



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE
SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL
ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO, EN EL
MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA**

Hernán Leonardo Cortés Urioste

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE
SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL
ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO, EN EL
MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

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

HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
EXAMINADOR	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
EXAMINADOR	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO, EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA,

tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 8 de noviembre de 2006.

Hernán Leonardo Cortés Urioste

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 13 de agosto de 2007
Ref. EPS. C. 488.08.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
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 de la Carrera de Ingeniería Civil, **HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA”**.

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

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“*Se y Enseñad a Todos*”

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



MAAO/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 13 de agosto de 2007
Ref. EPS. C. 488.08.07

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

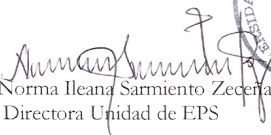
Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

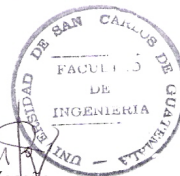
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Se y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 21 de agosto de 2007

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Atentamente y por este medio, envío a usted, el trabajo de graduación titulado: **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA”**. Este trabajo lo desarrolló el estudiante **HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE**.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la **APROBACIÓN DEL MISMO**, por parte del Asesor y de la Coordinadora de la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado y habiendo efectuado todas las observaciones técnicas, el suscrito lo da **POR APROBADO** en lo referente al tema de Ingeniería Sanitaria; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“**ID Y ENSEÑAD A TODOS**”

Ing. Pedro Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,
13 de septiembre de 2007

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

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 MÉTROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Hernán Leonardo Cortés Urioste, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabres
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Hernán Leonardo Cortés Urioste, titulado MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 MÉTROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO, EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, octubre 2007.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.371.2007

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: **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN TANQUE SEMIENTERRADO DE CUATRO COMPARTIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE 726 METROS CÚBICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE DICHO LÍQUIDO, EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Hernán Leonardo Cortés Urioste**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2007



/gdech

AGRADECIMIENTO

Padre Santísimo, hoy que fiel a tus promesas, me permites alcanzar el título universitario de Ingeniero Civil, no puedo dejar de agradecerte por todas esas personas que de una u otra forma pusiste en mi camino para hacerme sentir, a través de tantas muestras de amistad y de apoyo, ese inmenso amor que siempre me prodigas.

Es imposible mencionar a cada una de ellas, pero tengo la plena certeza que Tú, mi Señor, las tienes en tu tierno corazón y las bendices diariamente. No obstante, no puedo dejar de recordar a todos y cada uno de mis compañeros de clases, aquellos que alguna vez me apartaron un lugar especial en el aula, aquel que me hizo el favor de inscribirme en algún laboratorio, o aquel que con una actitud amistosa creó un ambiente en el que a pesar de la diferencia de edades, yo me pudiera sentir bien. Te agradezco Señor, por haberme dado la oportunidad de conocer a alguien tan especial como Julito Rojas, te pido por su salud y porque siempre lo colmes de bendiciones.

Te doy gracias por la tricentenaria Universidad de San Carlos, así como por la Facultad de Ingeniería a la que me has permitido pertenecer, te agradezco por aquellos docentes que sin egoísmos compartieron sus conocimientos, y también por aquellos que quizás aún no han llegado a entender en toda su dimensión el privilegio de ser un profesor universitario.

Señor, dice tu palabra que el que encuentra un amigo encuentra un tesoro, y yo debo agradecerte por haberme permitido conocer a los ingenieros Edgar Bravatti, Alfredo Arrivillaga, Davis Polanco y Manuel Salguero, a quienes además de su brillantez profesional los dotaste de un inmenso corazón. Bendícelos siempre, a ellos y a sus seres amados. Te doy gracias por el apoyo profesional del Ing. Oscar Asturias, del

Arq. Milton Polanco, del Ing. Alejandro Marroquín y de la Sra. Waleska Arriola de Cajas. Te agradezco muy especialmente por mis amigos de la Fraternidad Internacional de Hombres de Negocios del Evangelio Completo, así como por ese equipo tan especial de Tras las Huellas de Jesús. Gracias por Loren y su preciosa familia.

Yo sé Señor que si hay algo que uno no puede elegir, es la familia. ¿Qué palabras te pueden expresar mi gratitud por ese regalo tan maravilloso que me diste? Gracias por mi padre, quien indudablemente ocupa un lugar muy cerca de ti, por mi madre, por mi hermano y mis hermanas, por mis sobrinos y sobrinas, por mis amadas tías y mis primos y primas. Sus muestras de amor, apoyo y solidaridad los llevo en mi corazón.

Padre Santo, debo agradecerte que me hayas dado por compañía a Sandra Erica, una mujer ejemplar cuyo apoyo incondicional es innegable y porque llena todos mis días de felicidad.

Finalmente, Padre Bendito, te doy gracias por el inmenso gozo que me has regalado al permitirme reencontrarme con mi hijo Hernán Eduardo, y por la certeza que muy pronto me concederás la dicha de estrechar entre mis brazos a Carlos Alberto.

Padre Celestial, te entrego mi carrera de Ingeniero Civil, permíteme servirte a través de los más necesitados y por favor no permitas que jamás me aparte de tu santa voluntad.

¡En todo, Señor,
has hecho grande y glorioso a tu
pueblo;
nunca ni en ningún lugar
dejaste de ayudarlo!

(Sabiduría 19,22)

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA	1
1.1 Marco general	1
1.1.1 Antecedentes históricos	1
1.1.2 Ubicación	1
1.1.3 Límites y colindancias	2
1.1.4 Idiomas	2
1.1.5 Fiestas	2
1.1.6 Etnias	3
1.2 Recursos naturales	3

1.2.1	Clima	3
1.2.2	Fisiografía	3
1.2.3	Hidrología	4
1.3	Población	5
1.3.1	Por edad y sexo	5
1.3.2	Por área urbana y rural	5
1.3.3	Población económicamente activa	5
1.3.4	Descripción de la vivienda	7
1.4	Infraestructura productiva básica	7
1.4.1	Salud	7
1.4.2	Educación	8
1.4.3	Comunicaciones	8
1.4.4	Otros	9
1.5	Infraestructura organizacional del municipio	9
1.6	Actividades productivas	9
1.6.1	Agricultura	9
1.6.2	Pecuario	10
1.6.3	Comercio	10
1.6.4	Artesanía	11
1.6.5	Turismo	11

2	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1	Desarrollo del diseño de un tanque semienterrado de cuatro compartimientos para el almacenamiento de 726 metros cúbicos de agua potable, para el municipio de Palín, Escuintla	13
2.1.1	Descripción del problema	13
2.1.2	Estudios preliminares	14
2.1.2.1	Población actual	14
2.1.2.2	Población futura	14
2.1.2.3	Período de diseño	14
2.1.2.4	Estudio de suelos	15
2.1.2.4.1	Valor soporte	16
2.1.2.4.2	Límites	16
2.1.2.4.3	Granulometría	17
2.1.3	Desarrollo del diseño del tanque de almacenamiento	18
2.1.3.1	Predimensionamiento y condiciones de carga	18
2.1.3.2	Diseño de los muros exteriores	22
2.1.3.2.1	Parte inferior del muro, sometida a la carga del suelo	24
2.1.3.2.2	Parte superior del muro, sometida a la carga del agua	28
2.1.3.3	Diseño de los muros interiores	31
2.1.3.4	Diseño de la losa del fondo	34
2.1.3.5	Diseño de la losa de la tapadera	40

2.2 Diagnóstico de la calidad del agua que se distribuye	45
2.2.1 Descripción del problema	45
2.2.2 Determinación de los puntos del muestreo	46
2.2.3 Calidad físico química del agua	47
2.2.4 Calidad bacteriológica del agua	47
2.2.5 Resultados	48
2.2.6 Interpretación de los resultados	50
2.2.7 Conclusiones y recomendaciones sanitarias	50
3 ANÁLISIS ECONÓMICO	53
3.1 Relación beneficio-costos	53
3.2 Presupuesto	55
3.3 Costo de operación y mantenimiento	55
3.4 Costo del monitoreo de la calidad del agua	61
4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	63
4.1 Amenaza existente	63
4.2 Tipos de vulnerabilidad	63
4.3 Medidas de mitigación	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
APÉNDICE A	71
Plano de ubicación	73
Proyección isométrica, planta y perfiles del proyecto	75
Plano de armado del tanque	81

Plano de armado de la losa de cimentación	83
Plano de armado de la losa superior	85
Compendio de planos	87
APÉNDICE B	91
Estudio de suelos	93
APÉNDICE C	99
Resultados de los análisis de la calidad del agua	101
ANEXOS	105
(Véase índice de tablas)	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Plano de planta del proyecto.	20
2. Condiciones de carga.	21
3. Patrón de agrietamiento cuando el tanque está vacío.	23
4. Patrón de agrietamiento cuando el tanque está lleno.	23
5. Distintos tipos de apoyos de las losas	115

TABLAS

I.Población por edad y sexo.	6
II.Flujo neto de fondos proyectado.	56
III.Valor Actual Neto. Relación Beneficio-Costo.	57
IV.Áreas de varillas en losas de concreto reforzado por pie de ancho.	107
V.Coefficientes para los momentos negativos en las losas.	109
VI.Coefficientes para los momentos positivos producidos en las losas por las cargas muertas.	111
VII.Coefficientes para los momentos positivos producidos en las losas por la carga viva.	113

LISTA DE SÍMBOLOS

e	Espesor
P_p	peso propio
Vol	Volumen
γ_c	peso específico del concreto
γ_{H_2O}	peso específico del agua
M	metro (s)
Kg	kilogramo (s)
Kg/m³	kilogramo (s) por metro cúbico
Kg/m²	kilogramo (s) por metro cuadrado
Kg/cm²	kilogramo (s) por centímetro cuadrado
Ton/m²	tonelada (s) por metro cuadrado
Ton/m³	tonelada (s) por metro cúbico
Lb/p	libra (s) por pie
Lb/p²	libra (s) por pie cuadrado
Lb/p³	libra (s) por pie cúbico
f'_c	resistencia específica a la compresión del concreto
f_y	esfuerzo de fluencia específico del acero
W	peso específico del suelo
H	altura del muro
ϕ	factor de reducción de resistencia (por flexión, para apoyo de compresión)
M_{\phi}	momento último
A_g	área efectiva de la sección transversal del muro

ρ	relación de refuerzo
f_b	esfuerzo de apoyo
A_{sv}	área de acero vertical
A_{sh}	área de acero horizontal
A	peralte del bloque rectangular de esfuerzo
C	fuerza de compresión del concreto
B	ancho de la franja analizada
D	peralte efectivo de la sección para realizar el análisis de los esfuerzos, desde el centroide del acero hasta el borde de la zona sujeta a compresión
P	presión total del agua
T	fuerza de tensión interna
b'	ancho de apoyo de la viga
l_c	distancia vertical entre los apoyos laterales
T	espesor de una losa maciza
V	fuerza cortante máxima
CUT	carga última total

GLOSARIO

Agua potable	Agua sanitariamente segura y que es agradable a los sentidos.
Análisis físico químico	Determinación de las especificaciones y características físico-químicas del agua.
Análisis bacteriológico	Determinación de las especificaciones y características bacteriológicas del agua.
Contaminación	Presencia de cualquier sustancia en el agua, sea física, química, biológica o radiológica.
Dotación	Es el agua total abastecida al sistema de distribución al año, expresada comúnmente en litros/habitante/día.
Fisiografía	Descripción física y geográfica de determinado territorio.
Muestra	Subconjunto de una población que generalmente se selecciona al azar y que en un altísimo porcentaje de ocasiones reproduce su comportamiento.

Población	Conjunto de elementos que comparten por lo menos una característica.
Suelo	Cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos.
VAN	Valor actual neto. Es la diferencia de todos los ingresos y los egresos expresados en moneda actual.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación hace una breve descripción de las características geográficas y socioeconómicas del municipio de Palín, Escuintla.

En respuesta a la necesidad planteada por sus autoridades municipales, presenta detalladamente el cálculo estructural de un tanque de almacenamiento de 726 metros cúbicos, el cual es acompañado de los planos respectivos.

Como un complemento de lo anterior; se hacen los análisis físico químico y bacteriológico del agua que actualmente se distribuye, de cuyos resultados se hacen las recomendaciones sanitarias pertinentes. Dichos resultados se encuentran en los apéndices del presente estudio.

OBJETIVOS

General

Contribuir con la municipalidad de Palín en la mejora del sistema de distribución de agua potable, mediante la entrega de la memoria de cálculo y los planos para la construcción de un depósito semienterrado con una capacidad de 726 metros cúbicos, que substituirá al que actualmente está en uso, así como un análisis de la calidad del agua que se distribuye.

Específicos

1. Describir detalladamente las características arquitectónicas del depósito.
2. Describir detalladamente el cálculo estructural del depósito.
3. Determinar la calidad del agua para consumo humano que actualmente se distribuye y sugerir las medidas sanitarias necesarias para resolver cualquier problema de contaminación.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Palín del departamento de Escuintla, cuenta en la actualidad con un depósito para almacenar agua potable, el que en principio, fue diseñado para ser utilizado como una piscina. Luego de algún tiempo, se ha encontrado que dicho depósito presenta algunas grietas que ocasionan una fuga permanente de agua, lo que trae como consecuencia, la disminución del caudal disponible y los problemas sanitarios que el exceso de humedad produce en los alrededores del depósito.

Por lo anteriormente descrito, las autoridades municipales del municipio de Palín, han decidido construir un depósito que sustituya al que está actualmente en uso, por lo que el presente trabajo de graduación presenta el proceso del cálculo estructural de un depósito de agua con un volumen de 726 metros cúbicos. Dicho depósito está formado por cuatro compartimientos, decisión que se tomó considerando que la respuesta a un sismo será más eficiente si el volumen total del agua contenida, se encuentra dividido.

Este trabajo de graduación describe detalladamente las consideraciones de diseño, tanto desde el punto de vista arquitectónico como del estructural, incluyendo información importante como las especificaciones, los planos de construcción y el presupuesto.

Así mismo, considerando la importancia del abastecimiento de agua potable para el consumo humano, el trabajo presenta el diagnóstico de la calidad del agua que actualmente se distribuye en Palín.

Dicho diagnóstico incluye una descripción detallada de la toma de las muestras, los resultados de los análisis de campo y de laboratorio de los parámetros representativos de la calidad del agua, los que se realizaron con el apoyo del laboratorio de química y microbiología sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA

1.1 Marco general

1.1.1 Antecedentes históricos

Durante los primeros años del período hispánico, Palín es denominado como San Cristóbal de Palín, porque fue puesto bajo la advocación de San Cristóbal y a la fecha se celebra la fiesta titular del municipio en su honor, el 30 de julio de cada año. Antes, Palín fue ubicado en el lugar que hoy se denomina “El Pueblo Perdido” o “El Pueblecito”, en las montañas del Chilar.

Palín se instituyó como un distrito independiente por Decreto del 6 de noviembre de 1839 junto con Amatitlán y Villa Nueva para su gobierno político, durante el gobierno de Mariano Rivera Paz.

Palín se conformó como municipio por Acuerdo del Ejecutivo el 16 de octubre de 1867 y pasó a formar parte del departamento de Escuintla por Decreto Legislativo No. 2081 del 29 de abril de 1935.

1.1.2 Ubicación

El municipio de Palín se encuentra ubicado a 1137 metros sobre el nivel del mar, siendo sus coordenadas Latitud Norte 14°24'14" y Longitud Oeste 90°41'55". Se localiza en la hoja cartográfica 2059 II de Amatitlán y se accede a él por medio de la ruta nacional CA-9 ó 3 (Interamericana) en el kilómetro 40.

1.1.3 Límites y colindancias

Palín tiene un área aproximadamente de 88 Kms², localizado a 40 kilómetros de la ciudad capital y a 17 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla.

El municipio de Palín colinda al norte con Amatitlán, en el departamento de Guatemala; y con Santa María de Jesús y Alotenango, en el departamento de Sacatepéquez, al este y al sur limita con San Vicente Pacaya, del departamento de Escuintla, y al oeste con el municipio de Escuintla.

1.1.4 Idiomas

El idioma indígena predominante es el Poqomam central. También se habla el español.

1.1.5 Fiestas

En Palín se organizan bailes folclóricos que representan estampas, leyendas o tradiciones propias como lo son: Los Fieros, El Baile de Los Moros y Cristianos, Los Diablos, El Baile de la Conquista, El Baile de Los Negritos, Baile de Disfraces, el Convite, los Partideños, El Venado, Napoleón y Moctezuma.

Estos bailes en su mayoría, son ejecutados por personas poqomames.

Como una tradición se celebra la Quema de Judas el Sábado de Gloria, en la cual se lee el Testamento con una jerga popular, en la cual se mencionan pasajes relevantes acontecidos durante el año en el municipio.

1.1.6 Etnias

El municipio de Palín es el único pueblo Poqomam que existe en la cabecera departamental, cuenta con un 80% de población de origen maya y 20% de mestizos, aunque en los últimos años han emigrado muchas familias de diferentes lugares del país, así como personas de otros países.

A pesar de esto, la sociedad de Palín sigue siendo una sociedad con una estructura capaz de practicar sus costumbres y tradiciones que representan la esencia de una cultura que vive.

1.2 Recursos naturales

1.2.1 Clima

Palín tiene un clima muy variable, con temperaturas que oscilan entre los 18 y 30 grados centígrados.

1.2.2 Fisiografía

El municipio de Palín, como parte del departamento de Escuintla, se encuentra situado en la Región V o Región Central del país.

