



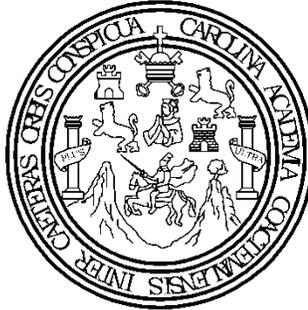
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA
SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA
COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

Estuardo Antonio Pérez Castillo
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, abril de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA
ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ESTUARDO ANTONIO PÉREZ CASTILLO
ASESORADO POR: ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

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

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA
SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA
COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de 6 de octubre de 2010.

Estuardo Antonio Pérez Castillo



Guatemala 19 de enero de 2011.
Ref.EPS.DOC.35.01.11.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Estuardo Antonio Pérez Castillo** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200512159**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**.

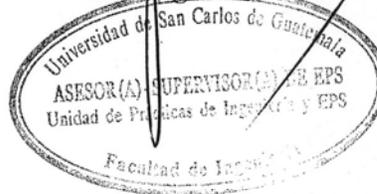
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo
JMC/ra



Guatemala, 19 de enero de 2011.

Ref.EPS.D.38.01.11

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Estuardo Antonio Pérez Castillo**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



/bbdeb.

Guatemala,
25 de enero de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Estuardo Antonio Pérez Castillo, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

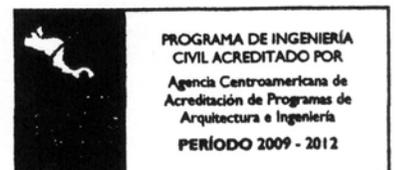
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
28 de enero de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Estuardo Antonio Pérez Castillo, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Estuardo Antonio Pérez Castillo, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2011

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SASPÁN Y EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario **Estuardo Antonio Pérez Castillo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Raíz Recinos
Decano



Guatemala, 5 de abril de 2011

/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todas sus bendiciones y por ser mi fortaleza en los momentos difíciles.
Mi abuela	Mis palabras no serán suficientes para expresar mi amor y agradecimiento por todo lo que me ha dado en la vida.
Ing. Juan Merck	Por su asesoría y ayuda desinteresada en todo el proceso del E.P.S y elaboración de este proyecto.
Mis amigos	Por su apoyo incondicional, en especial a Mariano, Kevin, Max, Gabriela, Linda, Sergio, Elmer, Cristian (q.e.p.d.), Raquel, Jennifer, Juan, Jimmy, Jason, Eduardo, Amilcar y José.
Municipalidad de San José La Arada	Por todo el apoyo y la amistad que me brindaron en el desarrollo de mi E.P.S.

ACTO QUE DEDICO A:

Mi abuela

Fermelicia Lemus Hernández

Por su gran amor, esfuerzo y ejemplo que han marcado mi vida, gracias por permitirme alcanzar esta meta.

Mis padres

Raquel Antonio Pérez Roque

Xiomara Mariflor Castillo Lemus

Por darme la vida.

Mis tías

Jacqueline Yessenia Sagastume Lemus

Jessika Fermelicia Sagastume Lemus

Mi familia

Con mucho cariño y respeto.

Mis amigos

A todos en general que Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía: aldea Saspán, municipio de San José La Arada, Chiquimula.	1
1.1.1. Aspectos físicos	1
1.1.1.1. Ubicación y localización	1
1.1.1.2. Límites y colindancias	2
1.1.1.3. Clima y zona de vida	2
1.1.1.4. Población actual	3
1.1.1.5. Topografía y suelo	3
1.1.1.6. Idioma	3
1.1.1.7. Tipología de las viviendas	3
1.1.1.8. Condiciones sanitarias	4
1.1.2. Aspectos de infraestructura	4
1.1.2.1. Vías de acceso	4
1.1.2.2. Servicios públicos	4
1.1.3. Aspectos socioeconómicos	5
1.1.3.1. Origen de la comunidad	5
1.1.3.2. Actividades económicas y productivas	5

1.1.3.3.	Etnia, religión y costumbres	6
1.1.3.4.	Educación	7
1.1.3.5.	Organización comunitaria	7
1.2.	Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Saspán, San José La Arada, Chiquimula.	8
1.2.1.	Descripción de las necesidades	8
1.2.2.	Evaluación y priorización de las necesidades	9
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del sistema de agua potable para la aldea Saspán, municipio San José La Arada, Chiquimula.	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Aforo de las fuentes, dotación y tipo de servicio	11
2.1.3.	Tasa de crecimiento poblacional	13
2.1.4.	Período de diseño, población futura	13
2.1.5.	Factores de consumo y caudales	14
2.1.5.1.	Caudal medio diario	14
2.1.5.2.	Caudal máximo diario	14
2.1.5.3.	Caudal máximo horario	15
2.1.6.	Calidad de agua y sus normas	16
2.1.6.1.	Análisis bacteriológico	16
2.1.6.2.	Análisis fisicoquímico	17
2.1.7.	Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías	18
2.1.8.	Presiones y velocidades	20
2.1.9.	Levantamiento topográfico	20
2.1.9.1.	Planimetría	21
2.1.9.2.	Altimetría.	21
2.1.10.	Diseño hidráulico del sistema	22
2.1.10.1.	Captación	22

2.1.10.2.	Línea de conducción	22
2.1.10.3.	Tanque de almacenamiento	29
2.1.10.3.1.	Cálculo de volumen	29
2.1.10.3.2.	Diseño estructural del tanque	30
2.1.10.4.	Red de distribución.	37
2.1.10.5.	Sistema de desinfección	40
2.1.10.6.	Obras de arte	42
2.1.10.7.	Válvulas	42
2.1.10.7.1.	Válvulas de limpieza	43
2.1.10.7.2.	Válvulas de aire	43
2.1.10.8.	Conexiones domiciliarias	44
2.1.11.	Administración, operación y mantenimiento	44
2.1.12.	Propuesta de tarifa	46
2.1.13.	Elaboración de planos	50
2.1.14.	Elaboración de presupuesto	50
2.1.15.	Evaluación socio-económica	52
2.2.15.1.	Valor presente neto	52
2.2.15.2.	Tasa interna de retorno	53
2.1.16.	Evaluación de impacto ambiental	55
2.2.	Diseño de la edificación para el salón comunal de la aldea Tierra Colorada, municipio de San José La Arada, Chiquimula	57
2.2.1.	Descripción del proyecto	57
2.2.2.	Diseño arquitectónico	57
2.2.3.	Distribución de ambientes	58
2.2.4.	Altura del edificio	58
2.2.5.	Tipo de estructura	58

2.2.6.	Predimensionamiento de los elementos estructurales	59
2.2.7.	Cargas de diseño	59
2.2.8.	Diseño estructural	62
2.2.9.	Diseño de cubierta	62
	2.2.9.1. Separación máxima entre costaneras	63
	2.2.9.2. Diseño de la costanera	64
2.2.10.	Diseño del muro	77
	2.2.10.1. Diseño a flexión	78
	2.2.10.2. Diseño a corte	78
2.2.11.	Diseño de columnas	79
2.2.12.	Diseño de cimentación	82
	2.2.12.2. Integración de cargas	83
	2.2.12.2. Determinación del ancho	84
	2.2.12.3. Corte simple	85
	2.2.12.4. Diseño a flexión	85
2.2.13.	Diseño de la zapata	87
2.2.14.	Instalaciones eléctricas	92
2.2.15.	Instalaciones hidráulicas	92
2.2.16.	Elaboración de planos	93
2.2.17.	Elaboración de presupuesto	93
2.2.18.	Evaluación de impacto ambiental	95
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA	101
	APÉNDICE	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la aldea Saspán, mapa escala 1:50 000	1
2.	Triángulo de presión en la línea de conducción	28
3.	Diagrama de momentos	33
4.	Geometría y diagrama de presiones del muro	35
5.	Diagrama de flujo de efectivo agua potable	53
6.	Diagrama de flujo para tasa interna de retorno agua	54
7.	Resumen diagrama de flujo proyecto de agua	54
8.	Cálculo de área tributaria	64
9.	Modelo matemático de costanera	65
10.	Reacciones en los apoyos	68
11.	Deflexión de costanera	69
12.	Área tributaria de tendales	71
13.	Esquema cargas actuantes en los nudos	72
14.	Diagrama de cuerpo libre de tendal	73
15.	Diagrama de corte de tendal	73
16.	Diagrama de momento flexionante de tendal	74
17.	Sección de tendal	75
18.	Detalle de armado de columna	82
19.	Detalle de armado de columna y zapata	87
20.	Área de chequeo a corte simple	89
21.	Esquema de zapata en planta	89
22.	Esquema de zapata	90

TABLAS

I.	Dotaciones	12
II.	Diámetros internos de tubería de PVC	19
III.	Análisis del costo mensual de tubería en la línea de conducción	24
IV.	Momento estabilizante en el muro	35
V.	Presupuesto por renglones de trabajo	51
VI.	Costo de red de distribución de agua potable	52
VII.	Cargas muertas para cubiertas de lámina	60
VIII.	Propiedades de costaneras	67
IX.	Cálculo de momento de inercia de tendal	78
X.	Capacidad de carga o valor soporte del suelo	88
XI.	Presupuesto por renglones de trabajo	93

LISTA DE SÍMBOLOS

H	Altura
t	Ancho de la pared del muro
As	Área de acero
Ash	Área de acero horizontal
Ast	Área de acero total
Asv	Área de acero vertical
AGIES	Asociación guatemalteca de ingeniería estructural y sísmica
Vs	Capacidad soporte del suelo
w_m	Carga muerta
w_t	Carga ultima total
w	Carga viva
Q_b	Caudal de bombeo (l/s)
Q_c	Caudal de conducción (l/s)
Q_d	Caudal máximo horario (l/s)
Q_m	Caudal medio diaria (l/s)
C	Coefficiente de fricción, coeficiente de la capacidad hidráulica de la tubería (adimensional)
COCODE	Consejo comunitario de desarrollo
D	Diámetro
De	Diámetro económico
D_p	Deflexión permisible
D_r	Deflexión real
T	Esfuerzo cortante
E	Estación

FDM.	Factor de día máximo (adimensional)
FHM	Factor de hora máximo (adimensional)
Fs	Factor de seguridad
gpm	Galones por minuto
K	Factor de pandeo de la columna
Hg	Hierro galvanizado
INFOM	Instituto de fomento municipal
Km	Kilometro
PSI	Libras por pulgada cuadrada (lb/in ²)
d	Longitud de muro
lu	Luz
mca	Metros columna de agua
Sx	Módulo de sección
Hf	Pérdida de carga expresada en metros
P	Peso
β	Peso específico del agua expresado en lb/pe ³
pH	Potencial de hidrógeno
PU	Precio unitario en quetzales.
P	Presión
V	Radio de giro
ASTM	Sociedad americana para pruebas y materiales
Tp	Tarifa propuesta

GLOSARIO

Aforo	Operación que consiste en medir un caudal de agua, es la producción de una fuente.
Agua potable	Es el agua apta para consumo humano y agradable a los sentidos. Agua que es sanitariamente segura, además de ser inodora, insípida, incolora y agradable a los sentidos.
Bases de diseño	Son los parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño, pueden ser la población, el clima, tipo de comercios, caudales.
Carga viva	Es la carga que deberá soportar temporalmente la estructura debido al uso u ocupación de la misma.
Carga muerta	Comprende todas las cargas de elementos permanentes de la construcción, incluyendo la estructura en sí, pisos, vidrieras, rellenos, tabiques fijos, equipo permanente fijo anclado.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, su simbología es litros por segundo, metros cúbicos por segundo, galones por minuto.

Consumo	Cantidad de agua real que utiliza una persona; es igual a la dotación.
Costanera	Cada una de las vigas menores, que cargan sobre la viga principal que forman la cubierta o techo de un edificio.
Cota de terreno	Altura de un punto de terreno, referido a un nivel determinado.
Cota piezométrica	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o distribución, es decir, que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocara un manómetro.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
Flexión	Acción y efecto de doblar un cuerpo o algún miembro.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.
Mampostería	Es un sistema constructivo que se basa en elementos que van unidos entre sí, por medio de una mezcla conocida como mortero: arena, cemento, para soportar cargas que se le apliquen.

Planimetría	Tema de la topografía que enseña a hacer mediciones horizontales de una superficie.
Presión	Es la fuerza ejercida sobre un área determinada.
T.I.R.	Es la tasa de descuento que hace que el valor presente de una oportunidad de inversión sea igual a cero, o sea el interés que hace que los costos sean equivalentes a los ingresos. Es la tasa interna de retorno.
V.P.N.	Es el valor presente neto. Se basa en la creencia de que el valor del dinero se ve afectado por el tiempo en que se recibe.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación está orientado hacia el planteamiento de las soluciones a los problemas que las aldeas Saspán y Tierra Colorada, de la municipalidad de San José La Arada, tienen en lo referente a servicios básicos, como es el de agua potable, la infraestructura y el salón comunal.

En el capítulo uno se presenta la monografía de la aldea Saspán, del municipio San José La Arada, Chiquimula.

En el capítulo dos se presenta el diseño de la red de abastecimiento de agua potable para la aldea Saspán. En éste se mencionan el tipo de fuente que existe, el aforo de la fuente, caudales a utilizar, dotación utilizada, tipo de levantamiento topográfico, finalmente se desarrolla el diseño hidráulico del proyecto; y el diseño del salón comunal de la aldea Tierra Colorada, aplicando los criterios que se tomaron en cuenta en la distribución de espacios, altura y tipo de estructura, predimensionamiento de elementos estructurales y cargas de diseño para la edificación del salón comunal, al final se acompañan con los planos y presupuesto respectivamente.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable, para la aldea Saspán y edificación para salón comunal para la aldea Tierra Colorada, San José La Arada, Chiquimula.

Específicos

1. Desarrollar una investigación tipo monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Saspán, San José La Arada, Chiquimula.
2. Capacitar a los miembros del comité de la aldea Saspán, respecto al mantenimiento del sistema de agua potable.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, contiene el diseño de dos proyectos elaborados mediante el Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Ingeniería. Los proyectos consisten en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Saspán y la edificación para el salón comunal de la aldea Tierra Colorada, del Municipio de San José La Arada, Chiquimula.

Para conocer las deficiencias de las comunidades fue necesario una investigación y coordinación tanto de las autoridades municipales, como de los miembros del consejo comunal de desarrollo (COCODE), para determinar las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las comunidades ya mencionadas.

En el caso del proyecto del sistema de agua potable ha sido necesario realizar el diseño, puesto que la aldea Saspán no ha contado nunca con el servicio; esto ha llevado a la población a tomar medidas tales como tener que comprar el vital líquido con vecinos que cuentan con pozo propio o caminar a nacimientos de agua que se encuentran a gran distancia, lo cual se va a evitar, con el proyecto y se le dará mejores condiciones de vida a los habitantes evitando alteraciones de los sistemas ambientales.

En el caso de el diseño del salón comunal, aldea Tierra Colorada; se ha venido a optar por él mismo, puesto que no existe un lugar donde los vecinos puedan realizar sus actividades sociales, culturales y educativas, en un ambiente agradable, sin tener que recibir todas las inclemencias del tiempo; también propiciar el desarrollo en dicha comunidad, evitando que tengan que viajar a otras comunidades para realizar sus eventos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

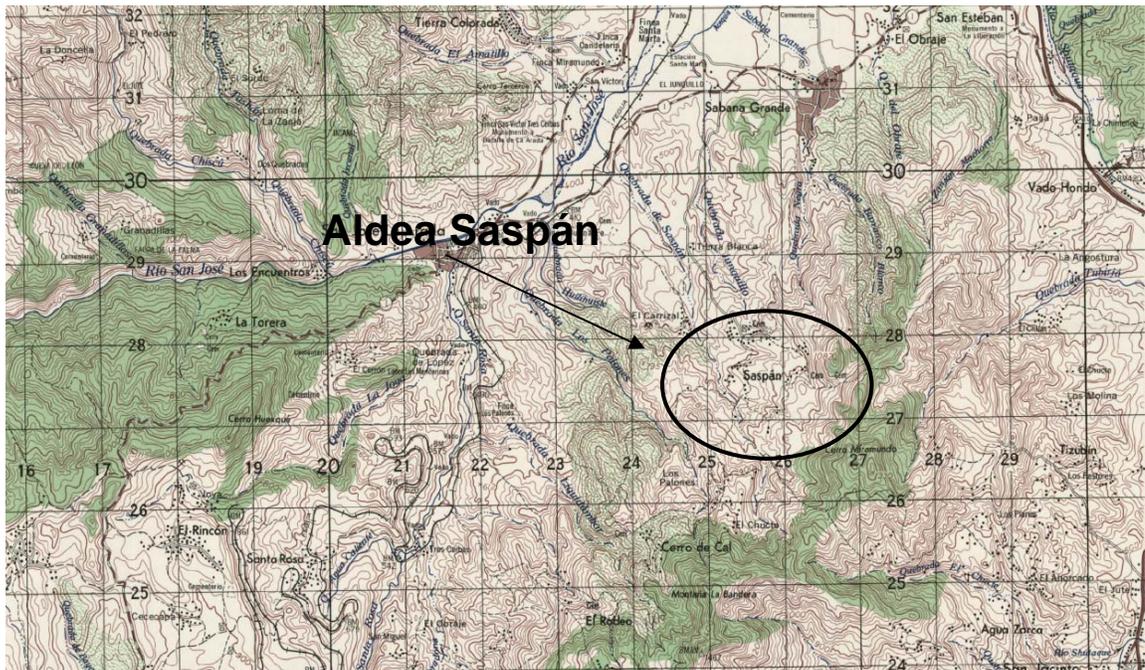
1.1. Monografía: aldea Saspán, municipio de San José La Arada, Chiquimula.

1.1.1. Aspectos físicos

1.1.1.1. Ubicación y localización

La aldea Saspán se encuentra ubicada al sur oriente de la cabecera municipal, a una distancia de 9 km, al sur de la cabecera departamental a 13 km de distancia y cuenta con una extensión territorial de 5 km².

Figura 1. Ubicación de la aldea Saspán, mapa escala 1:50 000.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

1.1.1.2. Límites y colindancias

La aldea está limitada al norte con la cabecera departamental de Chiquimula, al sur, con la aldea Cerro de Cal; al este con el municipio de San Jacinto y al oeste con el caserío El Carrizal.

1.1.1.3. Clima y zona de vida

El clima de la aldea Saspán según información proporcionada por el Insivumeh es cálido; dando lugar a dos estaciones: invierno y verano. La mayor temperatura se registra en el mes de abril con 34° y una temperatura mínima en el mes de enero de 19° C.

Dispone de una zona de vida con u, la cual se caracteriza por tener las siguientes condiciones climáticas: días claros y soleados durante los meses que no llueve y parcialmente nublados durante la época de enero a abril. La estación seca no se encuentra bien definida, con invierno benigno. La precipitación en esta formación varía entre 500 y 1 000 mm, y como promedio total anual 855 mm. La biotemperatura media anual para esta zona oscila entre 19° y 24° C. La relación de evapotranspiración potencial es de alrededor de 1.5.

Los terrenos son de relieve, desde plano hasta accidentado; la elevación varía desde 0 a 1 200 msnm, la vegetación natural está constituida principalmente por las especies *Cochlospermum vitifolium* pumpo; *Swietenia humilis* Zapoton o caoba del pacifico, *Alvaradoa amorphoides*, tarajay; *Sabal mexicana*, Manaco o Botán; *Phylocarpus septentrionales*, Guacamayo; *Ceiba aescutifolia*, Ceibillo; *Albizzia caribaea*, Conacaste blanco; *Leucaena guatemalensis* yaje. El uso de la tierra en terrenos planos, que tienen suelos de buena calidad y con regadío, producen cosechas rentables como frijón, maní,

tomate, yuca, chile y otros propios de la agricultura intensiva. Los suelos inclinados, que generalmente son de suelos pobres, deberían dedicarse más como protectores.

1.1.1.4. Población actual

Según el censo poblacional efectuado en la comunidad, cuenta con 1 061 habitantes, en donde el 49% son mujeres y 51% hombres.

1.1.1.5. Topografía y suelo

La clasificación del suelo de la aldea es denominada subinal, el material originario es la piedra caliza, relieve con declives muy inclinados, de textura arcillosa, con pedregosidad, terrenos severamente erosionados, con fertilidad potencial de regular a alto y pH de 7,9 y profundidad efectiva de 50 cm.

1.1.1.6. Idioma

El idioma en esta comunidad es el español únicamente.

1.1.1.7. Tipología de las viviendas

Las viviendas en la aldea Saspán varían drásticamente en cuanto a materiales de utilización, la mayoría con un 51% cuentan con paredes de mampostería simple y un 68% con piso de torta de cemento, en contraparte, un 40% de las casas disponen de paredes de bajareque y un 14% no cuentan con piso ya que son de tierra, además, el 85% de las casas tienen techo de lamina de cinc y solo un 6% tienen losa de concreto.

1.1.1.8. Condiciones sanitarias

En lo que concierne al área de saneamiento, las familias de la mencionada aldea sufren diversas necesidades, ya que el 40% de la población no cuenta con un lugar apropiado para hacer sus necesidades fisiológicas y un 45% de la población no tiene el servicio de agua potable, ya que para disponer de este vital líquido tienen que acudir a manantiales o al llenado de cantaros. En lo que corresponde a la disposición de basura en las viviendas, el 75% la queman, lo que contribuye en alta manera a la contaminación del ambiente.

1.1.2. Aspectos de infraestructura

1.1.2.1. Vías de acceso

La aldea de Saspán cuenta con una carretera pavimentada desde la aldea hacia la carretera asfaltada Chi-01 que conduce a la cabecera municipal con Chiquimula, además, cuenta con caminos de herradura que comunica con aldeas vecinas.

1.1.2.2. Servicios públicos

La comunidad cuenta con diversos servicios básicos e infraestructuras, los cuales son:

- Escuela oficial rural mixta
- Escuela oficial de párvulos
- Instituto básico Telesecundaria
- Cooperativa Agrícola Batalla de la Arada
- Puesto de salud

- Comadrona
- Promotores de salud
- Calles principales pavimentadas
- Energía eléctrica

1.1.3. Aspectos socioeconómicos

1.1.3.1. Origen de la comunidad

Una de las principales causas de la fundación de la aldea se debió a que los primeros habitantes notaron que sus tierras eran fértiles por lo que se podía cultivar granos básicos como maíz, frijol entre otros. No solo por las características del suelo sino también por el tipo de clima que contribuye a la producción agrícola y a tener mejor porvenir. Son las causas por las cuales se fundó lo que hoy en día se conoce con el nombre de Saspán.

No se tiene una fecha exacta de fundación, pero se tiene la idea que fue aproximadamente en el año de 1 800, según cuentan los pobladores con más edad; en documentos legales la inscripción de la aldea Saspán hace referencia al 11 de septiembre de 1 924; en el acta de inscripción del municipio de San José La Arada, en donde se menciona a la aldea Saspán como una de las aldeas pertenecientes al municipio junto a otras que en ese entonces eran caseríos.

1.1.3.2. Actividades económicas y productivas

En la comunidad las actividades económicas se basan en la agricultura, principalmente en el cultivo de maíz y frijol, aunque también se cuenta con cosechas de hortalizas y árboles frutales mixtos; por otro lado, en lo que confiere a la ganadería únicamente existe ganado vacuno y una granja mixta; cuenta con 4 tiendas para insumos, 4 molinos, 1 cooperativa agrícola, la cual beneficia a los vecinos con préstamos para agricultores y es administrada por un comité de vecinos que utilizan las ganancias para el mantenimiento de las instalaciones.

1.1.3.3. Etnia, religión y costumbres

La aldea muestra aspectos culturales propios del sector oriental con población netamente ladina, y religión predominante católica con un 62%, aunque se encuentra iglesias evangélicas y feligreses de las mismas pero en menor número, con un 20%; el resto de la población, 18%, no practica religión alguna.

Entre las costumbres de la comunidad se celebran las fiestas oficiales y patronales, es de notar que para el 1 y 2 de noviembre en la festividad del día de los santos, lo celebran adornando las tumbas de sus familiares y amigos que han fallecido. Para estos días acostumbran a cocinar tortillas con queso (empanadas), shepitos, tamales, ayote y moyetes.

Las fiestas que se celebran actualmente en la aldea son:

- El 1 de enero celebran Año Nuevo
- El 10 de mayo celebran el Día de la Madre
- Del 24 al 29 de abril realizan la feria en honor al Patrono San Marcos

- El 15 de Septiembre, los escolares realizan actos culturales con motivo de la Independencia de Guatemala
- El 1 y 2 de noviembre celebran el Día de los Santos y Difuntos
- El 24 y 25 de diciembre celebran la Noche Buena y la Navidad

1.1.3.4. Educación

En el aspecto educativo, la aldea cuenta con la facilidad de contar con escuela oficial de primaria y de párvulos así como instituto de telesecundaria.

Para el año 2009, en lo que concierne a la escuela de párvulos, se contaba con un total de 30 alumnos, de entre 4 a 6 años y 2 profesoras; para el área primaria se cuenta con 116 alumnos, de los cuales 48 son niños y 68 niñas, además, de laborar en la misma 8 profesores, de los cuales 7 son docentes y el director.

El Instituto de Telesecundaria cuenta con un total de 38 alumnos, y con 4 profesores docentes.

1.1.3.5. Organización comunitaria

En lo que se refiere a la organización comunitaria, la aldea Saspán se encuentra en una muy buena situación ya que las personas están conscientes que entre mejor organizados se encuentren mejores y más grandes proyectos de desarrollo pueden llegar a su comunidad, entre los grupos que se encuentran se pueden mencionar:

- COCODE de primer nivel
- Cooperativa Agrícola Batalla de La Arada
- Grupo de mujeres

1.2. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Saspán, San José La Arada, Chiquimula

1.2.2. Descripción de las necesidades

Luego de visitas realizadas y entrevistas a la población se comprobó que la aldea Saspán presenta muchas carencias en infraestructura, servicios sociales e institucionales y más aún en servicios básicos para el beneficio de los habitantes; se identificaron las necesidades más prioritarias a resolver para la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de la aldea, entre ellas se pueden mencionar:

- **Sistema de agua potable:** de un total de 1061 habitantes de la aldea Saspán, 300 no cuenta con el servicio de agua potable, lo que significa que aproximadamente un tercio de la población no tiene acceso al vital líquido, debiendo estos caminar grandes distancias para obtener una cantidad diaria para su consumo, implicando un gran sacrificio de parte de los vecinos afectados.
- **Letrinización de diversas viviendas:** en la aldea no existe un sistema de alcantarillado que permita un adecuado tratamiento de las aguas residuales, por lo mismo se ha optado desde hace tiempo a la construcción de letrinas en las viviendas, sin embargo un gran número de viviendas aún no cuenta con dicho servicio, lo cual hace necesaria su construcción pues puede afectar de gran manera la salud de los habitantes.

- **Un muro de protección para el puesto de salud:** colindante al puesto de salud de la comunidad se encuentra un paredón que está propenso a colapsar, por lo que se hace necesaria la construcción de uno nuevo que evite algún daño a la infraestructura del inmueble y la seguridad de las personas que en él se encuentren.
- **Falta de infraestructura para funcionamiento de Instituto de Telesecundaria:** la falta de un inmueble aparte para el funcionamiento del Instituto de Telesecundaria, causa molestia entre los maestros y alumnos de dicho establecimiento, con los de la Escuela Oficial por compartir las instalaciones.
- **Un salón comunal o centro de acopio:** la comunidad carece de infraestructura de tipo social, que fomente la participación de los pobladores en actividades culturales, artísticas y sociales, lo que hace necesaria la construcción de un salón apropiado.
- **Mejoramiento de calles:** la aldea Saspán, tiene aún varias de sus calles en mal estado, lo que dificulta el acceso vehicular y peatonal por la misma sobre en época de invierno, lo que hace necesaria la pavimentación de las mismas.
- **Introducción de energía eléctrica para el sector El Cuje:** en la aldea Saspán se encuentra ubicado un sector denominado El Cuje, el cual aún no cuenta con el servicio de energía eléctrica, lo que dificulta grandemente el desarrollo de las actividades cotidianas de los habitantes de dicho sector.

1.2.3. Evaluación y priorización de las necesidades

La priorización de las necesidades de la aldea Saspán, se realizó de acuerdo a los criterios que externaron tanto autoridades municipales como COCODES, siendo estas:

- Sistema de agua potable
- Letrinización de diversas viviendas
- Introducción de energía eléctrica para el sector El Cuje
- Un muro de protección para el puesto de salud
- Mejoramiento de calles
- Un salón comunal o centro de acopio
- Falta de infraestructura para funcionamiento de telesecundaria

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de agua potable para la aldea Saspán, municipio San José La Arada, Chiquimula

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea Saspán, el cual consta de 40 metros de línea de conducción y 2 000 metros de red de distribución abierta, así como todos los elementos que conforman un sistema de este tipo, la cantidad de usuarios actuales son 300 habitantes y las conexiones domiciliarias son 56.

2.1.2. Aforo de las fuentes, dotación y tipo de servicio

En esta etapa se obtienen los datos que servirán para el diseño del sistema. Se debe tener cuidado de verificar la información con la que se cuenta, ya que la misma puede estar desactualizada, específicamente en lo que se refiere a la población y caudal de las fuentes.

En la comunidad de Saspán la fuente de abastecimiento es un pozo mecánico, el cual consta de las siguientes características:

Profundidad del pozo:	215 ft
Diámetro:	2,60 ft
Nivel estático:	180 ft
Nivel de bombeo:	210 ft

Producción:	2,1 lt/s
Períodos de bombeo:	12 h

El aforo de la fuente de Saspán fue realizado por personal de la Oficina Municipal de Planificación, de la municipalidad de San José La Arada, que perforó el pozo mecánico en junio de 2009, y se obtiene un caudal de 33 gal/min.

La dotación debe cubrir las necesidades de consumo de la persona, para que desarrolle sus actividades de la mejor manera posible y no repercuta en una presión psicológica, que afecte su calidad de vida.

La dotación para una comunidad rural depende de las costumbres de la población, clima, tipo y magnitud de la fuente, calidad del agua, actividad productiva y medición del consumo.

Se presenta una tabla de dotaciones (ver tabla I), según el Manual de diseño de abastecimientos rurales de agua potable del ingeniero Roberto Mayorga Rouge, para determinar que caudal es adecuado para las características de la comunidad.

De acuerdo con dicha tabla y tomando en cuenta las limitantes que se tienen, los hábitos higiénicos, las condiciones climáticas y el desarrollo de la aldea, se determinó una dotación de 80 l/hab/d, que es un valor que se ajusta a las necesidades de la comunidad.

Tabla I. **Dotaciones**

DOTACIÓN (L/hab/d)	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
De 30 a 40	Pozo excavado y bomba manual
De 40 a 50	Llenacántaros en clima frío
De 50 a 60	Llenacántaros en clima cálido
De 60 a 80	Conexión predial en clima frío
De 80 a 100	Conexión predial en clima cálido
De 100 a 150	Conexión domiciliar en clima frío y en zonas urbanas y marginales
De 150 a 200	Conexión domiciliar en clima cálido y colonias no residenciales
De 200 a 250	Colonias residenciales

Fuente: Roberto Mayorga Rouge. **Manual de diseño de abastecimientos rurales de agua potable.**

2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional

Se utilizó la tasa de crecimiento municipal de San José La Arada, la cual es del 3%, según información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

2.1.4. Período de diseño, población futura

En el proyecto se adoptó un período de diseño de 20 años.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario tener datos confiables y suficientes de los habitantes de la localidad para la cual se realiza el estudio. En el caso de la población de diseño o población futura, para su cálculo se recomienda utilizar el método geométrico, por ser considerado el más aproximado y real.

Método geométrico:

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

Donde: Pf = Población futura
 Pa = Población actual
 r = Tasa de crecimiento
 n = Período de diseño

Para el proyecto en estudio se cuenta con la siguiente información:

Población actual (Pa) = 300 hab.

Tasa de crecimiento (r) = 3%

Período de diseño (n) = 20 años

$$Pf = 2\,500(1+0,03)^{20}$$

Pf = 542 hab.

2.1.5. Factores de consumo y caudales

2.1.5.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua consumida por la población, durante un día, la cual se obtiene como promedio de los consumos diarios durante un año; pero al no contar con estos datos se puede calcular en función de la población futura y la dotación asignada en un día. El caudal medio diario para el proyecto en estudio, se calculó así:

$$Q_m = \frac{\text{Población fut.} * \text{Dotación}}{86\,400 \text{ s/d}}$$

$$86\,400 \text{ s/d}$$

$$Q_m = \frac{542 \text{ Hab.} * 80 \text{ l/hab/d}}{86\,400 \text{ s/d}} = 0.50 \text{ l/s}$$

$$86\,400 \text{ s/d}$$

2.1.5.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario es conocido como caudal de conducción, ya que se utiliza para diseñar la línea de conducción del proyecto. Se define como el máximo consumo de agua durante 24 horas, observado en el período de un año. Cuando no se cuenta con información se puede calcular incrementando un porcentaje, denominado factor día máximo.

Ejemplo:

$$Q_c = Q_m * \text{FDM}$$

Donde:

Q_c = Consumo máximo diario o caudal de conducción

Q_m = Consumo medio diario o caudal medio

FDM = Factor día máximo

El factor día máximo se define como la relación entre el valor del consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese mismo año, este factor varía de 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes y 1.8 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes. En este caso se adoptó 1.4 para el cálculo.

$$Q_c = 0.50 \text{ l/s} * 1.4$$

$$Q_c = 0.70 \text{ l/s}$$

2.1.5.3. Caudal máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, ya que es utilizado para el diseño de la red de distribución. Se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día. Se determina multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máximo.

Ejemplo:

$$Q_d = Q_m * FHM$$

Donde:

Q_d = Consumo máximo horario o caudal de distribución

Q_m = Consumo medio diario

FHM = Factor hora máximo

El factor de hora máximo sirve para compensar las variaciones en las horas de mayor consumo y satisfacer la demanda de la población, está relacionado con el número de habitantes y tipo de costumbres. Este factor varía de 2.0 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes y 3.0 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes. En este caso se adoptó 2,4 para el cálculo.

$$Q_d = 0,50 \text{ l/s} * 2,4 = 1,20 \text{ l/s}$$

2.1.6. Calidad del agua y sus normas

Para garantizar agua sanitariamente segura y apta para el consumo humano, se realizó un estudio bacteriológico, el cual demuestra con un certificado que el agua necesita un debido tratamiento para lograr que esta sea potable (ver Apéndice).

