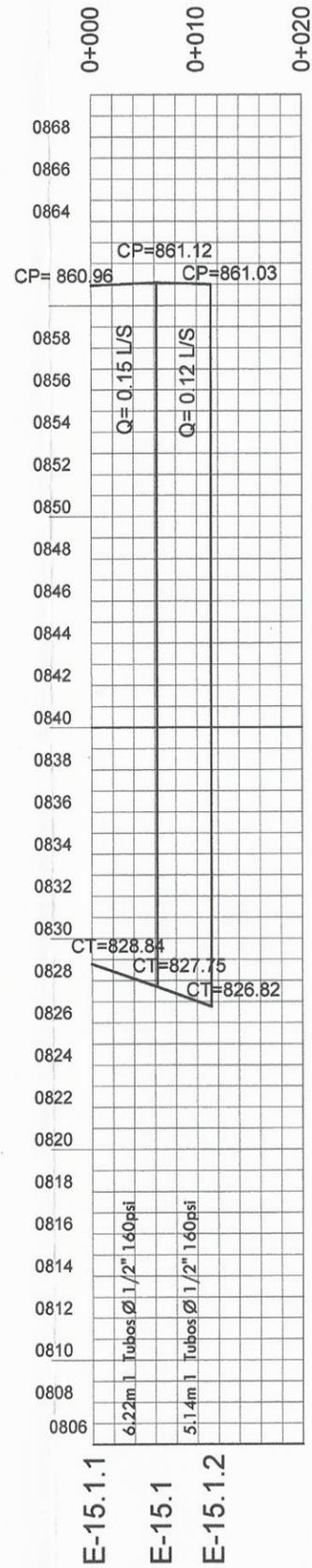
**PLANTA RED DE DIST.**

DE E-16.5 A E-16.3 ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000



**PLANTA RED DE DIST.**

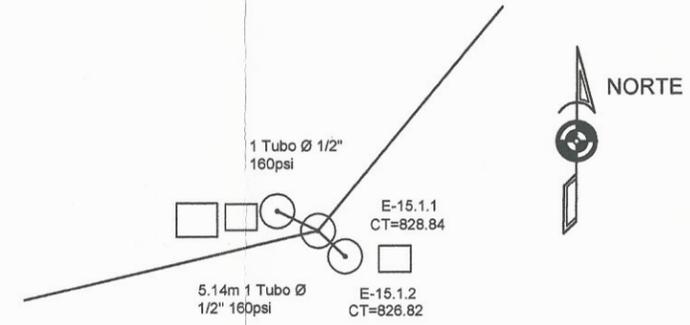
DE E-16.5 A E-16.3 ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000



E-15.1.1  
E-15.1  
E-15.1.2

**PLANTA RED DE DIST.**

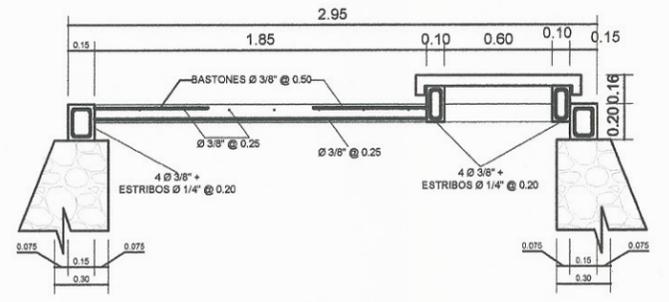
DE E-15.1 A E-16.12 ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000



**PLANTA RED DE DIST.**

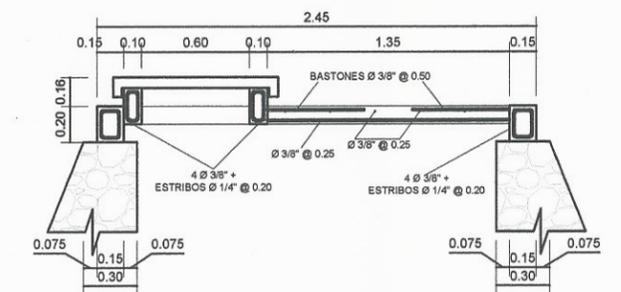
DE E-15.1 A E-16.12 ESC. H: 1/4000  
ESC. V: 1/2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA			
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN TACTIC, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERÍA		DISÑO HAMILTON YA	CALCULO HAMILTON YA
NOMBRE: HAMILTON OMAR TAJUEJ CARNET: 2016-21106		SEJAO HAMILTON YA	FECHA: SEPTIEMBRE 2016
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUTQUEJ			ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE RED Y DISTRIBUCIÓN			
INGENIERO ARRIVADO: HAMILTON YA SEJAO SUPERVISOR		HAMILTON YA EPERISTA DE INGENIERÍA	
HOJA			5/8



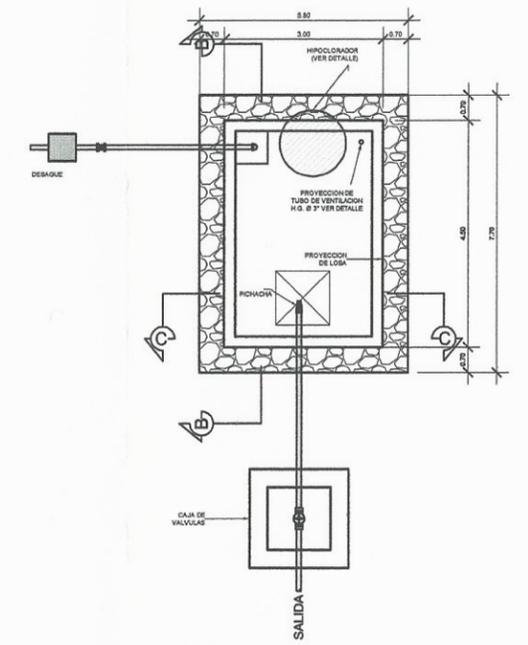
**SECCION D-D' DE TANQUE**

Esc: S/E



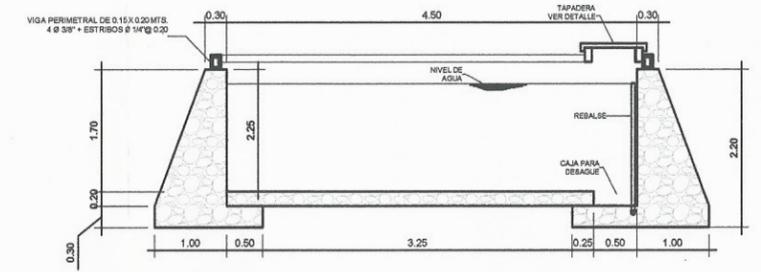
**SECCION E-E' DE TANQUE**

Esc: S/E



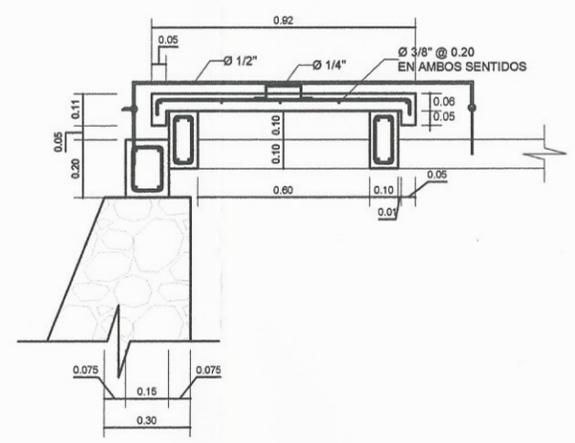
**PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCION**

Esc: S/E



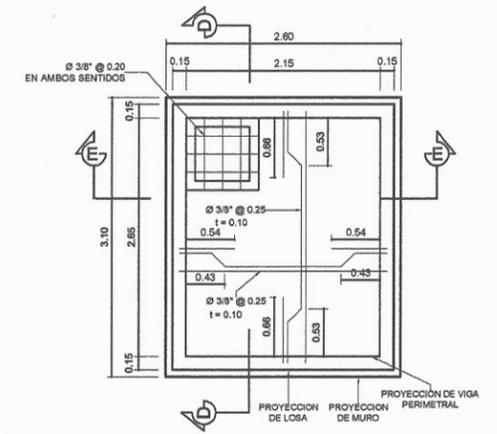
**SECCION B-B' DE TANQUE**

Esc: S/E



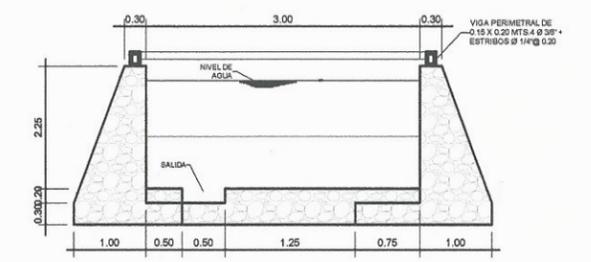
**DETALLE DE TAPADERA**

Esc: S/E



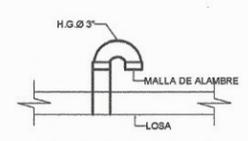
**PLANTA DE ARMADO DE LOSA**

Esc: S/E



**SECCION C-C DE TANQUE**

Esc: S/E



**DETALLE DE TUBO DE VENTILACION**

Esc: S/E

**ESPECIFICACIONES**

- EL CONCRETO CICLOPEO SERÁ UNA COMBINACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL CON PIEDRAS DE UN TAMAÑO MÁXIMO DE 300mm.
- EL CONCRETO SE HARÁ EN PROPORCIÓN DEL VOLUMEN 1:2:3, CEMENTO, ARENA Y PIEDRIN DE 1/2"
- LA CAJA SE REALIZARÁ EN PROPORCIÓN DEL VOLUMEN 1:2:3, CEMENTO, ARENA Y PIEDRIN DE 1/2"
- SE REPELLARÁ EL MURO CICLOPEO Y CAJA CON MORTERO PROPORCIÓN 1:2, CEMENTO Y ARENA CON UN RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE 3 CMS. CON ALISADO EN EL INTERIOR Y EL EXTERIOR.
- TODAS LAS ESPECIFICACIONES DEBEN CUMPLIR CON EL CAPITULO 5 DEL REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL (ACI) 318S-08

**NOTAS**

- PARA LA CAPTACION:**
- SE DEBE CAPTAR EL TOTAL DEL AGUA DEL ACUIFERO DEJANDO PREVISTO EL REBALSE.
  - EN ESTE PLANO SE INDICAN SOLAMENTE LAS ESTRUCTURAS MAS IMPORTANTES, QUEDANDO A CRITERIO DEL INGENIERO CONSTRUCTOR LA DECISION EN PARTICULAR PARA CADA CASO.
  - SE HARÁ UNA ZANJA DE DRENAJE INTERCEPTOR PARA EVITAR INFILTRACIONES DE AGUA SUPERFICIAL Y PARA PROTECCION, SE COLOCARÁ A UN MÍNIMO DE 7 MTS. DE LA CAPTACION.
  - LA EXCAVACION SE HACE HASTA ENCONTRAR EL ESTRATO IMPERMEABLE.
- PARA EL TANQUE DE DISTRIBUCION:**
- EN LAS CARAS INTERIORES DEL TANQUE SE DEBE APLICAR UNA CAPA DE SABIETA DE CEMENTO Y ARENA PROPORCIÓN 1:2 DEBIDAMENTE ALISADA. RECORDAR QUE LA CAPACIDAD DE LAS CARRETILLAS DE MANO ES DE UN PIE CUBICO.
  - DEBE QUEDAR PERFECTAMENTE APISONADO EL TERRENO DEBAJO DE LA LOSA DEL PISO.
  - LA LOSA DEL TANQUE DEBERA TENER 1% DE PENDIENTE HACIA LOS LADOS.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

