



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

**INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO,
ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

Ana Lucía Martínez Arriola

Asesorado por la Inga. Christa Classon de Pinto

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO,
ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ANA LUCÍA MARTÍNEZ ARRIOLA

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, JULIO 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. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
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:

INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de noviembre de 2015.



Ana Lucía Martínez Arriola



Guatemala, 11 de mayo de 2016.
REF.EPS.DOC.337.05.16

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

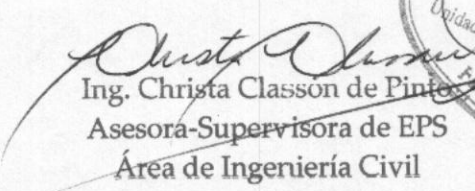
Estimado ingeniero Montenegro:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria Ana Lucía Martínez Arriola con carné No. 201213046, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ.**

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. Christa Classon de Pineda
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



cc. Archivo
CdRCdP/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,
18 de mayo de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ana Lucía Martínez Arriola, con Carnet No.201213046 , quien contó con la asesoría de la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 19 de mayo de 2016.
Ref.EPS.D.226.05.16

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

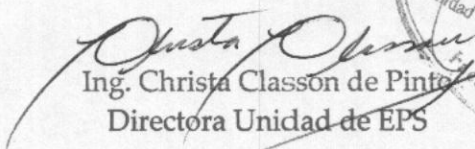
Estimado ingeniero Montenegro:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Ana Lucía Martínez Arriola, carné 201213046**, quien fue debidamente asesorado supervisado por el Inga. Christa Classon de Pinto.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo Asesora – Supervisora y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CdRCdP/ra
cc. Archivo



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 de la Asesora y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación de la estudiante Ana Lucía Martínez Arriola, titulado **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

[Handwritten Signature]
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.D.303.2016

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: **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria: **Ana Lucía Martínez Arriola**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

9/07/16
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi motivación y otorgarme la oportunidad de cumplir mis metas. Por nunca dejarme vencer y ser la luz de mi vida.

Mis padres

Estuardo Martínez y Sandra Arriola, por su dedicación, tiempo y amor, lo cual será siempre mi inspiración. Por animarme a seguir mis sueños y enseñarme a luchar por ellos.

Mis hermanos

María Celeste y José Estuardo Martínez Arriola, por ser una importante influencia en mi carrera, animarme, acompañarme, y recordarme la importancia del trabajo en equipo con responsabilidad y alegría.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por estar presente en mi vida y permitirme finalizar mi carrera.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, instruirme y prepararme para el futuro.
Facultad de Ingeniería	Por ser la sede de mi formación y una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mi familia	Por confiar en mí, acompañarme en cada etapa y motivarme a continuar. Por ser fuente de alegría y enseñarme lo importante que es el equipo.
Mis amigos de la Facultad	Mauricio Vargas, Freddy Lorenti, Chloé Aelvoet, Julio Álvarez, Silvio Urizar, Alejandro López, Fernando Andrino, y todos mis amigos que me acompañaron en esta aventura, por motivarme, regalarme momentos increíbles y por todo su cariño.
Inga. Christa Classon	Por su apoyo y asesoría en la elaboración de mi proyecto de graduación y acompañarme en la aventura del EPS.

Ing. Mario Rodolfo Corzo

Por sus consejos, amistad, asesoría, formación brindada, y apoyo para resolver dudas y problemas a lo largo de mi vida universitaria.

**Autoridades de la
Municipalidad de
Antigua Guatemala**

Por la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y por brindarme su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Vías de acceso	2
1.1.3. Topografía	4
1.1.4. Hidrografía	4
1.1.5. Condiciones climáticas y zonas de vida	5
1.1.6. Fauna, flora y cobertura forestal	5
1.1.7. Uso potencial del suelo.....	5
1.1.8. Condiciones actuales del Caserío El Astillero.....	6
1.1.8.1. Servicios existentes	6
2. INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ	9
2.1. Descripción del proyecto	9
2.2. Estudio topográfico.....	10
2.2.1. Planimetría.....	10
2.2.2. Altimetría.....	10

2.2.3.	Levantamiento topográfico	10
2.3.	Fuente de agua	12
2.4.	Caudal de aforo.....	12
2.5.	Análisis de la calidad de agua	14
2.5.1.	Examen físico-químico sanitario.....	15
2.5.2.	Examen bacteriológico	15
2.6.	Criterios de diseño	16
2.6.1.	Período de diseño	16
2.6.2.	Población de diseño	17
2.6.2.1.	Población futura	17
2.6.3.	Dotación	18
2.6.4.	Factores de consumo	19
2.6.4.1.	Factor de día máximo.....	20
2.6.4.2.	Factor de hora máximo	21
2.6.5.	Caudales de diseño.....	21
2.6.5.1.	Caudal medio diario	22
2.6.5.2.	Caudal máximo diario.....	22
2.6.5.3.	Caudal máximo horario	23
2.6.5.4.	Caudal de bombeo	24
2.7.	Consideraciones hidráulicas	25
2.7.1.	Tipo y clase de tubería	25
2.7.2.	Presión estática y dinámica.....	26
2.7.3.	Velocidades máximas y mínimas	28
2.8.	Captación	29
2.8.1.	Diseño de presa pequeña	29
2.9.	Ariete hidráulico	30
2.9.1.	Altura de elevación.....	31
2.9.2.	Rendimiento	31
2.9.3.	Caudal elevado	32

2.9.4.	Caudal de alimentación	32
2.10.	Caja de captación	33
2.10.1.	Diseño de losa de cubierta caja de captación.....	34
2.10.2.	Diseño de muros.....	40
2.10.3.	Diseño de losa inferior del tanque	50
2.11.	Línea de conducción	52
2.11.1.	Carga dinámica total.....	52
2.11.2.	Potencia del equipo de bombeo	55
2.11.3.	Sobrepresión o golpe de ariete.....	56
2.12.	Red de distribución	58
2.13.	Tanque de almacenamiento	62
2.14.	Tanque de distribución	64
2.14.1.	Diseño de muros.....	65
2.15.	Conexión predial.....	71
2.16.	Sistema de desinfección.....	72
2.17.	Presupuesto	72
2.18.	Cronograma.....	73
CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		77
BIBLIOGRAFÍA.....		79
APÉNDICES		81
ANEXOS		87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del caserío El astillero.....	1
2.	Ruta Guatemala–El Astillero.....	3
3.	Ruta Antigua Guatemala–El Astillero.....	4
4.	Placa de TRECSA, instalación de luz eléctrica	7
5.	Carretera de acceso hacia El Astillero.....	8
6.	Calle hacia el terreno previsto para tanque de distribución	8
7.	Ejecución del levantamiento topográfico	11
8.	Ejecución del levantamiento topográfico. Calle principal	11
9.	Fuente de abastecimiento, riachuelo	12
10.	Aforo de la fuente	14
11.	Toma de muestras.....	15
12.	Gráfica del desvío del caudal promedio diario.....	20
13.	Dimensiones de la presa, en metros	29
14.	Diagrama de momentos	37
15.	Diagrama de refuerzo	40
16.	Muro de contención por voladizo caja de captación	41
17.	Muro en voladizo del tanque de almacenamiento	64
18.	Muro por gravedad del tanque de distribución.....	66

TABLAS

I.	Caudal aforado en periodo de precipitación pluvial.	13
II.	Caudal aforado en periodo de estiaje.	13
III.	Períodos de diseño para componentes de un sistema de agua. ...	17
IV.	Dotaciones según sistema de abastecimiento.	19
V.	Factores de día máximo	20
VI.	Factores de hora máximo	21
VII.	Tubería en línea de conducción.....	25
VIII.	Tubería en red de distribución	26
IX.	Presiones en la línea de conducción	27
X.	Presiones en la red de distribución	27
XI.	Velocidad línea de conducción	28
XII.	Velocidades en la red de distribución	28
XIII.	Factor de seguridad por deslizamiento.	30
XIV.	Factor de seguridad por volteo.	30
XV.	Alturas de diseño del ariete hidráulico.	31
XVI.	Valores de rendimiento según relación de alturas analizadas.	31
XVII.	Peso del muro en voladizo.....	43
XVIII.	Cálculo de centroide	44
XIX.	Momentos actuantes en el muro.....	46
XX.	Resumen diseño de tanque de almacenamiento	63
XXI.	Peso del muro de gravedad.....	67
XXII.	Cálculo de centroide	68
XXIII.	Momentos actuantes en el muro.....	69
XXIV.	Resumen diseño de tanque de distribución	71
XXV.	Presupuesto del sistema de agua potable	73
XXVI.	Cronograma de inversión.....	73
XXVII.	Cronograma de ejecución	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura de elevación del ariete hidráulico
As_{min}	Área de acero mínimo
B	Base del muro
q_{agua}	Carga de presión de agua
CDT	Carga dinámica total
CU	Carga mayorada
CM	Carga muerta
CV	Carga viva
Q_{ah}	Caudal de alimentación del ariete hidráulico
Q_b	Caudal de bombeo
Q_{diseño}	Caudal de diseño
Q₁	Caudal de uso simultáneo
Q_v	Caudal de vivienda
q	Caudal elevado por el ariete hidráulico
Q_{dm}	Caudal máximo diario
Q_{hm}	Caudal máximo horario
Q_m	Caudal medio diario
Q_u	Caudal unitario
α	Celeridad de onda
PVC	Cloruro de polivinilo
C₁ y C₂	Coeficiente de modificación de carga viva y muerta
C	Coeficiente Hazen & Williams
h	Desnivel en el ariete hidráulico

D	Diámetro
Efi	Eficiencia del equipo de bombeo
Smáx	Espaciamiento máximo del acero
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
FA	Factor de almacenamiento
FDM	Factor de día máximo
FHM	Factor de hora máximo
∅	Factor de reducción, ACI
Fd	Factor de seguridad de deslizamiento
Fv	Factor de seguridad de volteo
Fs	Fuerza de sismo
HG	Hierro galvanizado
Kg	Kilogramo fuerza
Kg – m	Kilogramo fuerza por metro (unidad de momento)
Km	Kilómetro
L	Lado analizado
m	Metro
m.c.a	Metro columna de agua
m/s	Metro por segundo
M+	Momento positivo
M-	Momento negativo
Mamin	Momento soportado por el área de acero mínimo
Ntv	Número total de viviendas futuras
Tb	Período de bombeo
n	Período de diseño
Pagua	Peso específico del agua
Po	Población actual
Pf	Población futura

POT	Potencia de la bomba
“	Pulgadas
R	Rendimiento del ariete hidráulico
f'y	Resistencia del acero
f'c	Resistencia del concreto
ΔP	Sobrepresión
r	Tasa de crecimiento poblacional
Vol	Volumen
Vagua	Volumen de agua sobre la losa inferior

GLOSARIO

ACI	Siglas de American Concrete Institute.
Aforo	Medir el volumen de agua que lleva una corriente por unidad de tiempo.
Agua potable	Agua que, por sus características de calidad específicas, es adecuada para el consumo humano.
Altimetría	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
Caudal	Cantidad de flujo que pasa por determinado elemento en una unidad de tiempo.
Columna de agua	Carga de presión, en (Newton–metro) / Newton.
Cloración	Desinfección del agua por medio de cloro.
Consumo	Cantidad de agua utilizada por la población en litros/habitante/día.
Cota piezométrica	Altura de presión de agua que se tiene en un punto específico, en (Newton–metro) / Newton.

Estiaje	Nivel de caudal más bajo, que se da en ciertas épocas del año por causa de la sequía.
INE	Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.
Losa	Diafragma horizontal.
Mampostería	Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos como ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras, y otros.
Pérdida de carga	Baja presión debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería
Riachuelo	Río pequeño, agua superficial.

RESUMEN

El presente informe contiene el diseño de la introducción de agua potable para el caserío El Astillero. El cual se realizó para brindarles un servicio de gran importancia a la comunidad.

El diseño de la introducción de agua potable se compone de una captación mediante una presa de concreto ciclópeo. Esta funciona de almacenamiento y elevación del tirante del agua, con una caja de captación con un gavión y geotextil como muro, para la función de la toma de agua y filtro. Una vez captada por la caja se conduce a un ariete hidráulico, que eleva el caudal hasta el tanque de almacenamiento, proveyendo un flujo constante durante el año.

En el tanque se contará con una bomba sumergible con una potencia de dos caballos de fuerza. Esta impulsará el flujo hasta el tanque de distribución, en donde se continuará con su distribución por gravedad hacia las viviendas.

Se diseñó bajo normas de diseño y consideraciones de Unepar, y para los tanques el código ACI. El resultado final consiste en un juego de planos y la integración del presupuesto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de agua potable para el caserío El Astillero.

Específicos

1. Ejecutar estudios para conocer la calidad del afluente y su capacidad.
2. Realizar planos del diseño propuesto.
3. Elaborar un presupuesto y cronograma.
4. Crear un manual de operación y mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que permite el desarrollo de las comunidades, el cual debe ser prioridad para todas las municipalidades de proveerles a sus ciudadanos. El presente trabajo contiene el diseño del sistema de agua potable del caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala. El cual comprende desde la captación, conducción y distribución.

Debido a la carencia de agua potable para el consumo humano, el diseño del proyecto es de mucha importancia. Se utilizan las diferentes normas y herramientas relacionadas con la ingeniería civil para la elaboración del diseño.

El trabajo consta de dos capítulos. En el primero se presenta una breve monografía del caserío El Astillero. En el segundo se describe el diseño de introducción de agua potable.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

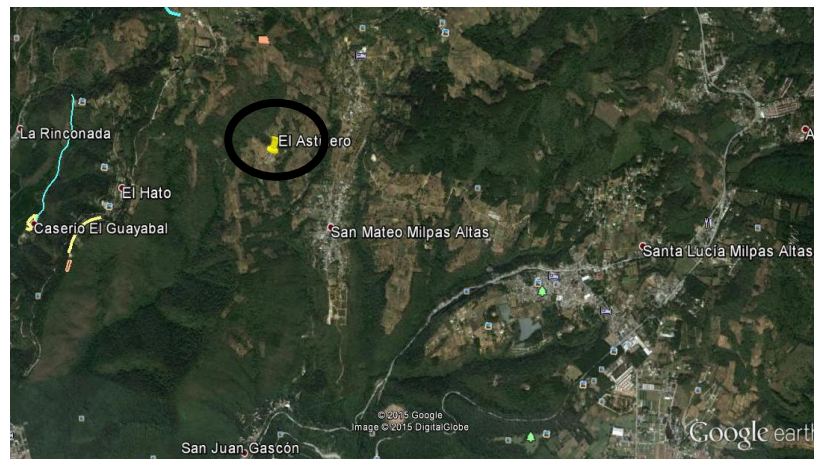
1.1. Generalidades

A continuación se presentan las generalidades del caserío El Astillero.

1.1.1. Ubicación y localización

El caserío El Astillero de la aldea El Hato está ubicado en el municipio de Antigua Guatemala. Colinda al norte con la aldea Vuelta Grande, al este con la aldea San Mateo Milpas Altas, al sur con San Mateo Milpas Altas y San Juan Gascón y al oeste con la aldea El Hato. Se ubica en el cerro El Astillero. Sus coordenadas son $14^{\circ} 35' 7.78''$ N, $90^{\circ} 42' 0.03''$ O, su elevación sobre el nivel del mar es de 1 935 m.

Figura 1. Ubicación del caserío El astillero



Fuente: Google Earth. *Coordenadas de topografía*, imagen satelital. Consulta: noviembre 2016.

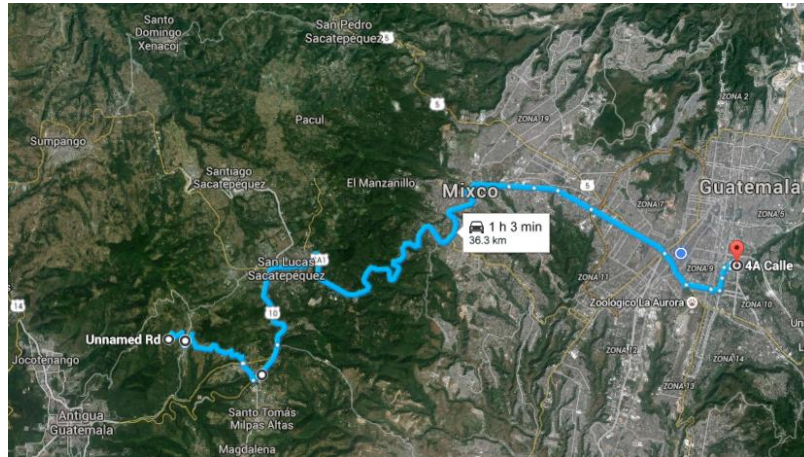
1.1.2. Vías de acceso

El Astillero se encuentra a 32 km de la ciudad de Guatemala y a 8,2 km del municipio de Antigua Guatemala del departamento de Suchitepéquez. Su acceso actual es por la ruta a San Mateo Milpas Altas, aunque el caserío pertenece a la aldea el Hato. La entrada por este lugar es inaccesible en temporada de lluvia, el camino se encuentra en mal estado, y no es aconsejable tomarlo. Sin embargo, por la aldea de San Mateo Milpas Altas la entrada es accesible, aunque se deben de tomar sus precauciones al manejar.

Existen 3 rutas de acceso dependiendo del punto de partida, de las cuales se presentan las 2 opciones aconsejables:

- Opción 1: Guatemala–El Astillero: esta ruta es de aproximadamente 32 km partiendo del Trébol, tomando la Ruta Nacional núm. 10, carretera hacia Antigua Guatemala.

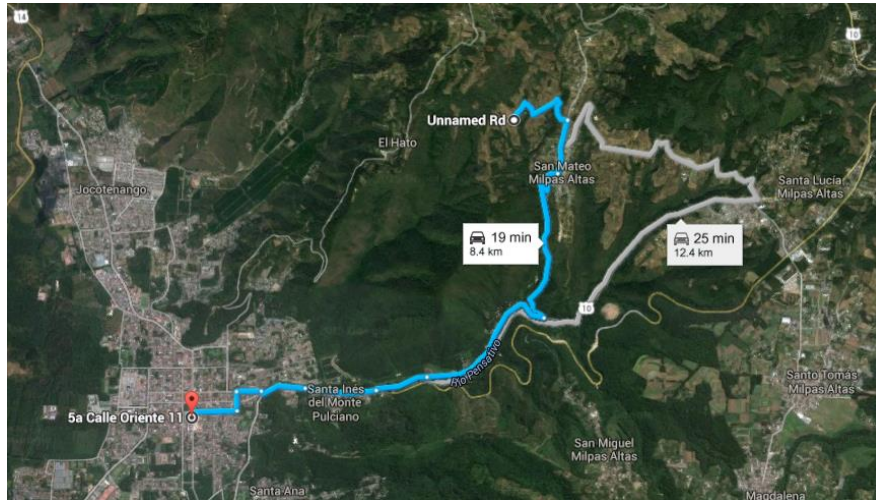
Figura 2. Ruta Guatemala–El Astillero



Fuente: Google Earth. *Coordenadas de topografía*, imagen satelital. Consulta: noviembre 2016.

- Opción 2: Antigua Guatemala–El Astillero: está opción atraviesa las aldeas San Juan Gascón y San Mateo Milpas Altas. Estas poseen calles pavimentadas, con servicios públicos. En San Mateo Milpas Altas se encuentra una desviación con camino de terracería que conecta a dicha aldea con el caserío El Astillero. La ruta consta de 8,4 km, y su tiempo de llega depende tanto del clima como el estado del camino a partir del último cruce.

Figura 3. Ruta Antigua Guatemala–El Astillero



Fuente: Google Earth. *Coordenadas de topografía*, imagen satelital. Consulta: noviembre 2016.

1.1.3. Topografía

Esta es irregular, con la forma de una curva convexa, siendo el punto bajo la cabecera municipal, y la elevación varía entre 1 500 a 2 400 msnm. Contiene los cerros Santa Inés, El Astillero, Cucurucho, El Hoto, El Manchen, El Piñol, El Portal, La Candelaria y La Pedrera, al igual que los volcanes de Agua, Acatenango y Fuego y la montaña de Carmona.

1.1.4. Hidrografía

El municipio posee 2 cuerpos hidrográficos, el río Pensativo y el Guacalate. Uno de los riesgos permanentes de inundación, lo constituye la vertiente del río Pensativo en el periodo de precipitación pluvial. Siendo este una amenaza constante hacia la población antiguëña.

1.1.5. Condiciones climáticas y zonas de vida

El municipio de Antigua Guatemala se encuentra ubicado en un bosque húmedo montano bajo subtropical, cuyo símbolo es BH-MB según el Sistema de Holdrige. La estación meteorológica del Insivumeh que caracteriza el área es la estación Suiza Contenta que presenta los siguientes datos anuales: temperatura media de 16,1 °C; temperatura máxima de 22,4 °C; temperatura mínima de 8,1 °C; temperatura máxima absoluta de 26,0 °C; temperatura mínima absoluta de 0,5 °C; una precipitación de 1 406,5 mm y evaporación de 3,5 mm.

1.1.6. Fauna, flora y cobertura forestal

La mayor parte del área boscosa se encuentra en la finca Florencia con bosque natural mixto. Así como en la finca El Hato con bosque natural de coníferas, los astilleros de San Mateo con bosques natural de coníferas, San Pedro Las Huertas y San Juan el Obispo con bosques y San Cristóbal El Alto con bosque natural mixto. La fauna predominante son sanates, ardillas, armados, tacuacines, venado, taltuzas, loros y pericos. La flora está conformada principalmente por especies de eucalipto, ciprés, álamo, entre otras.

1.1.7. Uso potencial del suelo

En el municipio de Antigua Guatemala se encuentran suelos profundos y poco profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, y suelos poco profundos desarrollados sobre roca. El material madre es ceniza volcánica de color claro, con un relieve suavemente inclinado a muy inclinado, buen drenaje interno.

Posee un suelo superficial de color café muy oscuro con textura y consistencia de un franco limoso friable de aproximadamente 40 y 60 cm de espesor. El subsuelo es de color café amarillento, de consistencia friable y la textura de un franco arcillo limoso, con un espesor aproximado de 100 a 200 cm. Según datos del Ministerio de Agricultura el uso del suelo en Antigua Guatemala se distribuye de la siguiente forma: el 35 % es utilizado en actividades agrícolas, el 26 % es uso forestal y un 39 % de protección.

1.1.8. Condiciones actuales del Caserío El Astillero

El caserío cuenta con servicio de energía eléctrica y manejo de basura orgánica individual para la realización de fertilizantes. A continuación se describen los servicios existentes.

1.1.8.1. Servicios existentes

El caserío El Astillero es una comunidad relativamente pequeña, constituida por 16 viviendas y un total de 92 personas. La población es indígena, una parte se dedica a la siembra de cultivos en sus terrenos para venta en el mercado de Santo Tomas Milpas Altas y San Mateo Milpas Altas; otra parte trabaja en las comunidades cercanas en diferentes actividades, como albañilería.

Esta comunidad no posee ninguna línea de conducción ni distribución de agua potable. Tampoco un sistema de drenaje, escuela, centro de salud o de asistencia, policía, bomberos, servicio de recolección de basura, calles adoquinadas o de terracería en buen estado y compactada. En el 2011 se realizó el proyecto de electrificación del caserío, lo cual permitió que ellos tuvieran acceso a equipos como radios, teléfonos, cargadores, televisiones, luz en los hogares, y otros equipos para la comodidad de las personas. En el 2014 se

realizó el proyecto de apertura de brecha de camino del caserío El Astillero hacia San Mateo Milpas Altas.

Figura 4. **Placa de TRECSEA, instalación de luz eléctrica**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

Por los servicios faltantes las personas han tenido la necesidad de migrar, muchas dejaron de vivir en la comunidad dejando sus terrenos para la siembra y así tener mejores condiciones de vida. Conociendo sus necesidades, los vecinos se han organizado y creado su Cocode, y así presentando peticiones a la municipalidad de Antigua Guatemala. Ellos han exigido servicios básicos como agua potable, sistema de saneamiento, adoquinado y mejoramiento de la carretera y calle principal del caserío.

Figura 5. **Carretera de acceso hacia El Astillero**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

Figura 6. **Calle hacia el terreno previsto para tanque de distribución**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

2. INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ

2.1. Descripción del proyecto

La necesidad de un proyecto de agua potable para el caserío El Astillero es de suma importancia. Para este logro se cuenta con una fuente de agua que proporciona un caudal suficiente para cubrir la demanda de la población actual y futura, para un periodo de vida útil de 20 años.

El proyecto consiste en el diseño de la línea de conducción y la red de distribución. Para ello se propone el diseño de una presa por gravedad para elevar el tirante de agua en el río y mantener el caudal ecológico. Para satisfacer la demanda, el caudal necesario será obtenido mediante una caja de captación ubicada a la orilla del río, y transportado por tubería de cloruro de polivinilo (PVC) a un ariete hidráulico de HG. El ariete hidráulico permite tener un flujo constante en el año, funcionando como una bomba mecánica de bajo mantenimiento que alimentará al tanque de almacenamiento, donde se ubicará una bomba eléctrica vertical de 2 HP.

El diseño de la línea de conducción parte de la estación de bombeo hasta el tanque de distribución. Está ubicado en la parte más elevada de la comunidad, con el objetivo de trabajar la red de distribución por gravedad, y la línea de conducción del ariete hidráulico empieza desde la toma de agua hasta el tanque de almacenamiento.

2.2. Estudio topográfico

Es el primer estudio a realizar y es de gran importancia para el diseño del proyecto.

2.2.1. Planimetría

Los componentes de la planimetría necesarios para el diseño son: los ángulos para determinar el recorrido de la línea de conducción y la red de distribución. La longitud total de tubería para calcular la energía del sistema.

2.2.2. Altimetría

La finalidad de la altimetría, en el diseño, es determinar las diferencias de altura entre puntos ubicados dentro del terreno. Esto se utiliza para ubicar los tanques de almacenamiento, también para calcular la energía, y la capacidad de la bomba.

2.2.3. Levantamiento topográfico

Para el presente proyecto se elaboró un levantamiento topográfico abierto. Esto para localizar la línea de conducción, la red de distribución dentro del caserío, ubicar aquellos puntos de importancia, las conexiones domiciliarias. También se realizó un levantamiento topográfico cerrado para obtener el área de proyección, en el tanque de captación, almacenamiento y distribución.

Ambos levantamientos sirven para el diseño del proyecto. Se utilizó el método de conservación de azimut y radiaciones, con una estación total y se

obtuvieron las coordenadas con un GPS. Todo el equipo utilizado pertenece a la municipalidad de Antigua Guatemala, que lo prestó para la ejecución del estudio.

Figura 7. **Ejecución del levantamiento topográfico**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

Figura 8. **Ejecución del levantamiento topográfico. Calle principal**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

2.3. Fuente de agua

El tipo de abastecimiento de agua puede ser superficial, subterráneos superficiales o profundos. La elección del tipo de fuente depende de factores como localización, calidad, cantidad y acceso. En el caserío El Astillero, la única fuente cercana de agua es un riachuelo. Está ubicado en la parte baja de la comunidad, con un acceso a ella mediante un terreno de propiedad comunal en donde se ejecutará su captación.

Figura 9. **Fuente de abastecimiento, riachuelo**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

2.4. Caudal de aforo

El aforo de la fuente de abastecimiento fue realizado en la época de estiaje y otro con precipitación pluvial para obtener un rango de la capacidad de la fuente. El caudal de estiaje es de 0,223 l/s y en periodo de precipitación

0,296 l/s. Por el tipo de fuente se realizó un aforo volumétrico, cronometrando el tiempo de llenado de un volumen conocido.