2.1.6.2. Análisis bacteriológico

Es fundamental determinar las condiciones bacteriológicas del agua, desde el punto de vista sanitario. Los gérmenes patógenos de origen entérico y parásito-intestinal son los que pueden transmitir enfermedades. Por lo tanto, el agua debe estar exenta de ellos.

De acuerdo con los exámenes realizados en la Dirección de Área de Salud de Chiquimula, aparecen 3 colonias de bacterias del grupo coliforme fecal, superando el límite establecido por las normas COGUANOR de dos colonias, por lo que el agua no es apta para consumo humano y necesita un tratamiento, en este caso se incorporará un sistema de desinfección a base de pastillas de tricloro.

2.1.6.3. Análisis fisicoquímico

Desde el punto de vista físico, este análisis se realiza para determinar las características que se perciben por los sentidos y que causan la aceptación o rechazo del agua por parte del consumidor, entre éstas se puede mencionar el aspecto, color, sabor, olor y temperatura; además, se determinan el potencial de hidrógeno (pH) y la turbiedad, en los cuales, uno expresa la intensidad de condiciones ácidas o alcalinas; y el otro, se aplica cuando las aguas contienen materia en suspensión.

Desde el punto de vista químico se determinan las cantidades de materia orgánica y minerales presentes en el agua, que afectan su calidad, cuyas concentraciones deben permanecer dentro de los límites para evitar efectos perjudiciales a la salud. Entre las sustancias químicas que afectan la potabilidad

del agua se encuentran: amoníaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro, sólidos existentes y dureza total del agua.

Este análisis no se pudo efectuar ya que en la Dirección de Área de Salud de Chiquimula, no contaban con los recursos necesarios para su realización.

2.1.7. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

Para determinar la clase de tubería que se debe utilizar y los diámetros adecuados, es necesario efectuar un cálculo hidráulico que garantice que el sistema preste un servicio eficiente durante el período de diseño del mismo.

Para este caso se empleará la fórmula de Hazen & Williams.

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$D = \left(\frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga (m)

Q = Caudal en la tubería (l/s)

L = Longitud de tubería (m)

D = Diámetro (in)

C = Coeficiente de rugosidad de la tubería

Respecto del diámetro se debe mencionar que, comercialmente; las tuberías se asignan por un diámetro nominal, que difiere del diámetro interno del conducto. Por tal razón, a continuación se presenta una tabla con diámetros internos de la tubería de PVC, que es la que va ser utilizada en el proyecto.

Tabla II. **Diámetros internos de tuberías de PVC**

Diámetro comercial	Diámetro inferior 100 psi	Diámetro interior 125 psi	Diámetro interior 160 psi	Diámetro interior 250 psi	Diámetro interior 315 psi
½"					0,716
¾"				0,926	
1"			1,195	1,161	
1 ¼"			1,532	1,464	
1 ½"			1,754	1,676	
2"			2,193	2,095	
2 ½"			2,655	2,537	
3"		3,284	3,23	3,088	
4"	4,28	4,224	4,154	3,97	
6"	6,301	6,217	6,115	5,845	
8"	8,205	8,095	7,961	7,609	

Fuente: Sheldor Alexander Córdova Catalán. **Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Chajchucub y pavimento rígido de la diagonal cinco, zona siete, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz.** Pág. 33

En lo que confiere al coeficiente de fricción en PVC es utilizado generalmente un coeficiente de C=150.

Para tuberías de HG se puede utilizar un C = 100, que según fabricantes y experiencia son conservadores.

Para el diseño de la red de distribución de este proyecto se tomó para la tubería PVC un factor de rugosidad $C = 150$. Se adoptó este factor luego de hacer las consultas correspondientes acerca de asignarle un valor de pérdida por accesorios al diseño de la red, ya que no se cuenta con un valor específico para éstos.

2.1.8. Presiones y velocidades

De conformidad con las normas de UNEPAR se adoptarán las velocidades de diseño:

- a) Para conducción: mínima = 0,40 m/s y la máxima = 3,0 m/s
- b) Para distribución: mínima = 0,40 m/s y la máxima = 2,0 m/s

Las presiones en la conducción no deben exceder a la presión de trabajo de las tuberías.

En la distribución la presión de servicio debe estar en el rango de 10 a 60 metros columna de agua (m.c.a.) y la presión hidrostática máxima será de 80 m.c.a.

2.1.9. Levantamiento topográfico

Se utiliza para definir la línea de conducción y la red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua potable. Éste permite también encontrar los puntos de ubicación de las diferentes obras de arte que componen el acueducto. Los levantamientos topográficos para acueductos contienen las dos acciones principales de la topografía, las cuales son la planimetría y la altimetría.

La dimensión y tipo de proyecto, las características del terreno, los aparatos por emplearse y los errores permisibles, son los factores que determinan el tipo de levantamiento que se debe realizar. Los tipos de levantamiento son de primer orden, segundo orden y tercer orden.

El levantamiento topográfico que se utilizó en este proyecto fue de segundo orden.

2.1.9.1. Planimetría

La planimetría tiene por objeto determinar la longitud y la orientación de las líneas de tubería que se van a realizar, localizar los accidentes geográficos y todas aquellas características tanto naturales como no naturales que pueden influir en el diseño del sistema. El método aplicado en planimetría fue el de conservación de azimut. El equipo utilizado fue un teodolito Wild T-16, dos plomadas, una cinta métrica con longitud de 75 metros y un estadal de acero inoxidable de 3 metros.

Los resultados topográficos de planimetría se presentan en los planos del anexo I.

2.1.9.2. Altimetría

La nivelación se efectuó a través de un método indirecto, como el taquimétrico el cual permite definir las cotas del terreno, tanto en los cambios de pendiente más importantes como en los sitios donde posiblemente se ubicarían obras complementarias. Este método es el más recomendable en acueductos, dado que no es necesaria una nivelación muy detallada. Por la rapidez con la que se realiza el diseño, ya que la información obtenida servirá para el manejo de las precisiones, se utilizó el mismo equipo que sirvió en la planimetría.

Los resultados topográficos de altimetría se presentan en los planos del apéndice.

2.1.10. Diseño hidráulico del sistema

La solución propuesta consiste en el bombeo del agua a través de la línea de conducción, que proviene de un pozo mecánico que ya está perforado y que produce un caudal de 33 gal/min, hacia un tanque de distribución que se construirá a 40 m de distancia del pozo, el cual tendrá una capacidad de 50 m³.

2.1.10.1. Captación

Dentro de las fuentes de agua utilizables por el ser humano existen de dos tipos:

- a) Superficiales, como lagos, ríos y captaciones de agua de lluvia;
- b) Subterráneas, como pozos y manantiales de brotes definidos y difusos.

La fuente consiste en un pozo mecánico de 210 ft de profundidad, el cual produce un caudal de 2,1 lt/s y será conducido a un tanque de almacenamiento por un sistema de bombeo.

2.1.10.2. Línea de conducción

Es el conjunto de tubería que inicia desde la o las obras de captación hasta el tanque de distribución, tubería que está diseñada para trabajar a presión.

La capacidad de la tubería de conducción debe ser suficiente para transportar el caudal de día máximo, si se trata de un sistema por gravedad o transportar su equivalente en un determinado período de bombeo.

Para determinar el caudal de bombeo es importante definir antes el período de bombeo, que varía de 8 a 12 horas. Éste se determina en función del caudal que proporciona la fuente. El caudal de bombeo en el proyecto en estudio se calculó de la manera siguiente:

$$Q_b = \frac{Q_c * 24 \text{ h}}{H}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo

Q_c = Caudal de conducción

H = Horas de bombeo al día

$$Q_b = \frac{0,7 \text{ l/s} * 24 \text{ hrs}}{10 \text{ hrs}} = 1,68 \text{ l/s}$$

Como se puede observar en los cálculos, el caudal de bombeo necesario para abastecer a la población al final del período de diseño es de 1,68 l/s; teniendo un período de bombeo de 12 horas, que puede fraccionarse en etapas de bombeo.

Luego de haberse determinado el caudal de bombeo, se puede diseñar la tubería de conducción con la siguiente fórmula:

$$D_e = 1,8675 * Q_b^{1/2}$$

Donde:

De = Diámetro económico

Qb = Caudal de bombeo

1,8675 = Factor de conversión de metros a pulgadas, que contempla, además, una velocidad mínima de flujo en la tubería.

$$De = 1,974 * (1,40 \text{ l/s})^{1/2}$$

$$De = 2,42 \text{ in}$$

Comprobando velocidades para 2 diámetros comerciales:

$$\begin{aligned} \text{Para 2 in} \quad V &= 1,974Q / D_2 \\ &= 0,83 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para 2.5 in} \quad V &= 1,974Q / D_2 \\ &= 0,53 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Tabla III. **Análisis del costo mensual de tubería en la línea de conducción**

Diámetro	Velocidad	Pérdidas por fricción	Costo mensual
2 in	0,83 m/s	0,34 m	Q. 14,05
2,5 in	0,53 m/s	0,117 m	Q. 14,15

Fuente: **Elaboración propia.**

Analizando las 2 opciones se opta por utilizar tubería de 2 in, ya que el costo mensual de la misma es menor que el de la de 2,5 in

Luego de seleccionado el diámetro de la tubería se procede a encontrar la carga dinámica total.

La carga dinámica total (CDT) es la presión real expresada en metros columna de agua, contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido.

Debido a que la bomba que se va utilizar es sumergible, para el cálculo de la CDT se utiliza la fórmula siguiente:

$$CDT = h_i + hf_i + h_c + hf_c + hf_v + hf_m$$

Donde:

h_i = Diferencia de altura entre la bomba y el sello sanitario

hf_i = Pérdida de carga en la tubería de impulsión

h_c = Diferencia de altura entre el sello sanitario y el tanque de distribución

hf_c = Pérdida de carga en la tubería de conducción

hf_v = Pérdida de carga por velocidad en la descarga

hf_m = Pérdidas menores de carga producidas por accesorios

$$h_i = 64 \text{ m}$$

$$hf_i = \frac{1\,743,811141 * 50 * 1,68^{1,85}}{150^{1,85} * 2^{4,87}}$$

$$hf_i = 0,94 \text{ m}$$

$$h_c = 23,69$$

$$hf_c = \frac{1\,743,811141 * 23,69 * 1,68^{1,85}}{150^{1,85} * 2^{4,87}}$$

$$hf_c = 0,34 \text{ m}$$

$$h_{fv} = \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{fv} = 0,035 \text{ m}$$

H_{fm} = Cargas menores

$$H_{fm} = \frac{k \times v^2}{2g}$$

$K = 8,2$ por ser mas de 50 viviendas

$$H_{fm} = 8,2 \times 0,035/19,62 = 1,47 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$CDT = 64 \text{ m} + 0,94 \text{ m} + 23,69 \text{ m} + 0,34 \text{ m} + 0,035 \text{ m} + 1,47 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$CDT = 89,02 \text{ mca}$$

Para el cálculo de la potencia de la bomba, sabiendo la carga dinámica total y el caudal de bombeo se procede a enunciar que:

$$POT = \frac{(CDT)(Q_b)}{76e}$$

$$= \frac{(89,02 \text{ m})(1,68 \text{ m})}{76 \times 0,70}$$

$$POT = 2,81 \text{ hp}$$

Por no existir este tipo de bomba con esta potencia, se decidió utilizar una de 5 HP, sumergible, según cotización recibida por la empresa Hidrotecnia S.A.

Golpe de ariete: el golpe de ariete es un término que se utiliza para describir el choque producido por una súbita disminución en la velocidad del fluido. En una tubería, al cerrar una válvula, el tiempo que tarda la onda de presión en viajar aguas arriba hasta la salida de la tubería y volver aguas abajo hasta la válvula.

Las posibles causas del golpe de ariete son:

- Abrir o cerrar en forma rápida (total o parcialmente) una válvula
- Encendido y apagado de una bomba
- Cambios en la velocidad de una turbina
- Acción de onda de un cisterna
- Separación de columnas de líquido
- Aire atrapado

La sobrepresión que se produce en la tubería se puede determinar como sigue:

$$h = \frac{(145)(V)}{\sqrt{1 + \left(\frac{E_a}{E_t}\right) \left(\frac{D_i}{e}\right)}}$$

Donde:

- h = sobrepresión
- V = velocidad de flujo
- E_a = módulo de elasticidad volumétrica del agua
- E_t = módulo de elasticidad del material de la tubería
- D_i = diámetro interno del tubo
- E = espesor de las paredes del tubo

$$h = \frac{(145)(0,69 \text{ m/s})}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2}{3 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2}\right) \left(\frac{53,213 \text{ mm}}{6,02 \text{ mm}}\right)}}$$

$$h = 37,49 \text{ m}$$

La verificación de la resistencia de la tubería a soportar el golpe de ariete se realiza sumando la altura de bombeo más la sobre presión, lo que debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería.

$$P_{\text{max}} = 89,02 \text{ m} + 37,49 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = 126,51 \text{ m}$$

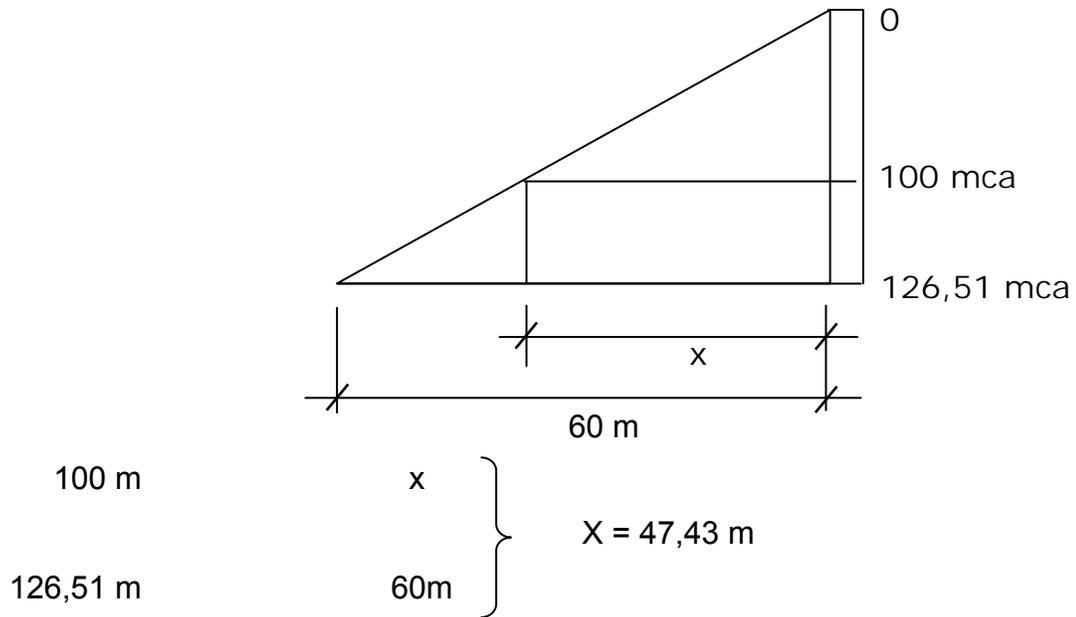
Convertir m.c.a a lb/in²

$$P_{\text{max}} = 126,51 \text{ m} * 1,419$$

$$P_{\text{max}} = 179,52 \text{ lb/in}^2$$

$P_{\text{max}} = 179,52 \text{ lb/in}^2 > 160 \text{ lb/in}^2$, de manera que la tubería PVC clase 160, no resiste dicha presión, por lo que se procede a realizar una relación de triángulos para determinar la cantidad de tubería de 250 psi que se utilizará para que soporte la presión que se generará.

Figura 2. **Triángulo de presión en la línea de conducción**



Por lo tanto se utilizará 48 m de tubería de 160 psi y 12 m de 250 psi.

2.1.10.3. Tanque de almacenamiento

Es un depósito de agua, sus funciones principales son la de compensar las variaciones de consumo, almacenar un volumen determinado como reserva para contingencias o eventualidades, almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios y regular presiones en la red de distribución.

2.1.10.3.1. Cálculo del volumen

El volumen necesario para compensar la variación de consumo puede ser establecido mediante una curva de variaciones horarias de consumo de una población con características similares a la localidad estudiada. Cuando no es posible, pueden adoptarse criterios como los siguientes.

En poblaciones menores de 1 000 habitantes, del 25% al 35% del consumo medio diario.

En poblaciones entre 1 000 y 5 000 habitantes, 35% del consumo medio diario, más un 10% por eventualidades.

Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes se usa el 40% del consumo medio diario, más el 10% por eventualidades.

El volumen de almacenamiento se encontró de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \frac{(Q_c * 86\,400) * F_s}{1\,000} \\ &= \frac{(1,68 * 86\,400) * 0,35}{1\,000} = 50,80 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Tomando en cuenta las condiciones del terreno y las opiniones de vecinos y de la municipalidad, se contempla un volumen de 50 m³ semi enterrado, con paredes diseñadas como muros de gravedad con las siguientes dimensiones 5,30 m de largo, 5,30 m de ancho y 2,00 m de altura, y existirán 0,25 m libres entre la superficie del agua y la losa superior, la cual será de concreto reforzado.

2.1.10.3.2. Diseño estructural del tanque

En lo que confiere al diseño del tanque de almacenamiento, se comenzará con el diseño de la losa superior, en donde los requisitos empleados por el ACI 318S-05 son los siguientes:

- La separación lateral de las barras no debe ser superior a tres veces el espesor de la losa,
- La separación mínima entre barras de acero de refuerzo no debe ser inferior, bajo ningún concepto, a un diámetro de barra de 2,5 centímetros,
- El recubrimiento mínimo de acero de refuerzo es de 2,5 cm,
- El acero mínimo se calcula como:

$$A_s = \frac{14,1}{f_y} \times b \times d$$

La losa utilizada en el proyecto se armará en 2 sentidos, ya que la relación es:

$$\text{Lado corto/lado largo} > 0,50$$

El espesor se calcula como: $T = \text{perímetro} / 180$

$$m = \frac{\text{lado corto}}{\text{lado largo}} \quad m = \frac{5,30}{5,30}$$

$$m = 1$$

Como $m > 0.50$, nos indica que la losa trabaja en ambos sentidos.

Espesor de la losa

$$t = \frac{2(5,30 + 5,30)}{180} = 0,12 \text{ m}$$

Carga total actuante: $W_t = 1,7 \text{ C.M.} + 1,7 \text{ C.V.}$

Donde: $W_t = \text{Carga última actuante}$

CM = Carga muerta

CV = Carga viva

Integración de carga muerta:

$$\begin{aligned} \text{Peso propio (concreto)} &= (2\,400 \text{ kg/m}^3)(0,12 \text{ m}) = 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Sobre peso} &= \underline{60 \text{ kg/m}^2} \\ &348 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Integración de carga viva:

$$\text{Carga viva para techo} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total:

$$\begin{aligned} W_t &= (1,4)(348 \text{ kg/m}^2) + (1,70)(100 \text{ kg/m}^2) \\ W_t &= 487 \text{ kg/m}^2 + 170 \text{ kg/m}^2 \\ W_t &= 657 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Cálculo de momentos caso 1:

$$\begin{aligned} Ma^+ &= (a^2)(C_{ADL} * CM_U + C_{ALL} * CV_U) \\ Ma^+ &= (5,30)^2(0,036*487+0,036*170) \\ Ma^+ &= 664,38 \text{ Kg} - \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ma^- &= (a^2)(C_{Aneg} * CU) \\ Ma^- &= (5,30)^2(0,036*657) \\ Ma^- &= 664,38 \text{ Kg} - \text{m} \end{aligned}$$

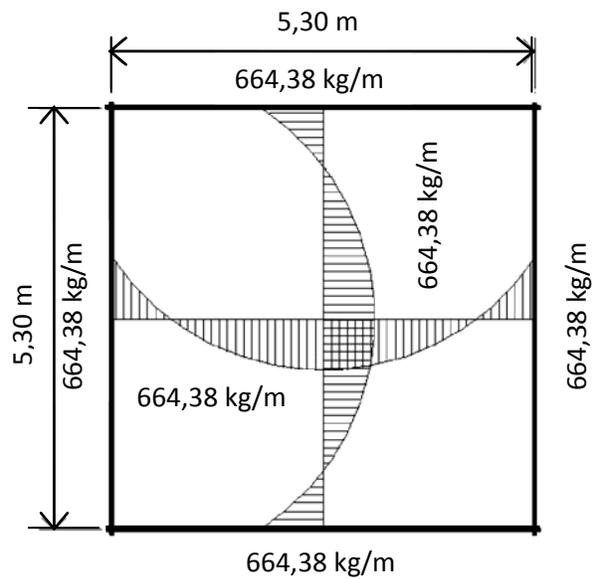
$$\begin{aligned} Mb^+ &= (b^2)(C_{BDL} * CM_U + C_{BLL} * CV_U) \\ Mb^+ &= (5,30)^2(0,036*487+0,036*170) \\ Mb^+ &= 664,38 \text{ Kg} - \text{m} \end{aligned}$$

$$M_b^- = (b^2)(C_{Aneg} * CU)$$

$$M_b^- = (5,30)^2(0,036 * 657)$$

$$M_b^- = 664,38 \text{ Kg} - \text{m}$$

Figura 3. Diagrama de momentos



Cálculo de acero mínimo $A_{s \min}$

Para calcular el área de acero mínimo ($A_{s \min}$) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s \min} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s \min} = \frac{14,1}{2810} * 100 * (12 - 2 * 0,95/2) = 4,73 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varillas (S) No. 3

Donde:

A_s = Área de acero requerido

A_{var} = Área de la varilla a utilizar

S = Espaciamiento

$$S = \frac{A_{var} * 100}{A_s} = \frac{0.71 * 100}{4.73} = 15,01 \text{ cm} \cong 0,15\text{m}$$

Chequeo de momento último M_u con A_s min

$$M_u = \phi * A_{s \text{ min}} * F_y * d - \left(\frac{A_{s \text{ min}}^2 * F_y^2}{1,7 * f'_c * b} \right)$$

$$M_u = 0.90 * 4,73 * 2810 * 9,53 - \left(\frac{4,73^2 * 2810^2}{1.7 * 210 * 100} \right) = 85\ 622,05 \text{ kg-cm} \cong 856,22 \text{ kg-m}$$

Ya que el $M_u > M_a, b^{(\pm)}$; debido a que todos los momentos son menores que M_u , el refuerzo propuesto es apto para resistir las cargas.

Se recomienda utilizar varillas No. 3 G40 @ 0,15 m, en ambos sentidos.

Diseño muro del tanque

En lo que se refiere al muro se utilizará los siguientes datos:

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

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

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

Ángulo de fricción = 28°

Capacidad de soporte del suelo $V_s = 15\ 000 \text{ kg/m}^2$ (Asumido)

Figura 4. Geometría y diagrama de presiones del muro

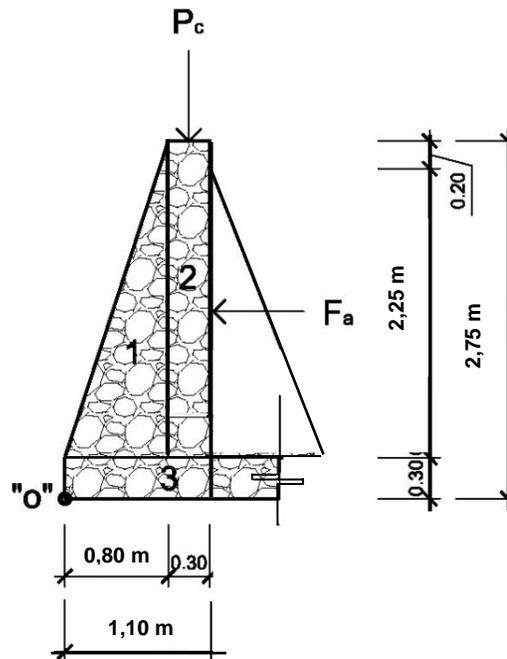


Tabla IV. Momento estabilizante en el muro

Sección	Dimensiones (m)		Área (m)	Peso Vol (kg/m ³)	Peso W _R (kg)	B.P. (m)	Momento M _R (kg-m)
1	0,80	2,25	0,90	2 700	2 430	0,53	1 287,90
2	0,30	2,25	0,68	2 700	1 822,50	0,95	1 731,38
3	1,10	0,30	0,33	2 700	891	0,85	757,55
					5 143,50		3 776,65

Fuente: **Elaboración propia**

- Carga de la losa y la viga hacia el muro:

$$W_{\text{llosa+viga de carga}} = 876,90 + 93,60 = 970,50 \text{ kg/m}$$

Considerando W como carga puntual (Pc):

$$P_c = 970,50 \text{ kg/m} * 1\text{m} = 970,50 \text{ kg}$$

Entonces el momento que ejerce la carga puntual (Mc) es:

$$M_c = 970,50 \text{ kg} (0,30/2 + 0,80) \text{ m} = 921,98 \text{ kg - m}$$

- Carga total (WT)

$$W_T = W + W_R = 970,50 + 5\,143,50 = 6\,114,00 \text{ kg/m}$$

- Fuerza activa: $F_a = \text{agua} \cdot H^2$

$$F_a = 1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot (1,75)^2 / 2 = 1\,535 \text{ kg/m}$$

- Momento de volteo respecto a "0": $M_{act} = F_a \cdot H / 3$

$$M_{act} = 1\,535 (1,75/3 + 0,6) = 1\,816,45 \text{ kg-m/m}$$

- Verificación de la estabilidad contra volteo ($F_{sv} > 1,5$):

$$F_{sv} = (M_R + M_c) / M_{act} = (3\,776,65 + 921,98) / 1\,816,45 = 2,58 > 1,5$$

- Verificación de la estabilidad contra deslizamiento

$$F_{\perp} = W_T \cdot \text{Coef. de fricción} = 6\,114,00 \cdot 0,90 \cdot \tan 28^\circ = 2\,925,78$$

$$F_{s\perp} = F_{\perp} / F_a = (2\,925,78 / 1\,535) = 1,90 > 1,50$$

- Verificación de la presión máxima bajo la base del muro $P_{max} < V_s$:

$$a = (M_R + M_c - M_{act}) / W_T = (3\,776,65 + 921,98 - 1\,816,45) / 6\,114 = 0,44$$

$$\text{Donde la excentricidad (ex)} = \text{Base} / 2 - a = 1,10\text{m} / 2 - 0,44\text{m} = 0,11$$

Modulo de Sección (S_x):

$$S_x = 1/6 (\text{Base})^2 \cdot (\text{Long}) = 1/6 (1,10)^2 \cdot (1,00) = 0,2016 \text{ m}^3$$

Presión máxima: $P_{max} = (W_T/A + W_T \cdot \text{ex} / S_x)$

$$P_{max} = (6\,114 / (1,10 \cdot 1)) + (6\,114 \cdot 0,11 / 0,2016)$$

$$= 5\,558,18 + 3\,336,01 = 8\,894,19 \text{ kg/m}^2 < 15\,000 \text{ kg/m}^2$$

Presión mínima: $P_{min} = (W_T/A - W_T \cdot \text{ex} / S_x)$

$$P_{min} = (6\,114 / (1,80 \cdot 1)) - (6\,114 \cdot 0,05 / 0,2004)$$

$$= 5\,558,18 - 3\,336,01 = 2\,222,17 \text{ kg/m}^2 > 0$$

Las dimensiones propuestas del muro resisten las cargas a que están sujetas.

2.1.10.4. Red de distribución

La red de distribución es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el consumidor final. Su función es brindar un servicio continuo en aceptable cantidad y con calidad del agua. Por la forma y principio hidráulico de diseño, las redes pueden ser:

- a)** Red ramificadora o abierta: ésta se construye en forma de árbol, es recomendable cuando las casas están dispersas. En este tipo de red, los ramales principales se colocan en las rutas de mayor importancia, de tal manera que alimenten a otros secundarios;

- b)** Red en forma de malla o de circuito cerrado: en ésta, las tuberías están en forma de circuitos cerrados intercomunicados entre sí. Aquí la fórmula de Hazen & Williams define la pérdida de carga, la cual es verificada por el método de Hardy Cross; técnicamente este método funciona mejor, ya que elimina los extremos muertos, permitiendo la circulación del agua.

Para el proyecto de la comunidad Saspán se adoptó el tipo de red abierta, ya que las casas se encuentran dispersas y la topografía es bastante quebrada, se utilizó para la fórmula de Hazen & Williams para calcularlo.

Ejemplo de su aplicación entre las estaciones E-3.3 a la E-3.5.

E-3.3 CTo = 993,27 m

E-3.5 CTf = 988,20 m

Distancia horizontal = 79,63 m

Diferencia de cotas = 5,07 m

de viviendas en el tramo = 5 viv.

Factor de gasto = $Q_d / \# \text{ de viviendas}$
 $= 1,20 / 55 = 0,022 \text{ l/s}$

Caudal del tramo = $FG * \# \text{ de viviendas en el tramo}$
 $= 0,022 * 5 = 0,109 \text{ l/s}$

$Q \text{ instantáneo} = k\sqrt{n-1} = 0,15\sqrt{5-1} = 0,30 \text{ l/s}$

Para el diseño del tramo se toma el caudal mayor entre el caudal instantáneo y el caudal de hora máximo.

Diámetro de la tubería

$H_f = 5,07 \text{ m}$

$Q = 0,3 \text{ l/s}$

$L = 79,63 \text{ m}$

$C = 150$

Aplicando la fórmula de Hazen & Williams, se obtiene:

$$D = \left(\frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$
$$D = \left(\frac{1\,743,811141 * 79,63 * 0,30^{1,85}}{5,07 * 150^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

$$D = 0,77$$

Este diámetro se aproxima al diámetro comercial inmediato superior, y se procede a calcular la nueva pérdida; siendo este diámetro de 1" y su diámetro interno de 1,195.

$$D = 1,195$$

$$Q = 0,30 \text{ lt/s}$$

$$L = 79,6256 \text{ m}$$

$$C = 150$$

Aplicando la fórmula, se obtiene:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$H_f = 1,41 \text{ m}$$

Verificación de velocidad

$$V = 1,974 * Q / D^2$$

$$V = 0,61 \text{ m/s}$$

Cota piezométrica inicial

$$C_{po} = C_{pf} \text{ de estación anterior E-3.3}$$

$$C_{po} = 1\,007,38$$

Cota piezométrica Final

$$C_{pf} = C_{po} - H_f$$

$$C_{pf} = 1\,007,38 - 1,41 = 1\,005,97 \text{ m}$$

Presión hidrodinámica

$$Phd = Cpf - Ctf$$

$$Phd = 1\ 005,97\ m - 988,20\ m = 17,77\ m$$

Presión hidrostática

$$Phs = Cpo\ E-3.3 - Ctf\ E-3.5$$

$$Phs = 1\ 007,38 - 988,20 = 19,18\ m$$

Los resultados completos del cálculo hidráulico se encuentran en la tabla del anexo II.

2.1.10.5. Sistema de desinfección

Desinfección es el término aplicado a aquellos procesos en los cuales se destruyen microorganismos patógenos, pero no sus esporas. Con el propósito de proveer agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios, se debe incorporar un sistema de desinfección.

En el tratamiento del agua, el cloro, los hipocloritos de calcio y de sodio, son los desinfectantes más populares. En nuestro medio se aplica tanto en el área rural como en el área urbana, el cloro, ya sea como gas o como compuestos clorados.

En este proyecto se optó por utilizar un clorador en tabletas marca "Hayward" modelo C250CF, por ser un equipo adecuado para desinfectar agua en pequeñas comunidades, entre 50 y 250 familias y que requiere un mantenimiento simple; cuyo procedimiento de desinfección consiste en disolver paulatinamente, por el arrastre del agua, tabletas de cloro acomodadas en una recámara.

La jefatura de salud de Chiquimula recomienda se desinfecte con una concentración del 10%, esto debido que el examen bacteriológico dio como resultado que el agua contenía numerosas colonias de bacterias, por lo que el agua no es segura para consumo humano hasta que se proceda a este tipo de tratamiento.

Existe diferentes tamaños de tabletas de cloro; pero para este tipo de clorador se utilizarán las de 3" de diámetro y 1" de grueso, con un peso de 200 g, que se diluye a razón de 15 g/d en agua en reposo y 60 g/d en agua a circulación a presiones aproximadas a 60 psi.

A la recámara del dosificador se le puede acomodar desde 1 hasta 30 tabletas, esta cantidad depende del caudal de agua conducida, de la demanda de cloro y del tipo de sistema, en este caso, por bombeo.

Para el cálculo de la dosis requerida se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{£} = Q * 0,012 * Dc$$

Donde:

£ = Libras de cloro en 24 horas

Q = Caudal de agua conducida en gal/min

Dc = Demanda de cloro en mg/l o ppm (partes por millón)

Luego del cálculo anterior, se procede a determinar la cantidad de tabletas que se va a colocar en la recámara, para obtener la concentración más adecuada de la solución de cloro.

Por conveniencia, se recomienda que la válvula reguladora del dosificador se abra al 50% para poder ajustar la entrada de agua en determinado momento.

Para este caso:

$$Q = 1,2 \text{ l/s} * \text{gal}/3,785 \text{ l} * 60 \text{ s/min}$$

$$Q = 19,02 \text{ gal/min}$$

Entonces:

$$\text{£} = 19,02 \text{ gal/min} * 0,012 * 2 \text{ ppm}$$

$$\text{£} = 0,46 \text{ libras de cloro en 24 horas}$$

$$\text{£} = 209 \text{ gramos en 24 horas}$$

Luego, si cada tableta pesa 200 gramos y se diluye a razón de 60 gramos en 24 horas, se necesita mantener en la recámara del dosificador un mínimo de:

$$(209 \text{ g})/(60 \text{ g/tableta}) = 4 \text{ tabletas}$$

2.1.10.6. Obras de arte

Para dicho proyecto se utilizarán las siguientes obras de arte:

- Válvulas
- Conexiones domiciliarias

2.1.10.7. Válvulas

Las válvulas que se utilizarán para este proyecto serán:

- **Válvulas de compuerta:** funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso del agua. las válvulas de compuerta pueden ser de hierro fundido o de bronce, se instalarán a la entrada y salida del tanque de distribución. Además sirven para seccionar tramos de tubería. En este proyecto se colocarán en la entrada y salida de tubería del tanque de distribución.