EPS INGENIERIA

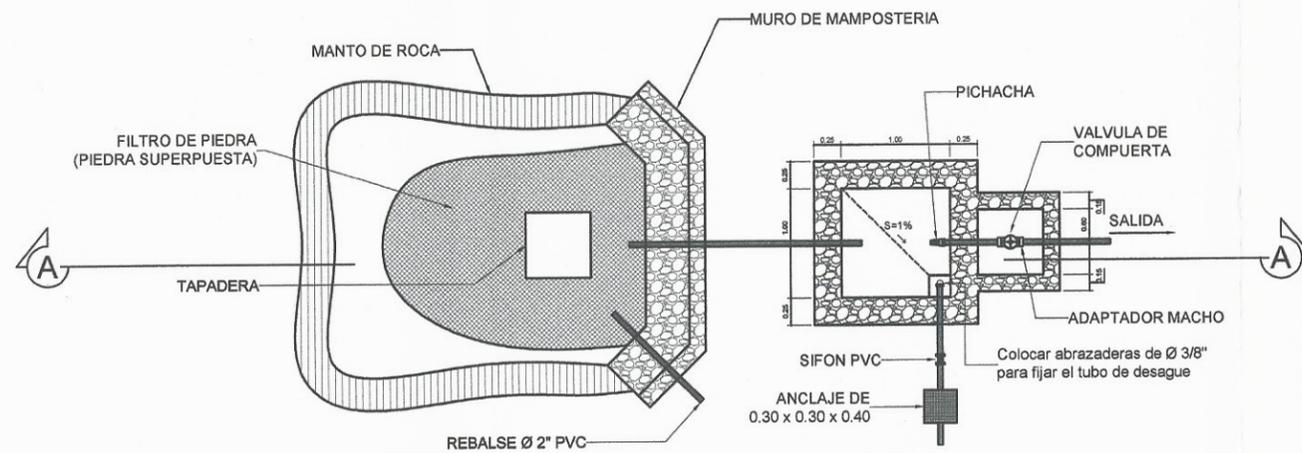
INGENIERO: HAMILTON TA  
CARNET: 2010-21192

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUYQUEL

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

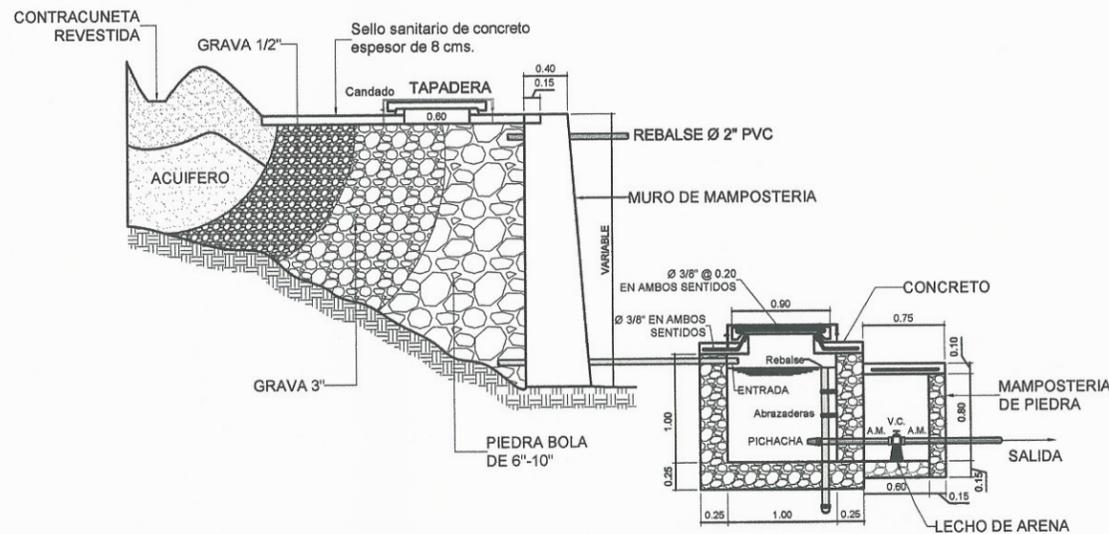
ESCALA: INDICADA

HOJA 6/8



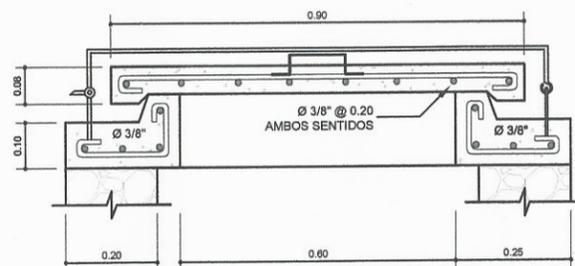
**PLANTA DE CAJA TIPICA DE CAPTACION**

Esc: S/E



**SECCION A-A' DE CAJA TIPICA DE CAPTACION**

Esc: S/E

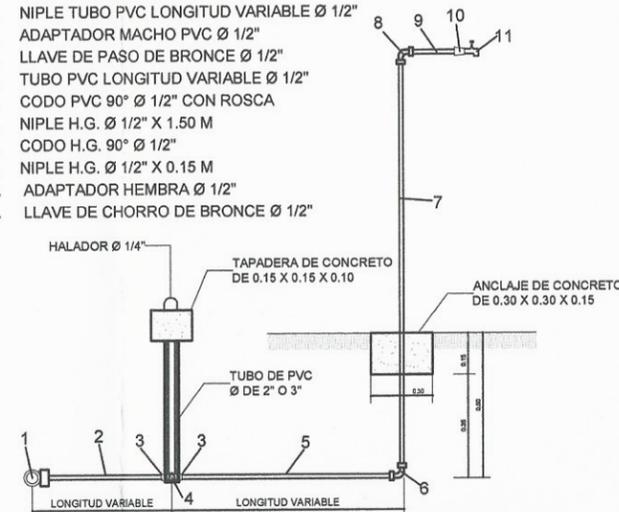


**DETALLE DE TAPADERA**

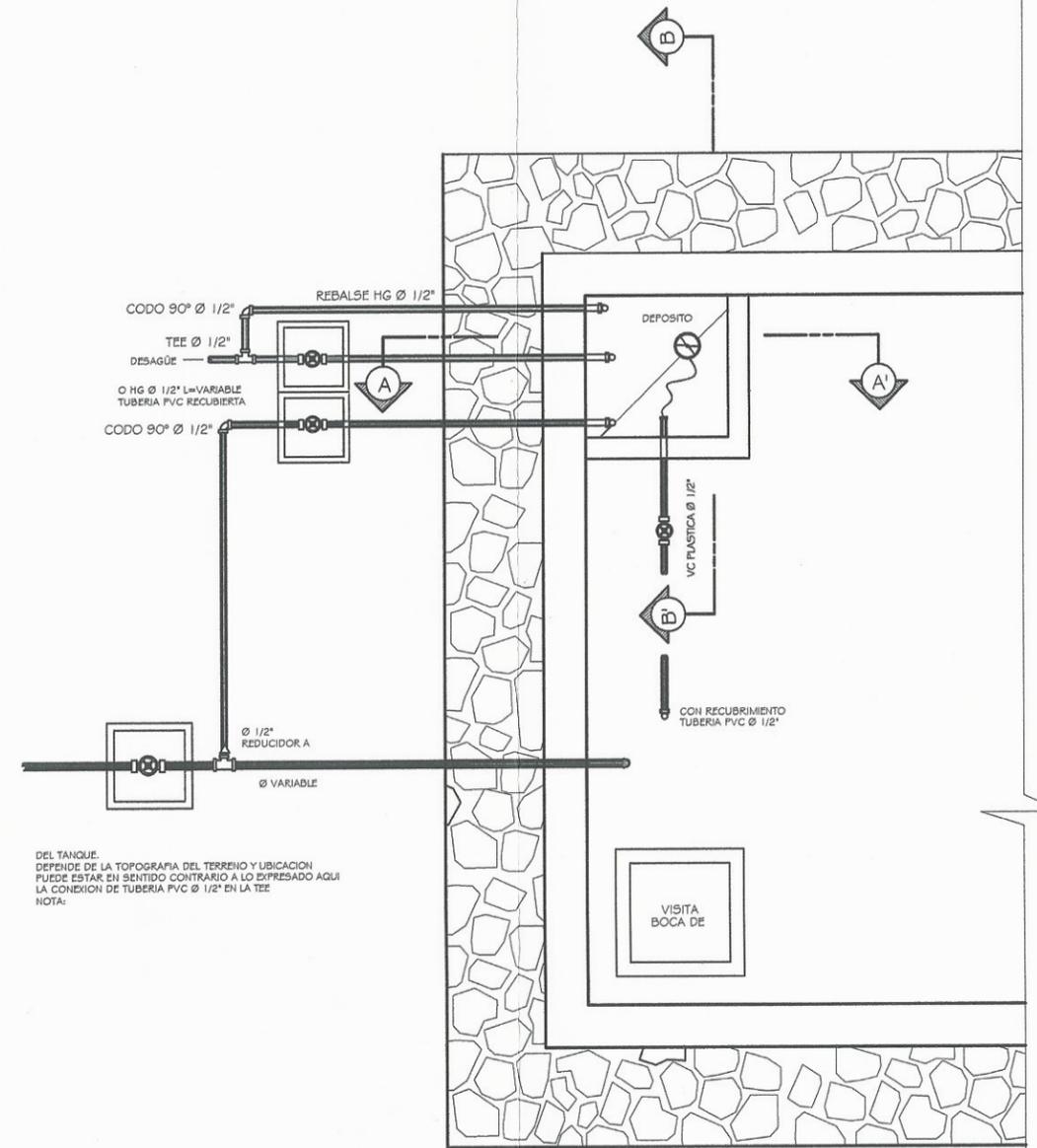
Esc: S/E

**MATERIALES:**

1. RED DE DISTRIBUCION CON Ø 1/2"
2. NIPLE TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"
4. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø 1/2"
5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
6. CODO PVC 90° Ø 1/2" CON ROSCA
7. NIPLE H.G. Ø 1/2" X 1.50 M
8. CODO H.G. 90° Ø 1/2"
9. NIPLE H.G. Ø 1/2" X 0.15 M
10. ADAPTADOR HEMBRA Ø 1/2"
11. LLAVE DE CHORRO DE BRONCE Ø 1/2"