Se realizó el aforo varias veces para obtener un valor más exacto posible, las cuales se muestran a continuación:

Tabla I. **Caudal aforado en periodo de precipitación pluvial**

Núm.	VOLUMEN (m3)	TIEMPO (s)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (l/s)
1	0,0248	80,00	0,0003096	0,310
2	0,0248	92,00	0,0002692	0,269
3	0,0248	83,00	0,0002984	0,298
4	0,0218	70,00	0,0003114	0,311
5	0,0218	74,00	0,0002946	0,295
6	0,0218	75,00	0,0002907	0,291
PROMEDIO				0,296

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Caudal aforado en periodo de estiaje**

Núm.	VOLUMEN (m3)	TIEMPO (s)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (l/s)
1	0,0218	94,67	0,0002303	0,230
2	0,0218	98,55	0,0002212	0,221
3	0,0218	96,69	0,0002255	0,225
4	0,0218	98,15	0,0002221	0,222
5	0,0218	10,37	0,0002172	0,217
6	0,0218	98,32	0,0002217	0,222
PROMEDIO				0,223

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Aforo de la fuente**



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

2.5. Análisis de la calidad de agua

Actualmente ninguna fuente de abastecimiento de agua es apta para el consumo humano. Previendo cualquier tipo de contaminación con organismos patógenos se requiere un tratamiento para que cumpla con los parámetros que permitan beberla sin riesgos a la salud. El análisis de calidad de agua se hace con el objetivo de determinar el grado de pureza y la potabilidad del recurso. Esto se realiza un examen bacteriológico y fisicoquímico.

Para garantizar que el agua es potable para la comunidad, se tomaron las muestras de la vertiente y se transportaron refrigeradas en menos de 24 horas al laboratorio de microbiología sanitaria del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CII), con lo cual se espera que cumplan los requisitos mínimos establecidos por las normas Coguanor NGO 29 001 o proponer un sistema de tratamiento para que lo sea.

Figura 11. Toma de muestras



Fuente: Caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala.

2.5.1. Examen físico-químico sanitario

Según los resultados presentados por el CII, desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la Norma Coguanor NGO 29 001, por lo que el agua administrada es apta para consumo humano. Sin embargo, se debe trabajar un sistema de tratamiento en el aspecto físico, porque se presenta ligeramente turbia. Ver en anexos.

2.5.2. Examen bacteriológico

Según este examen, el agua se enmarca en la clasificación 1, es decir que no exige más que un simple tratamiento de desinfección del agua. Esto para prevenir el riesgo de que ciertos microorganismos perjudiciales causen enfermedades, esto según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua. Ver en anexos.

2.6. Criterios de diseño

Existen diferentes maneras de abordar un problema y de la misma manera de solucionarlo. Esto depende de diversos factores como la población, su nivel socioeconómico, el clima, la topografía del lugar, tipo de la fuente, la calidad y cantidad del recurso, entre otros. Por lo que resulta necesario exponer los criterios utilizados para el diseño del proyecto, describir las normas utilizadas y adjuntar la memoria de cálculo.

2.6.1. Período de diseño

Este es el tiempo durante que el sistema de agua potable ha de prestar con eficiencia su servicio. Este comprende desde el momento de la construcción e inicio de su funcionamiento, hasta el momento en que se sobrepasan las condiciones de diseño establecidas. Para fijarlo se toman en cuenta los siguientes factores:

- Vida útil de los materiales y equipos (más de 30 años para tubería de PVC)
- La población de diseño
- Calidad de los materiales y de las construcciones
- Costos y tasas de interés
- Comportamiento del sistema en sus primeros años
- Caudal
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población
- Facilidad de ampliación

Tabla III. **Períodos de diseño para componentes de un sistema de agua**

ELEMENTO	AÑOS
Fuente de abastecimiento	20
Líneas de conducción	20
Tanque de almacenamiento	20 mínimo
Líneas y redes de distribución	20 mínimo
Estaciones de bombeo	5
Plantas purificadoras	20 mínimo

Fuente: LÓPEZ CUALLA. *Diseño de acueductos y alcantarillados*. p.17

Para el diseño de este proyecto se considerará un período de 20 años tomando en cuenta los factores anteriores.

2.6.2. Población de diseño

La estimación de la población de diseño es parte fundamental. Este depende de la población actual; la tasa de crecimiento; el período de diseño; las actividades socioeconómicas, entre otros factores.

2.6.2.1. Población futura

El cálculo de la población futura se realizó con el método de crecimiento geométrico. Su ecuación se describe a continuación:

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

Donde

Pf = población futura a los 20 años

Po = población actual

Po = 92 habitantes

r = tasa de crecimiento poblacional

r = 2,14 %

n = período de diseño

n = 20 años

Sustituyendo los datos:

$$Pf = 92 * (1+0,0214)^{20}$$

$$Pf = 140,51$$

$$Pf \cong 141 \text{ habitantes}$$

El dato de la población actual fue obtenido mediante censos realizados durante el levantamiento topográfico. La tasa de crecimiento fue estimada con datos de la Municipalidad de Antigua Guatemala y del Instituto Nacional de Estadística (INE).

La población de diseño para este proyecto será de 141 habitantes.

2.6.3. Dotación

Se define como la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Se expresa en litros habitante por día (l/hab/día). Para fijar la dotación se deben tomar en cuenta los factores de clima, nivel de vida, actividades productivas, servicios comunales o públicos, medición, facilidad de drenaje, administración del sistema, presiones calidad y cantidad del agua, o estudios de demanda para la población o poblaciones similares.

Al no contar con estudios de demanda, la Unidad Ejecutora de Programa de Acueductos Rurales (Unepar) recomienda los siguientes valores para un sistema de agua potable en el área rural.

Tabla IV. **Dotaciones según sistema de abastecimiento**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	DOTACIÓN (l/hab/día)
Llena cántaros	30 – 60
Llena cántaros y conexiones prediales	60 – 90
Conexiones prediales	60 – 120
Conexiones intradomiciliares	90 – 170
Pozo excavado	15 mínimo

Fuente: Unidad Ejecutora de Programa de Acueductos Rurales (Unepar), *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 17.

Para el diseño de la introducción de agua potable en el caserío El Astillero, se adoptó una dotación de 65 l/hab/día. Debido a que este proyecto se localiza en el área rural del municipio de Antigua Guatemala y prestará un servicio con conexiones prediales, considerando al mismo tiempo el caudal aforado un tanto bajo.

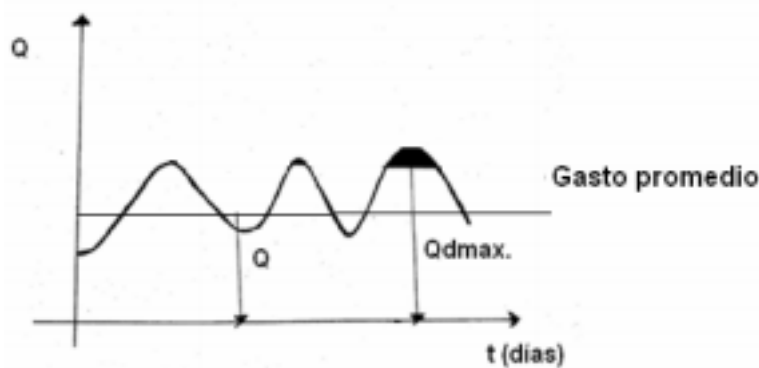
2.6.4. Factores de consumo

Son modificadores del caudal para garantizar el buen funcionamiento del sistema. Estos dependen de la población a servir.

2.6.4.1. Factor de día máximo

El comportamiento del consumo varía con los días del año, por la forma de vida de las personas, sus actividades diarias, su conciencia del uso del recurso, entre otros. Esto se puede apreciar en la figura 21. Por esta razón se hace necesario un factor de día máximo para asegurar un servicio constante. Se consideran los picos y depende principalmente del tamaño de la población.

Figura 12. Gráfica del desvío del caudal promedio diario



Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. p. 50.

Unepar recomienda los siguientes criterios.

Tabla V. Factores de día máximo

ÁREA	FDM
Población < 1 000	1,2 – 1,5
Población > 1 000	1,2

Fuente: Unidad Ejecutora de Programa de Acueductos Rurales (Unepar). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 18.

Bajo esta sugerencia, se tomó el valor de 1,5 como factor de día máximo (FDM), ya que la población es menor a 1 000 habitantes.

2.6.4.2. Factor de hora máximo

Al igual que el consumo de caudal, varía en los días del año. Este varía por horas en un día, por lo que se hace necesario afectar el caudal medio por un factor de hora que asegure el uso constante del servicio en el día, y sea capaz de satisfacer la demanda. Unepar sugiere los siguientes valores:

Tabla VI. **Factores de hora máximo**

ÁREA	FHM
Población < 1 000	2,0 – 3,0
Población > 1 000	2,0 – 2,2

Fuente: Unidad Ejecutora de Programa de Acueductos Rurales (Unepar). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 18.

En este proyecto la población es menor de 1 000 habitantes, entonces se utilizará un FHM = 2,0.

2.6.5. Caudales de diseño

La determinación de los caudales que se requiere para dotar de agua potable a los pobladores es de suma importancia. Estos se analizan desde la captación de la fuente hasta el tanque de distribución, el cual es el caudal de línea de conducción y el caudal de la red de distribución. Esto va desde el tanque hasta las conexiones domiciliarias.

2.6.5.1. Caudal medio diario

Este caudal se define como el consumo en 24 horas, obtenido del promedio diario en un año. Sin no se cuenta con registros. Se calcula como el producto de la dotación por la población de diseño en un año. En los proyectos por bombeo cuando la fuente produce un caudal menor al caudal medio diario (Q_m), se podrá reducir la dotación hasta el mínimo de 40 l/hab/día. La expresión matemática es:

$$Q_m = \frac{P_f * \text{Dotación}}{86\ 400}$$

Donde

Q_m = caudal medio diario, en litros por segundo

P_f = población futura

86 400 = cantidad de segundos en un día

Entonces:

$$Q_m = \frac{141 \text{ habitantes} * 65 \text{ l/hab/día}}{86\ 400}$$
$$Q_m = 0,106 \text{ l/s}$$

El caudal medio es igual a 0,106 l/s, siendo menor que el caudal de estiaje (0,223 l/s), por lo que no es necesario reducción de la dotación.

2.6.5.2. Caudal máximo diario

El consumo máximo diario es el caudal utilizado en la línea de conducción, e indica la mayor demanda que se presenta en un día del año. Se obtiene mediante el producto del caudal medio diario y el factor de día máximo. Su ecuación es:

$$Q_{dm} = FDM * Q_m$$

Donde

Q_{dm} = caudal de día máximo, litros por segundo

FDM = factor de día máximo, adimensional

Q_m = caudal medio diario, litros por segundo

Sustituyendo datos:

$$Q_{dm} = 1,50 * 0,106 \text{ l/s}$$

$$Q_{dm} = 0,159 \text{ l/s}$$

2.6.5.3. Caudal máximo horario

Este corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año. Este caudal se utiliza para la red de distribución, el cual es directamente proporcional al producto del caudal medio y el factor de hora máximo. Se expresa como:

$$Q_{hm} = FHM * Q_m$$

Donde

Q_{hm} = caudal de hora máximo, litros por segundo

FHM = factor de hora máximo, adimensional

Q_m = caudal medio diario, litros por segundo

Sustituyendo datos

$$Q_{hm} = 2,00 * 0,106 \text{ l/s}$$

$$Q_{hm} = 0,212 \text{ l/s}$$

2.6.5.4. Caudal de bombeo

Se obtiene multiplicando el caudal máximo diario por 24 horas dividido el período de bombeo al día. El período de bombeo se expresa en horas, las cuales deben estar en un rango de 8 a 12 horas. Esto para garantizar un buen funcionamiento y alargar la vida del motor. El caudal a bombear no debe exceder el caudal aforado. Este determina de la siguiente manera:

$$Q_b = \frac{Q_{dm} * 24}{T_b}$$

Q_b = caudal de bombeo, litros por segundo

Q_{dm} = caudal de día máximo, litros por segundo

T_b = periodo de bombeo, horas

24 = horas en un día

Entonces

$$Q_b = \frac{0,159 * 24}{12 \text{ h}}$$

$$Q_b = 0,318 \text{ l/s}$$

El caudal de bombeo es igual a 0,318 l/s, mientras que el caudal de estiaje es de 0,223 l/s. El periodo de bombeo utilizado fue el máximo, ya que siendo este inversamente proporcional al caudal de bombeo, se obtiene el caudal mínimo de bombeo. Aun así, no se logra que la fuente satisfaga la demanda teniendo entonces dos alternativas:

- Reducir la dotación
- Utilizar un método diferente

Previendo las necesidades de la población, y siendo este un recurso vital, se considera la primera opción descartada. Tomando la segunda alternativa, mediante un proceso de 2 etapas, se garantiza el suministro de agua a la población de diseño. La primera etapa estaría constituida por un ariete hidráulico que suministre un tanque de almacenamiento y la segunda, una línea de conducción mediante bombeo. Los caudales de cada etapa se describirán más adelante.

2.7. Consideraciones hidráulicas

Estas son la base del diseño para la introducción de agua potable, abarcan desde el tipo de la tubería a emplear hasta las velocidades dentro del sistema. A continuación se describen las consideraciones hidráulicas del proyecto.

2.7.1. Tipo y clase de tubería

Existe una amplia gama de tubería para utilizar en sistemas de agua potable. En este proyecto se utilizará la tubería de PVC, y la clase de tubería que sea capaz para soportar las presiones de diseño. A continuación se presenta un resumen con las clases de tubería utilizadas en cada etapa del proyecto, al igual que sus diámetros:

Tabla VII. **Tubería en línea de conducción**

EST	PO	Diámetro	Presión de trabajo
0	1	1"	250 PSI

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Tubería en red de distribución**

TRAMO		Diámetro	Presión de trabajo
EST	PO		
1	1,A	2"	160 PSI
1,A	1,B	2"	160 PSI
1,B	1,C	2"	160 PSI
1,C	1,D	2"	160 PSI
1,D	1,E	2"	160 PSI
1,E	1,F	2"	160 PSI
1,F	1,G	2"	160 PSI
1,G	2	2"	160 PSI
2	3	1"	160 PSI
2	4	1 ½"	160 PSI
4	5	1"	160 PSI

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. **Presión estática y dinámica**

Dependiendo del tipo de tubería y la clase son capaces de soportar una presión específica. Esta nunca debe ser superada por la presión hidrostática máxima en las líneas de conducción y distribución. Del mismo modo se debe chequear que nunca se sobrepasen las presiones de trabajo de los accesorios utilizados previendo posibles fugas.

La presión estática se refiere a cuando el fluido se encuentra en reposo, la cual debe ser soportada por la tubería. En la línea de conducción, esta no debe de superar los 100 m.c.a. y en la red de distribución un máximo de 60 m.c.a.

La presión dinámica se produce cuando el fluido se encuentra en movimiento, modificando su valor y energía a medida que avanza. Esta presión debe ser soportada por la tubería. Esta, además tiene un valor mínimo que

garantiza que el líquido llega a la altura de las viviendas igual a 10 m.c.a. pero en el área rural es aceptado a 5 m.c.a.

A continuación se presenta un cuadro de resumen de las presiones en el sistema de agua potable:

Tabla IX. **Presiones en la línea de conducción**

EST	PO	Presión estática (m.c.a.)	Presión dinámica (m.c.a.)
0	1	98,68	101,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Presiones en la red de distribución**

TRAMO		Presión dinámica (m.c.a.)	Presión estática (m.c.a.)
EST	PO		
1	1,A	1,17	1,18
1,A	1,B	13,95	14,19
1,B	1,C	1,39	1,41
1,C	1,D	10,26	10,40
1,D	1,E	3,23	3,30
1,E	1,F	5,77	5,87
1,F	1,G	8,59	8,71
1,G	2	7,79	7,90
2	3	4,83	4,97
2	4	-6,38	-5,35
4	5	0,56	0,97

Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Velocidades máximas y mínimas

Estas prevén que el fluido siempre se encuentre en movimiento causando la menor abrasión posible. En la línea de conducción por bombeo el rango recomendable es de 0,4 m/s a 2,0 m/s, y en la red de distribución estas oscilan entre 0,2 m/s a 2,0 m/s. En la siguiente tabla se encuentra un resumen de las velocidades del proyecto.

Tabla XI. Velocidad línea de conducción

EST	PO	Velocidad (m/s)
0	1	0,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Velocidades en la red de distribución

EST	PO	Velocidad (m/s)
1	1,A	0,35
1,A	1,B	0,35
1,B	1,C	0,35
1,C	1,D	0,35
1,D	1,E	0,35
1,E	1,F	0,35
1,F	1,G	0,35
1,G	2	0,35
2	3	0,30
2	4	0,47
4	5	0,51

Fuente: elaboración propia.

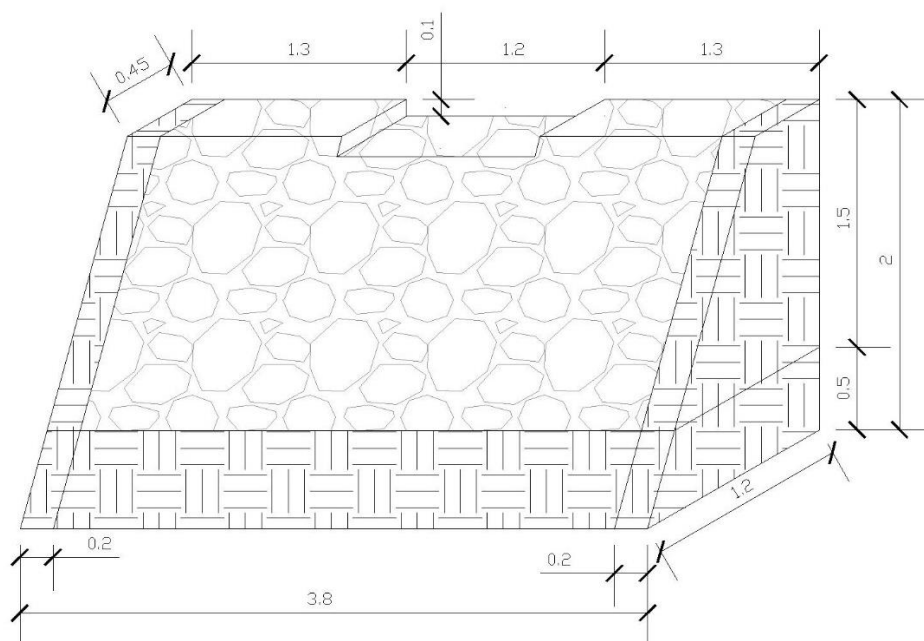
2.8. Captación

Es el sistema empleado para recolectar el agua proveniente de la fuente. Estas obras difieren dependiendo el tipo de la fuente y recursos. En el presente proyecto, se cuenta con un riachuelo, para el cual se debe de construir una presa pequeña para aumentar el nivel del agua y ser transportado hacia una caja de captación. Esto a manera de mantener un desnivel en este tramo y trabajar por gravedad.

2.8.1. Diseño de presa pequeña

La presa se diseñó como un muro de contención por gravedad de concreto ciclópeo, con un vertedero y una toma lateral para su conducción hacia la caja de captación.

Figura 13. Dimensiones de la presa, en metros



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La presa fue chequeada tanto por volteo y por deslizamiento, ya que son los factores de interés en un muro de contención por gravedad. La fuerza horizontal con mayor influencia es la producida por el agua, cuando esta se encuentra calmada. Se chequeó el comportamiento del vertedero (ver anexos).

Tabla XIII. **Factor de seguridad por deslizamiento**

Fuerza resistente	3 960,00	kg
Fuerzas actuantes	2 588,00	kg
Factor de seguridad por deslizamiento	1,53	Sí chequea

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Factor de seguridad por volteo**

Momento resistente	3 360,00	Kg-m
Momentos actuantes	1 177,13	Kg-m
Factor de seguridad por volteo	2.85	Sí chequea

Fuente: elaboración propia.

2.9. Ariete hidráulico

Es una máquina que aprovecha la energía de una pequeña diferencia de caída de agua para elevar parte de su caudal a una altura superior. El equipo se construye con elementos de fontanería común, diseñados para soportar muchos años de servicio con una limpieza periódica como único mantenimiento. Es muy fácil de arreglar en caso de romperse una pieza, ya que solo se sustituye. Este equipo garantiza un caudal constante todo el año, suministrando el tanque de

almacenamiento para el bombeo. Evitando de esta forma que la bomba centrífuga sumergible y llegue a quedarse sin agua y se arruine antes de la expiración de su vida útil.

2.9.1. Altura de elevación

Es la altura deseada a elevar con el equipo. Esta va en función del rendimiento y del desnivel de la caja de almacenamiento y del ariete hidráulico. Dicho desnivel se representa con la letra h y la altura de elevación con la letra H .

Tabla XV. **Alturas de diseño del ariete hidráulico**

Altura	m
Altura de elevación (H)	2,1
Desnivel (h)	1,9

Fuente: elaboración propia.

2.9.2. Rendimiento

Representa el porcentaje de agua que se puede bombear. Este varía con la relación de la altura de elevación y el desnivel. Mientras menor sea esta relación, mayor será el rendimiento.

Tabla XVI. **Valores de rendimiento según relación de alturas analizadas**

Relación H/h	2	3	4	6	8	10	12
Rendimiento	0,85	0,81	0,76	0,67	0,57	0,43	0,23

Fuente: JIMÉNEZ, José Manuel, *El ariete hidráulico*. p. 3.

Entonces

$$\text{Relación } H/h = \frac{2,10 \text{ m}}{1,90 \text{ m}}$$

$$\text{Relación } H/h = 1,12$$

Al ser esta relación pequeña, el rendimiento para el diseño será de un 85 %.

2.9.3. Caudal elevado

Es el caudal que dotará el ariete hidráulico al tanque de almacenamiento, en donde se encontrará la bomba, para lo cual fue necesario, diseñar el tanque con la demanda de habitantes y obtener un volumen. Este resultado fue el caudal necesario para que nunca trabaje en vacío, el cual dio un valor de:

$$q = 0,08 \text{ l/s}$$

2.9.4. Caudal de alimentación

Es el caudal encargado de dotar al ariete hidráulico. Este es directamente proporcional al caudal elevado e inversamente proporcional a la multiplicación del rendimiento y la relación de alturas. El ángulo de inclinación del tubo de alimentación debe estar entre los 10° y 45° con la horizontal.

$$Q_{ah} = \frac{q}{R * \frac{h}{H}}$$

Donde

Q_{ah} = caudal de alimentación, litros por segundo

q = caudal elevado, litros por segundo

R = rendimiento

h = desnivel de trabajo, metros.

H = altura de elevación, metros

Reemplazando valores

$$Q_{ah} = \frac{0,08 \text{ l/s}}{0,85 * \frac{1,90 \text{ m}}{2,10 \text{ m}}}$$

$$Q_{ah} = 0,104 \text{ l/s}$$

2.10. Caja de captación

Es la encargada de recolectar el agua proveniente de la fuente de agua para ser utilizada por el ariete hidráulico. Esta se utilizará únicamente de paso, ya que la fuente le provee todo el día y el ariete hidráulico demanda del mismo modo, por lo que su función principal es proveer las características necesarias para que el ariete funcione, y el agua tenga menos sólidos en suspensión.

Para el volumen de la caja de captación se utilizó el caudal de alimentación del ariete hidráulico. Al trabajar esta parte a gravedad se utilizará un factor de almacenamiento de 20 %. Se adoptó este valor, ya que la caja es únicamente para paso del agua.

$$Vol = \frac{Q_{ah} * 86\ 400}{1\ 000} * FA$$

Donde

Vol = volumen caja de captación, metros cúbicos

Qah = caudal de alimentación del ariete hidráulico, litros por segundo

FA = factor de almacenamiento

86 400 = segundos en un día

Sustituyendo datos

$$\text{Vol} = \frac{0,104 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 86\ 400}{1\ 000} * 0,20$$
$$\text{Vol} = 1,80 \text{ m}^3$$

El volumen de la caja de captación es de 2,25 m³. Las dimensiones del tanque, usando una relación 1:1 de largo y ancho son:

- Largo = 1,80 m
- Ancho = 1,80 m
- Altura = 1,40 m

2.10.1. Diseño de losa de cubierta caja de captación

Se diseñó una losa de concreto reforzado, con el método 3 del ACI 63. Al ser discontinua en los cuatro lados se diseña por el caso núm.1.

- Relación ancho/largo (m)

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

Donde

m = relación ancho/largo o lado corto/ lado largo. Indica el funcionamiento de la losa, si $m \geq 0,5$ trabaja en dos sentidos, y si $m < 0,5$ trabaja en un sentido.

a = ancho / lado corto, metros.

b = largo / lado largo, metros.

Sustituyendo valores

$$m = \frac{1,80 \text{ m}}{1,80 \text{ m}}$$
$$m = 1 \geq 0,5$$

Ya que la relación es mayor es igual a 0,5, la losa trabaja en 2 dimensiones.

- Espesor de losa

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

Sustituyendo datos

$$t = \frac{4 * 1,80 \text{ m}}{180}$$

$$t = 0,04 \text{ m}$$

El espesor calculado es menor al mínimo, por lo que se propone de 10 cm.
Las cargas de diseño son:

- Carga viva = 100 kg/m
- Carga muerta = 270 kg/m

La carga muerta se obtiene multiplicando el peso específico del concreto por el espesor de losa (6 cm), más la sobrecarga. Se calcula la carga mayorada utilizando los coeficientes de seguridad propuestos del ACI, de 1,4 para la carga muerta y de 1,7 para la carga viva.

$$CU = 1,40 * CM + 1,70 * CV$$

Donde

CU = carga mayorada

CV = carga viva

CM = carga muerta

Sustituyendo los datos

$$CU = 1,40 * 270 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 1,70 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$CU = 548,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Momentos que actúan en la losa (caso 1)
 - Momento positivo

$$M+ = L^2 * (C1 * CV + C2 * CM)$$

En donde

M+ = momento positivo, kilogramo metro.

C1 y C2 = coeficientes de carga viva y carga muerta respectivamente que dependen del lado analizado.

CV = carga viva, kilogramo por metro.

CM = carga muerta, kilogramo por metro.

L = lado analizado.

Sustituyendo datos

$$M+ = (1,80\text{m})^2 * (0,036 * 1,7 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0,036 * 1,4 * 270 \frac{\text{kg}}{\text{m}})$$

$$M+ = 63,92 \text{ kg-m}$$

- Momento negativo

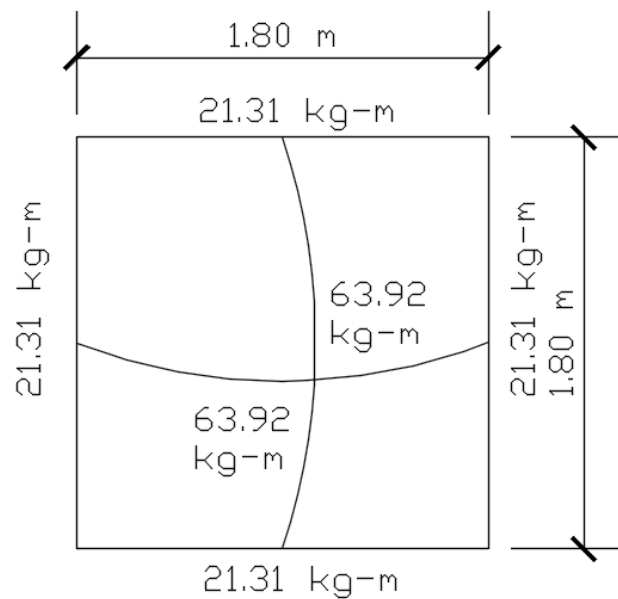
$$M_- = \frac{M_+}{3}$$

$$M_- = \frac{63,92 \text{ kg-m}}{3}$$

$$M_- = 21,31 \text{ kg-m}$$

Estos momentos son los mismos para el lado corto como el lado largo, ya que tienen las mismas dimensiones.