2.1.10.7.1. Válvulas de limpieza

Son las válvulas que permitirán la limpieza periódica de la tubería una vez que ésta se encuentre funcionando; son ubicadas de acuerdo al diseño de la línea de conducción. Siempre se encontrará ubicada en planos, y en los planos de detalles para su construcción. En este proyecto no fue necesario su utilización.

2.1.10.7.2. Válvulas de aire

Esta válvula tiene la función de permitir el escape de aire que se acumula en las tuberías, se colocan en los puntos altos. En este proyecto no fue necesario su utilización.

2.1.10.8. Conexiones domiciliarias

Como parte de la red de distribución se deben considerar las conexiones domiciliarias y los llenacántaros. Las conexiones domiciliarias están compuestas de una llave de chorro y los accesorios necesarios.

Para que el costo de las conexiones sea lo más bajo posible, se construyen inmediatas al cerco de la propiedad.

En la aldea Saspán se colocarán las conexiones de las tuberías principales a las viviendas con su contador, válvula de paso, válvula de compuerta, adaptadores y su grifo de bronce.

2.1.11. Administración, operación y mantenimiento

Para poder sostener y dar mantenimiento a un sistema de agua potable, es necesario contar, básicamente, con recursos financieros, los cuales deben ser captados y administrados por un ente autorizado, como es un comité del agua, electo democráticamente e integrado por personas que gocen de la credibilidad y confianza de los habitantes de la comunidad.

El comité debe estar legalizado y cumplir con el reglamento para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 293-82 de fecha 30 de septiembre de 1982.

Para la operación de la red de agua potable deberá limpiarse y desinfectarse la tubería instalada, previo iniciar su funcionamiento, haciendo correr agua hasta llenar la tubería, utilizando una concentración de 1mg/l de cloro.

Se deberá efectuar una prueba de presión en la tubería instalada, de preferencia entre cada tramo limitado por válvulas, a efecto de comprobar el hermetismo del tramo y el cierre de las válvulas del tramo correspondiente, como mínimo deberá elevarse la presión igual a un 50% más de la presión a la que trabajará normalmente la tubería, pero preferentemente deberá ser cercana a la presión nominal resistente de la fabricación de la tubería, indicada en la misma para comprobar su comportamiento previo a cerrar la zanja de su instalación.

Esto se consigue cerrando perfectamente las válvulas y conectando en un punto del tramo a probar, un equipo de bomba manual para subir la presión al valor correspondiente y mantenerla durante 30 minutos, verificando que la pérdida de presión en ese tiempo no sea mayor de un 5% de la inicial.

Es recomendable colocar un poco de material selecto sobre la tubería a probar, pero sin que cubra las uniones de tubería y accesorios para comprobar si existen fugas o no.

Al cerrar la zanja, se procederá a comprobar que se coloquen capas de material selecto compactado hasta donde sea posible, a los lados y sobre la tubería instalada, buscando no afectar la misma, posteriormente a esta fase se deberá compactar las demás capas hasta rellenar completamente la zanja.

Un correcto mantenimiento de la red, implica una adecuada reducción de las fugas en la misma, su detención rápida y eficaz, su correcta reparación e incluso su prevención. Esto se logra teniendo materiales disponibles que sean de calidad para que cuando sean requeridos por el fontanero de la comunidad este pueda disponer de ellos para realizar las reparaciones y así mantener el sistema en condiciones óptimas.

Para prestar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo en un sistema de agua potable, es necesario contar con un fontanero dedicado a estas labores, que deberá ser pagado con los fondos obtenidos de la tarifa mensual, las cuales servirán también para costear los gastos de herramienta, materiales necesarios y transporte.

2.1.12. Propuesta de tarifa

Un sistema de agua potable debe contar con un programa de operación y mantenimiento adecuado para garantizar su sostenibilidad, por lo que se hace necesario contar con un recurso financiero para poder brindar un mantenimiento preventivo y uno correctivo cuando se amerite. Estos recursos se obtienen a través del pago de una tarifa mensual realizada por los beneficiarios del proyecto. Se calculará la tarifa a partir de los siguientes costos:

- **Costo de energía eléctrica (E):** Este costo representa el gasto de energía eléctrica que se necesita para el funcionamiento de la bomba. Se calcula así:

$$E = HP * 0,746 * H * Di * D$$

Donde:

HP = potencia del motor

H = Número de horas diarias de funcionamiento del motor

Di = Costo en quetzales por kw/h

D = Número de días de funcionamiento

$$C = 5 * 0,746 * 10 * 1,75 * 30 = Q. 1 958,25 /mensual$$

- **Costo de operación (Co):** este contempla el pago mensual a fontaneros para efectuar revisiones constantes en el sistema, en el cual se contratará un fontanero con un salario mensual de Q. 1 200,00 mensual.

- **Costo de mantenimiento (Cm):** para determinar este costo, se estima el cuatro por millar de los costos de materiales no locales presupuestados para el período de diseño que servirá básicamente para la compra de materiales cuando haya necesidad de cambiar los existentes.

$$Co = \left(\frac{4}{1\ 000} \right) * \frac{Mnl}{n}$$

Mnl= costos de los materiales no locales = Q. 100 457,33

n = período de diseño = 20 años

$$Co = \left(\frac{4}{1\ 000} \right) * \frac{340\ 047,27}{20}$$

$$Co = Q. 68,00 / mensual$$

- **Costo de tratamiento (Ct):** está destinado para la compra de hipoclorito de calcio y se determina por la siguiente ecuación:

El agua se desinfectará utilizando tabletas de cloro.

Consumo de cloro:

Peso/tableta = 200 g

Costo/tableta = Q. 30,00

Costo/gramo = Q. 0,15

Se aplicará una disposición de cloro en el tanque de almacenamiento de 2 ppm.

Consumo de cloro = 2 g/m^3

Costo del cloro = $(2 \text{ g/m}^3) \times \text{Q. } 0,15/\text{g}$

Costo del cloro = $\text{Q. } 0,30 \text{ el } \text{m}^3$

Dotación = $80 \text{ l/hab/d} = 2,4 \text{ m}^3/\text{hab/mes}$

Producción promedio mensual total (Ppmt):

$\text{Ppmt} = 2,4 \text{ m}^3/\text{hab/mes} \times 542 \text{ hab}$

$\text{Ppmt} = 1\,300,80 \text{ m}^3/\text{mes}$

Costo de tratamiento (Ct) = $(\text{Q. } 0,25/\text{m}^3) \times 1\,300,80 \text{ m}^3/\text{mes}$

$\text{Ct} = \text{Q. } 390,24/\text{mes}$

- **Gastos administrativos (Ga):** sirven para mantener un fondo para gastos que puedan surgir en viáticos, papelería, sellos, etc. Se realiza estimando un porcentaje sobre la suma de los gastos de operación, mantenimiento y tratamiento, para el proyecto se consideró el 5%.

$\text{Ga} = 0,05 (\text{Co} + \text{Cm} + \text{Ct})$

$\text{Ga} = 0,05 (\text{Q. } 1\,200,00 + \text{Q. } 68,00 + \text{Q. } 390,24) = \text{Q. } 82,91$

- **Costo de reserva (Cr):** sirve para cubrir eventualidades que puedan surgir, como daños por desastres naturales o sabotajes. Se calcula de igual manera que el gasto administrativo, considerando un porcentaje de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento. Se ha adoptado el mismo valor utilizado en los gastos administrativos (5%).

$$Cr = 0,05 (Co + Cm + Ct)$$

$$Gr = 0,05 (Q. 297,30 + Q. 68,00 + Q. 390,24) = Q. 82,91$$

Con dichos datos, se procede a obtener la tarifa propuesta, la cual se obtiene de la suma de los gastos anteriores y dividiendo en el número de conexiones totales para el proyecto:

Costo de operación	Q. 1 200,00
Costo de mantenimiento	Q. 68,00
Costo de tratamiento	Q. 390,24
Gastos administrativos	Q. 82,91
Costos de reserva	Q. 82,91
	Q. 1 824,06 /mes

Del valor obtenido, se realiza la división del total de viviendas y este es el valor para cubrir los gastos mensuales requeridos para el proyecto.

$$Tp \text{ Q. } 1\ 824,06 = \text{Q. } 32,57$$

La tarifa propuesta será de Q. 32,50 por usuario del servicio de agua potable, con la cual la mayoría de las personas de la comunidad está de acuerdo.

2.1.13. Elaboración de planos

Los planos constituyen junto al presupuesto, los documentos más importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará financiamiento al proyecto, pues ambos resumen en forma concisa los alcances y limitaciones que tendrá el proyecto al momento de implementarlo a la realidad.

En los planos está resumida la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos.

En este proyecto se realizaron los planos de la planta de conjunto, planta de la línea de conducción y red de distribución, planta perfil de los tramos de la red de distribución, detalles del tanque de almacenamiento, detalles de la caseta de bombeo, caja de válvula de compuerta y conexiones domiciliarias.

2.1.14. Elaboración de presupuesto

Para la elaboración del presupuesto, se realizó la cuantificación de materiales y la de mano de obra. Luego, para obtener los precios de los materiales se cotizó en varias empresas de la cabecera municipal, como en la ciudad capital.

Con respecto a la mano de obra, se tomaron como base los salarios que aplica la municipalidad. Al integrar los conceptos anteriores se obtuvo el costo directo.

El costo indirecto incluye los renglones de administración, dirección, utilidad e imprevistos, equivalente al 25%.

Tabla V. Presupuesto por renglones de trabajo

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	c/u	Total
	Trabajos preliminares				
1	Replanteo topográfico	M	1 490	3,53	Q. 5 259,70
	Excavación				
2	Excavación de zanjas	m ³	745	86,11	Q. 64 151,95
	Relleno				
3	Relleno de zanjas	m ³	745	42,87	Q. 31 938,15
	Linea de conducción				
4	Tubería PVC 160 psi norma ASTM-D-2241 diámetro 2 "	M	60	22,90	Q. 1 374,00
	Red de distribución				
5	Tubería PVC 160 psi norma ASTM-D-2241 diámetro 1 "	M	1 074	10,45	Q. 11 223,30
6	tubería PVC 160 psi norma ASTM-D-2241 diámetro 1 1/2"	M	254	17,18	Q. 4 363,72
	Tanque de almacenamiento				
7	Tanque de almacenamiento de 50 m ³	Global	1	118 909,18	Q.118 909,18
	Conexiones domiciliars				
8	Conexiones domiciliars	Unidad	56	1 442,86	Q. 80 800,16
	Obras hidraulicas				
9	Caja valvula de compuerta	Unidad	3	1 586,91	Q. 4 760,73
	Bomba				
10	Bomba 5 caballos de fuerza	Unidad	1	4 399,50	Q. 4 399,50
	Caseta de bombeo				
11	Caseta de bombeo	Global	1	3 441,02	Q. 3 441,02
	Desinfección				
12	Hipoclorador de pastillas tricloro	Unidad	1	9 425,86	Q. 9 425,86
COSTO TOTAL DE LA OBRA					Q. 340 047,27

Fuente: Elaboración propia

2.1.15. Evaluación socio-económica

2.1.15.1. Valor presente neto

La municipalidad de San José La Arada, pretende invertir el costo total del proyecto, el cual asciende a un monto de Q 340 047,27 para la ejecución del sistema de agua potable para la aldea Saspán. Se tiene previsto el pago de un fontanero, cuyo salario será de Q 6 000,00 anual para brindarle mantenimiento al sistema. Se estima tener ingresos de la conexión de acometida, Q 300,00 por vivienda, además de realizar un cobro mensual de Q 32,50 por vivienda. Suponiendo una tasa del 10% al final de los 20 años de vida útil, se procederá a determinar la factibilidad del proyecto por medio del valor presente neto.

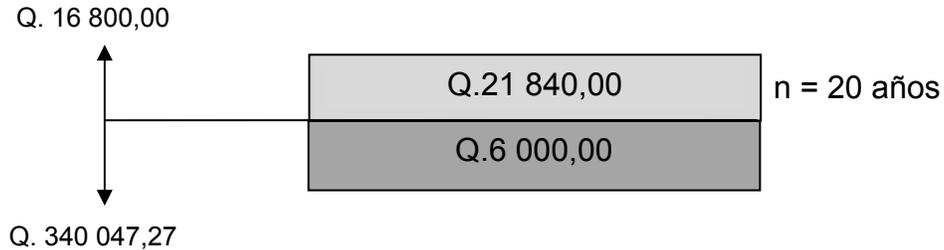
Tabla VI. Costo de la red de distribución de agua potable

	Operación	Resultado
Costo inicial		Q 340 047,27
Ingreso inicial	$(Q300,00/vivi)*(56 viv)$	Q 16 800,00
Costos anuales	$(Q500,00/mes)*(12 meses)$	Q 6 000,00
Ingresos anuales	$(Q32,50/viv)*(56viv)*(12 meses)$	Q 21 840,00
Vida útil		20 años

Fuente: **Elaboración propia.**

Trasladando estos datos, situándolos en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 10%.

Figura 5. **Diagrama de flujo de efectivo agua potable**



Utilizando signo negativo para los egresos y positivo para los ingresos, se tiene:

$$VPN = - 340\,047,27 + 16\,800,00 - 6\,000(1 + 0,10)^{20} + 21\,840,00(1 + 0,10)^{20}$$

$$VPN = - 216\,683,67$$

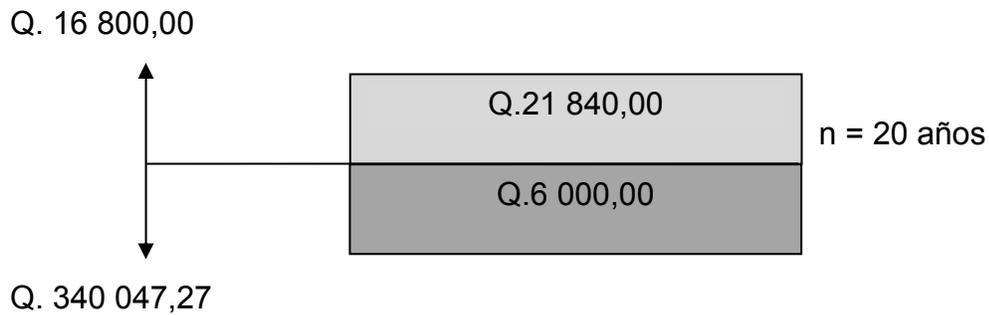
Debido que el valor presente neto calculado es menor que cero, lo más recomendable es no aceptar el proyecto debido que existe mayor pérdida que ganancia. Pero se debe tener en cuenta que esto es solo el entorno matemático y que se deben considerar otros factores que influyen en la toma de decisiones, tales como el factor social, político o la naturaleza por la que se generó el proyecto. Es por ello que se debe tomar una decisión apropiada.

2.1.15.2. Tasa interna de retorno

La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Saspán, con un costo inicial aproximado de Q 340 047,27. Además, la alcaldía necesita de Q 6 000,00 cada año como costo de mantenimiento, Q 21 840,00 para cuota de amortización, también se tendrá un ingreso inicial por el derecho de cada conexión domiciliar, que será de Q 16 800,00 de un total de 56 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 20 años, el cual es la vida útil del sistema.

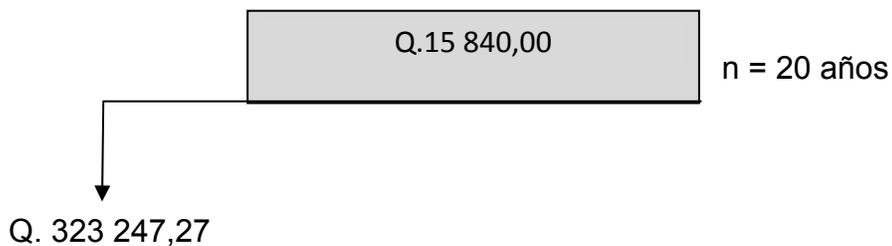
a. Se realiza la gráfica del problema:

Figura 6. **Diagrama de flujo para tasa interna de retorno agua**



b. Puesto que los gastos de Q 21 840,00 y Q 6000.00 se encuentran en el mismo período de tiempo, como también Q16 800,00 y Q 340 047,27, por lo que se puede simplificar la gráfica:

Figura 7. **Resumen diagrama de flujo proyecto de agua**



c. Teniendo en claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la tasa interna de retorno (TIR):

- Se utilizará una tasa de interés $i = 15\%$

$$VPN = -323\,247,27 + 15\,840,00(1+0,15)^{20} = -64\,001,32$$

- Si se utiliza una tasa de interés $i = 20\%$

$$VPN = -323\,547,27 + 13\,800,00(1+0,20)^{20} = 284\,020,31$$

- d. Se utiliza una interpolación matemática para encontrar la tasa de interés que se busca.

$$\left[\begin{array}{l} \left[\begin{array}{ll} 15\% \longrightarrow & -64\,001,32 \\ i \longrightarrow & 0 \end{array} \right] \\ 20\% \longrightarrow & 284\,020,31 \end{array} \right]$$

- e. Se utiliza la proporción entre diferencias que corresponda, y se encuentra el valor de i de la siguiente manera:

$$\frac{15 - i}{15 - 20} = \frac{-64\,001,32}{-64\,001,32 - (284\,020,31)}$$

$$i = 15,91\%$$

Se tiene entonces, que la tasa efectiva mensual de retorno es el valor de $i = 15,91\%$.

2.1.16. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental valorará los efectos directos e indirectos de cada propuesta de actuación sobre la población humana, la flora y fauna, el suelo, el aire, el agua, clima, el paisaje, la estructura y función de los ecosistemas previsibles afectados.

- **Impacto ambiental en construcción:** durante el proceso de construcción de agua potable para la aldea Saspán, uno de los aspectos que se deben de tomar en cuenta, en el impacto ambiental, es la remoción de vegetación, debido a la denominada apertura de brecha, que se realiza para colocar la tubería de manera enterrada, tanto para la línea de conducción como para la distribución. Para dicha tarea, se tuvo el cuidado de colocar la tubería donde existiera derecho de paso, y por terrenos que se utilizan para agricultura, con lo que se conserva la vegetación de los bosques intacta. Al finalizar la tarea de colocación de la tubería, se deberá compactar para resguardar la tubería y poder continuar con el cultivo en los terrenos.
- **Impacto ambiental en operación:** para este proceso del proyecto, se debe de vigilar la fuente de abastecimiento del sistema, que es un pozo artesanal. Es importante mencionar que la captación se diseñó de tal manera que capte el agua necesaria para la población en el período de diseño establecido, y la ubicación de la misma será la menos perjudicial, permitiendo que el agua que no es captada siga su curso normal, no perjudicar el líquido al no ser utilizado ningún tipo de químico que pueda afectar la población y comunidades aguas abajo.

2.2. Diseño de la edificación para el salón comunal de la aldea Tierra Colorada, municipio de San José La Arada, Chiquimula

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar una edificación para un salón comunal con un área de construcción de 200 m², el tipo de materiales que se utilizarán son muros de mampostería reforzada, con columnas aisladas y zapatas, el techo con cubierta de metal y lámina galvanizada.

2.2.2. Diseño arquitectónico

La distribución arquitectónica del salón comunal se tomará de acuerdo a los diferentes ambientes que componen el salón. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos; la sección de diseño y desarrollo de edificios del INFOM y las normas AGIES.

Los edificios se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan; además, estarán limitados por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan. La topología arquitectónica se elegirá basándose en el criterio del diseñador y/o propietario.

En el caso del salón comunal de Tierra Colorada se tiene el ambiente principal donde será acomodado el público, un escenario y los servicios sanitarios para damas y caballeros, el salón contará con salida de emergencia y una entrada principal.

2.2.3. Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hace del modo tradicional, por ser ésta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible. Los ambientes que tiene el salón son:

- Escenario
- Servicio sanitario
- Taquilla
- Ambiente principal que es donde se ubicará el público asistente

2.2.4. Altura del edificio

Se escoge hacer el edificio de un nivel por razones de seguridad y economía; esto cumple con las normas de la sección de diseño y desarrollo de edificios del INFOM. El diseño arquitectónico y estructural está condicionado por el clima, especialmente la altura de entresijos o techos para evitar el excesivo calor en épocas de verano.

La altura máxima de todos los ambientes es de 5.0 y se deja con esas medidas para dar confort, tanto a los ambientes como a los espacios de circulación.

2.2.5. Tipo de estructura

La selección del tipo de estructura, se hizo tomando en cuenta lo siguiente: el techo no tiene soportes intermedios, la estructura tiene una luz de 10 metros y la altura de las columnas estructurales es de aproximadamente 4 metros, con una separación de 2 m entre cada una.

Por lo que la estructura estará conformada por: cubierta de lámina galvanizada, estructura metálica a base de tendales doble costanera, paredes de mampostería (block) reforzada y columnas de concreto reforzado con sus respectivas zapatas, para apoyo de la estructura metálica.

2.2.6. Predimensionamiento de los elementos estructurales

Consiste en determinar las características de la edificación. La mampostería a utilizar será block de pómez de 15 x 19 x 39 cm, con un $f'm = 30 \text{ kg/cm}^2$, el acero para el refuerzo será de grado 40 ($f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$). El valor soporte asumido para el suelo será 15 ton/m². Las dimensiones de las costaneras son de 2" x 4" x 1/16".

2.2.7. Cargas de diseño

Las cargas de diseño en el análisis estructural se dividen en cargas vivas y cargas muertas.

Las cargas vivas son las causadas por los pesos de objetos colocados temporalmente sobre una estructura, por vehículos en movimiento o por fuerzas naturales.

Las cargas muertas consisten en los pesos de los diversos miembros estructurales y en los pesos de cualesquiera objetos que estén permanentemente unidos a la estructura como son: cubierta, muros, etc. (ver tabla VI).

Tabla VII. **Cargas muertas para cubiertas de lámina**

Tipo de lámina	Peso lb/in ²
Lámina corrugada	
Calibre 28	1,09
Calibre 26	0,82
Calibre 24	0,62
Calibre 20	2
Calibre 18	3
Lámina duralita	
Costalita de 3 mm de espesor	1,8
Costalita de 6 mm de espesor	3
Canaleta extra	4

Fuente: Luis Arnoldo Márquez Vásquez. **Consideraciones en el diseño de edificios industriales en acero.** Pág. 44-45

Para el diseño de costaneras se utilizarán las siguientes cargas:

Carga muerta

Peso de lámina galvanizada calibre 28 mm 5,33 kg/m²

Carga viva

Carga por un obrero 39,13 kg/m²

Carga total 44,46 kg/m²

Los tendales se diseñaran con las siguientes cargas:

Carga muerta

Peso de lámina galvanizada calibre 28 mm 5,33 kg/m²

Peso propio de la armadura 9,78 kg/m²

15,11 kg/m²

Carga viva

Acá se toma en cuenta a la carga de viento, la cual es la fuerza producida por la velocidad del viento, se calcula mediante la ecuación:

$$q = 0,005xV^2$$

Donde:

V = mayor velocidad de viento registrada en Guatemala según INSIVUMEH

V = 125 km/h

Esta debe afectarse por un factor, el cual resulta del contacto que la fuerza ejerce sobre la estructura, como existen aberturas (ventanas) en el salón, cuando el viento golpea externamente la edificación el factor es 0,8 y cuando el viento produce contacto en el interior de la estructura el factor toma un valor de 0,50, para este caso suceden ambos, se toma la suma de ambos.

$$PV = \text{factor promedio} * q \quad \text{factor} = \begin{matrix} 0,8 \text{ golpe externo} \\ 0,5 \text{ golpe interno} \end{matrix}$$

$$\text{Factor promedio} = \text{factor golpe externo} + \text{factor golpe interno}$$

$$\text{Factor promedio} = 0,80 + 0,50 = 1,3$$

$$PV = 1,3 * 78,125$$

$$PV = 101,56 \text{ kg/m}^2$$

Carga muerta	15,11 kg/m ²
Carga de viento	<u>101,56 kg/m²</u>
Carga total	116,67 kg/m ²

2.2.8. Diseño estructural

Cuando se desea construir un techo sobre un edificio que no tiene soportes intermedios, es más económico recurrir a un sistema estructural conformado de varios elementos que uno conformado con vigas simplemente soportadas.

La configuración estructural que se usa para este propósito se denomina armadura de techo. De esta manera los esfuerzos transmitidos de un miembro a otro son únicamente axiales; de tensión o compresión. Un triángulo es el único polígono cuya forma es incapaz de modificarse geométricamente sin cambiar la longitud de uno o más de sus lados; en consecuencia una armadura está compuesta esencialmente de un sistema de triángulos.

Las armaduras pueden ser de cuerdas paralelas o de dos aguas. El tipo de armadura de techo seleccionada para un edificio determinado, depende en gran parte de la pendiente requerida del techo y de las condiciones de iluminación.

En este caso el salón comunal se diseña con estructura metálica que comprende las costaneras y los tendales, la cubierta es de lámina de perfil 10.

2.2.9. Diseño de cubierta

El techo o cubierta es la parte de la edificación que cierra y protege superiormente al edificio, lo mismo que los muros perimetrales, contra las inclemencias del ambiente exterior, como son: frío, calor, lluvia, etc.

La forma del techo a utilizar es de dos aguas o vertientes, con lámina perfil 10.

La pendiente mínima es de 15% y la pendiente máxima es de 30%, para este caso se tiene lo siguiente:

$$H = 1,5 \text{ m}$$

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

$$M = H / L = 1,5 \text{ m} / 5 \text{ m} = 0,30 = 30\%$$

Donde:

M = pendiente

H = altura de la cubierta

L = distancia

Por lo que la pendiente diseñada se encuentra entre las pendientes mínimas y máximas recomendadas.

2.2.9.1. Separación máxima entre costaneras

De acuerdo a la longitud de las láminas, tiene que existir un apoyo en el traslape de láminas, dicho traslape debe ser, como mínimo de 15 cm.

Se usará longitud de lámina de 6'.

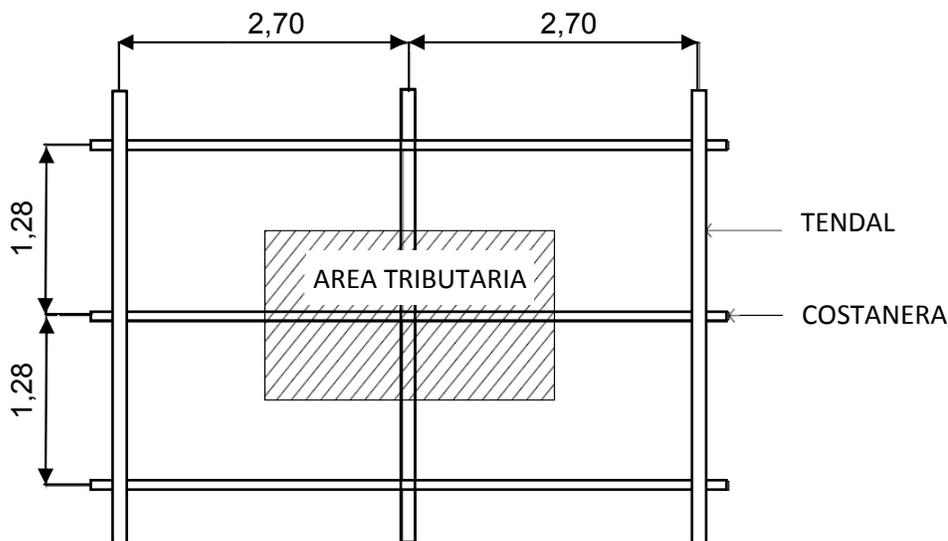
Lámina de 6', la longitud total de ésta es de 1,83 m, menos el traslape que es de 0,15 m, indica que las costaneras deben estar separadas, como máximo, 1,68 m ($1,83 - 0,15 = 1,68$).

La separación entre las costaneras será de 1,28 m, la cual es menor a la separación máxima calculada.

2.2.9.2. Diseño de la costanera

Para el diseño de la costanera se procedió primero a calcular la carga uniformemente distribuida (W) que actúa sobre cada costanera; es necesario determinar el área tributaria (ver Figura 8), sobre cada costanera y las cargas por unidad de superficie del techo.

Figura 8. Cálculo de área tributaria



Si los ejes longitudinales de las costaneras están separados a 1,28 m, y los ejes longitudinales de las vigas superiores están a 2,70 m, entonces el área que actúa sobre la costanera se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Área tributaria} = \left(2 \times \frac{2,70}{2}\right) \left(2 \times \frac{1,28}{2}\right)$$

$$\text{Área tributaria} = 3,456 \text{ m}^2$$

Cálculo de carga uniformemente distribuida (W)

Datos:

Área tributaria = 3,456 m²

Carga total = 44,56 kg/m²

Longitud de costanera = 2,70 m

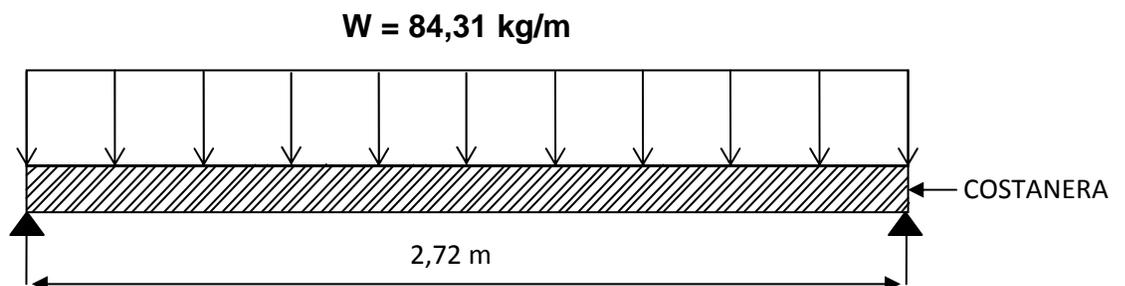
$$W = \frac{\text{Carga total} \times \text{Área tributaria}}{\text{L.costanera}}$$

$$W = \frac{44,46 \text{ kg/m}^2 \times 5,12 \text{ m}^2}{2,70 \text{ m}}$$

$$W = 84,31 \text{ kg/m}^2$$

El modelo matemático de la costanera se puede asumir que se comporta como una viga simplemente apoyada en sus extremos con una carga uniformemente distribuida como se ve en el siguiente esquema (ver Figura 9).

Figura 9. **Modelo matemático de costanera**



Cálculo de momento

El momento para una viga simplemente apoyada se calcula con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

donde: M = momento flexionante

W = carga uniformemente distribuida

L = longitud de costanera

$$M = \frac{84,31 \text{ kg/m} \times 2,70^2}{8}$$

$$M = 76,83 \text{ kg} - \text{m}$$

Diseño por flexión

Para diseñar una viga con base en la resistencia, se requiere que los esfuerzos de flexión reales en la viga no excedan los valores permisibles correspondientes para el material. Un diseño por flexión requiere la determinación del módulo de sección que resulta de dividir el momento flexionante entre el esfuerzo permisible, se dice que una viga soportará la flexión si el módulo de sección de la viga calculado es menor que el módulo de sección de la costanera del acero calculado en tablas (ver Tabla VII).

El módulo de sección se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{M}{F}$$

S= módulo de sección

M= momento flexionante

F = esfuerzo acero

$$S = \frac{6\,652,59 \text{ lb/in}}{40,000 \text{ lb/in}^2}$$

$$S = 0,166 \text{ in}^3$$

Tabla VIII. **Propiedades de costaneras**

Medidas de costanera	Espesor "t" (plg)	Área (plg ²)	Ix (plg ⁴)	Iy (plg ⁴)	Sx (plg ³)	Sy (plg ³)
a = 4" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,44	1,79	0,0001	0,51	0
a = 5" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,5	2,67	0,0002	0,67	0,01
a = 6" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,56	3,80	0,0002	0,84	0,01
a = 7" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,63	5,21	0,0002	1,04	0,01
a = 8" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,69	6,93	0,0002	1,26	0,01
a = 9" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,75	9	0,0002	1,5	0,01
a = 10" b = 2" c = 1/16"	0,0625	0,81	11,44	0,0003	1,76	0,01

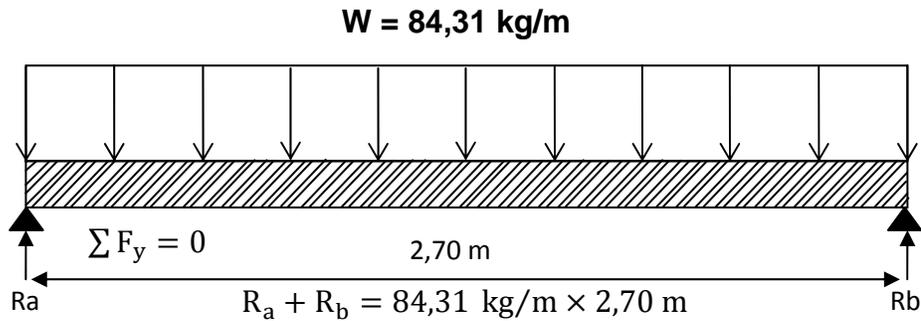
Fuente: Iván Alejandro Cotí Díaz. **Diseño de salón de usos múltiples, área recreativa y deportes y pavimento del acceso principal para la colonia el maestro, Quetzaltenango.** Pág. 10

El módulo de sección obtenido $S = 0,166 \text{ in}^3$ es mucho menor que el módulo de sección para una costanera de 4" x 2" x 1/16" que tiene un módulo de sección $S_x = 0,51 \text{ in}^3$ por lo tanto la costanera elegida si cumple con la resistencia a la flexión.

Diseño por corte

El corte máximo en una viga con carga uniformemente distribuida ocurre en las reacciones de los apoyos por lo tanto debemos determinar los valores de las reacciones de la siguiente forma:

Figura 10. Reacciones en los apoyos



$$\sum M_a = 0$$

$$84,31 \text{ kg/m} \times 2,70 \text{ m}/2 = R_b$$

$$R_b = 113,82 \text{ kg}$$

$$R_a = 113,82 \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante de la costanera se calcula con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{V}{A}$$

T = esfuerzo cortante

M = corte máximo actuante

F = área de la sección

$$T = \frac{113,82 \text{ kg}}{2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$40,65 \text{ kg/cm}^2 = 578 \text{ psi}$$

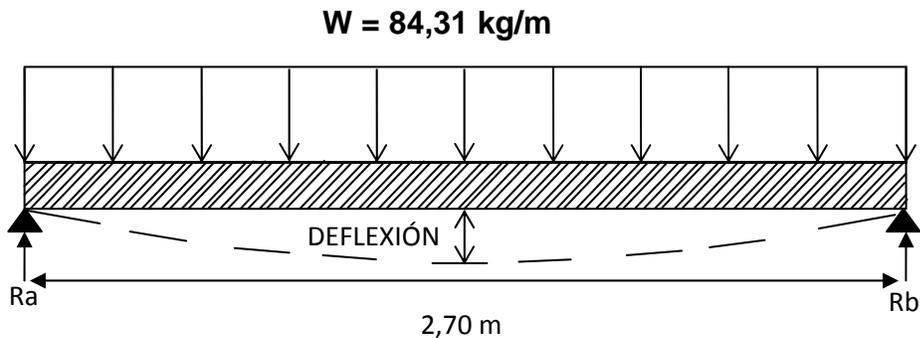
$$578 \text{ psi} < 14\,500 \text{ psi}$$

Por lo tanto la costanera resiste los esfuerzos de corte que se producen.