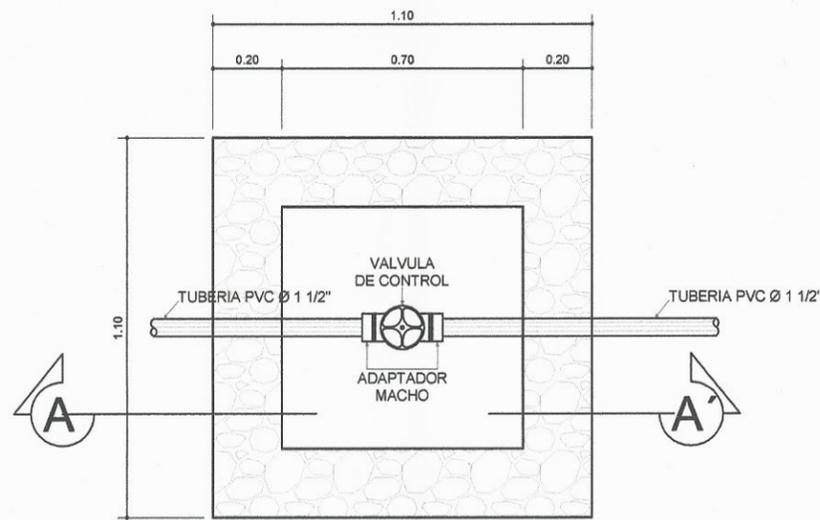
**DETALLE CONEXIÓN DOMICILIAR**



**DETALLE DE HIPOCLORADOR**

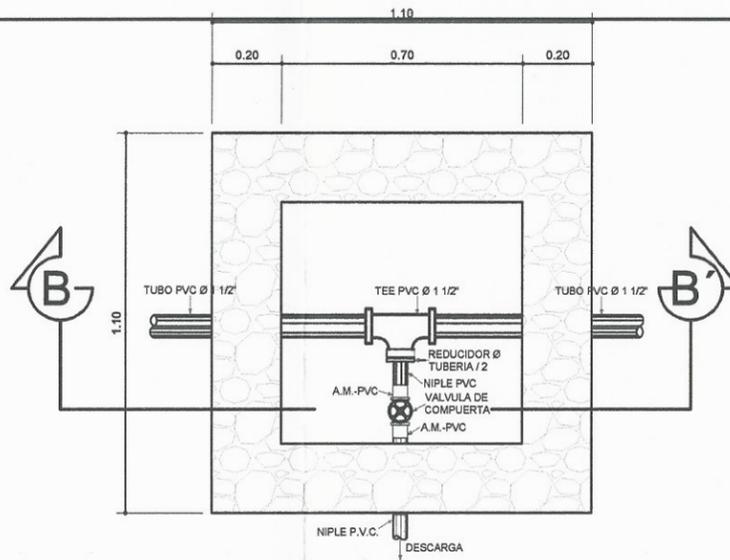
Esc: 1/25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN TÁCTIC, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERIA		DESIGNO: HAMILTON TA	CALCULO: HAMILTON TA
NOMBRE: HAMILTON OSAR TA QUEJ		DESIGNO: HAMILTON TA	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
CARNET: 2010-21198		DESIGNO: HAMILTON TA	ESCALA: INDICADA
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUY QUEJ		DETALLES	
CONVOCADO: [Signature]		[Signature]	
MANUEL ARRANZAGA SAAETA		HAMILTON TA	
ABASTECIMIENTO		EPERISTA DE INGENIERIA	
HOJA			8



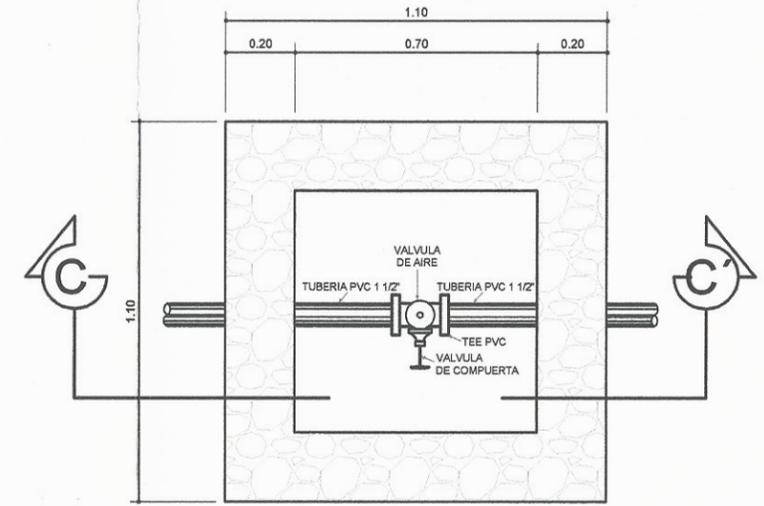
**PLANTA VÁLVULA DE COMPUERTA**

Esc: S/E



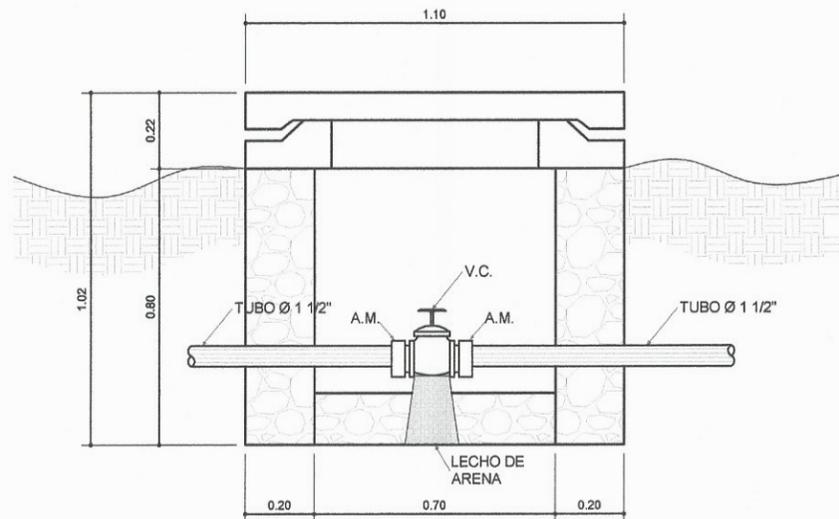
**PLANTA VÁLVULA DE LIMPIEZA**

Esc: S/E



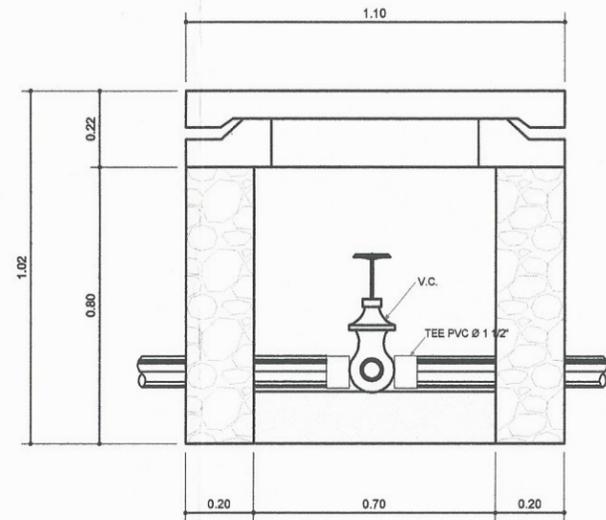
**PLANTA VÁLVULA DE AIRE**

Esc: S/E



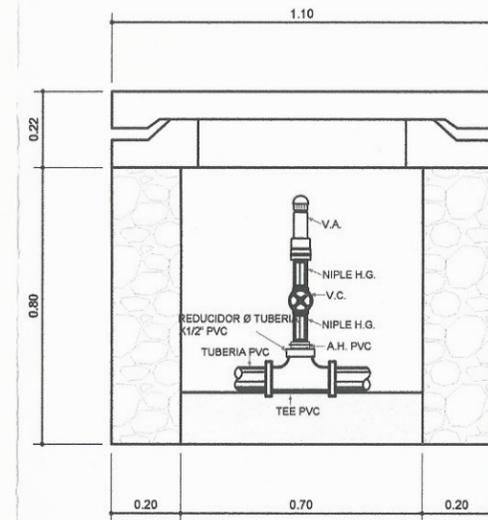
**SECCIÓN A-A'  
VÁLVULA DE COMPUERTA**

Esc: S/E



**SECCIÓN B-B'  
VÁLVULA DE LIMPIEZA**

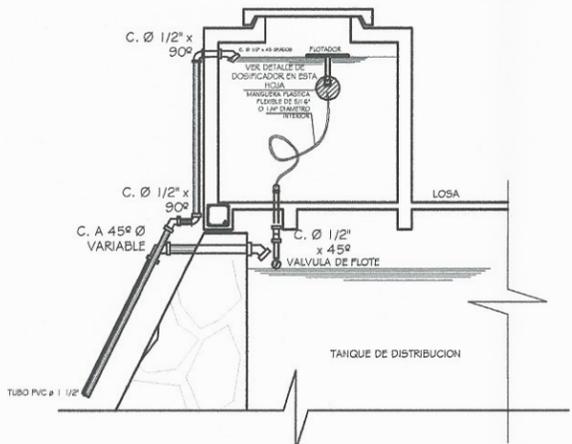
Esc: S/E



**SECCIÓN C-C'  
VÁLVULA DE AIRE**

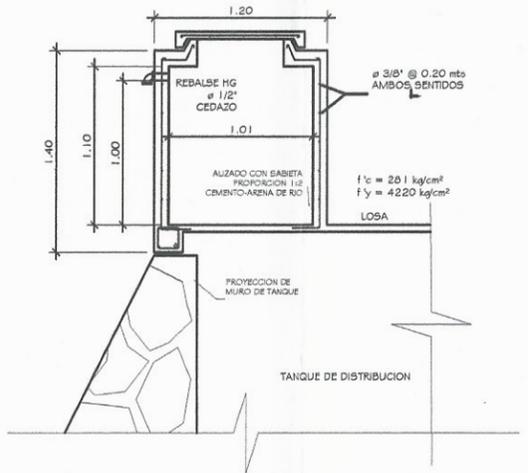
Esc: S/E

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN TACTIC, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERIA NOMBRE: HAMILTON MAR TA QUEJ CARNET: 20102198		DISEÑO: HAMILTON TA	CALCULO: HAMILTON TA
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CUYQUEJ		DIBUJO: HAMILTON TA	FECHA: SEPTIEMBRE 2016
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE RED Y DISTRIBUCION		ESCALA: INDICADA	HOJA 7/8



**SECCION A-A' DE HIPOCLORADOR**

Esc: 1/25

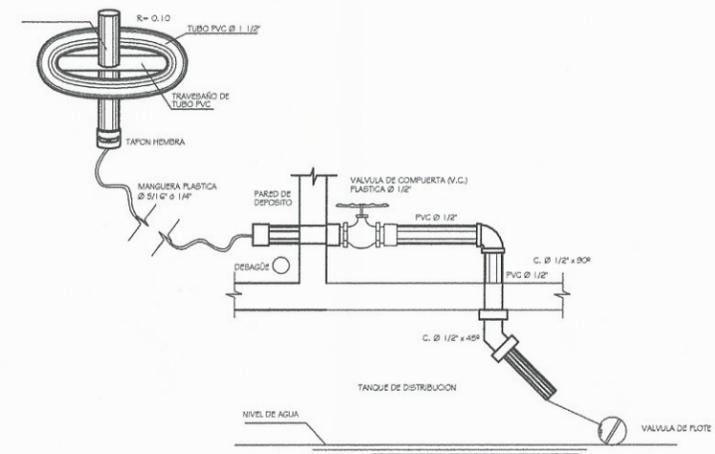


**DETALLE DE ARMADO**

Esc: 1/25

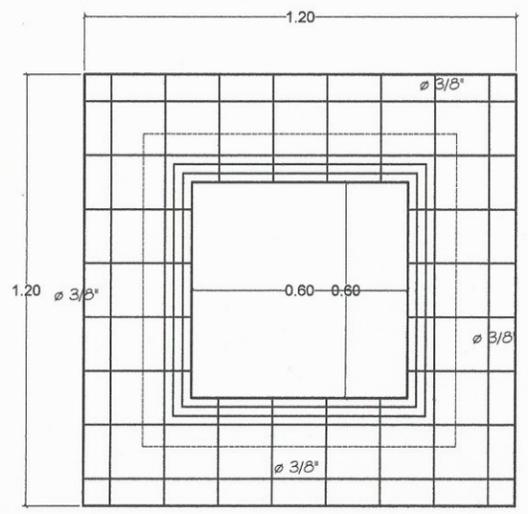
1. PREPARAR LA SOLUCION CONCENTRADA DE HIPOCLORITO DE SODIO EN OTRO TANQUE O DEPOSITO MEZCLANDOLA PERFECTAMENTE. LA TABLA 1 INDICA LA CANTIDAD DE CLOROGENO NECESARIA PARA PREPARAR UNA SOLUCION AL 0.10 % (1.000 p.p.m.)
2. DEJAR SEDIMENTAR LA SOLUCION. EL LIQUIDO CLARO PASARLO AL DEPOSITO DEL HIPOCLORADOR. EL SEDIMENTO DESECHARLO YA QUE ES INACTIVO Y PRODUCE TAPONAMIENTOS EN LA TUBERIA.
3. 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 PROCEDENTE DE CONDUCCION, O EN OTRAS PALABRAS, DEBERA CAER LA SOLUCION DE HIPOCLORITO SOBRE EL CHORRO DE AGUA QUE ENTRA AL TANQUE PROCEDENTE DE LA CONDUCCION, CON EL OBJETO DE LOGRAR UNA BUENA MEZCLA EN TIEMPO RELATIVAMENTE CORTO.
5. 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 HACE CUANDO SE INICIA EL PROCESO DE CLORACION.