El suelo de Palín, fundamentalmente, está constituido de material volcánico.

1.2.3 Hidrología

Los ríos que atraviesan el municipio de Palín son los siguientes:

El Amatillo
El Chorro
El Salto
El Tempisque
El Yoyo
La Nopalera
Los Pocitos
Verde

Palín cuenta con los siguientes zanjones:

El Brujo
La Palina
Las Lajas
Montecristo
Parajalau
Santa María

También se pueden mencionar las quebradas que se encuentran en este municipio:

Agua Blanca
El Barretal
El Encanto
El Naranjito

El Rodeo
El Zapote
Los Lavaderos.

1.3 Población

1.3.1 Por edad y sexo

Ver tabla I

1.3.2 Por área urbana y rural

En el departamento de Escuintla predomina la población de residencia rural, que corresponde al 63%. En el caso específico del municipio de Palín, la población urbana está compuesta por el 61% y la rural por el 39%.

1.3.3 Población económicamente activa

Es el conjunto de personas de 7 años y más que durante el período de referencia censal, ejercieron una ocupación o la buscaban activamente. La PEA, la integran los ocupados y los desocupados.

Los datos que se presentan a continuación corresponden al censo del año 2002.

Hombres	8343
Mujeres	3662
Total	12005

	29 días a <2 meses	2 meses a <1 año	1 a <2 años	2 a <3 años	3 a 4 años	5 a <9 años	9 a <10 años	10 a 14 años	15 a 19 años	20 a 24 años	25 a 39 años	40 a 49 años	50 a 59 años	60 a 64 años	60 a 64 años	70 a mas	Total
Masculino	30	169	263	326	520	1311	319	1278	1041	968	2112	827	490	167	111	204	10136
Femenino	17	165	265	303	527	1214	331	1207	1178	1107	2346	853	522	161	111	168	10475
Total	47	334	528	629	1047	2525	650	2485	2219	2075	4458	1680	1012	328	222	372	20611

Tabla I. Población por edad y sexo.

La población económicamente activa por categoría ocupacional, sin incluir a los que buscaron trabajo por primera vez se clasifica así:

Patrono (a)	1124
Cuenta propia	2908
Empleado (a) público (a)	559
Empleado (a) privado (a)	6906
Familiar no remunerado	441
Total	11938

La clasificación de la población económicamente inactiva es la siguiente:

Hombres	6105
Mujeres	11271
Total	17376

1.3.4 Descripción de la vivienda

El municipio de Palín cuenta con un total de 5370 viviendas, de las cuales 4833 (90%) tienen acceso a agua potable, 2041 (38.01%) tienen letrina o inodoro y 1880 (35.01%) tienen servicio de alcantarillado.

1.4 Infraestructura productiva básica

1.4.1 Salud

El municipio de Palín cuenta con un Centro de Salud tipo “B”.

1.4.2 Educación

Como un indicador muy importante, se tiene que en el año 1994 el porcentaje de analfabetismo era de 16.7%, mientras que en el año 2000, dicho porcentaje aumentó a 30.2 %, lo que evidencia que este aspecto tan importante, sufre un marcado deterioro.

Otros indicadores que es importante conocer, son los siguientes: la tasa neta de escolaridad del nivel preprimario es de 62.25%, la tasa de deserción en el nivel primario es de 7.49% y la tasa de repitencia en la primaria es de 16.55% para los niños y de 12.12% para las niñas.

1.4.3 Comunicaciones

Para comunicarse, el municipio de Palín, cuenta con una oficina de Correos y Telégrafos, Teléfonos y correo privado. Por vía terrestre, el municipio se comunica por carretera asfaltada con la cabecera departamental de Escuintla, Amatitlán, Villa Nueva, la Ciudad Capital, así como con Santa María de Jesús y la ciudad de Antigua Guatemala.

La cabecera municipal se comunica por medio de carreteras de terracería y caminos vecinales, con sus aldeas, caseríos y fincas.

Otros medios de comunicación con los que el municipio de Palín cuenta, son dos empresas de cable, una estación de radio local y servicios de Internet.

1.4.4 Otros

El municipio de Palín cuenta con una estación y una subestación de la Policía Nacional Civil.

1.5 Infraestructura organizacional del municipio

Además de la infraestructura ya mencionada como las carreteras, la oficina de correos, la estación y subestación de la Policía Nacional Civil y el Centro de Salud, el municipio cuenta con escuelas, la Iglesia y la municipalidad.

1.6 Actividades productivas

1.6.1 Agricultura

La economía de Palín fundamentalmente, es de carácter agrícola. Su producción principal es el café y las frutas, ya que gran parte de la población se dedica a este oficio.

La mayor parte de las frutas producidas en Palín es consumida internamente, siendo sus principales productos el café, banano, naranja, mandarina, jocote, piña y pacaya.

Del café se puede mencionar el hecho de que son 3647 las hectáreas dedicadas a su cultivo, las cuales producen aproximadamente 92595 quintales de café en pergamino. Este café se distribuye nacional e internacionalmente.

Del municipio de Palín, 15 hectáreas están dedicadas a la producción forestal.

1.6.2 Pecuario

La producción pecuaria de Palín incluye el pollo de engorde con un total de 304512 aves, también las gallinas ponedoras con una producción de 325500 huevos y la carne de porcino que proviene de 13827 cerdos. Todo este producto se distribuye a nivel nacional.

1.6.3 Comercio

En el aspecto comercial, el municipio de Palín, cuenta con un mercado instalado en el centro de la población. Dicho mercado es famoso y conocido a nivel nacional e internacional, porque es una de las plazas en donde se adquiere una gran variedad de las frutas producidas por el pueblo y especialmente porque en el centro del mismo se encuentra una inmensa Ceiba –uno de los símbolos patrios-, la cual es admirada por los turistas que visitan el municipio.

La mayor actividad del mercado se desarrolla los días miércoles, viernes y domingo.

El municipio es famoso por sus ventas de frutas y verduras, así como la iguana en iguashte, y sus diferentes atoles.

También es muy admirado el municipio, por el colorido de los trajes típicos de las vendedoras del mercado, bajo la frondosa Ceiba, en el centro de la población.

Aparte de la actividad comercial en el mercado, existe una cantidad aproximada de 290 locales comerciales entre los que hay tiendas, carnicerías, abarroterías, etc.

Se cuenta en el municipio con varias blockeras, granjas avícolas, porcinas y de ganado vacuno.

Existen también cuatro gasolineras, dos rastros y una empresa que se dedica a explotar material pétreo.

Se encuentran instaladas en el territorio, varias fábricas e industrias, entre las que se pueden mencionar GALNASA, METACRIL,S.A., ILGUA, QUILUBRISA, Procesadora de Mango, Alianza, VALCASA, La Izotera, Filtraciones de Centro América. S.A., Empresa Nacional de Plásticos y Resinas, Shin Won, Kwang Lim y otras empresas maquiladoras.

1.6.4 Artesanía

Entre las artesanías, se encuentran los tejidos elaborados a mano por muchas mujeres indígenas, con los que producen paños, fajas, güipiles, servilletas y adornos típicos.

1.6.5 Turismo

El principal atractivo turístico del municipio lo constituye la frondosa Ceiba, anteriormente mencionada, la cual cobija a las vendedoras de ascendencia maya, quienes con el colorido

de sus trajes típicos ofrecen una vista muy apreciada por las personas visitantes.

Otro motivo de atracción turística para nacionales y extranjeros son las costumbres de los nativos pocomames, así como las celebraciones de los diferentes santos, con cofradías y los bailes tradicionales señalados en el inciso 1.1.5.

Pequeños turicentros como Automariscos, La Red y Buenos Aires, también forman parte de los centros de atracción turística del municipio de Palín.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Desarrollo del diseño de un tanque semienterrado de cuatro compartimientos para el almacenamiento de 726 metros cúbicos de agua potable, para el municipio de Palín, Escuintla

2.1.1 Descripción del problema

El municipio de Palín tiene un tanque de distribución de agua potable que provee de este líquido a aproximadamente 4000 habitantes.

Dicho tanque, llamado “Las Victorias“, originalmente fue diseñado para ser utilizado como una piscina, por lo que su capacidad, en la actualidad es insuficiente para atender la demanda, lo que obliga a la municipalidad a ofrecer el servicio en forma intermitente, es decir, un día si y otro no, con el consiguiente riesgo de contaminación que existe cuando las personas almacenan el agua para utilizarla el día en que no les es provista por la municipalidad. Si se agrega el hecho de que se han encontrado grietas en su estructura, es fácil imaginar los problemas de pérdida de agua y de una presencia excesiva de humedad en los alrededores, con los consecuentes problemas sanitarios.

Lo anterior explica la necesidad de construir un nuevo tanque de distribución, el que, según los requerimientos de las autoridades municipales, debe ser semienterrado con una capacidad de aproximadamente 726 metros cúbicos, volumen suficiente para

abastecer a aproximadamente 1,210 familias de 6 miembros cada una, si se les asigna una dotación de 100 litros/habitante/día.

Por otro lado, según información obtenida en el Centro de Salud de la localidad, existen indicios de que la fuente subterránea de la que se obtiene el agua para su distribución, se encuentra contaminada, por lo que es imprescindible hacer una evaluación de la calidad de la misma, para que, dado el caso, se propongan las medidas sanitarias que la situación amerite.

2.1.2 Estudios preliminares

2.1.2.1 Población actual

De acuerdo con lo señalado en el inciso anterior, actualmente la población a la que se provee del agua almacenada en el tanque “Las Victorias” es de aproximadamente 4,000 personas.

2.1.2.2 Población futura

Si se considera una tasa anual de crecimiento de la población de 2.5% y se supone un comportamiento geométrico del mismo, se tiene que la población atendida dentro de 21 años será de 6,718 personas, es decir, aproximadamente 1,119 familias.

2.1.2.3 Período de diseño

De acuerdo con la normativa del INFOM, si se estima un año para la realización de las gestiones previas a la ejecución del proyecto, el período de diseño es de 21 años.

2.1.2.4 Estudio de suelos

La realización de un estudio de suelos debiera ser siempre una parte importante de cualquier proyecto a fin de tener la certeza de la clase de terreno sobre el cual se construye y evitar en el futuro cualquier desagradable sorpresa como lo serían hundimientos o cambios de volumen inesperados que podrían provocar problemas serios en las estructuras.

Desafortunadamente parece ser que no se tiene una conciencia muy clara de la importancia de la realización de este tipo de estudios, además de que no existe mucha información sobre la forma de realizarlos.

La realización de este trabajo va orientada hacia el conocimiento pleno de las características del suelo en el terreno en donde se espera, se construya el tanque de distribución de agua potable, diseñado en este trabajo de graduación, con el propósito de establecer si es un lugar lo suficientemente sólido que no implique consideraciones especiales en lo referente a su cimentación.

Las características que son de particular interés para la realización de este trabajo son: el valor soporte, los límites de Atterberg y la granulometría, de las cuales, a continuación se hace una breve descripción.

El estudio de la muestra obtenida, se realizó en el laboratorio de la empresa Geingeniería y sus resultados forman parte del apéndice de este documento.

2.1.2.4.1 Valor soporte

Se entiende como la capacidad de soporte, la carga por unidad de superficie que no produce más que una deformación prevista para diferentes condiciones de carga.

2.1.2.4.2 Límites

El científico sueco, Atterberg, desarrolló un método para describir cuantitativamente el efecto de la variación de la humedad en la consistencia de los suelos de granos finos.

Atterberg logró establecer cuatro estados de consistencia de los suelos, siendo éstos: el estado líquido, el plástico, el semisólido y el sólido, definiendo además, los límites entre cada uno de ellos. Dichos límites son, el líquido que separa el estado líquido del plástico, el límite plástico que separa el estado plástico del semisólido y el límite de retracción que separa el estado semisólido del sólido.

Cada uno de los límites está definido por la humedad que produce una consistencia determinada, y la diferencia entre dichos límites, representa la variación en el contenido de agua dentro de la cual el suelo se mantiene en cierto estado.

Los límites de Atterberg son poco significativos, no obstante, son muy útiles como índices de las propiedades características del suelo.

Se ha encontrado, por ejemplo, que el límite líquido es proporcional a la compresibilidad del suelo. Por otro lado, el índice de plasticidad (IP) que representa la variación en humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico, se obtiene calculando la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

En el presente caso, se encontró que el límite líquido es del 20% y el límite plástico es del 18%, por lo que el índice de plasticidad es del 2%.

Este último valor es particularmente importante, porque se ha encontrado que junto al límite de retracción, dan alguna indicación del cambio potencial de volumen del suelo. Cuando el índice de plasticidad tiene un valor entre 0 y 15, el cambio de volumen del suelo es *probablemente bajo*, lo cual significa que el tanque de distribución diseñado, muy difícilmente estará sometido a esfuerzos debido a cambios volumétricos del suelo.

2.1.2.4.3 Granulometría

Los ensayos de granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo con su tamaño.

La distribución de las partículas con tamaño superior a 0.075 mm se determina mediante tamizado, con una serie de mallas normalizadas.

Para partículas menores que 0.075 mm, su tamaño se determina observando la velocidad de sedimentación de las partículas en una suspensión de densidad y viscosidad conocidas.

La graduación o análisis granulométrico permite conocer la distribución por tamaño de la fracción de una muestra de suelo menor a 80 mm y con base en ella se pueden definir a los suelos como bien graduados, uniformes y de granulometría discontinua. Los suelos bien graduados contienen una buena proporción de partículas de todos los tamaños, variando de gruesas a finas. En este tipo de suelos las partículas finas tienden a encajar entre las partículas gruesas, con lo que se reduce a un mínimo la cantidad de huecos. En los suelos uniformes todas las partículas son de aproximadamente del mismo tamaño. Los suelos de granulometría discontinua son mezclas de partículas de tamaño grueso uniforme y partículas finas también de tamaño uniforme, faltando partículas de tamaño intermedio entre las gruesas y las finas. Todos los suelos que no están bien graduados, se denominan genéricamente mal graduados.

2.1.3 Desarrollo del diseño del tanque de almacenamiento

2.1.3.1 Predimensionamiento y condiciones de carga

Con el fin de tener una idea del tanque que se pretende

diseñar, en la figura 1 se presenta el plano de la planta del mismo.

En la figura 2 se presentan las condiciones de carga, tanto en el caso en el que el tanque está vacío como cuando está lleno.

Según Parker-Ambrose, en los muros estructurales la relación de esbeltez (altura sin apoyo dividida entre el espesor) no deber ser mayor que 25.

En este caso:

$$\frac{6}{e} \leq 25$$

$$\text{de donde } e = \frac{6}{25} = 0.24 \text{ m}$$

Por lo tanto, en principio se decide construir muros de 25 centímetros de espesor.

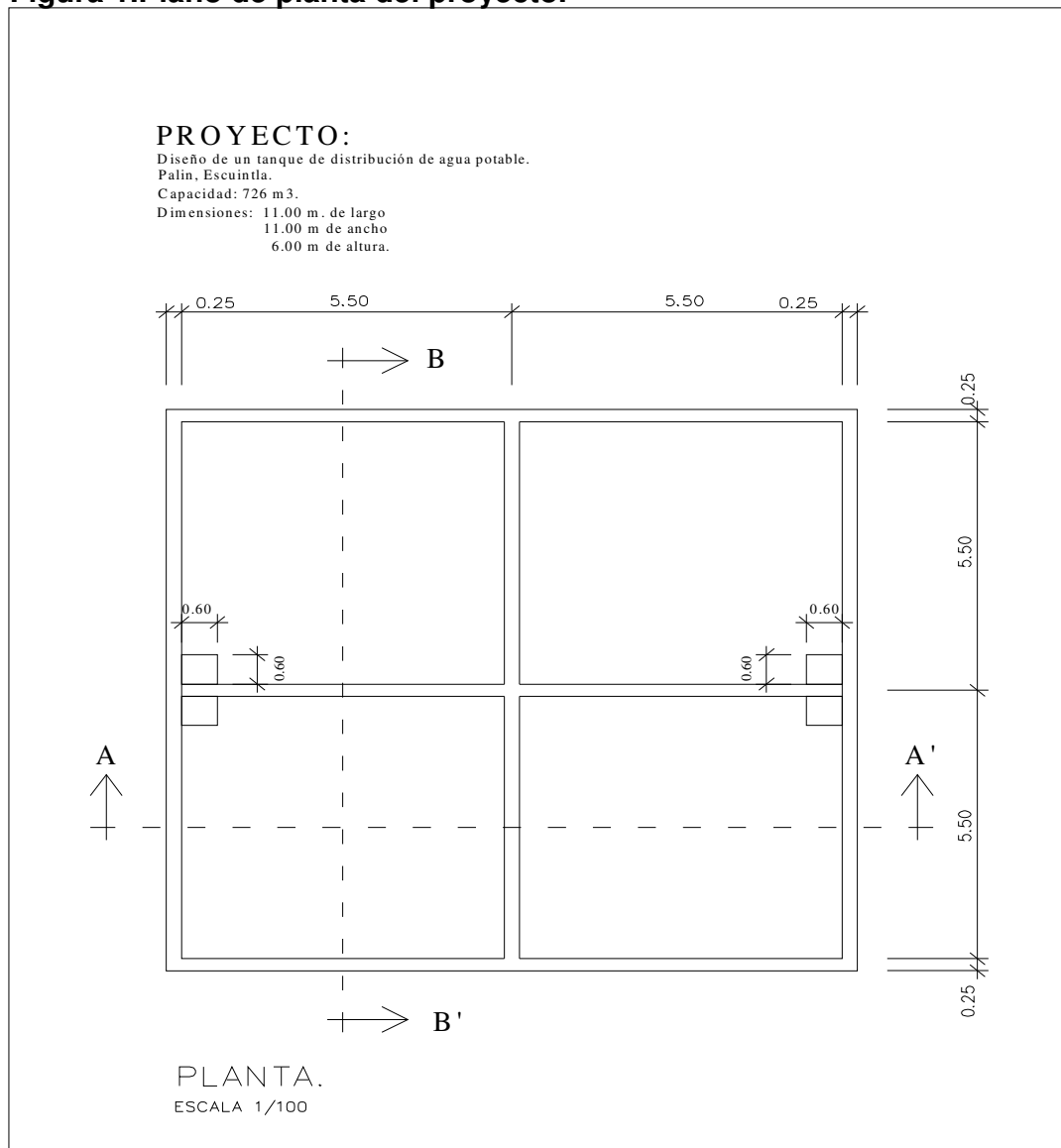
De lo anterior se desprende que el peso propio de cada uno de los muros es:

$$\begin{aligned} P_{Pm} &= \text{Vol} * \gamma_c \\ &= 11 * 6 * 0.25 * 2400 \\ &= 39600 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