Figura 14. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Área de acero mínimo: se propuso el área de acero mínimo, ya que el momento producido por este soporta los momentos de la losa. Las áreas de acero calculadas producidas por los momentos fueron menores al mínimo.

$$A_{smin} = \phi * \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

Donde

Asmin = área de acero mínimo, centímetro cuadrado

ϕ = factor de seguridad (0,40)

f_y = resistencia del acero (2 810 kg/cm²)

b = franja unitaria (100 cm)

d = peralte, es la resta del espesor, el recubrimiento (2,5 cm) y el diámetro de la varilla a utilizar (núm. 3)

Reemplazando valores

$$Asmin = 0,40 * \frac{14,1}{2 810} * 100 * (10 - 2,5 - \frac{3}{8} * 2,54)$$

$$Asmin = 1,40 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento máximo

$$Smáx = 3 * t$$

$$Smáx = 3 * 10 \text{ cm}$$

$$Smáx = 30 \text{ cm}$$

- Cálculo de momento realizado por el área de acero mínimo

$$Mamin = \phi * Asmin * f'y * \left(d - \frac{Asmin * f'y}{1,7 * f'c * Franja \text{ unitaria}} \right) * 0,01$$

Donde

Mamin = momento que resiste el Asmin, kilogramo metro

Asmin = área de acero mínimo, centímetro cuadrado

f_y = resistencia del acero (2 810 kg/cm²)

$f'c$ = resistencia del concreto (210 kg/cm²)

ϕ = factor de reducción por flexión (0,90)

Reemplazando datos

$$M_{amin} = 0,90 * 1,40 * 2\,810 * \left(7 - \frac{1,40 * 2\,810}{1,70 * 210 * 100}\right) * 0,01$$

$$M_{amin} = 407,82 \text{ kg-m}$$

El momento del acero mínimo es mayor al momento máximo que se produce en la losa. Por lo que el acero a utilizar en la losa será el mínimo, y se utilizarán varillas de acero núm. 3 con un espaciamiento de 30 cm (núm. 3 @ 30cm).

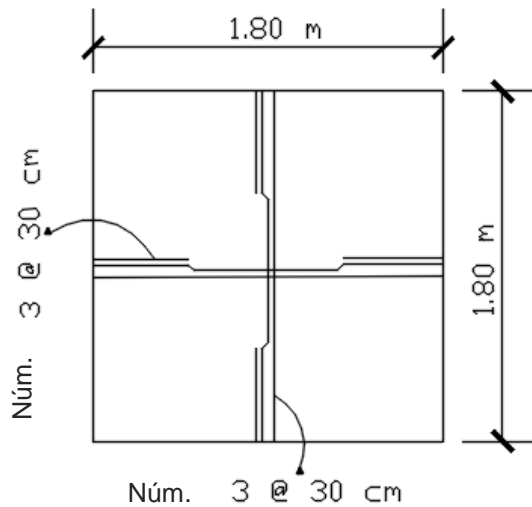
- Número de varillas

$$\text{Núm. varillas} = \frac{180 \text{ cm} - 10 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} + 2$$

$$\text{Núm. varillas} = 5,67 \text{ varillas}$$

Por lo que se propone 6 varillas núm. 3 para cada lado a cada 30 cm y la primera a 5 cm de la orilla. Otra alternativa sería una malla electro-soldada de calibre 7/7, de diámetro de varilla de 4,50 mm corrugada, con un peso de 1,68 kg/m².

Figura 15. **Diagrama de refuerzo**

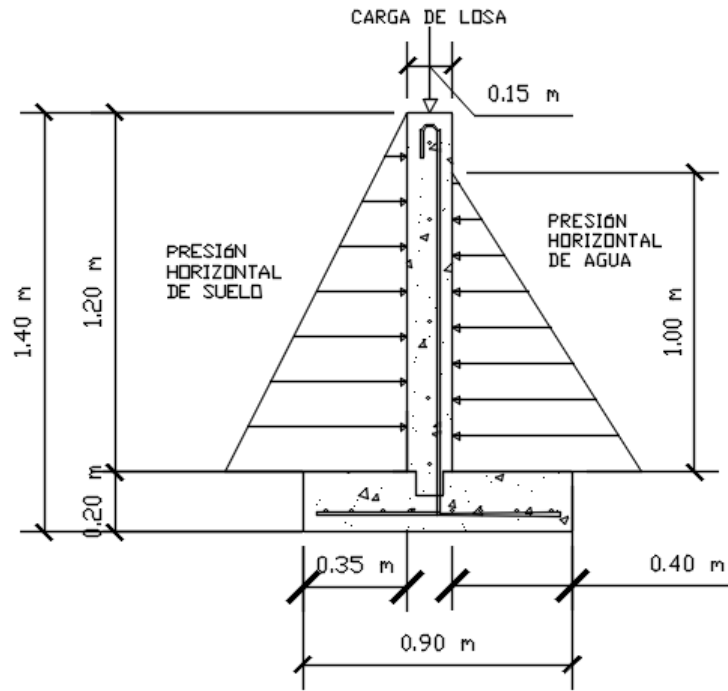


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.10.2. **Diseño de muros**

Las paredes de la caja de captación se diseñarán como tres muros de contención por voladizo de concreto reforzado. Por esto el traslado de material y facilidad de realizar; un gavión con geotextil como muro, el cual funcione como filtro y vertedero para rebalse, al mismo tiempo tendrá una carga en la parte superior debido a la losa de cubierta.

Figura 16. Muro de contención por voladizo caja de captación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Datos a utilizar:
 - Peso específico de la mampostería: 1 700 kg/m³
 - Peso específico del concreto: 2 400 kg/m³
 - Peso específico del agua: 1 000 kg/m³
 - Tipo de suelo = arena limosa
 - Peso específico del suelo = 1 500 kg/m³
 - Valor soporte del suelo = 40 ton/m³
 - Ángulo de fricción = 34°
 - Coeficiente de fricción = 0,44

- Fuerzas involucradas

- Presión horizontal de agua a una profundidad h

$$P_{\text{agua}} = \text{peso específico del agua} * h$$

$$P_{\text{agua}} = 1,00 \text{ m} * 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{\text{agua}} = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga de la presión de agua a una profundidad de h

$$q_{\text{agua}} = \text{Factor de seguridad} * \left(\frac{P_{\text{agua}} * h^2}{2} \right)$$

$$q_{\text{agua}} = \left(\frac{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (1,00 \text{ m})^2}{2} \right) * 1,60$$

$$q_{\text{agua}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga que ejerce la losa en el muro

$$W_{\text{losa}} = CU * \frac{\text{Área tributaria}}{L}$$

$$W_{\text{losa}} = 548 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * \frac{0,81 \text{ m}^2}{2,10 \text{ m}}$$

$$W_{\text{losa}} = 211,37 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Peso del muro en voladizo: para obtener el peso del muro se buscan las figuras geométricas más fáciles de analizar para obtener su área, por lo que se tiene:

Tabla XVII. **Peso del muro en voladizo**

FIGURA	BASE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m ²)	PE CONC (kg/m ³)	PESO (kg/m)
1	0,15	1,20	0,18	2 400	432
2	0,90	0,20	0,18	2 400	432
TOTAL					864,00

Fuente: elaboración propia.

- Fuerza por sismo

$$F_s = \text{Peso del muro} * 20 \%$$

$$F_s = 864,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 0,20$$

$$F_s = 216,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Cálculo de centroide del muro en voladizo: este se calcula tomando como origen la esquina inferior izquierda del muro.

Tabla XVIII. **Cálculo de centroide**

FIGURA	ÁREA (m ²)	CENTRO X (m)	CENTRO Y (m)	A * X (m ³)	A*Y (m ³)
1	0,18	0,38	0,80	0,068	0,144
2	0,18	0,45	0,10	0,081	0,018
TOTAL	0,36			0,149	0,162

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Centroide en x o y} = \frac{\sum \text{Área} * X \text{ o } Y}{\text{Área total}}$$

Por lo tanto

$$\text{Centroide en x} = \frac{0,149 \text{ m}^3}{0,36 \text{ m}^2}$$

$$\text{Centroide en x} = 0,413 \text{ m}$$

Y

$$\text{Centroide en y} = \frac{0,162 \text{ m}^3}{0,36 \text{ m}^2}$$

$$\text{Centroide en y} = 0,450 \text{ m}$$

El centroide en x es el brazo para momento producido por el peso del muro y el centroide en y, para la fuerza del sismo.

- Coeficientes de presión activa y pasiva

$$K_a = \frac{1 - \text{seno}(\varphi)}{1 + \text{seno}(\varphi)} = \frac{1 - \text{seno}(34^\circ)}{1 + \text{seno}(34^\circ)} = 0,28$$

$$K_p = \frac{1 + \text{seno}(\varphi)}{1 - \text{seno}(\varphi)} = \frac{1 + \text{seno}(34^\circ)}{1 - \text{seno}(34^\circ)} = 3,54$$

- Presión activa y pasiva

Presión activa será la ejercida por el agua

$$P_a = \frac{1}{2} * K_a * \text{peso específico del agua} * \text{altura}^2$$

$$P_a = \frac{1}{2} * 0,28 * \frac{1\ 000\ \text{kg}}{\text{m}^3} * (1,00\ \text{m})^2$$

$$P_a = 140\ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

La presión pasiva será ejecutada por el suelo

$$P_p = \frac{1}{2} * K_p * \text{peso específico del suelo} * \text{altura}^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} * K_p * 1\ 500 * (1,40\ \text{m})^2$$

$$P_p = 2\ 655,00\ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Cálculo de momentos

Todos los brazos son calculados tomando como origen la esquina inferior izquierda del muro.

Tabla XIX. **Momentos actuantes en el muro**

FUERZA		BRAZO	MOMENTO	TIPO DE MOMENTO
EJECUTOR	kg/m	m	kg-m	
Carga de agua (q agua)	140,00	0,73	102,67	Actuante
Fuerza de sismo (Fs)	216,00	0,45	97,20	Actuante
Carga de losa (Wlosa)	211,37	0,38	89,83	Resistente
Peso del muro	864,00	0,41	378,00	Resistente
Presión del suelo	2 655,00	0,46	1 239,00	Resistente

Fuente: elaboración propia.

Al ser un muro de contención por voladizo se debe de chequear su estabilidad contra volteo y deslizamiento.

- Factor de seguridad contra volteo

$$F_v = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos actuantes}} \geq 1,50$$

$$F_v = \frac{(1\ 239,00 + 378,00 + 89,83) \frac{\text{kg}}{\text{m}}\text{-m}}{(102,67 + 97,20) \frac{\text{kg}}{\text{m}}\text{-m}}$$

$$F_v = 8,54 \geq 1,50 \text{ OK}$$

- Factor de seguridad contra deslizamiento

$$F_d = \frac{(\sum \text{Fuerzas resistentes}) * \text{coeficiente de fricción}}{\sum \text{Fuerzas actuantes}} \geq 1,50$$

$$F_d = \frac{(864,00 + 211,37 + 2\ 655,00) * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{(140,00 + 216,00) \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

$$F_d = 12,07 \geq 1,50 \text{ OK}$$

- Verificación de presiones

Se calcula la distancia x desde el origen, donde actúan las cargas verticales. Esta se calcula como:

$$x = \frac{\sum \text{Momentos}}{\sum \text{Fuerzas de muro}}$$

$$x = \frac{M_{\text{resistentes}} - M_{\text{actuantes}}}{\text{Fuerzas resistentes}}$$

$$x = \frac{(1\,706,83 - 19,87) \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{m}}{(3\,730,37) \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

$$x = 0,40 \text{ m}$$

- La excentricidad (e) es

$$e = \frac{L}{2} - x$$

$$e = \frac{0,90}{2} - 0,40 \text{ m}$$

$$e = -0,046 \text{ m}$$

Las presiones máximas y mínimas no deben de superar el valor soporte del suelo y tampoco debe haber presiones negativas. Estas se calculan como:

$$q_{\text{mín}}^{\text{máx}} = \frac{W_{\text{muro}} + W_{\text{losa}}}{\text{Franja Unitaria} \cdot L} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{\text{Franja Unitaria} \cdot L^2} \right)$$

En donde

q = presión máxima o mínima

W_{muro} = carga del muro

W_{losa} = carga de losa

L = base del muro

e = excentricidad

Sustituyendo datos

$$q_{\min}^{\max} = \frac{3\,730,37}{1 \cdot 0,90} * \left(1 \pm \frac{6 * -0,046}{1 * 0,90^2} \right)$$

$$q_{\min} = 2\,872,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \sim 2,87 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0 \text{ OK}$$

$$q_{\max} = 5\,416,72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \sim 5,42 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \text{ OK}$$

- Refuerzo de pantalla
 - Corte producido por la presión del agua

$$V_a = 1,60 * (\text{Pa})$$

$$V_a = 1,60 * 140$$

$$V_a = 224,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Corte producido por la presión del suelo, suponiendo que no hay agua

$$V_{\text{suelo}} = 1,60 * \left(\frac{1}{2} * K_a * \text{peso específico del suelo} * \text{altura}^2 \right)$$

$$V_{\text{suelo}} = 1,60 * 493,92$$

$$V_{\text{suelo}} = 790,27 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Momento producido por el corte de la presión del agua

$$M_{\text{agua}} = V_a * \frac{\text{altura del agua}}{3}$$

$$M_{\text{agua}} = 224,00 * \frac{1,00}{3}$$

$$M_{\text{agua}} = 74,67 \text{ kg-m}$$

- Momento producido por el corte de la presión del suelo

$$M_{\text{agua}} = V_{\text{suelo}} * \frac{\text{altura del suelo}}{3}$$

$$M_{\text{agua}} = 790,27 * \frac{1,40}{3}$$

$$M_{\text{agua}} = 368,79 \text{ kg-m}$$

Tomando el momento mayor para calcular el área de acero para cubrirlo se obtiene:

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

En donde:

A_s = área de acero

f_y = resistencia del acero

f'_c = resistencia del concreto

M_u = momento analizado

d = peralte, 15 cm – 5 cm de recubrimiento = 10 cm

Sustituyendo datos

$$A_s = \left(100 * 10 - \sqrt{(100 * 10)^2 - \frac{368,79 * 100}{0,003825 * 210}} \right) * \left(\frac{0,85 * 210}{2 * 810} \right) * 0,01$$
$$A_s = 9,39 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas núm. 4, con un área de 1,26 cm², se obtiene 8 varillas a cada 25 cm.

- Acero por temperatura

$$A_t = 0,0025 * \text{espesor de la pantalla} * \text{franja unitaria}$$

$$A_t = 0,0025 * 15 * 100$$

$$A_t = 3,75 \text{ cm}^2$$

Proponiendo 3 varillas núm. 3 a cada 45 cm para cubrirlo. Los momentos producidos en el talón y en la punta son resistidos por el refuerzo mínimo, por lo que se proponen varillas núm.4 a cada 35 cm, con un recubrimiento de 7,50 cm.

2.10.3. Diseño de losa inferior del tanque

La losa inferior tendrá que soportar el peso del agua almacenada, como una carga constante, y ser impermeable, considerando su exposición con el suelo.

- Volumen de agua

$$V_{\text{agua}} = \text{Altura} * \text{largo} * \text{ancho}$$

$$V_{\text{agua}} = 1,00 \text{ m} * 1,80 \text{ m} * 1,80 \text{ m}$$

$$V_{\text{agua}} = 3,24 \text{ m}^3$$

- Peso del agua sobre la losa

$$W_{\text{agua}} = \text{Peso del agua} * V_{\text{agua}}$$

$$W_{\text{agua}} = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 3,24 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{agua}} = 3\,240,00 \text{ kg} \sim 3,24 \text{ ton}$$

- Peso del agua sobre la losa inferior

$$W_{\text{agua sobre losa}} = \frac{W_{\text{agua}}}{\text{Área de losa inferior}}$$

$$W_{\text{agua sobre losa}} = \frac{3,24 \text{ ton}}{3,24 \text{ m}^2}$$

$$W_{\text{agua sobre losa}} = 1,00 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Como el valor soporte del suelo es mayor que el peso que el agua ejerce en la losa, no se requiere más que el refuerzo mínimo. Sin embargo, por términos de impermeabilidad se propone que la losa inferior tenga un espesor de 20 cm de concreto con el refuerzo mínimo.

2.11. Línea de conducción

Se diseñará desde el tanque de almacenamiento donde se encontrará una bomba sumergible, hasta el tanque de distribución. Como es una línea por bombeo, se realizó un análisis del diámetro económico. Por razones hidráulicas y variaciones mínimas se escogió un diámetro de 1 ¼”, el rango máximo de los diámetros teóricos. Los datos de diseño se presentan a continuación:

- Longitud del tramo: 419,77 m (ya incluye el factor de 5 % por inclinación)
- Caudal de bombeo: 0,318 l/s
- Tipo de tubería: PVC
- Presión de trabajo de la tubería: 250 PSI (175,77 m.c.a.)
- Cota de salida: 1 906,25 m
- Cota de entrada: 2 004,28 m
- Diámetro: 1 pulgadas
- Velocidad del flujo: 0,40 m/s

2.11.1. Carga dinámica total

Es la altura total a vencer por la bomba. También se le conoce como la altura dinámica total. Se utiliza para determinar el diámetro económico. Se calcula como:

$$CDT = H_s + H_c + H_i + H_f + h_m + h_v$$

Donde

CDT = carga dinámica total, metros

H_s = altura de nivel dinámico a boca de pozo, metros

H_c = pérdidas en carga de succión, metros

H_i = altura de descarga, metros

Hf = pérdidas de carga por fricción en la línea, metros

hm = pérdidas menores, metros

hv = pérdidas por velocidad, metros

- Altura de nivel dinámico a boca de pozo (Hs)

Diferencia entre la boca del pozo y la cota del nivel dinámico del tanque.

$$H_s = \text{CT boca del pozo} - \text{CT nivel dinámico}$$

$$H_s = 1\,906,50 \text{ m} - 1\,905,85 \text{ m}$$

$$H_s = 0,65 \text{ m}$$

- Pérdidas en carga de succión (Hc)

Es la pérdida que se genera por el paso del agua en la tubería sumergida hasta la bomba. Para este proyecto se utilizará una bomba sumergible, por lo que esta pérdida de carga es igual a cero.

$$H_c = 0 \text{ m}$$

- Altura de descarga (Hi)

Es la diferencia de nivel que existe entre la cota de colocación de la bomba y la altura del tanque de distribución.

$$H_i = \text{CT tanque distribución} - \text{CT bomba}$$

$$H_i = 2\,004,28 \text{ m} - 1\,905,60 \text{ m}$$

$$H_i = 98,68 \text{ m}$$

- Pérdidas de carga por fricción en la línea, (Hf)

Pérdida calculada por la ecuación de Hazzen & Williams. Esta representa la pérdida del agua cuando va por la tubería. Se calcula como:

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

Donde

L = longitud de tubería al tanque de distribución, metros

Q = caudal a transportar en la tubería, litros por segundo

∅ = diámetro de la tubería a colocar, pulgadas

C = coeficiente de fricción de la tubería (150 para PVC)

Sustituyendo valores

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 419,77 * 0,318^{1,85}}{1^{4,87} * 150^{1,85}}$$

$$H_i = 8,29 \text{ m}$$

- Pérdidas por velocidad (hv)

Son las pérdidas que se producen en la tubería por cambios de velocidad en el flujo.

$$h_v = \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde

V = velocidad del flujo, metros por segundo

g = aceleración de la fuerza de gravedad, 9,81 m/s²

Sustituyendo valores

$$h_v = \frac{(0,63)^2}{2 * 9,81}$$
$$h_v = 0,020 \text{ m}$$

- Pérdidas menores (hm)

Estas consideran los accesorios del sistema. Se estiman como un 10 % de las perdidas por fricción.

$$h_m = 0,10 * H_f$$
$$h_m = 0,829 \text{ m}$$

Entonces la carga dinámica total es igual a

$$CDT = 0,65 \text{ m} + 0 + 98,68 \text{ m} + 8,29 \text{ m} + 0,020 \text{ m} + 0,829 \text{ m}$$
$$CDT = 108,47 \text{ m}$$

2.11.2. Potencia del equipo de bombeo

Se determinó la colocación de una bomba eléctrica sumergible, con capacidad de 340 ft de cabeza y de 5 gal/min. Por lo que es necesaria una extensión de red de energía eléctrica, la cual debe ser solicitada por la municipalidad a la empresa de distribución hacia la caseta de control de la bomba.

El cálculo de la potencia de la bomba depende del caudal de bombeo, la carga dinámica total, y la eficiencia de la bomba. De igual forma se debe verificar que se encuentre una bomba de la capaz de elevar la carga dinámica y de proveer el caudal diseñado. La ecuación de la potencia es:

$$POT = \frac{Q * CDT}{76 * EFI}$$

Donde

POT = potencia requerida por la bomba en caballos de fuerza

Q = caudal de bombeo, litros por segundo

CDT = carga dinámica total, metros

EFI = eficiencia del equipo de bombeo (rango entre 60 y 70 %)

Reemplazando los datos

$$POT = \frac{0,318 \frac{l}{s} * 108,47 m}{76 * 0,6}$$

$$POT = 0,756 HP$$

En el mercado para la carga dinámica a vencer la potencia de la bomba debería ser de 1,5 a 2 HP de succión vertical, dando una eficiencia de aproximadamente 23 %.

2.11.3. Sobrepresión o golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que se produce al momento de cerrar o abrir una válvula repentinamente, o por el paro o arranque de la bomba. Esto genera una variación de presión en la tubería por encima o por debajo de la presión normal de operación. Este fenómeno puede provocar ruptura de la presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa).

Para su determinación se debe empezar calculando la celeridad como:

$$\alpha = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} * \frac{\phi_{INT}}{e}}}$$

Donde

α = celeridad de onda, metros por segundo.

K = módulo de elasticidad volumétrica del agua ($2,07 \cdot 10^4$ kg/cm²).

E = módulo de elasticidad del material de la tubería (para el PVC es de $3 \cdot 10^4$ kg/cm²).

ϕ_{INT} = diámetro interno, milímetros.

e = espesor de pared del tubo, milímetros.

Entonces

$$\alpha = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \frac{20\,700}{30\,000} * \frac{29,49}{1,96}}}$$

$$\alpha = 420,91 \text{ m/s}$$

Ahora se procede a calcular la sobrepresión, la cual se determina con la siguiente expresión.

$$\Delta P = \frac{\alpha * V}{g}$$

Donde

ΔP = sobrepresión, metros columna de agua

α = celeridad, metros por segundo

V = velocidad del flujo, metros por segundo

g = aceleración de la fuerza de gravedad, 9,81 m/s)

Sustituyendo datos

$$\Delta P = \frac{420,91 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,63 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$
$$\Delta P = 27,03 \text{ m}$$

La presión a resistir de la tubería es igual a la sobrepresión más la altura de bombeo. Esto es menor a la presión de trabajo de la tubería.

$$\Delta P + H_i < \text{Presión de trabajo}$$
$$27,03 \text{ m} + 98,68 \text{ m} < 175,77 \text{ m.c.a.}$$
$$125,71 \text{ m.c.a.} < 175,77 \text{ m.c.a.}$$

La tubería de 250 PSI es capaz de soportar la sobrepresión, pero para proteger al equipo de bombeo se propone implementar una válvula de cheque horizontal, después de la bomba para evitar daños en el sistema.

2.12. Red de distribución

Se diseñará como ramales abiertos debido a la dispersión de las viviendas, y la distribución de las calles existentes, por lo que su diseño se basará en las recomendaciones de Unepar.

Primero se calculará el caudal unitario, el cual servirá para obtener el caudal por vivienda y se comparará con el caudal de uso simultáneo. Este se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_u = \frac{Q_{hm}}{N_{tv}}$$

En donde

Qu = caudal unitario, litros por segundo por vivienda

Qhm = caudal de hora máximo, litros por segundo

Ntv = número total de viviendas futuras

Reemplazando los datos

$$Qu = \frac{0,212 \text{ l/s}}{24 \text{ viviendas}}$$
$$Qu = 0,009 \text{ l/s/vivienda}$$

Ahora se determinará el caudal de uso simultáneo y el caudal por vivienda. Estos se calculan por ramal, en el primer tramo se considera el número total de viviendas y conforme se vaya avanzando, el número de viviendas irá disminuyendo. Como ejemplo se trabajará el tramo de la estación 1 a la 2.

Se determinará el caudal de uso simultaneo, como:

$$Q1 = k * \sqrt{(N - 1)}$$

Donde

Q1 = caudal de uso simultáneo, litros por segundo por vivienda

k = coeficiente, oscila entre 0,15 y 0,20

N = total de viviendas en el tramo

Sustituyendo datos

$$Q1 = 0,15 * \sqrt{(24 - 1)}$$
$$Q1 = 0,719 \text{ l/s}$$

Este caudal es la probabilidad estadística del uso simultáneo de las conexiones domiciliarias en un ramal. Este es mayor de 0,2 l/s, el cual es aceptable.

Se procede a calcular el caudal por vivienda que es el producto del caudal unitario por el número de viviendas en el tramo.

$$Q_v = N * Q_u$$

Donde

Q_v = caudal de vivienda, litros por segundo

N = número de viviendas que llegan al tramo

Q_u = caudal unitario, litros por segundo

Sustituyendo datos

$$Q_v = 24 * 0,009 \frac{l}{s}$$

$$Q_v = 0,213 \frac{l}{s}$$

Para determinar el caudal de diseño de un tramo en la red, se debe comparar el caudal de uso simultáneo con el caudal por vivienda del mismo tramo. El mayor valor entre estos dos datos será el caudal de diseño. Por los que se tiene.

$$0,719 \frac{l}{s} > 0,213 \frac{l}{s}$$

Entonces

$$Q_{\text{diseño}} = 0,719 \frac{l}{s}$$

La forma de diseñar los ramales es mediante la ecuación de Hazen & Williams. Por ello se debe verificar las velocidades y las presiones que se encuentran en la red.

A continuación se presenta el diseño del tramo Núm. 1 que va de la estación E-1 a E-2. Los datos del tramo son:

- Longitud: 255,67 m.
- Cota E-1: 2 003,18 m.
- Cota E-2: 1 950,22 m (considerando los 0,60 m de profundidad mínima de la tubería).
- Número de viviendas futuras en el tramo: 8.
- Número de viviendas acumuladas: 24

Con la ecuación de Hazen & Williams se calcula el diámetro a utilizar.

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 255,67 * 1,05 * 0,719^{1,85}}{150^{1,85} * 52,96}}$$

$$D = 0,85 \text{ pulgadas.}$$

Se analiza un rango de diámetro, por lo que se divide el tramo de E-1 a E-2 en 7 estaciones. Esto tiene el único objetivo de verificar los 0,6 m de profundidad en el tramo, también en ellos se ubica un accesorio. Por lo que se propone un diámetro de 2 pulgadas, el cual cumple con la población actual y futura.

$$D \cong 2 \text{ pulgadas}$$

Con dicho diámetro, de la estación 1,G a 2 se tiene una pérdida real de 0,07 m, una cota piezométrica igual a 1 958,05 m, una velocidad de 0,28 m/s, una presión dinámica de 7,83 m.c.a y la presión estática de 52,96 m.c.a. Todos los resultados están en el rango aceptable (ver anexos).

2.13. Tanque de almacenamiento

Tiene la función de recibir el agua proveniente del ariete hidráulico, con el fin de ser impulsada por la bomba vertical hacia el tanque de distribución. Su volumen se calculó como

$$\text{Vol} = \frac{\text{QDM} * 86\ 400}{1\ 000} * 50 \%$$

Donde

Vol = volumen del tanque de almacenamiento, metro cúbico

QDM = caudal máximo diario, litros por segundo

Reemplazando datos

$$\text{Vol} = \frac{0,159 * 86\ 400}{1\ 000} * 50 \%$$
$$\text{Vol} = 6,87 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque será de 7,20 m³. Su diseño se realizó de la misma forma que la caja de captación. A continuación se presenta un resumen de los datos de diseño.