HIPOCLORITO NECESARIO PARA PREPARAR SOLUCION AL 0.1 %					
VOLUMEN DE SOLUCION REQUERIDA	CANTIDAD DE HIPOCLORITO				
	65%	67%	68%	69%	70%
LITROS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS
1 lb. = 460 gramos	VOLUMEN DEL DEPOSITO A UTILIZARSE 1000 lts.				
	DOSIFICAR 3 LIBRAS Y 1 ONZA PARA 65 %				
	DOSIFICAR 3 LIBRAS PARA 70 %				



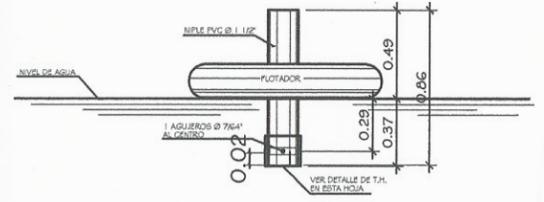
**SECCION B-B' DE HIPOCLORADOR**

Esc: 1/20



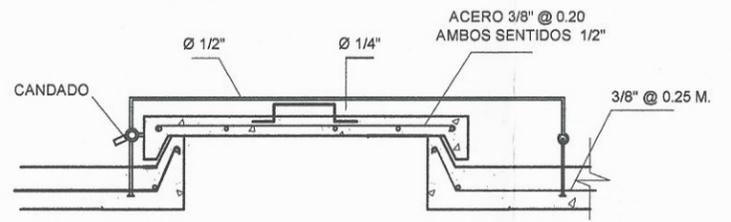
**DETALLE DE LOSA**

Esc: 1/10



**DETALLE DE FLOTADOR**

Esc: 1/20



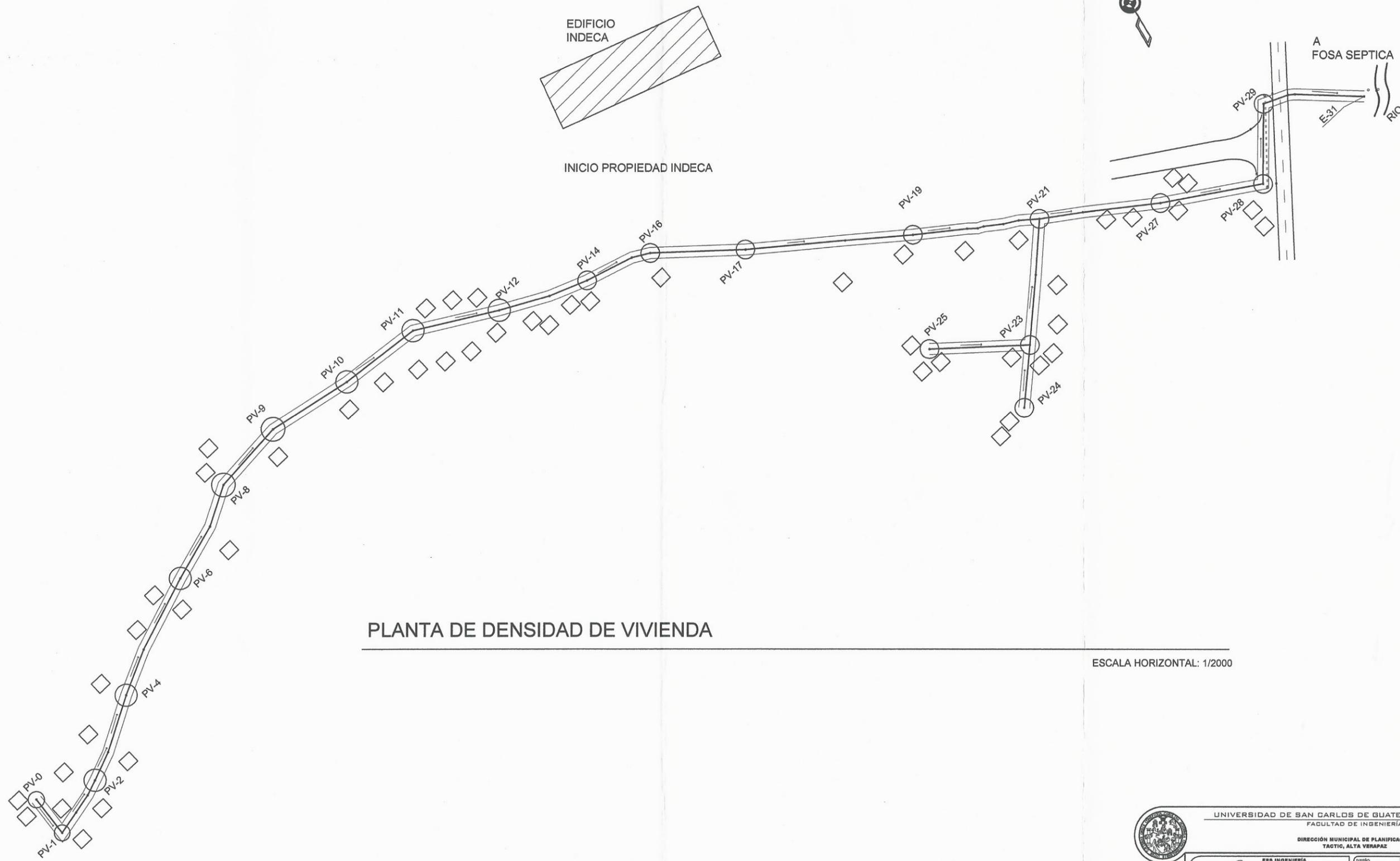
**DETALLE DE TAPADERA**

Esc: 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

EPS INGENIERIA  
DISEÑO: HAMILTON TA  
CALCULO: HAMILTON TA  
NOMBRE: HAMILTON OMAR TA CAJEL  
CARNET: 2010-21198  
FECHA: SEPTIEMBRE 2015  
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA CAYQUEL  
ESCALA: INDICADA  
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE RED Y DISTRIBUCION

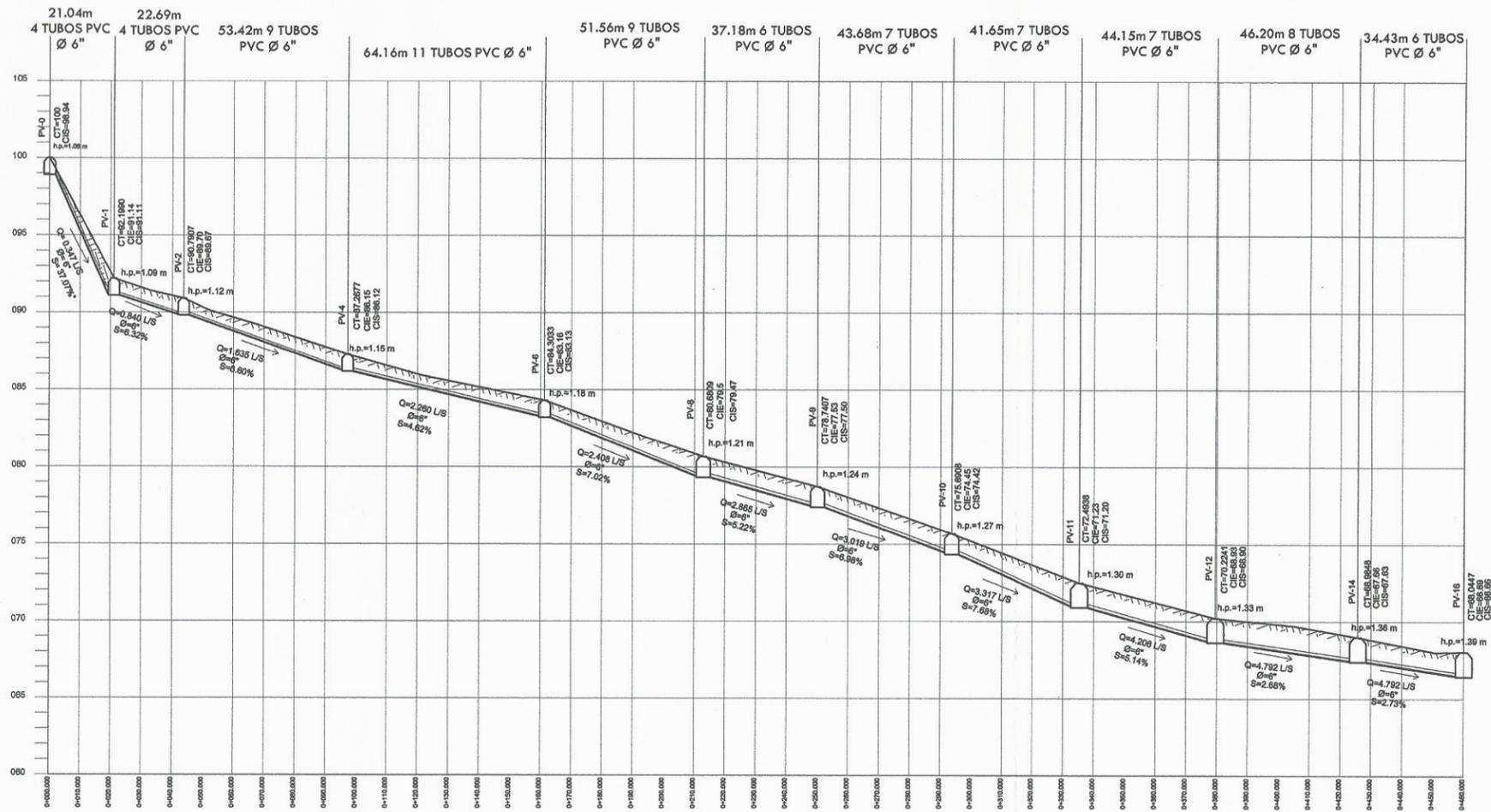
HOJA 8/8



PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA

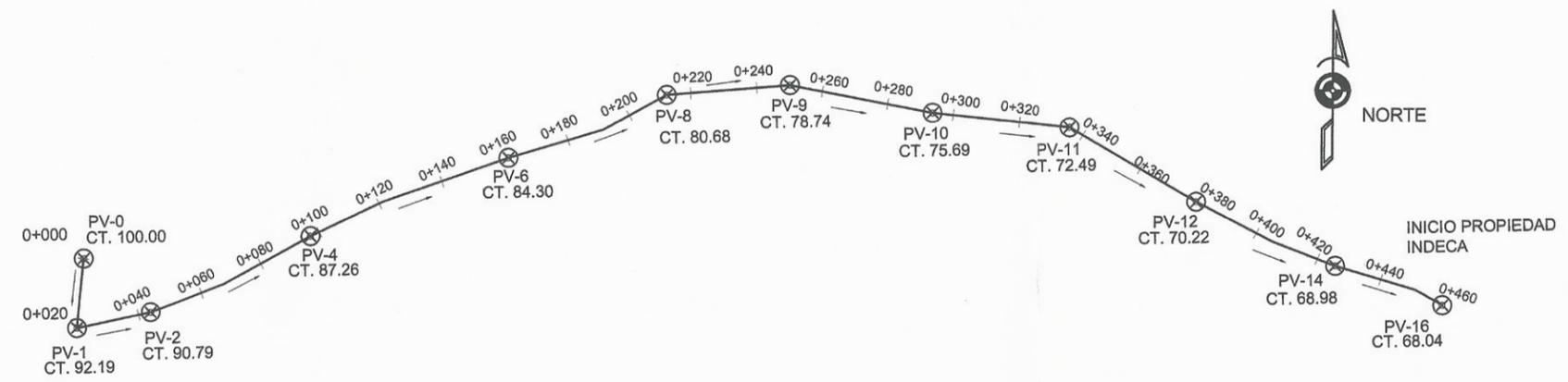
ESCALA HORIZONTAL: 1/2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION			
TACTIC, ALTA VERAPAZ			
EPS INGENIERIA		DISEÑO	CALCULO
NOMBRE: HAMILTON MAR TA QUEJ		HAMILTON TA	HAMILTON TA
CARNET: 206-21199		FECHA	FECHA
PROYECTO: AMPLIACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA TAMPO		HAMILTON TA	SEPTIEMBRE 2015
CONTENIDO: PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA		ESCALA	INDICADA
ING. MANUEL ARRIYLLAGA CHICHA		HAMILTON TA	HOJA
ARQUITECTO		EPESISTA DE INGENIERIA	1/7