Diseño por deflexión

La distancia perpendicular del eje neutro de la costanera hasta el punto más lejano de la curva elástica se conoce como deflexión (ver Figura 11). La deflexión real debe ser menor que la deflexión permisible.

Figura 11. Deflexión de costanera



Deflexión real

$$D_r = \frac{5WL^4}{384 EI}$$

D_r = deflexión real

W = longitud de costanera

E = módulo de elasticidad del acero

$$29000 \text{ ksi} = 29000 \times 10^3 \text{ lb/in}^2$$

I = inercia de la costanera

Datos

$$W = 84,31 \text{ kg/m} = 4,71 \text{ lb/in}$$

$$L = 106,20 \text{ in}$$

$$E = 29\,000 \times 10^3 \text{ lb/in}^2$$

$$I = 1,79 \text{ in}^4 \text{ (ver tabla VII)}$$

$$D_r = \frac{5 \times 4,71 \text{ lb/in} \times (106,2 \text{ in})^4}{384 \times 29\,000 \times 10^3 \text{ lb/in}^2 \times 1,79 \text{ in}^4}$$

$$D_r = 0,15 \text{ in}$$

Deflexion permisible

$$D_p = L/360$$

$$D_p = 106,2/360$$

$$D_p = 0,295 \text{ plg}$$

$$D_r < D_p$$

$$0,15 \text{ in} < 0,295 \text{ in}$$

Como la deflexión real es menor que la deflexión permisible la costanera elegida es correcta.

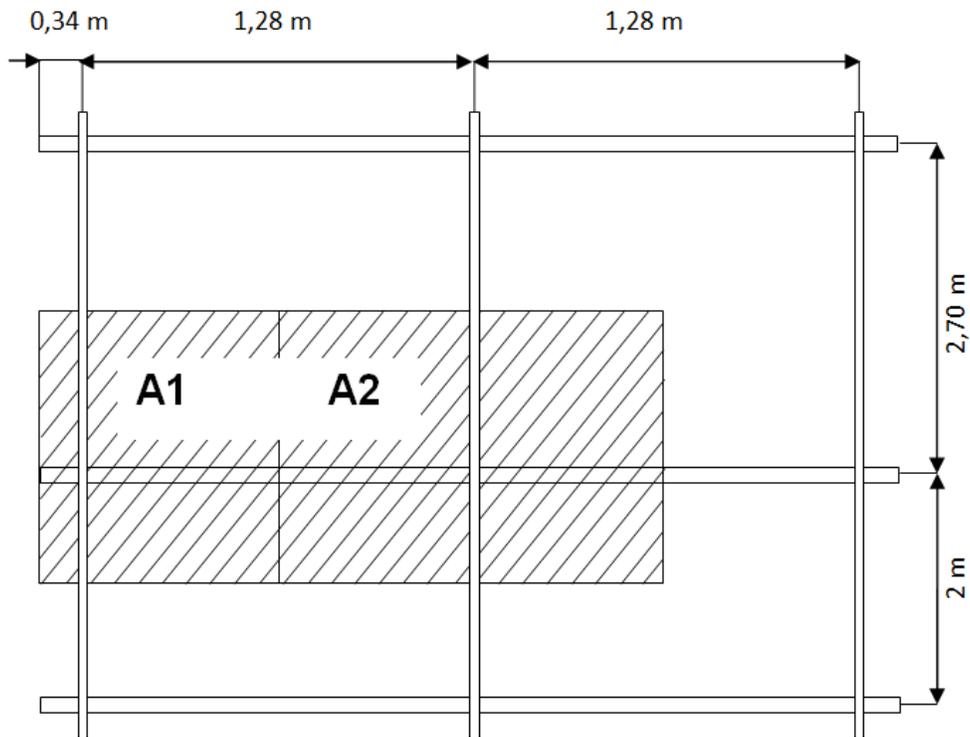
Diseño de tendales

Los tendales son las estructuras que soportan todo el peso de la cubierta, son conocidos con el nombre de cuerdas superiores. Están formados por una sección cerrada de dos costaneras dobles tipo “c” como se verá más adelante.

Área tributaria

El área tributaria en cada nudo de la armadura es igual al área tributaria de las costaneras (ver Figura 12).

Figura 12. Área tributaria de tendales



$$A_1 = \left[1,28 \text{ m} / 2 + 0,304 \text{ m} \right] \times \left[2,70 \text{ m} / 2 + 2 \text{ m} / 2 \right]$$

$$A_1 = 2,22 \text{ m}^2$$

$$A_2 = [1,28 \text{ m}] \times \left[2,70 \text{ m} / 2 + 2 \text{ m} / 2 \right]$$

$$A_2 = 3,008 \text{ m}^2$$

Estimación de cargas

Para el diseño de la armadura, se tomarán en cuenta las cargas por peso de lámina galvanizada, la carga por peso propio y la carga de viento, el cual equivale a 116,57 kg/m².

Cargas en los nudos

La carga en cada nudo de la armadura es igual al área tributaria por carga total.

$$C_1 = A_1 \times 116,57 \text{ kg/m}^2$$

$$C_1 = 2,22 \text{ m}^2 \times 116,57 \text{ kg/m}^2$$

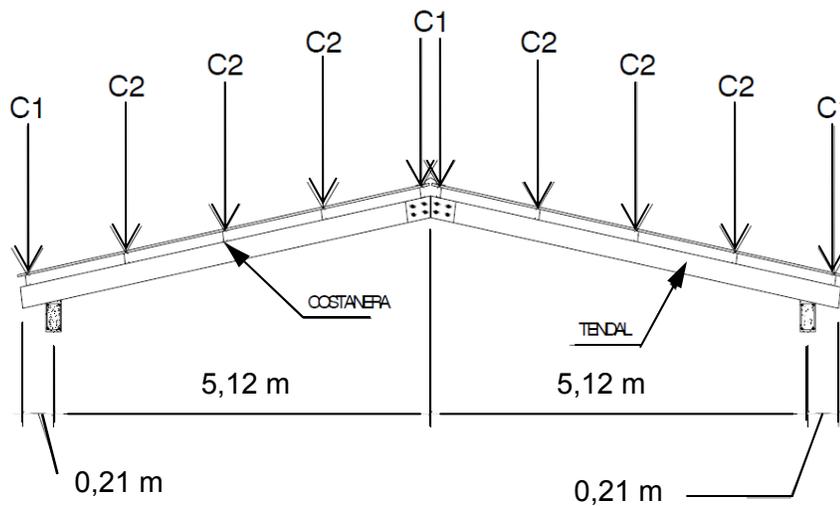
$$C_1 = 259,01 \text{ kg}$$

$$C_2 = A_2 \times 116,57 \text{ kg/m}^2$$

$$C_2 = 3,008 \text{ m}^2 \times 116,57 \text{ kg/m}^2$$

$$C_2 = 350,94 \text{ kg}$$

Figura 13. **Esquema cargas actuantes en los nudos**



$$C_1 = 259,01 \text{ kg} \text{ \& } C_2 = 350,94 \text{ kg}$$

Los tendales de la armadura de techo se analizarán como un modelo matemático de una viga simplemente apoyada en sus extremos con cargas puntuales. Es necesario conocer el corte y momento flexionante máximo que actúa en el tendal para conocer el módulo de sección y determinar la capacidad resistente del elemento.

Los cortes y momentos actuantes en el tendal se obtienen por medio de diagramas de corte y diagramas de momento. (Ver Figuras 14-16).

Figura 14. **Diagrama de cuerpo libre de tendal**

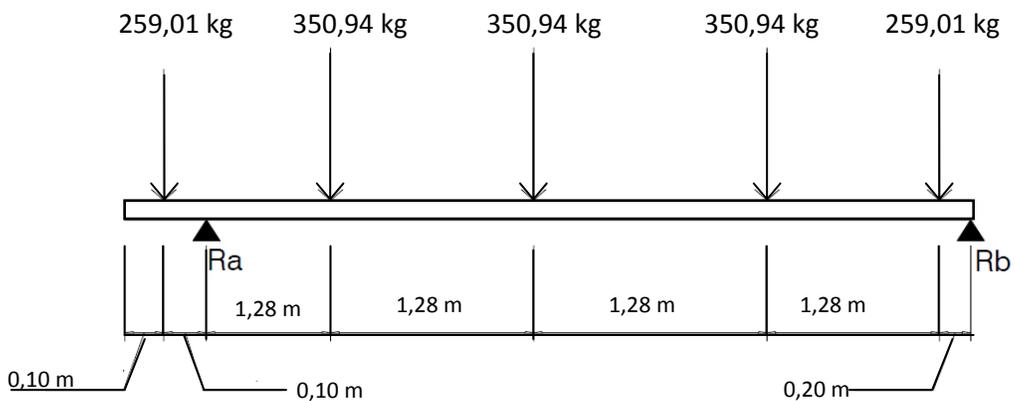


Figura 15. **Diagrama de corte de tendal**

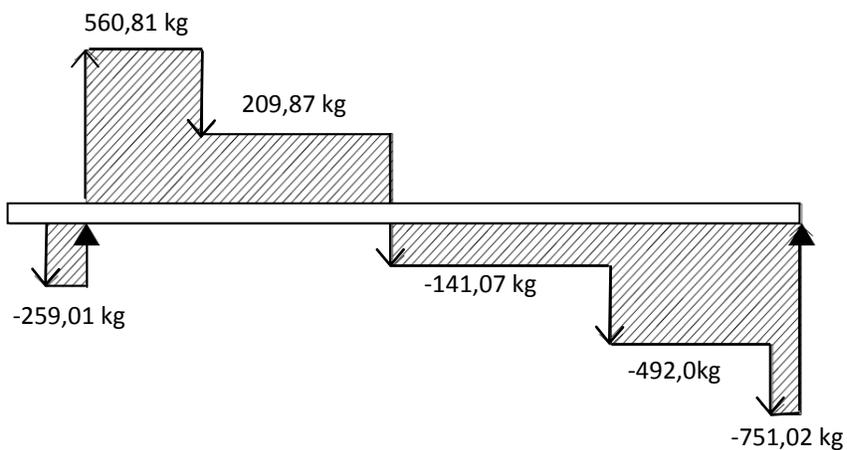
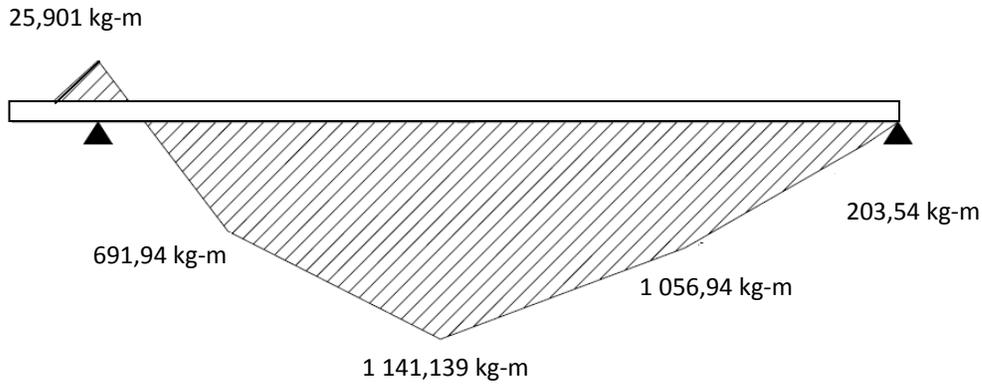


Figura 16. Diagrama de momento flexionante de tendal



Momento máximo = 1 141,139 kg-m = 98 813,51 lb- in

Cálculo de módulo de sección de costaneras

Datos

Base "b" = 2 in

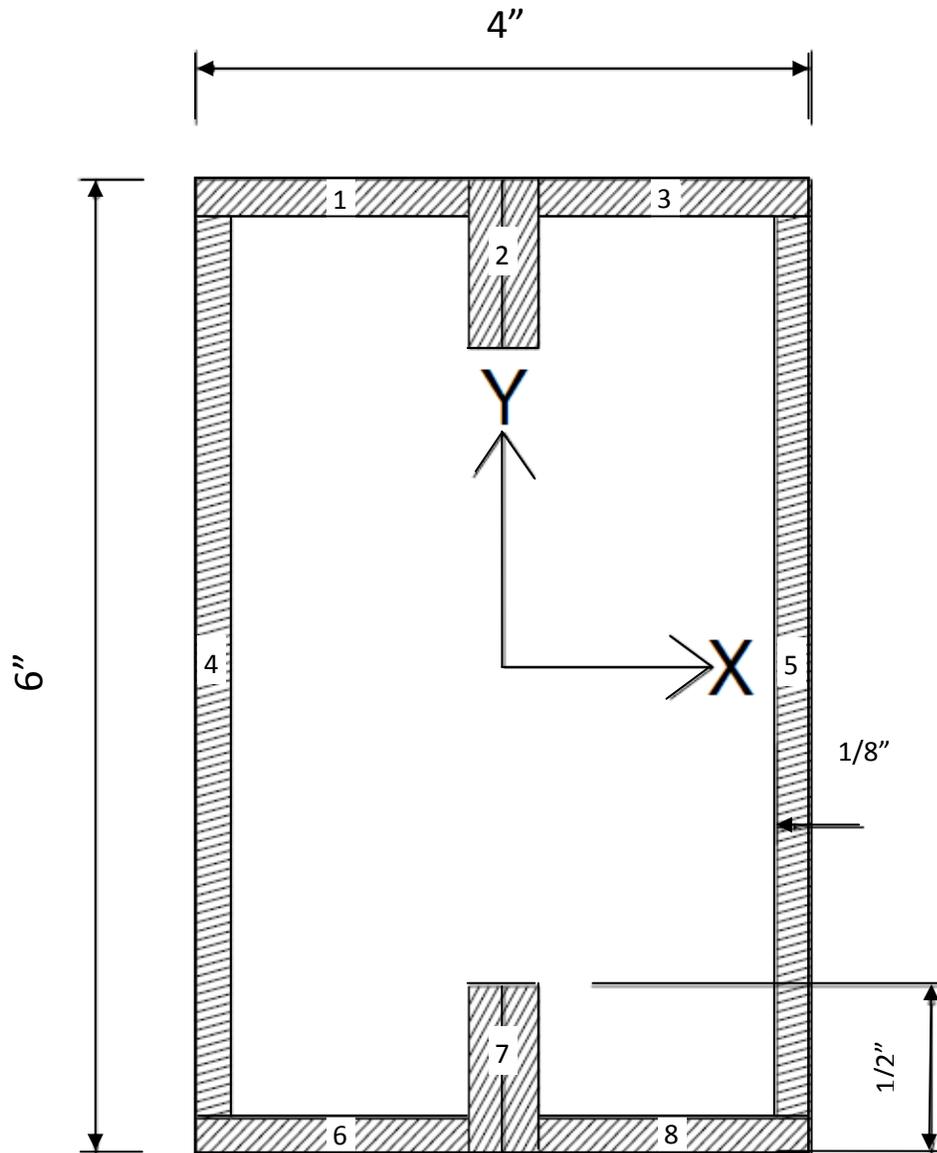
Altura "h" = 6 in

Espesor "t" = 1/8 in

Labio "c" = 1/2 in

Para encontrar el módulo de sección del tendal, es necesario conocer el momento de inercia en el eje x de la sección formada por dos costaneras de perfil C con medidas de 6" x 2" (ver figura 17.).

Figura 17. Sección de tendal



El momento de inercia del tendal se calcula dividiendo la sección de tendal en figuras geométricas de área conocida, en este caso rectángulos, y luego encontrar la distancia del eje x al centroide de cada figura, para luego utilizar el teorema de ejes paralelos. (ver Tabla VIII).

Tabla VIII. Cálculo de momento de inercia de tendal

Figura	Área	Yc	Yc ²	AYc ²	Io	Io + AYc ²
1	0,2344	2,875	8,2656	1,9375	0,000305	1,9378
2	0,1250	2,75	7,5625	0,9453	0,002604	0,9479
3	0,2344	2,875	8,2656	1,9375	0,000305	1,9378
4	0,7187	0	0	0	1,9803	1,9803
5	0,7187	0	0	0	1,9803	1,9803
6	0,2344	-2,875	8,2656	1,9375	0,000305	1,9378
7	0,1250	-2,75	7,5625	0,9453	0,002604	0,9479
8	0,2344	-2,875	8,2656	1,9375	0,000305	1,9378
					Inercia	13,6076

Fuente: **Elaboración propia**

Con el momento de inercia $I = 13,61 \text{ in}^4$ procedemos a calcular el módulo de sección con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{I}{c}$$

S = módulo de sección

I = momento de inercia

C = distancia del centro al extremo

$$S = \frac{13,6076 \text{ in}^4}{3.00 \text{ in}}$$

$$S = 4,53 \text{ in}^3$$

El momento máximo que soporta la sección formada por dos costaneras de 6"x2" se calcula de la siguiente forma:

$$M = S \times F$$

M = momento máximo que
resiste la sección.

S = módulo de sección

$$F = 0,6 F_y$$

$$M = 4,53 \text{ in}^3 \times (0,60 \times 40,000 \text{ lb/in}^2)$$

$$M = 108\,720 \text{ lb} - \text{in}$$

El momento actuante en el tendal es menor que el momento máximo resistente, por lo tanto la sección propuesta es correcta.

$$M_{\text{actuante}} < M_{\text{resistente}}$$

$$34\,077,23 \text{ lb-in} < 108\,720 \text{ lb-in}$$

2.2.10. Diseño del muro

Los muros del salón se diseñarán de mampostería de 0,14x0,19 x0,39 m y se diseñará según las normas AGIES las cuales recomiendan poner columnas principales con 4 varillas No. 3, con estribos No. 2 @ 0,20 m a cada 2 m. Asimismo colocar columnas intermedias a marcos de puertas y ventanas.

$$A_{sv} = A_{s \text{ mínimo vertical}} = 0,0007 d \times t, \text{ para acero con esfuerzo a la fluencia de } 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{sh} = A_{s \text{ mínimo horizontal}} = 0,0013 d \times t$$

$$A_{st} = A_{s \text{ mínimo total}} = 0,002 d \times t$$

Donde:

d = longitud del muro

t = ancho de la pared del muro

Se analizará como muro típico el más crítico en altura y longitud, afectados por la flexión y corte.

2.2.10.1. Diseño a flexión

Muro del eje "X"

$$A = 0,0007 \times d \times t$$

$$d = \text{longitud del muro} = 10 \text{ m}$$

$$t = \text{ancho de la pared del muro} = 15 \text{ cm}$$

$$A_{sx} = 0,0007 \times 1000 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 10,5 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4 \times 1,27 \text{ cm}^2 = 5,08 \text{ cm}^2 \times 5 = 25,4 \text{ cm}^2 > 10,5 \text{ cm}^2 \text{ requeridos.}$$

En el muro de 10 m de longitud, se usarán 5 columnas con un armado mínimo longitudinal de 4 varillas No. 4 en cada columna.

Muro del eje "Y"

$$A_{sv} = 0,0007 \times d \times t$$

$$d = \text{longitud del muro} = 19,65 \text{ m}$$

$$t = \text{ancho de la pared del muro} = 15 \text{ cm}$$

$$A_{sv} = 0,0007 \times 2000 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 21 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4 \times 1,27 \text{ cm}^2 = 5,08 \text{ cm}^2 \times 10 = 50,8 \text{ cm}^2 > 21 \text{ cm}^2 \text{ requeridos}$$

En el muro de 20 m de longitud se usarán 10 columnas con un armado mínimo longitudinal de 4 varillas No. 4 en cada columna.

2.2.10.2. Diseño a corte

Muro del eje "Y"

$$\text{Área de acero horizontal} = A_s = 0,0013 d \times t$$

$$d = \text{longitud del muro} = 20 \text{ m}$$

$t = \text{ancho de la pared del muro} = 15 \text{ cm}$

$$A_s = 0,0013 \times 2\,000 \times 15 = 39 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 5 soleras con 4 varillas No. 3 cada una, el cimiento corrido, que también trabaja como solera, completará el refuerzo horizontal, se colocaran estribos No. 2 @ 0,20 m.

Muro del eje "X"

Área de acero horizontal = $A_s = 0,0013 d \times t$

$d = \text{longitud del muro} = 10 \text{ m}$

$t = \text{ancho de la pared del muro} = 15 \text{ cm}$

$$A_s = 0,0013 \times 1\,000 \times 15 = 19,50 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 5 soleras con 4 varillas No. 3 cada una y el cimiento corrido, que también trabaja como solera, completará el refuerzo horizontal, se colocaran estribos No. 2 @ 0,20 m.

2.2.11. Diseño de columnas

Para el diseño de columnas, el código ACI establece las siguientes condiciones:

- El área mínima de la sección de la columna debe ser como mínimo de 400 cm^2
- La columna debe tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinales
- El recubrimiento mínimo es de 2,5 cm

- La separación entre varillas debe ser mayor o igual al diámetro de las barras principales
- La cuantía de acero para un elemento a compresión no debe ser menor que 0,01, ni mayor que 0,08 veces el área bruta A_g de la sección

Las columnas del salón soportan las cargas de la armadura, peso de las vigas y columnas.

Carga de la cubierta = $R_1 + R_2 = 819,82 \text{ kg} + 751,02 \text{ kg}$	=	1 570,84 kg
Carga de viga	=	350 kg
Carga de peso propio de la columna	=	<u>600 kg</u>
Total	=	2 520,84kg

Cálculo de acero mínimo

La sección de la columna es de 25 cm por 25 cm de sección, el área mínima de acero longitudinal es:

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 A_g = \text{área bruta de la sección transversal}$$

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 \times 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}} = 6,25 \text{ cm}^2 //$$

Para el armado longitudinal de la columna se propone 4 varillas No. 5 con un área total de acero de 8 cm².

Para el armado transversal el código ACI establece los siguientes parámetros:

- El tamaño del estribo no debe ser menor que una varilla del No. 3,
- La separación vertical de los estribos no debe exceder a:
 - a) Cuarenta y ocho veces el diámetro del estribo
 - b) Dieciséis veces el diámetro de la varilla longitudinal
 - c) La mitad de la menor dimensión lateral de una columna

El armado transversal o estribo se propone varilla No.3 a 12 cm (ver Figura 18.).

Para mejorar la capacidad de carga de la columna, se calculará un área de confinamiento en los extremos, que ayudará en la eficiencia y sobre todo en la ductibilidad de la misma; para encontrar la longitud de confinamiento se tiene que tomar el mayor de cualquier de estos valores, que propone el ACI 318-05:

- La mayor longitud de la sección
- 45 cm o 18"
- 1/6 de la longitud total de la columna

$$L_c = \frac{1}{6} \times L_u$$

$$L_c = \frac{1}{6} \times 3,80 \text{ m}$$

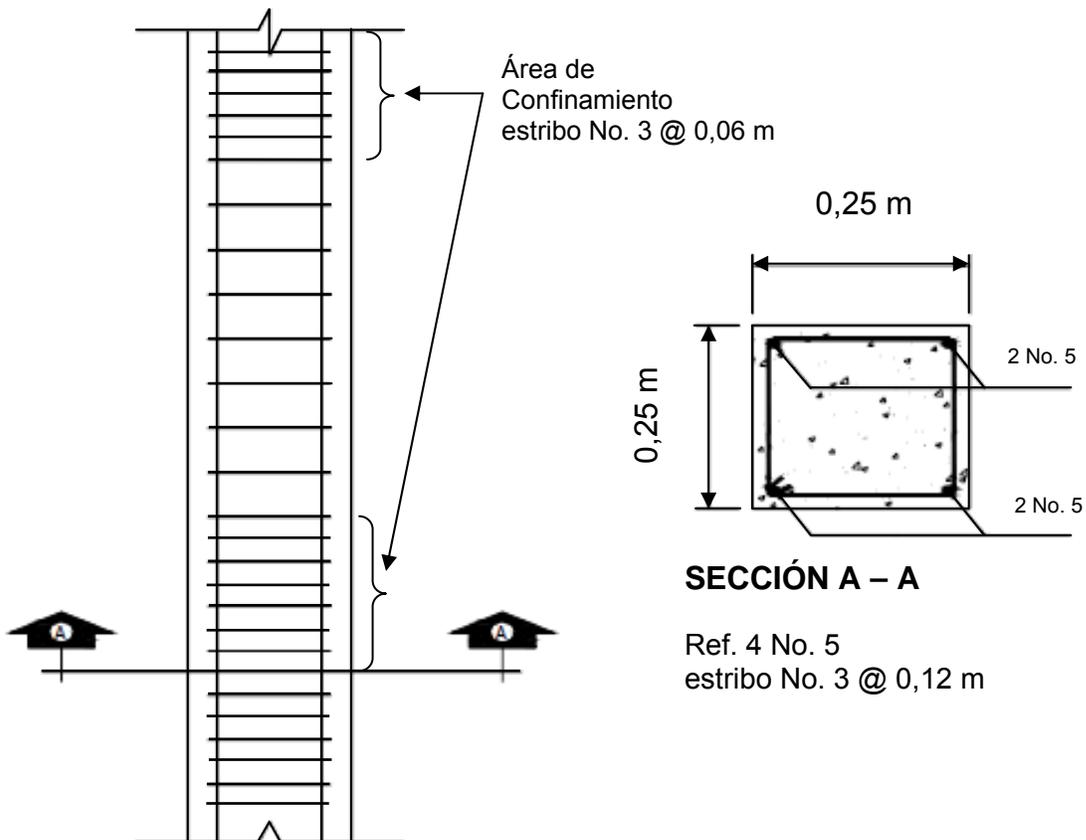
$$L_c = 0,63 \text{ m}$$

El espaciamiento en el área de confinamiento no debe ser mayor a la mitad del espaciamiento en el área no confinada por lo cual:

$$S_{\text{máx}} = \frac{s}{2}$$
$$S_{\text{máx}} = \frac{0,12 \text{ m}}{2}$$
$$S_{\text{máx}} = 0,06 \text{ m}$$

El armado transversal o estribo en la longitud confinada de la columna se propone varilla No.3 a 0,06 cm (ver Figura 18).

Figura 18. **Detalle de armado de columna**



2.2.12. Diseño de la cimentación

2.2.12.1. Integración de cargas

Peso del muro

$$W_{\text{muro}} = \text{alto} * \text{ancho} * \gamma_{\text{mampostería}}$$

$$W_{\text{muro}} = 3,60 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 1\ 800 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{muro}} = 972 \text{ kg/m}$$

Donde

$$\text{ancho} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{alto} = 3.60 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{mampostería}} = 1\ 800 \text{ kg/m}^3$$

Peso del cimiento

$$W_{\text{cimiento}} = \text{alto} * \text{ancho} * \gamma_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{cimiento}} = 0,40 \text{ m} * 0.20 \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{cimiento}} = 192 \text{ kg/m}$$

Donde

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

$$\text{alto} = 0,20 \text{ m}$$

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

$$W_{\text{que tributa al muro}} = (W_{\text{lámina}} + W_{\text{armadura}}) * a$$

$$W_{\text{que tributa al muro}} = (5,33 + 9,78) * (2,70)$$

$$W_{\text{que tributa al muro}} = 40,80 \text{ kg/m}$$

Donde

$$a = \text{ancho tributario}$$

$$a = 2,70 \text{ m}^2$$

Peso de la carga viva

$$W_{\text{c.v.}} = 116,67 \text{ kg/m}^2 * a$$

$$W_{\text{c.v.}} = 116,67 \text{ kg/m}^2 * 2,70 \text{ m}$$

$$W_{\text{c.v.}} = 315 \text{ kg/m}$$

Peso total del muro

$$W_{\text{muro}} = 1,4 \text{ WC.M.} + 1,7 \text{ WC.V.}$$

$$W_{\text{muro}} = 1,4 (972 \text{ kg/m} + 192 \text{ kg/m} + 40,80 \text{ kg/m}) + 1,7 (315,00 \text{ kg/m})$$

$$W_{\text{muro}} = 1\,675 \text{ kg/m} + 535,52 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muro}} = 2\,210,05 \text{ kg/m}$$

2.2.12.2. Determinación del ancho

Donde

b= ancho del cimiento

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

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

$$F_s = 15\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_s = P/A \longrightarrow A = P/F_s \longrightarrow A = b * l$$

Donde

$$b = P/F_s$$

$$b = (2\,210,52 \text{ kg/m}) / (15,000 \text{ kg/m}^2)$$

$$b = 0,15 \text{ m}$$

$$b < 2t \text{ donde } t = \text{espesor del muro} = 0,15 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se asumirá un ancho de cimiento de 0,40 m, peralte de 0,13 m y con un recubrimiento de 0,07 m.

2.2.12.3. Corte simple

Con los datos asumidos en el párrafo anterior, se verifica si el corte actuante es menor al corte resistente, si es así, los datos asumidos son correctos.

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f_c}$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210}$$

$$V_r = 6,53 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_a = \frac{P}{A}$$

$$V_a = (2\ 210,52 \text{ kg/m}) / (40 * 20)$$

$$V_a = 2,76 \text{ kg/cm}^2$$

Va < Vr Sí Chequea

2.2.12.4. Diseño a flexión

Con los datos de 0,40 m de base, 0,13 m de peralte y 0,07 m de recubrimiento se obtiene:

$$W = P/b$$

$$W = (2\ 210,52 \text{ kg/m}) / 0,40 \text{ m}$$

$$W = 5\ 526,3 \text{ kg/m}$$

Donde

P = peso del muro intermedio

b = base del cimiento

Cálculo del momento

$$M = \frac{WL^2}{2}$$

$$M = ((5\ 526,30 \text{ kg/m}) * (0,175)^2) / 2$$

$$M = 84,62 \text{ kg - m}$$

$$M_u = 85 \text{ kg - m}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$d = t - \text{recubrimiento} - \Phi/2 = 20 - 7 - 0,95/2$$

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

$$A_s = \left[(40 * 12,53) - \sqrt{\left[(40 * 12,53)^2 - \frac{85 * 40}{0,003825 * 210} \right]} \right] * 0,85 * \frac{210}{2810}$$

$$A_s = 0,27 \text{ cm}^2$$

Cálculo del refuerzo mínimo

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = (14,1/2810) * 40 * 12,53$$

$$A_{s\text{mín}} = 2,51 \text{ cm}^2$$

$A_s < A_{s\text{mín}}$, entonces se toma el valor de $A_{s\text{mín}} = 2,51 \text{ cm}^2$

Como el área de acero mínimo es mayor que el área de acero requerida se utilizará el acero mínimo

$$\text{Número de varillas} = A_{s\text{mín}} / A_{\text{varilla No. 3}}$$

$$\text{Número de varillas} = 2,51 \text{ cm}^2 / 0,71 \text{ cm}^2$$

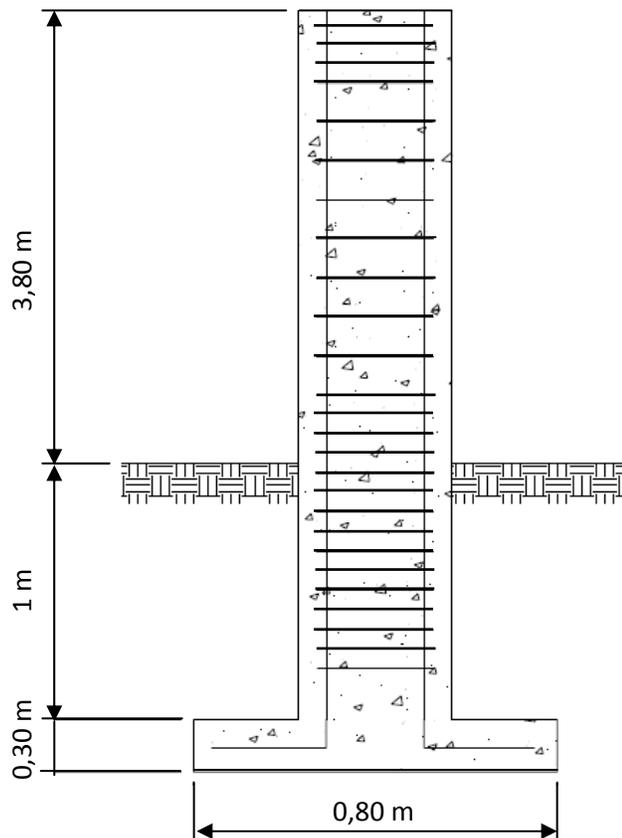
$$\text{Número de varillas} = 3,53, \text{ equivalente a } 4 \text{ varillas No. 3}$$

Se usarán 4 varillas No. 3 con eslabones No. 2 @ 0,20 m

2.2.13. Diseño de la zapata

En las columnas típicas, de sección 0,25 m x 0,25 m se colocarán zapatas para reforzar las estructuras. La función de una zapata de cimentación es distribuir la carga total que transmite una columna, pila o muro, incluyendo su propio peso, sobre suficiente área de terreno, de modo que la intensidad de las presiones que transmita se mantenga dentro de los límites permitidos para el suelo que la soporta (ver Figura 19.). En donde observadas las características del terreno se define como un suelo compuesto por grava y limo mal compactado.

Figura 19. Detalle de armado de columna y zapata



Datos:

$$P_u = 2,52 \text{ t}$$

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

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

$$V_s = \text{valor soporte del suelo} = 16 \text{ t/m}^2 \text{ (ver tabla IX)}$$

$$W_c = \text{peso específico del concreto} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$W_x = \text{peso específico del suelo} = 1.5 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Sección de columna} = 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$\text{FCU} = 1,5$$

Tabla X. **Capacidad de carga o valor soporte del suelo**

Tipo de suelo	Capacidad de carga (T/m ²)
Roca firme cristalina maciza	1 075
Rocas laminadas	430
Rocas sedimentarias	160
Grava y mezcla de grava – arena, alto grado de compactación	55
Grava y mezcla de grava – arena, grado medio de compactación	45
Grava y mezcla de grava – arena, bajo grado de compactación	35
Arcillas alto grado de compactación	35
Arcillas grado medio de compactación	27
Arcillas bajo grado de compactación	18
Gravas con limo, alto grado de compactación	27
Gravas con limo, grado medio de compactación	22
Gravas con limo, bajo grado de compactación	16
Arcillas con limo y mezclas de fango – arena	22
Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla	22
Fangos inorgánicos y arcillas finas	11

Fuente: Edward Nawy. **Concreto Reforzado**. Pág. 538

Chequeo por valor soporte del suelo

$$\text{Carga de trabajo } (P') = 3,08 \text{ t} / 1,5 = 1,68 \text{ t}$$

$$\text{Peso del suelo } (P_s) = 1 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 1,5 \text{ t/m}^3 = 0,96 \text{ t}$$

$$\text{Peso de columna } (P_{col}) = 0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 3,80 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Peso de columna } (P_{col}) = 0,57 \text{ t}$$

$$\text{Peso de zapata } (P_z) = 0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 0,46 \text{ t}$$

$$\text{Total de cargas} = 3,67 \text{ t//}$$

La presión sobre el suelo = total de cargas / área de zapata

$$\text{Presión sobre el suelo} = 3,67 \text{ t} / 0,64 \text{ m}^2 = 5,73 \text{ t/m}^2$$

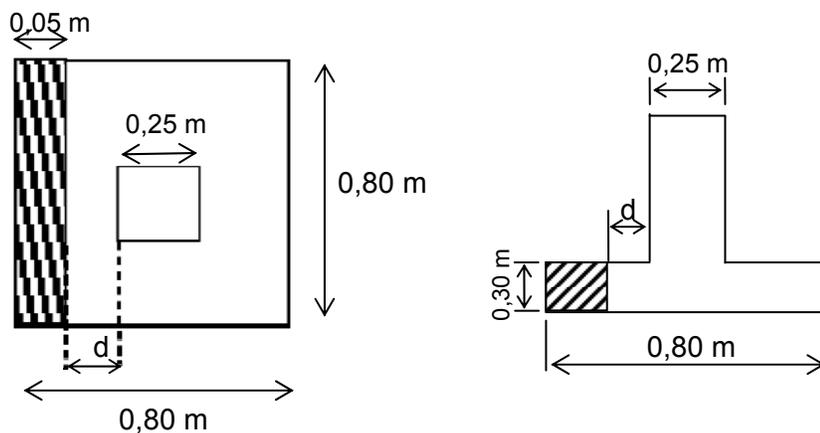
El valor de la presión sobre el suelo es menor que la capacidad soporte del suelo, por lo que el área de la zapata si es adecuada.

La presión de diseño = presión del suelo x factor de carga última

$$\text{Presión de diseño } q_u = 5,73 \text{ t/m}^2 \times 1,50 = 8,60 \text{ t/m}^2$$

Chequeo por corte simple (ver Figura 20.).

Figura 20. Área de chequeo a corte simple



$$V_{actuante} = q_u \times A_{ashurada} = 8,60 \text{ t/m}^2 \times 0,80 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 0,34 \text{ t}$$

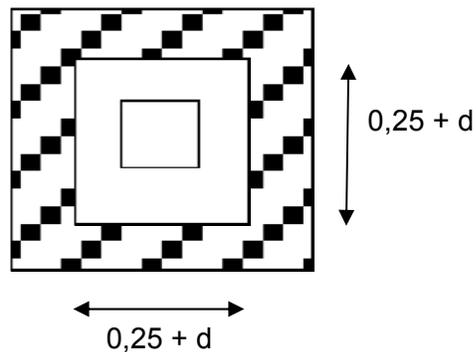
$$V_{resistente} = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d / 1000$$

$$V_{resistente} = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 80 \times 22,50 / 1000 = 11,33 \text{ ton}$$

Como $V_{actuante} < V_{resistente}$ la zapata resiste el corte simple.

Chequeo por corte punzonante (ver Figura 21.).

Figura 21. Esquema de zapata



$$V_{actuante} = A_{actuante} \times q_u$$

$$V_{actuante} = [(0,80 \times 0,80) - (0,25 + 0,25) \times (0,25 + 0,225)] \times 8,60$$

$$V_{actuante} = 3,82 \text{ t}$$

Calculando el corte punzonante resistente

$$V_{resistente} = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d / 1000$$

Donde

b_0 = perímetro de sección crítica de punzonamiento

$$V_{resistente} = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{210} \times 4(47,50) \times 80 \times 22,50 / 1000$$

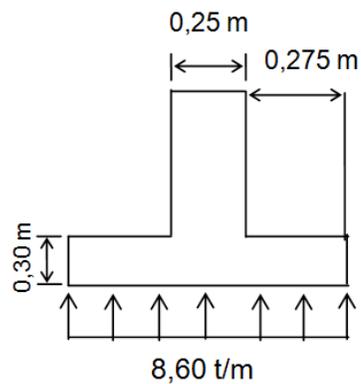
$$V_{resistente} = 55,82 \text{ t}$$

Como $V_{actuante} < V_{resistente}$ la zapata resiste el corte punzonante.

Diseño del refuerzo por flexión

Para el acero por flexión, es el mismo valor en ambos sentidos (ver Figura 22.).

Figura 22. Esquema de zapata



Datos

$$b = 27,5 \text{ cm}$$

$$d = 30 \text{ cm}$$

$$M = \frac{w l^2}{2}$$

$$M = \frac{Q l^2}{2}$$

$$M = \frac{8,60 \text{ t/m} \cdot 0,275^2}{2}$$

$$M = 0,33 \text{ t} - \text{m}$$

Cálculo del refuerzo

$$M_u = 0,33 \text{ t} - \text{m}$$

$$b = 80 \text{ cm}$$

$$d = 27,5 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\text{requerido}}} = \left[bd - \sqrt{\left[(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c} \right]} \right] * 0,85 * \frac{f'c}{F_y}$$

$$A_{s_{\text{requerido}}} = \left[(80 * 30) - \sqrt{\left[(40 * 30)^2 - \frac{330 * 80}{0,003825 * 210} \right]} \right] * 0,85 * \frac{210}{2810}$$

$$A_{s_{\text{requerido}}} = 0,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{mínimo}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mínimo}}} = \frac{14,1}{2810} * 80 * 30$$

$$A_{s_{\text{mínimo}}} = 12,04 \text{ cm}^2 \text{ equivalente a 10 varillas No. 4}$$

La zapata se reforzará con 10 varillas No. 4 en ambos sentidos, a cada 8 cm.

2.2.14. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica consistirá en un circuito de iluminación con 10 lámparas de 80 watts tipo industrial, lámparas de pared para la taquilla y los servicios sanitarios, y un circuito de fuerza para tomacorrientes, la cantidad de lámparas se distribuyó según el espacio del salón, ver planos en el apéndice 2.

2.2.15. Instalaciones hidráulicas

El salón comunal cuenta con un circuito que conduce las aguas negras de los artefactos hacia el colector municipal. El circuito de agua potable es un circuito cerrado, distribuido en dos servicios sanitarios uno para damas y el otro para caballeros, contando con un sanitario y un lavamanos en cada uno.

2.2.16. Elaboración de planos

Los planos constituyen, junto al presupuesto, los parámetros más importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará el financiamiento al proyecto, los planos realizados son: planta amueblada y elevaciones, planta acotada y secciones, planta de techo, planta de cimentación y columnas, planta de instalaciones hidráulicas, planta de fuerza e iluminación, planta de drenajes y planta de acabados.

2.2.17. Elaboración de presupuesto

Para la elaboración del presupuesto, se realizó la cuantificación de materiales y la mano de obra, el precio de los materiales se obtuvo por medio de cotizaciones a varias empresas; para el costo de la mano de obra se tomó como base los salarios que aplica la municipalidad. Al integrar el costo de la mano de obra y de materiales se obtuvo el costo directo. El costo indirecto incluye los renglones de administración, dirección, utilidad e imprevistos, equivalente al 25%, además se incluye un costo de transporte de los materiales.

Tabla XI. Presupuesto por renglones de trabajo

No.	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Trabajos preliminares	Global	1	Q. 10 118,75	Q. 10 118,75
2	Zapata 0,80 x 0,80 x 0,30	Unidad	26	Q. 366,30	Q. 9 523,79
3	Cimiento corrido 0,40 x 0,20	m	75	Q. 286,06	Q. 21 454,69
4	Columna C1 0,25 x 0,25	Unidad	26	Q. 1 775,40	Q. 46 160,43
5	Columna C2 0.15 x 0.15	Unidad	2	Q. 423,90	Q 847,80
6	Columna C3 0.10 x 0.15	Unidad	6	Q. 455,87	Q 2,735,23
7	Soleras intermedia, corona y mojinte	m	325	Q. 184,85	Q 60 076,09
8	Levantado de block	m ²	195	Q. 245,16	Q 47 806,25
9	Acabados de vigas y columnas	m	875	Q. 29,47	Q 25 787,50
10	Piso torta de cemento liso	m ²	190	Q. 65,97	Q 12 534,38
11	Intalación de techo	m ²	225	Q. 325,00	Q 73 125,00
12	Banqueta	m	60	Q. 207,66	Q 12 459,38
13	Instalación hidráulica	Global	1	Q. 3 492,50	Q 3 492,50
14	Instalación drenajes	Global	1	Q. 8 018,75	Q 8 018,75
15	Instalación eléctrica	Global	1	Q. 12 336,88	Q12 336,88
16	Instalación de puertas	Unidad	5	Q. 2 423,13	Q12 115,63
17	Instalación de balcones	m ²	31,19	Q. 323,12	Q10 078,13
	SUB - TOTAL				Q 365 542,19
	TRANSPORTE				Q 24 000,00
	T O T A L				Q 392 671,98

Fuente: Elaboración propia

2.2.18. Evaluación de impacto ambiental

- **Impacto ambiental en construcción:** durante el proceso de construcción del salón comunal, en la aldea Tierra Colorada, uno de los aspectos que se deben de tomar en cuenta en el impacto ambiental este pueda tener es la remoción de vegetación, movimiento de suelos, cambio de uso de suelo en el área, alteración paisajística, entre otras las cuales no afectan negativamente en gran manera a la población y al entorno natural, ya que el sitio donde se realizará la construcción está dentro de la comunidad, no afectando ningún hábitat o afluente hídrico que abastezca a la población.

Para esto es necesario contar con ciertas medidas de mitigación:

- ✓ En el momento de iniciar la construcción, señalar el área
- ✓ Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas
- ✓ Utilizar rutas alternas al centro de la población
- ✓ Enterrar las bolsas (envases de cemento y cal) en vez de quemarlas
- ✓ Después de cada jornada de trabajo, limpiar el área (recoger: estacas de madera, tablas con clavos, restos de mezcla, pedazos de hierro etc.)
- ✓ Cuando sea posible, limitar el mover tierra solo durante la estación seca
- ✓ Establecer letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores
- ✓ Garantizar uso de equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos) y la disponibilidad de botiquín de primeros auxilios

- **Impacto ambiental en operación:** para este proceso del proyecto, se debe de reforestar las áreas aledañas afectadas en el proceso de construcción para mitigar los daños ocasionados. Además, es necesario que se instalen basureros en los accesos, para evitar la acumulación de desechos en los alrededores, y puedan ser llevados al botadero municipal.

CONCLUSIONES

1. La realización del ejercicio profesional supervisado contribuye a la formación profesional del futuro ingeniero, ya que permite la confrontación de la teoría con la práctica, y brinda la oportunidad de la adquisición de experiencia y madurez a través de la realización de proyectos reales.
2. La realización del proyecto de abastecimiento de agua potable en la aldea Saspán, beneficiará a una población de 300 habitantes, al elevar la calidad de vida, con agua potable de manera regular y evitar con ello problemas por el uso de fuentes inadecuadas, el costo al que asciende el proyecto es de Q. 340 047,27.
3. El diseño del salón comunal, en los aspectos arquitectónicos y de instalaciones, se hizo sobre el criterio de proveer espacios flexibles que no se limitan únicamente con el área del terreno sino a las necesidades de los vecinos, a las actividades que ahí se puedan ejecutar y atendiendo también los criterios mínimos establecidos en las normas AGIES.
4. De acuerdo con los costos de ambos proyectos, agua potable y salón comunal, se considera que son factibles para que la municipalidad los impulse, ya sea con fondos propios o bien gestionando el financiamiento ante instituciones gubernamentales. Una vez impulsado el proyecto la municipalidad deberá capacitar al COCODE, para que a través del mismo pueda brindársele el debido mantenimiento al sistema.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar la realización del Ejercicio Profesional Supervisado ya que es de beneficio en la formación teórica-práctica del estudiante de ingeniería.
2. Garantizar la supervisión técnica en la construcción del sistema de agua potable, por parte de la municipalidad, con el fin de obtener mayor eficiencia tanto en la mano de obra como en los materiales que se emplearán.
3. Conjuntamente con el estudio de la introducción de agua potable realizar un estudio del sistema de alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento para que el desfogue de las aguas servidas no sea dañino el manto friático a donde irán a dar.
4. Brindar el mantenimiento necesario al proyecto de agua potable para que su período de vida se prolongue, por medio de capacitaciones al COCODE.
5. Seguir estrictamente todos los detalles y especificaciones que se encuentran en los planos al construir el salón comunal, tener en cuenta como bibliografía de apoyo para construir y supervisar la construcción de la estructura de los proyectos, el reglamento del ACI 318-99.

BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria*. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1989. 135 p.
2. DÍAZ GÓMEZ, Juan José. *Diseño de la línea de conducción de agua potable y escuela de nivel primario del cantón Santabal 1 y pavimento rígido del sector central de la cabecera municipal de San Pedro Jocopilas, El Quiché*. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2003. 121 p.
3. RODAS ALDANA, Wendel Andrés. *Estudio y diseño de la red de abastecimiento de agua potable para el centro urbano del parcelamiento Santa Fé, del departamento de Retalhuleu*. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2003. 75 p.
4. SIMMONS, Charles S. *Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la Republica de Guatemala*. Editorial del Ministerio de Educación Pública Jose de Pineda Ibarra. Guatemala. 1959. 600 p.
5. ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y SÍSMICA AGIES. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la república de Guatemala*. Guatemala: 2002.

APÉNDICE

LIBRETA TOPOGRÁFICA

PROYECTO: Sistema de agua potable, aldea Saspán.

MUNICIPIO: San José La Arada

DEPARTAMENTO: Chiquimula

EST	PO	AZIMUT			DISTANCIA	COTA
0	1	182	27	24	50,6584321	1 006,94384
1	1,1	195	20	54	73,2091381	1 037,96617
0	2	271	24	36	2,55549706	974,499821
3	0	317	18	54	15,5996689	985,425009
3	3,1	154	6	30	15,0752002	997,686163
3,1	3,2	186	30	12	9,59743444	1 009,11591
3,2	3,3	190	13	0	10,4507437	993,272783
3,3	3,4	148	4	24	24,588254	985,483696
3,4	3,5	121	1	16	19,9140183	988,202222
3,3	4	117	0	48	13,2210699	977,358768
4	5	137	43	18	14,6219933	958,152818
5	6	186	13	30	17,5647028	950,836455
6	7	173	32	24	1,21966063	958,34117
7	8	91	15	26	33,7948521	974,382263
8	9	80	0	0	2,41221363	963,364038
9	10	42	56	30	28,6448139	988,510284
10	11	69	18	30	1,22992145	986,44073
11	12	93	38	36	131,118794	953,926062
12	13	38	46	15	11,4931755	948,208998
13	14	12	33	24	39,7939427	946,855463
14	15	50	53	12	6,5886168	933,919443
15	16	28	10	18	18,5161264	912,900745
16	17	8	0	0	14,2958003	931,254287
17	18	13	2	39	15,7826232	894,674161
18	19	16	30	18	6,18597708	915,125434
19	20	35	0	0	22,1817581	901,897864
20	21	49	56	54	7,44285327	891,665497
21	22	32	27	30	3,12556839	902,665445

22	23	38	57	18	4,17630706	894,190724
23	24	348	41	0	12,2953485	907,677089
24	25	343	35	33	13,9444008	908,27658
25	26	19	7	12	40,8923034	886,624821
26	27	45	25	45	9,18136136	874,229358
27	28	357	28	39	31,92605	877,25589
28	28,1	300	52	12	9,8655766	883,334715
28	29	284	46	54	33,9612591	860,033587
29	30	300	54	39	18,0843553	883,952152
30	31	350	41	48	7,78023606	870,06863
31	32	286	2	48	19,4611126	827,255174
31	31,1	92	10	0	1,34857155	868,984077
31,1	31,2	107	46	18	98,0952334	830,884941
31,2	31,3	81	21	6	37,6555874	850,688939
31,3	31,4	340	6	42	29,7583756	874,043579
31,4	31,5	340	9	30	32,2380265	828,674812
31,5	31,6	217	39	12	19,2840633	822,857803
32	33	45	5	24	23,9990188	828,541724
33	34	344	10	30	37,1096099	795,07536
34	35	19	2	27	10,4719756	817,489148
35	35,1	47	34	12	49,3826867	830,317963
35	36	325	45	42	36,6956034	825,867646
36	37	17	52	48	82,3467618	848,933695
37	38	358	43	18	10,7296439	883,020109
38	39	239	11	42	51,9163142	859,443344
39	40	294	9	6	8,97236285	851,016287
40	41	187	45	54	21,6290251	885,513484

Resumen del cálculo hidráulico de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Saspán.

Profundidad de pozo	215 ft
Tipo de pozo	Mecánico
Tipo de bomba	Sumergible
Producción	2,1 l/s
Períodos de bombeo	10 hrs
Longitud de conducción	40 m
Volumen tanque de almacenamiento	50 m ³
Dotación	80 l/s

EST.		COTAS		DH m	Caudal l/s	POBLACIÓN		C CHW	Ø teórico (in)	Ø Comercial (in)	Hf m	v m/s	COTA PIEZOMÉTRICA		Presión m	Tubería PVC 160 psi tubos
Inicial	Final	Inicial m	Final m			Actual	Futura						Inicio	Final		
3,2	3,3	1 009,12	993,27	10,45	1,2	0	0	150	0,68	1,5	0,33	1,09	1 009,12	1 008,79	15.52	2
3,3	3,5	993,27	988,2	79,62	0,3	18	33	150	0,77	1	1,41	0,61	1 008,79	1 007,38	19.18	15
3,3	12	993,27	955,2	243,53	1,09	27	49	150	1,04	1,5	6,53	0,99	1 008,79	986,74	31.54	45
12	31	955,2	870,07	327,82	1,09	63	114	150	0,94	1	63,29	2,22	986,74	891,91	21.84	60
31	31,6	870,07	824,8	334,96	0,61	139	251	150	0,86	1	22,15	1,25	891,91	847,92	23.12	61
31	40	870,07	851,02	331,08	0,31	53	96	150	0,79	1	6,09	0,62	891,91	863,98	12.96	61

EXAMEN BACTERIOLÓGICO



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
DIRECCION DE AREA DE SALUD DE CHIQUIMULA
8ª. Av. 1-66, Zona 1. Telefax. 79420013, 79422507, 79424702,
79424703
Email: daschiquimula@inteln.net.gt

LABORATORIO BACTERIOLOGICO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

RESULTADO DEL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO A 100 ML DE AGUA

REGISTRO: 6727 No. DE MUESTRA: 19-10

COMUNIDAD: Saspán

MUNICIPIO: San José La Arada

TIPO DE ACUEDUCTO: POR BOMBEO

TIPO DE SERVICIO: Domiciliar

NOMBRE Y TIPO DE FUENTE: Pozo Perforado

UBICACIÓN DE LA FUENTE: Saspán

SITIO DE CAPTACIÓN: En el pozo

FECHA DE CAPTACIÓN: 10-11-10 HORA DE CAPTACIÓN: 09:45 Hrs.

CENTRO DE SALUD: San José La Arada

FECHA DE SOLICITUD: 10-11-10

RESPONSABLE: Estuardo Antonio Pérez

CARGO: E.P.S. Ingeniería Civil, Municipalidad

FECHA DE ANÁLISIS: 11/11/10

METODOLOGÍA: MEMBRANAS FILTRANTES

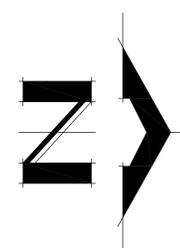
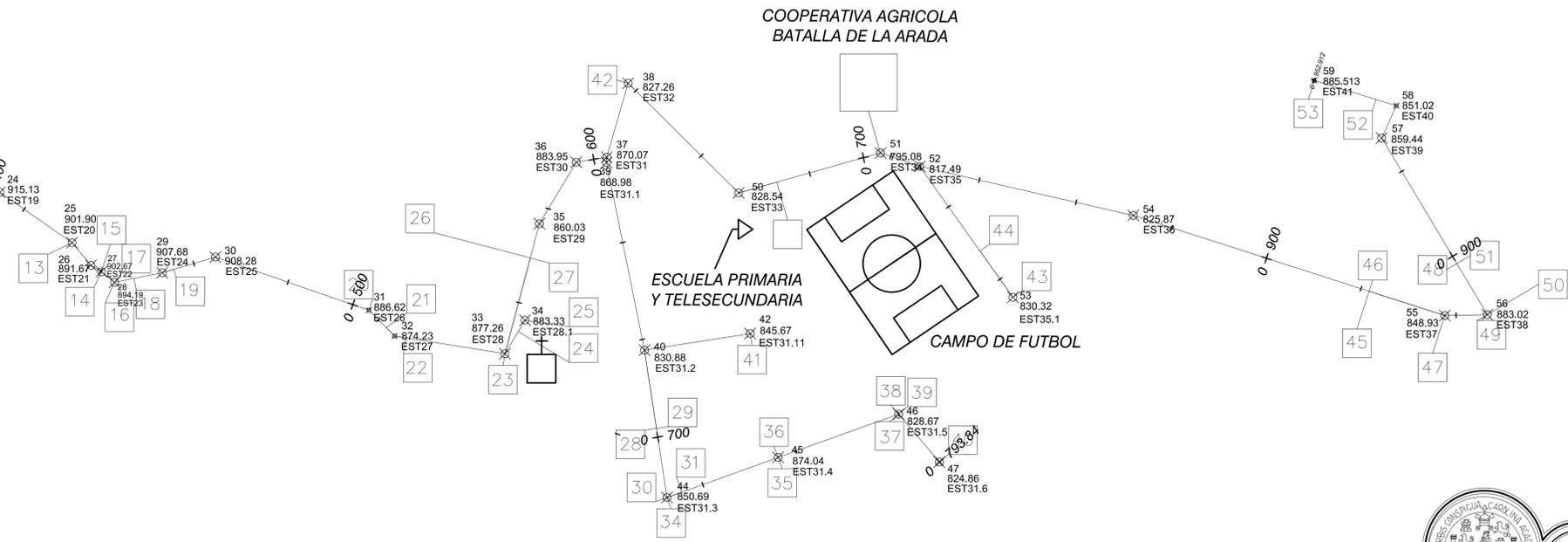
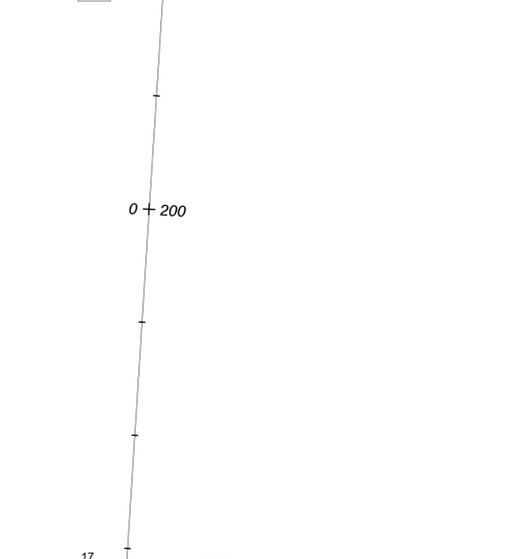
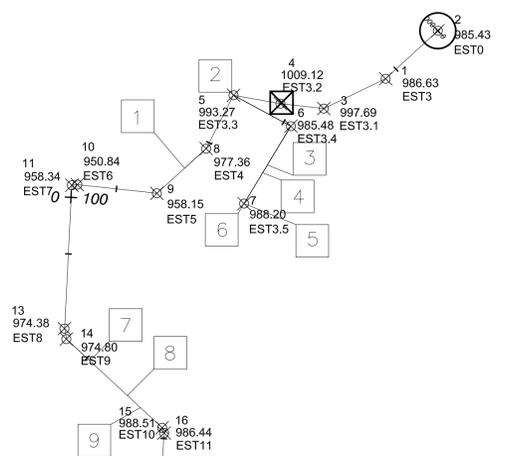
RESULTADOS: LE APARECEN 3 COLONIAS DE BACTERIAS DEL GRUPO COLIFORME FECAL.

COMENTARIOS:

AGUA NO APTA PARA EL CONSUMO HUMANO.
CON 2 COLONIAS EL AGUA NO ES APTA, SEGUN
COGUANOR (COMISION GUATEMALTECA DE
NORMAS) Y EL MSPAS.-

f) Prof. José Vicente López García
Supervisor de Saneamiento Ambiental
Analista Laboratorio Bacteriológico
Dirección de Area de Salud Chiquimula.





NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
□	VIVIENDA
⊕	IGLESIA CATÓLICA
○	CASETA DE BOMBEO
⊗	TANQUE DE ALMACENAMIENTO

PLANTA DENSIDAD DE POBLACIÓN

ESCALA 1 : 750



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

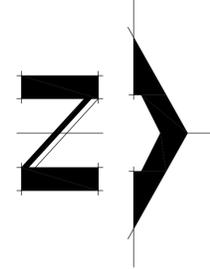
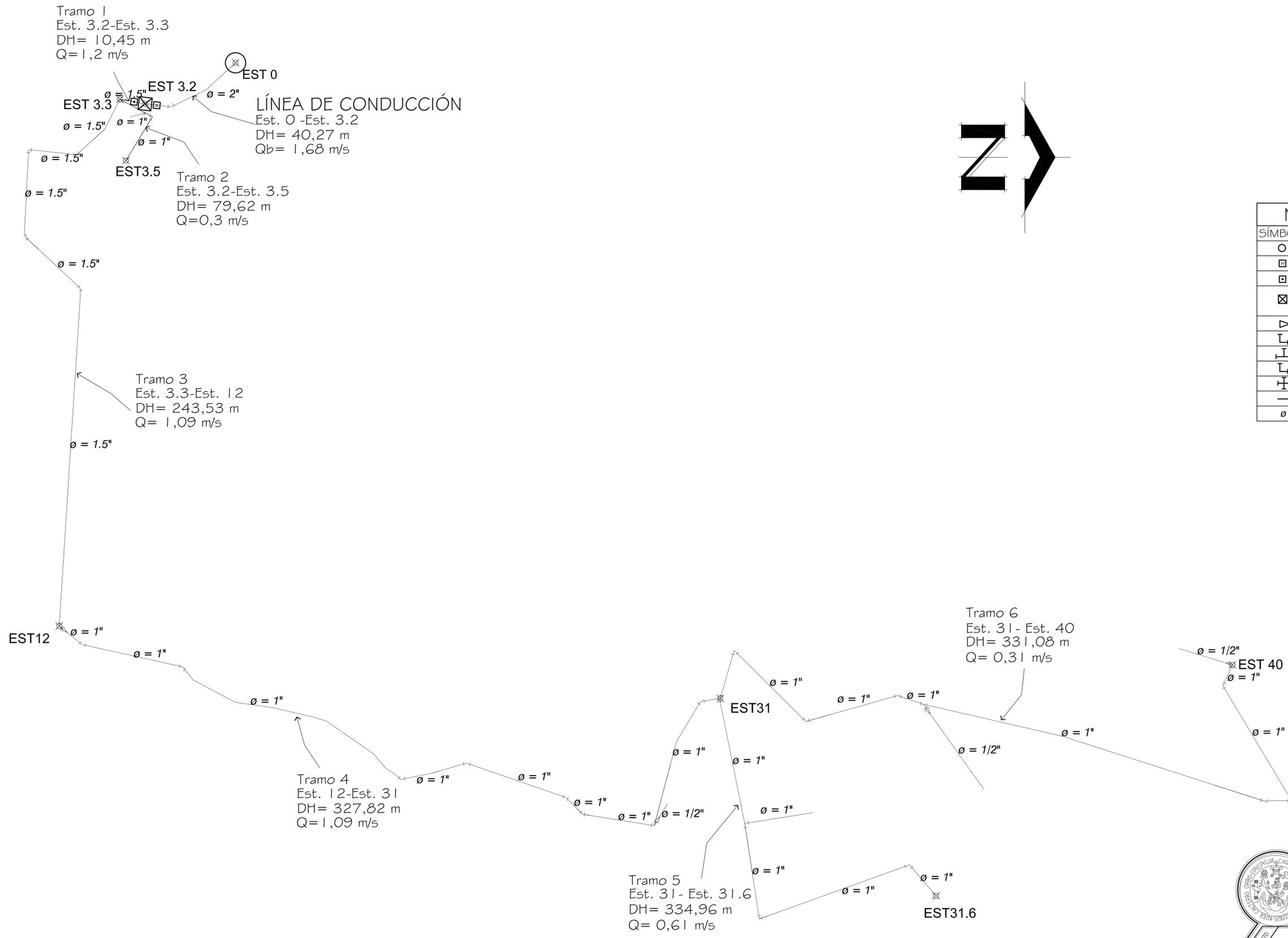
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

ESTUARDO PÉREZ INGENIERO ING. JUAN MERCK COS JULIO 2010 INDICADA

PLANTA DENSIDAD
DE POBLACIÓN

HOJA
1
9

ING. JUAN MERCK COS Vo.Bo. ALCALDE MUNICIPAL



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
○	CASETA DE BOMBEO
□	HIPOCLORADOR
◻	VALVULA DE COMPUERTA
⊠	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
▽	REDUCIDOR BUSHING
└┐	CODO A 45
┌┐	TEE
└┐┌┐	CODO A 90
┌┐┌┐	CRUZ
—	DIRECCIÓN DE FLUJO
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA

PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA 1 : 750



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

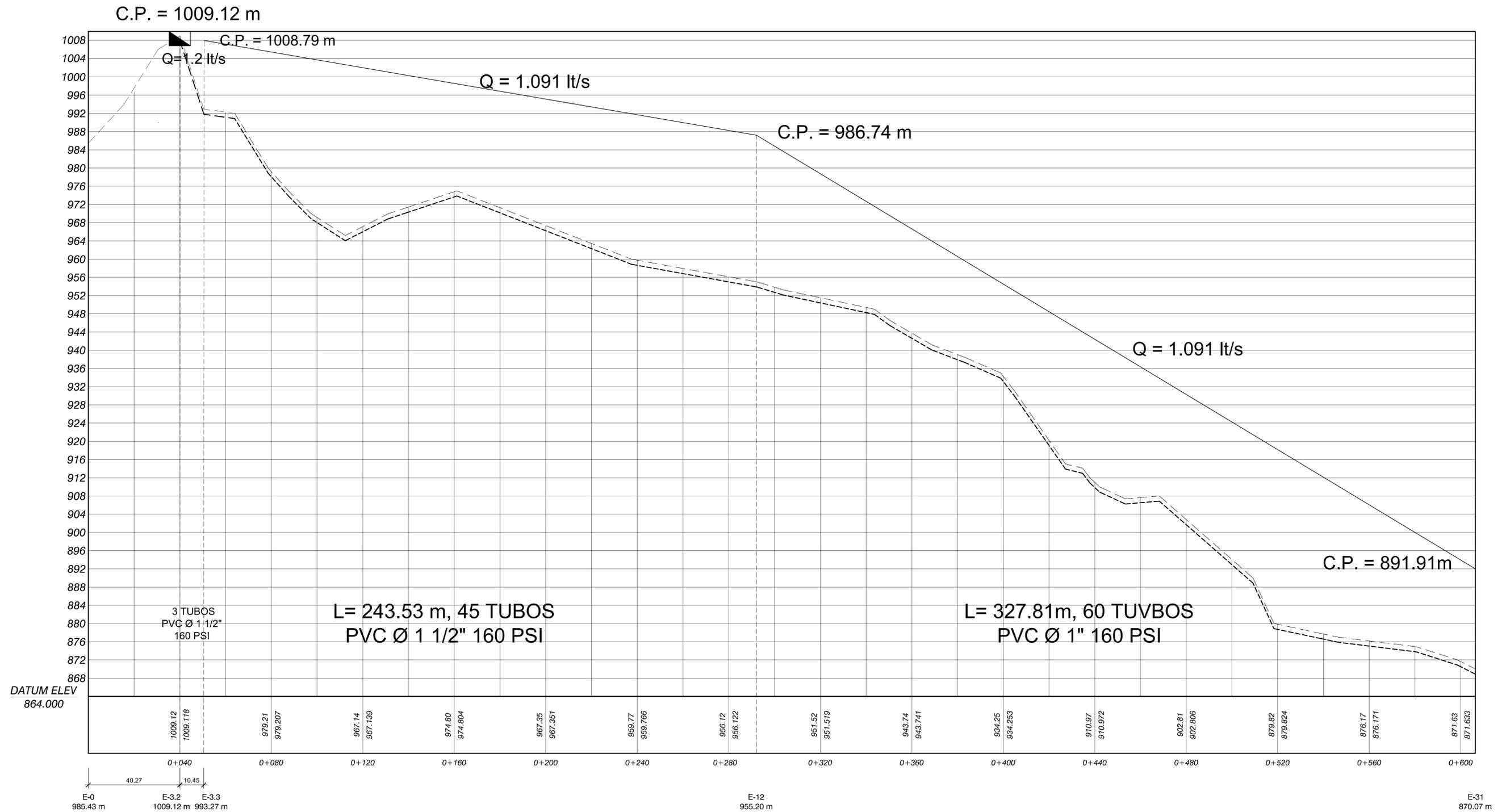
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

ESTUARDO PEREZ	ING. JUAN MERCK COS	JULIO 2010	INDICADA
----------------	---------------------	------------	----------

PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN

ING. JUAN MERCK COS
Vo.Bo. _____
ALCALDE MUNICIPAL

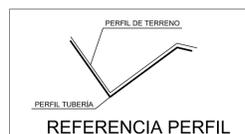
HOJA: 29



PERFIL NODO E - 3.2 A E - 31

ESPECIFICACIONES GENERALES:

- PROFUNDIDAD MINIMA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA:
 - SIN TRAFICO VEHICULAR = 0.80m
 - CON TRAFICO VEHICULAR = 1.10m
- TODA LA TUBERÍA SERA PVC DE PRESIÓN INDICADA, DEBERÁ DE CUMPLIR CON LA NORMA ASTM D 2241-00.
- LOS ACCESORIOS DEBERÁN CUMPLIR CON LA NORMA ASTM 2466-90 CEDULA 40



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
CP	COTA PIEZOMETRICA

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

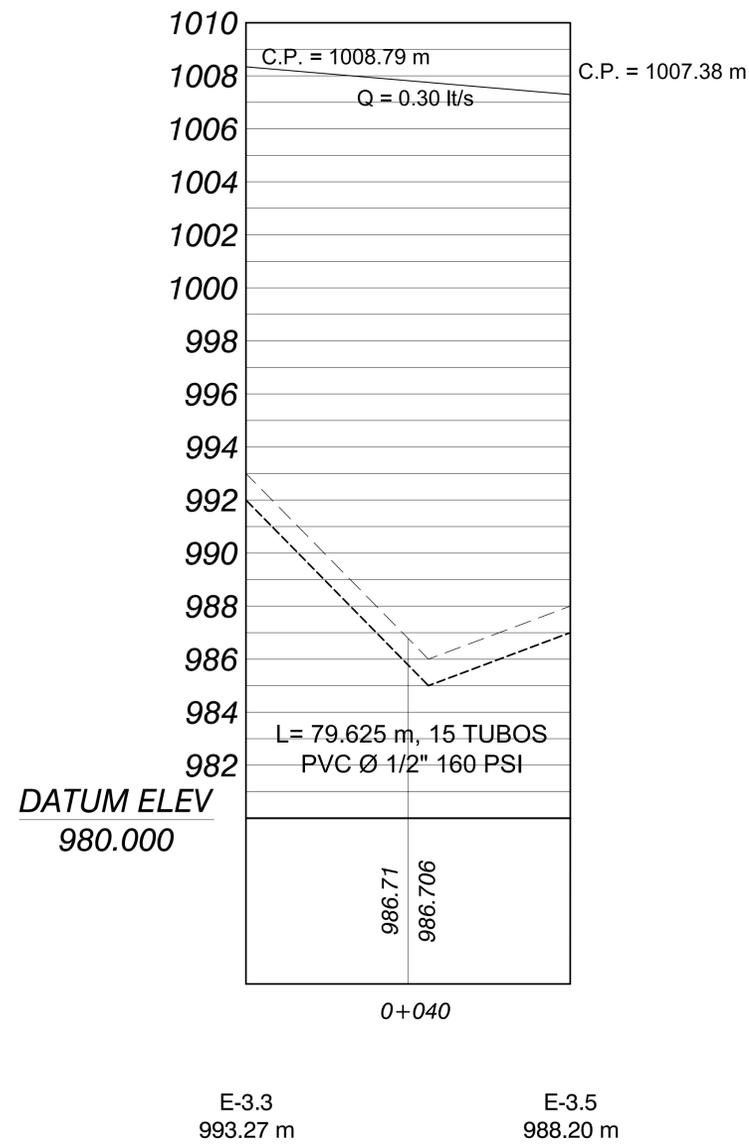
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

ESTUARDO PÉREZ | ING. JUAN MERCK COS | JULIO 2010 | INDICADA

PERFIL RED DE
DISTRIBUCIÓN

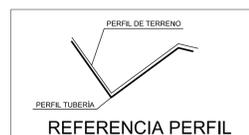
HOJA
3
9

ING. JUAN MERCK COS | Vo.Bo. | ALCALDE MUNICIPAL



PERFIL NODO E - 3.2 A E - 3.5

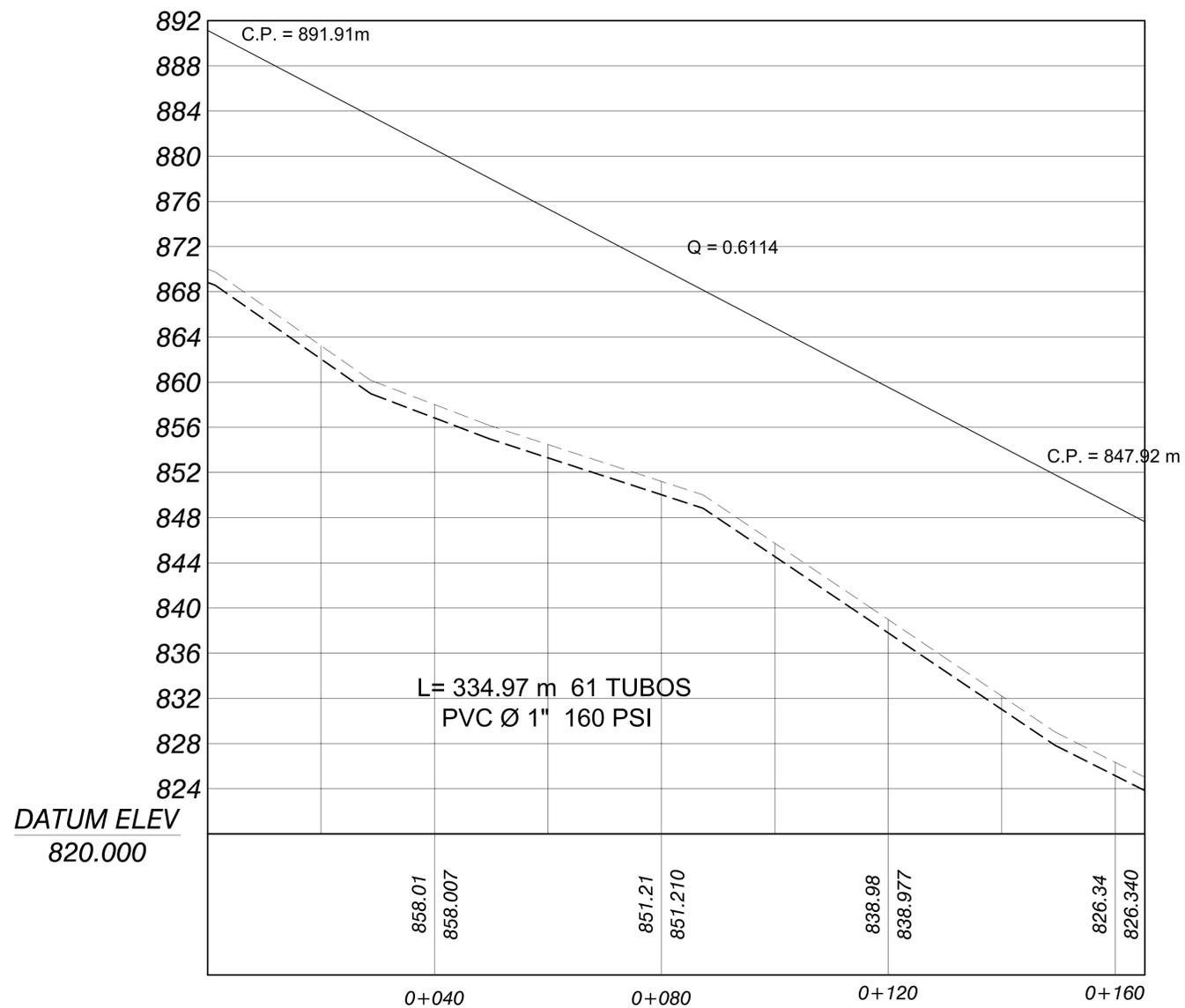
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:250



ESPECIFICACIONES GENERALES:

- PROFUNDIDAD MINIMA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA:
 - SIN TRAFICO VEHICULAR = 0.80m
 - CON TRAFICO VEHICULAR = 1.10m
- TODA LA TUBERÍA SERA PVC DE PRESIÓN INDICADA, DEBERÁ DE CUMPLIR CON LA NORMA ASTM D 2241-00.
- LOS ACCESORIOS DEBERÁN CUMPLIR CON LA NORMA ASTM 2466-90 CEDULA 40

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
■	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
CP	COTA PIEZOMETRICA



PERFIL NODO E - 31 A E - 31.6

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:250



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

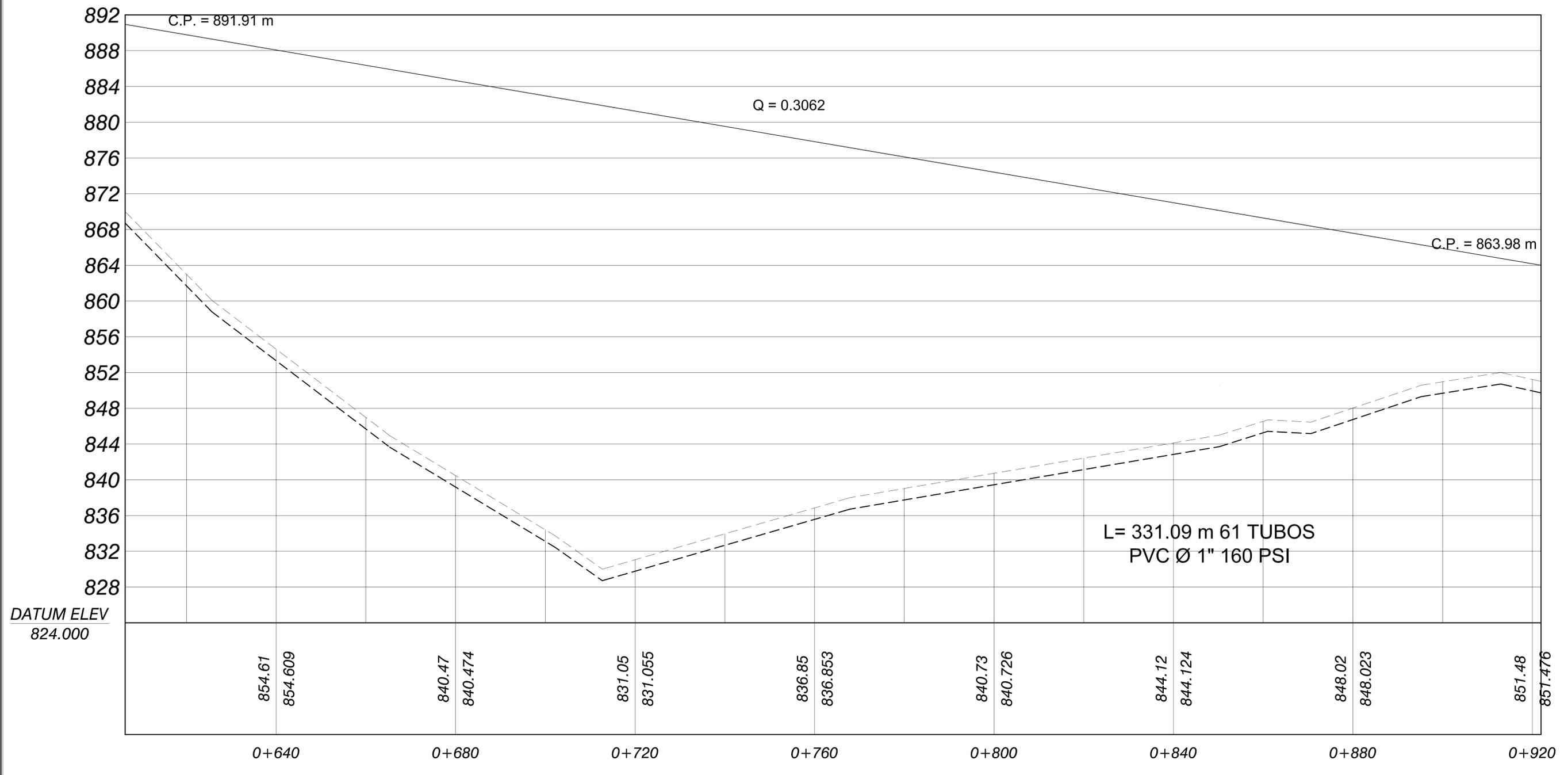
ESTUARDO PÉREZ / ING. JUAN MERCK COS / JULIO 2010 / INDICADA

PERFIL RED DE
DISTRIBUCIÓN

HOJA:
4
9

ING. JUAN MERCK COS

ALCALDE MUNICIPAL



DATUM ELEV
824.000

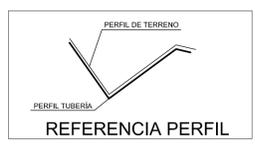
E-31
870.07 m

E-40
851.02 m

PERFIL NODO E - 31 A E - 40

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:250

- ESPECIFICACIONES GENERALES:
- PROFUNDIDAD MINIMA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA:
 - SIN TRAFICO VEHICULAR = 0.80m
 - CON TRAFICO VEHICULAR = 1.10m
 - TODA LA TUBERÍA SERA PVC DE PRESIÓN INDICADA, DEBERÁ DE CUMPLIR CON LA NORMA ASTM D 2241-00.
 - LOS ACCESORIOS DEBERÁN CUMPLIR CON LA NORMA ASTM 2466-90 CEDULA 40



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
CP	COTA PIEZOMETRICA

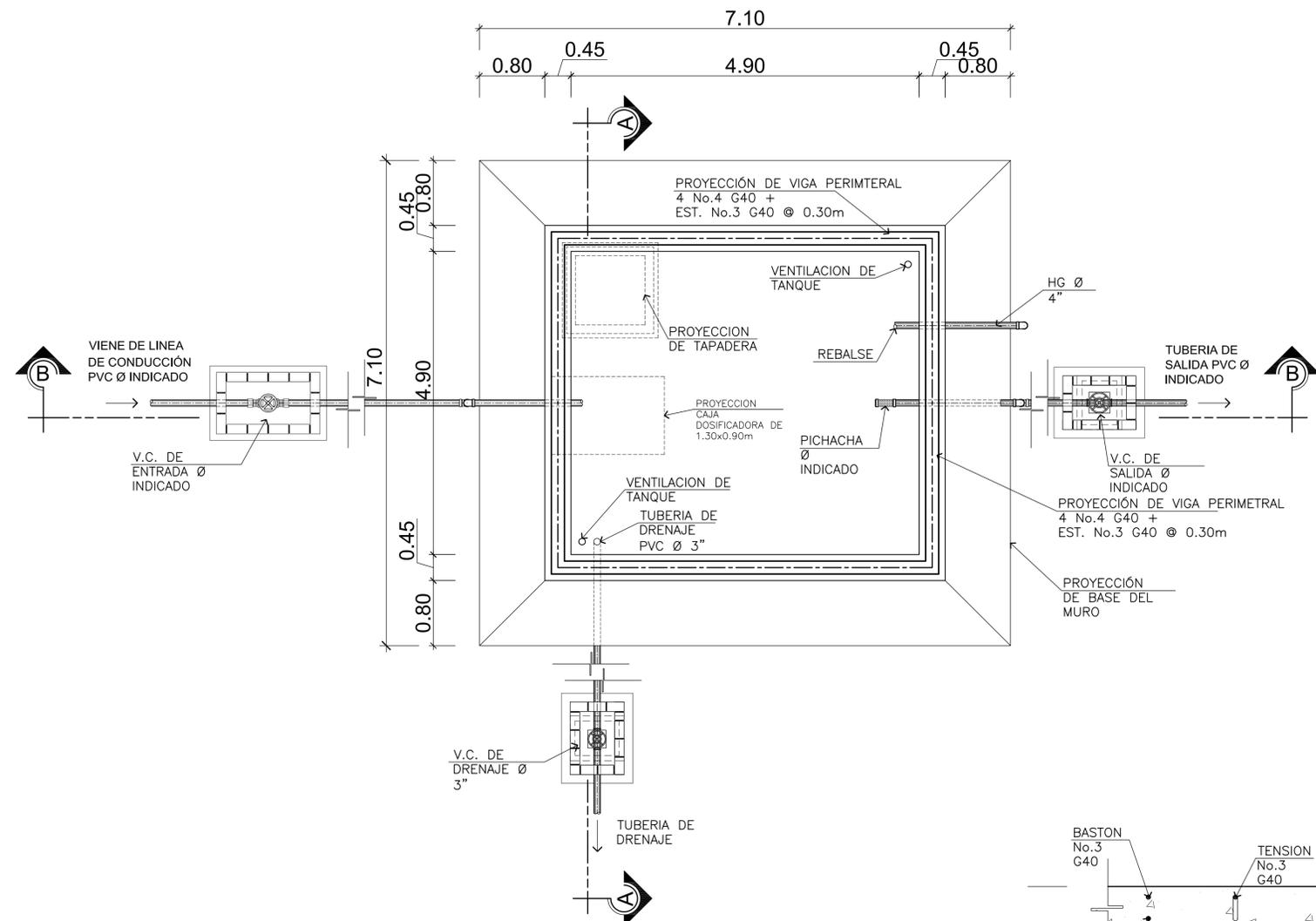
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

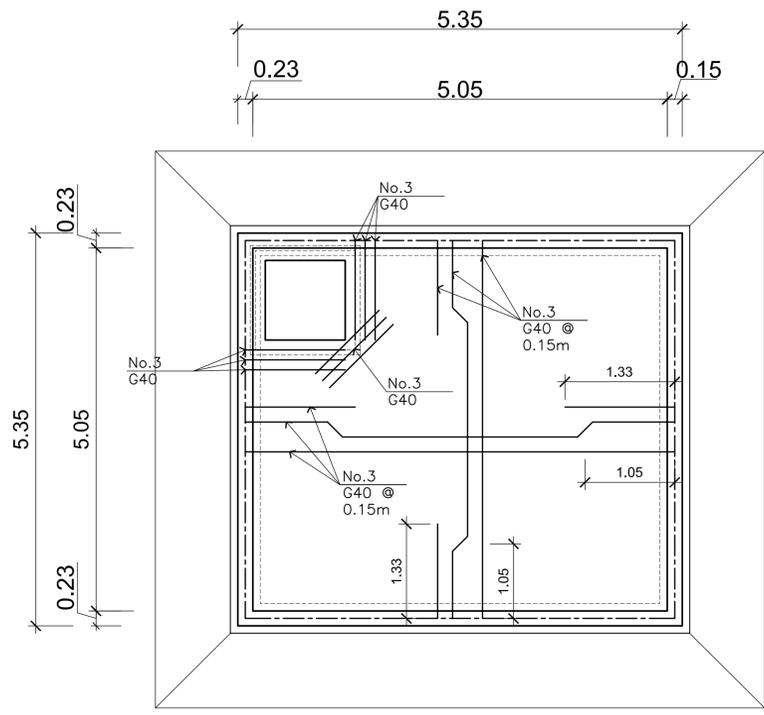
ESTUARDO PÉREZ ING. JUAN MERCK COS JULIO 2010 INDICADA

PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN

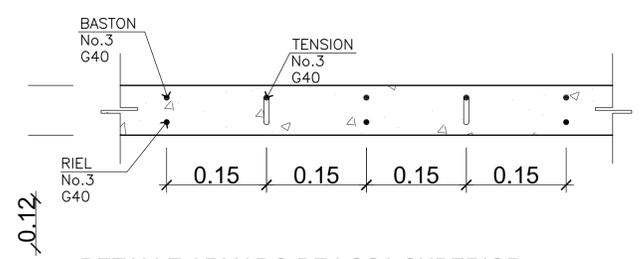
ING. JUAN MERCK COS Vo.Bo. ALCALDE MUNICIPAL



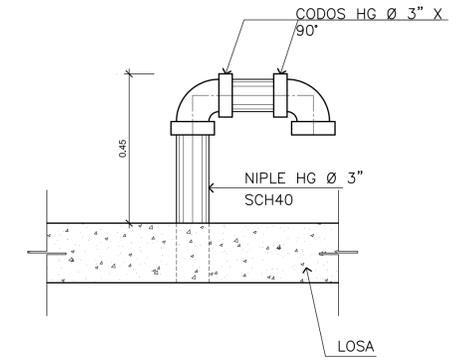
PLANTA
ESCALA 1 : 50



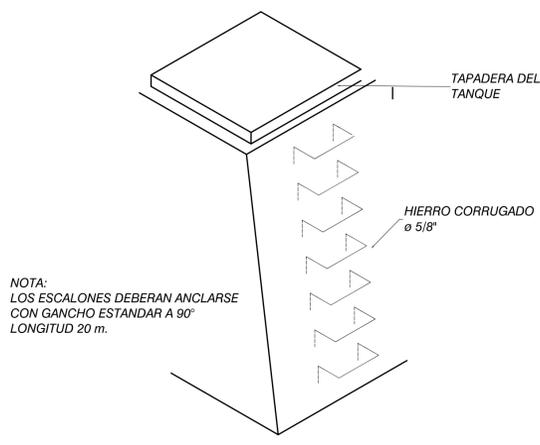
PLANTA ARMADO DE LOSA SUPERIOR
ESCALA 1 : 50



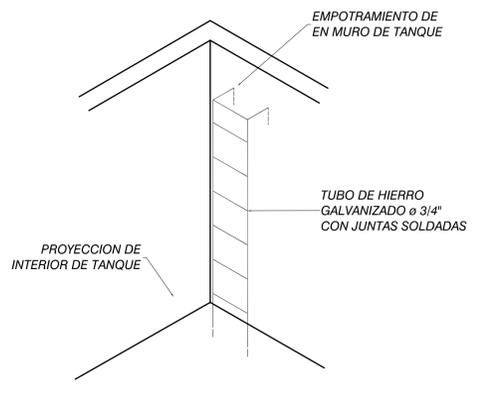
DETALLE ARMADO DE LOSA SUPERIOR
ESCALA 1 : 10



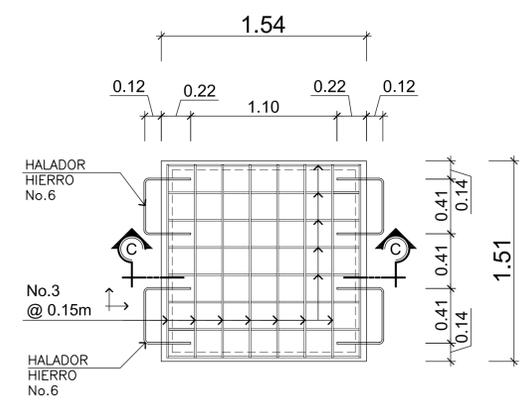
DETALLE DE VENTILACIÓN DE TANQUE
ESCALA 1 : 10



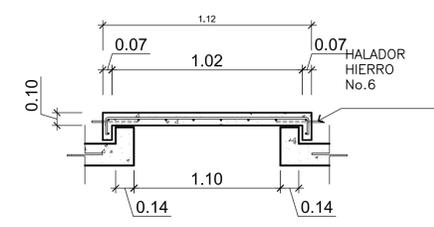
ISOMÉTRICO DE GRADAS EXTERNAS
ESCALA 1 : 25



ISOMETRICO DE GRADAS INTERNAS
ESCALA 1 : 25



PLANTA
ESCALA 1 : 25



SECCIÓN C - C
ESCALA 1 : 25

DETALLE DE TAPADERA DE CONCRETO
ESCALA INDICADA

NOTA:
LOS ESCALONES DEBERAN ANCLARSE
CON GANCHO ESTANDAR A 90°
LONGITUD 20 m.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

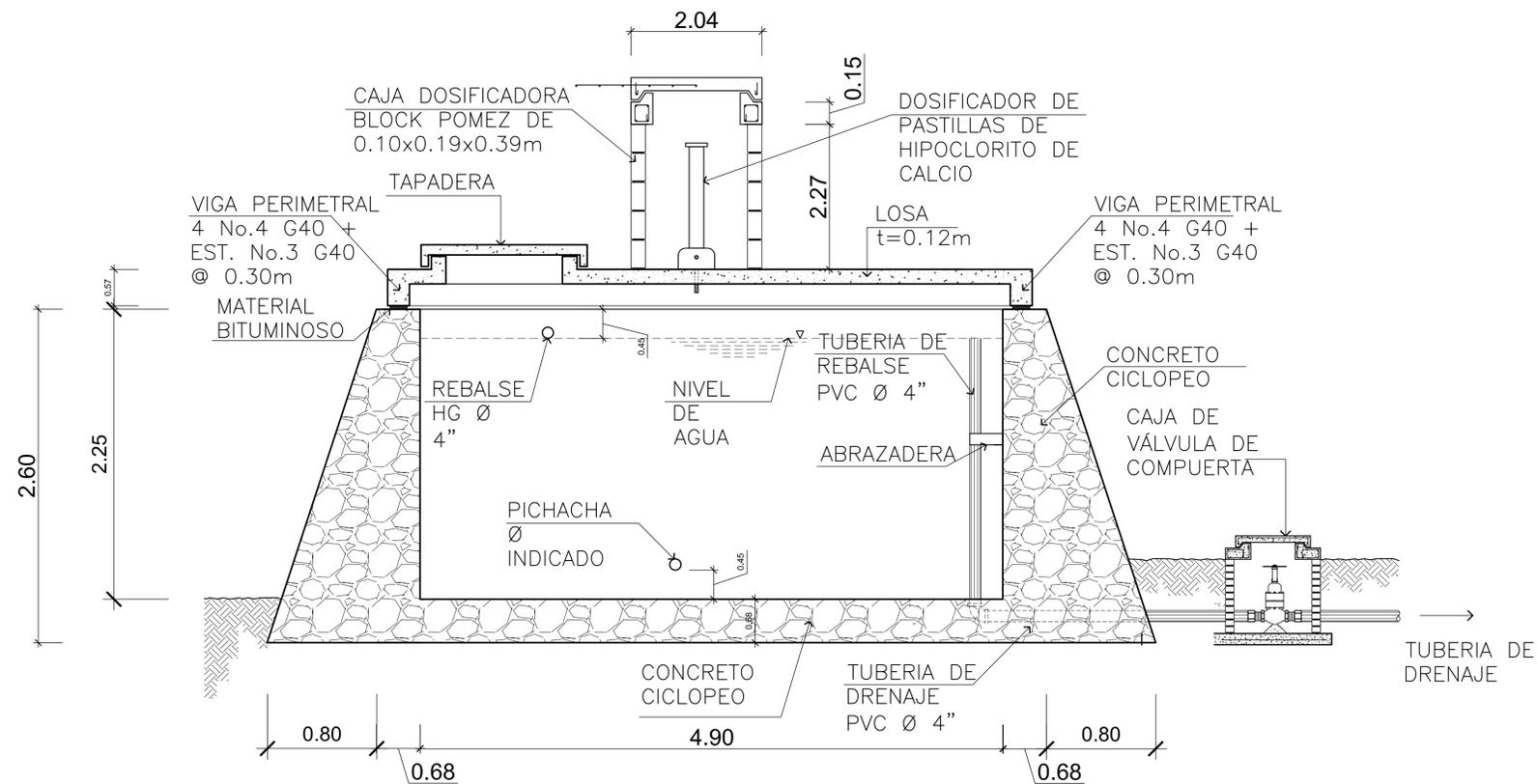
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

ESTUARDO PÉREZ
ING. JUAN MERCK COS
JULIO 2010
INDICADA

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

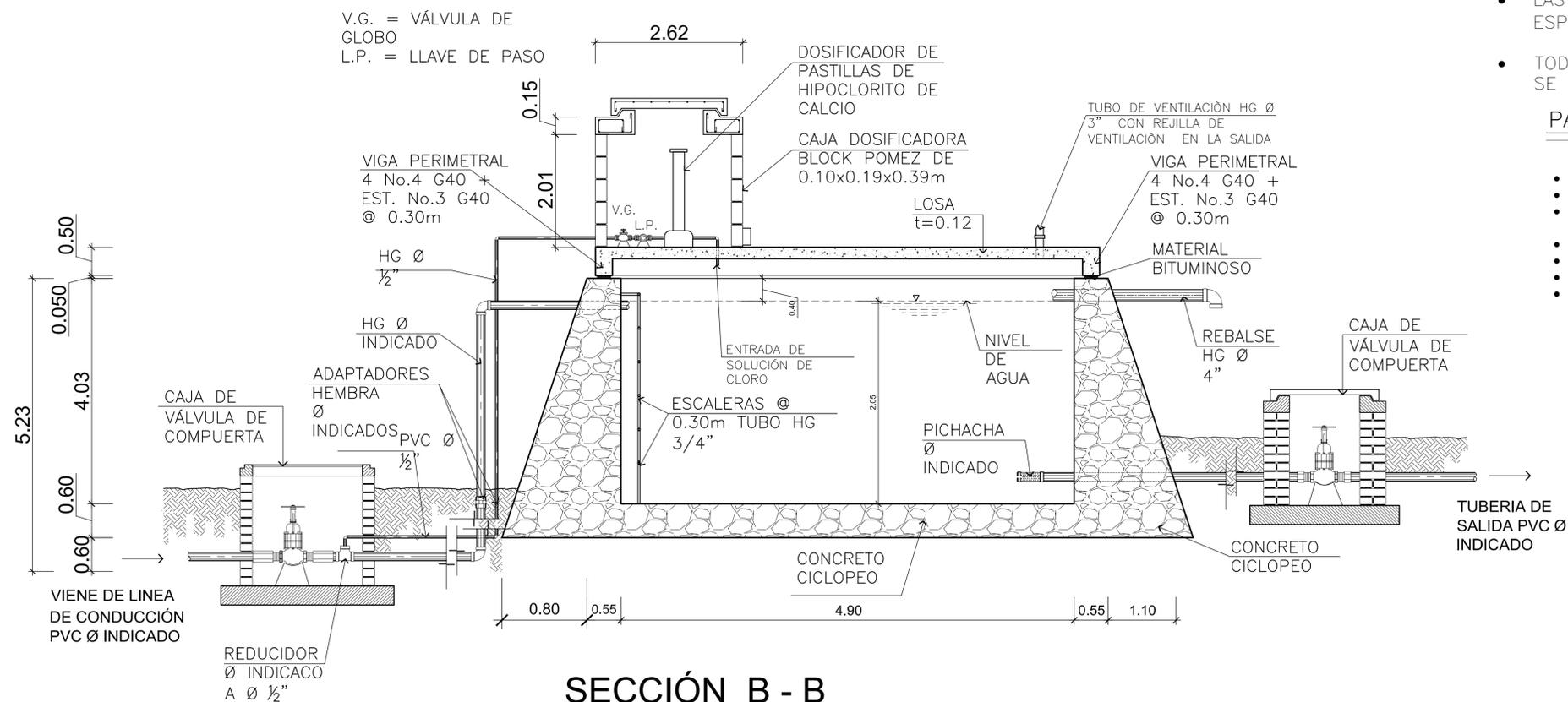
ING. JUAN MERCK COS
ALCALDE MUNICIPAL

6/9



SECCIÓN A - A

ESCALA 1 : 50



SECCIÓN B - B

ESCALA 1 : 50

NOTAS GENERALES

MATERIALES

- CONCRETO PARA VIGAS Y LOSAS: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESIÓN DE 210 kg/cm² A LOS 28 DIAS.
- ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE Fy= 2,810 Kg/cm² (GRADO 40) ESPECIFICACION ASTM A615.
- SOBRE LA LOSA SUPERIOR DEBERA FORMARSE UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- EL CONCRETO CICLOPEO PARA LOS MUROS Y LOSA INFERIOR SERA 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO f'c = 210 Kg/cm².
- LAS PAREDES Y EL PISO DEBERA IMPERMEABILIZARSE INTERNAMENTE: PROPORCION DE SABIETA PARA ALISADO 1:2 (CEMENTO: ARENA DE RÍO). ESPESOR 0.5cm
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL INFERIOR DEBERA SER CONVENIENTEMENTE COMPACTADO.
- ESPESOR DE RECUBRIMIENTOS IGUAL DE 0.03 m, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRO VALOR Y DEBERA MEDIRSE ENTRE EL ROSTRO DE LA VARILLA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO.
- LAS CAJAS PARA VÁLVULAS SE CONSTRUIRÁN CONFORME DETALLES ESPECÍFICOS INDICADOS EN PLANOS.
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.

PARAMETROS DE DISEÑO:

- C.M.= 320 Kg/m².
- C.V.= 100 Kg/m².
- V.S.= 15 Ton/m². (ASUMIDO)
- AGUA = 1,000 Kg/m³
- SUELO = 1,700 Kg/cm³
- f'c = 210 Kg/cm²
- Fy = 2,810 Kg/cm²



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

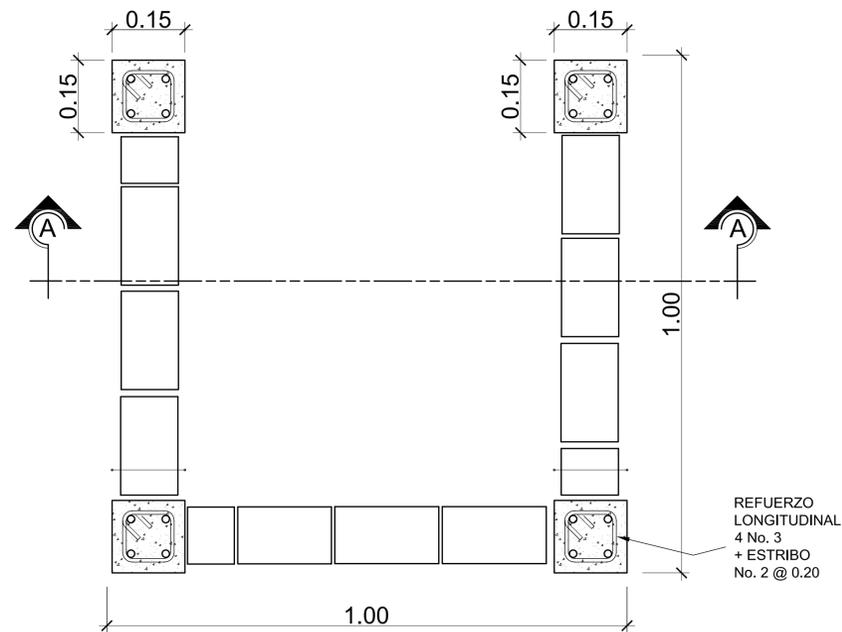
ESTUARDO PÉREZ | ING. JUAN MERCK COS | JULIO 2010 | INDICADA

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

ING. JUAN MERCK COS

ALCALDE MUNICIPAL

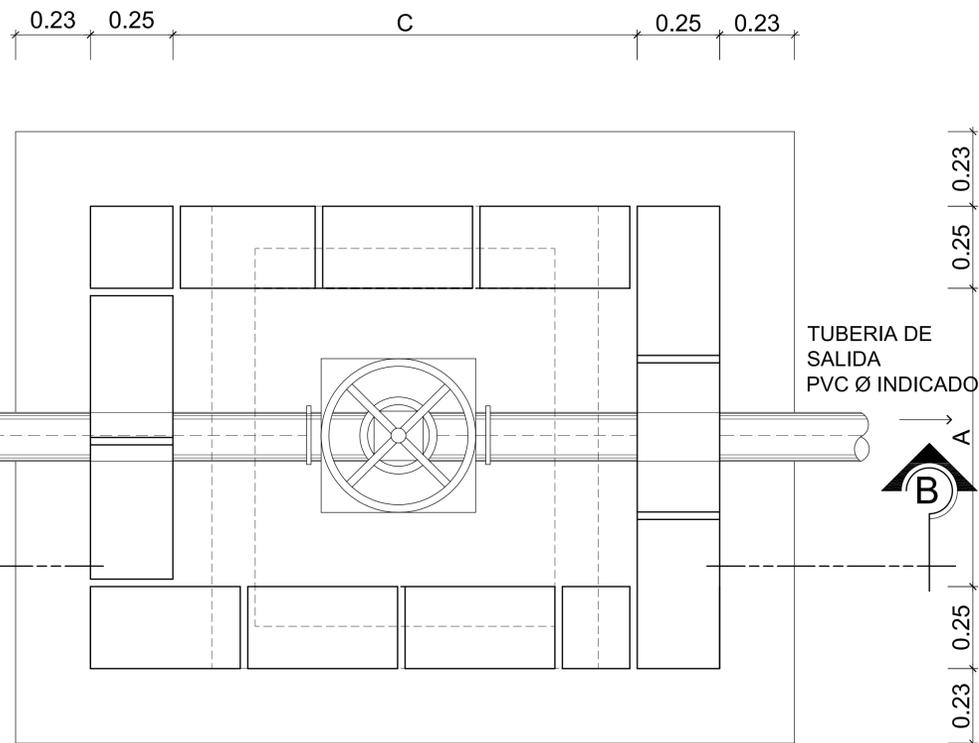
HOJA 7/9



PLANTA CASETA DE BOMBEO

ESCALA 1 : 10

TUBERIA DE ENTRADA
PVC Ø INDICADO

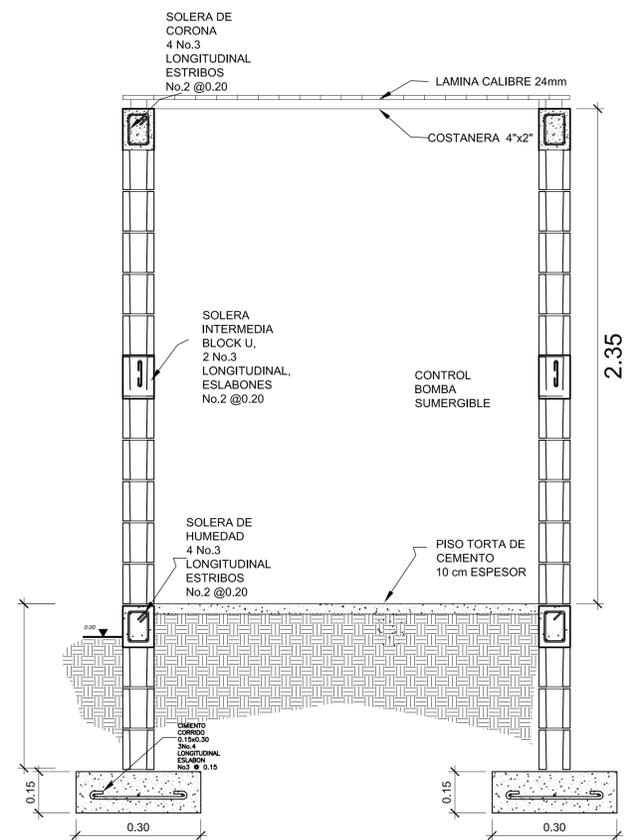


TUBERIA DE SALIDA
PVC Ø INDICADO



PLANTA CAJA DE LADRILLO DE
SOGA PARA VÁLVULA

ESCALA 1 : 10

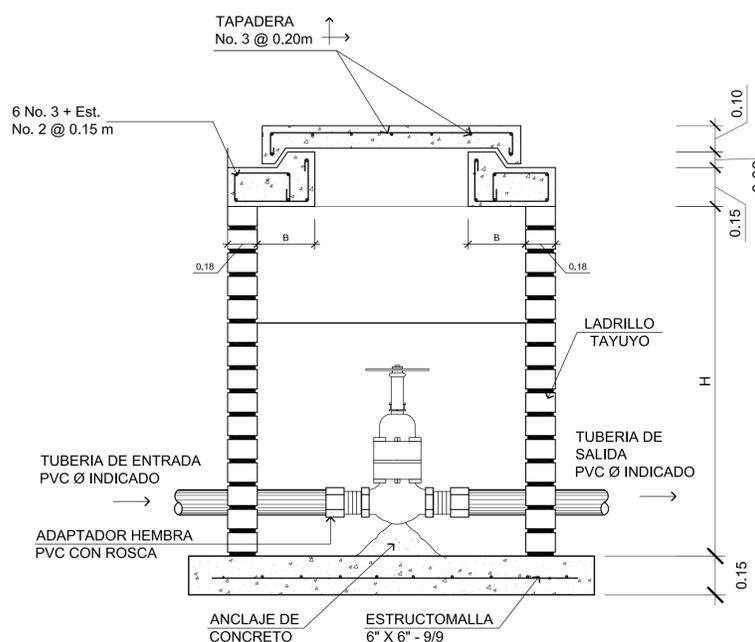


SECCIÓN A - A

ESCALA 1 : 10

DETALLE DE CASETA DE BOMBEO

ESCALA INDICADA



SECCION B - B

ESCALA 1 : 20

DETALLE DE VÁLVULA DE COMPUERTA (V.C.)

ESCALA INDICADA

DIMENSIONES PARA CAJA DE VÁLVULAS	
DIMENSIONES	DIAMETRO
A	0.40
B	—
C	0.50
H	0.50

NOTA:

- LA ALTURA (H) DE LAS CAJAS TAMBIEN DEPENDERA DE LA PROFUNDIDAD A LA CUAL DEBA COLOCARSE LA TUBERIA, POR LO CUAL SERA DEFINIDA POR EL ING. SUPERVISOR.



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

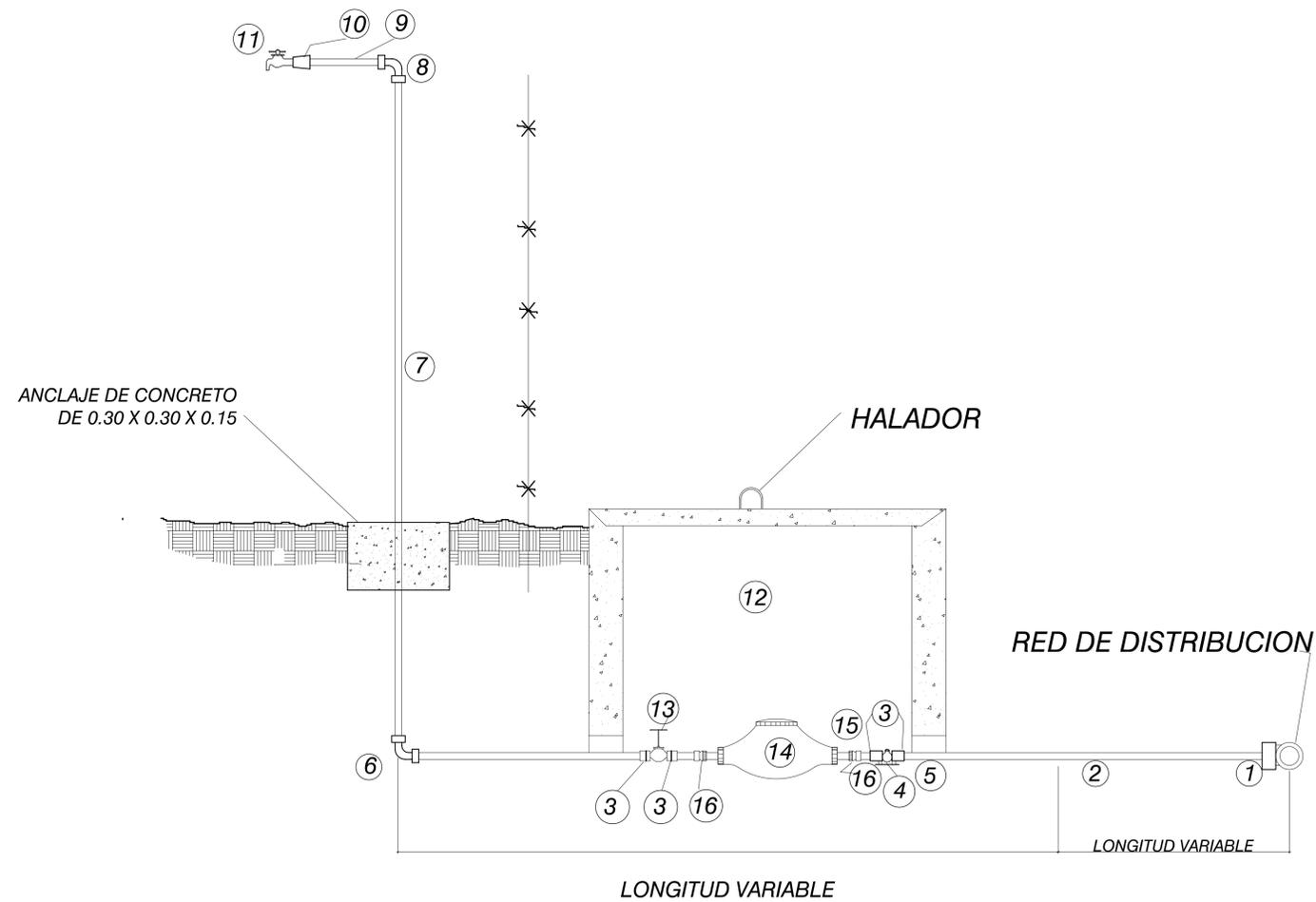
ESTUARDO PÉREZ INGENIERO JULIO 2010 INDICADA

CASETA DE BOMBEO Y
DETALLE DE VALVULAS

ING. JUAN MERCK COS

ALCALDE MUNICIPAL

HOJA: 8/9

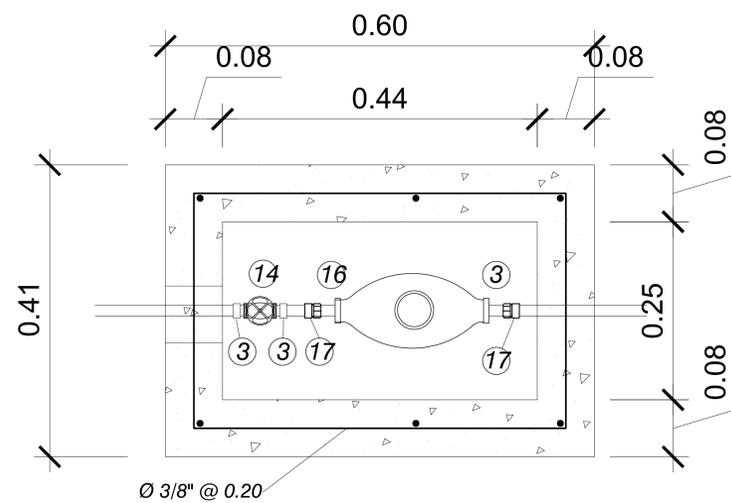


CONEXIÓN DOMICILIAR TÍPICA

ESCALA 1 : 10

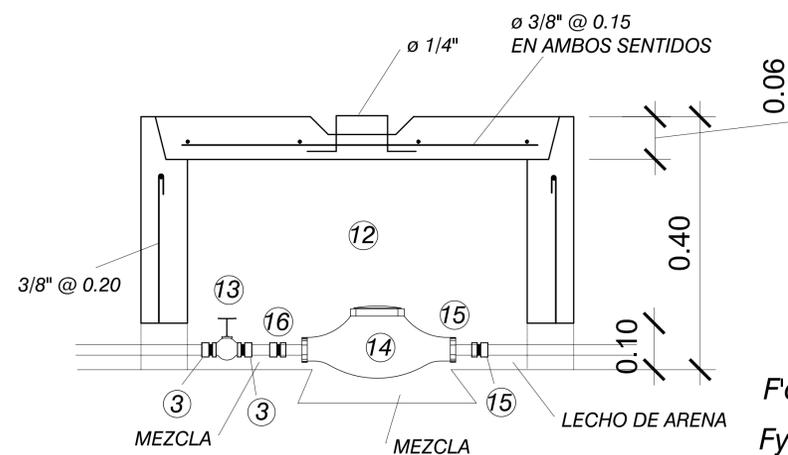
REFERENCIA DE MATERIALES

1. TEE REDUCTORA PVC Ø TUBERIA PRINCIPAL X 1/2"
2. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"
4. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø 1/2"
5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
6. CODO PVC 90° Ø 1/2" CON ROSCA
7. NIPLE HG 1.50 Ø 1/2"
8. CODO HG 90° Ø 1/2"
9. NIPLE HG 0.15 Ø 1/2"
10. REDUCIDOR CAMPANA HG 3/4" X 1/2"
11. LLAVE DE CHORO DE BRONCE
12. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR
13. LLAVE DE COMPUERTA DE Ø 1/2" BRONCE
14. CONTADOR Ø 1/2" BRONCE
15. NIPLE CONECTOR DE CONTADOR Ø 1/2"
16. ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø 1/2"



DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA

ESCALA 1 : 10



$F_c = 3 \text{ Ksi}$
 $F_y = 40 \text{ Ksi}$



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

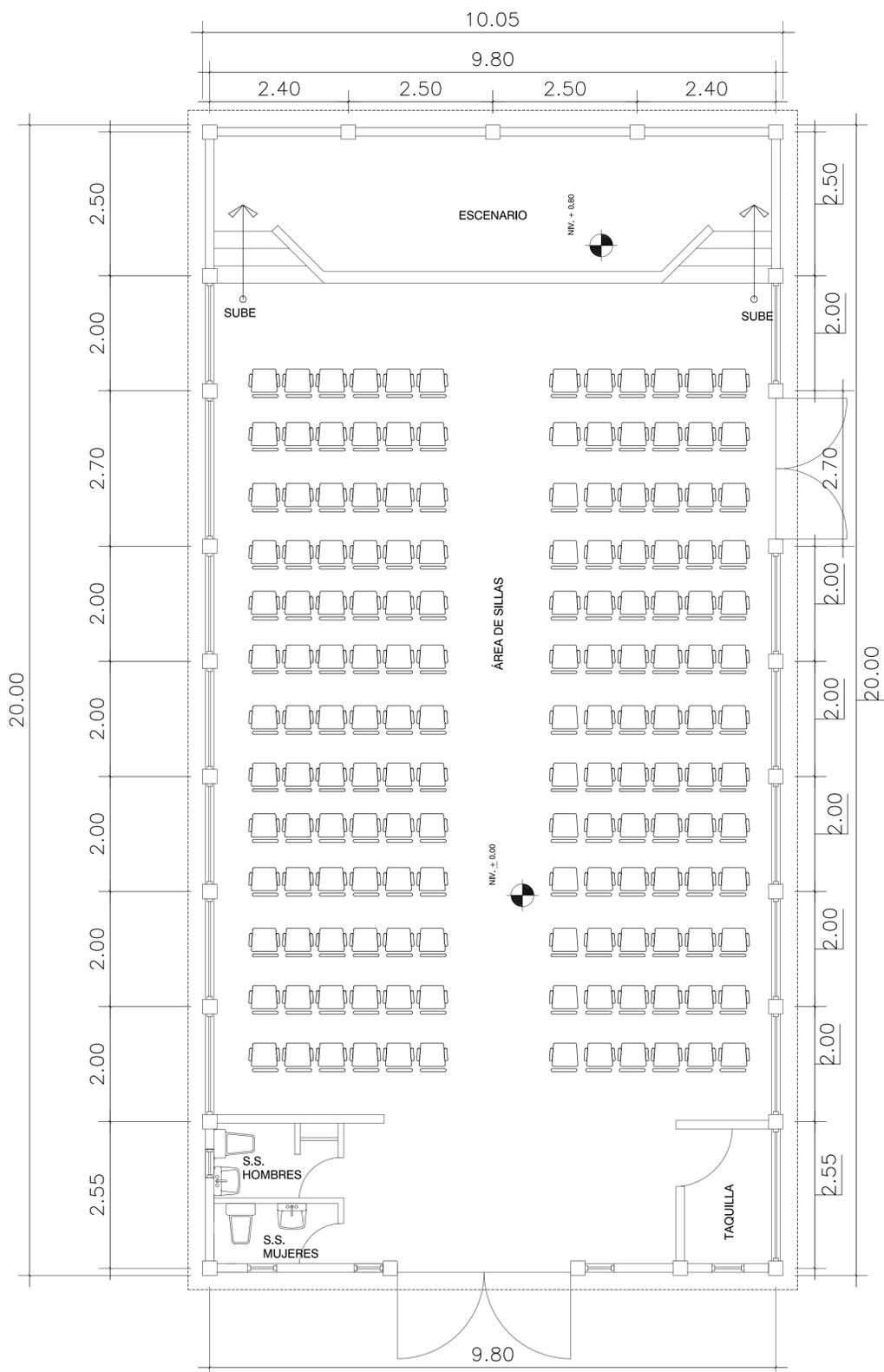
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
 POTABLE PARA ALDEA SAPÁN

ESTUARDO PÉREZ / INGENIERO / JULIO 2010 / INDICADA

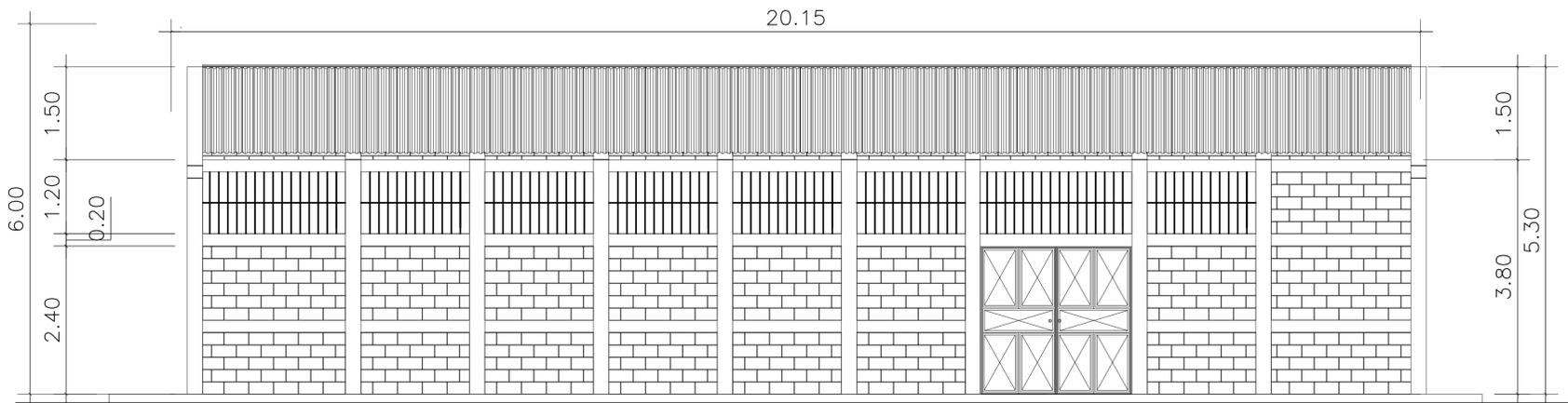
DETALLE DE CONEXIÓN
 DOMICILIAR

ING. JUAN MERCK COS

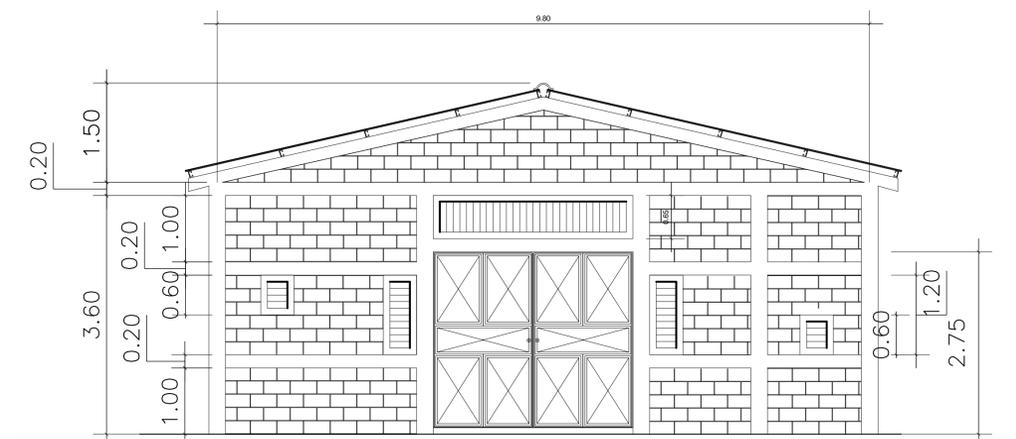
ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA AMUEBLADA ESC. 1:75



ELEVACIÓN LATERAL ESC. 1:75



FACHADA PRINCIPAL ESC. 1:75

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

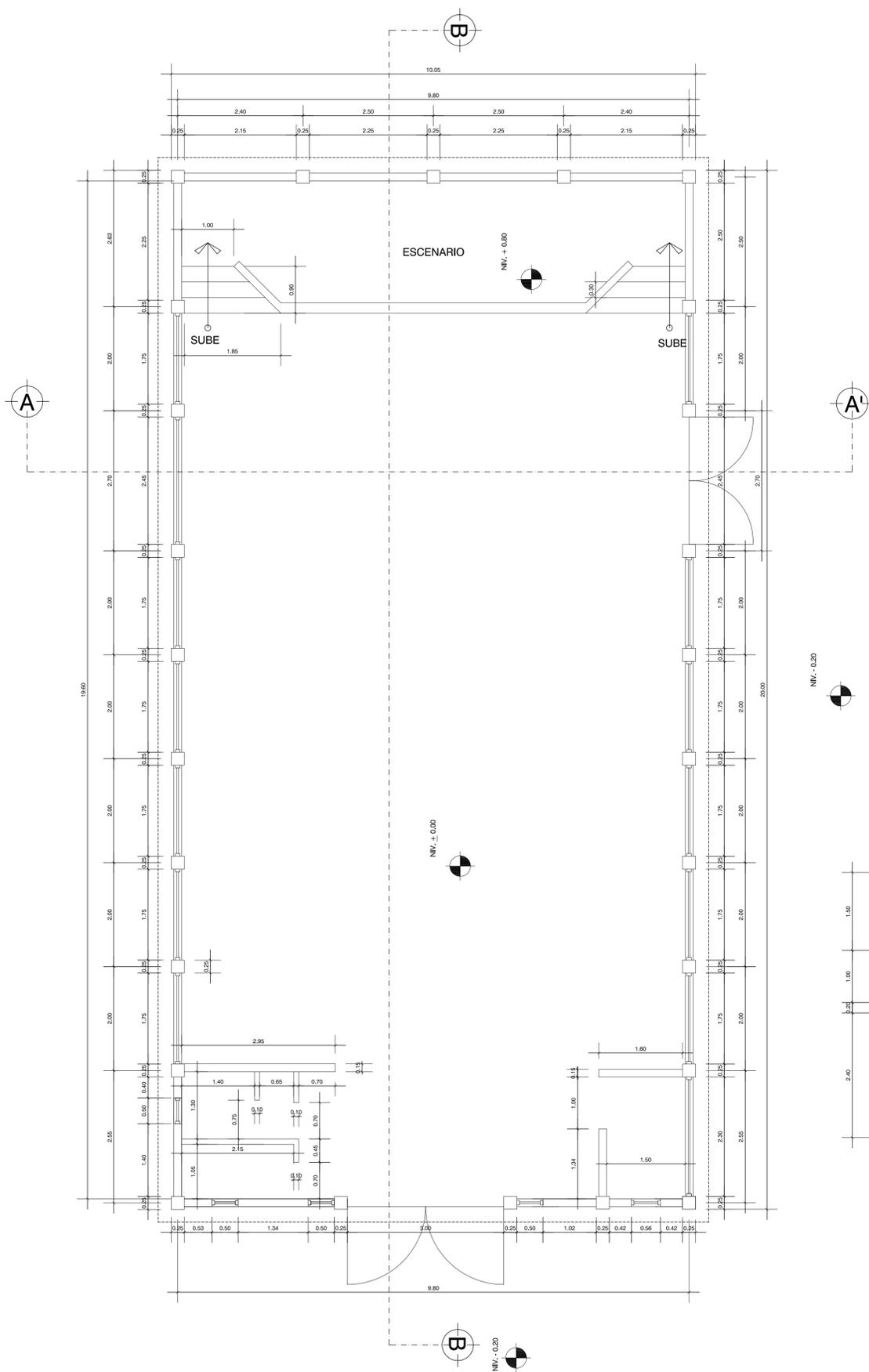
PROPIETARIO: **EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA**

CLIENTE: ESTUARDO PÉREZ / INGENIERO: ING. JUAN MERCK COS / FECHA: OCTUBRE 2010 / ESTADO: INDICADA

CONTIENE: **PLANTA AMUEBLADA + ELEVACIONES**

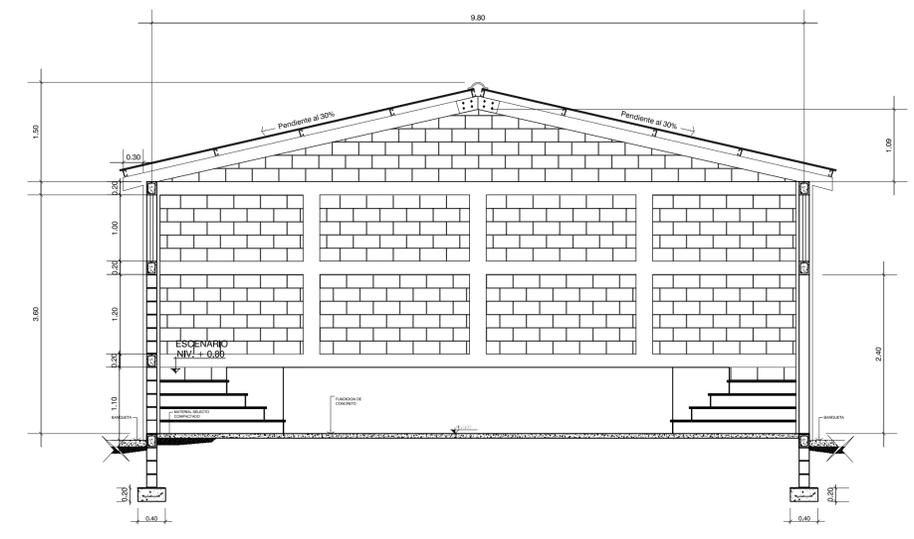
H.OJA: **1 / 6**

ING. JUAN MERCK COS Vo.Bo. ALCALDE MUNICIPAL



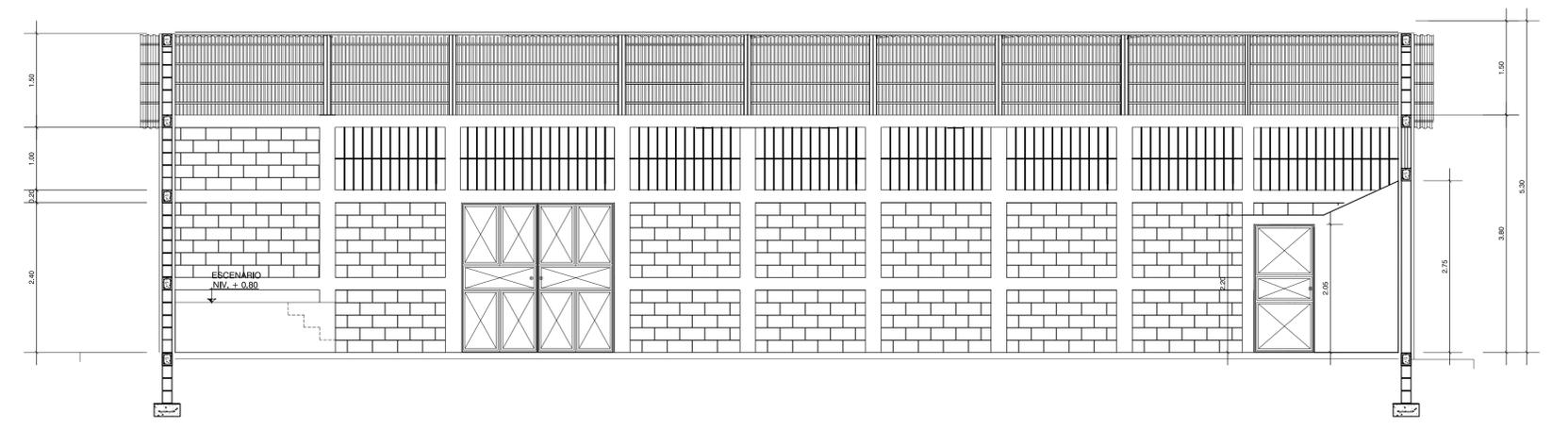
PLANTA ACOTADA

ESC. 1:75



SECCIÓN A-A'

ESC. 1:75



SECCIÓN B-B'

ESC. 1:75



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

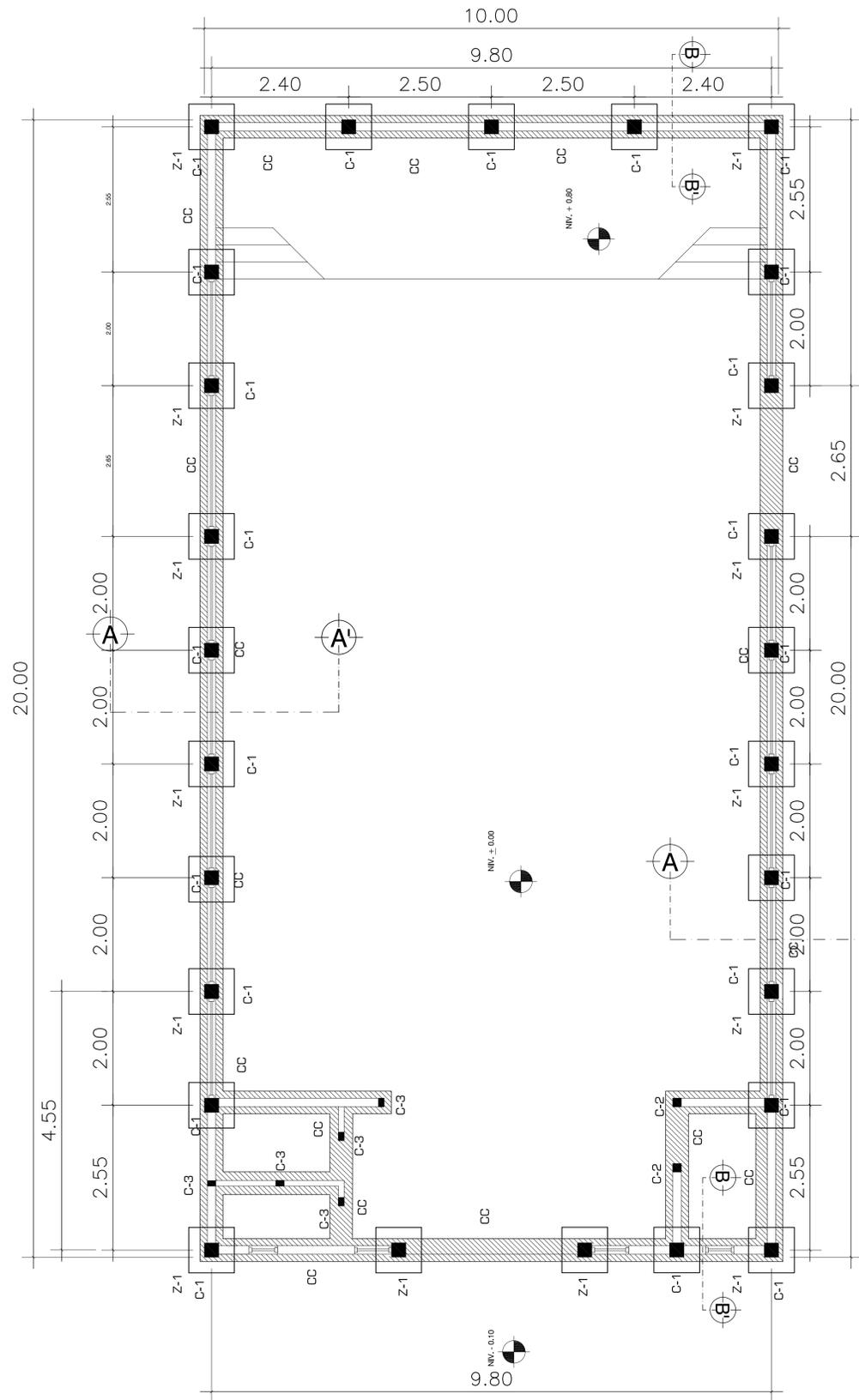
PROYECTO: **EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA**

PROFESOR: ESTUARDO PÉREZ ASISTENTE: ING. JUAN MERCK COS FECHA: OCTUBRE 2010 ESTADO: INDICADA

CONTIENE: **PLANTA ACOTADA + SECCIONES**

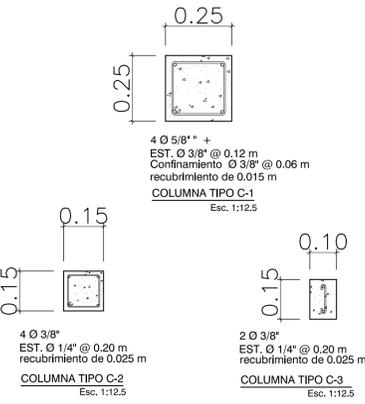
ING. JUAN MERCK COS Vo.Bo. ALCALDE MUNICIPAL

H.OJA: **2 / 6**



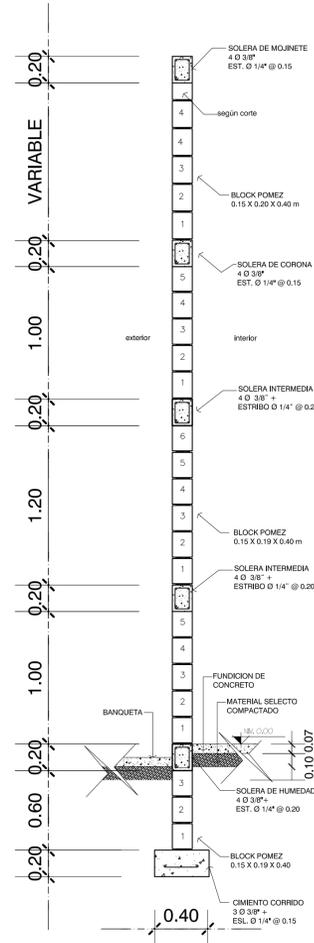
PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESC. 1:75

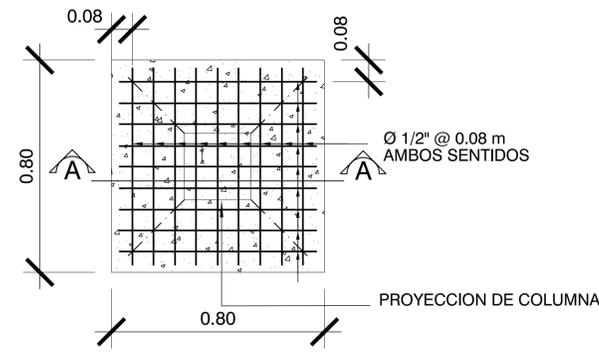
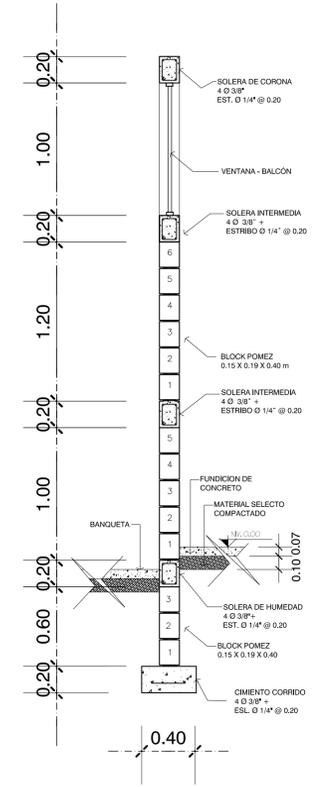


DETALLE DE COLUMNAS

CORTE DE MURO B - B'



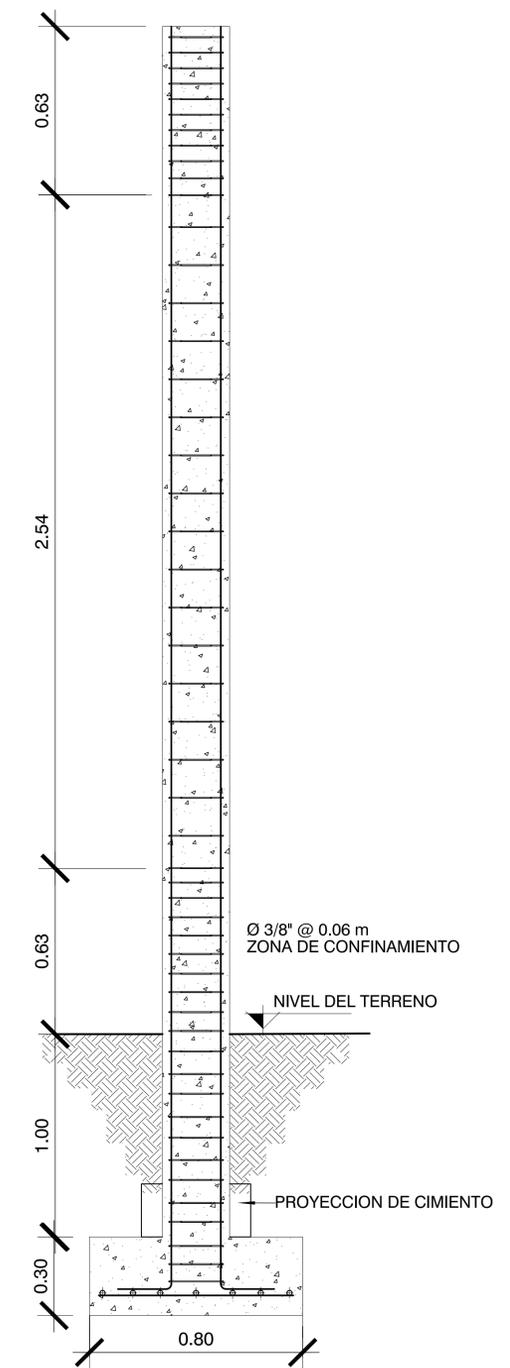
CORTE DE MURO A - A'



PLANTA DE ZAPATA

ESCALA 1:20

DETALLE DE ZAPATAS



SECCION DE ZAPATA + COLUMNA

ESCALA 1:20

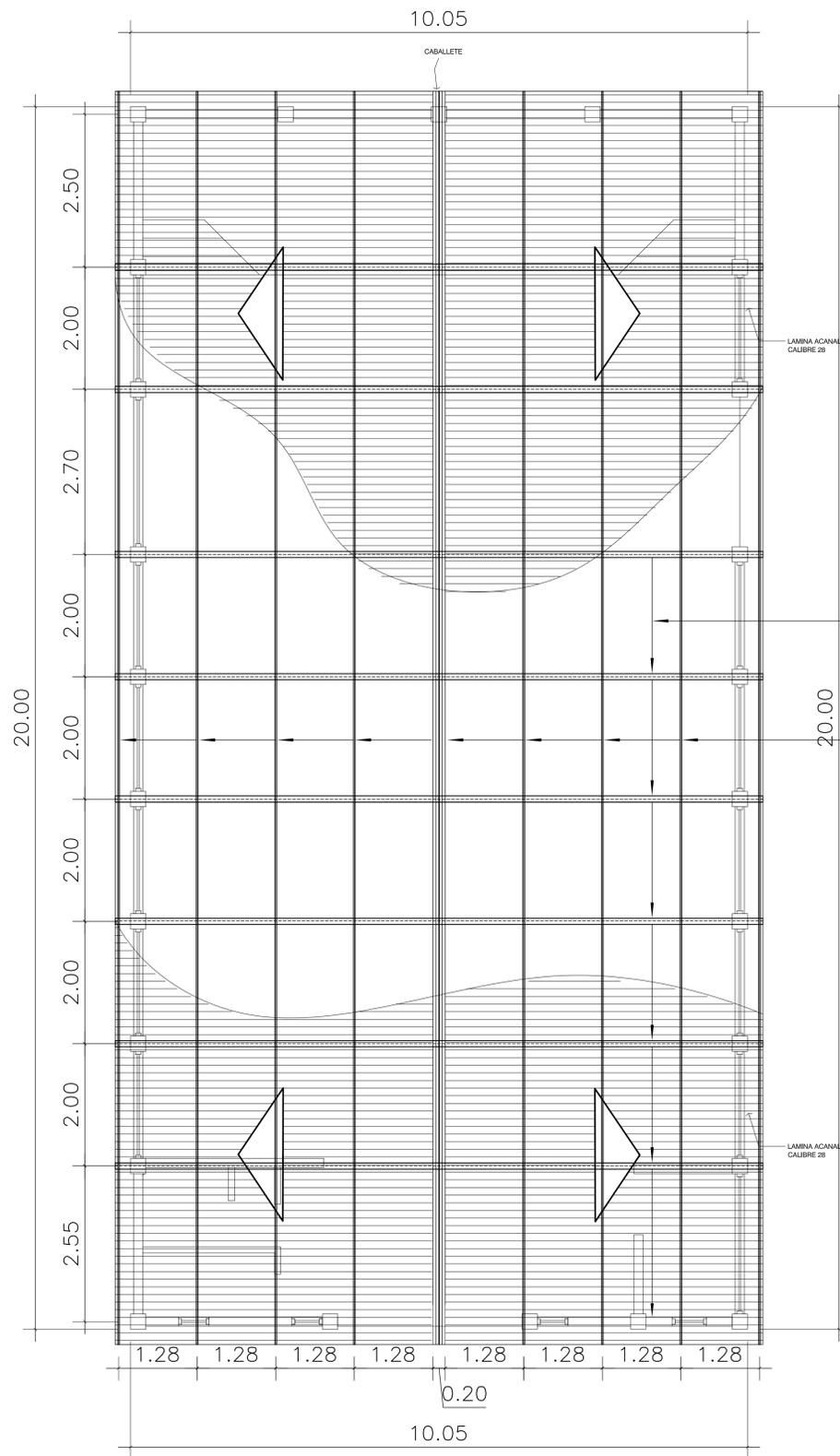
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

PROYECTO: EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA

PROPIETARIO: ESTUARDO PÉREZ
INGENIERO: ING. JUAN MERCK COS
FECHA: OCTUBRE 2010
INDICADA

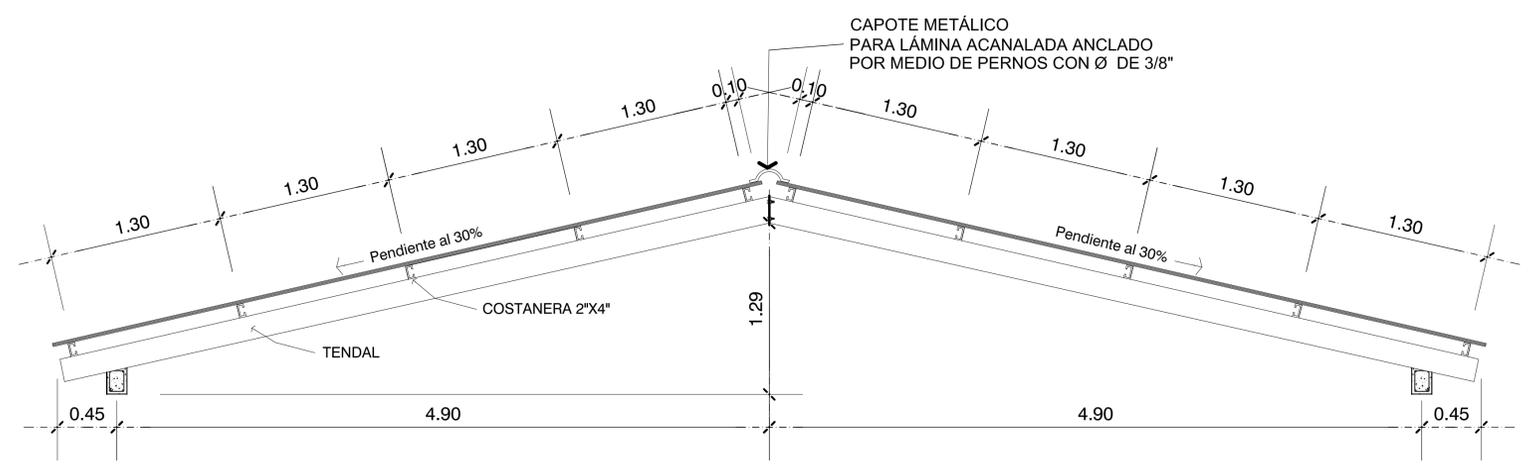
CONTIENE: PLANTA DE CIMENTACIÓN

ING. JUAN MERCK COS Vo.Bo. ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA DE TECHOS

ESC. 1:75



ELEVACIÓN DE ESTRUCTURA

ESCALA 1:10

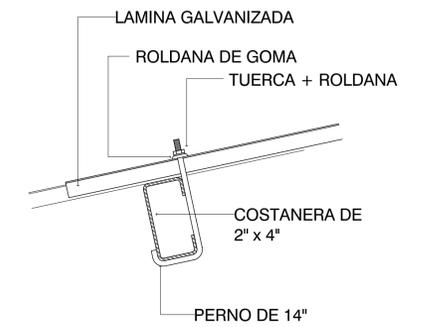
PLATINA 4" X 4" X 2" X 1/8"
SOLDADO A TENDAL Y
UNIDO A COSTANERA
CON PERNOS DE 3/8"

COSTANERA TIPO "C"
DE 2"X4"X 1/16"

TENDAL DOBLE COSTANERA
DE 2"X6"X 1/16"

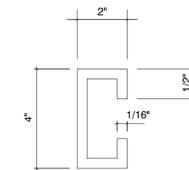
DETALLE ANCLAJE COSTANERA A TENDAL

ESCALA 1:10



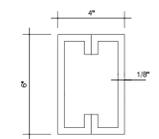
DETALLE DE SUJECION DE LAMINA A COSTANERA

ESCALA 1:10



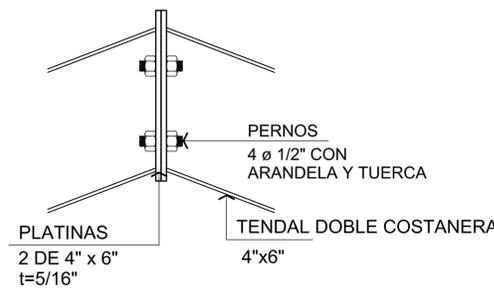
COSTANERA TIPO "C"

SIN ESCALA



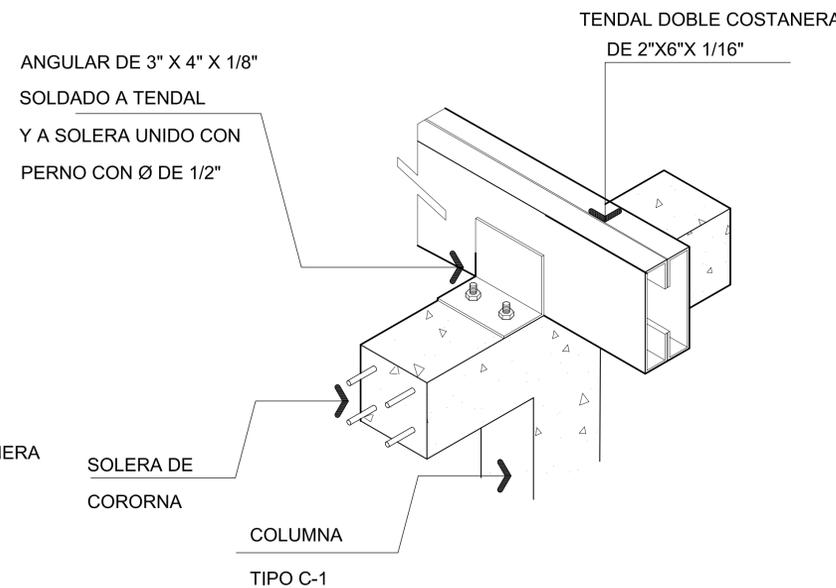
TENDAL DOBLE COSTANERA

SIN ESCALA



DETALLE UNION DE TENDALES

SIN ESCALA



DETALLE ANCLAJE TENDAL A SOLERA

ESCALA 1:10

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

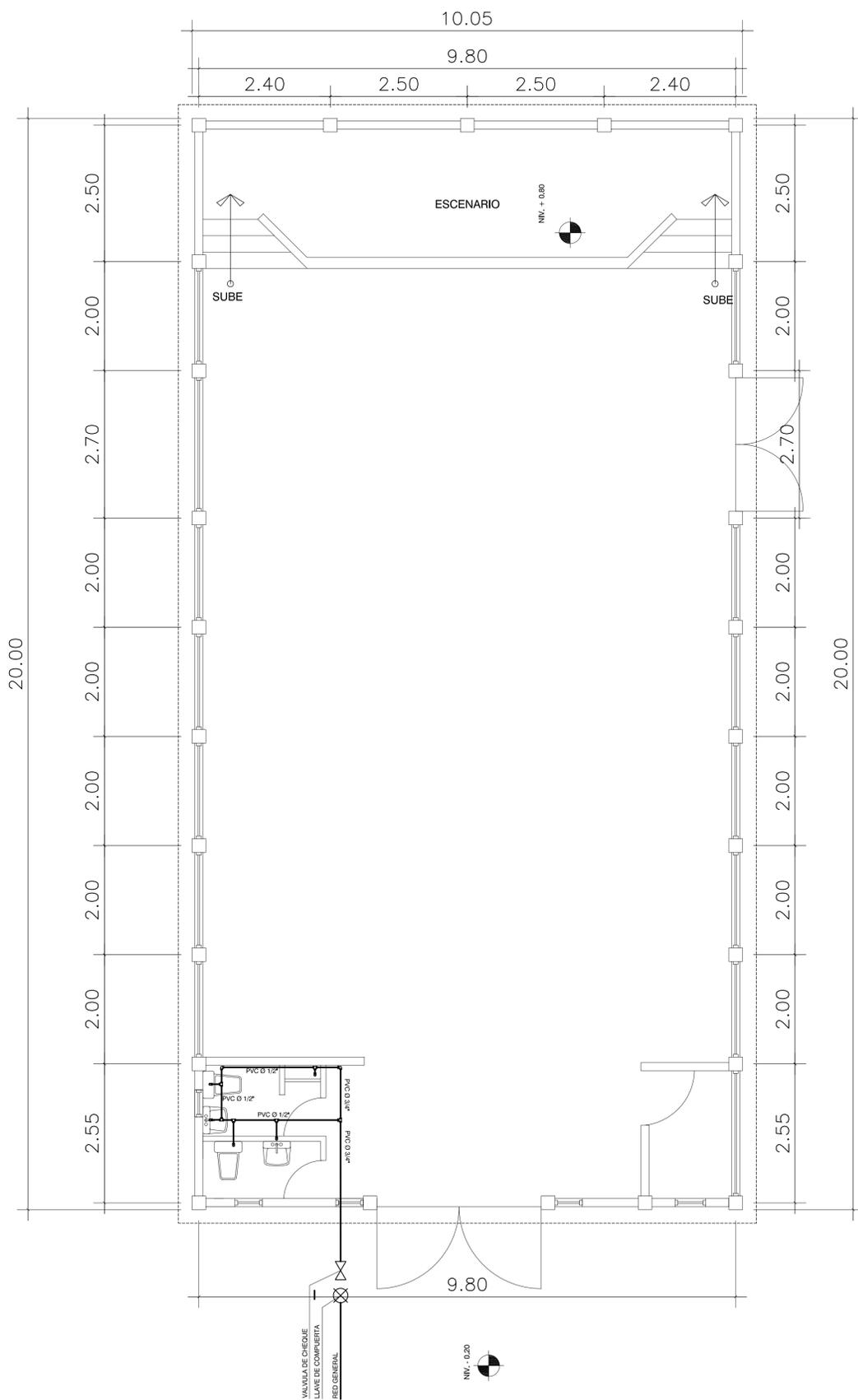
PROYECTO: EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA

ESTUARDO PEREZ / INGENIERO / INGENIERO / OCTUBRE 2010 / INDICADA

PLANTA DE TECHOS

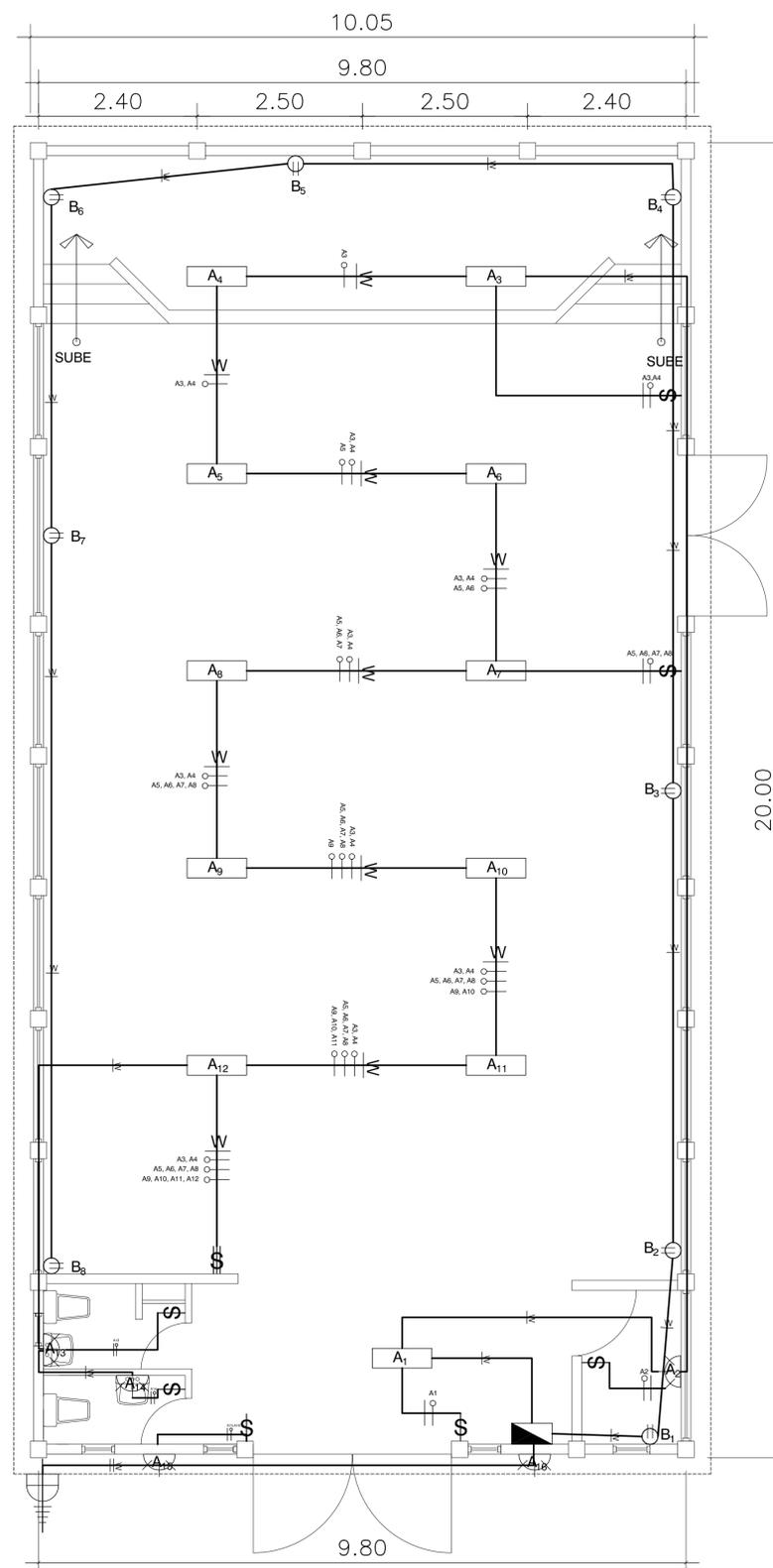
ING. JUAN MERCK COS / Vo.Bo. / ALCALDE MUNICIPAL

H.OJA: 4/6



PLANTA INSTALACIÓN HIDRAULICA

ESC. 1:75



PLANTA ENERGÍA E ILUMINACIÓN

ESC. 1:75

SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO - HIDRAULICA
—	TUBO PVC Ø INDICADO
⊗	LLAVE DE COMPUERTA
∞	VALVULA DE CHEQUE
⊥	TEE A 90°
⌋	CODO A 90°
⌋	CODO A 90° VERTICAL
○	REDUCIDOR BUSSHING

SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO - ELECTRICIDAD
⊕	MEDIDOR O CONTADOR ELÉCTRICO 220 V h= 1.80
⊕	LAMPARA EN MURO
A ₈	LAMPARA FLUORESCENTE DE DOS TUBOS DE 80 WATTS
■	CAJA DE DISTRIBUCION CON FLIP-ON DE 15 AMPERIOS PARA CIRCUITOS A Y B Y DE 30 AMP. PARA CIRCUITO C
—	CONDUCTO VISTO AÉREO
- - -	CONDUCTO SUBTERRANEO
+	CONDUCTOR POSITIVO DEL CIRCUITO THW -10 AWG
-	CONDUCTOR NEGATIVO THW -12 AWG
○	CONDUCTOR DE RETORNO THW -12 AWG
⊕	INTERRUPTOR SIMPLE
⊕	INTERRUPTOR TRIPLE
⊕	TOMACORRIENTES DOBLE DE 110 V
A ₈	INDICA EL CIRCUITO Y LA UNIDAD



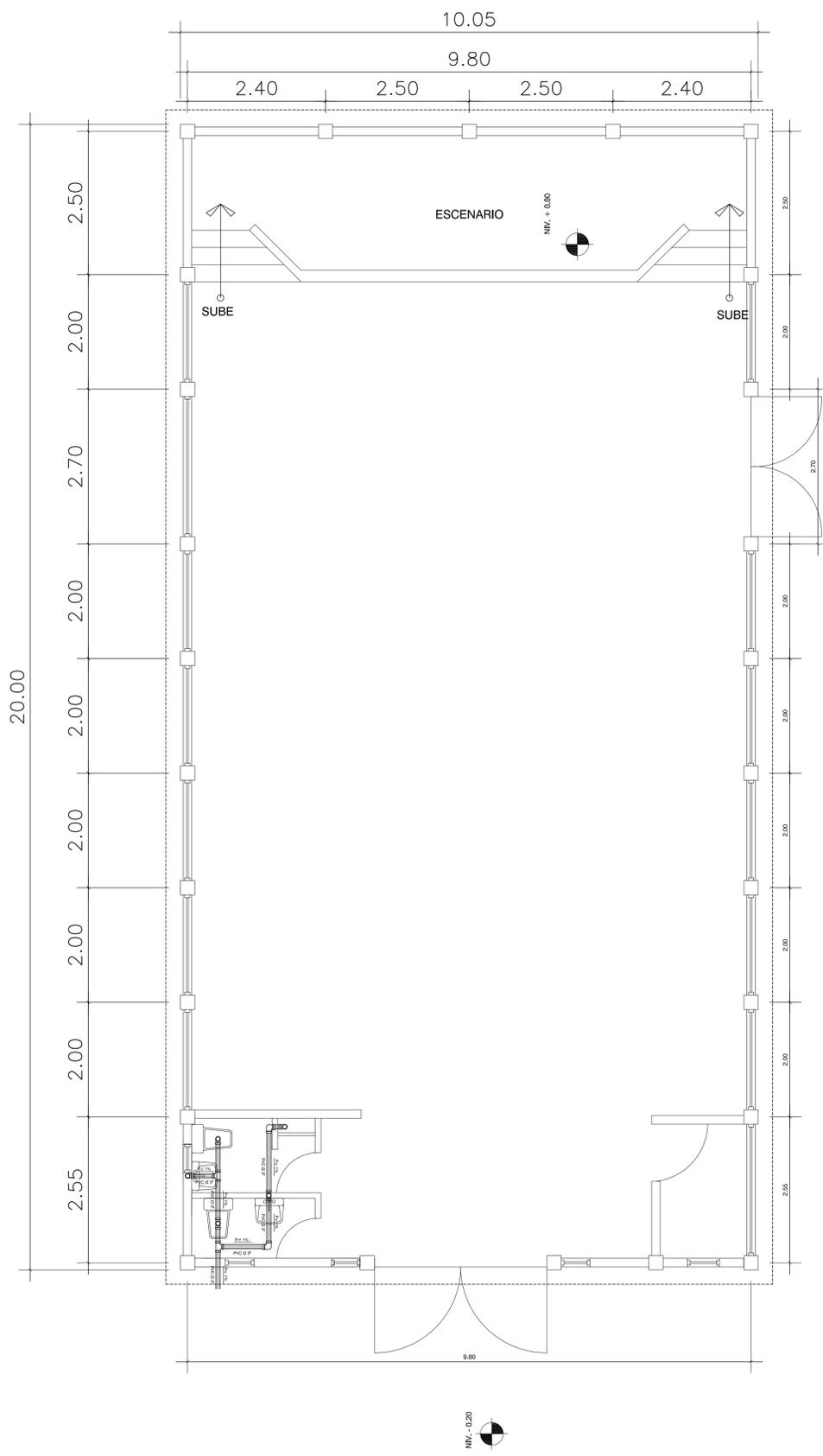
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL
DE LA ALDEA TIERRA COLORADA

PROYECTO: ESTUARDO PÉREZ / INGENIERO: ING. JUAN MERCK COS / FECHA: OCTUBRE 2010 / INDICADA

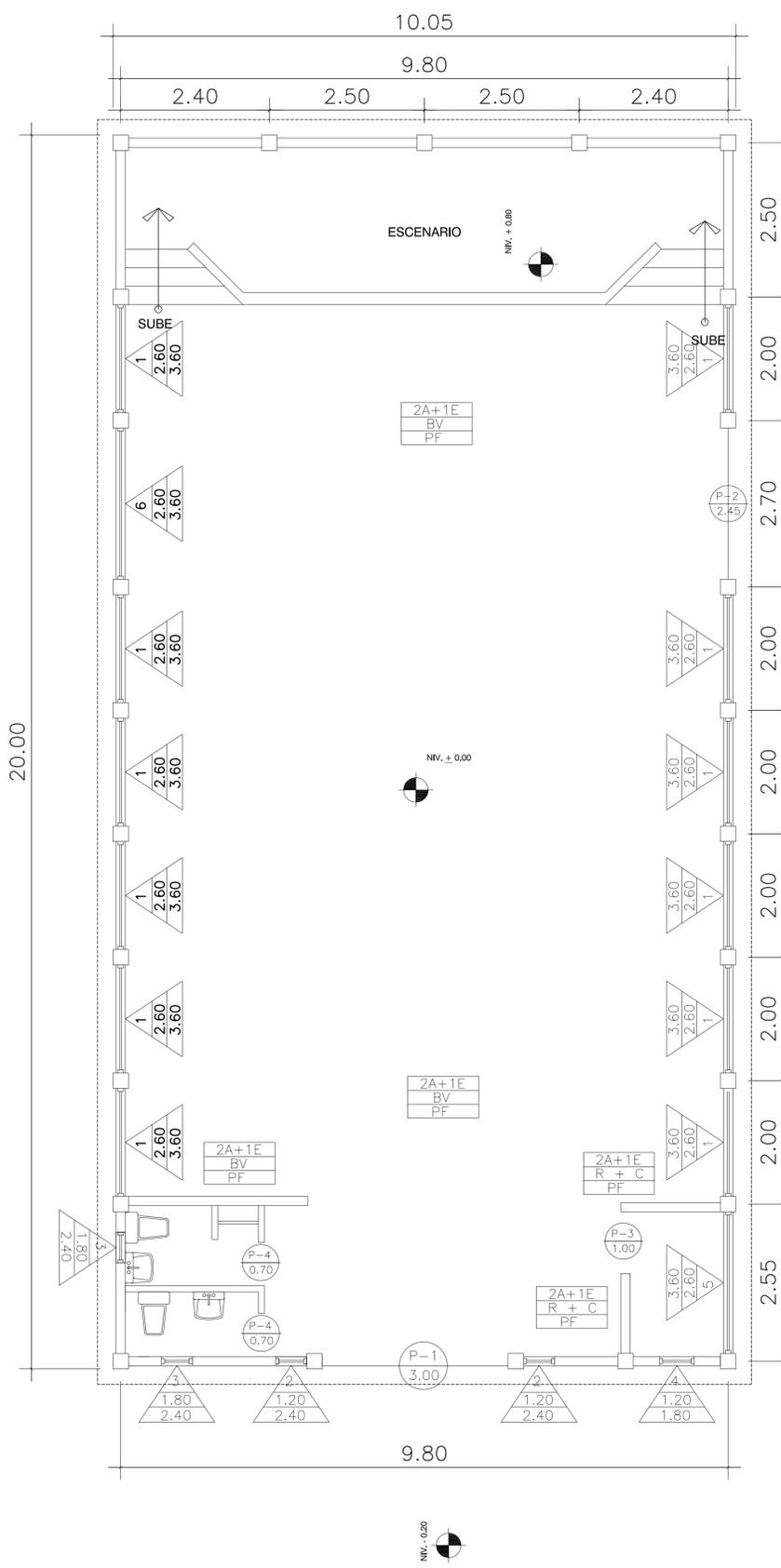
CONTIENE: PLANTA INSTALACIÓN HIDRAULICA Y PLANTA DE ENERGÍA E ILUMINACIÓN

ING. JUAN MERCK COS / Vo.Bo. / ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA DE DRENAJES

ESC. 1:75



PLANTA DE ACABADOS

ESC. 1:75

SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO - DRENAJE
	TUBERÍA PVC PARA DRENAJE
	TEE VERTICAL
	TEE HORIZONTAL
	CODO HORIZONTAL
	CODO VERTICAL
	REDUCIDOR PVC
P= 1%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	CANTIDAD	ANCHO	DINTEL	SILLAR
V-1	12	1.75	3.60	2.60
V-2	2	0.50	2.40	1.20
V-3	2	0.50	1.80	2.40
V-4	1	0.55	1.80	1.20
V-5	1	2.30	3.60	2.60
TOTAL	18	25.43 M ² DE VENTANERIA		

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTURA	OBSERVACIONES
P-1	1	3.00	2.75	METAL
P-2	1	2.45	2.40	METAL
P-3	1	1.00	2.05	METAL
P-4	2	0.70	2.05	METAL

NOMENCLATURA DE ACABADOS	
<p>Ventaneria</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 ← TIPO DE VENTANA 2 ← ALTURA DE SILLAR 3 ← ALTURA DE DINTEL 	<p>Puertas</p> <ul style="list-style-type: none"> P-1 ← TIPO DE PUERTA 1.00 ← ANCHO DE PUERTA
<ul style="list-style-type: none"> 2A+1E ← ACABADO EN ESTRUCTURA DE CUBIERTA BV ← ACABADO EN PARED PF ← ACABADO EN PISO 	
<p>2A+1E → 2 MANOS DE ANTICORROSIVO COLOR GRIS + 1 MANO DE ESMALTE NEGRO</p>	
<p>R + C → R = REPELLO C = CERNIDO</p>	
<p>BV → BLOCK VISTO, SOLERAS + COLUMNAS TALLADAS</p>	
<p>PF → PISO FUNDIDO DE 7 cm DE ESPESOR, EL ACABADO SERA UN ALIZADO, LLEVARA UNA CAPA DE MATERIAL SELECTO COMPACTADO, CON UN ESPESOR DE 10 cm COMO BASE DEL PISO</p>	

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS -

EDIFICACIÓN PARA EL SALÓN COMUNAL DE LA ALDEA TIERRA COLORADA

PROYECTO: ESTUARDO PÉREZ / INGENIERO: ING. JUAN MERCK COS / FECHA: OCTUBRE 2010 / INDICADA

PLANTA DE DRENAJES + PLANTA DE ACABADOS

ING. JUAN MERCK COS / Vo.Bo. / ALCALDE MUNICIPAL