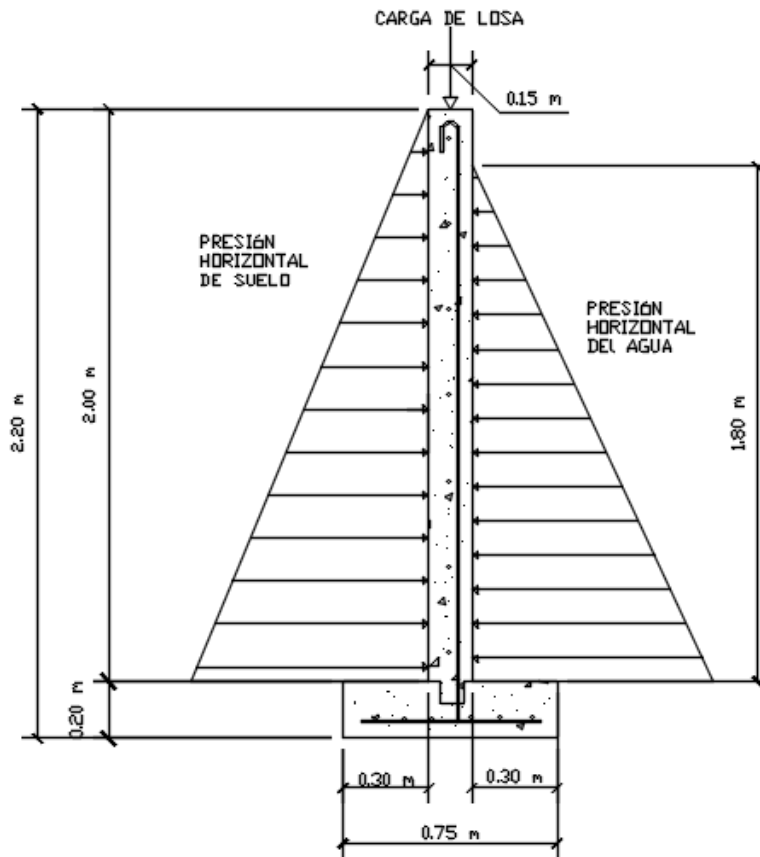
Tabla XX. **Resumen diseño de tanque de almacenamiento**

ELEMENTO	DATO
Losa de cubierta	
Dimensiones	2,30 m * 2,30 m
Espesor	0,10 m
Armado	Núm. 3 @ 30cm
Muros del tanque	
Dimensiones	Ver figura.
- Espesor de pantalla	0,15 m
- Altura de la pantalla	2,00 m
- Espesor de la base	0,20 m
- Ancho de la base	0,65 m
- Largo del muro	2,30 m
Factor de seguridad contra volteo	18,46
Factor de seguridad contra deslizamiento	18,70
Verificación de presiones	No hay presiones negativas
- Presión máxima	1,74 ton/m ²
- Presión mínima	0,58 ton/m ²
Armado de pantalla	
- Acero vertical	Núm. 4 @ 30cm
- Acero por temperatura	Núm. 3 @ 30cm
Armado de la base	
- Acero por temperatura	Núm. 4 @ 20cm
- Acero longitudinal	Núm. 4 @ 30cm
Losa inferior	
Dimensión	2,0 m * 2,0 m
Espesor	0,20 m
Armado	Núm. 3 @ 30cm

Fuente: elaboración propia.

Detalles de las dimensiones de los muros:

Figura 17. **Muro en voladizo del tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El diseño final del tanque de almacenamiento se puede observar en los planos constructivos (ver anexos).

2.14. Tanque de distribución

Debe tener la capacidad de regular las variaciones horarias de la demanda; la capacidad de la fuente; las dimensiones del terreno donde estará y el tipo y capacidad soporte del suelo. Su cota de salida es de importancia para el diseño

de la red de distribución para determinar las presiones de servicio. Su ubicación tiene como objetivo que la red de distribución trabaje por gravedad y abarque todas las viviendas actuales sin necesidad de un rebombeo.

Su volumen se calculó como

$$\text{Vol} = \frac{\text{QM} * 86\ 400}{1\ 000} * 50 \%$$

Donde

Vol = volumen del tanque de almacenamiento, metro cúbico.

QM = caudal medio diario, litros por segundo.

50 % = factor de seguridad para sistemas de bombeo va de 40 %-65 %, según normas de diseño.

Reemplazando datos

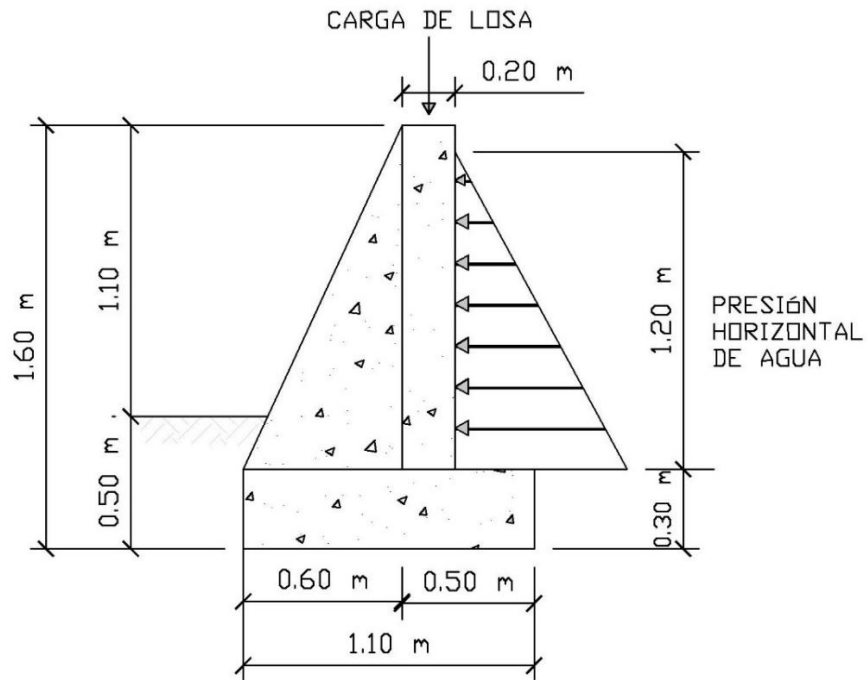
$$\text{Vol} = \frac{0,106 * 86\ 400}{1\ 000} * 50 \%$$
$$\text{Vol} = 4,58 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque superficial será de 5,30 m³. Su diseño se realizó como muros de contención por gravedad, los cálculos se encuentran en los anexos. La losa de cubierta y la losa inferior se diseñaron de la misma forma que los tanques anteriores.

2.14.1. Diseño de muros

Las paredes del tanque de distribución se diseñarán como muros de contención de gravedad de concreto ciclópeo. Esto por el traslado de material y facilidad de realizar, con carga en la parte superior debido a la losa de cubierta.

Figura 18. Muro por gravedad del tanque de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Datos a utilizar
 - Peso específico del concreto ciclópeo: $2\,500 \text{ kg/m}^3$
 - Peso específico del agua: $1\,000 \text{ kg/m}^3$
- Fuerzas involucradas
 - Presión horizontal de agua a una profundidad h

$$P_{\text{agua}} = \text{peso específico del agua} \cdot h$$

$$P_{\text{agua}} = 1,20 \text{ m} \cdot 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{\text{agua}} = 1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga de la presión de agua a una profundidad de h

$$q \text{ agua} = \frac{P_{\text{agua}} * h}{2}$$

$$q \text{ agua} = \frac{1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,20 \text{ m}}{2}$$

$$q \text{ agua} = 720 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga que ejerce la losa en el muro

$$W_{\text{losa}} = CU * \frac{\text{Área tributaria}}{L}$$

$$W_{\text{losa}} = 548 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * \frac{1,56 \text{ m}^2}{2,50 \text{ m}}$$

$$W_{\text{losa}} = 342,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Peso del muro de gravedad: se obtuvieron las figuras geométricas de la sección del muro más fáciles de analizar.

Tabla XXI. **Peso del muro de gravedad**

FIGURA	BASE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m ²)	PE CONC (kg/m ³)	PESO (kg/m)
1	0,20	1,40	0,28	2 500	700,00
2	1,10	0,30	0,33	2 500	1 050,00
3	0,60	1,40	0,42	2 500	825,00
TOTAL					2 575,00

Fuente: elaboración propia.

- Fuerza por sismo

$$F_s = \text{Peso del muro} * 20 \%$$

$$F_s = 2\,575,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 0,20$$

$$F_s = 515,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Centroide del muro de gravedad: se calculó tomando como origen la esquina inferior izquierda del muro.

Tabla XXII. **Cálculo de centroide**

FIGURA	ÁREA (m ²)	CENTRO X (m)	CENTRO Y (m)	A * X (m ³)	A*Y (m ³)
1	0,28	0,70	1,00	0,196	0,280
2	0,33	0,55	0,15	0,182	0,050
3	0,42	0,40	0,77	0,168	0,322
TOTAL	1,09			0,546	0,652

Fuente: elaboración propia.

Centroide en x = 0,530 m

Centroide en y = 0,633 m

El centroide en x es el brazo para momento producido por el peso del muro y el centroide en y, para la fuerza del sismo.

- Cálculo de momentos

Todos los brazos son calculados tomando como origen la esquina inferior izquierda del muro.

Tabla XXIII. **Momentos actuantes en el muro**

FUERZA		BRAZO	MOMENTO	TIPO DE MOMENTO
EJECUTOR	kg/m	m	kg - m	
Carga de agua (q agua)	720,00	0,40	288,00	Actuante
Fuerza de sismo (Fs)	515,00	0,63	325,75	Actuante
Carga de losa (Wlosa)	342,50	0,70	239,75	Resistente
Peso del muro	2 575,00	0,53	1 363,75	Resistente

Fuente: elaboración propia.

Al ser un muro por gravedad se debe chequear su estabilidad contra volteo y deslizamiento.

- Factor de seguridad contra volteo

$$F_v = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos actuantes}} \geq 1,50$$

$$F_v = \frac{1\ 603,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\text{-m}}{613,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\text{-m}}$$

$$F_v = 2,61 \geq 1,50 \text{ OK}$$

- Factor de seguridad contra deslizamiento

$$F_d = \frac{\sum \text{Fuerzas resistentes}}{\sum \text{Fuerzas actuantes}} \geq 1,50$$

$$F_d = \frac{2\ 917,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{1\ 235,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

$$F_d = 2,36 \geq 1,50 \text{ OK}$$

- Verificación de presiones

Se calcula la distancia x desde el origen, donde actúan las cargas verticales.

$$x = \frac{M_{\text{muro}} + M_{\text{losa}} - M_{\text{agua}}}{W_{\text{muro}} + W_{\text{losa}}}$$

$$x = \frac{1\,315,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{m}}{2\,917,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

$$x = 0,45 \text{ m}$$

Para que no existan presiones negativas, se debe cumplir que tres veces la distancia x debe ser mayor a la base del muro ($3x > B$).

$$3x > B$$

$$3 \cdot 0,42 \text{ m} > 1,70 \text{ m}$$

$$1,35 \text{ m} > 1,70 \text{ m OK}$$

- La excentricidad (e) es

$$e = \frac{L}{2} - x$$

$$e = \frac{1,70}{2} - 0,45 \text{ m}$$

$$e = 0,10 \text{ m}$$

Las presiones máximas y mínimas no deben superar el valor soporte del suelo y tampoco debe haber presiones negativas.

$$q_{\text{máx}} = 4\,085,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \sim 4,09 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \text{ OK}$$

$$q_{\text{mín}} = 1\,218,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \sim 1,22 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0 \text{ OK}$$

A continuación se presenta un resumen del diseño del tanque de distribución:

Tabla XXIV. **Resumen diseño de tanque de distribución**

ELEMENTO	DATO
Losa de cubierta	
Dimensiones	2,50 m * 2,50 m
Espesor	0,10 m
Armado	Núm. 3 @ 30cm
Muros del tanque	
Dimensiones	Ver figura.
Factor de seguridad contra volteo	2,61
Factor de seguridad contra deslizamiento	2,36
Verificación de presiones	No hay presiones negativas
- Presión máxima	4,09 ton/m ²
- Presión mínima	1,22 ton/m ²
Losa inferior	
Dimensión	2,10 m * 2,10 m
Espesor	0,20 m
Armado	Núm. 3 @ 35cm

Fuente: elaboración propia.

El diseño final del tanque de distribución se puede observar en los planos constructivo (ver anexos).

2.15. **Conexión predial**

Las conexiones prediales consisten en un chorro ubicado en el límite de cada predio. Este es alimentado por la red de distribución y una válvula de paso

con su respectiva caja de seguridad, con contador de agua para control de consumo.

2.16. Sistema de desinfección

Según los resultados de calidad de agua, es necesario un tratamiento de desinfección simple, por lo que se proponen dos tratamientos. El primero es la utilización de un muro tipo gavión con geotextil en la caja de captación como método de filtración para eliminar los sólidos en suspensión.

El segundo tratamiento es la utilización de un sistema de dosificación de cloro, el cual se hace mediante una solución de cloro en un recipiente de 50 galones. Estas son inyectadas al sistema mediante un motor que tenga la capacidad de vencer la presión del sistema, 150 PSI y debe ubicarse en la caseta de bombeo. Para garantizar un tratamiento preventivo contra bacterias y virus, la cantidad mínima de cloro que se le debe aplicar al agua es de 2 partes por millón, en otras palabras 2 g/m^3 de agua, según Coguanor NGO 29 001, en el tanque de distribución y evitar intoxicación por el uso convencional de tabletas de hipoclorito de calcio. El equipo debe constar de una bomba dosificadora, llave de inyección, un interruptor de flujo con su respectivo medidor de flujo.

2.17. Presupuesto

El presupuesto de la introducción de agua potable en el caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala, se presenta a continuación.

Tabla XXV. **Presupuesto del sistema de agua potable**

Núm.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (Q)	TOTAL
1	Trazo y replanteo topográfico	global	1,00	Q3 529,18	Q3 529,18
2	Línea de conducción	global	1,00	Q128 244,69	Q128 244,69
3	Red de distribución	global	1,00	Q31 337,73	Q31 337,73
4	Caja de captación	unidad	1,00	Q30 809,67	Q30 809,67
5	Tanque de almacenamiento	unidad	1,00	Q38 046,09	Q38 046,09
6	Tanque de distribución	unidad	1,00	Q25 818,17	Q25 818,17
7	Presa	unidad	1,00	Q23 313,81	Q23 313,81
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q281 099,33

Fuente: elaboración propia.

2.18. Cronograma

Se especifican las actividades a realizarse con monto y tiempo estimado.

Tabla XXVI. **Cronograma de inversión**

REGLÓN	1	2	3	4
Trazo y replanteo topográfico	Q3 529,18			
Línea de conducción		Q128 244,69		
Red de distribución			Q31 337,73	
Caja de captación	Q30 809,67			
Tanque de almacenamiento		Q38 046,09		
Tanque de distribución		Q38 046,09		
Presa	Q23 313,81			
TOTAL POR MES	Q57 652,65	Q140 214,52	Q79 791,21	Q15 668,86

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Cronograma de ejecución**

REGLÓN	1	2	3	4
Trazo y replanteo topográfico				
Línea de conducción				
Red de distribución				
Caja de captación				
Tanque de almacenamiento				
Tanque de distribución				
Presa				
TOTAL POR MES				

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La construcción de un sistema de agua potable vendrá a mejorar la calidad de vida de los pobladores del caserío El Astillero. Se contará con agua entubada y con un sistema de desinfección para evitar que se utilicen fuentes contaminadas.
2. Es necesario tener un sistema de bombeo mecánico para esta situación, con el propósito de contar con el recurso hídrico de forma permanente y con costos únicamente de mantenimiento.
3. El sistema de desinfección del agua potable es por disolución, por seguridad de las partículas por millón de cloro que se tendrán en el tanque de distribución, previniendo la intoxicación por tener mayores concentraciones, que se da con el método de tabletas.
4. En el presupuesto debe considerarse la ampliación de red hacia el punto de bombeo, con las autoridades de la Municipalidad y la empresa distribuidora de energía.

RECOMENDACIONES

1. En la construcción de todo el proyecto es de gran importancia que los materiales de construcción sean sometidos a pruebas de laboratorio para garantizar la seguridad y condiciones óptimas de las mismas.
2. Para mejorar la calidad del agua es necesario remover actividades de los pobladores antes de la presa como el uso de la piedra de lavado de ropa.
3. Se debe construir el proyecto con base a los planos constructivos y las normas específicas.
4. Es importante que la Municipalidad, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública, realicen una campaña educativa acerca del uso adecuado del agua potable.
5. Se debe realizar por parte de la Municipalidad un mantenimiento adecuado a los distintos componentes del sistema de agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARMAS BARRIOS, Oscar David. *Diseño de introducción de agua potable de la aldea Rancho de Teja, del municipio de Sacapulas, El Quiche*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2005. 69 p.
2. BARRERA CHINCHILLA, Miguel Angel. *Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la aldea Joconal y escuela primaria en la aldea Campanario Progreso, municipio de La Unión, departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011.141 p.
3. CUALLA LÓPEZ, Alfredo Ricardo. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995. 541 p.
4. JIMÉNEZ, José Manuel. *El ariete hidráulico*. [en línea]. <http://www.terra.org/data/ariete_super.pdf>. [Consulta: 13 de septiembre de 2012].
5. LETONA FLORES, José Antonio. *Diseño de introducción de agua potable por gravedad en el caserío Oratorio, aldea Chuaxic, Sololá. Cuantificación de daños en caminos y puentes causados por la tormenta Stan en el municipio de Sololá, departamento de Sololá*.

Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 151 p.

6. MENDOZA, Jorge Estuardo. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea San José El Tablón, Villa Canales, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2014. 61 p.
7. RUIZ HERNÁNDEZ, Julio Estuardo. *Diseño de la introducción de agua potable para el caserío San Matías, municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2013. 92 p.
8. SIMMONS, Charles S. ; TÁRANO T. , José Manuel ; PINTO Z., José Humberto. *Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala*. Guatemala : Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra", 1959. 1000 p.
9. VELA MORALES, Edwin Ricardo A. *Diseño de la ampliación del sistema de agua potable para Antigua Guatemala y del puente vehicular entre las aldeas San Juan El Obispo y San Gaspar, Antigua Guatemala, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2014. 213 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Tablas de diseño

Cálculo hidráulico de línea de conducción:

TRAMO		DIST HORI (m)	NÚMERO DE TUBOS	COTA DE TERRENO		Diámetro calculado	Diámetro propuesto	Chequeo diámetro
EST	PO			INCIAL	FINAL			
0	1	399,78	70	1 905,6	2 004,28	0,60	1	VERDADERO

TIPO DE TUBERÍA	coef "C"	Dif Cotas	Hf diam prop	Cota piez	Velocidad	Chequeo velocidad	Presión dinámica m.c.a.	Presión estática m.c.a.
PVC	150	98,68	8,29	1 897,31	0,63	VERDADERO	-106,97	98,68

Horas de bombeo y consumo de energía por mes, según año:

AÑO	POB. FUTURA	QM	QDM	QB	HORA BOM	POT HP	KWH/MES	Kwh/año
2 016	92	0,069	0,104	0,318	7,83	2	350,47	4 205,65
2 017	94	0,071	0,106	0,318	8,00	2	358,08	4 296,96
2 018	96	0,072	0,108	0,318	8,18	2	366,14	4 393,64
2 019	98	0,074	0,111	0,318	8,35	2	373,75	4 484,95
2 020	100	0,075	0,113	0,318	8,52	2	381,36	4 576,26
2 021	102	0,077	0,115	0,318	8,69	2	388,96	4 667,57
2 022	104	0,078	0,117	0,318	8,86	2	396,57	4 758,88
2 023	107	0,080	0,121	0,318	9,11	2	407,76	4 893,16
2 024	109	0,082	0,123	0,318	9,28	2	415,37	4 984,47
2 025	111	0,084	0,125	0,318	9,45	2	422,98	5 075,78
2 026	114	0,086	0,129	0,318	9,71	2	434,62	5 215,44
2 027	116	0,087	0,131	0,318	9,88	2	442,23	5 306,75
2 028	119	0,090	0,134	0,318	10,13	2	453,42	5 441,03
2 029	121	0,091	0,137	0,318	10,30	2	461,03	5 532,34
2 030	124	0,093	0,140	0,318	10,56	2	472,67	5 671,99
2 031	126	0,095	0,142	0,318	10,73	2	480,27	5 763,30
2 032	129	0,097	0,146	0,318	10,98	2	491,46	5 897,58
2 033	132	0,099	0,149	0,318	11,24	2	503,10	6 037,23
2 034	135	0,102	0,152	0,318	11,49	2	514,29	6 171,51
2 035	138	0,104	0,156	0,318	11,75	2	525,93	6 311,16
2 036	141	0,106	0,159	0,318	12,00	2	537,12	6 445,44

Continuación apéndice 1.

Cálculo hidráulico de la red de distribución:

TRAMO		DIST HORI (m)	NÚMERO DE TUBOS	COTA DE TERRENO		DIF DE COTAS	PENDIENTE
EST	PO			INICIAL	FINAL		
1	1,A	3,132	0,6	2 003,18	2 002,00	1,18	38 %
1,A	1,B	76,344	13,4	2 002,00	1 987,81	14,19	19 %
1,B	1,C	5,648	1,0	1 987,81	1 986,40	1,41	25 %
1,C	1,D	44,026	7,8	1 986,40	1 976,00	10,40	24 %
1,D	1,E	21,383	3,8	1 976,00	1 972,70	3,30	15 %
1,E	1,F	32,667	5,8	1 972,70	1 966,83	5,87	18 %
1,F	1,G	37,276	6,6	1 966,83	1 958,12	8,71	23 %
1,G	2	35,191	6,2	1 958,12	1 950,22	7,90	22 %
2	3	26,435	4,7	1 950,22	1 945,25	4,97	19 %
2	4	134,02	23,5	1 950,22	1 955,57	5,35	-4 %
4	5	28,672	5,1	1 955,57	1 954,60	0,97	3 %

NÚM. VIVIENDAS FUTURAS		CAUDAL INSTANTÁNEO	CAUDAL INST. REAL	CAUDAL DE DISEÑO	Diámetro calculado	Diámetro propuesto	Chequeo diámetro
TRAMO	ACUMULADA						
0	24	0,719	0,212	0,719	0,75	2	VERDADERO
2	24	0,719	0,212	0,719	0,87	2	VERDADERO
0	24	0,719	0,212	0,719	0,82	2	VERDADERO
2	24	0,719	0,212	0,719	0,83	2	VERDADERO
0	24	0,719	0,212	0,719	0,90	2	VERDADERO
0	24	0,719	0,212	0,719	0,88	2	VERDADERO
0	24	0,719	0,212	0,719	0,83	2	VERDADERO
4	24	0,719	0,212	0,719	0,84	2	VERDADERO
2	2	0,150	0,018	0,150	0,48	1	VERDADERO
10	14	0,541	0,124	0,541	1,07	1,5	VERDADERO
4	4	0,260	0,035	0,260	0,84	1	VERDADERO

Continuación apéndice 1.

Hf diam prop	Cota piez	Velocidad	Chequeo velocidad	presión dinámica m.c.a.	presión estática m.c.a.	Chequeo presión
0,01	2 003,17	0,35	VERDADERO	1,17	1,18	VERDADERO
0,24	2 001,76	0,35	VERDADERO	13,95	14,19	VERDADERO
0,02	1 987,79	0,35	VERDADERO	1,39	1,41	VERDADERO
0,14	1 986,26	0,35	VERDADERO	10,26	10,40	VERDADERO
0,07	1 975,93	0,35	VERDADERO	3,23	3,30	VERDADERO
0,10	1 972,60	0,35	VERDADERO	5,77	5,87	VERDADERO
0,12	1 966,71	0,35	VERDADERO	8,59	8,71	VERDADERO
0,11	1 958,01	0,35	VERDADERO	7,79	7,90	VERDADERO
0,14	1 950,08	0,30	VERDADERO	4,83	4,97	VERDADERO
1,03	1 949,19	0,47	VERDADERO	-6,38	-5,35	VERDADERO
0,41	1 955,16	0,51	VERDADERO	0,56	0,97	VERDADERO

Cálculos de la presa:

Datos

Peso unitario del concreto	2 400	kg/m ³	150	lb/ft ³
Peso del agua	1 000	kg/m ³	62,4	lb/ft ³

Altura total de la presa	2,00	m	0,610	ft
Base inferior	1,20	m	0,366	ft
Base superior	0,45	m	0,137	ft
Altura del agua	1,40	m	0,427	ft
Ancho del triangulo	0,75	m	0,229	ft
Longitud de la presa	3,80	m	1,159	ft

Área del triángulo	0,90	m ²	0,084	ft ²
Área del rectángulo	0,75	m ²	0,070	ft ²
Área transversal total	1,65	m ²	0,153	ft ²

Altura de vertedero	0,10	m	0,030	ft
Longitud	1,20	m	0,366	ft
Área de vertedero	0,12	m ²	0,011	ft ²
Volumen del vertedero	0,054	m ³	0,002	ft ³
Volumen de la presa	6,216	m ³	0,176	ft ³

Continuación apéndice 1.

Cálculo de fuerzas

Peso de la presa	1 4918,4	kg/m ³	26,423	lb/ft ³
------------------	----------	-------------------	--------	--------------------

Fuerza del agua	1 400	kg/m	26,634	lb/ft	franja unitaria: 1m/1ft
Peso presa franja unitaria	3 960	kg/m	23,005	lb/ft	
Fuerza de sismo (30%)	1 188	kg/m	6,902	lb/ft	

Fuerza resistente	3 960,00	kg
Fuerzas actuantes	2 588,00	kg
Factor de seguridad por deslizamiento	1,53	Si chequea

Cálculo de momentos

Ejecutor	Fuerza		Brazo		Momento		Tipo de momento
	Kg	lb	m	ft	kg - m	lb - ft	
Fuerza del agua	1 400,00	26,63	0,47	1,53	653,33	40,77	Actuante
Fuerza de sismo (30%)	1 188,00	6,90	0,44	1,45	523,80	9,98	Actuante
Peso de la presa en la franja unitaria	3 960,00	23,01	0,85	2,78	3 360,00	64,02	Resistente

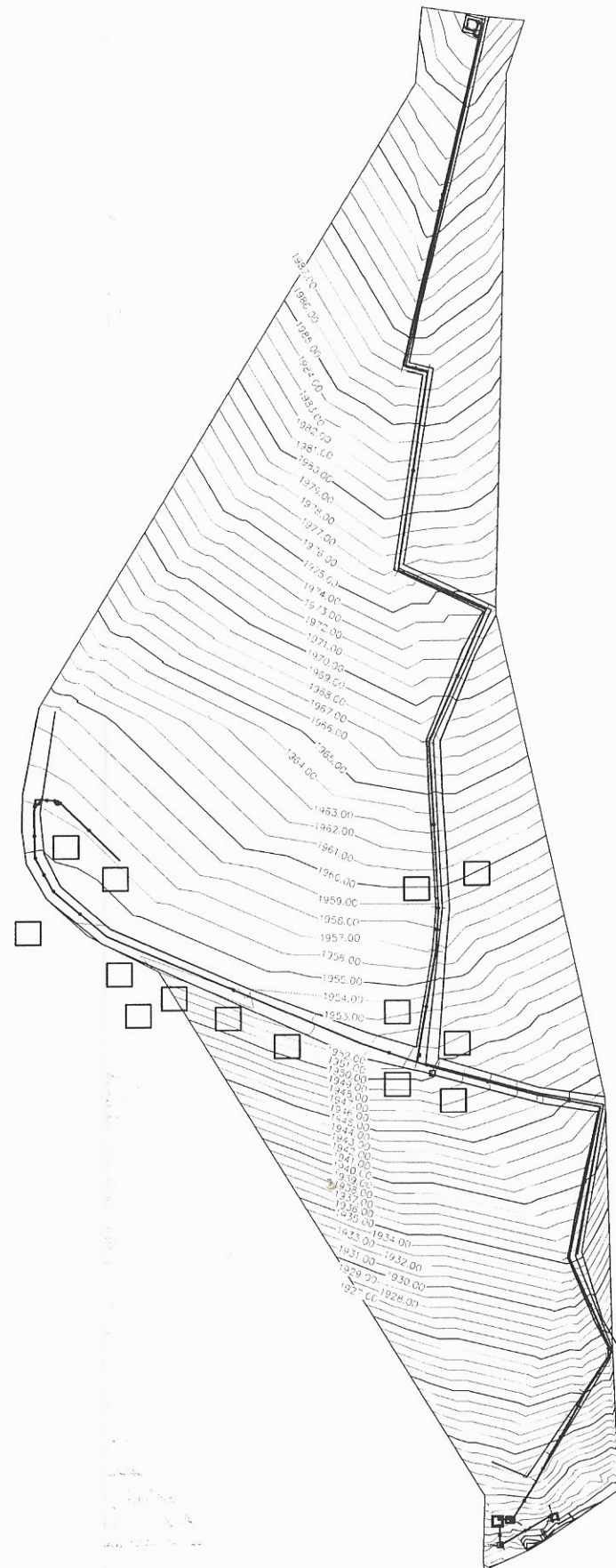
Momento resistente	3 360,00	kg - m
Momentos actuantes	1 177,13	kg - m
Factor de seguridad por volteo	2,85	Si chequea

Fuente: elaboración propia.