PERFIL PV-0 A PV-16

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000  
ESCALA VERTICAL: 1/200



PERFIL PV-0 A PV-16

ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	NOMENCLATURA
PV-00	INDICA POZO DE VISITA
(Natural ground symbol)	INDICA TERRENO NATURAL
(Pipe symbol)	INDICA TUBERÍA
0+000	INDICA CAMINAMIENTO
C.I.E.=0.0	INDICA COTA INVER VE ENTRADA
C.I.S.=0.0	INDICA COTA INVER DE SALIDA
CT	INDICA COTA DEL TERRENO
S%	INDICA % PENDIENTE DE LA TUBERÍA
Q=2.346 l/s	INDICA CAUDAL
Ø=6"	INDICA DIAMETRO DE TUBERÍA

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	NOMENCLATURA
(North arrow)	INDICA NORTE
(Circle)	INDICA ESTACIÓN
(Circle with cross)	INDICA POZO DE VISITA
(Arrow)	INDICA DIRECCIÓN DEL FLUJO
000.00	INDICA COTA
E=00	INDICA ESTACIÓN
(Line)	INDICA LINEA DE CONDUCCIÓN

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO

- CODIGO DE DISEÑO**
- \*Diseño de toda la Red: Metodo del INFOM
  - \*Tubería Ø de 6" sera P.V.C. norma ASTM 3034
  - \* Tipo de Red: Alcantarillado sanitario por gravedad
  - \* Caudal actual 3.80 l/s
  - \*Población Actual: 385 Hab. en 55 Familias
  - \* Metodo de población futura: Geometrico
  - \* Crecimiento Poblacional: 3.50%
  - \* Periodo de Diseño: 30 años
  - \* Población Futura: 1100 Hab en 156 Familias
  - \* Caudal de Diseño: 8.30 l/s
  - \*Dotación: 120 l/hab/día, clima frio segun normas del INFOM
  - \* Factor de Caudal Medio: 0.002
  - \* Factor de Hammond: 3.77
  - \* Coeficiente de Rugosidad (n) P.V.C: 0.010
  - \* Formula de Diseño: Manning
  - \* Relaciones Hidraulicas: Q= A^V

NOTA:  
Los pozos de visita se identificaron conforme el levantamiento topografico

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

EPS INGENIERIA

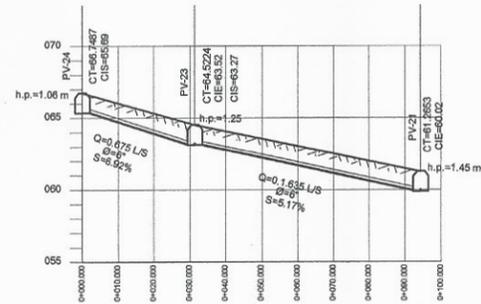
Nombre: HAMILTON ORTIZ LUCAS  
CARNET: 2010-21194

Proyecto: AMPLIACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA TAMPO

Contenido: PLANTA PERFIL DE PV-0 A PV-16

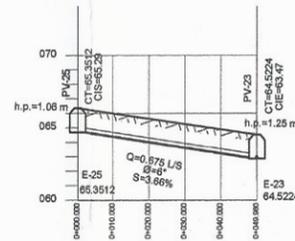
Fecha: 2010-21194  
Fecha: SEPTIEMBRE 2010  
Escala: INDICADA

HOJA  
2/7



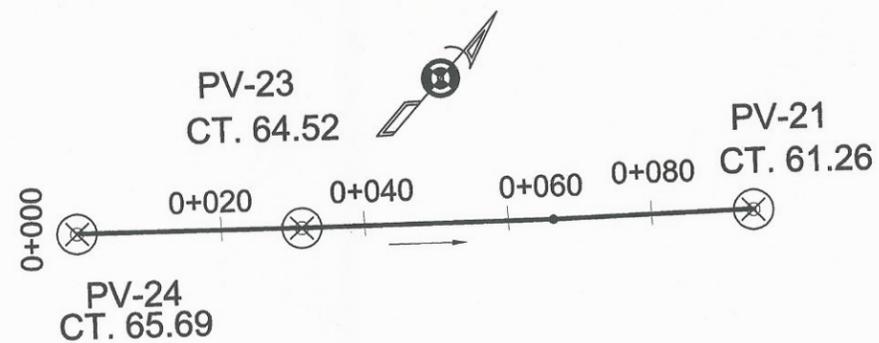
PERFIL PV-24 A PV-21

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/200



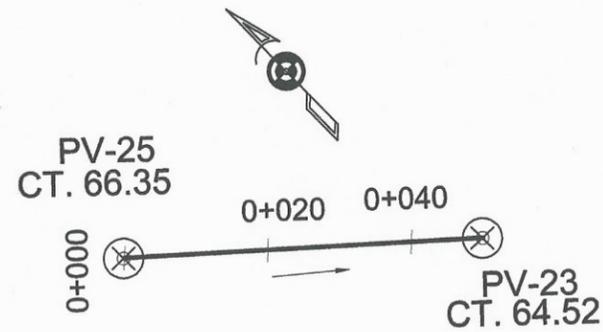
PERFIL PV-25 A PV-23

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/200



PERFIL PV-24 A PV-21

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



PERFIL PV-25 A PV-23

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	NOMENCLATURA
PV-00	INDICA POZO DE VISITA
	INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA TUBERÍA
0+000	INDICA CAMINAMIENTO
C.I.E.=0.0	INDICA COTA INVER VE ENTRADA
C.I.S.=0.0	INDICA COTA INVER DE SALIDA
CT	INDICA COTA DEL TERRENO
S%	INDICA % PENDIENTE DE LA TUBERÍA
Q=2.346 l/s	INDICA CAUDAL
p.v.c Ø 6"	INDICA DIÁMETRO DE TUBERÍA

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	NOMENCLATURA
	INDICA NORTE
	INDICA ESTACIÓN
	INDICA POZO DE VISITA
	INDICA DIRECCIÓN DEL FLUJO
000.00	INDICA COTA
E-00	INDICA ESTACIÓN
	INDICA LINEA DE CONDUCCIÓN

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO

- CODIGO DE DISEÑO**
- \*Diseño de toda la Red: Metodo del INFOM
  - \*Tubería Ø de 6" sera P.V.C. norma ASTM 3034
  - \* Tipo de Red: Alcantarillado sanitario por gravedad
  - \* Caudal actual 3.80 l/s
  - \*Población Actual: 385 Hab. en 55 Familias
  - \* Metodo de población futura: Geometrico
  - \* Crecimiento Poblacional: 3.50%
  - \* Periodo de Diseño: 30 años
  - \* Población Futura: 1100 Hab en 156 Familias
  - \* Caudal de Diseño: 8.30 l/s
  - \*Dotación: 120 l/hab/día, clima frío segun normas del INFOM
  - \* Factor de Caudal Medio: 0.002
  - \* Factor de Harmond: 3.77
  - \* Coeficiente de Rugosidad (n) P.V.C: 0.010
  - \* Formula de Diseño: Manning
  - \* Relaciones Hidraulicas: Q= A^V

NOTA:  
Los pozos de visita se identificaron conforme el levantamiento topografico

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

EPS INGENIERÍA

DESIGNO: HAMILTON TA  
CALCULO: HAMILTON TA

NOMBRE: HAMILTON CHAM TROQUEL  
CARNET: 2016-2-108  
DIBUJO: HAMILTON TA  
FECHA: SEPTIEMBRE 2015

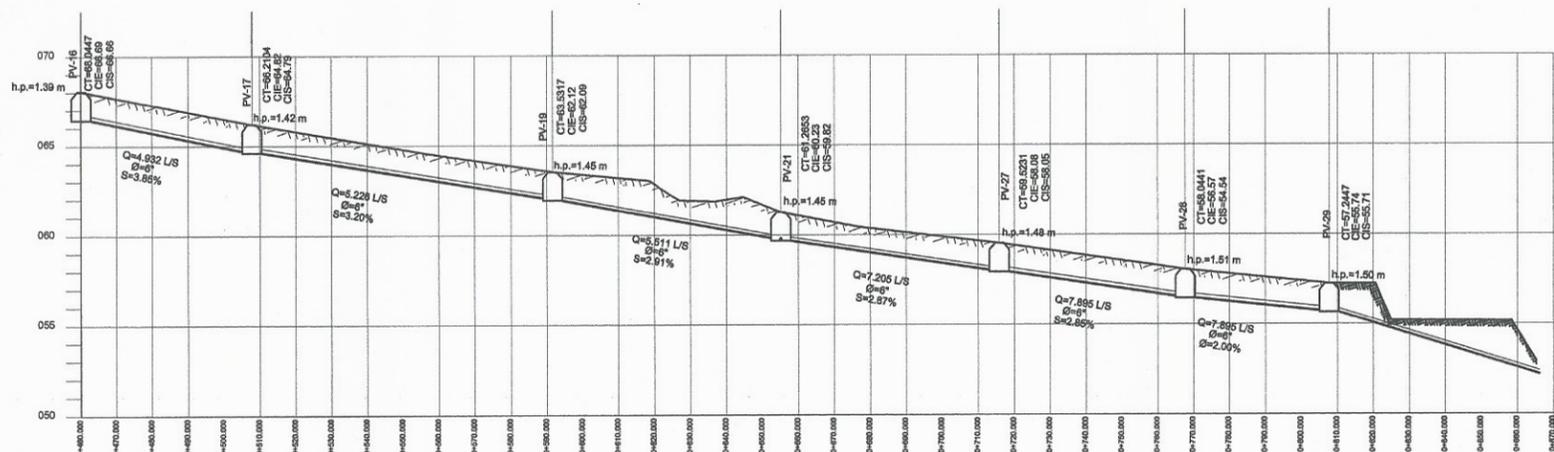
PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA TAMPO  
ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANA A PERFIL DE PV-24 A PV-21 Y PV-25 A PV-23

HOJA 3/7

ING. SAMUEL PRIVALLADA GONZALEZ  
ASESOR SUPERIOR

HAMILTON TA  
EPESISTA DE INGENIERIA



PERFIL PV-16 A PV-29

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000  
ESCALA VERTICAL: 1/200

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	NOMENCLATURA
PV-00	INDICA POZO DE VISITA
(Solid line)	INDICA TERRENO NATURAL
(Dashed line)	INDICA TUBERÍA
0+000	INDICA CAMINAMIENTO
C.I.E=0.0 C.I.S.=0.0	INDICA COTA INVER VE ENTRADA INDICA COTA INVER DE SALIDA
CT	INDICA COTA DEL TERRENO INDICA % PENDIENTE DE LA TUBERÍA
Q=2.348 l/s p.v.c Ø 6"	INDICA CAUDAL INDICA DIAMETRO DE TUBERÍA