El peso de la tapadera, si se supone un espesor de 10 centímetros es:

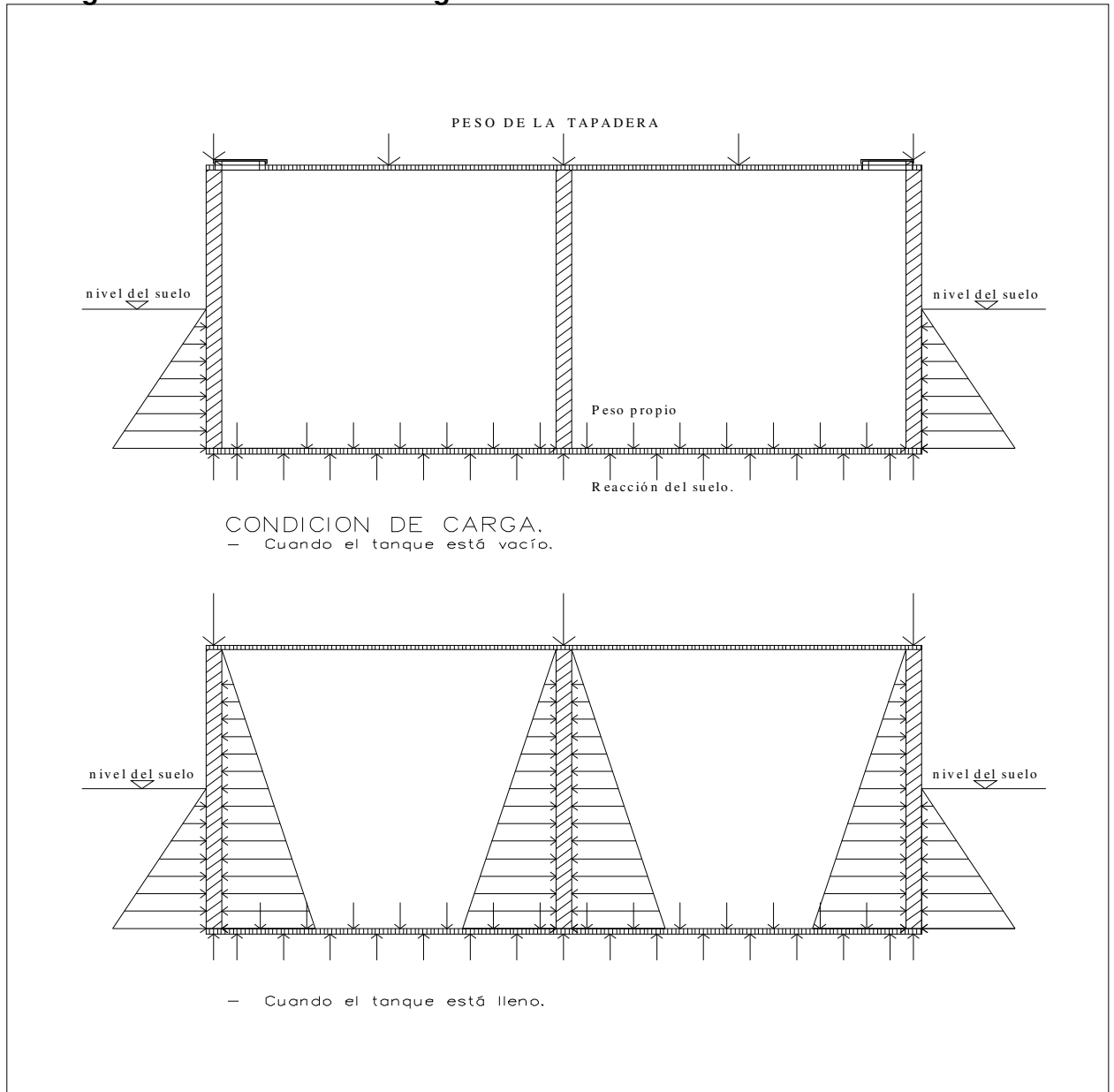
$$P_{Pt} = 11 * 11 * 0.10 * 2400 = 29040 \text{ Kg.}$$

Figura 1. Plano de planta del proyecto.



MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.			ESCALA: 1/100	FECHA: JUNIO 2007
	EPESISTA. HERNAN CORTES U.	VoBo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.			

Figura 2. Condiciones de carga.



MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.			ESCALA: 1/100	FECHA: JUNIO 2007
	EPESISTA. HERNAN CORTES U.	VoBo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.			

El peso de la losa del fondo, si se supone un espesor de 25 centímetros es:

$$P_{Plf} = 11.75 * 11.75 * 0.25 * 2400 \\ = 82837.50 \text{ Kg.}$$

El peso del agua que contendrá el depósito (cuyo peso específico γ_{H_2O} es 1000 Kg/m^3) es:

$$P_A = 11 * 11 * 6 * 1000 \\ = 726000 \text{ Kg.}$$

Por lo tanto, la presión sobre el suelo es:

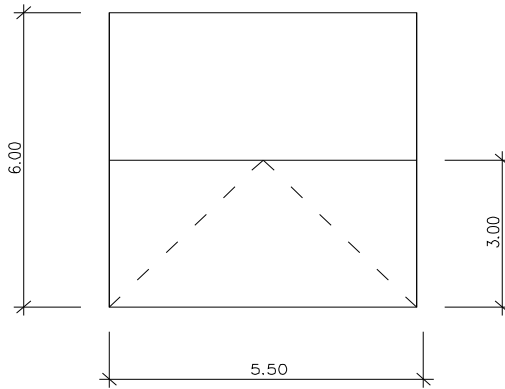
$$P = \frac{39600 * 6 + 29040 + 82837.5 + 726000}{11.75 * 11.75}$$

$$P = 7789.79 \text{ Kg/m}^2 = 7.79 \text{ Ton/m}^2 = 1447.43 \text{ Lb/p}^2$$

2.1.3.2 Diseño de los muros exteriores

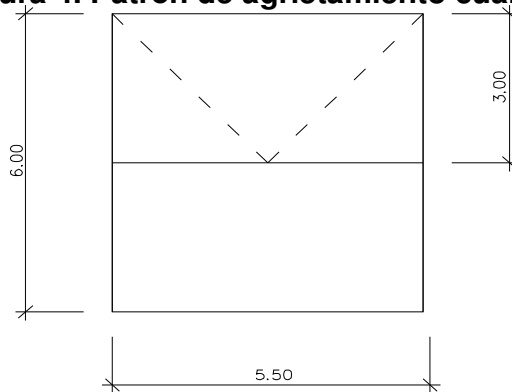
Cuando el tanque está vacío, se encuentra sometido a la presión que le hace el suelo en su mitad inferior, por lo que el patrón de agrietamiento es como se muestra a continuación:

Figura 3. Patrón de agrietamiento cuando el tanque está vacío.



Quando el tanque está lleno, la presión del suelo se equilibra con la del agua, quedando la mitad superior del muro sometida a la carga provocada por el agua, por lo que ahora el patrón de agrietamiento es el siguiente:

Figura 4. Patrón de agrietamiento cuando el tanque está lleno.



**2.1.3.2.1 Parte inferior del muro sometida a la carga del suelo
(cuando el tanque está vacío)**

Datos:

Altura del muro $h = 9.843$ pies (3 mts.)

$$f'_c = 3000 \text{ lb/pul}^2 \text{ (210 Kg/cm}^2\text{)}$$

$$f_y = 40000 \text{ lb/pul}^2 \text{ (2800 Kg/cm}^2\text{)}$$

Peso del suelo retenido $W = 100 \text{ lb/p}^3 \text{ (1.65 Ton/m}^3\text{)}$

- 1) Al analizar una franja de 1 pie de ancho, el valor de la presión total del suelo es:

$$P = 0.286 \frac{wh^2}{2}$$

$$P = 0.286 * \frac{100 * 9.843^2}{2}$$

$$P = 1385.45 \text{ Lb}$$

Esta fuerza actúa a $1/3$ de la altura, es decir, a $1/3(9.843) = 3.28$ pies de la losa del fondo.

- 2) La sección de momento flexionante máximo en la losa del muro se localiza a $0.58h$ de la parte superior del muro, es decir, a $0.58(9.843) = 5.71$ pies.

La magnitud del momento es:

$$\begin{aligned}M &= 0.128wh \\ &= 0.128 * 1385.45 * 9.843 \\ &= 1745.53 \text{ Lb-p}\end{aligned}$$

El momento último es:

$$\begin{aligned}M_u &= 1.7M \\ &= 1.7 * 1745.53 \\ &= 2967.41 \text{ Lb-p}\end{aligned}$$

y la resistencia teórica a momento que se requiere es:

$$\begin{aligned}M &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2967.41}{0.90} \\ &= 3297.12 \text{ Lb-pie}\end{aligned}$$

- 3) Con un espesor de muro de 9.84 pulgadas y considerando una franja de 12 pulgadas, el área de la sección transversal A_g es: $9.84 * 12 = 118.08$ pul².

Si se considera tentativamente como relación de refuerzo la ρ mínima igual a 0.0015, se tiene:

$$A_s = \rho A_g = 0.0015 * 118.08 \text{ pul}^2 = 0.1771 \text{ pul}^2$$

la cual puede ser provista por varillas No. 4 a 13 pulgadas entre centros, o bien por varillas No. 3 a 7 pulgadas entre centros.

4) Determinando la fuerza de tensión interna:

$$\begin{aligned} T &= A_s f_y \\ &= 0.1771 * 40000 \\ &= 7084 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

Si T se iguala a la fuerza de compresión en el concreto C, se tiene:

$$C = 0.85f'_c b a = 7084 \text{ Lb}$$

de donde se podrá despejar el valor de a, que es el peralte del bloque rectangular de esfuerzo, así:

$$a = \frac{7084}{0.85f'_c b} = \frac{7084}{0.85 * 3000 * 12} = 0.2315 \text{ pul}$$

5) La resistencia teórica a momento de la franja del muro de 12 pulgadas es:

$$M = T(d - \frac{a}{2})$$

en donde $d = 9.84 - 1$, entonces:

$$M = 7084 (8.84 - \frac{0.2315}{2})$$

$$= 61802.59 \text{ Lb-pul}$$

$$= 5150.22 \text{ Lb-pie}$$

Dado que este valor es mayor que la resistencia teórica a momento requerido de 3297.12 Lb-pie, se acepta el refuerzo de varillas No. 4 a 13 pulgadas entre centros, o de varillas No.3 a 7 pulgadas entre centros.

6) Según el código ACI, el refuerzo horizontal debe ser como mínimo 0.0025 veces el área de la sección reforzada del muro.

En este caso:

$$0.0025 * 9.84 * 12 = 0.2952 \text{ pul}^2$$

lo cual puede ser provisto por varillas No. 4 a 8 pulgadas entre centros, o bien varillas No. 3 a 4 pulgadas entre centros.

2.1.3.2.2 Parte superior del muro sometida a la carga del agua (cuando el tanque está lleno)

Datos:

Altura del muro $h = 9.843$ pies (3 mts.)

$$f'_c = 3000 \text{ lb/pul}^2 \text{ (210 Kg/cm}^2\text{)}$$

$$f_y = 40000 \text{ lb/pul}^2 \text{ (2800 Kg/cm}^2\text{)}$$

Peso del agua retenida $W = 60.6021 \text{ lb/p}^3 \text{ (0.97 Ton/m}^3\text{)}$

- 1) Al analizar una franja de 1 pie de ancho, el valor de la presión total del agua es:

$$P = 0.286 \frac{wh^2}{2}$$

$$P = 0.286 * \frac{60.6021 * 9.843^2}{2}$$

$$P = 839.61 \text{ Lb}$$

Esta fuerza actúa a $1/3$ de la altura, es decir, a $1/3(9.843) = 3.28$ pies de la línea central del muro.

- 2) La sección de momento flexionante máximo en la losa del muro se localiza a $0.58h$ de la parte superior del muro, es decir, a $0.58(9.843) = 5.71$ pies.

La magnitud del momento es:

$$\begin{aligned}M &= 0.128wh \\ &= 0.128 * 839.61 * 9.843 \\ &= 1057.83 \text{ Lb-p}\end{aligned}$$

El momento último es:

$$\begin{aligned}M_u &= 1.7M \\ &= 1.7 * 1057.83 \\ &= 1798.31 \text{ Lb-p}\end{aligned}$$

y la resistencia teórica a momento que se requiere es:

$$\begin{aligned}M &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{1798.31}{0.90} \\ &= 1998.12 \text{ Lb-pie}\end{aligned}$$

- 3) Con un espesor de muro de 9.84 pulgadas y considerando una franja de 12 pulgadas, el área de la sección transversal A_g es: $9.84 * 12 = 118.08 \text{ pul}^2$.

Si se considera tentativamente como relación de refuerzo la ρ mínima igual a 0.0015, se tiene:

$$A_s = \rho A_g = 0.0015 * 118.08 \text{ pul}^2 = 0.1771 \text{ pul}^2$$

la cual puede ser provista por varillas No. 4 a 13 pulgadas entre centros, o bien por varillas No. 3 a 7 pulgadas entre centros.

4) Determinando la fuerza de tensión interna:

$$\begin{aligned} T &= A_s f_y \\ &= 0.1771 * 40000 \\ &= 7084 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

Si T se iguala a la fuerza de compresión en el concreto C, se tiene:

$$C = 0.85f'_c b a = 7084 \text{ Lb}$$

de donde se podrá despejar el valor de a, que es el peralte del bloque rectangular de esfuerzo, así:

$$a = \frac{7084}{0.85 f'_c b} = \frac{7084}{0.85 * 3000 * 12} = 0.2315 \text{ pul}$$

5) La resistencia teórica a momento de la franja del muro de 12 pulgadas es:

$$M = T(d - \frac{a}{2})$$

en donde $d = 9.84 - 1$, entonces:

$$\begin{aligned} M &= 7084 (8.84 - \frac{0.2315}{2}) \\ &= 61802.59 \text{ Lb-pul} \\ &= 5150.22 \text{ Lb-pie} \end{aligned}$$

Dado que este valor es mayor que la resistencia teórica a momento requerido de 1998.12 Lb-pie, el refuerzo horizontal será exactamente igual al definido anteriormente para la parte del muro sometida a la carga del suelo.

Como estos muros estarán expuestos al suelo por un lado y al agua por el otro, y como el refuerzo está compuesto por varillas No. 3, el recubrimiento debe ser de 1.5 pulgadas.

Según se definió en el predimensionamiento, el ancho de los muros es de 25 cms. (9.84 pulgadas), y dado que los muros de 10 pulgadas o más de espesor deben contar con dos hileras de refuerzo, una cerca de cada una de las superficies del muro, se colocará el mismo refuerzo previamente calculado tanto en el sentido horizontal como en el vertical, pues en ambos casos se está utilizando el refuerzo mínimo.

2.1.3.3 Diseño de muros interiores

$$\text{Si } f'_c = 3000 \text{ lb/pul}^2 \text{ (210 Kg/cm}^2\text{) y}$$

$$f_y = 40000 \text{ lb/pul}^2 \text{ (2800 Kg/cm}^2\text{)}$$

La carga muerta está compuesta por la carga distribuida del peso de la tapadera y el peso propio de cada uno de los muros.

El peso de la tapadera es:

$$(36.08 p + 0.82p + 0.82p + 0.82p)^2 * 0.33 p * 145 \text{ lb/p}^3 = 71073.12 \text{ Lb}$$

Si este peso se distribuye entre 12 muros, se tiene:

$$\frac{71073.12}{12} = 5922.76 \text{ Lb/muro, peso que está distribuido a lo largo de 18.04 pies}$$

que es la longitud de los muros, por lo que la carga distribuida es:

$$\frac{5922.76}{18.04} = 328.31 \text{ Lb/p}$$

El peso propio del muro es:

$$0.82 \text{ p} * 20.09 * (18.04 \text{ p} + 0.82 \text{ p}) * 145 \text{ lb/p}^3 = 45050.90 \text{ Lb}$$

que equivale a una carga distribuida de:

$$\frac{45050.9 \text{ Lb}}{18.86 \text{ p}} = 2388.70 \text{ Lb/p}$$

El valor factorizado de la carga distribuida es:

$$P_{\mu} = 1.4 (328.31 + 2388.70)$$

$$= 3803.81 \text{ Lb/p}$$

$$y \quad \frac{P_{\square}}{\square} = \frac{3803.81}{0.70} = 5434.01 \text{ Lb/p,} \quad (102.49 \text{ Kilolibras})$$

donde \square es el factor de reducción de resistencia para apoyo de compresión.

El esfuerzo de apoyo f_b se determina así:

$$f_b = \frac{5434.01 \text{ Lb/p} * 18.86 \text{ p}}{9.84 \text{ pul} * 226.32 \text{ pul}} = 46.02 \text{ Lb/pul}^2$$

El esfuerzo de apoyo admisible $f_{b\text{admisible}} = 0.85 \phi f'_c = 0.85 * 0.70 * 3000$
 $= 1785 \text{ Lb/pul}^2$

Como f_b es menor que el valor admisible, el esfuerzo de apoyo sobre el muro, no es crítico.

La longitud horizontal efectiva del muro es:

$$b' + 4h = 18.86p + 4(0.82p)$$

$$= 22.14 p, \text{ es decir, } 265.68 \text{ pul.}$$

Verificando que la relación l_c/h no exceda 25:

$$\frac{l_c}{h} = \frac{20.09 * 12}{9.84} = 24.50, \text{ por lo tanto, se adopta}$$

tentativamente el espesor de 9.84 pul (0.82p).

Para determinar la capacidad admisible del muro se usa la siguiente ecuación:

$$\frac{P_u}{A_g} = 0.55 f'_c \left[1 - \left(\frac{L_c}{40h} \right)^2 \right]$$

$$= 0.55 * 3 * 9.84 * 265.68 \left[1 - \left(\frac{20.09 * 12}{40 * 9.84} \right)^2 \right]$$

$$= 4313.58(1 - 0.6125^2)$$

$$= 2695.12 \text{ Kilolibras}$$

Como este valor es mayor que la capacidad requerida $\frac{P_u}{A_g} = 102.49 \text{ Kilolibras}$, entonces la capacidad del muro de 9.84 pulgadas de ancho es adecuada.

Selección del refuerzo

El área de acero vertical se determina así:

$$\begin{aligned} A_{s_v} &= \rho A_g = 0.0015 * 9.84 * 12 \\ &= 0.1771 \text{ pul}^2 \text{ por pie de muro.} \end{aligned}$$

El área de acero horizontal se calcula así:

$$\begin{aligned} A_{s_h} &= \rho A_g = 0.0025 * 9.84 * 12 \\ &= 0.2952 \text{ pul}^2 \text{ por pie de muro.} \end{aligned}$$

La separación máxima del refuerzo en muros según la sección 7.65 del código ACI es tres veces el espesor del muro, que en este caso es $3h = 3 * 9.84 = 29.52$ pulgadas.

Según la tabla respectiva:

El acero en el sentido vertical, serán varillas No. 3 a 7 pulgadas entre centros ($A_s = 0.19 \text{ pul}^2$)

El acero en el sentido horizontal, serán varillas No. 3 a 4.5 pulgadas entre centros ($A_s = 0.29 \text{ pul}^2$)

2.1.3.4 Diseño de la losa del fondo

Para calcular este elemento, se harán las siguientes suposiciones:

- 1) La losa se comporta como una zapata que carga una columna formada con agua, por lo que las dimensiones de ambos elementos son los mismos.

Mientras más grande sea la columna, menores serán los esfuerzos cortantes, flexionantes y de adherencia en la zapata, dado que éstos se producen por el efecto de voladizo de la proyección de la zapata, mas allá de los bordes de la columna.

En este caso, los esfuerzos mencionados son nulos, como consecuencia de que la “columna” está formada por agua como ya se indicó, y por lo tanto tiene exactamente las mismas dimensiones que la losa.

- 2) Los muros que limitan cada depósito, 2 exteriores y 2 interiores, se apoyan en el suelo, aunque están anclados a la losa, por lo que ésta, estará sometida a los momentos que los muros produzcan.

En relación con estos momentos, se puede decir que los muros interiores no producen ninguno dada su condición permanente de equilibrio, condición que se da, en virtud de que el tanque está diseñado para que siempre haya la misma cantidad de agua en ambos lados de los muros.

En el caso de los muros exteriores, ya se encontró que el momento flexionante máximo cuando el tanque está vacío (que es la condición más crítica del tanque) ocurre a 4.13 pies (1.26 mts) de la losa del fondo con una magnitud de 1745.53 Lb-p (241.33 Kg-m), valor que al ser factorizado se convierte en el momento último, igual a $1.7(1745.53)$, es decir, 2967.41 Lb-p (410.26 Kg-m).

Una suposición muy conservadora, es afirmar que ese será el momento al que estará sometida la losa del fondo en sus extremos anclados a los muros exteriores.

La suma de la carga aplicada sobre la zapata y el peso de ésta, no deben exceder la capacidad de soporte del suelo, que de acuerdo con el estudio de suelos es de 3606.57 Lb/p² (17600 Kg/m²).

El cálculo de la losa del fondo se presenta a continuación:

Datos:

Espesor de la losa: 12 cms. (4.8 pul = 0.40 pies)

Largo: 5.5 metros (18.04 pies)

Ancho: 5.5 metros (18.04 pies)

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (3000 lb/pul²)

$f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ (40000 lb/pul²) [acero grado 40]

$f_s = 1406 \text{ Kg/cm}^2$ (20000 lb/pul²) [esfuerzo de tensión en el refuerzo]

Capacidad de soporte del suelo: 17600 Kg/m² (3606.57 lb/pie²)

Peso de la zapata:

$$(18.04 \text{ p} * 18.04 \text{ p} * 0.40 \text{ p}) 150 \text{ lb/p}^3 = 19526.50 \text{ Lb} (8857.16 \text{ Kg})$$

El peso por pie cuadrado de la zapata es:

$$\frac{19526.50 \text{ Lb}}{18.04 \text{ p} * 18.04 \text{ p}} = 60 \text{ lb/pie}^2 (292.97 \text{ Kg/m}^2)$$

La presión neta utilizable del suelo es:

$$3606.57 \text{ lb/pie}^2 - 60 \text{ lb/pie}^2 = 3546.57 \text{ lb/pie}^2 \quad (17307.18 \text{ Kg/m}^2)$$

Por lo tanto, la carga máxima a la que podrá ser sometida la losa es:

$$3546.57 \text{ lb/pie}^2 (18.04\text{p} * 18.04\text{p}) = 1154201.42 \text{ lb} \quad (523542.32 \text{ Kg})$$

El peso del agua es la única carga que soportará la losa y se calcula así:

$$62.42 \text{ lb/pie}^3 * 18.04\text{p} * 18.04\text{p} * 19.69\text{p} = 399983.93 \text{ lb} \quad (181431.52 \text{ Kg})$$

Nótese que dicho valor es menor que la carga a la que puede ser sometida la losa.

De acuerdo con lo calculado, la losa está en condiciones de soportar la única carga a la que será sometida, no obstante, no debe perderse de vista que cada losa debe estar provista de refuerzo en las dos direcciones, no importa cuáles sean sus funciones estructurales. Esto se hace con el propósito de satisfacer los requisitos de resistencia a los efectos de la contracción producida por la reducción de la humedad y los cambios de temperatura.

La cantidad de refuerzo mínimo se especifica como un porcentaje

□ de la sección transversal del concreto, tal y como se indica a continuación:

Para losas con varillas grado 40, $\square = \frac{As}{bt} = 0.0020$ (0.2 %), entonces:

$$As = 0.0020 bt$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0020 * 12 \text{ pul} * 4.8 \text{ pul} \\
 &= 0.1152 \text{ pul}^2 \text{ por pie de ancho.}
 \end{aligned}$$

Esa área puede ser cubierta con varillas No. 3 con una separación centro a centro de 11 pulgadas, lo cual cumple con la condición de que la separación centro a centro de este refuerzo mínimo no debe ser mayor que cinco veces el espesor de la losa o que 18 pulgadas.

Como la losa de fondo queda expuesta a la tierra, el recubrimiento será de 1.5 pulgadas, que es el valor recomendado para las varillas No. 5 y las menores.

Como se recordará, dentro de las suposiciones hechas para el cálculo de la losa del fondo, en la No. 2 se indicó que ésta estará sometida a un momento último de 2967.41 Lb-p (410.26 Kg-m) en sus extremos anclados a los muros exteriores.

A continuación se calcula el área de acero necesaria para resistir dicho momento.

Si el momento último es 2967.41 Lb-p (410.26 Kg-m), la resistencia teórica a momento que se requiere es:

$$M = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2967.41}{0.90} = 3297.12 \text{ Lb-p}$$

Con un espesor de losa de 4.80 pulgadas y considerando una franja de 12 pulgadas, el área de la sección transversal A_g es $4.80 * 12 = 57.60 \text{ pul}^2$.

Utilizando tentativamente como relación de refuerzo una ρ mínima de 0.0015, se tiene:

$$A_s = \rho A_g = 0.0015 * 57.60 = 0.0864 \text{ pul}^2 / \text{pie}$$

la cual puede ser provista por varillas No. 3 a 15 pulgadas entre centros.

A fin de establecer si dicha área de acero es capaz de resistir el momento supuesto, se hacen las siguientes determinaciones:

Fuerza de tensión interna

$$T = A_s f_y$$

$$= 0.0864 * 40000$$

$$= 3456 \text{ Lb}$$

Igualando T a la fuerza de compresión en el concreto C, se tiene:

$$C = 0.85f'_c b a = 3456 \text{ Lb}$$

de donde el peralte del bloque rectangular de esfuerzo a, es:

$$a = \frac{3456}{0.85f'_c b a} = \frac{3456}{0.85 * 3000 * 12} = 0.1129 \text{ pul}$$

Si la resistencia teórica a momento de la franja de 12 pulgadas de la losa es:

$$M = T(d - \frac{a}{2})$$

en donde $d = 4.8 - 1.5 = 3.30$, entonces

$$M = 3456 (3.30 - \frac{0.1129}{2})$$

$$= 11209.71 \text{ Lb-pul (934.14 Lb-pie)},$$

valor que es inferior a la resistencia teórica a momento requerida, por lo que será necesario calcular el valor del área de acero capaz de alcanzar dicha resistencia.

Se tiene que:

$$\frac{M_u}{\phi} - A_s f_y d + \frac{A_s^2 f_y^2}{1.7 f'_c b} = 0$$

$$\frac{41026}{0.9} - A_s (2800)(8.38) + \frac{A_s^2 (2800)^2}{1.7 * 210 * 30.48} = 0$$

$$45588.44 - 23464 A_s + 720.5 A_s^2 = 0$$

de donde:

$$A_{s1} = 30.49 \text{ cm}^2 \text{ y}$$

$$A_{s2} = 2.07 \text{ cm}^2 \text{ (0.32 pul}^2\text{)},$$

área que se cubre con varillas No. 3 a 4 pulgadas entre centros.

El armado de la losa del fondo puede apreciarse en el plano respectivo.

2.1.3.5 Diseño de la losa de la tapadera

Para efectos de diseño se considerarán 4 losas, una por cada uno de los depósitos que componen el tanque.

Las dimensiones serán:

Largo: 19.27 pies

Ancho: 19.27 pies

Espesor: 0.33 pies

Deberá tomarse en cuenta el hecho de que habrá una compuerta metálica de 1.97 pies * 1.97 pies (60 cms. * 60 cms.) que se usará para entrar al tanque para realizar tareas de limpieza.

Las fuerzas actuantes en este caso son: el peso propio de la losa, las cargas vivas y las reacciones de los muros exteriores e interiores sobre los que descansará la tapadera.

El peso propio de la losa es:

$$\begin{aligned}W_L &= [(19.27 \text{ p} * 19.27 \text{ p} * 0.33 \text{ p}) - (1.97 \text{ p} * 1.97 \text{ p} * 0.33 \text{ p})] * 145 \text{ lb/p}^3 \\ &= (122.54 - 1.28) * 145 \\ &= 17582.70 \text{ Lb.}\end{aligned}$$

Si dicho peso se distribuye a lo largo de 19.27 pies, la carga distribuida por unidad de longitud es:

$$W = \frac{17582.70 \text{ Lb}}{19.27 \text{ p}} = 912.44 \text{ Lb/p,}$$

En este caso, el momento flexionante máximo es:

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{912.44 \text{ lb/p} (19.27 \text{ p})^2}{8} = 42352.37 \text{ lb-p (5855.49 Kg-m)}$$

y la fuerza cortante máxima que se da en los apoyos es:

$$V = \frac{wl}{2} = \frac{912.44 \text{ lb/p} (19.27 \text{ p})}{2} = 8791.36 \text{ Lb.}$$

Como esta losa cumple con las condiciones para ser considerada como una losa en dos sentidos, se tiene que la carga última total CUT es:

$$CUT = 1.4CM + 1.7CV$$

$$= 1.4 \left(\frac{17582.70Lb}{19.27p * 19.27p} \right) + 1.7 \left(\frac{440.92Lb}{19.27p * 19.27p} \right)$$

$$= 66.29 \text{ Lb/p}^2 + 2.02 \text{ Lb/p}^2$$

$$= 68.31 \text{ Lb/p}^2 \text{ (333.52 Kg/m}^2\text{)}$$

Momentos flexionantes

Momentos negativos

$$Ma^- = Ca^- * CUT * a^2$$

$$Ma^- = 0.045 * 333.52 * 5.87^2$$

$$= 517.14 \text{ Kg-m (3740.44 Lb-p)}$$

$$Mb^- = Cb^- * CUT * b^2$$

$$= 517.14 \text{ Kg-m (3740.44 Lb-p)}$$

Momentos positivos

$$Ma^+ = Ca^+ * CV_u * a^2 + Ca^+ * CM_u * a^2$$

$$= 0.018 * 2.02 * 5.87^2 + 0.018 * 66.29 * 5.87^2$$

$$= 1.25 + 41.11$$

$$= 42.36 \text{ Kg-m (306.39 Lb-p)}$$

$$M_b^+ = C_b^+ * C_{V_u} * b^2 + C_b^+ * C_{M_u} * b^2$$

$$= 42.36 \text{ Kg-m (306.39 Lb-p)}$$

Si se supone que se utilizarán varillas No. 8 y dado que la superficie de la losa quedará expuesta a la intemperie, se utilizará un recubrimiento de 5 cms., por lo que el peralte efectivo será:

$$d = t - \text{Rec. min} - \square/2$$

$$= 10 - 5 - 1.27$$

$$= 3.73 \text{ cms}$$

El área de acero mínimo por cada metro de longitud es:

$$A_{s_{\min}} = 40\% A_{s \text{ viga}} = 0.4 \left(\frac{14.1}{f_y} \right) b d$$

$$= 0.4 \left(\frac{14.1}{2800} \right) * 100 * 3.73$$

$$= 0.75 \text{ cm}^2/\text{mt}$$

Si se necesita 0.75 cm^2 de acero por cada metro de longitud, una varilla No. 8 cuya área es de 5.07 cm^2 requerirá un espaciamiento que se calcula mediante la siguiente regla de tres:

$$\begin{array}{r} 0.75 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm} \\ 5.07 \quad - \quad x \end{array}$$

en donde $x = \frac{5.07 * 100}{0.75} = 676 \text{ cms}$

Como la separación máxima es 3 veces el espesor de la losa, $3t$, se tiene que $3(10) = 30 \text{ cms}$ es menor que los 676 cms . calculados.

Por lo tanto, si para un área de acero de 5.07 cm^2 se necesita una separación de 30 cms ., el área de acero necesaria para una longitud de 100 cms se calcula así:

$$\begin{array}{r} 5.07 \text{ cm}^2 - 30 \text{ cm} \\ x \quad - \quad 100 \end{array}$$

en donde $x = \frac{5.07 * 100}{30} = 16.9 \text{ cm}^2/\text{m}$

El momento que resiste esta área de acero se calcula a continuación:

$$\begin{aligned} M_{Asmin} &= \phi [A_s f_y (d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b})] \\ &= 0.9 [16.9(2800) (3.73 - \frac{16.9 * 2800}{1.7 * 210 * 100})] \\ &= 102402.85 \text{ Kg-cm} \\ &= 1024.03 \text{ Kg-m (7406.75 Lb-p)} \end{aligned}$$

Como el momento que resiste el área de acero mínima es superior al momento flexionante máximo, se establece que el área de acero a utilizar es de 16.9 cm^2 por cada metro de longitud, es decir $0.80 \text{ pul}^2/\text{p}$ lo que puede ser cubierto con varillas No. 8 a 12 pulgadas entre centros o bien con varillas No.5 a 4.5 pulgadas entre centros.

El armado de la losa de la tapadera puede apreciarse en el plano respectivo.

2.2 Diagnóstico de la calidad del agua que se distribuye

2.2.1 Descripción del problema

Según información obtenida en el Centro de Salud de Palín, existen indicios de que la fuente subterránea de la que se obtiene el agua para su distribución, se encuentra contaminada, lo cual es especialmente grave si se toma en cuenta que son tres los barrios a los que se les distribuye esta agua, siendo ellos el Barrio San Lucas, el San José y el San Pedro. Por otra parte, siendo el propósito de este trabajo de graduación, diseñar un tanque de almacenamiento de 726 metros cúbicos, es absolutamente imprescindible que el mismo llene las condiciones que un buen sistema de abastecimiento debe tener: un flujo de agua sanitariamente seguro, un servicio constante y en la cantidad necesaria.

Como parte de la investigación, se logró establecer que actualmente el agua se clora cada 10 o 15 días, mediante la colocación de tricloro en tabletas, lo que se realiza en el tanque de captación ubicado en el nacimiento conocido como El Amatillo. Sin embargo, se ha encontrado

que los usuarios se quejan en la municipalidad cuando sienten la presencia de cloro en el agua distribuida.

Dado que la capacidad actual del tanque Las Victorias es insuficiente para mantener un servicio constante, la distribución se realiza en forma intermitente, de tal forma que los usuarios reciben el agua durante un par de horas un día sí y un día no, lo cual los obliga a almacenarla con el consiguiente riesgo de aumentar la contaminación que muy probablemente ya tiene.

En los siguientes incisos se presentan los resultados del laboratorio, practicados en una muestra tomada en la red de distribución.

2.2.2 Determinación de los puntos del muestreo

Idealmente, las muestras para determinar la calidad del agua de un sistema de abastecimiento, deben ser tomadas en la fuente, en un punto intermedio (que puede ser el tanque de abastecimiento) y en el punto más lejano de la red.

En este trabajo, la única muestra fue tomada en un chorro muy próximo al tanque de distribución, lugar que se puede considerar como un punto intermedio de la red de abastecimiento, no habiéndose podido tomar algunas muestras adicionales por carecer de la autorización respectiva en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

La toma de la muestra se realizó de acuerdo con las instrucciones y el equipo recibido en el laboratorio, el cual consistió en cristalería debidamente esterilizada, así como un termómetro y un comparímetro para hacer la determinación in situ del nivel de cloro.

2.2.3 Calidad físico química del agua

La calidad físico química del agua está determinada por los niveles que alcanzan las siguientes características físicas: color, olor, sabor, turbiedad y conductividad eléctrica, así como por los de sus características químicas que son aquellas que afectan la potabilidad del agua.

Tiene una particular importancia la turbiedad o turbidez, porque un nivel alto de la misma puede interferir en la eficiencia de la desinfección, de modo especial en la desactivación de virus; además, un exceso de partículas puede estimular el crecimiento de microorganismos en un sistema de distribución.

Es importante señalar, que las especificaciones físico químicas del agua potable, están claramente definidas en la Norma Coguanor NGO 29 001:99, a la cual se hará referencia en el inciso destinado a la interpretación de los resultados del laboratorio.

La realización del análisis físico químico del agua, es absolutamente obligatorio para poder llegar a una conclusión respecto de la aptitud de la misma para el consumo humano.

2.2.4 Calidad bacteriológica del agua

El mayor peligro asociado con el agua potable es la posibilidad de su contaminación por el drenaje que contiene excremento humano. El drenaje puede tener bacterias patógenas capaces de producir fiebre tifoidea, cólera u otras enfermedades entéricas. Los organismos que se han empleado más comúnmente como indicadores de contaminación fecal son la *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto.

Así como las especificaciones físico químicas, las bacteriológicas también están definidas en la Norma Coguanor NGO 29 001:99, en la que se presentan los límites para el número permisible de microorganismos coliformes, fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina.

2.2.5 Resultados

El análisis físico químico sanitario presenta los siguientes resultados:

Aspecto:	Claro
Color:	01.00 unidades
Turbiedad:	00.50 UNT
Olor:	Ligero a cloro
Potencial de Hidrógeno (pH) :	07.20 unidades
Conductividad eléctrica:	476.00 μ mhos/cm

Sustancias	(mg/L)
Amoníaco (NH ₃):	00.26
Nitritos (NO ₂):	00.00
Nitratos (NO ₃):	07.48
Cloro residual:	--
Manganeso (Mn):	00.068
Cloruros (Cl):	28.50
Fluoruros (F):	00.15
Sulfatos (SO ₄ ⁻²):	21.00
Hierro total (Fe):	00.04
Dureza total:	204.00
Sólidos totales:	266.00

Sólidos volátiles:	12.00
Sólidos fijos:	254.00
Sólidos en suspensión:	01.00
Sólidos disueltos:	252.00

Alcalinidad (Clasificación)

Hidróxidos (mg/L)	00.00
Carbonatos (mg/L)	00.00
Bicarbonatos (mg/L)	220.00
Alcalinidad total (mg/L)	220.00

El examen bacteriológico presenta los siguientes resultados:

Investigación de Coliformes (Grupo Coli – Aerogenes)

Pruebas normales	Prueba presuntiva	Prueba confirmativa	
Formación de gas			
Cantidad sembrada		Formación de gas 35°C	Total
Fecal 44.5°C			
10.00 cm ³	+++++	+++++	++---
01.00 cm ³	+++++	+++++	-----
00.10 cm ³	+++++	++++-	-----
Número más probable de gérmenes coliformes/100 cm ³ : 1600			4

2.2.6 Interpretación de los resultados

Desde el punto de vista físico se nota que el agua llena los límites aceptables conforme la norma COGUANOR 29001:99 puesto que el agua se denota con un aspecto claro, sin color apreciable y con un ligero olor a cloro por lo que se puede asumir en primera instancia que el sistema está siendo objeto de una desinfección por cloro por lo que también se analizará el aspecto bacteriológico mas adelante.

Con respecto a los parámetros químicos que caracterizan el agua, nuevamente se observa que se encuentran dentro de los límites máximos aceptables conforme a la Norma indicada, no obstante, los parámetros como manganeso y dureza que están fuera del límite máximo aceptable, no representan alto riesgo a la salud por encontrarse dentro del límite máximo permisible.

De los resultados obtenidos en el laboratorio se llega a la conclusión de que bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según la norma COGUANOR NGO 29001.

2.2.7 Conclusiones y recomendaciones sanitarias

Dado que desde el punto de vista bacteriológico el agua no es potable, se puede concluir que el nivel de cloración no es constante o la dosis de cloro no siempre es la adecuada.

Con base en lo anterior, es recomendable que por parte de la municipalidad de Palín se sistematice la vigilancia de la calidad del agua, sugiriéndose que una muestra se tome en la fuente, otra en el tanque inmediatamente después de

realizada la cloración y la última en uno de los puntos más alejados de la red, en el que el nivel de cloro deberá oscilar entre 0.5 y 0.7 mg/l.

Se recomienda que la municipalidad establezca un convenio con el Laboratorio de Calidad del Infom para que les realice el monitoreo mensualmente.

Se recomienda mantener una vigilancia muy estrecha sobre los niveles de hierro y manganeso para que siempre se encuentren dentro del límite máximo permisible.

En tanto no se haga efectivo el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en la red, en cuanto a desinfección se refiere, se recomienda que las personas en sus hogares hiervan el agua de bebida, especialmente la destinada a los niños que conforman el grupo más vulnerable a las enfermedades gastrointestinales. Esto implica necesariamente, la realización permanente de una campaña de concientización en la que deben intervenir, tanto la municipalidad como el Centro de Salud.

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

3.1 Relación costo-beneficio

Básicamente, un estudio económico de proyecto público no es diferente a cualquier otro. Sin embargo, desde un punto de vista práctico y debido a que casi nunca se persiguen fines de lucro y a que la mayoría de los proyectos buscan beneficios múltiples, algunos de los cuales no se pueden medir en forma precisa en términos monetarios, prácticamente todos los estudios económicos de proyectos públicos se hacen comparando los costos anuales o determinando la relación de los beneficios anuales con los costos anuales. Si los beneficios y los costos involucrados no son uniformes, se puede usar la técnica del valor presente de los costos, calculándose la relación beneficio-costo a partir del valor presente de los beneficios y del valor presente de los costos.

En teoría un proyecto se justifica únicamente si los beneficios exceden los costos, o sea, que la relación beneficio-costo (B-C) es mayor que 1.0, salvo que, como en el presente caso, el proyecto sea considerado como de utilidad social.

Cuando se hacen estudios económicos por el procedimiento de la relación B-C se presentan dos problemas. El primero está relacionado con la tasa de interés a utilizar, que en este estudio será la tasa del mercado de préstamos financieros que está alrededor del 16%. El período del estudio es por lo común igual a una estimación conservadora de la vida económica del proyecto, que aquí se considerará de 20 años, no obstante, en proyectos que

involucran obras con vidas físicas muy largas se pueden utilizar períodos de estudio de 40 o 50 años.

El segundo problema relacionado con la utilización de la relación B-C en estudios de proyectos públicos, es el hecho de que todos los beneficios se tienen que evaluar en términos monetarios y muy frecuentemente algunos de los beneficios son intangibles. Por esa razón, la asignación de los valores monetarios es bastante arbitraria y no puede esperarse que dos o más personas estén de acuerdo con dicha asignación.

En el presente análisis, para las asignaciones monetarias se hicieron las siguientes consideraciones:

En relación con los ingresos, se toma como base una cantidad de 968 viviendas que serán las beneficiarias del proyecto. Actualmente dichas familias pagan una cuota mensual de Q5.00, cuota que se estima aumentará a Q10.00 a partir del sexto año, a Q15.00 a partir del onceavo año y a Q20.00 del décimo sexto año en adelante.

Se considera un ingreso el ahorro obtenido como consecuencia de la disminución de enfermedades diarreicas. Según un informe del Centro de Salud de Palín, durante 45 semanas se atendieron 912 diarreas, lo que significa alrededor del 5% de una población de 20611 personas.

Si se supone que en cada una de las 968 viviendas viven 6 personas, se tiene un total de 5808 personas usuarias del servicio de agua potable. El 5% de esos usuarios son 290 habitantes que en teoría sufrirían alguna diarrea, pero si se estima una reducción del 50% en la incidencia de la enfermedad, se tendría

un ahorro en las consultas médicas y en los tratamientos, que en una forma aproximada se estiman en Q50.00 cada una.

En las tablas Nos. 2 y 3 se resume la información que permitió realizar el análisis de la relación beneficio-costos, que, como era de esperarse resultó menor que 1.

2.2 Presupuesto

Ver páginas 58-59

3.3 Costo de operación y mantenimiento

La operación del tanque de distribución de agua potable, depende fundamentalmente de que reciba el agua que es bombeada desde el nacimiento llamado "El Amatillo" y de la actividad de los fontaneros quienes son los encargados de abrir y cerrar las llaves, dependiendo de hacia donde se desee transportar el agua, que como se recordará, se distribuye en días alternos a los diferentes barrios que son los usuarios del servicio. Además es importante mencionar que el agua procedente del nacimiento no es exclusivamente para el tanque Las Victorias, sino que abastece también a otros tanques que forman parte de la red de agua potable de la municipalidad de Palín. Se hace esta observación, porque del costo total del proceso de bombeo, sólo una parte le corresponde al tanque objeto de este estudio.

La estimación mensual de los costos de operación es la siguiente:

5 galones de diesel	x Q 23.00/día	x 30 días	=	Q3450.00		
1 fontanero	x Q 2000.00		=	<u>2000.00</u>		
		Total	=	Q 5450.00,		
cantidad	equivalente	a	Q	65400.00	al	año.

	INGRESOS				EGRESOS			FLUJO NETO DE FONDOS
	Ingreso por cuota anual	Ahorro por disminución de enfermedades	Valor de rescate	Total Ingresos	Operación y mantenimiento	Administración	Total Egresos	
Año 1	58080	14500		72580	100500	34848	135348	-62768
Año 2	58080	14500		72580	100500	34848	135348	-62768
Año 3	58080	14500		72580	100500	34848	135348	-62768
Año 4	58080	14500		72580	100500	34848	135348	-62768
Año 5	58080	14500		72580	100500	34848	135348	-62768
Año 6	116160	14500		130660	100500	34848	135348	-4688
Año 7	116160	14500		130660	100500	34848	135348	-4688
Año 8	116160	14500		130660	100500	34848	135348	-4688
Año 9	116160	14500		130660	100500	34848	135348	-4688
Año 10	116160	14500		130660	100500	34848	135348	-4688
Año 11	174240	14500		188740	100500	34848	135348	53392
Año 12	174240	14500		188740	100500	34848	135348	53392
Año 13	174240	14500		188740	100500	34848	135348	53392
Año 14	174240	14500		188740	100500	34848	135348	53392
Año 15	174240	14500		188740	100500	34848	135348	53392
Año 16	232320	14500		246820	100500	34848	135348	111472
Año 17	232320	14500		246820	100500	34848	135348	111472
Año 18	232320	14500		246820	100500	34848	135348	111472
Año 19	232320	14500		246820	100500	34848	135348	111472
Año 20	232320	14500	145000	391820	100500	34848	135348	256472

Tabla II. Flujo neto de fondos proyectado
 Inversión total
 (Cifras en Quetzales)

Tabla III. Valor actual neto.

Año	Ingresos	Egresos	Flujo Neto de Fondos	Factor de Actualización	Ingresos Actualizados	Egresos Actualizados	Flujo Neto de Fondos Actualizados
0		362045.37	-362045.37	0.16 1	0.00	362045.37	-362045.37
1	72580	135348	-62768	0.862068966	62568.97	116679.31	-54110.34
2	72580	135348	-62768	0.743162901	53938.76	100585.61	-46646.85
3	72580	135348	-62768	0.640657674	46498.93	86711.73	-40212.80
4	72580	135348	-62768	0.552291098	40085.29	74751.50	-34666.21
5	72580	135348	-62768	0.476113015	34556.28	64440.94	-29884.66
6	130660	135348	-4688	0.410442255	53628.38	55552.54	-1924.15
7	130660	135348	-4688	0.35382953	46231.37	47890.12	-1658.75
8	130660	135348	-4688	0.305025457	39854.63	41284.59	-1429.96
9	130660	135348	-4688	0.26295298	34357.44	35590.16	-1232.72
10	130660	135348	-4688	0.226683603	29618.48	30681.17	-1062.69
11	188740	135348	53392	0.1954169	36882.99	26449.29	10433.70
12	188740	135348	53392	0.168462844	31795.68	22801.11	8994.57
13	188740	135348	53392	0.14522659	27410.07	19656.13	7753.94
14	188740	135348	53392	0.125195336	23629.37	16944.94	6684.43
15	188740	135348	53392	0.107927014	20370.14	14607.71	5762.44
16	246820	135348	111472	0.093040529	22964.26	12592.85	10371.41
17	246820	135348	111472	0.080207353	19796.78	10855.90	8940.87
18	246820	135348	111472	0.06914427	17066.19	9358.54	7707.65
19	246820	135348	111472	0.059607129	14712.23	8067.71	6644.53
20	391820	135348	256472	0.051385456	20133.85	6954.92	13178.93
TOTALES	3339000	3069005.37	269994.63		676100.08	1164502.13	-488402.05

VAN -488402.05

Rel B/C: 0.58059154

PRESUPUESTO

No.	RENGLÓN/DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (Q)
1	Limpieza y chapeo	225	m ²	0.30	67.50
2	Trazo y estaqueado	1	Global	420.00	420.00
3	Excavación	436.43	m ³	23.28	10160.09
4	Consolidación de la base de cimentación	132.25	m ²	64.53	8534.09
5	Bodega	35	m ²	109.8	3843.00
6	Armado y fundición de losa de cimentación	132.25	m ²	220.30	29134.68
7	Armado y fundición de muros	402	m ²	572.36	230088.72
8	Armado y fundición de losa superior	132.25	m ²	288.21	38115.77
9	Alisado de muros interiores	396	m ²	56.87	22520.52
10	Fabricación y colocación de compuertas metálicas	4	Unidad	550.00	2200.00
11	Fletes	10	Unidad	280.00	2800.00
12	Limpieza	595	m ³	23.8	14161.00
TOTAL					362045.37

50

PRESUPUESTO DE MATERIALES

Losa de Cimentación:

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (Q)
Cemento	144	Sacos	47.50	6840.00
Arena de río	8.5	m ³	150.00	1275.00
Piedrín 3/4"	12.5	m ³	198.00	2475.00
Refuerzo No. 3	269	Varillas	25.00	6725.00
Alambre de amarre	110	Libras	4.50	495.00
TOTAL				17810.00

Muros:

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (Q)
Cemento	904	Sacos	47.50	42940.00
Arena de río	52.5	m ³	150.00	7875.00
Piedrín 3/4"	78.5	m ³	198.00	15543.00
Refuerzo No. 3	2240	Varillas	25.00	56000.00
Alambre de amarre	450	Libras	4.50	2025.00
Clavos 3"	100	Libras	4.50	450.00
Clavos 5"	100	Libras	4.50	450.00
Tablas 1" X 1' X 9'	734	Unidad	35.00	25690.00
Parales	200	Unidad	29.50	5900.00
TOTAL				156873.00

Presupuesto de materiales

Losa superior:

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (Q)
Cemento	120	Sacos	47.50	5700.00
Arena de río	7	m ³	150.00	1050.00
Piedrín 3/4"	10.5	m ³	198.00	2079.00
Refuerzo No. 3	568	Varillas	25.00	14200.00
Alambre de amarre	120	Libras	4.50	540.00
				23569.00

En relación con el mantenimiento, se sugiere la limpieza del tanque cada dos meses, actividad en la que se estima que se emplearán 10 personas durante 2 días. Para llevarla a cabo será necesario contar con cloro, jabón, escobones, mangueras así como botas de hule para el personal involucrado.

Cada 6 meses se deberá hacer una revisión exhaustiva del sistema, poniendo especial atención en las llaves, en el proceso de cloración y en la línea de conducción. Deberá incluirse el trabajo de pintura del tanque. Para la realización de estos trabajos se estima que se emplearán 10 personas durante 5 días.

De lo anterior, se puede hacer la siguiente estimación bimestral de costos:

10 personas x Q50.00/día x 2 días	=	Q 1000.00
15 galones de cloro x Q 20.00	=	300.00
30 libras de jabón x Q 5.00	=	150.00
10 escobones x Q 25.00	=	250.00
2 mangueras x Q 75.00	=	150.00
10 pares de botas de hule x Q 50.00	=	<u>500.00</u>

Total = Q 2350.00, equivalentes a

Q1175.00 mensuales o Q14100.00 anuales.

La estimación semestral de los costos de mantenimiento es la siguiente:

10 personas x Q50.00/día x 5 días	=	Q 2500.00
20 galones de pintura X Q 75.00	=	<u>1500.00</u>

Total = Q 4000.00, equivalentes

a aproximadamente Q 670.00 mensuales o bien, Q 8000.00 anuales.

Por lo tanto, se estima un costo de operación y mantenimiento anual de Q 87500.00.

3.4 Costo de monitoreo de la calidad del agua

Si el control de la calidad del agua se realiza semanalmente, y considerando que el laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería cobra alrededor de Q 250.00 por la evaluación respectiva, se tiene que aproximadamente el costo del monitoreo es de Q 13000.00 anuales.

En este caso no se incluye el costo de la persona encargada de la toma de muestras, porque es un trabajo que podría ser realizado por el fontanero que está a cargo del tanque de distribución.

4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Amenaza existente

Las amenazas al ambiente que surgen del desarrollo del presente proyecto, pueden ser analizados en dos momentos puntuales: durante su construcción y durante su funcionamiento.

El proceso de construcción implica necesariamente la excavación del terreno en donde será construido el tanque de almacenamiento, lo que significa un volumen aproximado de 414.19 metros cúbicos de suelo, además del manejo de materiales y equipo, así como la presencia del personal operativo.

Estando el tanque en funcionamiento, pueden señalarse como amenazas las siguientes: el colapso de la estructura del depósito, las fugas de agua como consecuencia del agrietamiento de la estructura y la contaminación del agua.

4.2 Tipos de vulnerabilidad

De lo señalado en el inciso anterior, se puede concluir en que la vulnerabilidad ambiental gira fundamentalmente alrededor del aspecto sanitario, en virtud de que, cualquiera de las amenazas que llegara a materializarse tendría un impacto significativo en las condiciones sanitarias por exceso de humedad alrededor del tanque, o bien en la salud de los usuarios del agua depositada si ésta se llegara a contaminar.

Es importante mencionar que el lugar en donde será construido el tanque de almacenamiento, se encuentra en un lugar en donde prácticamente no hay viviendas, y las pocas existentes, se ubican en una cota más elevada que la del tanque, por lo que no corren ningún tipo de riesgo en caso de una fuga significativa de agua.

4.3 Medidas de mitigación

Las medidas para mitigar las amenazas identificadas, surgen desde la misma construcción del tanque de almacenamiento, dado que un proceso de fundición bien ejecutado y bien supervisado, puede dar como resultado la inexistencia de grietas con lo que se evitarían las fugas de agua. Así mismo, en la medida en que se utilicen materiales de la mejor calidad, y el proyecto se ejecute de acuerdo con lo establecido en el diseño, la probabilidad de que el tanque colapse se verá reducida al mínimo. No obstante, la construcción de un canal de captación de un volumen significativo de agua no estaría de más, pues serviría para conducir el agua en forma controlada hacia algún punto en el que no cause ningún daño.

La tierra surgida del proceso de excavación puede ser utilizada para rellenar un campo de fútbol que colinda con el terreno en el que se construirá el depósito, y que actualmente presenta muchas piedras en su superficie lo que hace peligrosa la práctica de este deporte en dicho lugar.

En relación con la probable contaminación del agua, es muy importante reforzar la seguridad del tanque de almacenamiento, dado que actualmente es muy fácil acercarse a la piscina que sirve como depósito, lo cual hace que ésta podría ser contaminada intencionalmente sin ninguna dificultad.

CONCLUSIONES

1. Es muy importante la construcción del tanque de almacenamiento de agua potable, pues mejorará sustancialmente el servicio de distribución, especialmente en lo referente a su continuidad y a la cantidad de personas atendidas.
2. La vigilancia constante de la calidad del agua que se distribuye es de vital importancia, dado el nivel de contaminación de la misma.
3. Los usuarios del servicio de agua potable, en general, no tienen claridad con respecto a la importancia del cloro como desinfectante.
4. La cantidad de dinero que los usuarios pagan por el servicio de agua potable no es suficiente para cubrir todos los gastos que el mismo genera, por lo que es difícil ofrecer mejoras significativas en la prestación de dicho servicio.
5. La construcción del tanque de almacenamiento de agua potable debe ser entendida como un proyecto social, dado que bajo las actuales condiciones, este servicio no ofrece ninguna rentabilidad.
6. De acuerdo con el análisis beneficio-costos, la cuota mensual de los beneficiarios del proyecto debiera ser como mínimo de Q17.00.
7. La construcción del tanque de almacenamiento de agua, objeto de este

estudio, al no tener fugas, evitará los problemas sanitarios ocasionados por el exceso de humedad, mejorando substancialmente las condiciones ambientales del lugar en donde se ubicará.

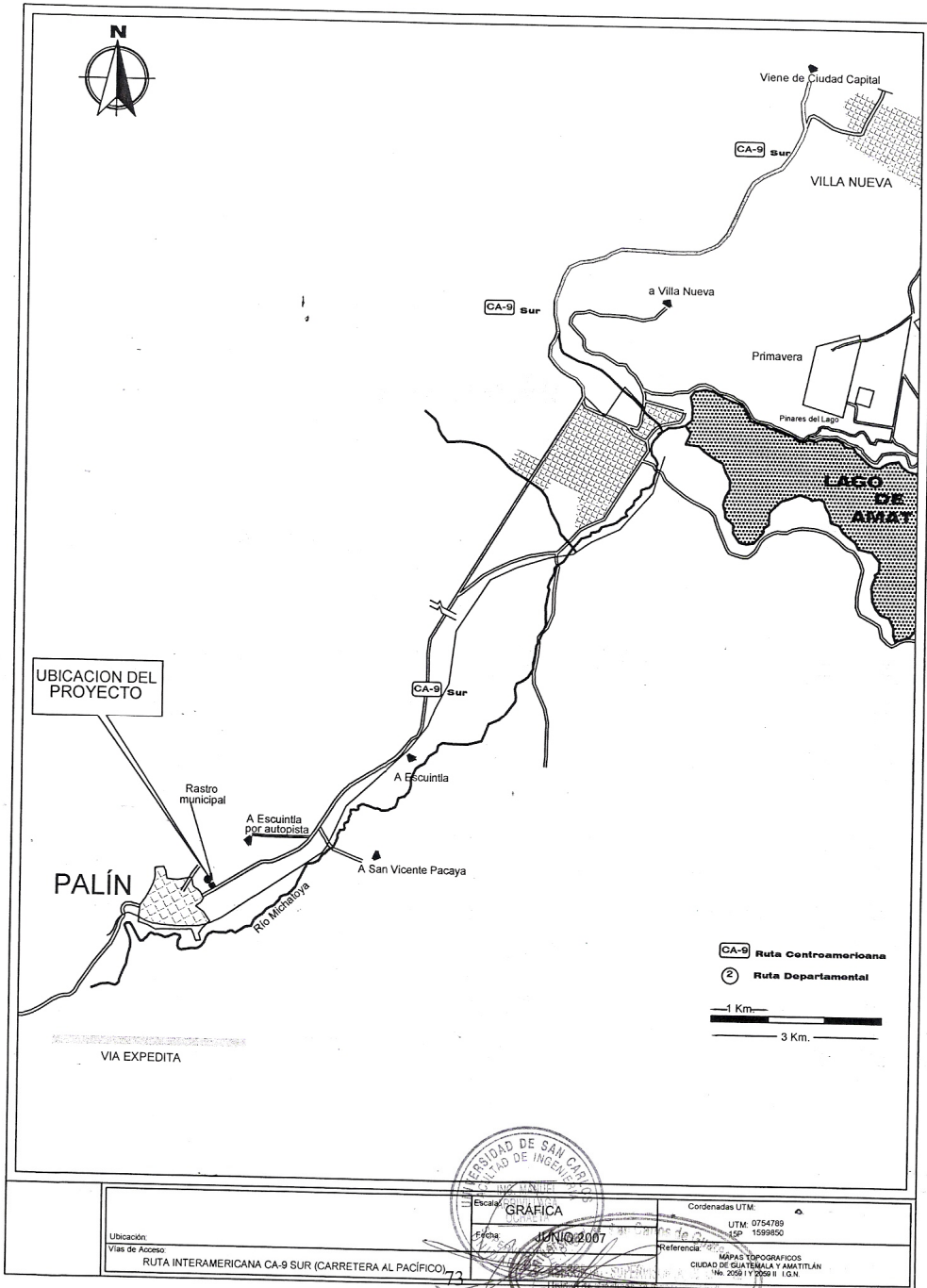
RECOMENDACIONES

1. Dada la magnitud del proyecto, es aconsejable vigilar los procedimientos de fundición, ya que al no fundirse todo el tanque de una sola vez, las interrupciones en el proceso pueden generar las condiciones para el apareamiento de grietas, lo cual es un grave problema especialmente por tratarse de un depósito de agua.
2. Que los trabajos de mantenimiento del tanque de distribución, se realicen puntualmente cada dos y seis meses, respectivamente, de acuerdo con lo indicado en el inciso 3.3 de este trabajo de graduación.
3. Mantener un control de calidad constante del agua que se distribuye, para lo cual, la municipalidad de Palín podría establecer un convenio con el INFOM que cuenta con las facilidades necesarias, o bien con el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a fin de lograr un trato preferencial en lo referente a las tarifas.
4. Que la municipalidad de Palín en conjunto con el Centro de Salud, impulse una campaña de concientización entre los pobladores, para que entiendan la necesidad urgente de clorar el agua y para lograr que los usuarios paguen por lo que realmente cuesta el servicio de distribución.
5. Que el área de El Amatillo, que es en donde se encuentra el nacimiento de donde se obtiene el agua para el tanque de distribución, sea reforestada y que permanentemente se realicen los trabajos necesarios para mantenerla en buenas condiciones.

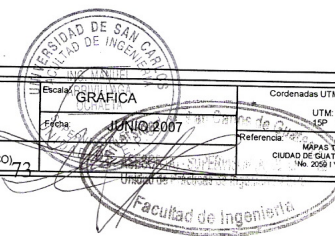
BIBLIOGRAFÍA

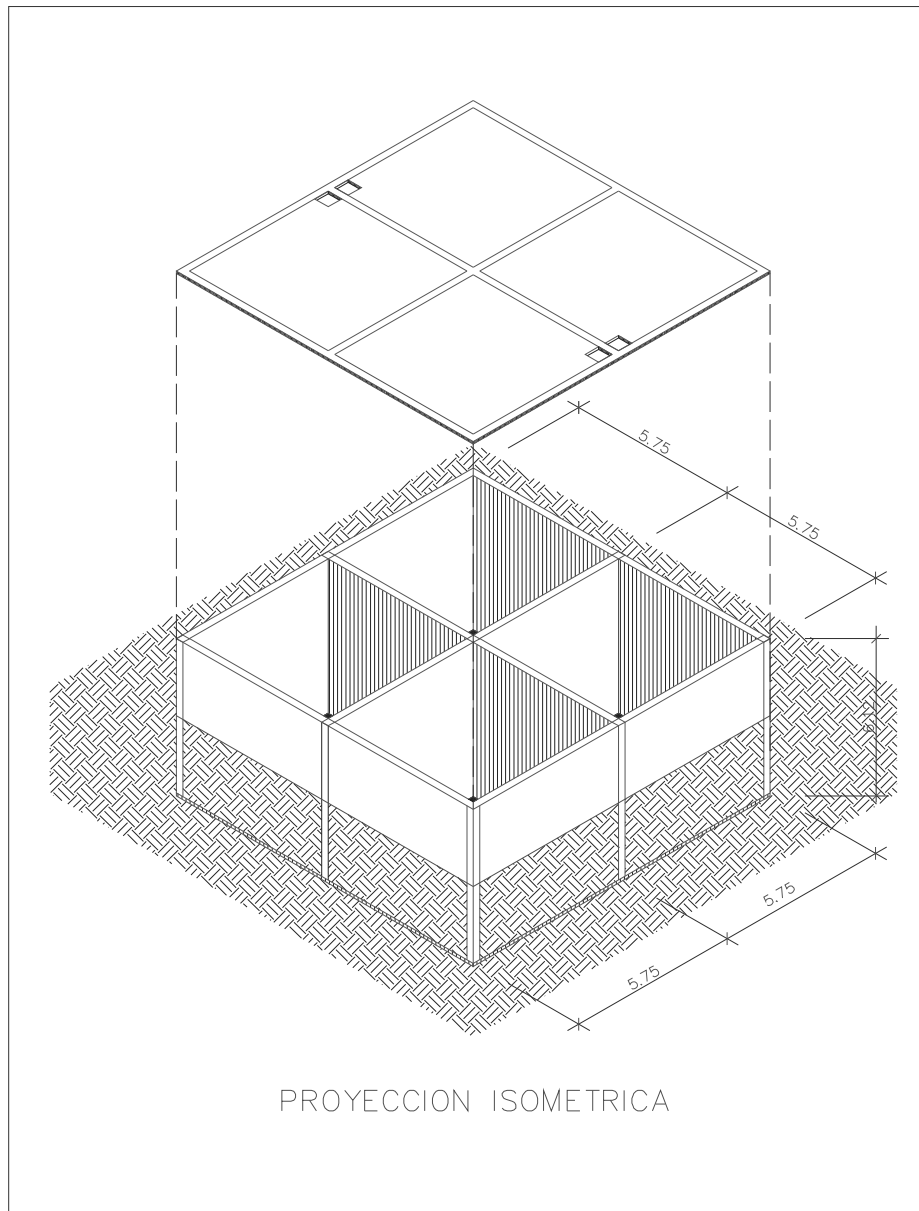
1. De Garmo, E. Paul. Canada, John R. **Ingeniería Económica**. CECSA. Quinta impresión. México 1984.
2. Instituto de Estudios y Capacitación Cívica. **Diccionario Municipal de Guatemala**. Cuarta edición. 2002.
3. Instituto Geográfico Nacional. **Diccionario Geográfico de Guatemala. Tomo II**. 1981.
4. McCormac, Jack C. **Diseño de Concreto Reforzado**. Alfaomega. Quinta Edición. México 2005.
5. Merritt, Frederick S., Loftin, M. Kent, Ricketts, Jonathan T. **Manual del Ingeniero Civil**. McGraw-Hill. Cuarta edición. 1999.
6. **Norma Coguanor NGO 29001:199 Agua Potable**.
7. Parmley, Robert O. **Field Engineer's Manual**. McGraw-Hill. Third Edition. USA 2002.
8. Parker-Ambrose. **Diseño simplificado de Concreto Reforzado**. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. 6ª. Edición, México 2000.

APÉNDICE A



Escala: GRÁFICA Fecha: JUNIO 2007		Coordenadas UTM: UTM: 0754789 1599850	
Ubicación: Vías de Acceso RUTA INTERAMERICANA CA-9 SUR (CARRETERA AL PACÍFICO)		Referencia: MAPAS TOPOGRÁFICOS CIUDAD DE GUATEMALA Y AMATITLÁN No. 2091 Y 2092 II I.G.N.	





MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.			
	EPESISTA. HERNAN CORTES U.	VoBo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.	ESCALA: 1/100	FECHA: JUNIO 2007

PROYECTO:

Diseño de un tanque de distribución de agua potable.

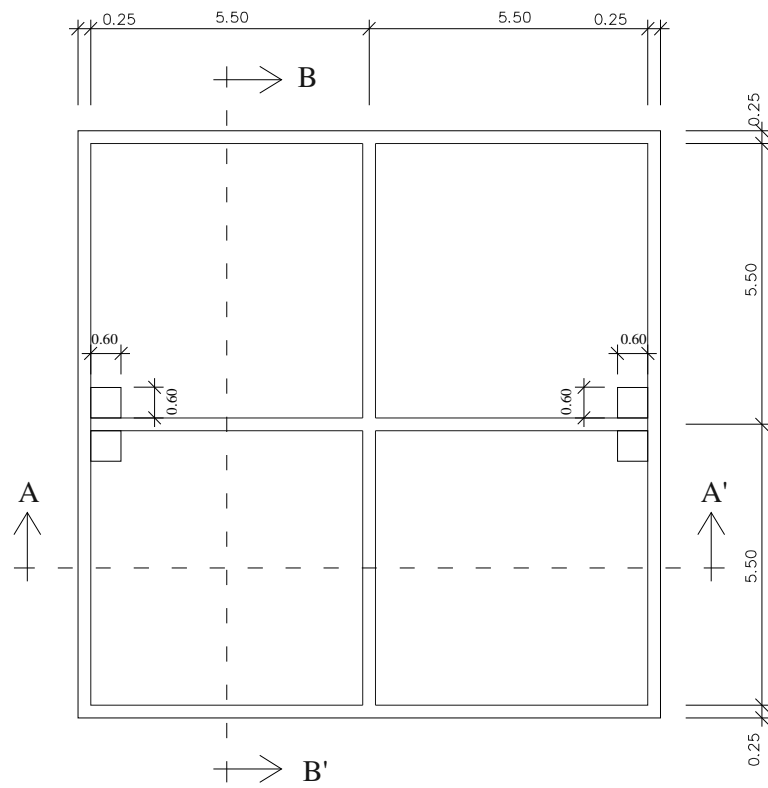
Palin, Escuintla.

Capacidad: 726 m³.

Dimensiones: 11.00 m. de largo

11.00 m de ancho

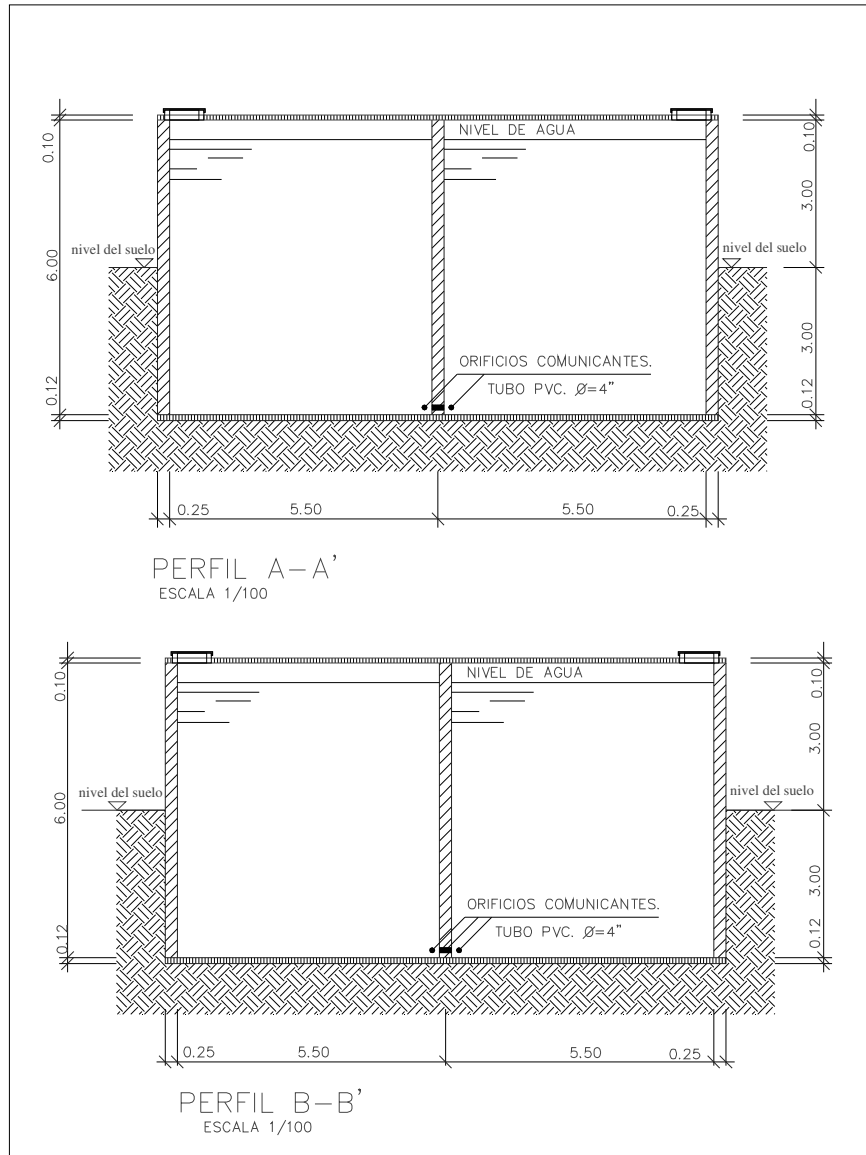
6.00 m de altura.



PLANTA.

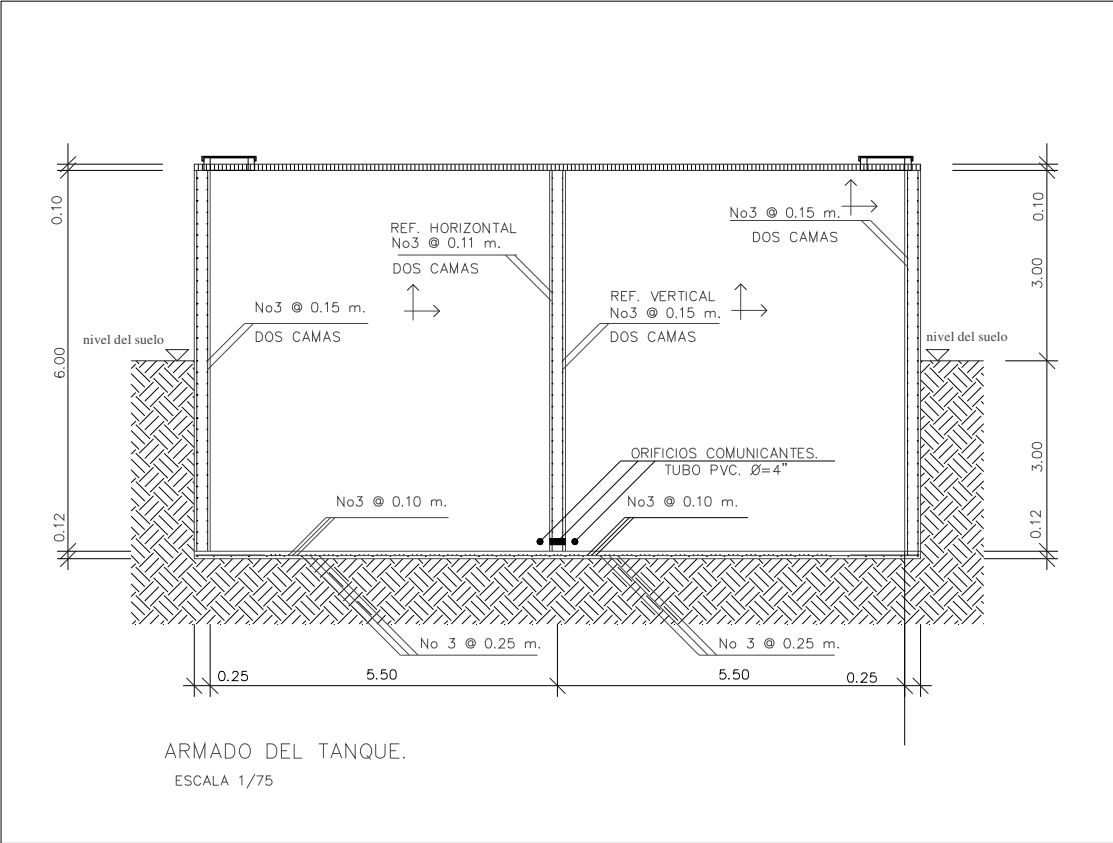
ESCALA 1/100

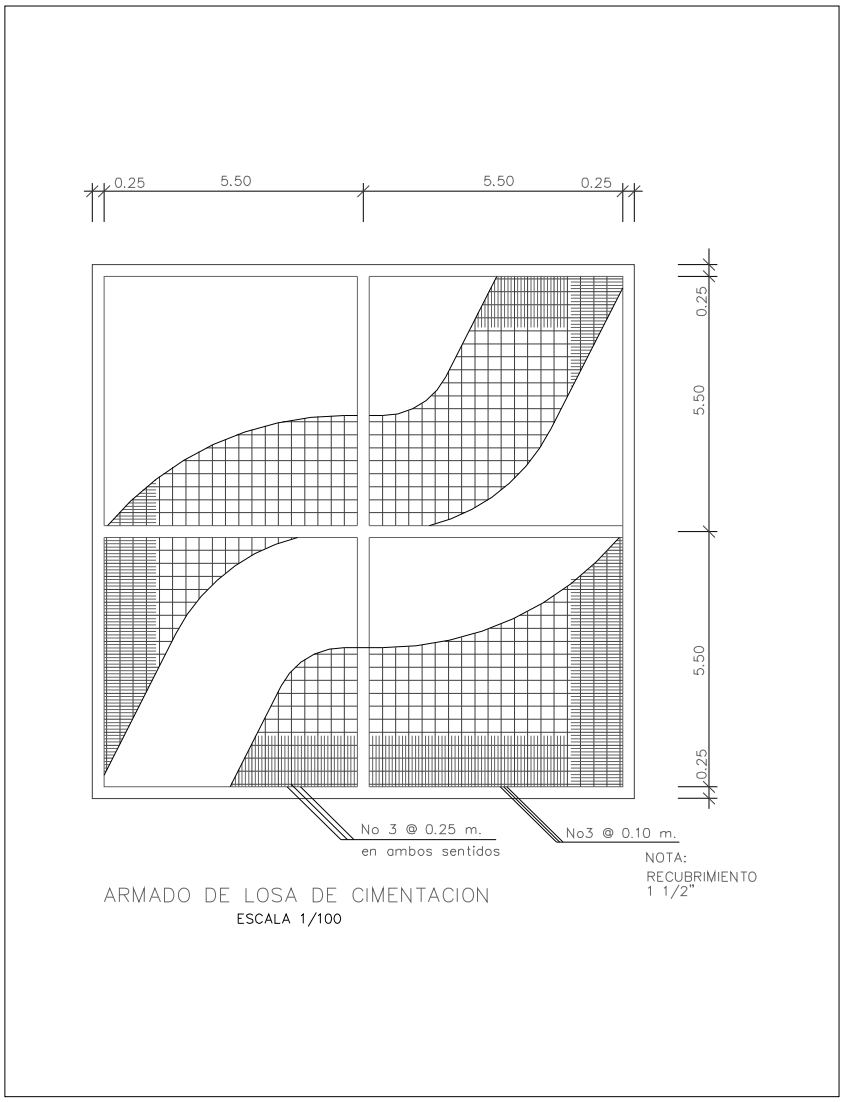
MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO	DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.		
	EPESISTA.	VeBo	ESCALA:	FECHA:
	HERNAN CORTES U.	ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.	1/100	JUNIO 2007



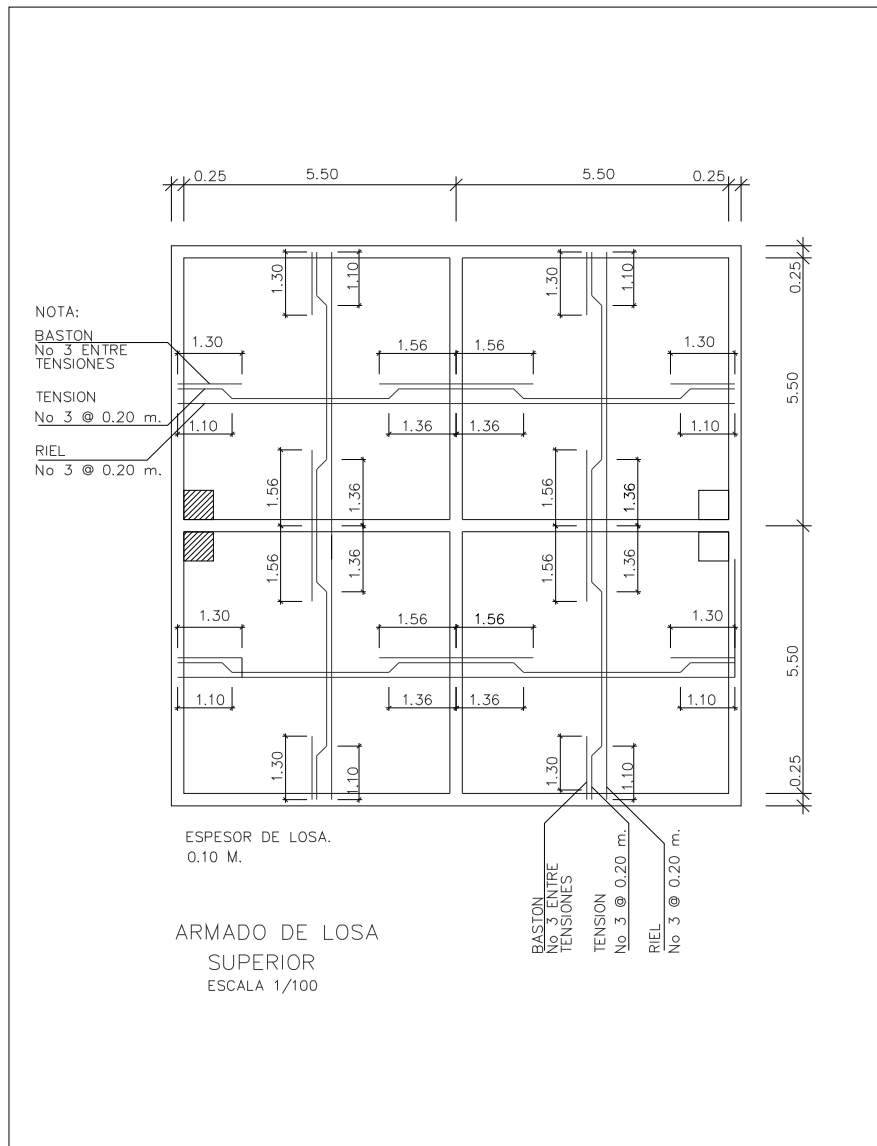
MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.			
	EPESISTA. HERNAN CORTES U.	VoBo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.	ESCALA: 1/100	FECHA: JUNIO 2007

MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA, E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.	EPESISTA HERNAN CORTES U.	V6Bo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.	ESCALA: 1/100	FECHA: JUNIO 2007
--	---	------------------------------	-----------------------------------	------------------	----------------------

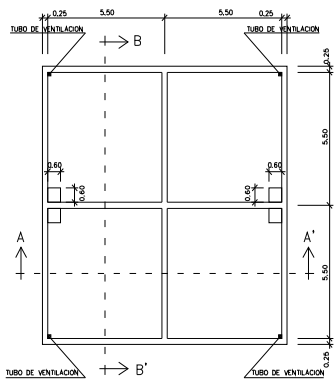




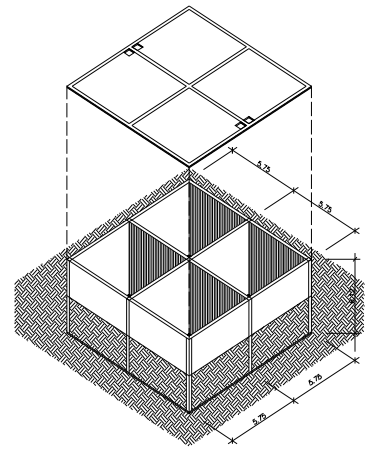
MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.		
	EPESISTA. HERNAN CORTES U.	VeBo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.	ESCALA: 1/100
			FECHA: JUNIO 2007



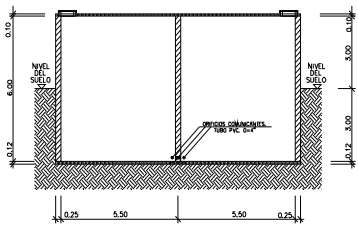
MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA. E.P.S. USAC.	PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.			
	EPESISTA. HERNAN CORTES U.	VaBo ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.	ESCALA: 1/100	FECHA: JUNIO 2007



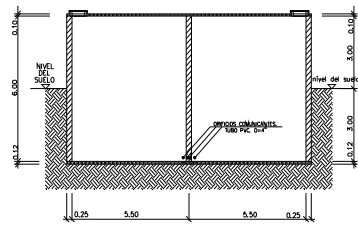
PLANTA.
ESCALA 1/100



PROYECCION ISOMETRICA

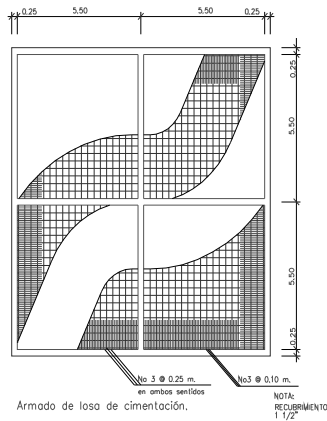
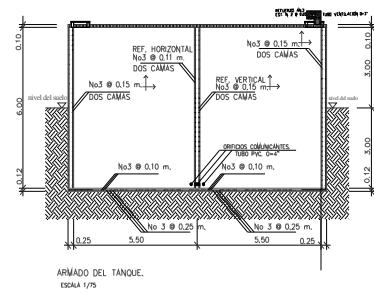
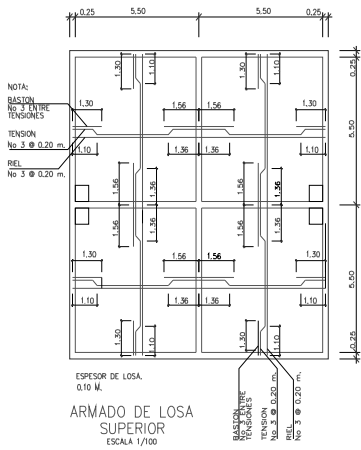


PERFIL A-A'
ESCALA 1/100



PERFIL B-B'

MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA.		E.P.S. FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO.		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.	
PROYECTO: DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.			
CONTENIDO: PLANTA Y SECCIONES ACOTADAS			1 / 2
DISEÑO:	HERNAN CORTES U.	DIBUJO:	HERNAN CORTES U.
CÁLCULO:	HERNAN CORTES U.	ESCALA:	1/100
		FECHA:	JUNIO DEL 2007
		REVISOR:	ING. ALFREDO ARRIVILLAGA.
_____ DISEÑISTA		_____ INGENIERO ASesor	



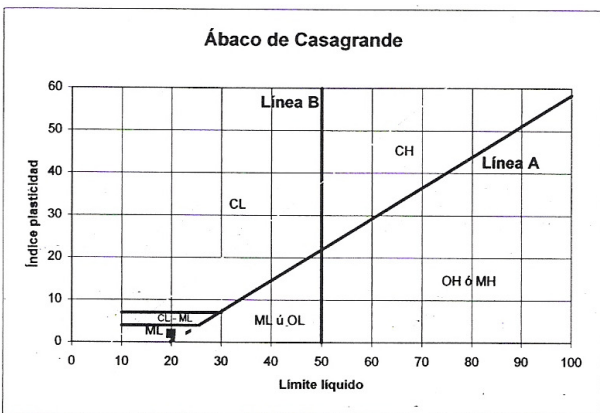
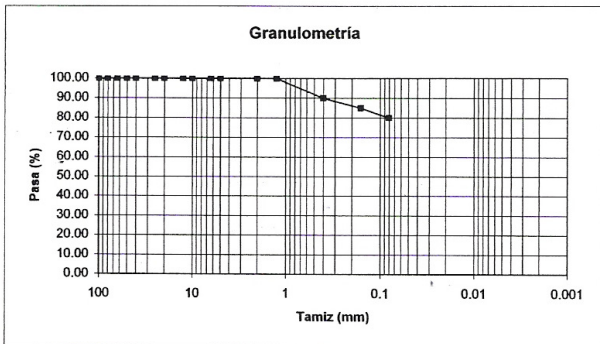
MUNICIPALIDAD DE PALIN, ESCUINTLA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.		E.P.S. FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO DISEÑO DE TANQUE SEMI-ENTERRADO DE 726.00 METROS CUBICOS.		
CONTENIDO ARMADO DE MUROS Y LOSAS.		2 / 2
DISEÑO: HERNÁN CORTES U.	DIBUJO: HERNÁN CORTES U.	FECHA: JUNIO DEL 2007
CÁLCULO: HERNÁN CORTES U.	ESCALA: 1/100	REVISÓ: ING. ALFREDO ARRYLLAGA
EPESTA.		VoBo. ASESOR.

APÉNDICE B

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	100.00	100.00	0.00	0.00
2	100.00	100.00	0.00	0.00
1.25	100.00	100.00	0.00	0.00
0.4	90.00	90.00	10.00	10.00
0.160	85.00	85.00	15.00	5.00
0.080	80.00	80.00	20.00	5.00

Límite líquido LL	20.00%
Límite plástico LP	18.00%
Índice plasticidad IP	2.00%

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100.00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	80.00 %
D ₆₀ :	mm
D ₃₀ :	mm
D ₁₀ (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

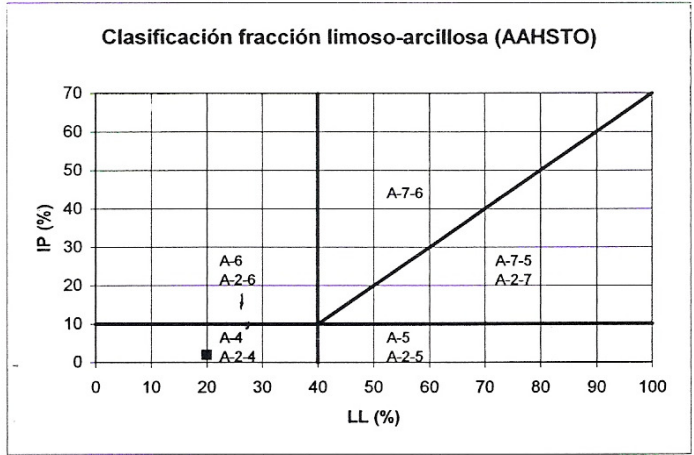


Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas.
Limo baja plasticidad con arena ML

GEOingeniería
 29 av 5-39 zona 7
 kaminaljuyú I
 Ing. Manuel Arrivillaga Ochaeta

Manuel Arrivillaga Ochaeta
 Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 Ingeniero Civil
 Colegiado Número 2,473

Clasificación AAHSTO



Material limoso-arenoso
 Pobre a malo como subgrado
A-4 Suelo limoso

Valor del índice de grupo (IG): 0

GEOingeniería
 29 av 5-39 zona 7
 kaminaljuyú I
 Ing. Manuel Arrivillaga Ochaeta

(Handwritten Signature)
 Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 Ingeniero Civil
 Colegiado Número 2,473

Calculo de la Tensión admisible, Terzaghi

(Condiciones drenadas o sin drenar)

Ecuación general de Terzaghi
(condiciones drenadas):

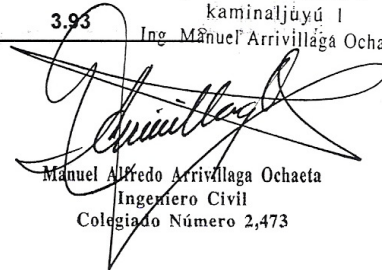
$$q_h = c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_h}{F}$$

$q_{adm} =$	1.76 kg/cm²
-------------	-------------------------------

Ángulo rozamiento interno ϕ :	20 °	20 °
Peso específico suelo, γ :	1.80 gr/cm ³	0.0018 kg/cm ³
Profundidad cimentación, D:	3.00 m	300 cm
Tensión vertical, q:		0.54 kg/cm ²
Cohesión, c:	0.10 kg/cm ²	0.10 kg/cm ²
Factor de seguridad, F:	3	3
Ancho cimentación, B:	1.00 m	100 cm
Factores capacidad carga	N_c :	14.83
	N_q :	6.40
	N_γ :	3.93

GEOingeniería
29 av 5-39 zona 7
kaminaljuyú I
Ing. Manuel Arrivillaga Ochaeta



Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Ingeniero Civil
Colegiado Número 2,473

APÉNDICE C



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
 ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS
 HIDRÁULICOS (ERIS) – CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)
 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No. 20 786		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A-200 058	
INTERESADO	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>		
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Hernán Cortes Urioste</u>	DEPENDENCIA:	<u>U.S.A.C.</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Palín, Escuintla</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2006-10-23; 11h00min</u>		
FUENTE:	<u>Tanque Las Victorias</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2006-10-23; 12 h 20min.</u>		
MUNICIPIO:	<u>Palín</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO:	<u>Escuintla</u>	SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>clara</u>	CLORO RESIDUAL	<u>----</u>		
OLOR:	<u>Lig. a cloro</u>				


INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)


PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	++---
01,00 cm ³	+++++	+++++	-----
00,10 cm ³	+++++	++++-	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		1 600	4

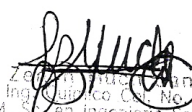
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 20TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.


CONCLUSION Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29001.

Guatemala, 2006-10-31

Vo.Bo. X 
 Ing. César Alfonso García Guerra
 DIRECTOR CII / USAC

 DIRECCION


 Zona 12, Ciudad Universitaria, Zona 12
 Ing. Químico C. No. 420
 M. S. en Ingeniería Sanitaria
 jefe Técnico Laboratorio

 INVESTIGACIONES DE INGENIERIA Y RECURSOS HIDRAULICOS (ERIS) - CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII) DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
 ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS) -CENTRO
 DE INVESTIGACIONES (CI)
 DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No.20 786		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 22 572	
INTERESADO:		FACULTAD DE INGENIERÍA		PROYECTO: CONTROL DE CALIDAD	
RECOLECTADA POR:		Hernán Cortes Urioste		DEPENDENCIA: USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN:		Palin, Escuintla		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2006-10-23: 11 h 00 min.	
FUENTE:		Tanque Las Victorias		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2006-10-23: 12 h 20 min.	
MUNICIPIO:		Palin		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Sin refrigeración	
DEPARTAMENTO:		Escuintla			
RESULTADOS					
1. ASPECTO: Claro		4. OLOR: Lig. a cloro		7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) -- ° C	
2. COLOR: 01,00 Unidades		5. SABOR: -----		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 476,00 µmhos/cm	
3. TURBIDIDAD: 00,50 UNT		6.potencial de Hidrógeno (pH): 07,20 unidades			
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,26	6. CLORUROS (Cl ⁻)	28,50	11. SOLIDOS TOTALES	266,00
2. NITRITOS(NO ₂ ⁻)	00,00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,15	12. SOLIDOS VOLÁTILES	12,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	07,48	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	21,00	13. SOLIDOS FIJOS	254,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,04	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,00
5. MANGANESO (Mn)	00,068	10. DUREZA TOTAL	204,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	252,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	220,00	220,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____


OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: MANGANESO, DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según norma COGUANOR NGO 29001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 20th EDITION 2 000. NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2006-10-31

Vo.Bo. 
 Ing. César Alfonso García Guerra
 DIRECTOR CIUSA




 Zeferino Fructo Santos
 Ing. Químico Col. No. 420
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio



ANEXOS

Tabla IV. Áreas de varillas en losas de concreto reforzado por pie de ancho

Separación entre las varillas (pul)	Área de las varillas (pul ² /pie)									
	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11
3	0.20	0.44	0.80	1.24	1.76	2.40	3.16	4.00		
3.5	0.17	0.38	0.69	1.06	1.51	2.06	2.71	3.43	4.35	
4	0.15	0.33	0.60	0.93	1.32	1.80	2.37	3.00	3.81	4.68
4.5	0.13	0.29	0.53	0.83	1.17	1.60	2.11	2.67	3.39	4.16
5	0.12	0.26	0.48	0.74	1.06	1.44	1.89	2.40	3.05	3.74
5.5	0.11	0.24	0.44	0.68	0.96	1.31	1.72	2.18	2.77	3.40
6	0.10	0.22	0.40	0.62	0.88	1.20	1.58	2.00	2.54	3.12
7	0.08	0.19	0.34	0.53	0.75	1.03	1.35	1.71	2.18	2.67
8	0.07	0.16	0.30	0.46	0.66	0.90	1.18	1.50	1.90	2.34
9	0.07	0.15	0.27	0.41	0.59	0.80	1.05	1.33	1.69	2.08
10	0.06	0.13	0.24	0.37	0.53	0.72	0.95	1.20	1.52	1.87
11	0.05	0.12	0.22	0.34	0.48	0.65	0.86	1.09	1.38	1.70
12	0.05	0.11	0.20	0.31	0.44	0.60	0.79	1.00	1.27	1.56
13	0.05	0.10	0.18	0.29	0.40	0.55	0.73	0.92	1.17	1.44
14	0.04	0.09	0.17	0.27	0.38	0.51	0.68	0.86	1.09	1.34
15	0.04	0.09	0.16	0.25	0.35	0.48	0.63	0.80	1.01	1.25
16	0.04	0.08	0.15	0.23	0.33	0.45	0.59	0.75	0.95	1.17
18	0.03	0.07	0.13	0.21	0.29	0.40	0.53	0.67	0.85	1.04
24	0.02	0.05	0.10	0.15	0.22	0.30	0.39	0.50	0.63	0.78

Fuente : Texto "Diseño simplificado de Concreto Reforzado". Parker-Ambrose.

Tabla V. Coeficientes para los momentos negativos en las losas.

$M_{A \text{ neg}} = C_{a \text{ neg}} * W * A^2$, en donde W es la carga muerta total uniforme más la carga viva.

$M_{B \text{ neg}} = C_{b \text{ neg}} * W * B^2$

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$m \leq \frac{A}{B}$	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.00 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
0.95 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
0.90 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
0.85 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
0.80 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
0.75 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
0.70 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
0.65 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
0.60 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
0.55 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
0.50 $C_{a \text{ neg}}$ $C_{b \text{ neg}}$		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.086
		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

*VER PÁGINA 115

Fuente: Ing. Juan Miguel Rubio, Catedrático del curso Concreto Armado II. Escuela de Vacaciones Junio 2002

Tabla VI. Coeficientes para los momentos positivos producidos en las losas por las cargas muertas.

$M_{A \text{ pos DL}} = C_{a \text{ DL}} * W * A^2$, en donde W es la carga muerta uniforme.

$M_{B \text{ pos DL}} = C_{b \text{ DL}} * W * B^2$
*VER PÁGINA 115

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$m \square \frac{A}{B}$	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.00 C _{aDL}	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
C _{bDL}	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95 C _{aDL}	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
C _{bDL}	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90 C _{aDL}	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
C _{bDL}	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85 C _{aDL}	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
C _{bDL}	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80 C _{aDL}	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
C _{bDL}	0.023	0.011	0.020	0.016	0.006	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75 C _{aDL}	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
C _{bDL}	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70 C _{aDL}	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
C _{bDL}	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65 C _{aDL}	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
C _{bDL}	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60 C _{aDL}	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
C _{bDL}	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55 C _{aDL}	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
C _{bDL}	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50 C _{aDL}	0.095	0.037	0.089	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.033
C _{bDL}	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Fuente: Ing. Juan Miguel Rubio, Catedrático del curso Concreto Armado II. Escuela de Vacaciones Junio 20

Tabla VII. Coeficientes para los momentos positivos producidos en las losas por la carga viva.

$M_{A \text{ pos LL}} = C_{a \text{ LL}} * W * A^2$, en donde W es la carga viva uniforme total.

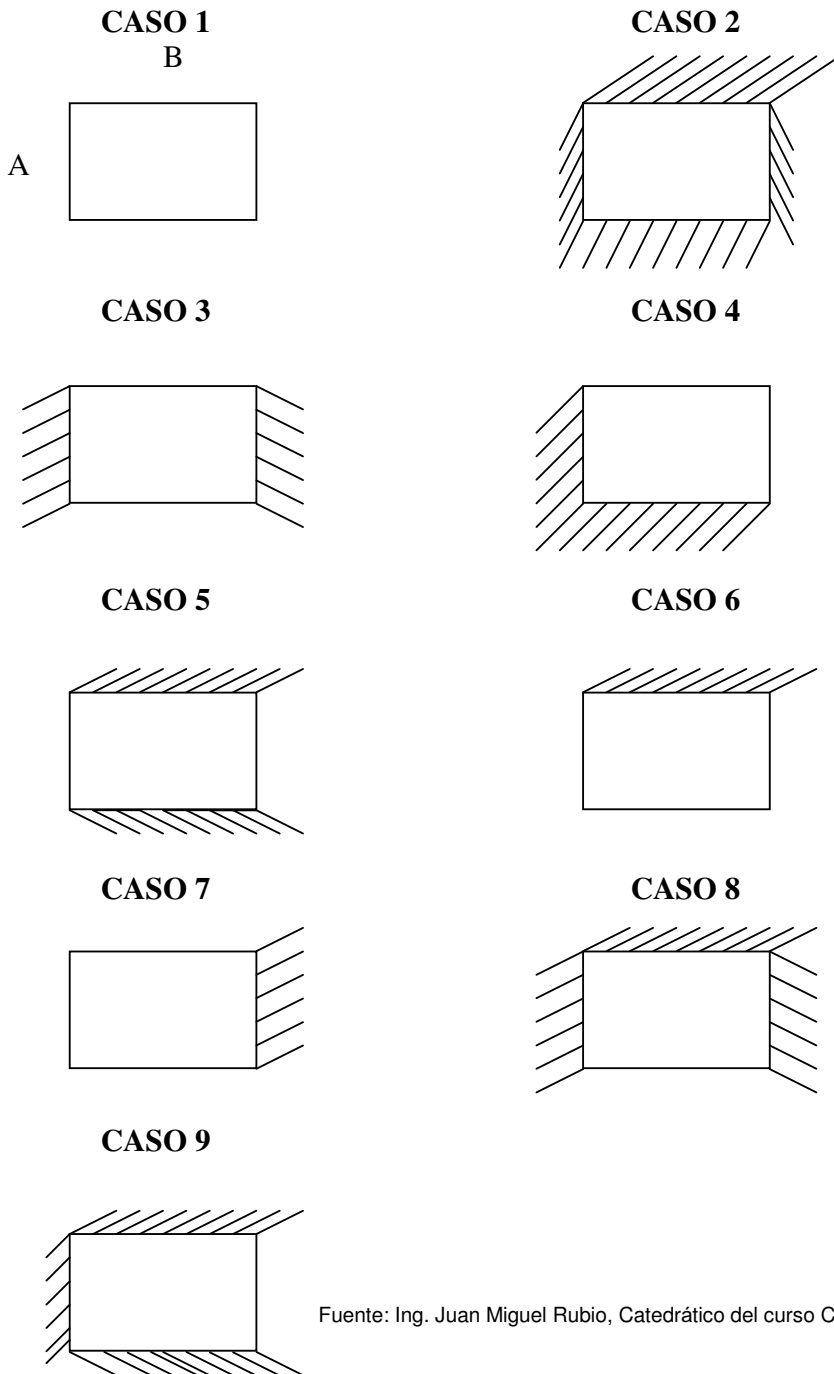
$M_{B \text{ pos LL}} = C_{b \text{ LL}} * W * B^2$
 *VER PÁGINA 115

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$m \square \frac{A}{B}$	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.00 Ca _{DL}	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
Cb _{DL}	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95 Ca _{DL}	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
Cb _{DL}	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90 Ca _{DL}	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
Cb _{DL}	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85 Ca _{DL}	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
Cb _{DL}	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80 Ca _{DL}	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
Cb _{DL}	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75 Ca _{DL}	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
Cb _{DL}	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70 Ca _{DL}	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
Cb _{DL}	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65 Ca _{DL}	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
Cb _{DL}	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60 Ca _{DL}	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
Cb _{DL}	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55 Ca _{DL}	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
Cb _{DL}	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.005	0.009	0.007	0.006
0.50 Ca _{DL}	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
Cb _{DL}	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Fuente: Ing. Juan Miguel Rubio, Catedrático del curso Concreto Armado II. Escuela de Vacaciones Junio 2002

Figura 5. Distintos tipos de apoyos de las losas.

NOTA: Los hachures en los bordes indican que la losa o continúa a través de ellos o está empotrada en el apoyo; los bordes sin hachures son apoyos en los que la resistencia a la torsión es despreciable.



Fuente: Ing. Juan Miguel Rubio, Catedrático del curso Concreto Armado II.