Apéndice 2. **Planos constructivos**

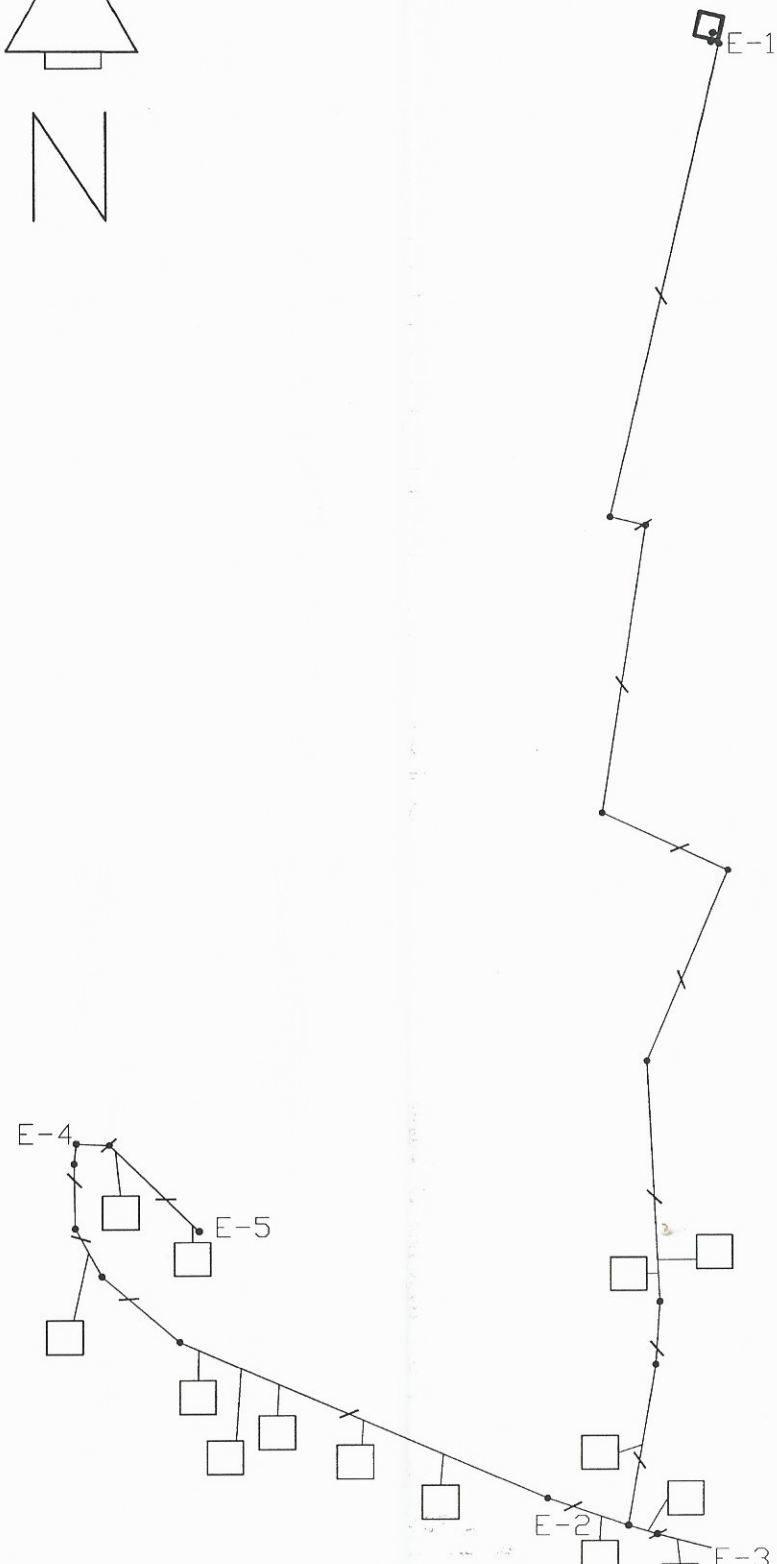
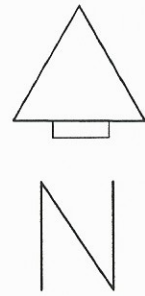
- Curvas de nivel
- Planta y perfil de la red de distribución
- Planta y perfil de la línea de conducción
- Planta y perfil de la línea del ariete hidráulico
- Sección del ariete hidráulico
- Detalles del ariete hidráulico
- Continuación de detalles del ariete hidráulico
- Detalles y secciones de la caja de captación
- Planta y secciones del tanque de almacenamiento
- Detalles del tanque de almacenamiento
- Detalles y secciones del tanque de distribución
- Detalles y armado del tanque de distribución
- Conexiones domiciliarias

Fuente: elaboración propia.

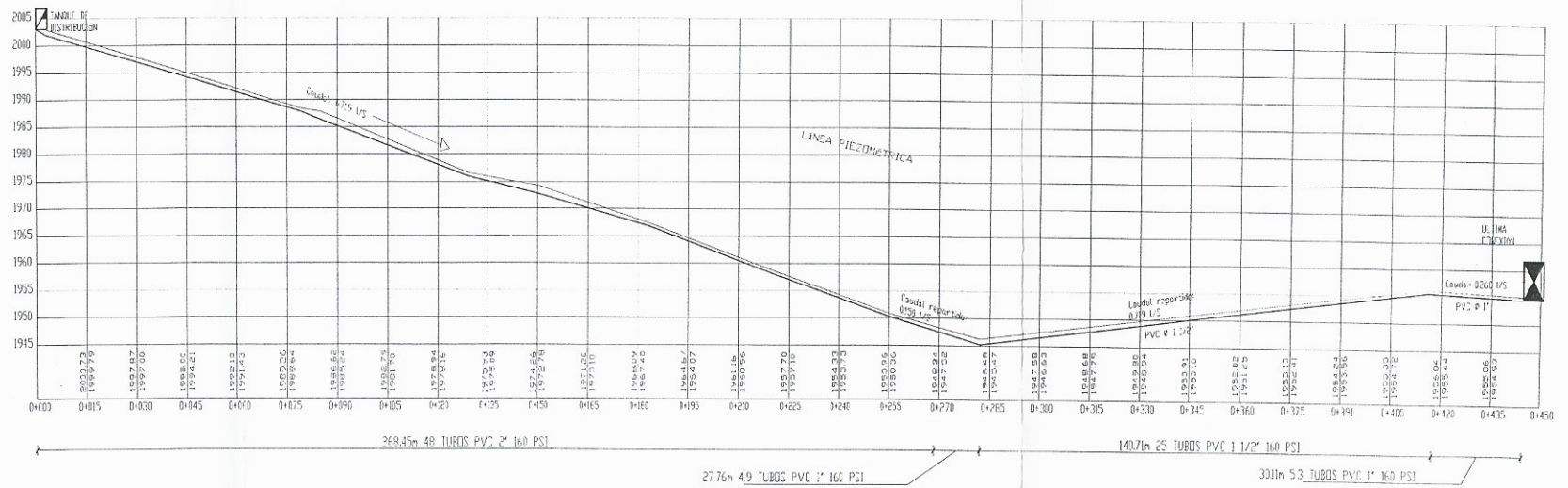


Escala 1:2000

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala
Fecha:	Plano: CURVAS DE NIVEL
Carné: 201213046	
Diseñado y cálculo: Ana Lucía Martínez Arriola Ing. Silvio José Rodríguez Serrano	Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola
ASESOR SUPERVISOR DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería EPS Ing. Christo...	Plano de: Arquitectura <input type="checkbox"/> Estructuras <input type="checkbox"/> Instalaciones <input type="checkbox"/> Detalles <input type="checkbox"/>
	Hoja No. 1 / 13

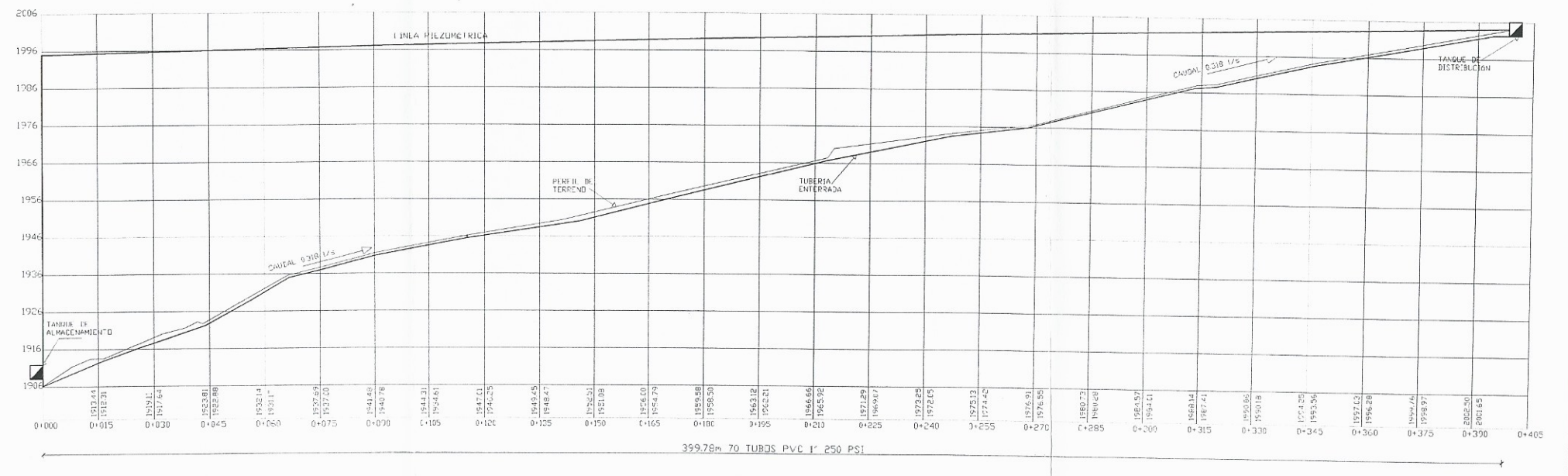
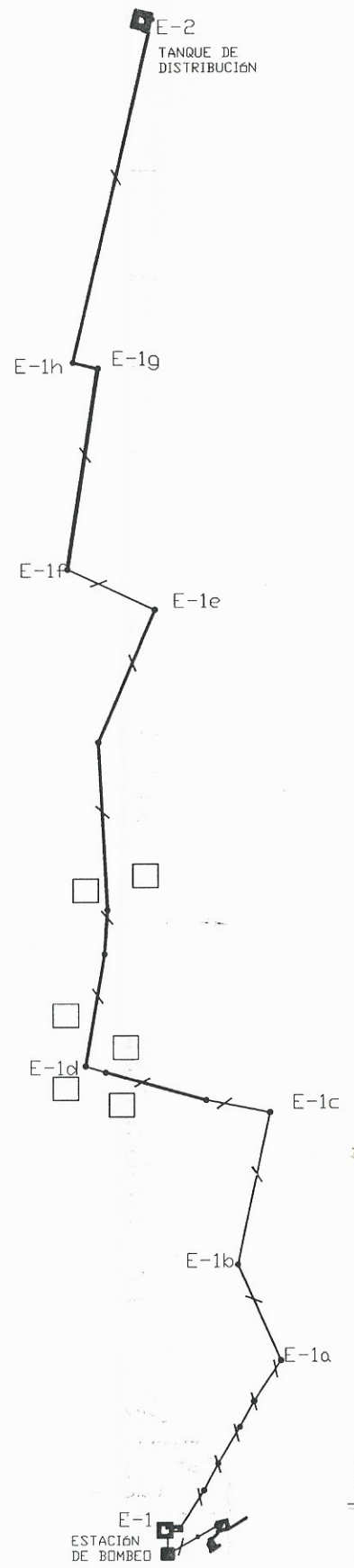


PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN




PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA VERTICAL 1: 1250 ESCALA HORIZONTAL 1:2000

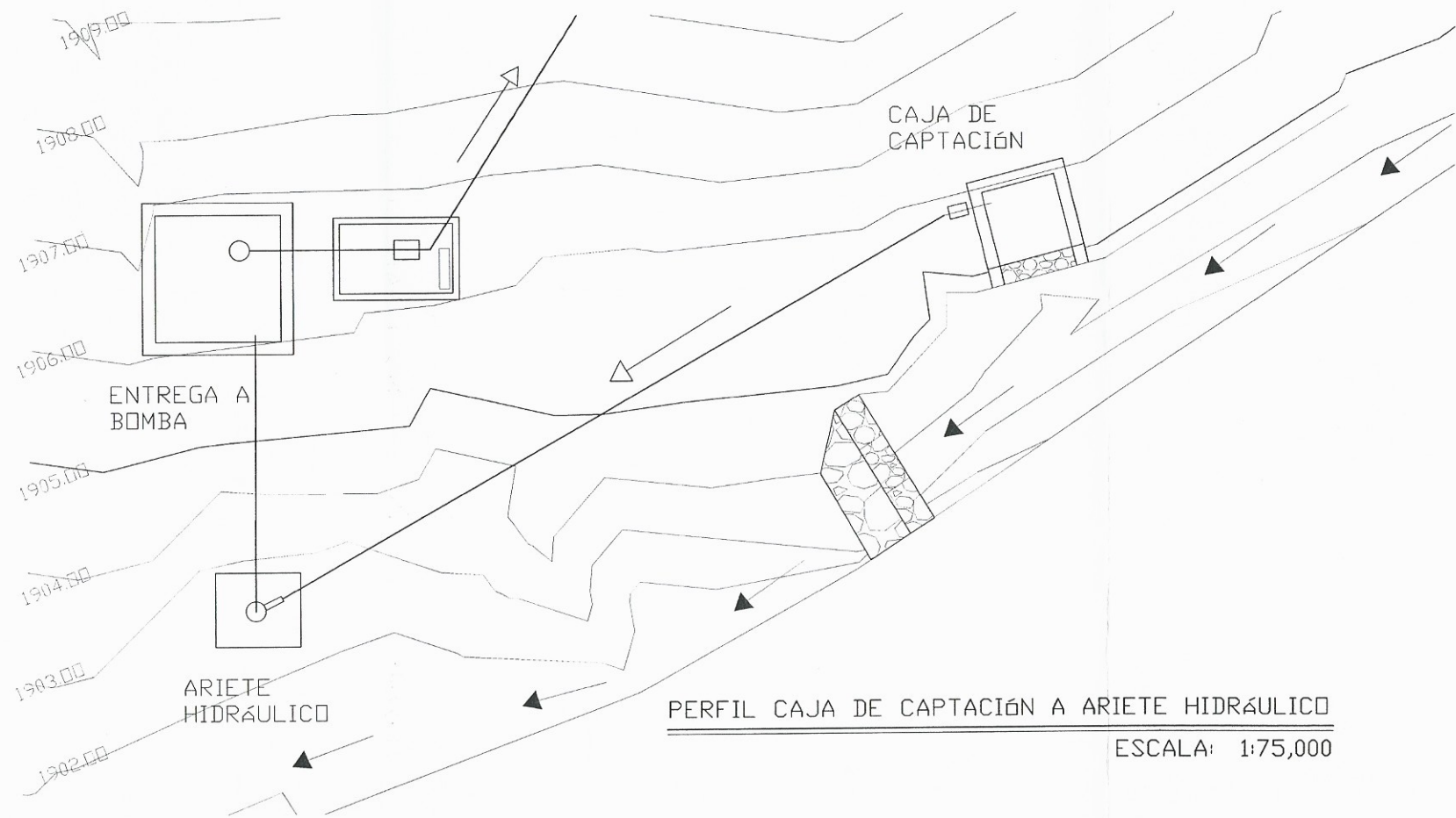
	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala	
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala	
Fecha:	Plano: PLANTA Y PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN	
Carné: 201213946 Carlos de Guatemala		
Diseño y cálculo: Ana Lucía Martínez Arriola Inga. Silvia Rodríguez Arriola ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS Unidad de Prácticas de Ingeniería y B.S. Facultad de Ingeniería		Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola
Plano de: Arquitectura Estructuras Instalaciones Detalles		Hoja No. 2 / 13



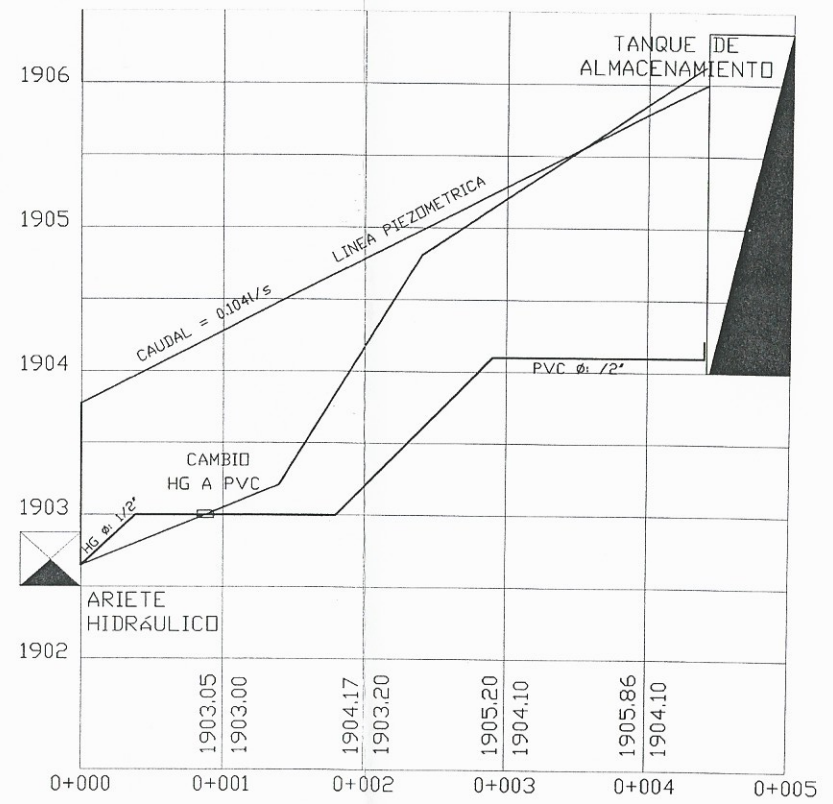
PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN
 ESCALA VERTICAL 1: 1500 ESCALA HORIZONTAL 1:1500

PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

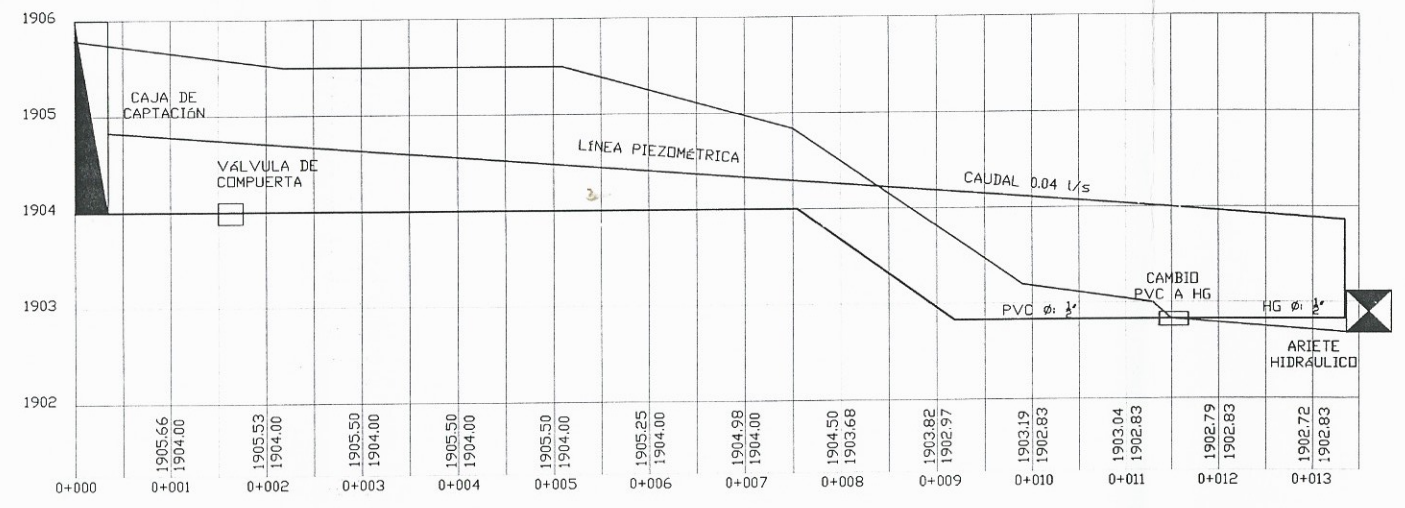
	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado			
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala			
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala			
Fecha:	Plano: PLANTA Y PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN			
Carné: 201213046				
Diseño y cálculo: Ana Lucía Román Cepeda Inga. Cristina Román Cepeda Arriola ASESORA - SUPERVISORA DE EPS		Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola		
Hoja No.		<table border="1" style="width: 50px; height: 50px; margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">13</td> </tr> </table>	3	13
3	13			



PERFIL CAJA DE CAPTACIÓN A ARIETE HIDRÁULICO
ESCALA: 1:75,000



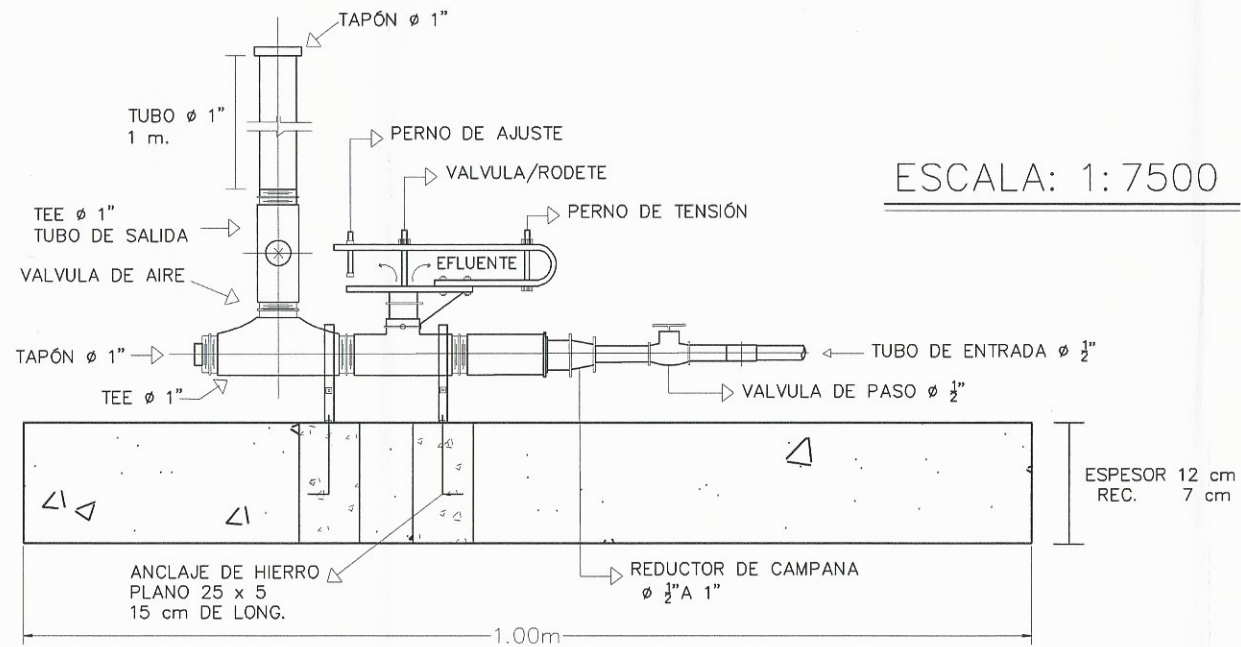
PERFIL CAJA DE ARIETE HIDRÁULICO A TANQUE DE ALMACENAMIENTO
ESCALA: 1:75,000



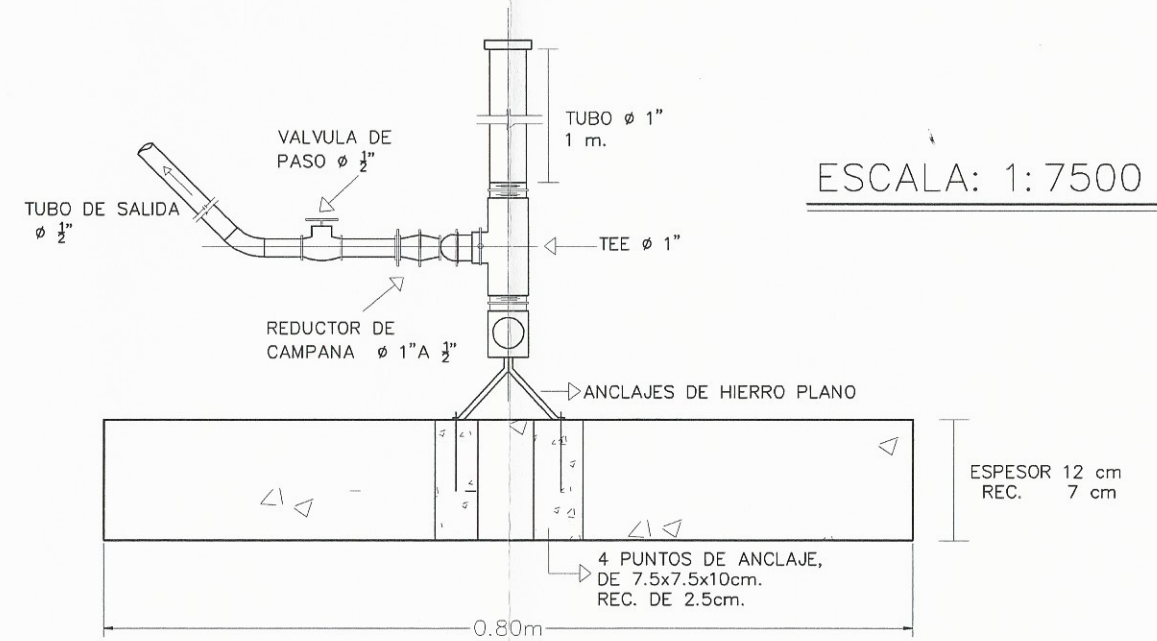
PERFIL CAJA DE CAPTACIÓN A ARIETE HIDRÁULICO
ESCALA: 1:75,000

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala
Fecha:	Plano: PLANTA Y PERFIL LÍNEA ARIETE HIDRÁULICO
Carné: 201213046	Universidad de San Carlos de Guatemala
Diseño y cálculo: Inga. Cristiana Rosales Chason de Pinto Ana Lucía Martínez Arriola ASESORA - SUPERVISORA	Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola
Unidad de Prácticas de Ingeniería y CAS	Plano de: Arquitectura <input type="checkbox"/> Estructuras <input type="checkbox"/> Instalaciones <input type="checkbox"/> Detalles <input type="checkbox"/>
Hoja No.	4 / 13