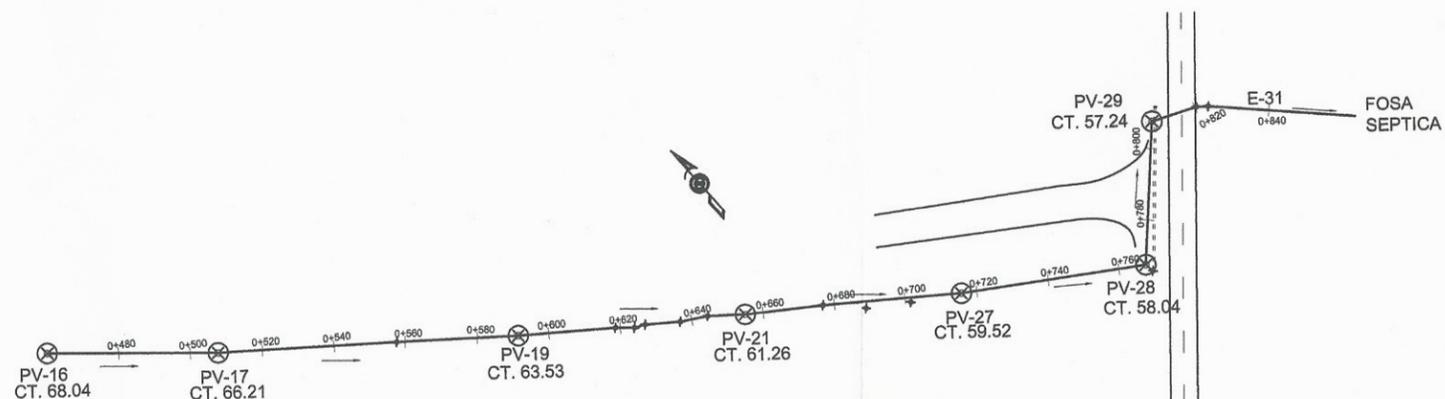
SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	NOMENCLATURA
(Arrow pointing North)	INDICA NORTE
(Circle)	INDICA ESTACIÓN
(Circle with cross)	INDICA POZO DE VISITA
(Arrow pointing right)	INDICA DIRECCIÓN DEL FLUJO
000.00 E-00	INDICA COTA INDICA ESTACIÓN
(Solid line)	INDICA LINEA DE CONDUCCIÓN

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO

CODIGO DE DISEÑO

- \*Diseño de toda la Red: Metodo del INFOM
- \*Tubería Ø de 6" sera P.V.C. norma ASTM 3034
- \*Tipo de Red: Alcantarillado sanitario por gravedad
- \*Caudal actual 3.80 l/s
- \*Población Actual: 385 Hab. en 55 Familias
- \*Metodo de población futura: Geométrico
- \*Crecimiento Poblacional: 3.50%
- \*Periodo de Diseño: 30 años
- \*Población Futura: 1100 Hab en 156 Familias
- \*Caudal de Diseño: 8.30 l/s
- \*Dotación: 120 l/hab/día, clima frío segun normas del INFOM
- \*Factor de Caudal Medio: 0.002
- \*Factor de Harmond: 3.77
- \*Coeficiente de Rugosidad (n) P.V.C: 0.010
- \*Formula de Diseño: Manning
- \*Relaciones Hidraulicas: Q= A\*V

NOTA:  
Los pozos de visita se identificaron conforme el levantamiento topografico



PERFIL PV-16 A PV-29

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN TACTIC, ALTA VERAPAZ

**EPS INGENIERIA**  
DISEÑO: HAMILTON TA  
CALCULO: HAMILTON TA

NOMBRE: HAMILTON OSWALTA QUEJ  
CARNET: 2010-21190  
SEBUJO: HAMILTON TA  
FECHA: SEPTIEMBRE 2015

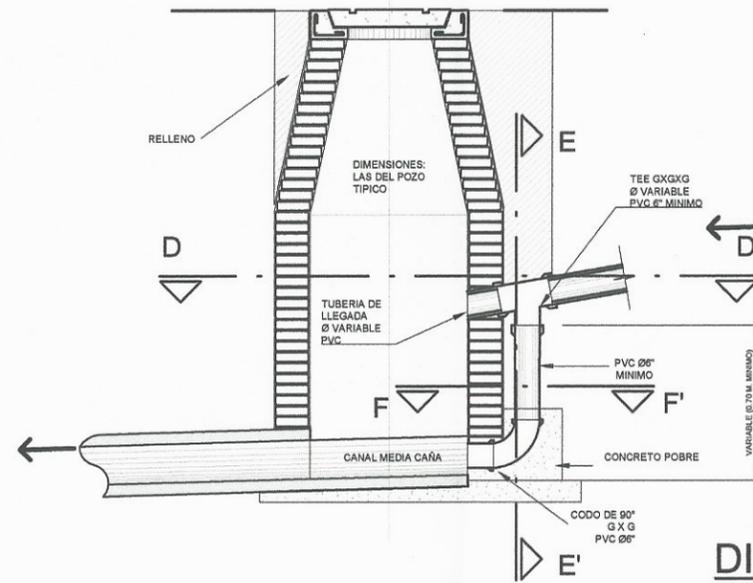
PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA TAMPO  
ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE PV-16 A PV-29

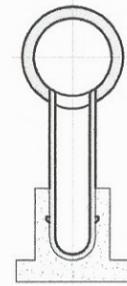
HAMILTON TA  
INGENIERO ARRIVALLAGA  
ABRIL SUPERVISOR

HAMILTON TA  
ESPECIALISTA DE INGENIERIA

HOJA  
4/7

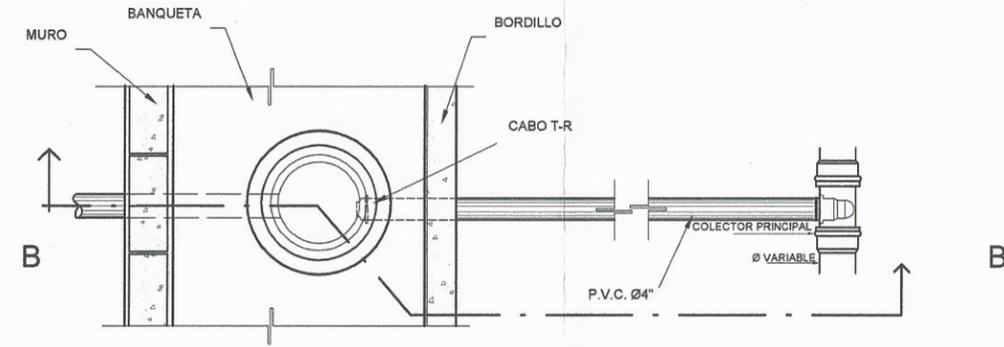


**CORTE G-G'**  
ESCALA 1/50



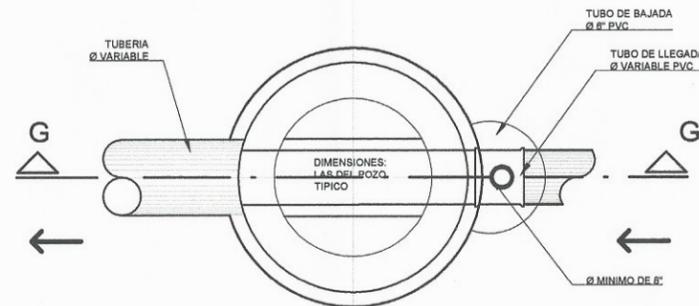
**DISIPADOR DE ENERGIA**  
ESCALA 1/50

**CONEXION DOMICILIAR A TUBERIA PRINCIPAL**

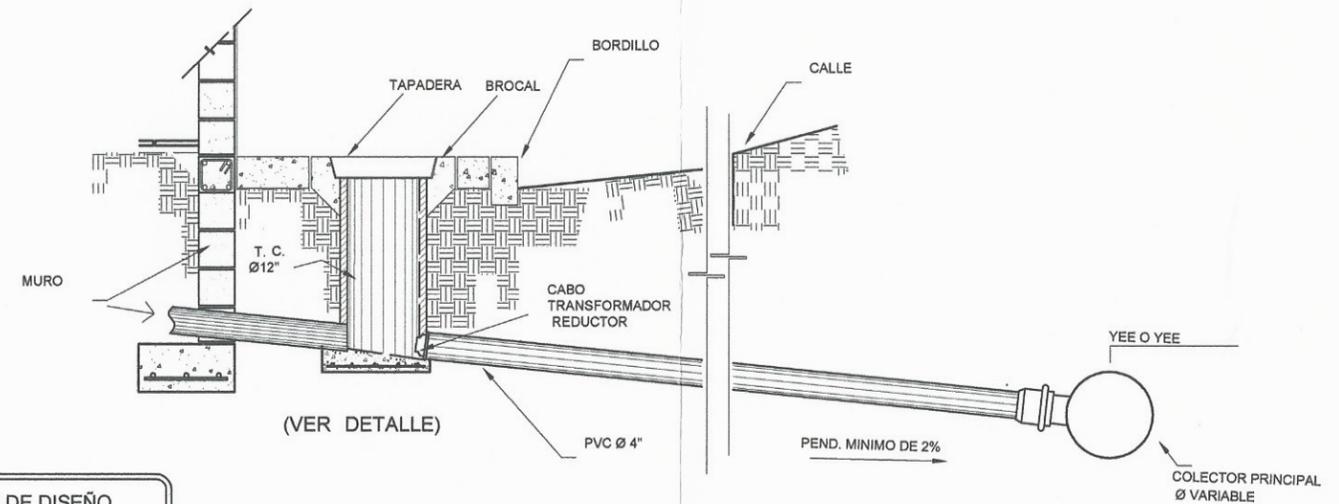


**PLANTA**  
ESCALA 1/15

**POZO CON CAIDA MAYOR DE 0.70 MTS**



**PLANTA CORTE D-D'**  
ESCALA 1/50



**SECCION B-B'**  
ESCALA 1/15

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO**

- CODIGO DE DISEÑO**
- \*Diseño de toda la Red: Metodo del INFOM
  - \*Tubería Ø de 6" sera P.V.C. norma ASTM 3034
  - \* Tipo de Red: Alcantarillado sanitario por gravedad
  - \* Caudal actual 3.80 l/s
  - \*Población Actual: 385 Hab. en 55 Familias
  - \* Metodo de población futura: Geometrico
  - \* Crecimiento Poblacional: 3.50%
  - \* Periodo de Diseño: 30 años
  - \* Población Futura: 1100 Hab en 156 Familias
  - \* Caudal de Diseño: 8.30 l/s
  - \*Dotación: 120 l/hab/día, clima frio segun normas del INFOM
  - \* Factor de Caudal Medio: 0.002
  - \* Factor de Harmond: 3.77
  - \* Coeficiente de Rugosidad (n) P.V.C: 0.010
  - \* Formula de Diseño: Manning
  - \* Relaciones Hidraulicas:  $Q = A \cdot V$

**ACERO**

1. EL ACERO DEBERÁ TENER UN  $F_y = 2,800 \text{ KG/CM}^2$

**CONCRETO**

1. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN  $F'_c = 210 \text{ KG/CM}^2$   
DIAMETRO MINIMO DE 1/2"

**CARGAS (Resistencia)**

CONCRETO 2,400 KG/M<sup>3</sup> PROPORCIÓN 1:2:3  
CÓDIGOS DE DISEÑO ACI 318/08

**MAMPOSTERÍA**

1. LA MAMPOSTERÍA SERÁ CONFORME LA NORMA C-62 DE LA ASTM
2. SE USARÁ LADRILLO TAYUYO DE 0.065 X 0.11 X 0.23 O LADRILLO PERFORADO DE IGUAL DIMENSIÓN
3. EL ÁREA DE VACIOS EN LADRILLOS PERFORADOS, NO DEBERÁ SER MAYOR QUE EL 25% DEL ÁREA TOTAL.
4. EL LADRILLO TENDRÁ UNA RESISTENCIA DE 84 KG/CM<sup>2</sup>

**MORTERO (SABIETA)**

1. PROPORCIÓN 1:3 = (1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RÍO)
2. EL AGUA A USARSE DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE ACIDOS ACEITE, SAL Y SUBSTANCIAS DAÑINAS
3. EL CEMENTO A USARSE SERÁ PORTLAN TIPO 1 CONFORME LA NORMA C-150 DE LA ASTM
4. LA ARENA A USARSE SERÁ, ARENA DE RÍO SECA, CONFORME A LA NORMA C-144C DE LA ASTM

**TUBERÍA P.V.C.**

1. LA TUBERÍA SERÁ CONFORME A LA NORMA 3034 DE LA ASTM NO DEBE DE UTILIZARSE TUBERÍA DE DIAMETRO MENOR A LA INDICADA EN PLANOS
2. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA Y CON EL DESNIVEL INDICADO EN PLANOS USANDO PARA ELLO UN EEMPLANTILLADO DE LADRILLO TAYUYO

**NOTAS**

1. LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE SEGUN ESPECIFICACIONES ACI ANTES DE SU INSTALACIÓN TAMBIÉN LLEVARAN SU NOMENCLATURA
2. LAS CONEXIONES DOMICILIARES SON LAS TÍPICAS INSTALACIONES A 45° DEBIDO A QUE LAS PROFUNDIDADES NO SOBREPASAN LOS 2 METROS DE ALTURA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

EPS INGENIERÍA

DISEÑO: HAMILTON YA  
CALCULO: HAMILTON YA

NOMBRE: HAMILTON OMAR YA QUEJ  
CARNET: 2010-21196

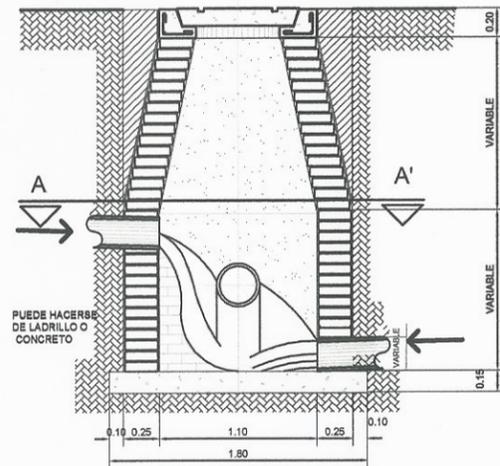
DIBUJO: HAMILTON YA  
FECHA: SEPTIEMBRE 2015

PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA TAMPO

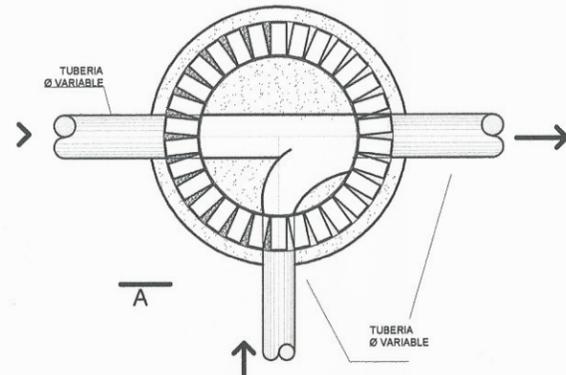
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DE VISITA

HOJA 5/7

POZO DE VISITA TRADICIONAL

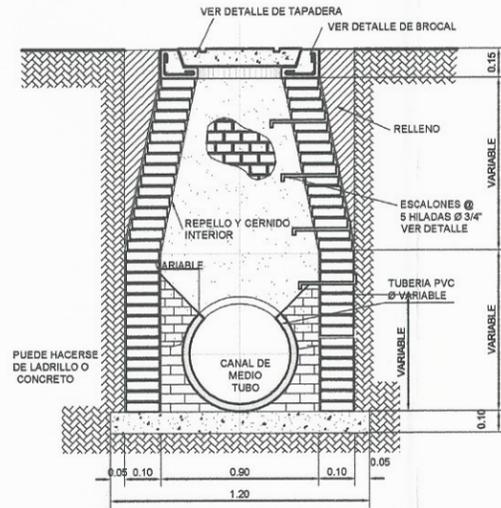


**CORTE A-A'**  
ESCALA 1/50



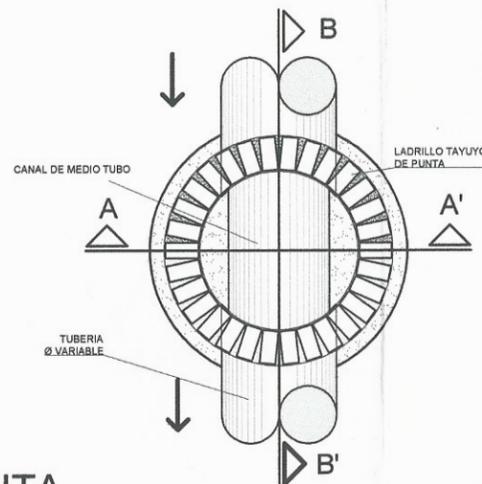
**PLANTA CORTE A-A'**  
ESCALA 1/50

POZO DE VISITA TRADICIONAL

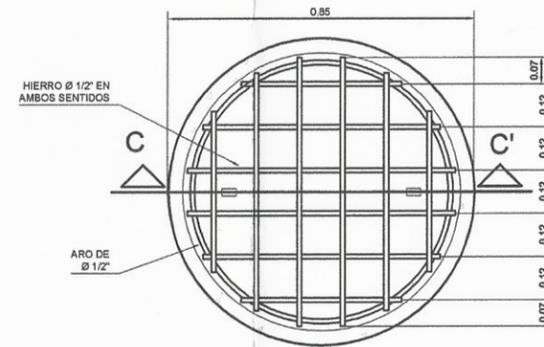


**CORTE A-A'**  
ESCALA 1/50

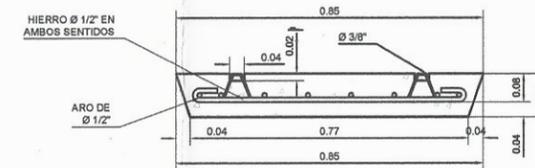
POZO DE VISITA TIPICO



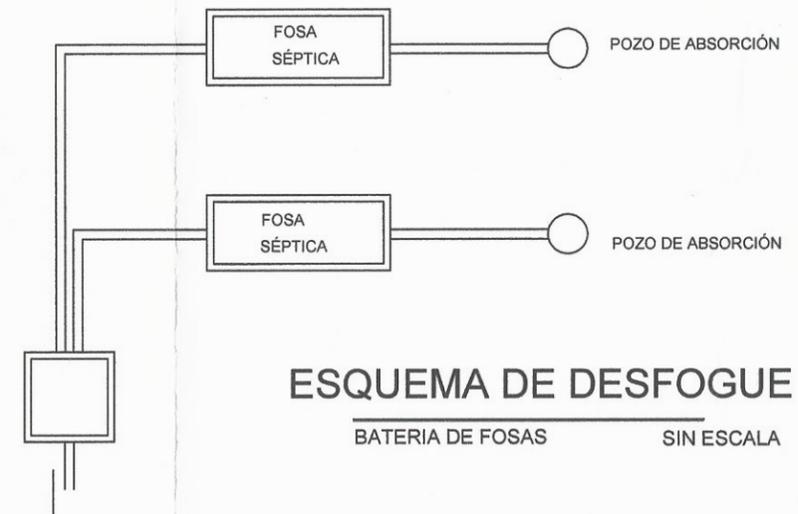
**PLANTA**  
ESCALA 1/50



**PLANTA**  
ESCALA 1/20



**SECCION C-C  
DETALLE DE TAPADERA**  
ESCALA 1/20



**ESQUEMA DE DESFOGUE**  
BATERIA DE FOSAS SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

CODIGO DE DISEÑO

- \*Diseño de toda la Red: Metodo del INFOM
- \*Tubería Ø de 6" sera P.V.C. norma ASTM 3034
- \* Tipo de Red: Alcantarillado sanitario por gravedad
- \* Caudal actual 3.80 l/s
- \*Población Actual: 385 Hab. en 55 Familias
- \* Metodo de población futura: Geometrico
- \* Crecimiento Poblacional: 3.50%
- \* Período de Diseño: 30 años
- \* Población Futura: 1100 Hab en 156 Familias
- \* Caudal de Diseño: 8.30 l/s
- \*Dotación: 120 l/hab/día, clima frio segun normas del INFOM
- \* Factor de Caudal Medio: 0.002
- \* Factor de Harmond: 3.77
- \* Coeficiente de Rugosidad (n) P.V.C: 0.010
- \* Formula de Diseño: Manning
- \* Relaciones Hidraulicas:  $Q = A^*V$

ACERO

1. EL ACERO DEBERÁ TENER UN  $F_y = 2,800 \text{ KG/CM}^2$

CONCRETO

1. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN  $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$  DIAMETRO MÍNIMO DE 1/2"

CARGAS (Resistencia)

- CONCRETO 2,400 KG/M<sup>3</sup> PROPORCIÓN 1:2:3  
CÓDIGOS DE DISEÑO ACI 318/08

MAMPOSTERÍA

1. LA MAMPOSTERÍA SERÁ CONFORME LA NORMA C-82 DE LA ASTM
2. SE USARÁ LADRILLO TAYUYO DE 0.085 X 0.11 X 0.23 O LADRILLO PERFORADO DE IGUAL DIMENSIÓN
3. EL ÁREA DE VACIOS EN LADRILLOS PERFORADOS, NO DEBERÁ SER MAYOR QUE EL 25% DEL ÁREA TOTAL.
4. EL LADRILLO TENDRÁ UNA RESISTENCIA DE 84 KG/CM<sup>2</sup>

MORTERO (SABIETA)

1. PROPORCIÓN 1:3 = (1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RÍO)
2. EL AGUA A USARSE DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE ACIDOS ACEITE, SALLY Y SUBSTANCIAS DAÑINAS
3. EL CEMENTO A USARSE SERÁ PORTLAN TIPO 1 CONFORME LA NORTA C-150 DE LA ASTM
4. LA ARENA A USARSE SERÁ, ARENA DE RÍO SECA, CONFROME A LA NORMA C-144C DE LA ASTM

TUBERÍA P.V.C.