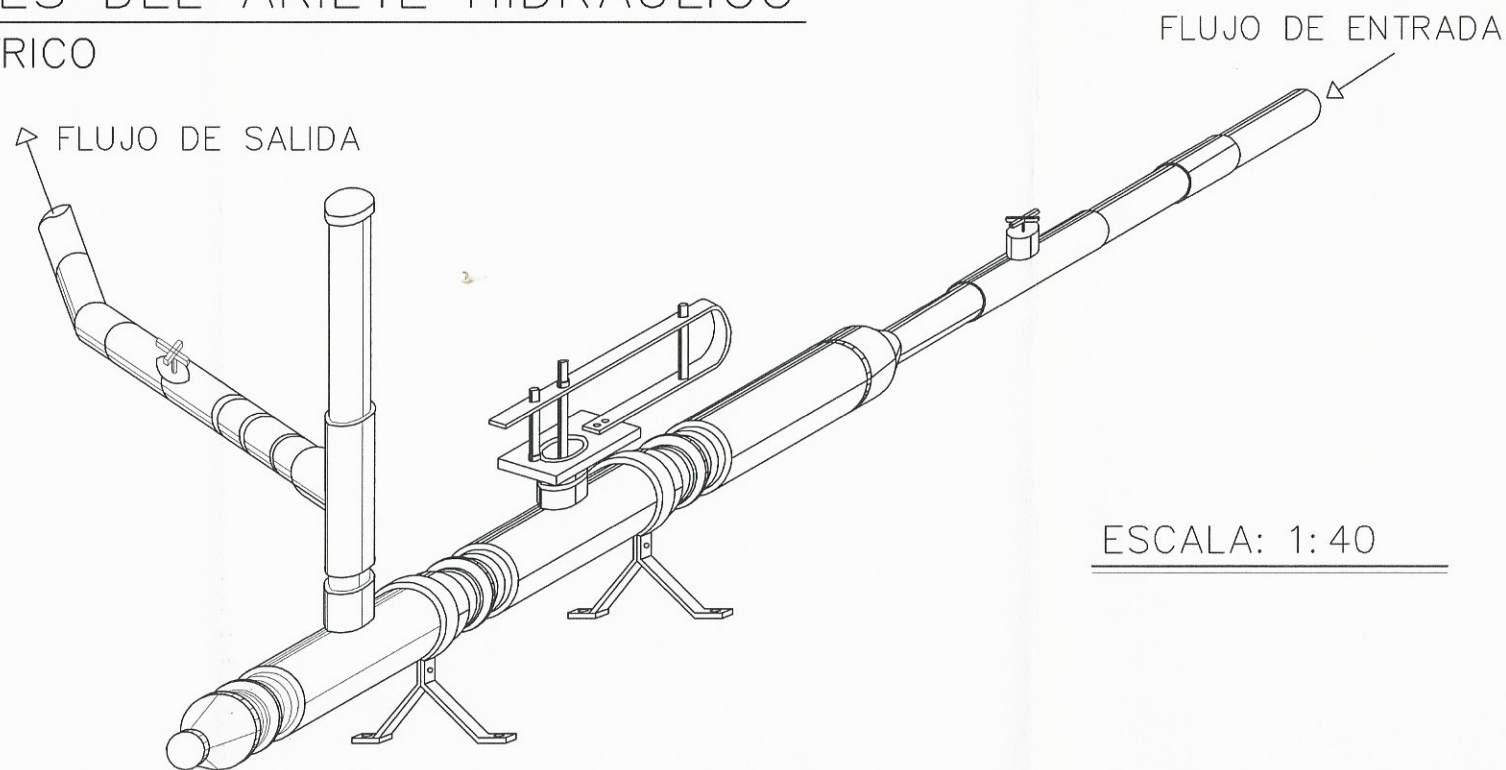
PARTES DEL ARIETE HIDRÁULICO
SECCIÓN LONGITUDINAL




PARTES DEL ARIETE HIDRÁULICO
SECCIÓN TRANSVERSALES



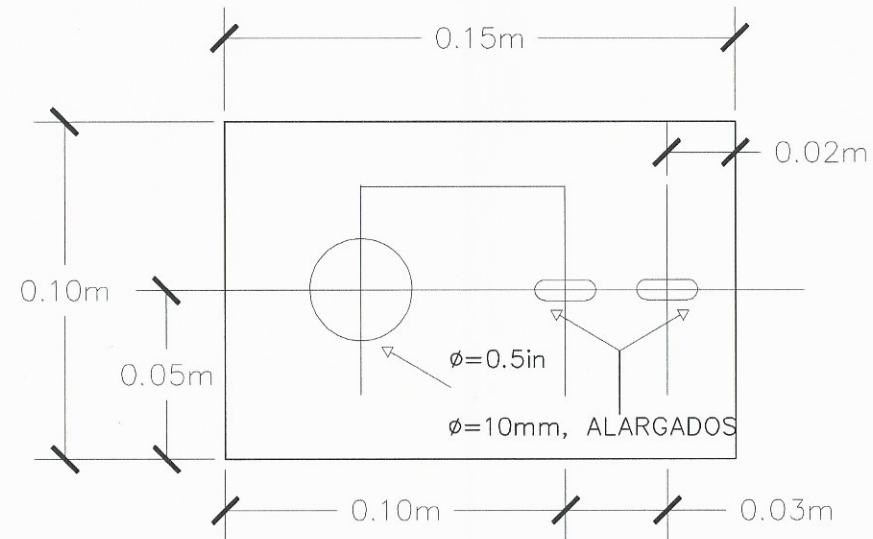
PARTES DEL ARIETE HIDRÁULICO
ISOMÉTRICO



- ESPECIFICACIONES:
1. LA PIEZAS DEL ARIETE HIDRÁULICO DEBEN DE SER DE HIERRO GALVANIZADO, HG.
 2. LA TUBERÍA DEL ARIETE DEBE DE SER DE 1".
 3. SE UTILIZARÁN REDUCTORES DE CAMPANA, DE 1" A 1/2".
 4. TAPÓN DE 1"Y DE 1/2"
 5. LA BASE DE CONCRETO SIMPLE.
 6. RESISTENCIA DEL CONCRETO 210 KG/CM³.
 7. LA TUBERÍA DE ENTRADA A 0°.
 8. LA SALIDA DE LA TUBERÍA DEBE IR A 45°.

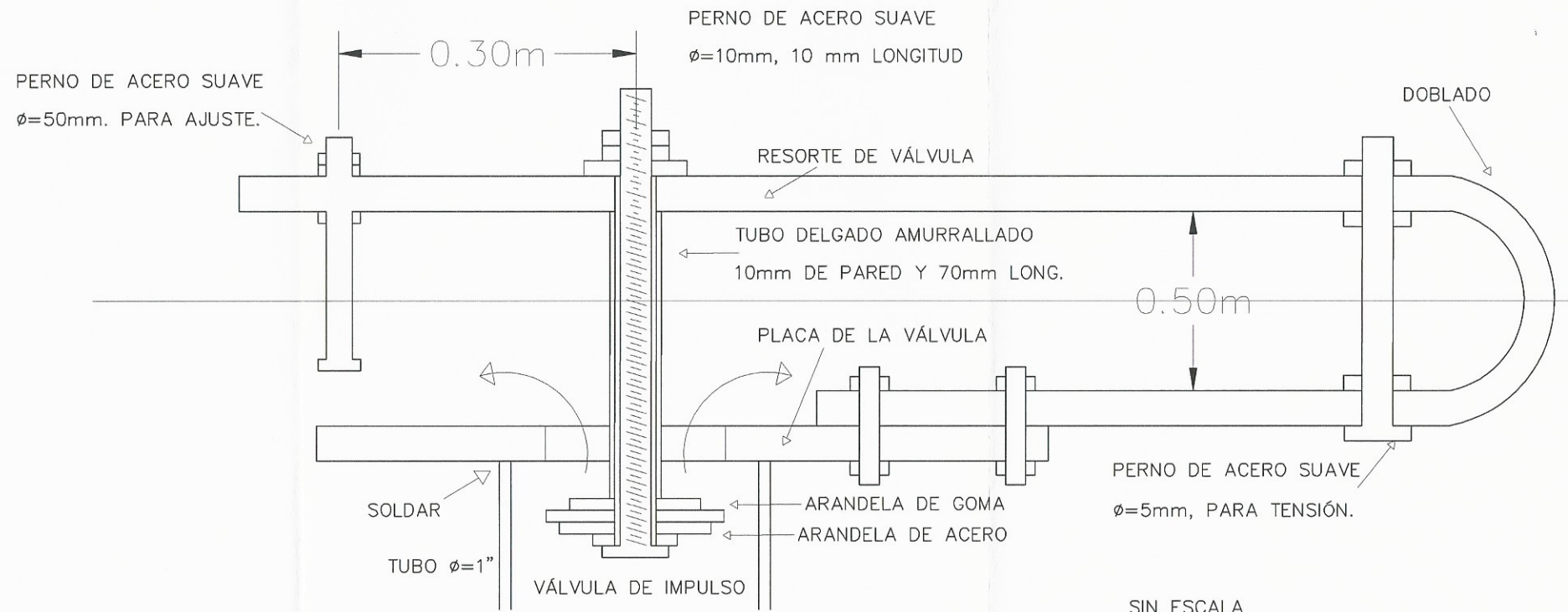
	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala	
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala	
Fecha:	Plano: SECCIÓN DEL ARIETE HIDRÁULICO	
Carné: 201213046	San Carlos de Guatemala	
Diseño y cálculo: Ana Lucía Martínez Arriola ASESORA - SUPERVISORA DE EPS	Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Inga. Carolina González	Plano de: Arquitectura <input type="checkbox"/> Estructuras <input type="checkbox"/> Instalaciones <input type="checkbox"/> Detalles <input type="checkbox"/>	Hoja No. 5 / 13

PLACA DE VÁLVULA DE IMPULSO

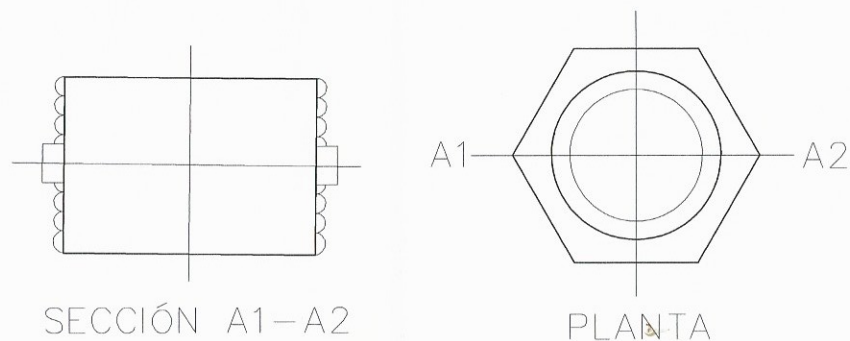


ESCALA: 1:2500

MONTAJE DEL VÁSTAGO DE VÁLVULA DE IMPULSO Y MUELLE BULÓN



CONECTOR DE TUBO

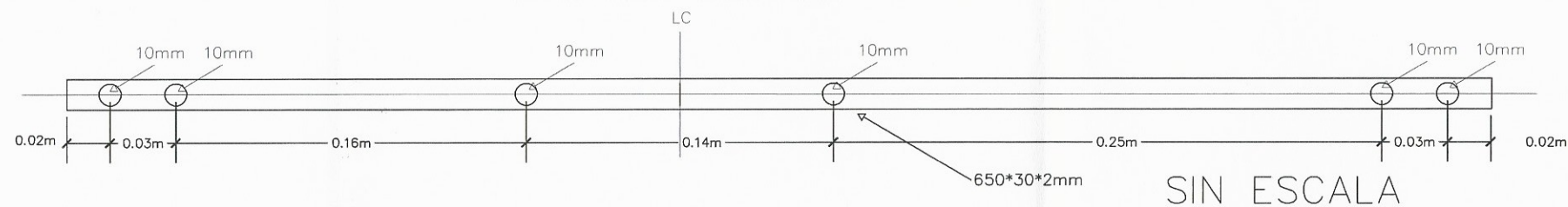


ESCALA: 1:1250

ELÁSTICO CURVADO PARA DAR FORMA



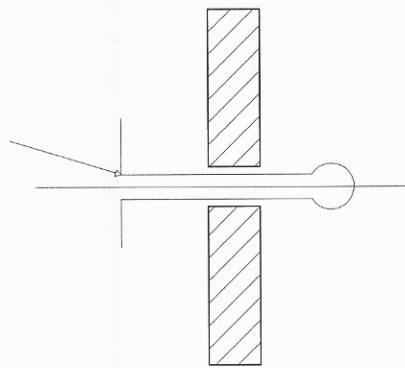
TIRA DEL RESORTE



	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala	
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala	
Fecha:	Plano: DETALLES ARIETE HIDRÁULICO	
Carné: 201213046	Diseño y cálculo: Ana Lucía Martínez Arriola	
Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola	Plano de: Arquitectura <input type="checkbox"/> Estructuras <input type="checkbox"/> Instalaciones <input type="checkbox"/> Detalles <input type="checkbox"/>	
Hoja No.		6 / 13

VÁLVULA SIMPLE CON PASADOR

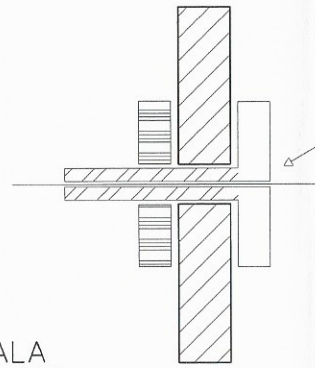
PIN SE MUEVE HACIA DENTRO Y HACIA FUERA POR CADA FLUJO DE AGUA. SE DEBE MANTENER LIMPIOS LOS AGUJEROS.



VÁLVULA DE AIRE

VÁLVULA SIMPLE CON TORNILLO

LA VÁLVULA PUEDE DESATORNILLAR Y REEMPLAZAR.

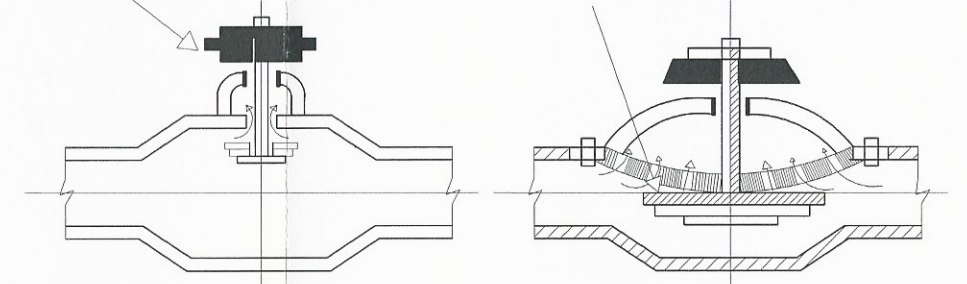


SIN ESCALA

DISEÑO ALTERNATIVO DE VÁLVULA DE IMPULSO

PESOS DE LA VÁLVULA

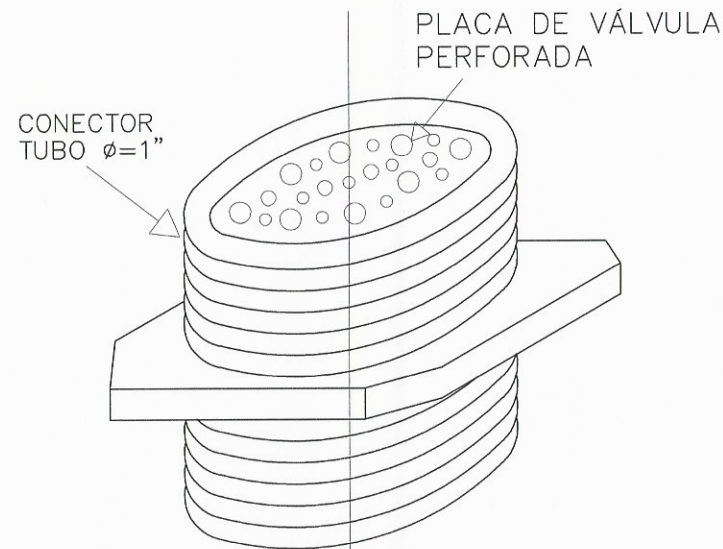
ARANDELA GRUESA DE GOMA



(A).ENSAMBLE SIMPLE DE VÁLVULA (B).ARANDELA DE GOMA FLEXIBLE

SOLDADURA DEL CONECTOR A LA PLACA

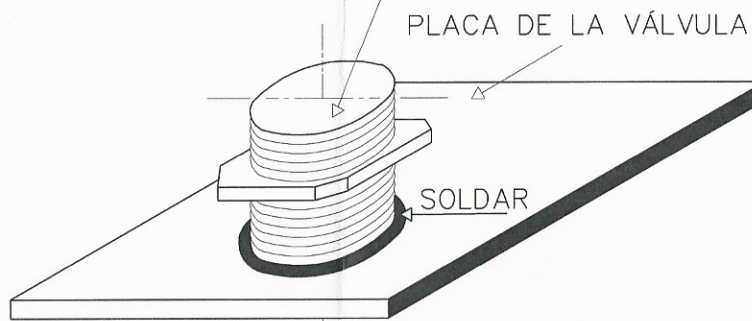
A LA PLACA



CONECTOR TUBO $\phi=1"$

PLACA DE LA VÁLVULA

SOLDAR



SIN ESCALA

PESOS DE LA VÁLVULA

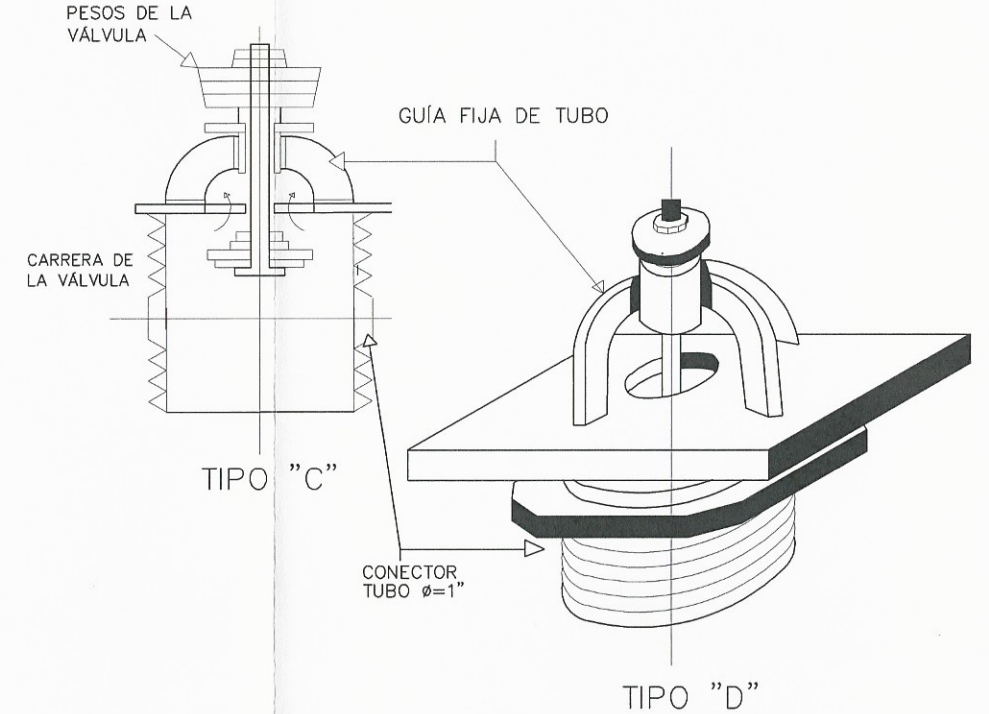
GUÍA FIJA DE TUBO

CARRERA DE LA VÁLVULA

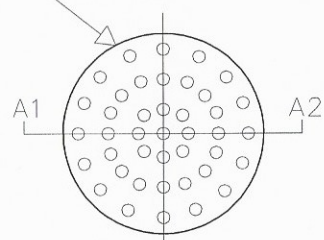
TIPO "C"

CONECTOR TUBO $\phi=1"$

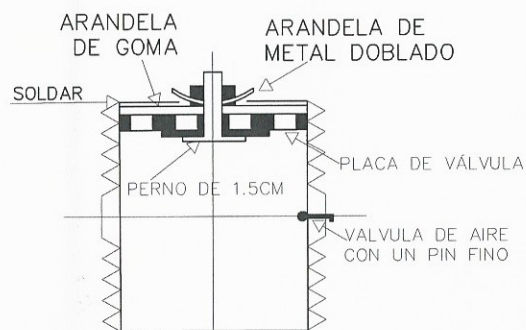
TIPO "D"



PLACA DE VÁLVULA PERFORADA



PLANTA



SECCIÓN A1-A2

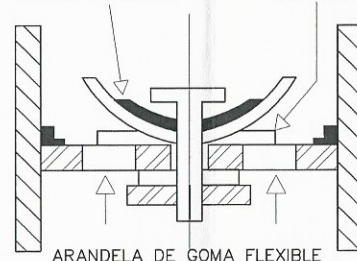
DISEÑO ALTERNATIVO DE ENTREGA DE NO RETORNO

ARANDELA DE METAL DOBLADO

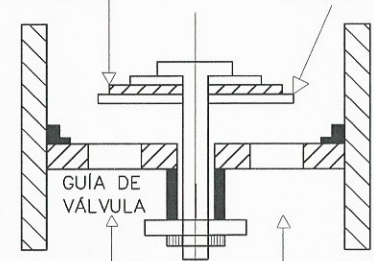
ARANDELA DE GOMA

ARANDELA DE METAL

ARANDELA DE GOMA



ARANDELA DE GOMA FLEXIBLE



DIRECCIÓN DEL FLUJO
ENSAMBLE SIMPLE DE VÁLVULA

SIN ESCALA



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado

Proyecto:
Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala

Escala:
Indicada

Propietario:
Municipalidad de Antigua Guatemala

Fecha:

Plano:
DETALLES ARIETE HIDRÁULICO

Carné:
201213046

Diseño y cálculo:
Ana Lucía Martínez Arriola

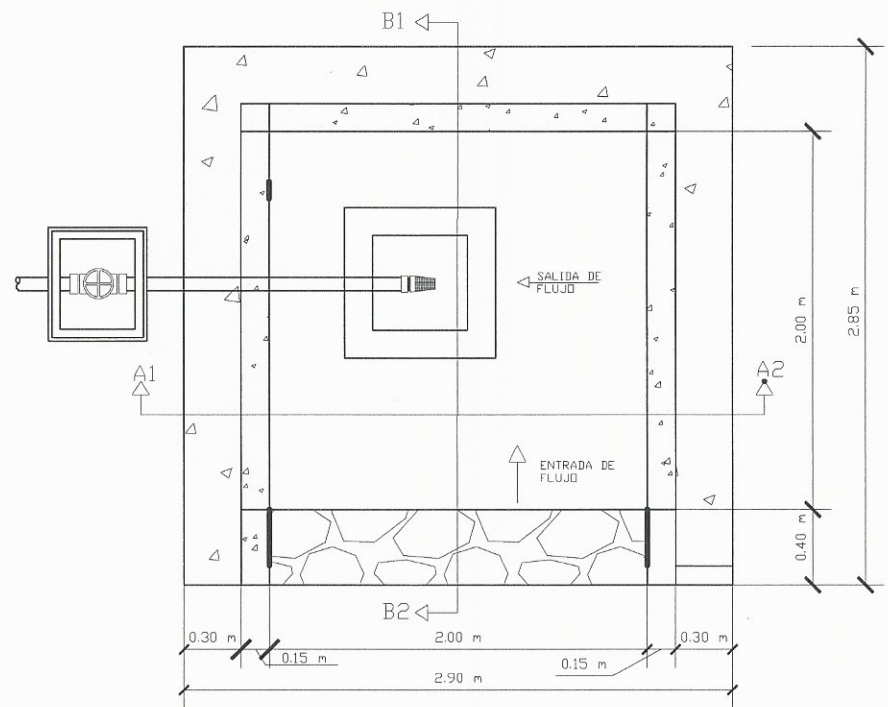
Dibujo:
Ana Lucía Martínez Arriola

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Inga. Christa Clason
Unidad de Trabajos de Ingeniería CSPS
Inga. Christa Clason

Plano de:
Arquitectura
Estructuras
Instalaciones
Detalles

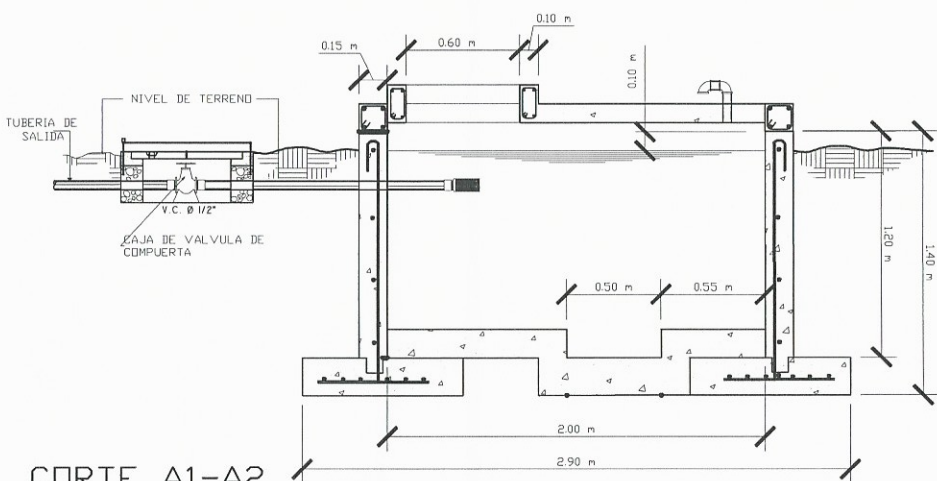
Hoja No.