1. LA TUBERÍA SERÁ CONFORME A LA NORMA 3034 DE LA ASTM NO DEBE DE UTILIZARSE TUBERÍA DE DIAMETRO MENOR A LA INDICADA EN PLANOS
2. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA Y CON EL DESNIVEL INDICADO EN PLANOS USANDO PARA ELLO UN EEMPLANTILLADO DE LADRILLO TAYUYO

NOTAS

1. LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES ACI ANTES DE SU INSTALACIÓN TAMBIÉN LLEVARÁN SU NOMENCLATURA
2. LAS CONEXIONES DOMICILIARES SON LAS TÍPICAS INSTALACIONES A 45° DEBIDO A QUE LAS PROFUNDIDADES NO SOBREPASAN LOS 2 METROS DE ALTURA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

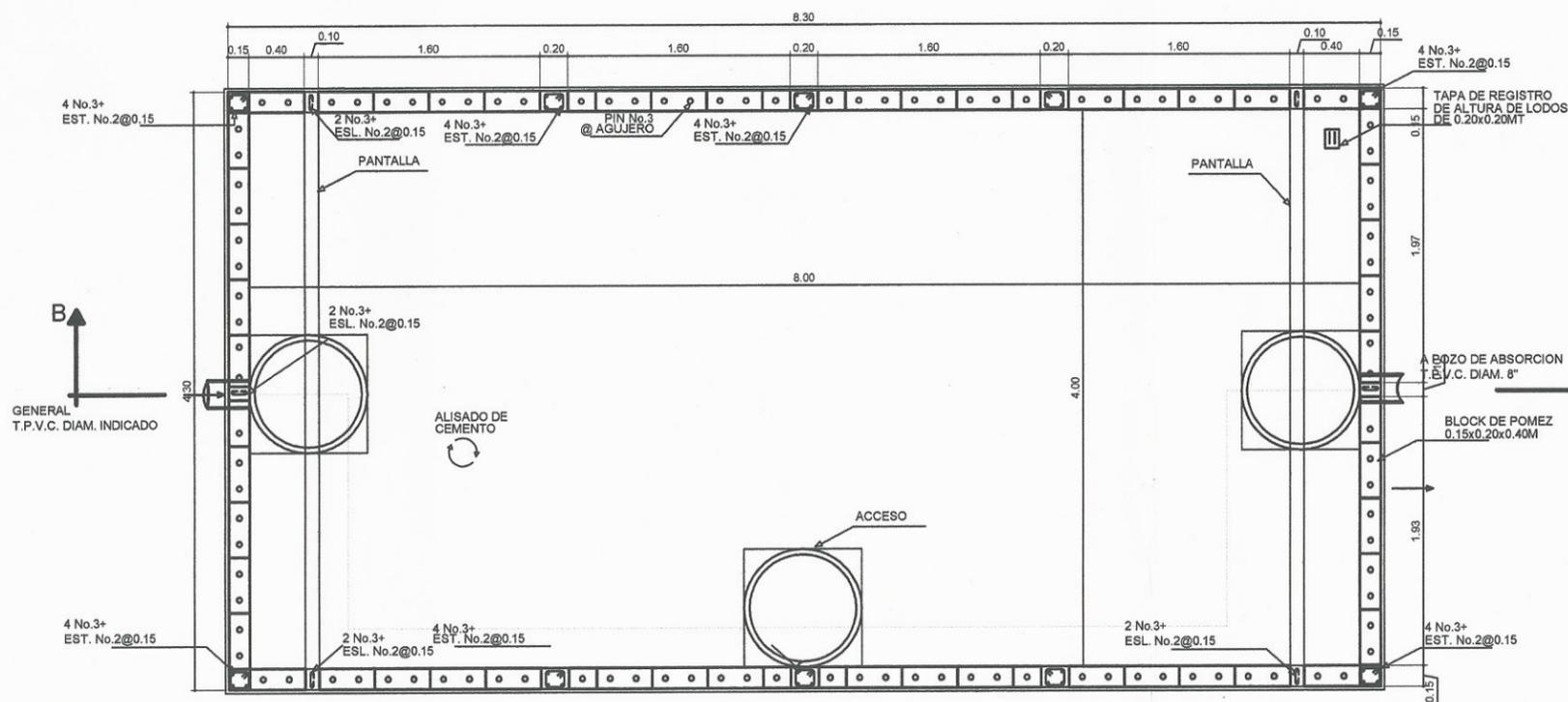
Toda la tubería y accesorios para las instalaciones de la fosa deben ser de PVC de Ø 6".  
El espaciamiento entre pozos de absorción es como mínimo de 4 metros  
El concreto a utilizar en las fosas debe tener  $F'c$  de 210 Kg/cm y proporción 1:2:3  
El acero deberá tener un  $F_y$  de 2810 Kg/cm  
Se construirán 2 fosas sépticas con 2 pozos de absorción.

VIENE DE ALCANTARILLADO



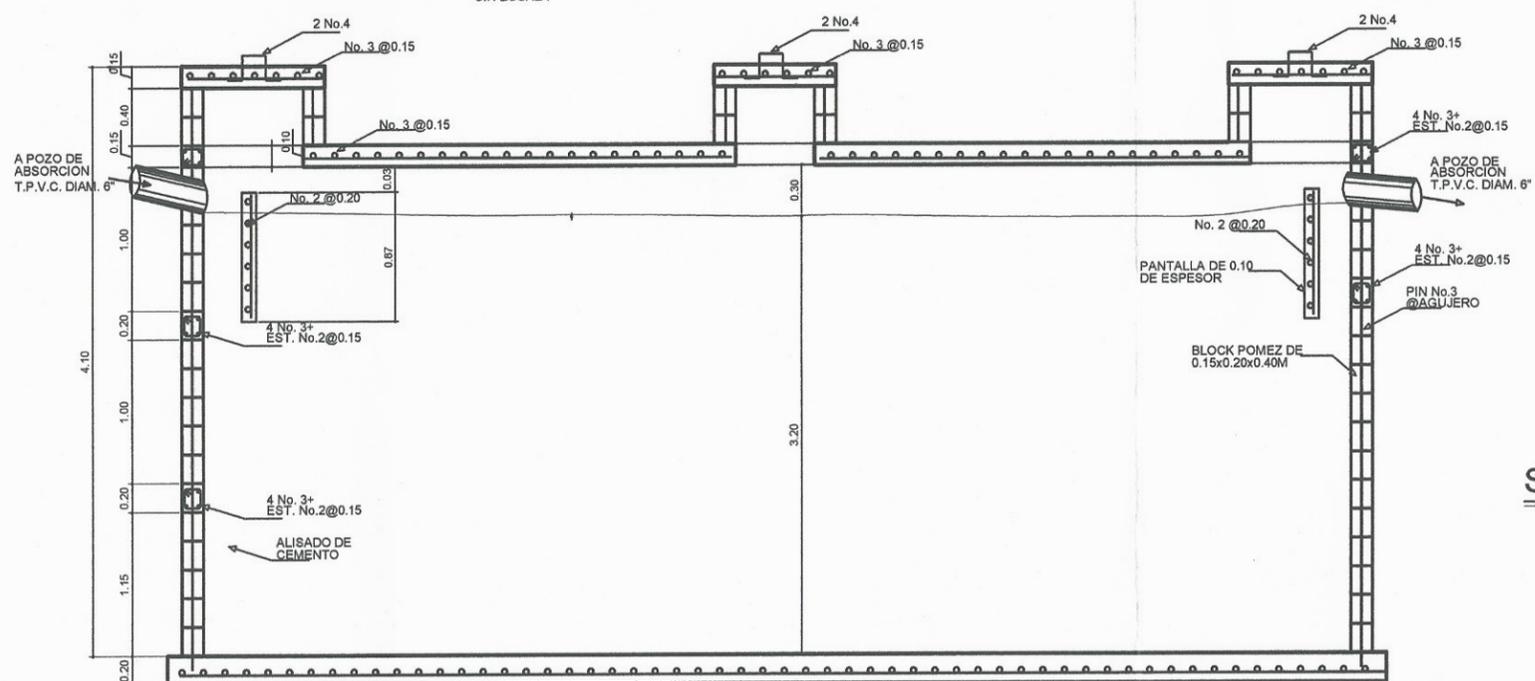
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN  
TACTIC, ALTA VERAPAZ

BPS INGENIERÍA		DISEÑO: HAMILTON TA	CALCULO: HAMILTON TA
NOMBRE: HAMILTON TA (CUEJ)		CEDULA: HAMILTON TA	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
CARNET: 2010-2115		PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA TAMPO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DE VISITA			
HAMILTON TA INGENIERO EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO			HOJA 6/7



PLANTA FOSA SEPTICA

SIN ESCALA

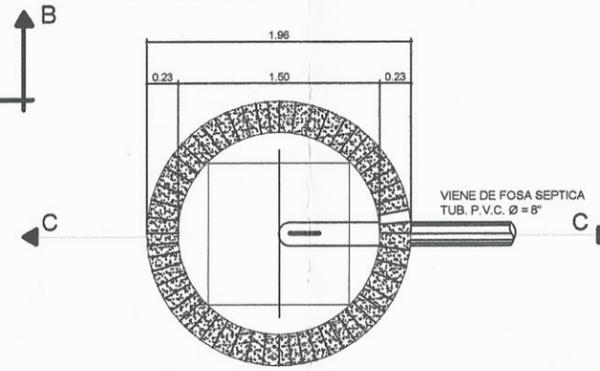


SECCION "B-B"

SIN ESCALA

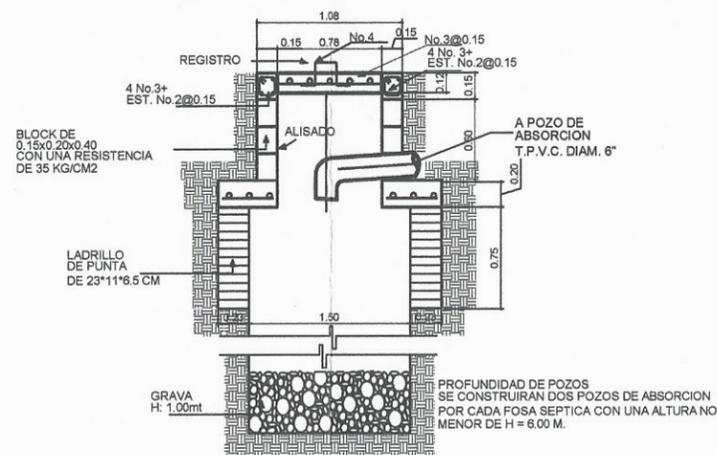
NOTA:

- EL ALISADO EN LA FOSA SEPTICA Y EN LOS POZOS DE ABSORCION DEBE UTILIZARSE UNA PROPORCION DE 1:1:2, LO CUAL SIGNIFICA 13.06 SACOS DE CEMENTO, 0.74 M3 DE ARENA (17 Y 1/2 CARRETAS) Y 3.88 QUINTALES DE CAL.
- LA TAPADERA PARA LAS FOSAS SEPTICAS SERA DE UN DIAMETRO DE 0.85 M, Y SE CONSTRUIRA DE CONCRETO UTILIZANDO LA PROPORCION 1:2:3, LO CUAL SIGNIFICA 9.80 SACOS DE CEMENTO, 0.51 M3 DE ARENA (12 CARRETAS) Y 0.77 M3 DE PIEDRIN (18 Y 1/2 CARRETAS).
- PARA LOS MUROS SE UTILIZARA BLOCK DE 0.39\*0.19\*0.14 CON UNA RESISTENCIA DE 35 KG/CM2.
- PARA LA LOSA Y EL PISO DE LAS FOSAS SE UTILIZARA UNA PROPORCION DE 1:2:4, LO CUAL SIGNIFICA 8.23 SACOS DE CEMENTO, 0.44 M3 DE ARENA (10 Y 1/2 CARRETAS) Y 0.88 M3 DE PIEDRIN (21 CARRETAS).
- LA TUBERIA QUE ENTRA A LA FOSA Y A LOS POZOS DE ABSORCION SERA DE P.V.C. DE 6" DE DIAMETRO, NORMA 3034.
- LA SABIETA PARA EL LEVANTADO DE MUROS SERA DE PROPORCION 1:1:1:1, LO CUAL SIGNIFICA 7.77 SACOS DE CEMENTO, 2.31 QG DE CAL, 0.89 M3 DE ARENA BLANCA CERNIDA EN 5/16" (21 CARRETAS) Y 0.22 M3 DE ARENA DE RIO CERNIDA EN 5/16" (5 Y 1/2 CARRETAS).



PLANTA POZO DE ABSORCION

ESCALA 1/20



SECCION "C-C"

ESCALA 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

TACTIC, ALTA VERAPAZ

EPS INGENIERIA

NOMBRE: HAMILTON CHAPRITA QUEJ  
CARNET: 2016/106

PROYECTO: AMPLIACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,  
ALDEA TAMPO

DETALLE DE FOSA SEPTICA Y POZO DE ABSORCION

HOJA

7/7

HAMILTON CHAPRITA  
EPISTETA DE INGENIERIA