7 / 13



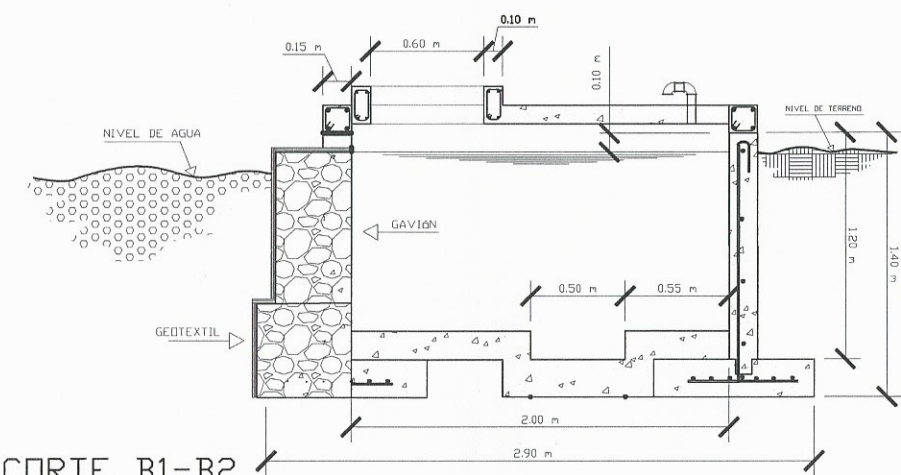
PLANTA CAJA DE CAPTACIÓN

ESCALA 1: 40



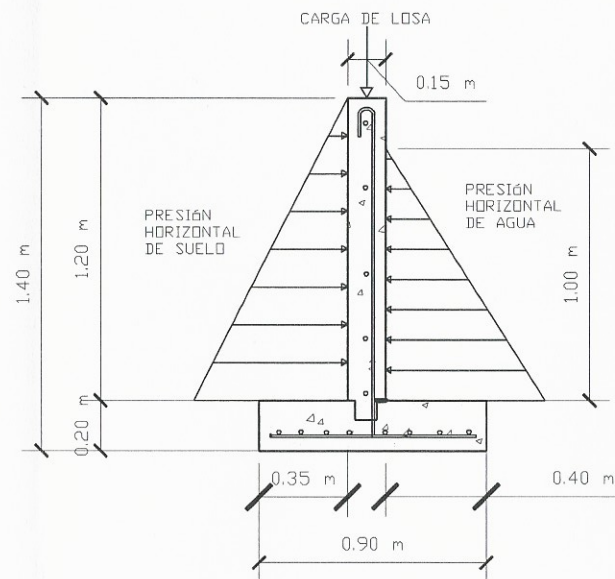
CORTE A1-A2

ESCALA 1: 40



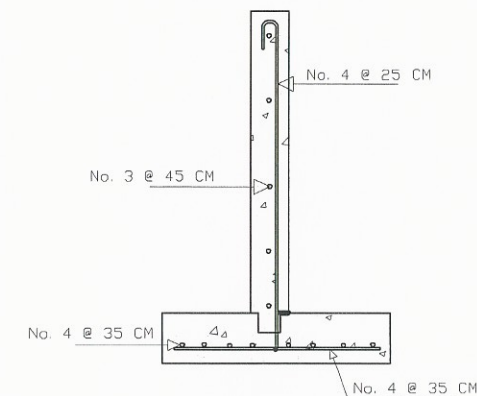
CORTE B1-B2

ESCALA 1: 40



SECCIÓN DE MURO

ESCALA 1: 30

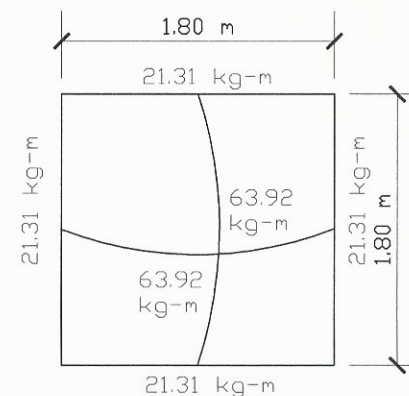


ARMADO DE MURO

ESCALA 1: 30

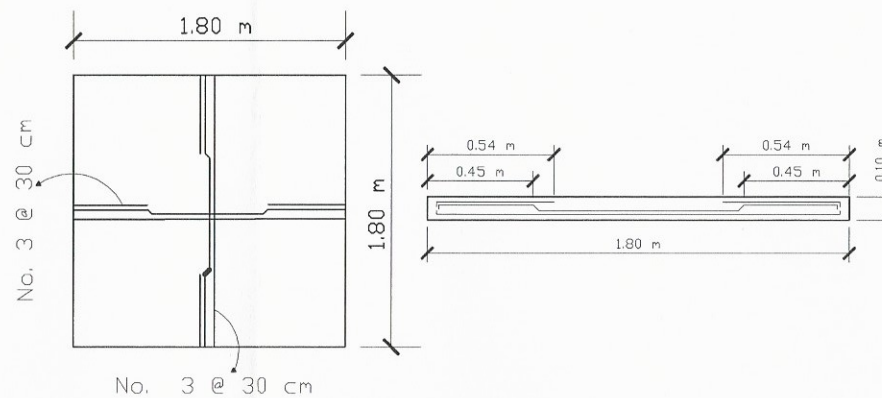
ESPECIFICACIONES:

1. LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE 1/2" DE BRONCE
2. TUBERÍA DE PVC DE 1/2"
3. COLOCAR LOS GAVIONES DE FORMA PIRAMIDAL.
4. EL GEOTEXTIL DEBE FUNCIONAR COMO FILTRO PARA IMPEDIR EL PASO DE ARENA A LA CAJA DE CAPTACIÓN.
5. LA TUBERÍA DE SALIDA DEBE ESTAR A DOS VECES SU DIÁMETRO DE LA LOSA INFERIOR COMO MÍNIMO.
6. RESISTENCIA DEL ACERO 2810 KG/CM², GRADO 40.
7. RESISTENCIA DEL CONCRETO 210 KG/CM³.



MOMENTOS EN LOSA DE CUBIERTA

ESCALA 1: 50



ARMADO DE LOSA DE CUBIERTA

ESCALA 1: 50



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado

Proyecto:
Introducción de agua potable, caserío
El Astillero, aldea El Hato, Antigua
Guatemala

Escala:
Indicada

Propietario:
Municipalidad de Antigua Guatemala

Fecha:

Plano:
DETALLES Y SECCIONES CAJA DE CAPTACIÓN

Carné:
201213046

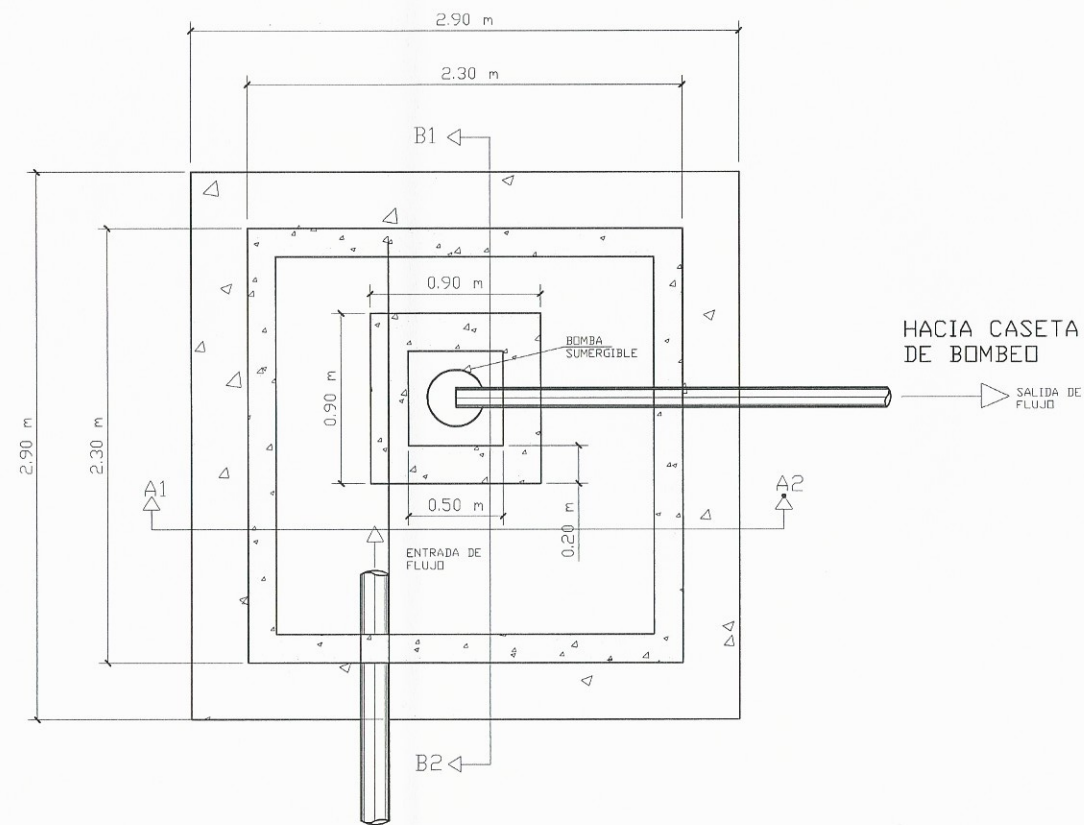
Diseño y cálculo:
Ana Lucía Martínez Arriola

Dibujo:
Ana Lucía Martínez Arriola

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Inga. Cl... José González

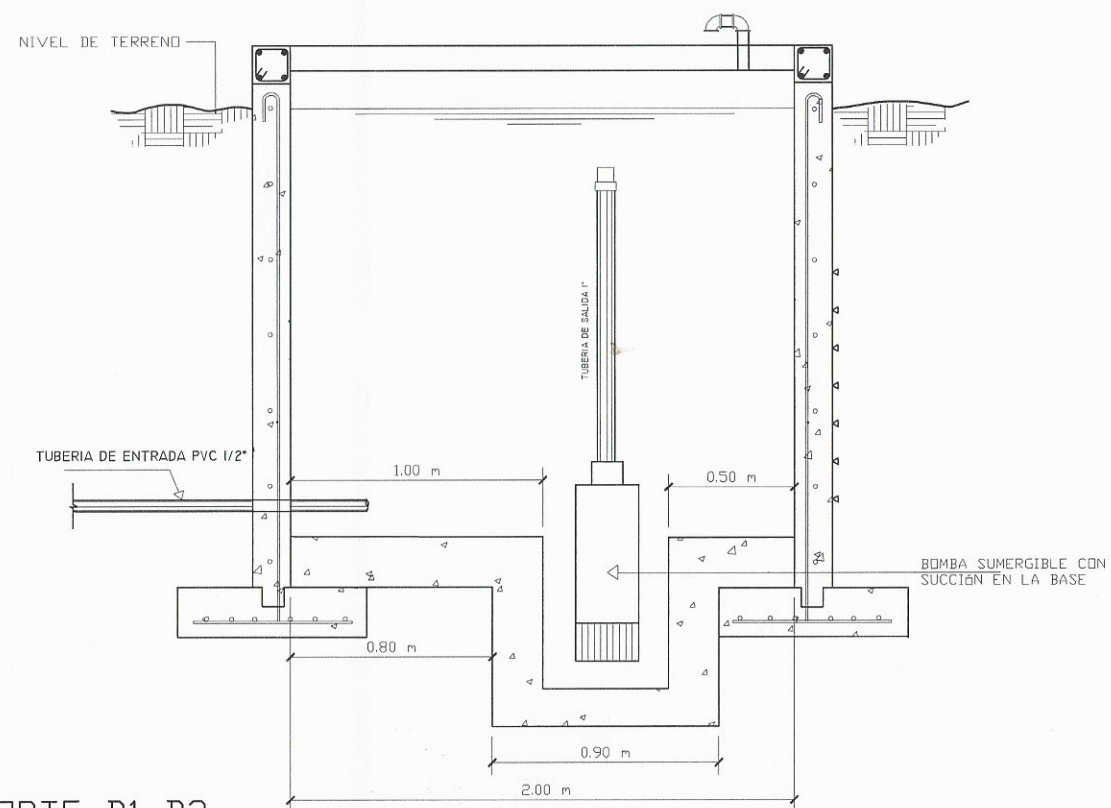
Plano de:
Arquitectura
Estructuras
Instalaciones
Detalles

Hoja No.
8 / 13



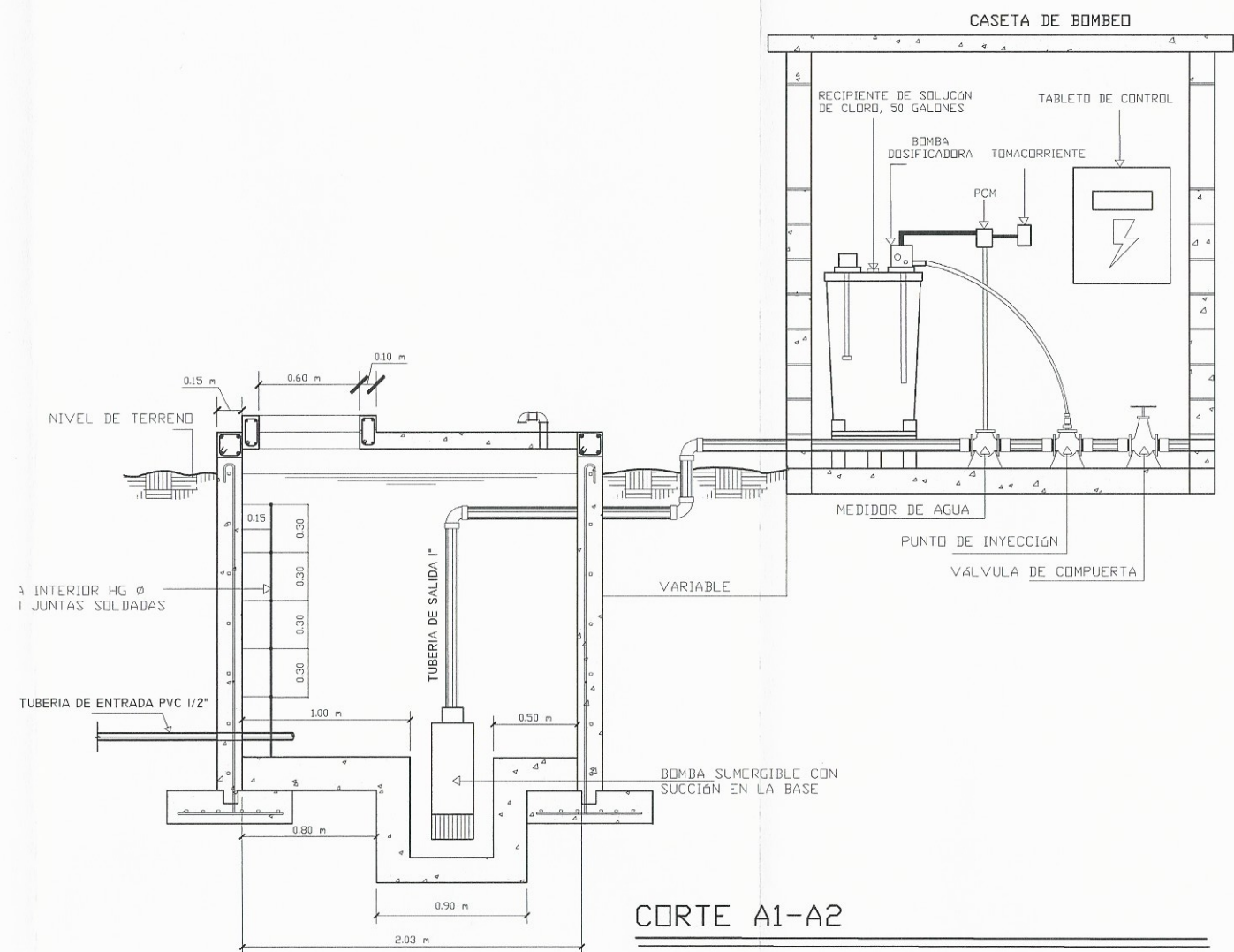
PLANTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO

ESCALA 1: 40



CORTE B1-B2

ESCALA 1: 30

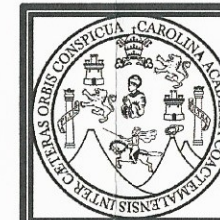


CORTE A1-A2

ESCALA 1: 40

ESPECIFICACIONES:

1. LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE 1" DE BRONCE.
2. TUBERÍA DE PVC DE 1"
3. EL CUADRO INTERNO, ES PARA QUE LA BOMBA NUNCA TRABAJE EN VACÍO.
4. LA BOMBA ES SUMERGIBLE CON LA SUCCIÓN EN LA BASE, CON EL MOTOR EN MEDIO DE 2 HP.
5. LA TUBERÍA DE ENTRADA ES DE 1/2".
6. DESINFECCIÓN POR DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE CLORO.
7. BOMBA PULSAFEEDER SERIE E PARA SUPERAR PRESIONES DE 150 PSI.
8. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CONCRETO ARMADO.
9. RESISTENCIA DEL ACERO 2810 KG/CM²
10. RESISTENCIA DEL CONCRETO 210 KG/CM²



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado

Proyecto:
Introducción de agua potable, caserío
El Astillero, aldea El Hato, Antigua
Guatemala

Escala:
Indicada

Propietario:
Municipalidad de Antigua Guatemala

Fecha:

Plano:
PLANTA Y SECCIONES TANQUE DE
ALMACENAMIENTO

Carné:
201213046

Diseño y cálculo:
Ana Lucía Martínez Arriola

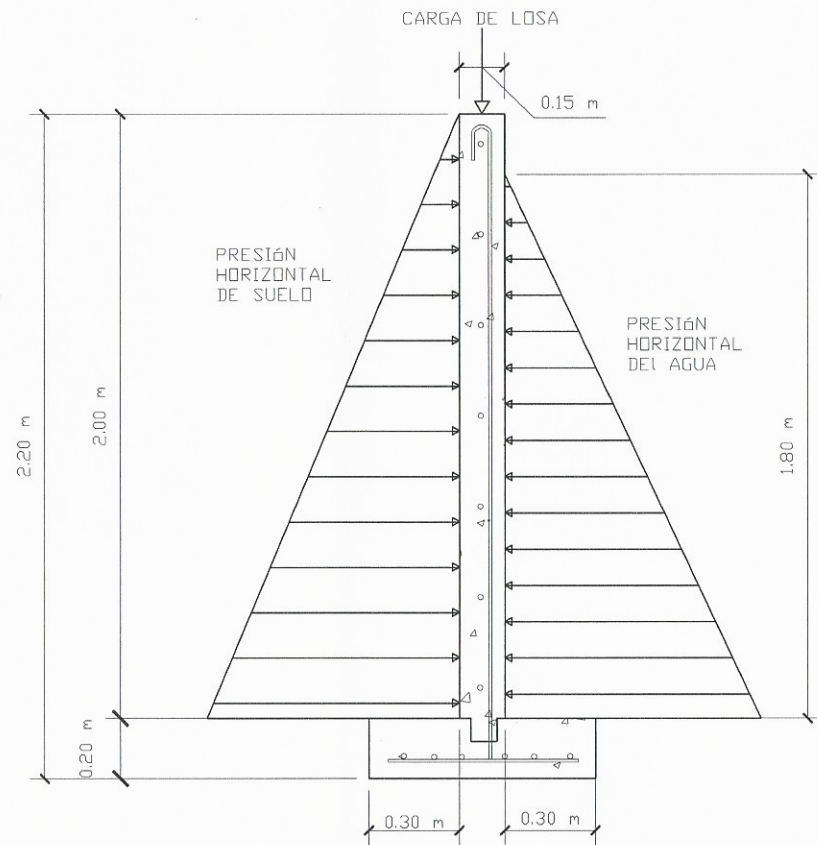
Dibujo:
Ana Lucía Martínez Arriola

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS
Ingeniero(a) Cristóbal Classon
Ingeniero(a) José González

Plano de:
Arquitectura
Estructuras
Instalaciones
Detalles

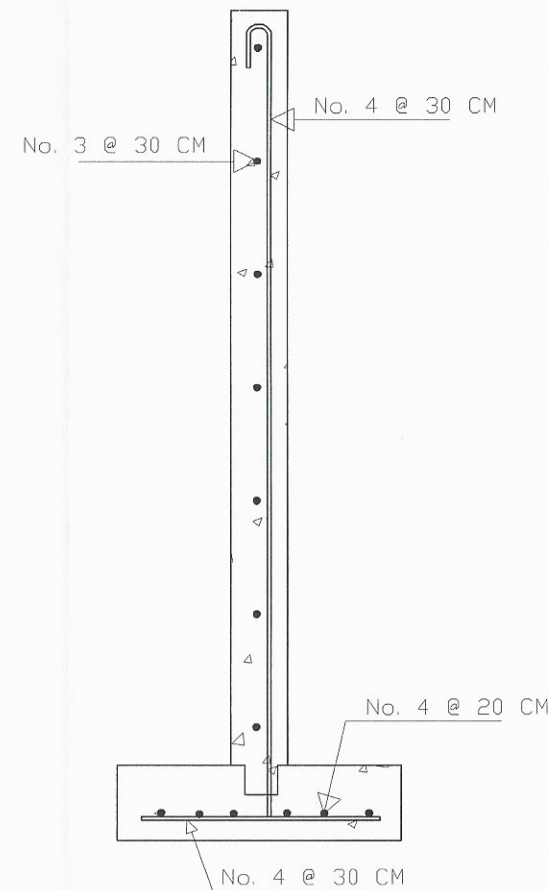
Hoja No.

9 / 13



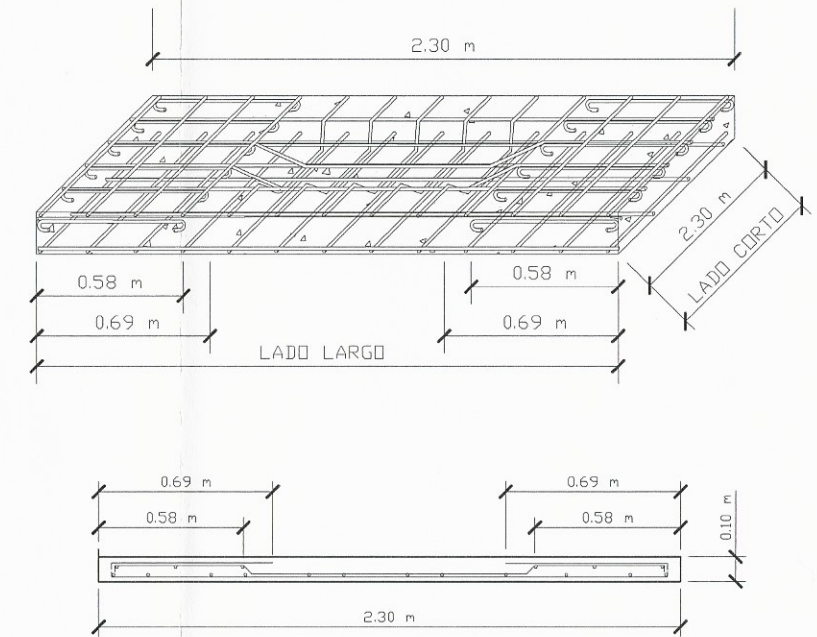
SECCIÓN DE MURO TANQUE DE ALMACENAMIENTO

ESCALA 1: 25



DETALLE DE ARMADO DE MUROS

ESCALA 1: 20

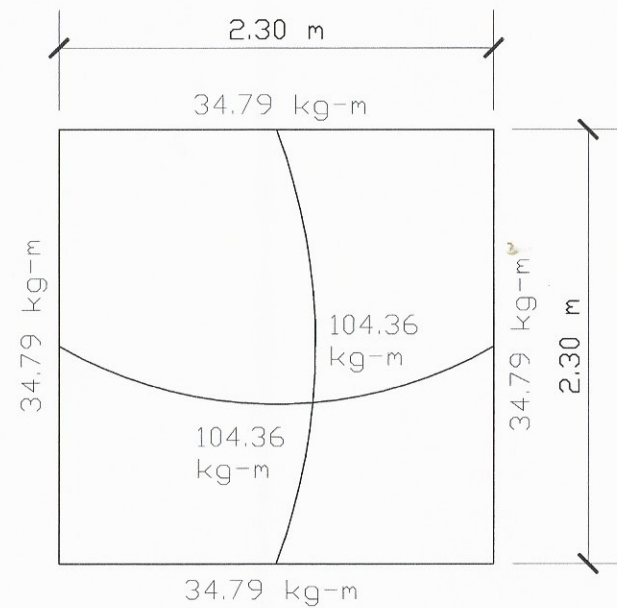


DETALLE DE ARMADO DE LOSA

ESCALA 1:30

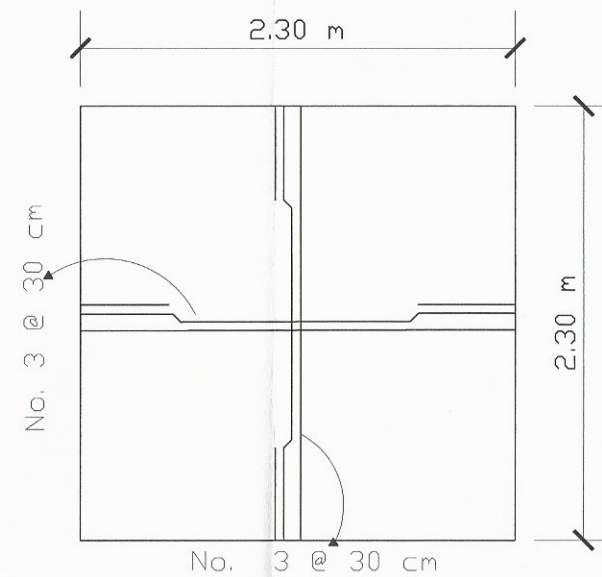
ESPECIFICACIONES:

- RESISTENCIA DEL ACERO 2810 KG/CM²
- RESISTENCIA DEL CONCRETO 210 KG/CM²



MOMENTOS Y ARMADO DE LOSA DE CUBIERTA

ESCALA 1: 40



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado

Proyecto:
Introducción de agua potable, caserío
El Astillero, aldea El Hato, Antigua
Guatemala

Escala:
Indicada

Propietario:
Municipalidad de Antigua Guatemala

Fecha:

Plano:
DETALLES DE ARMADO TANQUE DE
ALMACENAMIENTO

Carné:
201213046

Diseño y cálculo:
Ana Lucía Martínez Arriola

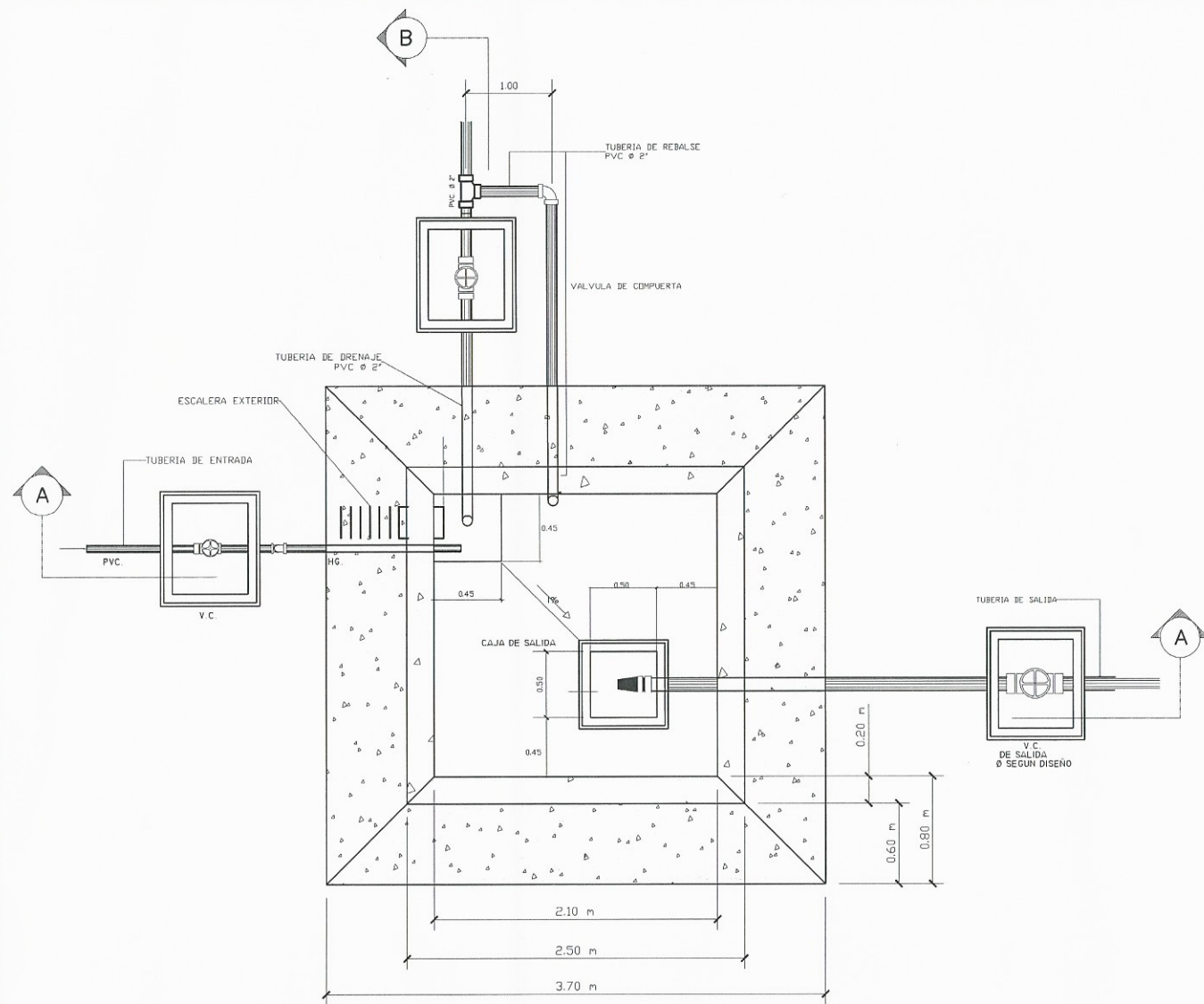
Dibujo:
Ana Lucía Martínez Arriola

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Inga. María Alejandra
Inga. José González

Plano de:
Arquitectura
Estructuras
Instalaciones
Detalles

Hoja No.

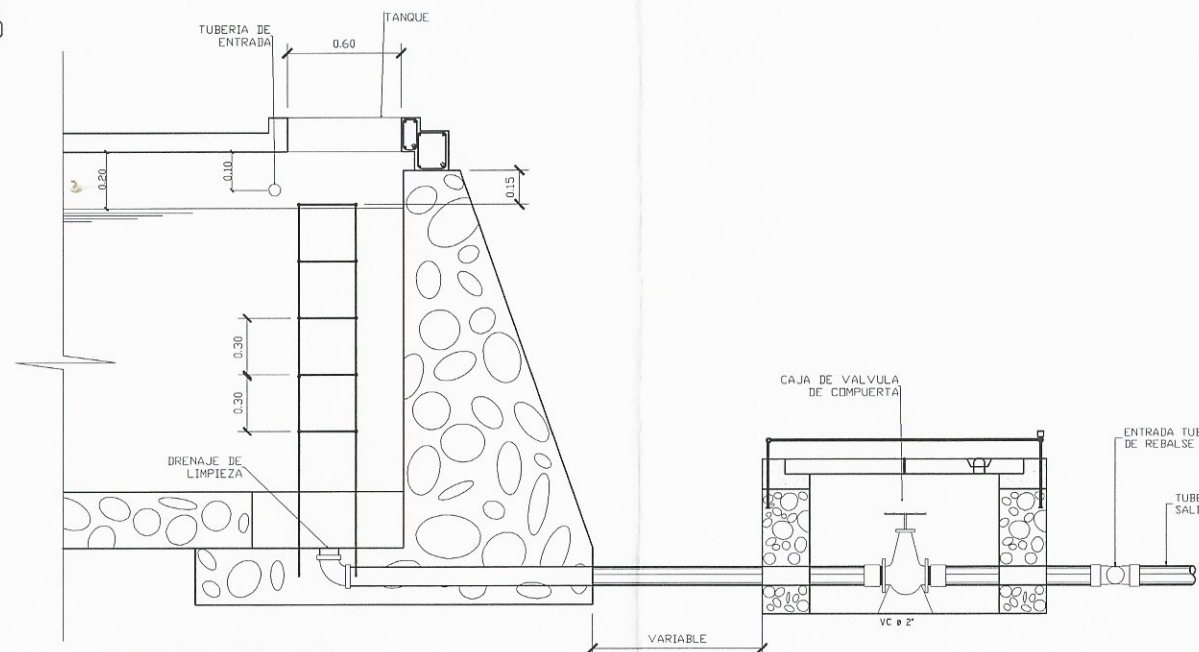
10 / 13



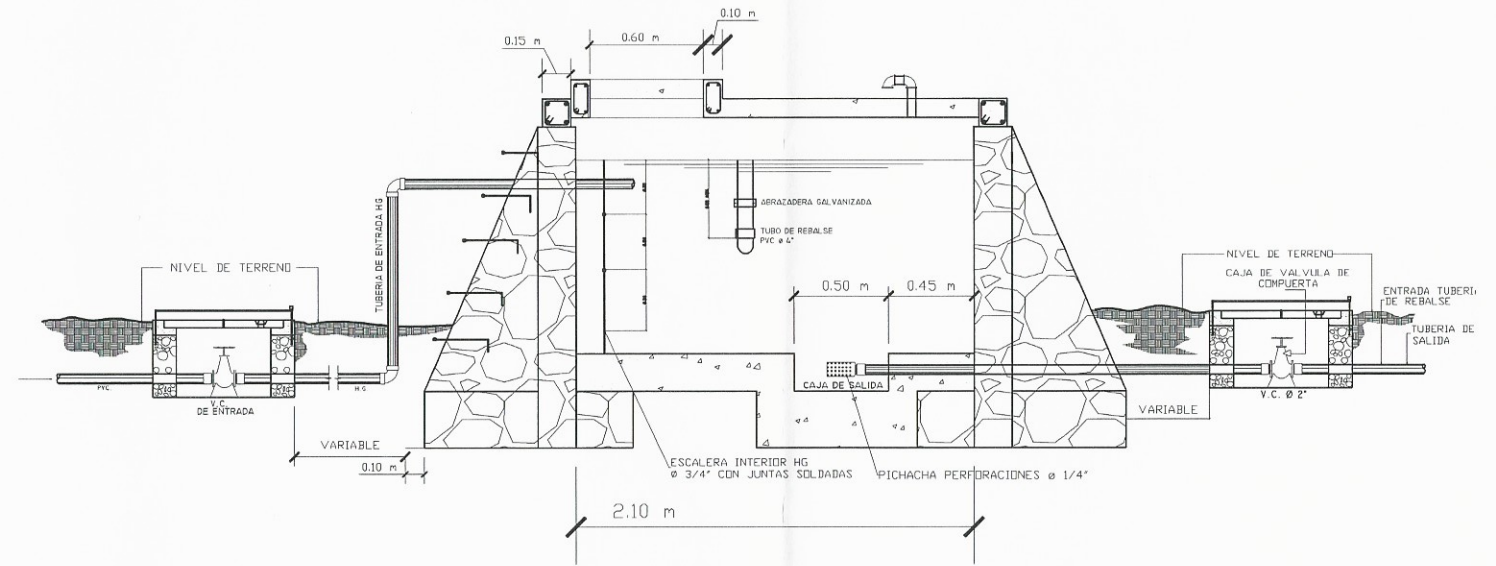
PLANTA TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
ESCALA 1: 50

ESPECIFICACIONES:


1. LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE 1" DE BRONCE PARA TUBERÍA DE ENTRADA.
2. VÁLVULA DE COMPUERTA DE 2" DE BRONCE PARA TUBERÍA DE SALIDA Y REBALSE.
3. TUBERÍA DE PVC DE 1" PARA ENTRADA.
4. TUBERÍA DE PVC DE 2" PARA SALIDA Y REBALSE.
5. MURDOS DE CONCRETO CICLÓPEO.
6. LOSA DE CUBIERTA E INFERIOR DE CONCRETO ARMADO.
7. RESISTENCIA DEL ACERO 2810 KG/CM², GRADO 40.
8. RESISTENCIA DEL CONCRETO 210 KG/CM².

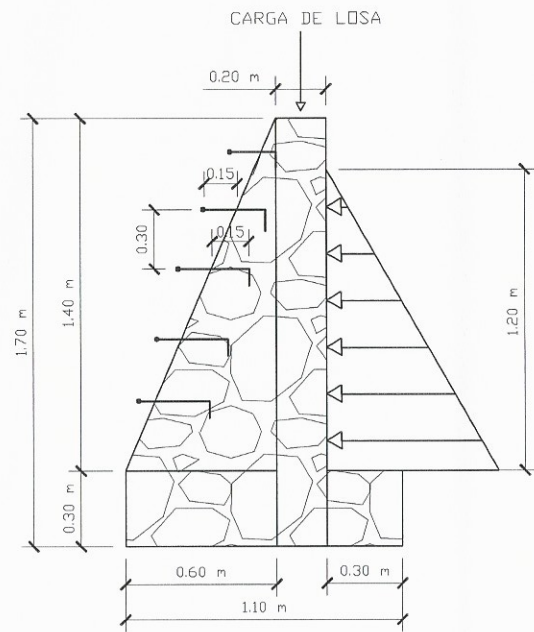


CORTE B1-B2
SIN ESCALA



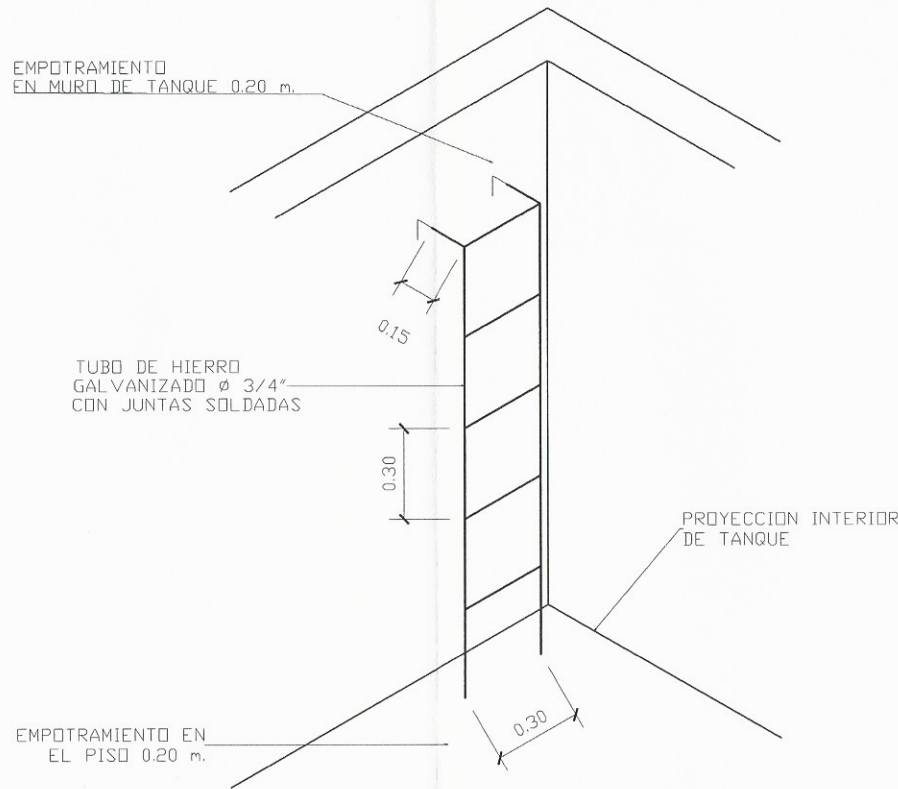
CORTE A1-A2
ESCALA 1: 40

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala	
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala	
Fecha:	Plano: DETALLES Y SECCIONES TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	
Carné: 201213046	Diseño y cálculo: Ana Lucía Martínez Arriola Inga. Christian del Rosario Guzmán Pineda ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Fracciones de Ingeniería y EPS	
Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola		Plano de: Arquitectura <input type="checkbox"/> Estructuras <input type="checkbox"/> Instalaciones <input type="checkbox"/> Detalles <input type="checkbox"/>
Hoja No. 11 / 13		Inge. José María González



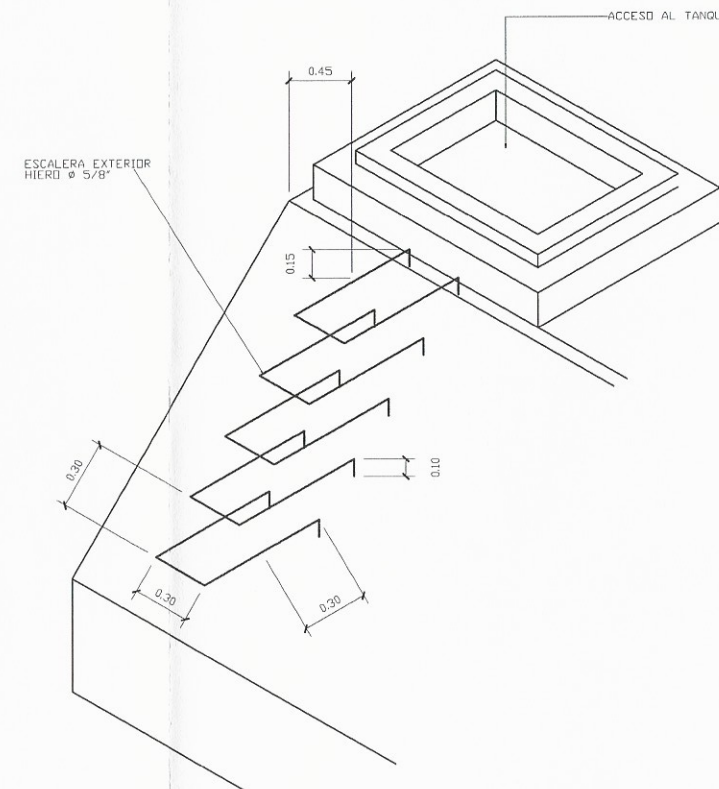
SECCIÓN DE MURO

ESCALA 1: 30



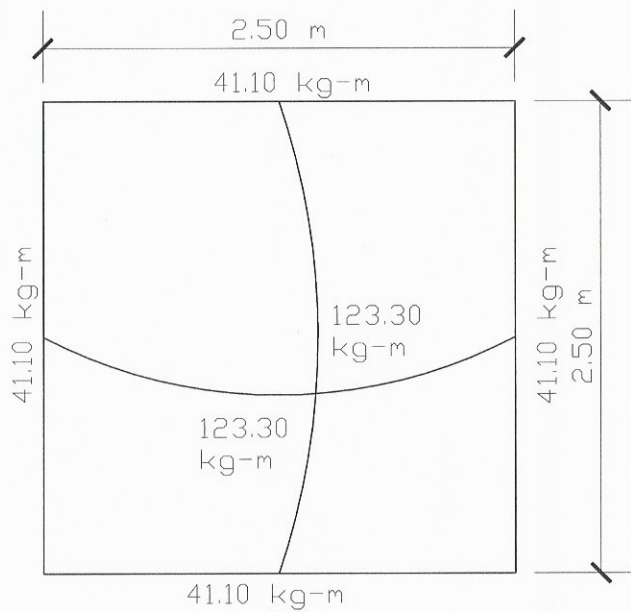
ISOMÉTRICO ESCALERA INTERIOR

SIN ESCALA



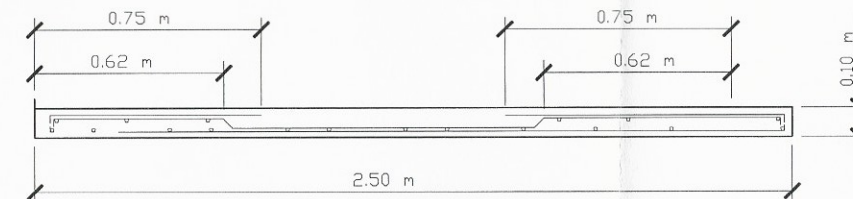
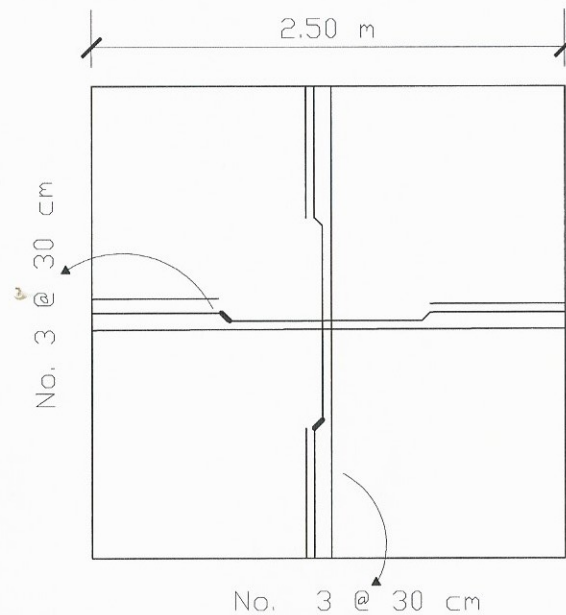
ISOMÉTRICO ESCALERA EXTERIOR

SIN ESCALA



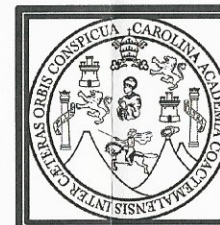
MOMENTOS Y ARMADO DE LOSA DE CUBIERTA

ESCALA 1: 40



DISTRIBUCIÓN DE ARMADO

ESCALA 1: 25



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado

Proyecto:
Introducción de agua potable, caserío
El Astillero, aldea El Hato, Antigua
Guatemala

Escala:
Indicada

Propietario:
Municipalidad de Antigua Guatemala

Fecha:

Plano:
DETALLES Y ARMADO TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Carné:
201213046

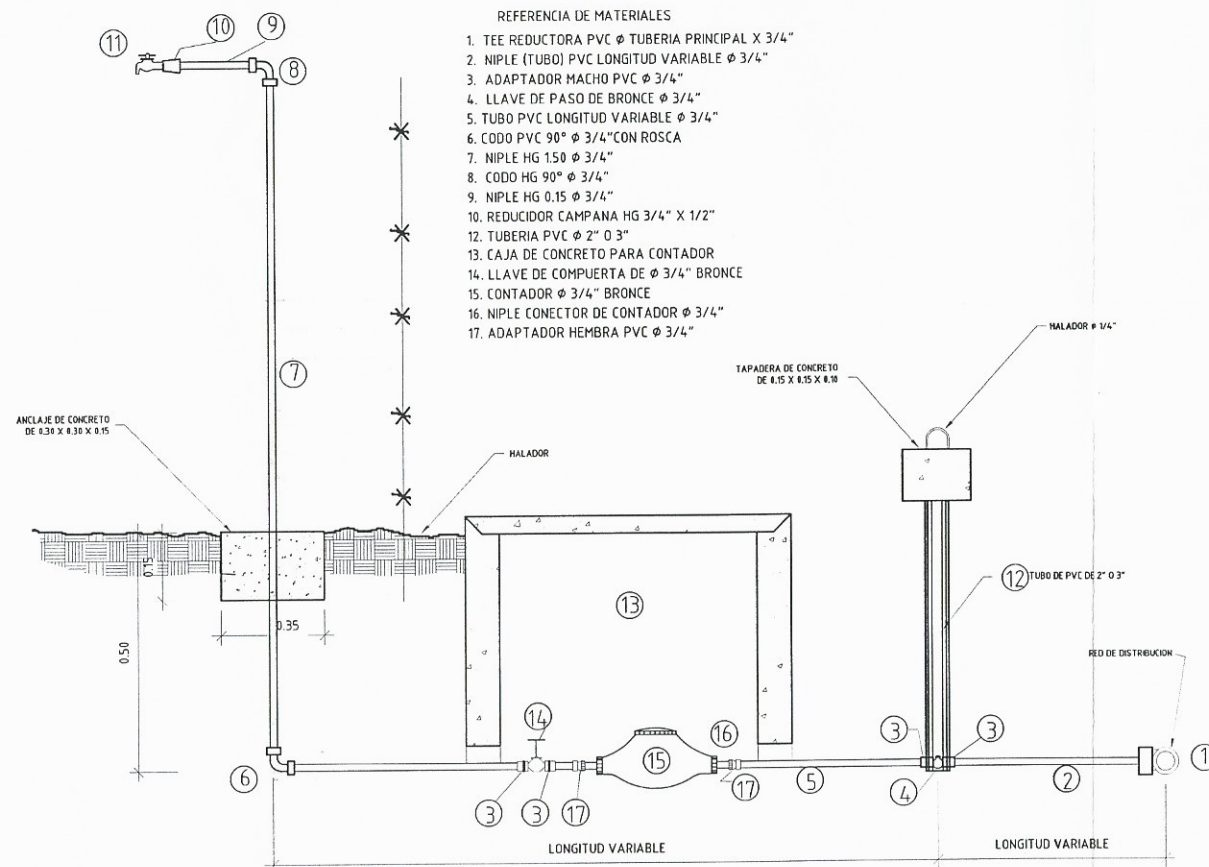
Diseño y cálculo:
Ana Lucía Martínez Arriola

Dibujo:
Ana Lucía Martínez Arriola

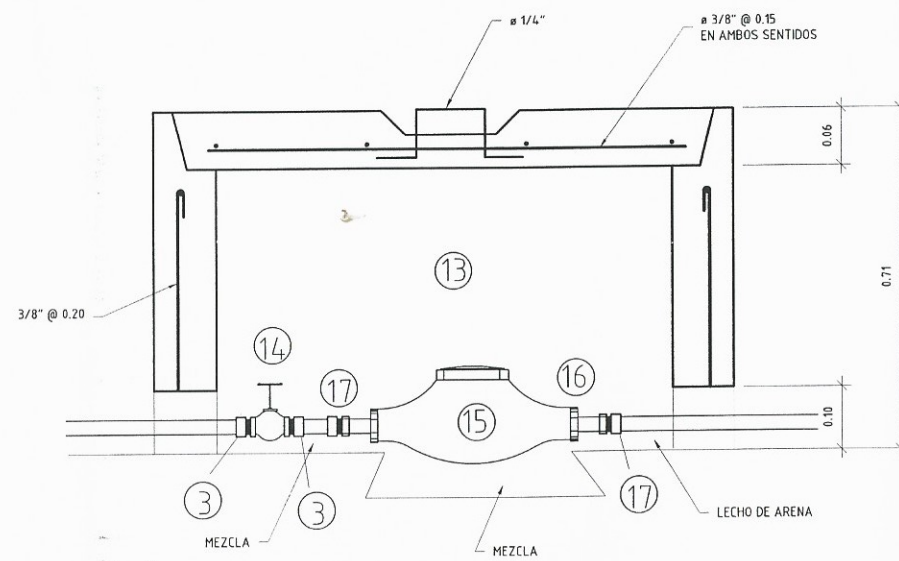
ASESORA SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Ingeniero en Clase

Plano de:
Arquitectura
Estructuras
Instalaciones
Detalles

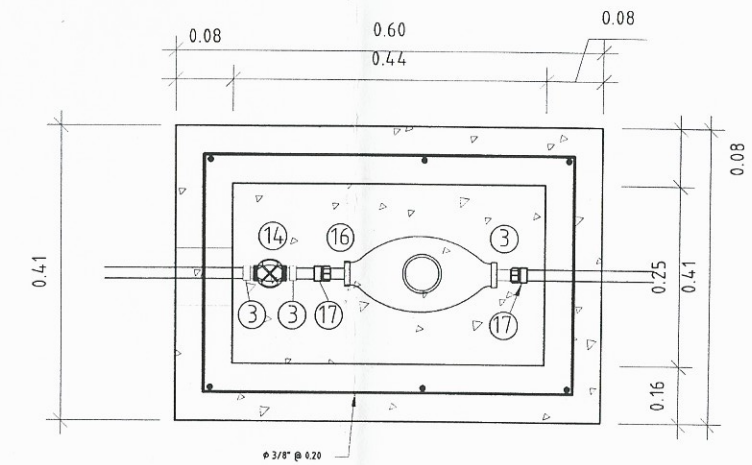
Hoja No.
12 / 13



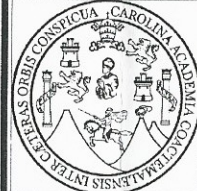
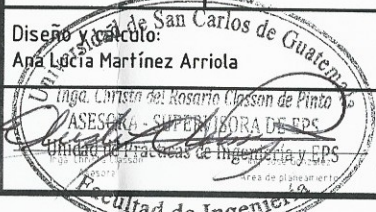
CONEXIÓN DOMICILIAR TIPICA TIPO 2
ESCALA: 1: 15000



DETALLE CAJA CONTADOR DE AGUA
ESCALA: 1: 15000




DETALLE CAJA CONTADOR DE AGUA
ESCALA: 1: 100


	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado
	Proyecto: Introducción de agua potable, caserío El Astillero, aldea El Hato, Antigua Guatemala
Escala: Indicada	Propietario: Municipalidad de Antigua Guatemala
Fecha:	Plano: CONEXIONES DOMICILIARES
Carné: 201213046	
Diseño y cálculo: Ana Lucía Martínez Arriola	Dibujo: Ana Lucía Martínez Arriola
	Plano de: Arquitectura <input type="checkbox"/> Estructuras <input type="checkbox"/> Instalaciones <input type="checkbox"/> Detalles <input type="checkbox"/>
	Hoja No. 13 / 13

ANEXOS

Anexo 1. Examen bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



No. 4276

O.T. No. 35 650		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 360980
INTERESADO	ANA LUCÍA MARTÍNEZ ARRIOLA CARNE No. 201213046	PROYECTO:	EPS: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO EL ASTILLERO ALDEA EL HATO ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ	
MUESTRA RECOLECTADA POR	Interesada	DEPENDENCIA:	Facultad de Ingeniería/USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Astillero El Hato, Antigua Guatemala	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2016-01-25, 12 h10 min.	
FUENTE:	Riachuelo	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2016-01-26, 11 h36 min.	
MUNICIPIO:	Antigua	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración	
DEPARTAMENTO:	Sacatepequez			
SABOR:	----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Lig cantidad	
ASPECTO:	Clara	COLOR RESIDUAL		
OLOR:	Inodora			

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

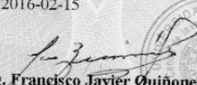
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	++++
01,00 cm ³	+++++	+++++	++++
00,10 cm ³	+++++	+++++	++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		> 16 x 10 ²	17

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

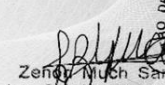
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I. Calidad bacteriológica que no exige un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua de Consumo.

Guatemala, 2016-02-15

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CIUSAC




Zeny Nuch Santos
Ing. Químico Col. No. 4276
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://cil.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería.

Anexo 2. Examen fisicoquímico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 35650

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

No. **1273**

INTERESADO: ANA LUCÍA MARTÍNEZ ARRIOLA, CARNÉ No. 201213046		PROYECTO: EPS: "INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO EL ASTILLERO, ALDEA EL HATO ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ"	
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Astillero El Hato, Antigua Guatemala</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2016-01-25, 12 h 10 min.</u>	
FUENTE: <u>Riachuelo</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2016-01-26, 11 h 36 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>Antigua</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Sacatepequez</u>			

RESULTADOS

1. ASPECTO: <u>Ligeramente turbia</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>--</u>	
2. COLOR: <u>10,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>218,00 umhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>05,58 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,69 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>115,00 mg/L</u>	

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,13	6. CLORUROS (Cl ⁻)	10,50
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,256	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,29
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	09,30	8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²)	10,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,07
5. MANGANESO (Mn)	00,101	10. DUREZA TOTAL	120,00

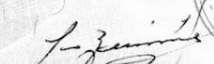
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	96,00	96,00

OTRAS DETERMINACIONES _____


OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física el agua ligeramente turbia (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con las normas. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2016-02-15



Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



Zenon Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería.