



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

**DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
PARA EL CASERÍO SAN RAMÓN Y PAVIMENTACIÓN DE  
LA ALDEA SANTA RITA, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO  
SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

**José Luis Castillo Bautista**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

**Guatemala, agosto de 2006**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
PARA EL CASERÍO SAN RAMÓN Y PAVIMENTACIÓN DE  
LA ALDEA SANTA RITA, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO  
SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ LUIS CASTILLO BAUTISTA**  
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



## **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Velíz
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**Diseño de la distribución de agua potable para el Caserío San Ramón y  
pavimentación de la aldea Santa Rita, municipio de San Antonio  
Sacatepéquez, departamento de San Marcos,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 28 de septiembre de 2005.

---

José Luis Castillo Bautista

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios:** por brindarme su bendición en todo momento.
- Mis padres:** Otto Marcial Castillo Samayoa y Violeta Esperanza Bautista de Castillo, por el apoyo, esfuerzo, comprensión y cariño.
- Mis hermanos:** Claudia Patricia, Otto Francisco, Nery Arturo, Luis Manuel, Shanny Catherine, por el apoyo que siempre me han brindado.
- Mis tíos:** Aurora Castillo, Ilsy Bautista y Luis Emilio, Manfredo Leonel, Guillermo Castillo, María Elena; ofrenda sobre sus tumbas, por su cariño.
- Mis abuelos:** Hilario Bautista, Julia de Bautista y Luis de Jesús Castillo, Isabel Samayoa de Castillo; flores sobre sus tumbas por los pocos e inolvidables momentos de felicidad compartidos.
- Aldea Monrovia:** Lugar que me vio nacer.
- Familiar:** Hernán de León; flores sobre su tumba.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	IX
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV

### **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

1.1	Aspectos monográficos del caserío San Ramón y de la aldea Santa Rita	
1.1.1.	Descripción del lugar	1
1.1.2.	Ubicación	1
1.1.3.	Localización	1
1.1.4.	Clima	2
1.1.5.	Población e idioma	2
1.1.6.	Actividad económica	2
1.1.7.	Suelo y topografía	2
1.1.8.	Ecología	3
1.1.9.	Vías de acceso	3
1.1.10.	Servicios públicos	3
1.2	Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos y de infraestructura de los lugares de estudio	4
1.2.1.	Descripción de las necesidades	4

1.2.2.	Priorización de las necesidades	4
1.2.3.	Solución a las necesidades priorizadas	5
<b>2.</b>	<b>FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL</b>	
2.1	Diseño de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío San Ramón	6
2.1.1.	Descripción del proyecto	6
2.1.1.1.	Descripción del sistema a utilizar	6
2.1.1.2.	Aforo	6
2.1.1.3	Ensayos de calidad de agua	7
2.1.1.4	Tipo de servicio	8
2.1.2.	Topografía	8
2.1.3.	Período de diseño	8
2.1.4.	Dotación	9
2.1.5.	Estimación de la población	10
2.1.6.	Factores de variación	11
2.1.1.3.	Factor de día máximo (FDM)	11
2.1.1.4.	Factor de hora máxima (FHM)	12
2.1.7.	Determinación de caudales	12
2.1.7.1.	Caudal medio diario	12
2.1.7.2.	Caudal máximo diario	13
2.1.7.3.	Caudal máximo horario	13
2.1.7.4.	Caudal por vivienda	14
2.1.7.5.	Caudal para escuelas y comercios	14
2.1.8.	Red de distribución	14
2.1.8.1.	Presiones y velocidades	15
2.1.8.2.	Tipo de tuberías	16
2.1.8.3.	Cálculo de la red de distribución	16
2.1.9.	Válvulas	21

2.1.10.	Descripción de lo existente en el proyecto de agua potable	21
2.1.11	Sistema de desinfección	21
2.1.11.1.	Propósito de la desinfección	21
2.1.11.2.	Hipoclorador	21
2.1.11.3.	Dosis de cloro necesaria	22
2.1.11.4.	Calibración del hipoclorador	22
2.1.12.	Descripción del mantenimiento del sistema de agua	23
2.1.12.1.	Red de distribución	23
2.1.12.2.	Obras hidráulicas	25
2.1.13.	Costos de operación y mantenimiento	25
2.1.14.	Propuesta tarifaria	29
2.1.15	Impacto ambiental del proyecto	31
2.1.16	Planos	36
2.1.17	Presupuesto	36
2.1.18	Evaluación socioeconómica	40
2.1.18.1	Valor presente neto	40
2.1.18.2	Tasa interna de retorno	43
2.2.	Diseño del pavimento rígido para Santa Rita	45
2.2.1.	Período de diseño	45
2.2.2.	Ensayos de laboratorio de suelos	45
2.2.2.1.	Granulometría	46
2.2.2.2.	Límites de Atterberg	47
2.2.2.3.	Ensayo de compactación	49
2.2.2.4.	Ensayo de C.B.R.	50
2.2.2.5.	Análisis de resultados	53
2.2.3.	Rasante	54
2.2.4.	Elementos estructurales del pavimento	54



2.2.5.	Diseño de pavimento rígido	56
2.2.6.	Módulo de ruptura	56
2.2.7.	Soporte de la subrasante	57
2.2.8.	Cálculo de pavimento rígido	58
2.2.9.	Planos y presupuestos	62
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>71</b>
<b>APÉNDICE</b>		<b>77</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Figuras

1. Índice plástico del suelo	44
2. Gráfica de ensayo CBR del suelo	47
3. Examen bacteriológico	63
4. Examen físico-químico-sanitario	64
5. Análisis granulométrico	65
6. Límites de Atterberg	66
7. Razón soporte California (C.B.R)	67
8. Compactación	68

## Tablas

I. Cálculo hidráulico	19
II. Cálculo anual de mantenimiento	26
III. Costo de mano obra	26
IV. Costo anual de mano de obra y mantenimiento durante los 20 años	27
V. Demanda de cloración durante los 20 años	28
VI. Estudio tarifario	30
VII. Presupuesto del proyecto de agua potable	36
VIII. Cálculo del valor presente neto con una tasa al 14.67%	41
IX. Cálculo de la tasa interna de retorno con una tasa al 14.67%	43
X. Empleo que se le puede dar al material en lo que al CBR se refiere	52
XI. Tipos de suelo de la subrasante y valores aproximados de K	57
XII. Categorías de cargas por eje	59
XIII. TPDC permisible. Carga por eje categoría dos. Pavimento con juntas con agregados de trabe.	61
XIV. Presupuesto de pavimento de Santa Rita a siete Tambores	62
XV. Topografía del pavimento de Santa Rita a siete Tambores.	74
XVI. Topografía de la distribución de agua potable para el caserío San Ramón.	75

## LISTA DE SÍMBOLOS

A.C.I.	Instituto Americano del Concreto
As	área de acero
b	base del elemento
cm	centímetro
C	constante de la tubería
Cu	coeficiente de uniformidad de partículas del suelo
f'c	resistencia del concreto a los 28 días
FDM	factor de día máximo
FHM	factor de hora máxima
Fqm	factor de caudal medio
hab.	habitantes
Hf	pérdida de carga en las tuberías
Hg	hierro galvanizado
Kg-m	kilogramo metro
L	longitud
L.L.	límite líquido
l/h/d	litros habitante día
l/s	litros por segundo
$\mu$	coeficiente de reparto
m.c.a.	metro columna de agua
m/s	metros por segundo
mm	milímetro
MR	módulo de ruptura
Po	población inicial

PSI	libras pulgada cuadrada
Q	caudal
Qc	caudal de conducción
Qd	caudal de distribución
Qi	caudal instantáneo
Qv	caudal por vivienda
S =	pendiente del terreno
TPD	tráfico promedio diario
TPDC	tráfico promedio diario de camiones
UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programas de Acueductos Rurales
Ø	diámetro
Vs	valor soporte del suelo

## GLOSARIO

Aforo:	es la acción de medir un caudal en una fuente determinada.
Cal:	óxido de calcio. Sustancia alcalina de color blanco o blanco grisáceo, que al contacto del agua se hidrata o se apaga, con desprendimiento de calor y mezclada con arena, forma un mortero.
Cota de terreno:	número en los planos topográficos, indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
Dotación:	volumen de agua que se asigna en el diseño, al consumo de un habitante durante un día.
Estación:	cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Estribos:	varillas transversales de hierro que resisten los esfuerzos de corte en el alma de la viga.
Formaleta:	armazón provisional que sostiene un elemento de construcción mientras se está ejecutando, hasta que alcanza resistencia propia suficiente.

**Mortero:** mezcla plástica obtenida con un aglomerante, arena y agua, que sirve para unir las piedras y/o ladrillos que integran obras de mampostería y/o para revestirlas con los acabados de la tubería.

**Pérdida de carga:** es la caída de presión ocasionada por la fricción entre el agua y las paredes de la tubería.

## **RESUMEN**

A través del Ejercicio Profesional Supervisado, se atendieron las necesidades de dos comunidades, siendo éstas el caserío San Ramón, éste pertenece a la aldea Santa Rita. En el caserío San Ramón se necesita la red de distribución de agua potable para 70 casas.

La distribución de la red se realizará con una dotación de 100 l/h/d, su período de diseño es de 20 años.

En la aldea Santa Rita se necesita la pavimentación de su carretera principal, con una longitud de 1,018 metros, con un ancho de 5.20 metros, incluyendo sus bordillos.

Actualmente, en la carretera a pavimentar, existen dos transversales, con el diseño del pavimento se construirán dos más.

El pavimento llevará una base de 15 centímetros y una carpeta de rodadura de 15 centímetros.

Con estos proyectos se pretende suplir las necesidades que afectan a estas dos comunidades.





## **OBJETIVOS**

1. Diseñar la red de distribución de agua potable del caserío San Ramón y la pavimentación para la aldea Santa Rita, municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.
2. Planificar la ejecución de las obras que contribuyan al desarrollo integral de las comunidades, para mejorar la vía de acceso, asimismo evitar la propagación de enfermedades.
3. Colaborar de una forma directa con las comunidades.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala posee un alto índice de crecimiento poblacional, pero los servicios que requiere esta población no crecen a la misma velocidad, por lo que hay insuficiente infraestructura en servicio, especialmente en el área rural. Éste es el caso de una red de distribución para el caserío San Ramón y el mejoramiento de la carretera de la aldea Santa Rita.

El agua es uno de los servicios primordiales con que deben contar las comunidades del país, para mejorar su salud y nivel de vida, éste es el caso de la falta de una red de distribución para el caserío San Ramón.

Entre los servicios básicos que debe tener una comunidad están las vías de acceso, por lo que el diseño de la pavimentación de la aldea Santa Rita, es uno de los servicios con que debe contar.

En el presente informe se realiza la solución al problema primordial en el caserío San Ramón y en la aldea Santa Rita, como son el diseño de la red de distribución y la pavimentación, respectivamente.

## **1.1. Aspectos monográficos del caserío San Ramón y de la aldea Santa Rita.**

### **1.1.1. Descripción del lugar**

El caserío San Ramón y la aldea Santa Rita, se encuentran ubicadas en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos, son comunidades de aspectos físicos similares, tanto en vegetación como en el tipo de suelo, pues se encuentran dentro de la misma zona.

### **1.1.2. Ubicación**

El caserío San Ramón de la aldea Santa Rita se encuentra a 1.5 Kilómetros de la aldea Santa Rita, a la cual pertenece, 10 kilómetros de la cabecera departamental San Marcos y a 240 kilómetros de la capital de Guatemala

### **1.1.3. Localización**

Coordenadas del caserío San Ramon:	Latitud	13°38'40''	
	Longitud	90°34'32''	
Coordenadas de la aldea Santa Rita	:	Latitud	13°41'35''
		Longitud	90°51'21''

#### **1.1.4. Clima**

El clima es frío de tierras húmedas, la temperatura máxima es de 24° C y la mínima es de 15°C, calculándole la temperatura media en 20°C, con una precipitación anual de 2,000 a 4,000 milímetros.

#### **1.1.5. Población e idioma**

Según los datos proporcionados por el INE (Instituto Nacional de Estadística) el caserío San Ramon cuenta con 448 pobladores, de los cuales 199 son hombres y 249 mujeres; mientras que la aldea Santa Rita tiene 3,129 pobladores, de los cuales 1,459 son hombres y 1,670 mujeres.

En ambas comunidades la población habla el idioma Español.

#### **1.1.6. Actividad económica**

La economía de las comunidades se encuentra formada fundamentalmente por la agricultura (maíz, frijol, haba y verduras)

#### **1.1.7. Suelo y topografía**

La topografía del terreno de las comunidades generalmente es accidentada, encontrándose barrancos y planicies, en ambas comunidades se encuentra gran cantidad de arena limosa, con considerable cantidad de materia orgánica en la superficie.

### **1.1.8. Ecología**

Dentro de la flora se encuentran las siguientes especies: cedro, chicharro, aliso, pino, ciprés.

### **1.1.9. Vías de acceso**

Para llegar a las comunidades se cuenta con la carretera que conduce de San Marcos a la ciudad, encontrándose a 10 kilómetros de San Marcos la aldea Santa Rita, 11.5 kilómetros el caserío San Ramón.

También se cuenta en el interior de las comunidades con caminos secundarios.

### **1.1.10. Servicios públicos**

Las comunidades cuentan con servicio de energía eléctrica y teléfono comunitario, y dos escuelas. Ambas comunidades deben dirigirse hacia el municipio para realizar sus compras o si necesitan servicios de salud.

Además, el municipio cuenta con la representación de las siguientes instituciones: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, Ministerio de Gobernación, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Tribunal Supremo Electoral y Organismo Judicial.

## **1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos y de infraestructura de los lugares en estudio.**

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

Las necesidades que se presentan en el municipio de San Antonio Sacatepéquez son distintas, dependiendo de cada comunidad, así que para la elección de los proyectos se tuvo como objetivo que fueran problemas de servicios básicos.

En el caso del caserío San Ramón los pobladores han planteado ante la corporación municipal sus necesidades, las cuales se presentan en la red de distribución de agua potable y la pavimentación.

En la aldea Santa Rita los habitantes, a través del consejo comunitario de desarrollo, han solicitado la construcción del pavimento rígido de su carretera principal.

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

Tomando en cuenta las necesidades expuestas por los vecinos del lugar, como de lo expuesto por los funcionarios de la administración municipal y de los recursos disponibles, la priorización se hace de la siguiente manera: para el caserío San Ramón se hará el diseño de la red de distribución, mientras que para la aldea Santa Rita se le diseñará el pavimento rígido de su carretera.

La red de distribución de agua potable es un servicio básico porque apoya al desarrollo, colabora con la gestión de una mejor salud de los



habitantes, mejora la calidad de vida de la comunidad y colabora para sus habitantes no padezcan enfermedades y se deba invertir en servicios médicos.

### **1.2.3. Solución a las necesidades prioritizadas**

Al caserío San Ramón se le dará solución a su necesidad prioritizada diseñándole la red de distribución, para que los pobladores gestionen los recursos económicos en instituciones, para la realización del proyecto.

Al caserío Santa Rita se le dará solución a su necesidad prioritizada diseñándole el pavimento rígido de su carretera principal, para que los pobladores gestionen los recursos económicos en instituciones, para la realización del proyecto.

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

### **2.1. Diseño de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío San Ramón.**

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

La comunidad elaboró la captación, conducción, tanque de distribución por otra parte, la distribución la realizan por medio de tubería semiflexibles (poliducto).

El proyecto consiste en diseñar la red de distribución para el caserío San Ramón, cuenta con 6,171 metros lineales de distribución, con un sistema de distribución por gravedad, beneficiando a 70 viviendas, con conexiones prediales.

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

El sistema a utilizar en la ampliación de la red de distribución es el de gravedad, por condiciones topográficas del lugar.

##### **2.1.1.2. Aforo**

Se define como la cantidad de agua que produce una fuente, se debe de realizar en época de estiaje de la cuenca.

El municipio de San Antonio cuenta con nacimientos que son el resultado de la percolación del agua superficial a través de diferentes estratos del terreno y por su recorrido dentro del acuífero, experimenta una filtración que

generalmente la hace de buena calidad para el consumo humano. El aforo se realizó en la entrada del tanque de distribución teniendo un caudal de 2.45 l/s, la fecha en que se realizó es el 4 mayo del 2005.

El nacimiento se encuentra a una distancia aproximada de 2.5 kilómetros del tanque de distribución y es propiedad de la comunidad.

### **2.1.1.3. Ensayos de calidad de agua**

El análisis químico y físico indicará si el agua está contaminada, las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación.

En la prueba física, los sentidos organolépticos ayudan a analizar el agua, relacionando parámetros que pueden ser medidos de esta forma y compararlos con estándares que disponen los laboratorios. Mientras tanto las pruebas por medio del análisis químico pueden determinar el contenido de sales minerales y materia orgánica, esto para poder compararlo con los estándares y poder determinar su calidad, usos y cualquier tipo de proceso al cual debe ser sometida. El examen bacteriológico se ha diseñado de modo que sea muy sensible y específico para que pueda revelar la presencia de cualquier contaminación, el propósito de estos análisis rutinarios es determinar la presencia o existencia de contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coniforme.

Los resultados de este análisis se encuentran en las figuras 3 y 4 de este trabajo donde se muestra que desde el punto de vista físico químico sanitario el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables de normalidad

según norma COGUANOR NGO 29001, mientras que bacteriológicamente el agua es potable, según norma COGUANOR NGO 29001

#### **2.1.1.5. Tipo se servicio**

El sistema de servicio podrá ser por conexiones prediales, conexiones intradomiciliares, llenacantaros y mixtos. Para este proyecto se propone la utilización de una conexión predial; por razones económicas este servicio es el aconsejable en el área rural.

#### **2.1.2. Topografía**

Se realizó un levantamiento de segundo orden, debido a las diferencias de alturas, para representar la proyección del terreno de las comunidades en un plano horizontal imaginario, se adoptó el método de conservación del azimut, para ello se consideró un norte arbitrario como referencia.

La nivelación se realizó a través de un método indirecto, como lo es el taquimétrico; el cual permite definir las cotas del terreno a trabajar, tanto en las irregularidades como en los cambios de dirección más importantes.

El equipo que se utilizó comprende teodolito, estadal, estacas y cinta métrica, los resultados se muestran en los anexos.

#### **2.1.3. Período de diseño**

Se define período de diseño de un acueducto como el número de años para el cual el sistema va a proporcionar agua potable, en la cantidad adecuada a la población existente al final de dicho periodo.

El período de diseño de un abastecimiento de agua rural está determinado por razones económicas. Un período de diseño de pocos años implicaría que las poblaciones se encontrarían con la necesidad de hacer ampliaciones al sistema de abastecimiento en un plazo muy corto de tiempo. Un período de diseño de muchos años haría contribuir a la población actual para cubrir los costos que efectivamente deberían ser cubiertos por la población futura.

Con las anteriores consideraciones, para el proyecto de agua potable del caserío San Ramón, el período de diseño será de 20 años.

#### **2.1.4. Dotación**

Se define la dotación como la cantidad de agua que se le asigna a cada habitante de una población en un día. Se le representa con la letra D y se expresa en litros por habitante por día (l/h/d).

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

Los estudios de demanda llevados a cabo para poblaciones de características semejantes pueden servir de base para fijar la dotación de una población. En función de lo anterior se establece que la dotación para el caserío San Ramón será de 100l/h/d.

### 2.1.5. Estimación de la población

En este caso se recurre para la estimación de la población al número de viviendas y al número promedio de habitantes por vivienda. En estudios recientes se llegó a determinar que el número de habitantes por vivienda para el área rural variaba entre 6.5 y 6.9. De acuerdo a condiciones propias de cada localidad, el número de habitantes por vivienda puede tomarse de 6 ó 7.

Para determinar la población a servir para el final del periodo de diseño bastaría multiplicar el número total de casas estimado para entonces, por el número adoptado de habitantes por vivienda.

En función de lo anterior se tomó el número de habitantes por vivienda equivalente a 6.

Número de viviendas = 70

Po = (Número de Viviendas x Número Promedio habitantes por vivienda)

$$Po = (70 \times 6) = 420$$

Al igual que la población, el crecimiento del número de casas responde al 3.00% para el municipio de San Antonio Sacatepéquez según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística.

Se usa la ecuación de crecimiento.

$$N = n (1+r)^s$$

En la cual n es el número habitantes al año cero, r la tasa de crecimiento poblacional y N es el número de habitantes al final del período de diseño.

Con N = 20 años

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

$$Pf = 420(1+ 0.03)^{20}= 759$$

### **2.1.6. Factores de variación**

En un sistema público de abastecimiento de agua, el consumo es afectado por una serie de factores que varían en función del tiempo, las costumbres de la región, las condiciones climáticas, y las condiciones económicas que son inherentes a una comunidad y que varían de una comunidad a otra. Estos factores de seguridad se utilizan para garantizar el buen funcionamiento del sistema en cualquier época del año, bajo cualquier condición.

#### **2.1.6.1. Factor de día máximo (FDM)**

Este incremento porcentual se utiliza cuando no se cuenta con datos de consumo máximo diario. En acueductos rurales el FDM puede variar de 1.2 a 1.5, en el área rural. Para el proyecto del caserío San Ramón se utilizó un factor de día máximo de 1.50, debido a que su población es menor de 1000 habitantes; esto lo recomienda la UNEPAR.

### **2.1.6.2. Factor de Hora Máxima (FHM)**

Éste, como el anterior, depende de la población que se esté estudiando y de sus respectivas costumbres. El FHM puede variar de 2.0 a 3.0 en el área rural.

Para el proyecto del caserío San Ramón se utilizó un factor de día máximo de 2.0, debido a que su población es menor de 1000 habitantes según la UNEPAR y es un clima frío.

### **2.1.7. Determinación de caudales**

#### **2.1.7.1. Caudal medio diario**

Es conocido también como caudal medio y es la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumos diarios se puede calcular en función de la población futura y a la dotación asignada en un día. Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{(población . futura) * (dotación)}{86400 \text{ segundos}}$$

$$Q_m = \frac{759 * 100}{86400} = 0.88 \text{ l/s}$$



### **2. 1.7.2. Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario o consumo máximo diario es conocido también como caudal de conducción, ya que es el que se utiliza para diseñar el caudal de conducción y es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año, el cual no incluye gastos causados por incendios. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, este se puede calcular multiplicando el factor de día máximo por el caudal medio diario.

$$Q_c = Q_m * FDM$$

$$Q_c = 0.90 * 1.50 = 1.35 \text{ l/seg}$$

### **2.1.7.3. Caudal máximo horario**

Conocido también como caudal de distribución, debido a que es el que se utiliza para diseñar la línea de distribución y es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo equivalente a un año. Si no se tiene registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

$$Q_d = Q_m * FHM$$

$$Q_d = 0.88 * 2.00 = 1.80 \text{ l/s}$$

#### **2.1.7.4. Caudal por vivienda**

Conocido también como caudal de gasto, está definido como el consumo de agua que se da por vivienda. El caudal de hora máxima se puede distribuir en los tramos de tuberías que componen la línea de distribución, según el número de viviendas que comprenden la línea de distribución y los tramos del proyecto a diseñar.

$$Q_v = \frac{Q_d}{\text{Número de viviendas}}$$
$$Q_v = \frac{1.8}{70} = .025 \text{ l/s}$$

#### **2.1.7.5. Caudal para escuelas y comercios.**

Es el consumo que se le asigna a este tipo de consumidores para este proyecto, se toma como 25 l/h/d por lo que la dotación es de 100 l/h/d.

#### **2.1.8. Red de distribución**

Es el sistema de tuberías, obras y accesorios que se encargan de distribuir el caudal instantáneo o de hora máxima, desde el tanque de distribución hacia las tuberías de tomas domiciliarias.

En este sistema la red de distribución estará constituida por ramales abiertos, debido a lo disperso de las casas y a lo quebrado de la topografía.

Para el diseño de la red será necesario considerar los siguientes criterios.

- a. El buen funcionamiento del acueducto se debe garantizar para el periodo de diseño, de acuerdo con el caudal máximo horario.
- b. La distribución debe hacerse mediante criterios que estén de acuerdo con el consumo real de la comunidad.
- c. La red de distribución se debe dotar de accesorios y de obras hidráulicas necesarias, para garantizar el funcionamiento correcto del sistema de acuerdo con las normas establecidas para facilitar así su mantenimiento.

#### **2.1.8.1. Presiones y velocidades**

Los límites aceptables de la presión del líquido dentro de las tuberías, no debe sobrepasar los 60 m.c.a. en algunas situaciones podrá permitirse una presión máxima de 70 m.c.a, ya que, después de alcanzarse una presión de 64 m.c.a. se corre el riesgo de que fallen los empaques de los chorros.

En cuanto a la presión hidrodinámica en la red de distribución, ésta se debe mantener entre 60 y 10 m.c.a; aunque en muchas de las regiones donde se ubican las comunidades, la topografía es irregular y se hace difícil mantener

este rango, por lo que se podría considerar en casos extremos una presión dinámica de 6 m.c.a; partiendo del criterio que en una población rural es difícil que se construyan edificios de altura considerable.

En cuanto a las velocidades en la red, se recomiendan mantener como máximo 3 m/s y 0.3 m/s como mínimo.

#### **2.1.8.2. Tipo de tuberías**

En sistemas de acueductos se utilizara generalmente tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC). La tubería de PVC, es una tubería plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar, pero es necesario protegerla de la intemperie.

Para este proyecto se utiliza tubería de PVC con un coeficiente de fricción  $C=150$ ,

#### **2.1.8.3. Cálculo de la red de distribución**

La explicación de la tabla I por columna es la siguiente.

Columna 1 : corresponde a la cantidad de viviendas del tramo.

Columnas 2 y 3 : en estas columnas se coloca el número de estación correspondiente al principio y al final del tramo.

Columna 4 y 5 : cota de terreno al inicio y al final del tramo.

Columna 6 : corresponde al consumo de las viviendas en el tramo.

Columna 7 : caudal instantáneo, éste se calcula  $Q_i = k \sqrt{n-1}$  donde: n corresponde al número de conexiones, k es el factor igual a 0.15 para tramos con menos de 55 casas y 0.20 para más de estas. Este caudal explica que cuando se abre un chorro, normalmente se obtiene mayor caudal que el caudal por vivienda por lo que se debe aplicar este criterio para dejar capacidad de distribución.

Columna 8 : corresponde al caudal del nudo.

Columna 9 : caudal de diseño de cada tramo, es el mayor de los dos columnas anteriores. Se considera 0.20 l/s como mínimo.

Columna 10: longitud para los cálculos hidráulicos y para la cuantificación de materiales.

Columna 11: diámetro interno, respecto de esto se debe mencionar que comercialmente las tuberías se asignan por un diámetro nominal, que difiere del diámetro interno del conducto.

Columna 12: corresponde al diámetro existente comercialmente que se ajusta al diámetro teórico.

Columna 13: muestra la peregón de trabajo

Columna 14: Coeficiente de rugosidad de la tubería

Columna 15: con el diámetro de la columna anterior se calculan las pérdidas que ocurren en el tramo con la fórmula:

$$H_f = \left( \frac{1743.811141 * Lr * Q^{1.85}}{D^{1.87} * c^{1.85}} \right)$$

Columna 16: cota piezométrica, es la diferencia de alturas de un punto debido a la pérdida de carga en la tubería. La cota piezométrica en el punto B es igual a la cota piezométrica del punta A menos la pérdida de carga.

Columna 17: presión disponible, es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno del punto.

Columna 18: velocidad en el tramo, ésta se calcula con la fórmula:

$$V = \frac{1.974 * Q}{D^2}$$

Tabla I. Cálculo hidráulico

CASERÍO SAN RAMÓN, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

No. VIV.	EST.	P.O.	CT. I.	CT.F.	Q.V.	Q.I.	Q	CAUDAL DISEÑO	LONG.	D. IN.	D. NO.	P.T. PSI	CEF. RUG.	HF	PIEZ.	PRES.	V.
----------	------	------	--------	-------	------	------	---	---------------	-------	--------	--------	----------	-----------	----	-------	-------	----

T.D. A E33

0	7	24	1132.31	1080.18	0.00	1.80	1.80	1.80	798.00	1.754	1 1/2	160	150	25.21	1107.10	26.92	1.15
0	24	32	1080.18	1075.29	0.00	1.80	1.80	1.80	324.00	1.532	1 ¼	160	150	19.78	1087.32	12.32	1.51
3	32	33	1075.29	1050.78	0.09	0.21	1.725	1.725	66.00	1.195	1	160	150	12.49	1074.83	24.05	2.38

RAMAL 2

2	33	34	1050.78	1008.95	0.06	0.15	0.975	0.975	54.00	0.926	3/4	250	150	12.31	1038.47	29.52	2.24
6	34	36	1008.95	978.05	0.18	0.34	0.925	0.925	90.00	0.926	3/4	250	150	18.62	2019.85	41.80	2.13
6	36	39	978.05	929.81	0.18	0.34	0.775	0.775	108.00	0.926	3/4	250	150	16.10	961.95	32.14	1.78
7	39	43	929.81	912.72	0.21	0.37	0.625	0.625	240.00	0.926	3/4	250	150	24.03	937.92	25.20	1.44
5	43	44	912.72	904.01	0.15	0.30	0.450	0.450	54.00	0.926	3/4	250	150	2.94	934.97	30.96	1.04
5	44	48	904.01	881.28	0.15	0.30	0.325	0.325	168.00	0.926	3/4	250	150	5.02	898.99	17.71	0.75
8	48	49.4	881.28	873.12	0.24	0.40	0.200	0.400	84.00	0.926	3/4	250	150	3.68	895.31	21.83	0.92

**CASERÍO SAN RAMÓN, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**

No. VIV.	EST.	P.O.	CT. I.	CT.F.	Q.V.	Q.I.	Q	CAUDAL DISEÑO	LONG.	D. I.	D. N.	P.T. PSI	CEF. RUG.	HF	PIEZ.	PRES.	V.
----------	------	------	--------	-------	------	------	---	---------------	-------	-------	-------	----------	-----------	----	-------	-------	----

**RAMAL 1**

3	33	1	1050.78	1026.68	0.09	0.21	0.70	0.700	72.00	0.926	3/4	250	150	8.89	1041.89	15.21	1.61
6	1	33.3	1026.68	996.67	0.18	0.34	0.625	0.625	102.00	0.926	3/4	250	150	10.22	1031.67	35.00	1.44
9	33.3	33.6	996.67	966.00	0.27	0.42	0.475	0.475	168.00	0.926	3/4	250	150	10.13	986.54	20.54	1.09
10	33.6	33.8	966.00	903.76	0.30	0.45	0.250	0.450	486.00	0.926	¾	250	150	26.51	939.49	35.73	1.04

**RAMAL 3**

0	33	6	1050.78	1046.98	0.00	0.05	0.050	0.200	276.00	0.926	3/4	250	150	3.36	1071.47	24.49	0.46
2	6	9	1046.98	1044.59	0.06	0.15	0.025	0.200	144.00	0.9260	3/4	250	150	1.75	1069.72	25.13	0.46



### **2.1.9. Válvulas**

Las obras hidráulicas son importantes en una línea de conducción y distribución de agua potable, ya que por medio de éstas se puede interrumpir el paso de un fluido o se puede liberar el aire que se queda atrapado en los puntos altos de la tubería; en los puntos bajos del circuito se acumulan sólidos que se pueden extraer por medios de estos accesorios.

### **2.1.10. Descripción de lo existente en el proyecto de agua potable**

Actualmente en el sistema de agua potable existe la captación de un acuífero superficial, la cual está construida de concreto ciclópeo, se encuentra aproximadamente a 2.5 kilómetros del tanque de distribución, luego se tiene la conducción de la captación al tanque de distribución, la que tiene una longitud aproximada de 2.5 kilómetros, el tanque de distribución es de concreto ciclópeo.

### **2.1.11. Sistema de desinfección**

#### **2.1.11.1. Propósito de la desinfección**

Con el propósito de proveer agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios, se debe incorporar un sistema de desinfección. En nuestro medio se aplica, tanto en el área rural como en el área urbana, el cloro, ya sea como gas o como compuestos clarados.

#### **2.1.11.2. Hipoclorador**

Se usará un solo hipoclorador que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido en agua en pequeñas dosis, directamente al caudal de entrada en la caja distribuidora de caudales.

### **2.1.11.3. Dosis de cloro necesaria**

La solución para aplicar en la entrada al tanque, es decir, el flujo de cloro ( $F_c$ ) en gramos /hora, se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_c = Q_e * D_c * 0.06$$

Donde:

$Q_e$  = caudal de agua en la entrada del tanque en litros /minuto.

$Q_b$  = 1.35 litros /segundos = 81 litros /minuto.

$D_c$  = demanda de cloro en mg /litro (se estima una demanda de cloro de 0.2 mg /litro).

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$F_c = 81 * 2 * 0.06$$

$$F_c = 9.72 \text{ gramos /hora}$$

### **2.1.11.4. Calibración del hipoclorador**

El clorinador se extrapola  $F_c$  y se determina el flujo de solución de cloro ( $Sc$ ). Regularmente este flujo es muy pequeño y debe obtenerse mediante la calibración de la válvula de compuerta que se coloca en el ingreso del clorinador; por lo tanto, se debe calcular el tiempo necesario para llenar un recipiente de un litro, mediante la siguiente fórmula:

$$t = 60 / Sc$$

Donde:

t = tiempo de llenado de un litro en segundos.

Sc = flujo de solución de cloro en litros / minuto

Con base al resultado anterior, se procede a la calibración del flujo de solución de cloro, con la fórmula siguiente:

$$t = 60 / 17 = 3.53 \text{ segundos}$$

El resultado anterior indica la cantidad de tiempo necesario en que deberá llenarse completamente un recipiente de un litro. El flujo de cloro de hipoclorito es de 49.32 gramos / hora, entonces la cantidad de tabletas (Ct) que consumirá en un mes será de:

$$Ct = 9.72 \text{ gramos / hora} * 24 \text{ horas / 1 día} * 30 \text{ días / 1 mes}$$

$$Ct = 6998.4 \text{ gramos / 1 mes} * 1 \text{ tableta / 300 gramos}$$

$$Ct = 23.33 \approx 24 \text{ tabletas / mes}$$

## **2.1.12. Descripción del mantenimiento del sistema de agua**

### **2.1.12.1. Red de distribución**

En la red de distribución se debe observar si hay fugas, deslizamientos o hundimientos de la tierra que puedan afectar la línea. Cualquier área humedad sobre la distribución debe ser explorada por posible fuga de agua.

Cuando se necesite cambiar un tramo de tubería por problemas de fugas o destrucción del tubo, o si se quiere colocar un accesorio, se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Cerrar la válvula de compuerta más próxima al lugar de trabajo, con el fin de trabajar sin molestias del agua;
- b. Excavar una longitud de zanja necesaria para trabajar con un ancho mínimo de 0.50 metros y una profundidad adecuada;
- c. Cortar el tramo de tubería PVC que produce problemas con sierra de metal, tratando de que el corte sea lo más recto posible, quitando la rebaba con lija;
- d. Revisar la tubería o accesorios que van a ensamblar para verificar que no estén atrapados, perforados, o quebrados;
- e. Limpiar con un trapo limpio o con lija el polvo o cualquier suciedad que tenga el tubo o accesorio. Verificar que el pegamento que se va a usar sea especial para PVC (Tangit);
- f. Untar el pegamento sobre el extremo del tubo y en el accesorio o niple con campana, girando  $\frac{1}{4}$  de vuelta se ajusta en la posición deseada y se sostiene durante 30 segundos. Limpiando el exceso de pegamento;
- g. Abrir la válvula de compuerta más próxima al lugar de trabajo y verificar si se trabajó correctamente;
- h. Rellenar la zanja terminados los trabajos, llenando primero la tierra más fina, hasta 20 cm. por encima del tubo y compactar. Luego se continúa agregando capas de 20 cm., compactando hasta cubrir totalmente la zanja;

### **2.1.12.2. Obras hidráulicas**

Limpiar de polvo la cajas de las válvulas, y revisar si éstas están funcionando bien, haciéndolas girar lentamente, éstas deben abrir y cerrar fácilmente, en caso contrario se deberá colocar aceite en los vástagos, cambiar empaques o en último caso cambiar toda la válvula..Pintar con pintura anticorrosivo las válvulas y accesorios que estén vistos en la distribución.

### **2.1.13 Costos de operación y mantenimiento**

Para que el proyecto preste un buen servicio durante el periodo de diseño, es importante un plan de mantenimiento que contemple daños menores.

El mantenimiento es de mucha importancia ya que de éste depende el buen funcionamiento del proyecto, también permite que en el caso de daños al sistema de agua potable puedan ser reparados de una forma inmediata.

**Tabla II. Costo anual de mantenimiento y operación**

<b>COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO</b>				
<b>REGLON</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL Q</b>
			<b>UNITARIO</b>	
Tubería PVC de 2" de 160 PSI	Tubos	2	Q130,00	260,00
Tubería PVC de 1 1/2" de 160 PSI	Tubos	3	Q90,00	270,00
Tubería PVC de 1 1/4" de 160 PSI	Tubos	5	Q70,00	350,00
Tubería PVC de 3/4" de 160 PSI	Tubos	6	Q40,00	240,00
Codo de 45° de PVC de 1 1/2"	U	2	Q14,00	28,00
Codo de 45° de PVC de 1 1/4"	U	1	Q10,00	10,00
Codo de 90° de PVC de 1 1/2"	U	2	Q14,00	28,00
Codo de 45° de PVC de 3/4"	U	4	Q5,50	22,00
Codo de 90° de PVC de 3/4"	U	2	Q5,50	11,00
Codo de 125° de PVC de 3/4"	U	2	Q5,50	11,00
Pegamento para PVC	GALONES	0,5	Q450,00	225,00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>Q1.455,00</b>

**Tabla III. Costo de mano de obra**

<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>							
<b>CARGO</b>	<b>SUELDO</b>	<b>BONO</b>	<b>BONO 14</b>	<b>AGUINALDO</b>	<b>VACACIONES</b>	<b>INDEMNIZACIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
FONTANERO Y MENSAJERO	Q1.650	Q250	8,33%	8,33%	4,17%	8,33%	<b>MENSUAL</b>
	Q1.650	Q250	Q137,44	Q137,44	Q68,80	Q137,44	Q2.381,12

Columna 1: persona encargada de mantenimiento y repartidor de recibos

Columna 2: sueldo a devengar en un mes

Columna 3: bono de incentivo

Columna 4: bono 14

Columna 5: aguinaldo

Columna 6: vacaciones

Columna 7: indemnización

Columna 8: costo total mensual de mano de obra

**Tabla IV. Costo anual de demanda de cloración durante los 20 años**

<b>DEMANDA DE CLORACIÓN DURANTE LOS 20 AÑOS</b>				
<b>Con una tasa de inflación al 8%</b>				
<b>AÑO</b>	<b>TABLETAS MENSUAL</b>	<b>TABLETAS AL AÑO</b>	<b>COSTO UNITARIO TABLETA</b>	<b>COSTO ANUAL DE TABLETAS</b>
1	16	192	Q9,00	Q1.728,00
2	17	204	Q9,72	Q1.982,88
3	18	216	Q10,50	Q2.267,48
4	19	228	Q11,34	Q2.584,93
5	20	240	Q12,24	Q2.938,66
6	20	240	Q13,22	Q3.173,75
7	21	252	Q14,28	Q3.599,03
8	22	264	Q15,42	Q4.072,05
9	23	276	Q16,66	Q4.597,71
10	23	276	Q17,99	Q4.965,53
11	24	288	Q19,43	Q5.595,93
12	24	288	Q20,98	Q6.043,61
13	25	300	Q22,66	Q6.799,06
14	25	300	Q24,48	Q7.342,98
15	26	312	Q26,43	Q8.247,64
16	27	324	Q28,55	Q9.250,05
17	28	336	Q30,83	Q10.360,05
18	29	348	Q33,30	Q11.588,46
19	30	360	Q35,96	Q12.947,10
20	31	372	Q38,84	Q14.448,97

**Tabla V. Costo anual de mano obra y mantenimiento durante los 20 años**

<b>SALARIOS POR MANO DE OBRA ANUAL</b>						
Tasa de inflación al 8%						
<b>No.</b>	<b>RENGLÓN</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>COSTO MANTENIMIENTO</b>	<b>COSTO ANUAL DE TABLETAS</b>	<b>TOTAL DE COSTOS</b>
1	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 1	Q28.573,44	Q1.455,00	Q1.728,00	Q31,756.44
2	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 2	Q30.859,32	Q1.455,00	Q1.982,88	Q34,297.20
3	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 3	Q33.328,06	Q1.455,00	Q2.267,48	Q37,050.54
4	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 4	Q35.994,31	Q1.455,00	Q2.584,93	Q40,034.24
5	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 5	Q38.873,85	Q1.455,00	Q2.938,66	Q43,267.51
6	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 6	Q41.983,76	Q1.455,00	Q3.173,75	Q46,612.51
7	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 7	Q45.342,46	Q1.455,00	Q3.599,03	Q50,396.49
8	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 8	Q48.969,85	Q1.455,00	Q4.072,05	Q54,496.90
9	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 9	Q52.887,44	Q1.455,00	Q4.597,71	Q58,940.15
10	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 10	Q57.118,44	Q1.455,00	Q4.965,53	Q63,538.97
11	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 11	Q61.687,91	Q1.455,00	Q5.595,93	Q68,738.84
12	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 12	Q66.622,95	Q1.455,00	Q6.043,61	Q74,121.56
13	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 13	Q71.952,78	Q1.455,00	Q6.799,06	Q80,206.84
14	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 14	Q77.709,01	Q1.455,00	Q7.342,98	Q86,506.99
15	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 15	Q83.925,73	Q1.455,00	Q8.247,64	Q93,628.37
16	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 16	Q90.639,78	Q1.455,00	Q9.250,05	Q101,344.83
17	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 17	Q97.890,97	Q1.455,00	Q10.360,05	Q109,706.02
18	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 18	Q105.722,24	Q1.455,00	Q11.588,46	Q118,765.70
19	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 19	Q114.180,02	Q1.455,00	Q12.947,10	Q128,582.12
20	FONTANERO-MENSAJERO	AÑO 20	Q123.314,43	Q1.455,00	Q14.448,97	Q139,218.40
<b>TOTAL</b>						<b>Q1,461,210.62</b>

Columna 1: Número de fila

Columna 2: persona encargada de mantenimiento y repartidor de recibos

Columna 3: periodo de tiempo en años del mantenimiento y operación



Columna 4: costo de la mano de obra durante un año, incrementado a cada año a una tasa de inflación al 8 %

Columna 5: costo de mantenimiento

Columna 6: costo total de operación y mantenimiento

#### **2.1.14. Propuesta tarifaria**

El propósito de ésta es rembolsar el costo del proyecto al mismo tiempo recaudar el costo de su mantenimiento y así lograr un proyecto sostenible.

Para obtener la tasa de interés se cálculo por medio de la fórmula siguiente:

$$i = PR + TI + PR * TI$$

$$i = 4.25\% + 10\% + 4.25\%*10\%$$

$$i = 14.67\%$$

PR= Premio al riesgo, la tasa mínima de interés

TI= Tasa de inflación dato obtenido del Banco de Guatemala

**Tabla VI. Estudio tarifario**

<b>ESTUDIO TARIFARIO</b>				
<b>Tasa de interés al 14.67%</b>				
<b>PERIODO ANUAL</b>	<b>REGLÓN</b>	<b>NÚMERO VIVIENDAS</b>	<b>PROPUESTA TARIFARIA</b>	<b>TARIFA ANUAL</b>
AÑO 1	Tarifa anual por servicio de agua	70	45,00	37800,00
AÑO 2	Tarifa anual por servicio de agua	75	45,00	40500,00
AÑO 3	Tarifa anual por servicio de agua	77	45,00	41580,00
AÑO 4	Tarifa anual por servicio de agua	79	45,00	42660,00
AÑO 5	Tarifa anual por servicio de agua	82	45,00	44280,00
AÑO 6	Tarifa anual por servicio de agua	84	52,00	52416,00
AÑO 7	Tarifa anual por servicio de agua	86	52,00	53664,00
AÑO 8	Tarifa anual por servicio de agua	89	52,00	55536,00
AÑO 9	Tarifa anual por servicio de agua	92	52,00	57408,00
AÑO 10	Tarifa anual por servicio de agua	94	52,00	58656,00
AÑO 11	Tarifa anual por servicio de agua	97	60,00	69840,00
AÑO 12	Tarifa anual por servicio de agua	100	60,00	72000,00
AÑO 13	Tarifa anual por servicio de agua	103	60,00	74160,00
AÑO 14	Tarifa anual por servicio de agua	106	60,00	76320,00
AÑO 15	Tarifa anual por servicio de agua	109	60,00	78480,00
AÑO 16	Tarifa anual por servicio de agua	113	69,00	93564,00
AÑO 17	Tarifa anual por servicio de agua	116	69,00	96048,00
AÑO 18	Tarifa anual por servicio de agua	120	69,00	99360,00
AÑO 19	Tarifa anual por servicio de agua	123	69,00	101844,00
AÑO 20	Tarifa anual por servicio de agua	127	69,00	105156,00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1351272,00</b>

Columna 1: período de mantenimiento en años

Columna 2: costo anual por derecho de servicio de agua potable

Columna 3: número de viviendas por cada año

Columna 4: propuesta tarifaria incrementada a cada 5 años con una tasa de interés al 14.67%

Columna 5: costo anual acumulado

### **2.1.15. Impacto ambiental**

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe. Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, esto es lo que se identifica como "ambiente".

Podría definirse el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular

del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE PUEDAN CAUSAR IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE Y A QUE PARTE ESTÁ AFECTANDO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.**

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son.

**El agua:** debido a que existen fuentes superficiales pequeñas, que pueden contaminarse con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.

**El suelo:** se impactará negativamente el mismo si no se verifica la etapa de compactación, pudiendo sufrir el suelo hundimientos y provocar fisuras o quebraduras en la tubería.

**Salud:** hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción, debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto el impacto positivo.

## **Impactos negativos en la etapa de construcción**

Los elementos más impactados negativamente en esta etapa son:

- el suelo
- el agua

## **Medidas de mitigación en la etapa de construcción:**

- Para evitar las polvaderas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán llevarse en el tiempo más corto posible, compactándose adecuadamente las mismas para evitar el arrastre de partículas por el viento.
- En el movimiento de tierra se deberá ubicar adecuadamente el material, con el fin de no dañar fuentes superficiales pequeñas.

## **Plan de contingencia en la etapa de construcción**

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, como en el caserío San Ramon, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar las obras hidráulicas y tubería del proyecto. Por lo cual se deberán proteger adecuadamente las obras hidráulicas en construcción y no dejar tubería descubierta por largo tiempo.

### **Programa de monitoreo ambiental en construcción**

- Supervisar periódicamente, si están siendo ejecutadas las medidas dadas en esta etapa del proyecto.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE PUEDAN CAUSAR IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE Y A QUE PARTE ESTÁ AFECTANDO EN LA ETAPA DE OPERACIÓN.**

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son.

**El suelo:** se impactará negativamente el mismo si no se verificó la etapa de compactación, pudiendo sufrir el suelo hundimientos y provocar fisuras o quebraduras en la tubería.

**Salud:** se impactara negativamente si existiera fugas de agua que no sean localizadas rápidamente, ocasionando contaminación de la misma.

## **Impactos negativos en la etapa de operación**

Los elementos más impactados negativamente en esta etapa son:

- el suelo
- el agua

## **Medidas de mitigación en la etapa de operación**

- Capacitar al (o a los) comunitarios que se encargaran de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de obras hidráulicas, identificación de fugas y cualquier emergencia dada en el proyecto.

## **Plan de contingencia en la etapa de operación**

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, como en el caserío San Ramon, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar las obras hidráulicas y tubería del proyecto. Por lo cual se deberá proteger adecuadamente las obras hidráulicas y tener un constante monitoreo del proyecto.

## **Programa de monitoreo ambiental en operación**

- Supervisar periódicamente, si están siendo ejecutadas las medidas de mantenimiento.

### 2.1.116. Planos

Los planos elaborados para la ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable aparecen en el apéndice de este trabajo.

### 2.1.17 Presupuesto

El presupuesto presentado se trabajó con base en los precios unitarios, la mano de obra calculada se basó en los datos proporcionados por la municipalidad, mientras que los materiales fueron cotizados en ventas de materiales de construcción de la cabecera municipal.

**Tabla VII. Presupuesto del proyecto de agua potable**

<b>PRESUPUESTO POR RENGLONES DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SAN RAMÓN</b>					
	<b>Renglón</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total Q</b>
<b>Materiales</b>					
1	Tubería PVC de 2 '' de 160 PSI	Tubos	39	586	22854.00
2	Tubería PVC de 1 1/2'' de 160 PSI	Tubos	133	555	73815.00
3	Tubería PVC de 1 1/4'' de 160 PSI	Tubos	54	555	9090.00
4	Tubería PVC de 3/4'' de 160 PSI	Tubos	341	450	153450.00
5	Tubería PVC de 1" de 250 PSI	Tubos	11	505	5555.00
6	Codo de 90° de PVC de 1 1/2 "	U	2	5.5	11.00
7	Codo de 45 ° de PVC de 1 1/2 "	U	12	5.5	66.00
8	Codo de 45° de PVC DE 1 1/4"	U	3	5.5	16.50
9	Codo de 90° de PVC DE 1 1/4"	U	1	5.5	5.50
10	Codo de 45° de PVC DE 3/4"	U	18	5.5	11.00
11	Codo de 90° de PVC DE 3/4"	U	5	5.5	27.50
12	Codo de 125° de PVC DE 3/4"	U	5	5.5	27.50
13	Reductor Bushing PVC DE 1 1/2" X 1 1/4"	U	1	40.5	40.50
14	Reductor Bushing PVC DE 1 1/4" X 1	U	1	32.5	32.50
15	Caja de válvulas de compuerta PVC	U	5	650	325.00



16	Caja rompe presión	U	3	2225	6675.00
17	Conexiones domiciliarias	U	70	700.05	49003.50
18	Pegamento para PVC	Galones	6	105	630.00
Costo de Materiales				<b>345108.5</b>	
<b>Mano de Obra</b>					
1	Limpieza general	MI	6171	1.65	10182.15
2	Trazo y estaqueado	MI	6171	10	13818.00
3	Movimiento de tierra	M3	1974.0	7	35544.69
4	Colocación de tubería	MI	6171	28	172788.00
5	Relleno compactado en capas de 15 mt	m3	6171	15	92565.00
Costo de mano de obra				<b>324897.84</b>	
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>Q670,006.34</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
	Administrativos	7%		42868.75	
	Supervisión	10%		61241.07	
	Imprevistos	10%		61241.07	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>Q165,350.89</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 835,987.23</b>

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE

Deberá limpiarse o remover en el área de construcción todo el material que sea nocivo e interfiera la construcción, el ancho de la zanja será de 80 cm.

### EXCAVACIÓN DE ZANJA

Se deberá remover y extraer cualquier clase de material dentro de los límites de trabajo de la zanja, en la que se instalara la tubería, se cortará con un ancho de 80 cm. y una profundidad de 1 mt.

## **RELLENO DE ZANJA**

El relleno se hará de la siguiente manera:

Abajo y a los lados de la tubería, se deberá rellenar en capas no mayores de 7 cm. perfectamente compactadas hasta media altura de la tubería, desde esta altura se deberá rellenar con capas no mayores de 15 cm. hasta llegar al nivel de la superficie. El material para rellenar las zanjas, hasta su nivel, deberá ser cuidadosamente escogido para que esté libre de pedruscos o piedras y permita una buena compactación.

## **ANCLAJES DE TUBERÍA**

Estas estructuras deben diseñarse y construirse para absorber las reacciones que se producen en las tuberías en los cambios de dirección, tanto verticales como horizontales, así como pendientes pronunciadas para mantener fija la tubería.

En el proyecto se usaran únicamente en el grifo de cada vivienda.

## **CAJA DE VÁLVULAS**

La estructura de la caja será de mampostería con concreto que alcance una resistencia de 3000 PSI, un grado estructural del acero de 2810 kg/cm<sup>2</sup>, la tapadera será asegurada con un candado.

## **VÁLVULAS**

El cuerpo, la sección desmontable y la válvula de compuerta deben ser de bronce, que llene los requisitos de norma ASTM B-62, relativas a la sección

UNSC 83600, designación antigua 85-5-5-5. Las roscas deben estar hechas a perfección, sin orillas irregulares de acuerdo a especificaciones de la ASTP.

### **CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL**

En ocasiones se utiliza un mismo sistema de distribución para surtir a varias comunidades o una comunidad muy dispersa que se puede dividir en varios sectores. En estos casos es necesario utilizar una caja distribuidora de caudal. La caja distribuidora de caudales es un tanque que distribuye el agua proporcionalmente a la población a servir de varios sectores. De acuerdo con el número de sectores en los que se va a distribuir el caudal, será el número de vertederos, por los que saldrán los caudales, que se conducirán directamente hacia los tanques de distribución de los sectores por servir.

Para el presente caso se construirá una caja distribuidora de caudales, situada a una distancia aproximada de 3 kilómetros del tanque de distribución como indican los planos

### **CAJA ROMPE-PRESIÓN**

Esta estructura sirve para romper la presión que lleva la tubería, debido a que cuanto más diferencia de nivel entre la fuente y el tanque de distribución, mayor es la presión en los puntos bajos, y esto obliga a ubicar cajas rompe-presión, pues con esta estructura se logra trabajar solamente con la presión atmosférica.

Se tiene previsto construir en las estaciones siguientes:

E-36 del ramal No.1, E-3, E-6 del ramal No.2.

## **TUBERÍAS**

La línea de distribución tiene 6171 mts de longitud, igualmente estarán incluidos los accesorios (tees, codos, etc.) que especifiquen los planos con la presión, indicada en los mismos.

## **CONEXIÓN DOMICILIAR**

Incluye el suministro e instalación de la válvula de paso y su caja de protección y demás accesorios indicados en planos. La válvula del chorro será de bronce, boca lisa, de empaque asentado sobre una cuna del mismo material que el resto del cuerpo de la válvula, accionada por movimiento circular del volante.

### **2.1.18. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO**

El estudio socioeconómico trata de tiempo en el cual será rembolsado el costo del proyecto, el tiempo de reembolso debe ser el menor que se pueda para que empiece a generar ganancias.

Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el valor presente neto y su comparación con la tasa interna de retorno.

#### **2.1.18.1. Valor presente neto**

EL valor presente neto (VPN) se define como el valor presente del flujo de ingresos (flujo positivo) menos el valor presente del flujo de egresos (flujo negativo). Esto es, la suma algebraica de los flujos de efectivo futuros (positivos

y-negativos) al valor presente, incluyendo en esta suma el egreso inicial de la inversión.

**Tabla VIII. Cálculo del valor presente neto con una tasa al 14.67%**

VALOR PRESENTE NETO						
VIDA  AÑOS	INGRESOS  TARIFA	EGRESOS			COSTO TOTAL  EGRESOS	FLUJO NETO
		VALOR INICIAL = Q 835,987.23	COSTO ANUAL DE TABLETAS	MANO DE OBRA		
		MANTENIMIENTO				
1	Q37.800,00	Q1.455,00	Q1.728,00	Q28.573,44	Q31,756.44	Q6,043.56
2	Q40.500,00	Q1.455,00	Q1.982,88	Q30.859,32	Q34,297.20	Q6,202.80
3	Q41.580,00	Q1.455,00	Q2.267,48	Q33.328,06	Q37,050.54	Q4,529.46
4	Q42.660,00	Q1.455,00	Q2.584,93	Q35.994,31	Q40,034.24	Q2,625.76
5	Q44.280,00	Q1.455,00	Q2.938,66	Q38.873,85	Q43,267.51	Q1,012.49
6	Q52.416,00	Q1.455,00	Q3.173,75	Q41.983,76	Q46,612.51	Q5,803.49
7	Q53.664,00	Q1.455,00	Q3.599,03	Q45.342,46	Q50,396.49	Q3,267.51
8	Q55.536,00	Q1.455,00	Q4.072,05	Q48.969,85	Q54,496.90	Q1,039.10
9	Q57.408,00	Q1.455,00	Q4.597,71	Q52.887,44	Q58,940.15	-Q1,532.15
10	Q58.656,00	Q1.455,00	Q4.965,53	Q57.118,44	Q63,538.97	-Q4,882.97
11	Q69.840,00	Q1.455,00	Q5.595,93	Q61.687,91	Q68,738.84	Q1,101.16
12	Q72.000,00	Q1.455,00	Q6.043,61	Q66.622,95	Q74,121.56	-Q2,121.56
13	Q74.160,00	Q1.455,00	Q6.799,06	Q71.952,78	Q80,206.84	-Q6,046.84
14	Q76.320,00	Q1.455,00	Q7.342,98	Q77.709,01	Q86,506.99	-Q10,186.99
15	Q78.480,00	Q1.455,00	Q8.247,64	Q83.925,73	Q93,628.37	-Q15,148.37
16	Q93.564,00	Q1.455,00	Q9.250,05	Q90.639,78	Q101,344.83	-Q7,780.83
17	Q96.048,00	Q1.455,00	Q10.360,05	Q97.890,97	Q109,706.02	-Q13,658.02
18	Q99.360,00	Q1.455,00	Q11.588,46	Q105.722,24	Q118,765.70	-Q19,405.70
19	Q101.844,00	Q1.455,00	Q12.947,10	Q114.180,02	Q128,582.12	-Q26,738.12
20	Q105.156,00	Q1.455,00	Q14.448,97	Q123.314,43	Q139,218.40	-Q34,062.40

Columna 1: periodo de análisis en años

Columna 2: ingresos por tarifa propuesta por consumo de agua potable incrementada a una tasa de interés 14.67% a cada 5 años

Columna 3: egresos por mantenimiento y operación (Tabla II)

Columna 4: demanda de cloración (Tabla IV)

Columna 5: egresos por mano de obra (Tabla III)

Columna 6: total de egresos

Columna 7: flujo neto (ingresos menos egresos)

Para obtener el valor presente neto se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$VPN = (-VALOR INICIAL + FLUJO NETO) \left( \frac{1}{(1 + 0.1467)^N} \right)$$

VPN = Valor presente neto

N = Periodo de diseño

Utilizando la hoja electrónica del programa EXCEL encontramos el valor presente neto.

$$VPN = Q4.153, 28$$

### 2.1.18.2. Cálculo de la tasa interna de retorno

Se llama tasa interna de retorno (TIR) al tipo de interés al que hay que descontar una serie de flujos en unas fechas determinadas para que tengan un valor actual neto (VAN) igual a cero.

**Tabla IX. Cálculo de la tasa interna de retorno con una tasa al 14.67%**

TASA INTERNA DE RETORNO					
VIDA AÑOS	INGRESOS TARIFA	EGRESOS		COSTO TOTAL EGRESOS	FLUJO NETO
		VALOR INICIAL = Q 835,987.23			
		MANTENIMIENTO	MANO DE OBRA		
1	Q37.800,00	Q4.047,00	Q28.573,44	Q32.620,44	Q5.179,56
2	Q40.500,00	Q4.047,00	Q30.859,32	Q34.906,32	Q5.593,68
3	Q41.580,00	Q4.047,00	Q33.328,06	Q37.375,06	Q4.204,94
4	Q42.660,00	Q4.047,00	Q35.994,31	Q40.041,31	Q2.618,69
5	Q44.280,00	Q4.047,00	Q38.873,85	Q42.920,85	Q1.359,15
6	Q52.416,00	Q4.047,00	Q41.983,76	Q46.030,76	Q6.385,24
7	Q53.664,00	Q4.047,00	Q45.342,46	Q49.389,46	Q4.274,54
8	Q55.536,00	Q4.047,00	Q48.969,85	Q53.016,85	Q2.519,15
9	Q57.408,00	Q4.047,00	Q52.887,44	Q56.934,44	Q473,56
10	Q58.656,00	Q4.047,00	Q57.118,44	Q61.165,44	-Q2.509,44
11	Q69.840,00	Q4.047,00	Q61.687,91	Q65.734,91	Q4.105,09
12	Q72.000,00	Q4.047,00	Q66.622,95	Q70.669,95	Q1.330,05
13	Q74.160,00	Q4.047,00	Q71.952,78	Q75.999,78	-Q1.839,78
14	Q76.320,00	Q4.047,00	Q77.709,01	Q81.756,01	-Q5.436,01
15	Q78.480,00	Q4.047,00	Q83.925,73	Q87.972,73	-Q9.492,73
16	Q93.564,00	Q4.047,00	Q90.639,78	Q94.686,78	-Q1.122,78
17	Q96.048,00	Q4.047,00	Q97.890,97	Q101.937,97	-Q5.889,97
18	Q99.360,00	Q4.047,00	Q105.722,24	Q109.769,24	-Q10.409,24
19	Q101.844,00	Q4.047,00	Q114.180,02	Q118.227,02	-Q16.383,02
20	Q105.156,00	Q4.047,00	Q123.314,43	Q127.361,43	-Q22.205,43

Columna 1: período de análisis en años

Columna 2: ingresos por tarifa propuesta por consumo de agua potable incrementada a una tasa de interés 14.67% a cada 5 años

Columna 3: egresos por mantenimiento y operación (Tabla II)

Columna 4: demanda de cloración (Tabla IV)

Columna 4: egresos por mano de obra (Tabla III)

Columna 5: total de egresos

Columna 6: flujo neto (ingresos menos egresos)

Utilizando los valores de la tabla anterior se calcula la tasa interna de retorno por medio de la hoja electrónica del programa EXCEL.

$$0 = -INVERSION + ANUALIDAD(P/A, TIR, n) + (INGRESOS - EGRESOS)(P/F, TIR, n)$$

$$TIR = 3 \%$$

P/A = Presente dado una anualidad

P/F = Presente dado un futuro

n = Periodo de diseño

TIR = Tasa de interés de retorno



Esta tasa de interés del 3% está cercana a cero lo cual significa que los egresos igualan a los ingresos por lo que el proyecto no es rentable financieramente pero tratándose que el proyecto sea de beneficio social y una necesidad primordial para la comunidad puede ser viable su construcción y operación.

Un valor negativo de TIR no es un valor práctico a utilizar significaría que los costos superan a los ingresos y el proyecto no tendría los recursos para la operación y mantenimiento.

## **2.2. Diseño de pavimento rígido para Santa Rita**

### **2.2.1. Período de diseño**

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período de diseño muy largo podría incrementar los costos, a tal punto que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este período; así se invertiría menos en dos dispositivos cuyos periodos de diseño sumen el período del primer dispositivo.

La municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos adoptó para todos sus proyectos de infraestructura un período de diseño de 20 años, por lo cual en el presente trabajo se utilizó este dato.

## **2.2.2. Ensayos de laboratorio de suelos**

### **2.2.2.1. Granulometría**

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Los resultados de éste análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ella una curva de distribución granulométrica.

Debido a la gran variedad en el tamaño de las partículas de suelo, o granos, casi es ilimitada; es necesario el análisis granulométrico, que se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen a un suelo. Se emplean generalmente dos métodos para determinar el tamaño de los granos de los suelos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas regularmente se utiliza el tamizado, que consiste en hacer pasar el material por varios tamices; pero cuando los suelos son demasiado finos se utiliza el método de la sedimentación.

La ASTM adopta las siguientes divisiones para clasificar los suelos, en esta escala las gravas corresponden a la sección de las partículas más gruesas, que incluye todos los granos mayores que el tamiz No. 4 (4.76 mm). La arena incluye todas las partículas menores que el tamiz No. 4 y mayores que el No. 200 (0.074 mm). Los granos menores que el tamiz No. 200 son los finos. Esta última sección se subdivide algunas veces en limos que son partículas mayores que 0.002 mm y arcillas, que son las menores que 0.002 mm; sin embargo no se puede clasificar la arcilla por el tamaño de las partículas, porque hay suelos más finos que 0.002 mm y que no contienen arcillas y en otros casos algunos granos de minerales arcillosos son mayores de 0.002 mm.

El tamaño efectivo es el diámetro por el cual pasa el 10% de las partículas de un suelo y se determina gráficamente de la curva granulométrica. La uniformidad de un suelo se puede definir por la siguiente relación:

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

Los suelos que tienen Cu menor que 4 se dice que son uniformes; los suelos con Cu mayor que 6 están bien graduados, siempre que la curva granulométrica sea suave y bastante simétrica.

Los porcentajes de grava, arena y finos se determinan a partir de la curva granulométrica o bien de los resultados de los porcentajes acumulativos que pasan por cada tamiz, en base a los siguientes criterios:

Grava: partículas con diámetros entre 3" y 2 mm.

Arena: partículas con diámetros entre 2 mm y 0.075 mm.

Finos: partículas de limo y arcilla con diámetros menores a 0.075 mm.

## **2.2.2.2. Límites de Atterberg**

### **2.2.2.2.1. Límite líquido**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia de estado líquido al estado plástico. El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que hayan cruzado la malla No. 40, si el espécimen es arcilloso es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores de su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente formula:

$$L.L. = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

L.L. = límite líquido

W = % de humedad

N = número de golpes

Este ensayo fue calculado por el laboratorio teniendo un material no plástico por lo que no tiene límite plástico.

#### **2.2.2.2.2. Límite plástico**

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso secado al horno que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse.

#### **2.2.2.2.3. Índice plástico**

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Generalmente se hace uso del material que mezclado con agua, ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora la humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma una pequeña bola que deberá rodillarse enseguida en la palma de la mano o en una

placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos. Según ensayos de laboratorio el índice plástico es de 7.2%.

### Figura 1. Índice plástico del suelo

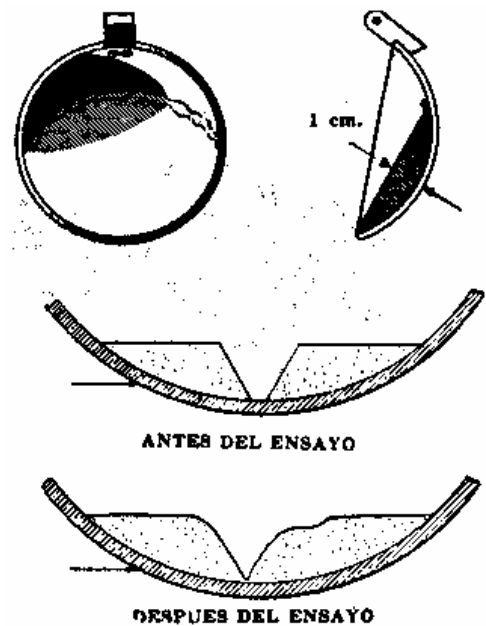
Según Atterberg:

I.P. = 0 entonces, suelo no plástico

I.P. = 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq \text{I.P.} \leq 17$  suelo medianamente plástico

Dado que el índice plástico de 7.2 es mayor que 7 y menor de 17 se encuentra clasificado como un suelo medianamente plástico.



### 2.2.2.3. Ensayo de compactación

La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se llama "Contenido óptimo de Humedad" para aquel método de compactación. En general, ésta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Previamente a la realización de éste ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz No. 4; entendiéndose por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas que hubiere.

El suelo de subrasante del proyecto de pavimentación para la aldea Santa Rita tiene una humedad óptima del 14.5% y una densidad seca óptima de 107.2 lb/pie<sup>3</sup>.

#### **2.2.2.4. Ensayo CBR**

Los pasos necesarios para verificar la prueba son los siguientes:

- A.- Obtención de la densidad máxima y humedad óptima por compactación.
- B.- saturación del espécimen compactado a humedad óptima hasta que alcance su máxima expansión.
- C.- determinación de la expansión sufrida por el espécimen durante la saturación.
- D.- determinación de las resistencias a la penetración.
- E.- Cálculo del valor relativo del soporte normal (CBR).

*A.-* Obtención de la humedad óptima y de la densidad máxima. La humedad óptima es la humedad mínima requerida por el suelo para alcanzar su densidad máxima cuando es compactada.

*B.-* saturación del espécimen compactado a humedad óptima. Para la saturación se selecciona el espécimen inmediato anterior a aquel donde se expulsó agua, se mide su altura en milímetros y se colocan una o dos hojas de

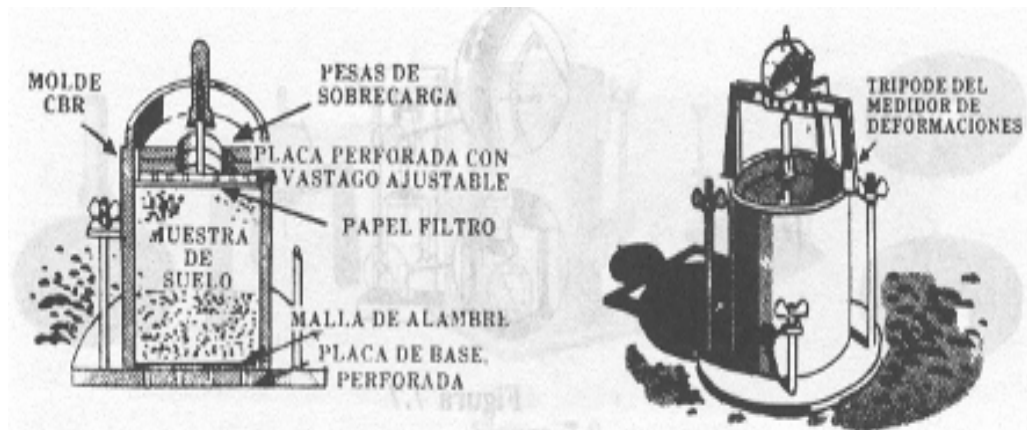
papel filtro en la cara superior, la placa perforada y las placas de carga y se introduce en el tanque de saturación. Sobre los bordes del molde se coloca un tripie con el extensómetro, anotándose la lectura inicial de éste. Se mantiene el espécimen dentro del agua y se hacen lecturas diarias del extensómetro.

C.- determinación de la expansión. La diferencia de lecturas final e inicial del extensómetro, expresada en milímetros, se divide entre la altura en milímetros del espécimen antes de sujetarlo a la saturación y este cociente multiplicado por 100 expresa el valor de expansión que debe compararse con el que marque la especificación correspondiente. Usualmente para bases de pavimento la expansión no debe ser mayor de 1%, para sub-base de 2% y para subrasantes 3%.

D.- determinación de las resistencias a la penetración. Al molde con el espécimen que fue retirado del tanque de saturación se le quita el tripie y el extensómetro y con todo cuidado se acuesta sin quitar las placas, dejándolo en esta posición durante tres minutos para que escurra el agua. El pistón de prueba de penetración debe pasar a través de los orificios de las placas hasta tocar la superficie de la muestra, se aplica una carga inicial e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro para registrar el desplazamiento vertical del pistón.

E.- Calculo del valor relativo de soporte normal del suelo (CBR). El valor relativo de soporte de un suelo (CBR) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y de humedad, y se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular en una muestra de suelo, para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad de una muestra tipo de piedra triturada.

**Figura 2 Gráfica de ensayo CBR del suelo**



Con el resultado del CBR se puede clasificar el suelo usando la siguiente tabla, que indica el empleo que se le puede dar al material en lo que al CBR se refiere.

**Tabla VIII. Empleo que se le puede dar al material en lo que al CBR se refiere.**

C.B.R.	Clasificación
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Sub-base buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena



Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua. El CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Los valores de CBR que se utilizan son:

0.1 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras

0.2 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,500 libras

El CBR de la muestra es de 43.5% al 101.8% de compactación.

#### **2.2.2.5. Análisis de resultados**

El suelo presenta las siguientes características:

Clasificación S.C.U: SM

Descripción: Arena limo-arcillosa

Material no plástico

Peso unitario máximo: 107.2 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima: 14.5%

CBR: 43.5% al 101.8% de compactación

El material cumple con los requisitos para una subrasante, el 95% de compactación requerida se alcanzará con la humedad óptima según el ensayo de proctor modificado y el CBR es mayor del 5%.

### **2.2.3. Rasante**

Es la representación sobre un plano vertical del eje central de una carretera sobre la cual circulan los vehículos.

Este plano es paralelo a la subrasante y la diferencia entre ellos está determinada por el espesor del pavimento. En la definición de la rasante se calculan las curvas verticales y horizontales.

El trazo del camino actual tiene muy pocas curvas, Para efectos de dibujo se tomó la topografía, como puede observarse en los planos, curvas ya definidas tanto en el eje vertical como en el horizontal.

### **2.2.4. Elementos estructurales del pavimento**

- a. Pavimento. es la estructura que descansa sobre la subrasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos y que proteja al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad.
- b. Subrasante. Es la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento. Su función es servir de soporte para el pavimento

después de ser estabilizada, homogenizada y compactada. Dependiendo de sus características puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

- c. Subbase. Es la capa del pavimento que transmite directamente las cargas a la subrasante, y absorbe las irregularidades de la subrasante para que no afecten las capas superiores. Es utilizada en pavimentos rígidos, cuando la subrasante no tiene las cualidades deseadas para eliminar ésta capa.
- d. Base granular. Es la capa formada por la combinación de piedras y grava, con arena y suelo en estado natural, clasificados, con trituración parcial para construir una base integrante de un pavimento. Generalmente se requiere de ésta capa un CBR del 80% o más. En pavimentos rígidos no es utilizada ésta capa, pues el concreto rígido puede transmitir, por su misma rigidez, las cargas de forma uniforme en un área mayor.
- e. Capa de rodadura. En pavimentos rígidos está constituida de losas de concreto de cemento portland simple o reforzado, diseñadas de tal manera que soporten las cargas del tránsito. Es necesario que tengan otros elementos, no estructurales, para proteger tanto ésta capa como la anteriores, como juntas de dilatación rellenas con material elastomérico (para impermeabilización), bordillos, cunetas o bien un sistema de alcantarillado pluvial, para el drenaje correcto del agua que pueda acumular en su superficie.

### **2.2.5. Diseño de pavimento rígido**

Tomando en cuenta el estudio de suelos y otros factores de orden económico, se selecciona el tipo de pavimento rígido, bordillo y subbase a utilizar. El espesor del pavimento se determina por los siguientes factores de diseño:

- a. Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura MR).
- b. Resistencia de la subrasante, o combinación de subrasante y subbase (K).
- c. Las cargas, frecuencia y tipo de carga por eje del vehículo que soportará el pavimento.
- d. Periodo de diseño, el cual usualmente es de 20 años.

### **2.2.6. Módulo de ruptura**

Las consideraciones sobre la resistencia a la flexión del concreto son aplicables en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo cargas de camión repetitivas. La flexión de un pavimento de concreto bajo cargas de eje, produce tanto esfuerzo de flexión como de compresión. Sin embargo, la relación de esfuerzos compresivos de resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influenciar el diseño del espesor de la losa. Generalmente se utiliza el resultado de éste ensayo a los 28 días. En éste caso se utilizo un MR de 650 PSI.

### 2.2.7. Soporte de la subrasante

Este valor está definido por el módulo Westergard de reacción de la subrasante. Éste es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada entre la deflexión, en pulgadas, para dicha carga. Dado que la prueba de carga de plato es larga y costosa, éste valor, usualmente se calcula por correlación simple, como el CBR o la prueba del valor K. Puesto que las variaciones de éste valor no afectan considerablemente el espesor del pavimento no es necesaria su determinación exacta. La siguiente tabla muestra los valores aproximados de K para cuatro tipos de suelo:

**TABLA X. Tipos de suelo de la subrasante y valores aproximados de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K PSI
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 - 170
<b>Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos</b>	<b>Alto</b>	<b>180 - 220</b>
Subbases tratadas con Cemento	Muy alto	250 - 400

Del estudio de suelos se tiene que el valor de resistencia de la subrasante es alto, por lo que tomando en consideración la tabla anterior se utilizará un valor de 200 PSI.

#### **2.2.8. Cálculo de pavimento rígido**

La Portland Cement Association (en adelante PCA, por sus siglas en inglés) describe los métodos de diseño de pavimentos rígidos:

- a) Procedimiento de diseño con posibilidades de obtener datos de carga de eje: éste método se utiliza cuando se pueden determinar las cargas de eje que soportará el pavimento.
  
- b) Procedimiento simplificado de diseño: se utiliza cuando no se conoce realmente el tránsito que podría tener y la carga específica que tendrá que soportar por eje, se pueden utilizar las tablas basadas en distribución compuesta de tránsito clasificado en diferentes categorías de carreteras y calles. Se eligió éste método por no contar con datos del tránsito de la carretera en estudio, y su conteo sería demasiado oneroso para la institución a servir.

Su uso es como sigue:

1. se define la categoría de la carretera por la siguiente tabla:

**TABLA XI. Categorías de cargas por eje**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 A 3	arriba de 25	22	36
2	<b>Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)</b>	<b>700 a 5000</b>	<b>5 A 18</b>	<b>de 40 a 1000</b>	<b>26</b>	<b>44</b>
	Calles arteriales y carreteras	3000 a				
3	primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 para 4 carriles o más	8 A 30	de 500 a 5000	30	52
	Calles arteriales, carreteras	3000 a				
4	primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más	8 A 30	de 1500 a 8000	34	60

Se escoge la categoría 2, pues es una carretera rural.

2. Se determina el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones (TPDC), no incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas; siendo un pueblo dedicado exclusivamente a la agricultura el tránsito de camiones podría incrementarse considerablemente al mejorar sus ingresos, que es lo que se espera a partir de la construcción de éste proyecto, pero el tránsito promedio diario de camiones no excederá los 700.
3. Se determina el valor de K (módulo de reacción), que para éste caso es de 200 PSI y el valor de soporte de subbase y subrasante combinados, que para éste caso es de 220 PSI.
4. Se determina el período de diseño que para éste caso será de 20 años.
5. Se determina el módulo de ruptura, el cual será de 650 PSI.
6. Decidir la utilización de hombros o bordillos, a ambos lados de la carretera, para encauzar el agua pluvial a los tragantes y disminuir el espesor de la losa de concreto.
7. Determinar el espesor de la losa de concreto, según la tabla de diseño con los parámetros siguientes: para una vía de categoría 2, con agregados de trave, la tabla a utilizar es la que muestra el TPDC permisible para los espesores de losa indicados, la cual es la siguiente:



**TABLA XII. TPDC permisible. Carga por eje categoría 2. Pavimento con juntas con agregados de trabe**

MR	Espesor de losa	Soporte Subrasante - Subbase				Espesor de losa	Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	<b>5.5</b>	9	42	<b>120</b>	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
600 PSI	8	1300	1900							
	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
550 PSI	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
550 PSI	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								

Se busca en el lado derecho, por incluir bordillo, el diseño de losa. El soporte de la subrasante tiene un carácter alto al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 650 PSI y el valor que contenga el TPDC permisible de 450, el cual es de 6 pulgadas, por facilidad de construcción se dejará de 15 cm de espesor.

Las cizas transversales serán construidas a cada 3.50 metros y la junta longitudinal a cada 3.50 metros, la pendiente de bombeo será de 3%, así como se indica en los planos

### 2.2.9. Planos y presupuesto

Los planos del proyecto se ejemplifican al final. El presupuesto presentado se trabajo con base en los precios unitarios, la mano de obra calculada se basó en los datos proporcionados por la municipalidad, mientras que los materiales fueron cotizados en ventas de materiales de construcción de la cabecera municipal.

**TABLA XIII. Presupuesto de pavimento de Santa Rita a 7 Tambores.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA						
FACULTAD DE INGENIERÍA						
LONGITUD: 1,018 Metros ANCHO: 5,20 metros ÁREA: 5,295 Metros Cuadrados				Epesista: JOSÉ LUIS CASTILLO BAUTISTA CARNÉ: 199830294		
PRESUPUESTO, PAVIMENTO DE SANTA RITA A 7 TAMBORES						
	Renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total Q	
<b>Materiales</b>						
<b>1</b>	<b>Movimiento de Tierras (Cajuela )</b>	<b>metros`3</b>	<b>1760,12</b>			<b>110013,60</b>
	Topografía	Día	2	1500		3000
	Tractor D-6	Horas	55	400		22000
	Cargador Frontal	Horas	55	350		19250
	Acarreo de Material	metros`3	2147,12	30		64413,6
	Mano de obra ( peones 3 días)	Peón	18	75		1350
<b>2</b>	<b>Conf. Y Prep. De la BASE</b>	<b>metros`2</b>	<b>5295</b>			<b>262400,00</b>
	Patról	Horas	64	325		20800
	Regadora	Días	8	800		6400
	Vibro Compactador	Horas	64	300		19200
	Material selecto	metros`3	1722	125		215250
	Mano de obra ( peones 8 días )	Peón	48	75		3600

<b>3</b>	<b>Carpeta</b>	<b>metros`3</b>	<b>825</b>		<b>671817,50</b>
	Cemento	Sacos	9504	45	427680
	Arena	metros`3	511	150	76650
	Piedrin 1/2"	metros`3	511	180	91980
	Costanera	unidades	68	180	12240
	Colocación de arrastres	MI	2050	6,5	13325
	Colocación de concreto	metros`3	825	25,5	21037,5
	Acabado de la superficie	metros`2	5290	4,5	23805
	Corte de juntas de dilatación	MI	850	3	2550
	Sello de juntas de dilatación	MI	850	3	2550
<b>4</b>	<b>Bordillo</b>	<b>metros</b>	<b>2050</b>		<b>131046,00</b>
	Madera para formaleta	pie-tabla	3362	8	26896
	Concreto de ,10x,45	metros`3	100	850	85000
	Alambre de amarre	quintal	1	400	400
	Mano obra ( albañil ) 38 días	albañil	105	125	13125
	Mano de obra ( peón ) 38 días	Peón	75	75	5625
<b>5</b>	<b>Drenajes transversales</b>	<b>unidades</b>	<b>2</b>		<b>12050,70</b>
	Piedra bola	metros`3	5	150	750
	Cemento	Sacos	36	45	1620
	Arena	metros`3	3,6	150	540
	Formaleta	pie-tabla	164	8	1312
	Alambre de amarre	Libras	7	4,1	28,7
	Clavo para madera	Libras	10	4	40
	Material selecto	metros`3	0,5	125	62,5
	Párales rollizos	unidades	20	35	700
	Tubos de 24" concreto	unidades	14	300	4200
	Ladrillo ,065x,11x,23	unidades	98	2,5	245
	Zanjeado	MI	15	40	600
	Colocación formaleta	global			180
	Fundición	metros`3	5	25,5	127,5
	Desmimbrado	Global			180
	Colocación de la tubería	unidades	14	35	490
	Relleno de zanja	MI	15	65	975
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>1,190,178.00</b>
	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
	Administrativos	3%	35705,34		
	Supervisión	10%	119017,8		

	Imprevistos	10%	119017,8	
<b>TOTAL DE GASTOS INDIRECTOS</b>				<b>273740,94</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				
				<b>Q 1,469,918.94</b>

Costo total del proyecto:  
**Un millón cuatrocientos sesenta y nueve mil novecientos dieciocho con 94/100.**

## CONCLUSIONES

1. El área rural muestra otras características en comparación con el área urbana del municipio de San Antonio Sacatepéquez, enmarcándose principalmente, en los renglones de servicios básicos e infraestructura, tal es el caso del caserío San Ramón y de la aldea Santa Rita, que presentan problemas por la falta de un servicio tan vital como lo es el agua potable, y de una pavimentación de carretera.
2. En el Caserío San Ramón se diseñó una red de distribución de ramales abiertos, porque las viviendas se encuentran dispersas.
3. En el análisis y diseño del pavimento rígido se aplicaron diferentes criterios, dentro de los cuales, a los que más importancia se les dió, fueron los contenidos en especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes y normas AASHTO, con el propósito de garantizar una estructura segura.
4. El presupuesto de los proyectos se elaboró con base a precios unitarios, con el propósito de facilitar la calificación de las empresas que inviten a cotizar la ejecución de las obras, así como dentro de este presupuesto, se consideró la aplicación de criterios como precios de materiales que manejan en la región y salarios del lugar.
5. El proyecto, desde el punto de vista financiero, no es rentable, pero tratándose de un proyecto de beneficio social y una necesidad primordial para la comunidad, puede ser viable su construcción, posterior operación y mantenimiento.



## **RECOMENDACIONES**

### **A las autoridades municipales de San Antonio Sacatepéquez:**

1. Actualizar los precios presentados en los presupuestos, antes de su construcción, porque están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía.
2. Tomar en cuenta en la construcción de los proyectos, la mano de obra no calificada aportada por las comunidades, así como los materiales existentes en las mismas.

### **A los comités comunitarios de desarrollo de las comunidades:**

3. Organizarse para la gestión de la ejecución del proyecto; ésto les facilitará la adquisición de ayuda con instituciones nacionales e internacionales.
4. Efectuar una campaña informativa en las comunidades, con el objeto de educar a la población respecto al uso adecuado del proyecto.
5. Contemplar un fondo para el mantenimiento preventivo y correctivo, que sea necesario para que los proyectos se mantengan en buen estado.
6. Se sugiere utilizar la tarifa propuesta.






## BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz Flores, Juan Carlos. Diseño de pavimento y drenaje pluvial de un sector de las zonas 1 y 9, y drenaje sanitario del cantón Choqui zona 5, Quetzaltenango. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1998.
2. Olivera Bustamante, Fernando. Estructuras de vías terrestres. Segunda edición. México CECSA. 2002.
3. Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales (UNEPAR).1993.
4. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. 2000.
5. Ingeniería económica. Leland T. Blank Anthony J. Taruin. Cuarta edición.



## ANEXOS

**Figura 3. Examen bacteriológico**



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

O.T. No. 19102		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A-193716
INTERESADO	<u>Facultad de Ingeniería EPS</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>	
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>José Luis Castillo Bautista</u>	DEPENDENCIA:	<u>U.S.A.C.</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Cantón San Ramón</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2005-08-09; 07 h 20 min.</u>	
FUENTE:	<u>Grifo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2005-08-09; 14 h 30 min.</u>	
MUNICIPIO:	<u>San Antonio Sacatepéquez</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO:	<u>San Marcos</u>	SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN
SABOR:	<u>-----</u>	ASPECTO:	<u>clara</u>	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>clara</u>	OLOR:	<u>A cloro</u>	COLORO RESIDUAL
OLOR:	<u>A cloro</u>			<u>----</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 <sup>3</sup>	-----	-----	-----
01,00 cm <sup>3</sup>	-----	-----	-----
00,10 cm <sup>3</sup>	-----	-----	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		<2	<2

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 19<sup>TH</sup>  
 NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.


**CONCLUSION** Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29001.

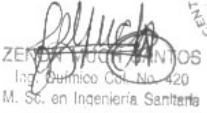
Guatemala, 2005-08-22

Vo.Bo.



Ing. César Alfonso García Guerra  
DIRECCIÓN CI / USAC





ZENAJUCANJOS  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria





Figura 4. Examen físico químico sanitario



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. 19102		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 22026	
INTERESADO:		Facultad de Ingeniería		PROYECTO: CONTROL DE CALIDAD	
RECOLECTADA POR:		José Luis Castillo Bautista		DEPENDENCIA: U.S.A.C.	
LUGAR DE RECOLECCIÓN:		Cantón San Ramón		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2005-08-09; 07 h 20 min.	
FUENTE:		Grifo		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2005-08-09; 14 h 30 min.	
MUNICIPIO:		San Antonio Sacatepéquez		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración	
DEPARTAMENTO:		San Marcos			
RESULTADOS					
1. ASPECTO: Claro		4. OLOR: A cloro		7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) -- ° C	
2. COLOR: 04,00 Unidades		5. SABOR: -----		8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 454,00 $\mu$ hos/cm	
3. TURBIEDAD: 00,91 UNT		6. potencial de Hidrogeno (pH) 06,60 unidades			
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
	mg/L		mg/L		mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,33	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	18,50	11. SOLIDOS TOTALES	268,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,00	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,21	12. SOLIDOS VOLÁTILES	21,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	01,10	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	39,00	13. SOLIDOS FIJOS	247,00
4. CLORO RESIDUAL	----	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,04	14. SOLIDOS EN SUSPENSION	02,00
5. MANGANESO (Mn)	----	10. DUREZA TOTAL	190,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	241,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS		CARBONATOS		BICARBONATOS	
mg/L		mg/L		mg/L	
00,00		00,00		204,00	
				ALCALINIDAD TOTAL	
				mg/L	
				204,00	
OTRAS DETERMINACIONES					
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas 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. 20 <sup>TH</sup> EDITION 2 000, NORMA COGUANOR NGO 4 010 ( SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 ( AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.					
Guatemala, 2005-08-22					
Vo.Bo.		 Ing. Alfonso García Guerra DIRECTOR CII/USAC			
				 ZELSON MUCH CANTOS Ing. Edmundo Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria	
					

Figura 5. Análisis granulométrico



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



INFORME No. 169 S.S

O.T. No. 18,955

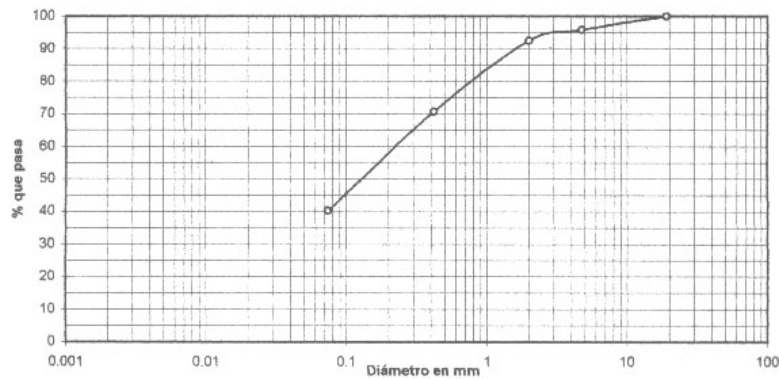
Interesado: Jose Luis Castillo Bautista  
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.  
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27  
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN  
Procedencia: San Marcos  
Fecha: 16 de agosto de 2005  
Muestra No.

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
4	4.76	95.81
10	2.00	92.46
40	0.42	70.87
200	0.074	40.22

% de Grava: 4.2  
% de Arena: 55.6  
% de Finos: 40.2

Gs:

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm.	% que pasa



Descripción del suelo: Arena limosa con grava color negro  
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.  
Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
DIRECTOR CII/USAC.




Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos




FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 6. Límites de Atterberg



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



---

INFORME No. 170 S.S.

O.T. No. 18,955

Interesado: Jose Bautista Castillo Bautista  
 Proyecto: Trabajo de Graduación  
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: 16 Av. 9-81 zona 3 San Marcos  
 Pozo No. x Profundidad: x

FECHA: 8 de agosto de 2005

**RESULTADOS:**


ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	Materia no plastico			Arena limosa con grava color negro

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO


Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.


Atentamente,

Vo. Bo.




Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
DIRECTOR CII/USAC





Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



---

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

**Figura 7. Razón soporte California (C.B.R)**

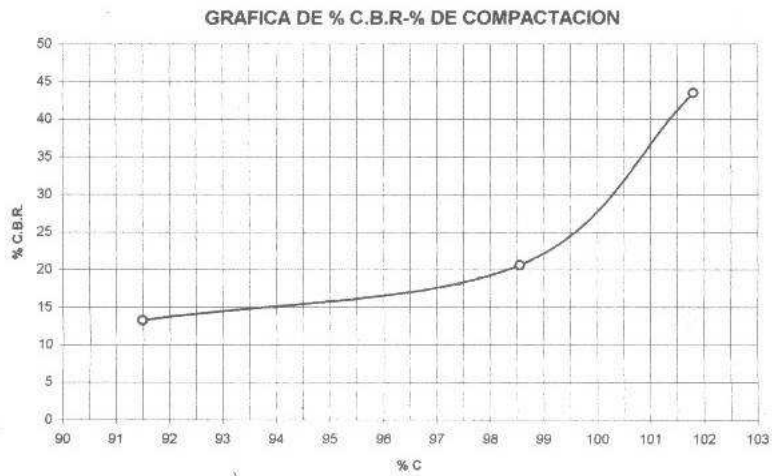


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 168 S.S. O.T. No.: 18.955  
 Interesado: JOSE LUIS CASTILLO BAUTISTA  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION EPS  
 Ubicación: 16 Av. 9-81 zona 3 San Marcos  
 Descripción del suelo: Arena limosa con grava color negro  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 16 agosto de 2005

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ kg/m <sup>3</sup>			
1	10	14.8	1571.2	91.49	0.0	13.3
2	30	14.8	1692.5	98.55	0.0	20.6
3	65	14.8	1748.2	101.80	0.0	43.5



Atentamente,  
 Vo. Bo.:   
 Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
 DIRECTOR CIUSAC

   
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Telefono directo 476-3992, Planta 443-9500 Ext. 1302, FAX: 476-3993  
 Pagina web: <http://ci.usac.edu.gt>

Figura 8. Compactación

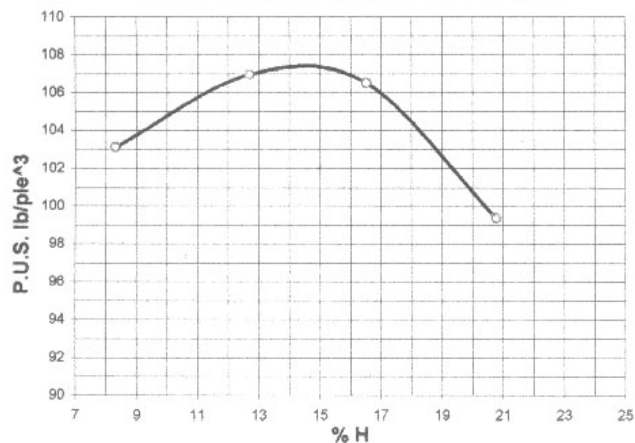


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 167 S.S. O.T. No.: 18.955  
 Interesado: JOSE LUIS CASTILLO BAUTISTA  
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma:  
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180  
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION EPS  
 Ubicación: 16 Av. 9-81 zona 3 San Marcos  
 Fecha: 16 agosto de 2005

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No.: 1  
 Descripción del suelo: Arena limosa con grava color negro  
 Densidad seca máxima  $\gamma_{dmax}$ : 1.717 t/m<sup>3</sup> 107.2 lb/pe<sup>3</sup>  
 Humedad óptima Hop.: 14.5 %  
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:



Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



## APÉNDICE TOPOGRAFÍA

**Tabla XIII. Topografía del pavimento de Santa Rita a 7 Tambores**

LIBRETA TOPOGRÁFICA			
Est.	Po.	Azimut	Distancia horizontal
0	1	245°18´	20,00
1	2	339°48´	8,00
2	3	354°57´	28,00
3	4	353°57´	6,00
4	5	293°21´	12,00
5	6	276°35´	60,00
6	7	263°27´	22,00
7	8	246°23´	44,00
8	9	243°51´	34,00
9	10	244°43´	12,00
10	11	288°24´	8,00
11	12	333°23´	26,00
12	13	344°19´	23,00
13	14	0°15´	32,00
14	15	356°06´	12,00
15	16	332°28´	30,00
16	17	342°56´	20,00
17	18	341°35´	17,00
18	19	346°23´	14,00
19	20	344°01´	49,00
20	21	327°44´	103,72
21	22	309°53´	97,28
22	23	293°28´	49,00
23	24	312°40´	11,00
24	25	320°11´	22,00
25	26	353°24´	22,00
26	27	351°33´	57,44
27	28	355°18´	81,56
28	29	351°11´	18,00
29	30	343°05´	20,00
30	31	348°02´	9,00
31	32	40°13´	26,93
32	33	33°05´	23,07

**Tabla XIV. Topografía de la distribución de agua potable para el Caserío San Ramón**

LIBRETA TOPOGRÁFICA					LIBRETA TOPOGRÁFICA						
EST.	PO.	AZIMUT			DISTANCIA HORIZONTAL	EST.	PO.	AZIMUT			DISTANCIA HORIZONTAL
		GRA	MIN	SEGU				GRA	MIN	SEGU	
E-6	E-7	355,00	37,00	0,00	19,10	E-44	E-45	203,00	39,00	0,00	43,68
E-7	E-1	303,00	19,00	40,00	13,93	E-45	E-46	194,00	26,00	20,00	38,59
E-1	E-2	328,00	56,00	20,00	42,13	E-45	E-45.1	194,00	26,00	20,00	6,00
E-2	E-3	318,00	25,00	20,00	45,04	E-45.1	E-A33	284,00	32,00	10,00	11,00
E-3	E-4	324,00	45,00	0,00	41,32	E-46	E-A34	220,00	45,00	40,00	30,00
E-4	E-5	300,00	52,00	20,00	43,39	E-46	E-A35	220,00	45,00	40,00	30,00
E-5	E-6	233,00	49,00	0,00	38,00	E-46	E-47	187,00	27,00	20,00	42,14
E-6	E-7	278,00	17,00	40,00	21,94	E-47	E-48	160,00	58,00	40,00	39,33
E-7	E-8	194,00	19,00	20,00	24,79	E-48	E-A36	128,00	28,00	20,00	70,00
E-8	E-9	213,00	20,00	0,00	29,98	E-48	E-A37	153,00	23,00	20,00	100,00
E-9	E-10	233,00	12,00	0,00	51,60	E-48	E-49	238,00	59,00	0,00	43,48
E-10	E-11	268,00	41,00	40,00	14,42	E-49	E-A38	261,00	21,00	0,00	20,00
E-11	E-12	211,00	14,00	0,00	25,87	E-49	E-49.1	203,00	24,00	20,00	20,00
E-12	E-13	183,00	2,00	20,00	33,93	E-49.1	E-A46	293,00	24,00	20,00	15,00
E-13	E-14	195,00	58,00	40,00	11,79	E-49.1	E-49.2	203,00	24,00	20,00	6,00
E-14	E-15	254,00	0,00	0,00	47,68	E-49.2	E-A44	293,00	10,00	46,00	15,00
E-15	E-16	287,00	0,00	0,00	57,79	E-49.2	E-49.3	203,00	24,00	20,00	6,00
E-16	E-17	285,00	50,00	0,00	25,49	E-49.3	E-A43	293,00	10,00	46,00	15,00
E-17	E-18	294,00	37,00	40,00	43,28	E-49.3	E-49.4	203,00	24,00	20,00	8,00
E-18	E-19	294,00	39,00	0,00	26,60	E-49.4	E-A39	293,00	20,00	16,00	15,00
E-19	E-20	301,00	56,00	20,00	28,62	E-49.4	E-49.5	113,00	24,00	20,00	15,00
E-20	E-21	296,00	40,00	40,00	21,38	E-49.5	E-A40	23,00	20,00	46,00	5,00
E-21	E-22	293,00	34,00	40,00	14,55	E-49.5	E-A41	113,00	24,00	20,00	20,00
E-22	E-23	267,00	9,00	20,00	32,56	E-49.5	E-49.6	203,00	24,00	20,00	7,00
E-23	E-24	259,00	4,00	0,00	60,00	E-49.5	E-A42	293,00	10,00	46,00	15,00
E-24	E-25	249,00	55,00	40,00	33,83	E-33	E-33.1	117,00	44,00	0,00	65,41
E-25	E-26	242,00	13,00	0,00	77,90	E-33.1	E-A47	102,00	1,00	20,00	130,00
E-26	E-27	267,00	7,00	20,00	34,00	E-33.1	E-A48	100,00	10,00	0,00	130,00
E-27	E-28	259,00	43,00	0,00	40,60	E-33.1	E-33.2	146,00	50,00	0,00	46,48
E-28	E-29	275,00	22,00	20,00	27,80	E-33.1	E-1	146,00	50,00	0,00	6,00
E-29	E-30	291,00	24,00	40,00	24,86	E-1	E-A49	236,00	10,00	36,00	30,00
E-30	E-31	285,00	39,00	0,00	46,01	E-33.2	E-33.3	173,00	40,00	20,00	60,82
E-31	E-32	274,00	40,00	20,00	39,44	E-33.2	E-1	173,00	40,00	20,00	36,00
E-32	E-A1	312,00	4,00	40,00	58,00	E-1	E-A50	263,00	20,00	36,00	60,00
E-32	E-A2	355,00	37,00	20,00	20,00	E-1	E-A51	83,00	10,00	36,00	65,00
E-32	E-33	211,00	2,00	40,00	62,37	E-1	E-2	173,00	40,00	20,00	9,00
E-32	E-32.1	211,00	2,00	40,00	52,00	E-2	E-A52	83,00	12,00	43,00	15,00
E-32.1	E-A3	301,00	30,00	16,00	10,00	E-2	E-3	173,00	40,00	20,00	7,00
E-33	E-33.1	117,00	44,00	0,00	65,41	E-3	E-A53	83,00	20,00	36,00	20,00
E-33	E-34	209,00	15,00	20,00	53,90	E-3	E-4	173,00	40,00	20,00	8,00
E-33	E-1	209,00	15,00	20,00	27,00	E-4	E-A54	263,00	34,00	46,00	20,00
E-1	E-A4	299,00	20,00	16,00	35,00	E-33.3	E-A55	121,00	36,00	40,00	100,00
E-1	E-2	209,00	15,00	20,00	11,00	E-33.3	E-33.4	189,00	18,00	0,00	58,75
E-2	E-A5	119,00	12,00	0,00	15,00	E-33.3	E-1	189,00	18,00	0,00	12,00
E-34	E-34.1	309,00	19,00	0,00	25,00	E-1	E-A56	99,00	10,00	36,00	15,00
E-34.1	E-A6	219,00	12,00	20,00	5,00	E-1	E-2	189,00	18,00	0,00	21,00
E-34.1	E-A7	309,00	19,00	0,00	30,00	E-2	E-A57	99,00	10,00	26,00	22,00
E-34.1	E-A8	314,00	20,00	0,00	5,00	E-2	E-A58	279,00	13,00	47,00	18,00
E-34	E-35	216,00	3,00	20,00	44,96	E-2	E-3	189,00	18,00	0,00	14,00
E-34	E-34.2	216,00	3,00	20,00	33,00	E-3	E-A59	189,00	12,00	36,00	2,00
E-34.2	E-A10	306,00	13,00	20,00	44,00	E-33.4	E-33.5	202,00	38,00	40,00	27,58
E-35	E-36	224,00	9,00	0,00	41,75	E-33.5	E-A60	295,00	7,00	40,00	60,00
E-35	E-35.1	224,00	9,00	0,00	15,00	E-33.5	E-A61	111,00	12,00	40,00	130,00
E-35.1	E-35.2	134,00	10,00	36,00	14,00	E-33.5	E-A62	132,00	58,00	20,00	10,00
E-35.2	E-A11	224,00	20,00	46,00	5,00	E-33.5	E-33.6	211,00	34,00	20,00	77,48
E-35.2	E-A12	44,00	45,00	5,00	5,00	E-33.5	E-1	211,00	34,00	20,00	56,00
E-36	E-37	122,00	40,00	40,00	29,92	E-1	E-A63	121,00	10,00	46,00	20,00
E-36	E-36.1	250,00	33,00	40,00	23,83	E-1	E-2	211,00	34,00	20,00	17,00
E-36.1	E-A13	181,00	35,00	40,00	27,00	E-2	E-A64	121,00	34,00	10,00	15,00
E-36.1	E-A14	216,00	27,00	0,00	40,00	E-33.6	E-33.7	171,00	31,00	40,00	64,48
E-36.1	E-A15	345,00	38,00	0,00	35,00	E-1	E-1	171,00	31,00	40,00	35,00
E-37	E-38	197,00	44,00	40,00	39,22	E-1	E-A65	261,00	20,00	46,00	57,00
E-38	E-39	188,00	40,00	0,00	38,99	E-33.7	E-A66	109,00	52,00	0,00	44,00
E-39	E-39.1	255,00	22,00	20,00	50,00	E-33.7	E-33.8	175,00	47,00	0,00	45,50
E-39.1	E-A16	166,00	20,00	43,00	5,00	E-33.7	E-1	175,00	47,00	0,00	15,00
E-39.1	E-39.2	255,00	20,00	0,00	15,00	E-1	E-A67	265,00	20,00	49,00	15,00
E-39.2	E-A17	165,00	12,00	47,00	5,00	E-33.8	E-A68	108,00	44,00	20,00	55,00
E-39.2	E-39.3	255,00	20,00	0,00	20,00	E-33.8	E-A69	218,00	6,00	20,00	56,00
E-39.3	E-A18	166,00	13,00	42,00	5,00	E-33.8	E-33.9	176,00	6,00	20,00	73,71
E-39	E-40	183,00	52,00	0,00	60,21	E-33.9	E-33.10	163,00	53,00	40,00	67,89
E-39	E-39.4	183,00	52,00	0,00	52,00	E-33.10	E-1	163,00	53,00	40,00	44,00
E-39.4	E-A19	173,00	35,00	13,00	10,00	E-1	E-2	233,00	2,00	16,00	70,00
E-40	E-41	266,00	20,00	20,00	55,99	E-2	E-3	189,00	3,00	15,00	120,00
E-40	E-40.1	266,00	20,00	20,00	0,00	E-3	E-A70	279,00	20,00	46,00	21,00
E-40.1	E-A21	309,00	10,00	0,00	28,00	E-3	E-A71	99,00	10,00	5,00	27,00
E-41	E-A22	222,00	41,00	20,00	10,00	E.33.10	E-A72	166,00	33,00	20,00	50,00
E-41	E-A23	192,00	16,00	20,00	10,00	E.33.10	E-A73	144,00	30,00	40,00	25,00
E-41	E-A24	170,00	50,00	0,00	10,00	E.33.10	E-A74	262,00	7,00	0,00	25,00
E-41	E-42	281,00	14,00	20,00	54,82	E-32	E-33	211,00	2,00	40,00	62,37
E-42	E-A26	266,00	25,00	40,00	30,00	E-33	E-1	296,00	51,00	13,00	60,00
E-42	E-43	200,00	50,00	20,00	68,76	E-1	E-2	302,00	38,00	58,00	60,00
E-42	E-42.1	200,00	50,00	20,00	19,00	E-2	E-3	338,00	1,00	2,00	14,00
E-42.1	E-A27	290,00	20,00	46,00	16,00	E-3	E-4	292,00	51,00	43,00	19,00
E-43	E-A28	265,00	11,00	0,00	12,00	E-4	E-5	244,00	8,00	51,00	60,00
E-43	E-A29	277,00	20,00	0,00	20,00	E-5	E-6	241,00	27,00	13,00	60,00
E-43	E-A30	265,00	51,00	20,00	30,00	E-6	E-A75	336,00	31,00	42,00	20,00
E-43	E-A31	277,00	20,00	0,00	20,00	E-6	E-7	250,00	9,00	4,00	22,00
E-43	E-44	200,00	16,00	0,00	52,56	E-7	E-8	221,00	49,00	12,00	60,00
E-43	E-43.1	200,00	16,00	0,00	36,00	E-8	E-9	239,00	48,00	17,00	60,00
E-43.1	E-A32	290,00	20,00	36,00	16,00	E-9	E-A76	266,00	24,00	33,00	21,00

RAMAL PRINCIPAL

RAMAL I

RAMAL II

RAMAL III



PLANTA GENERAL

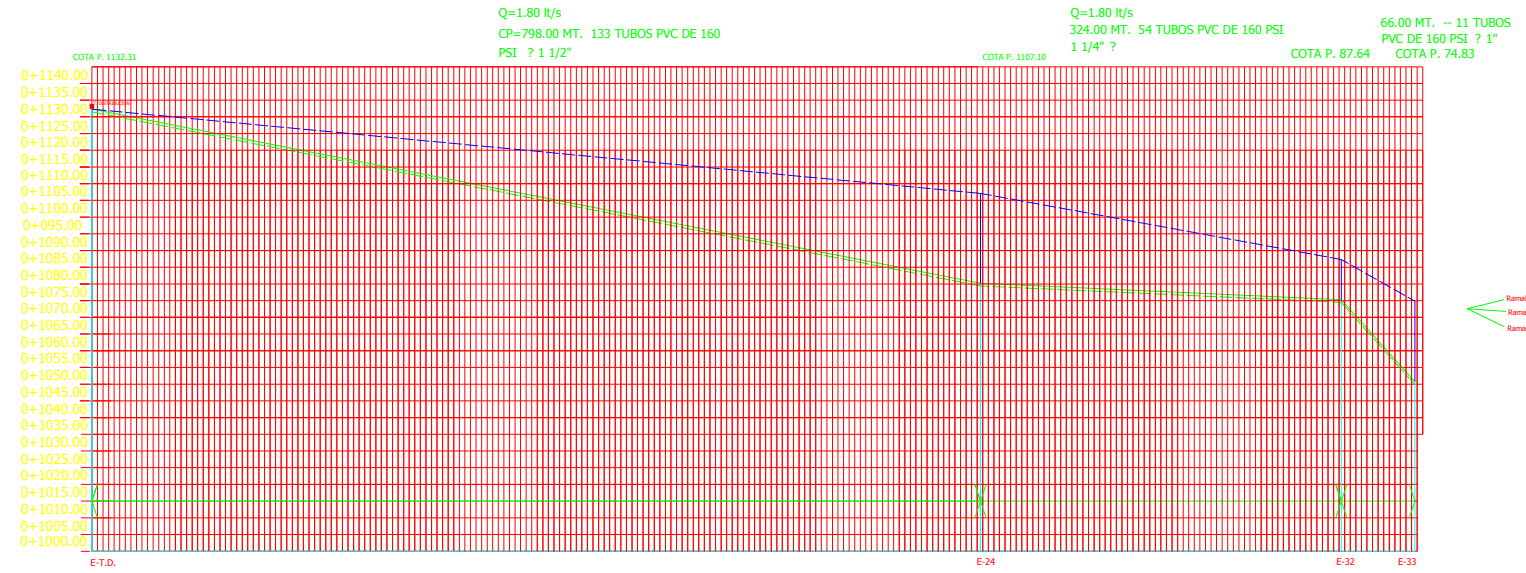
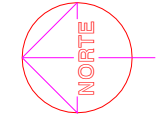
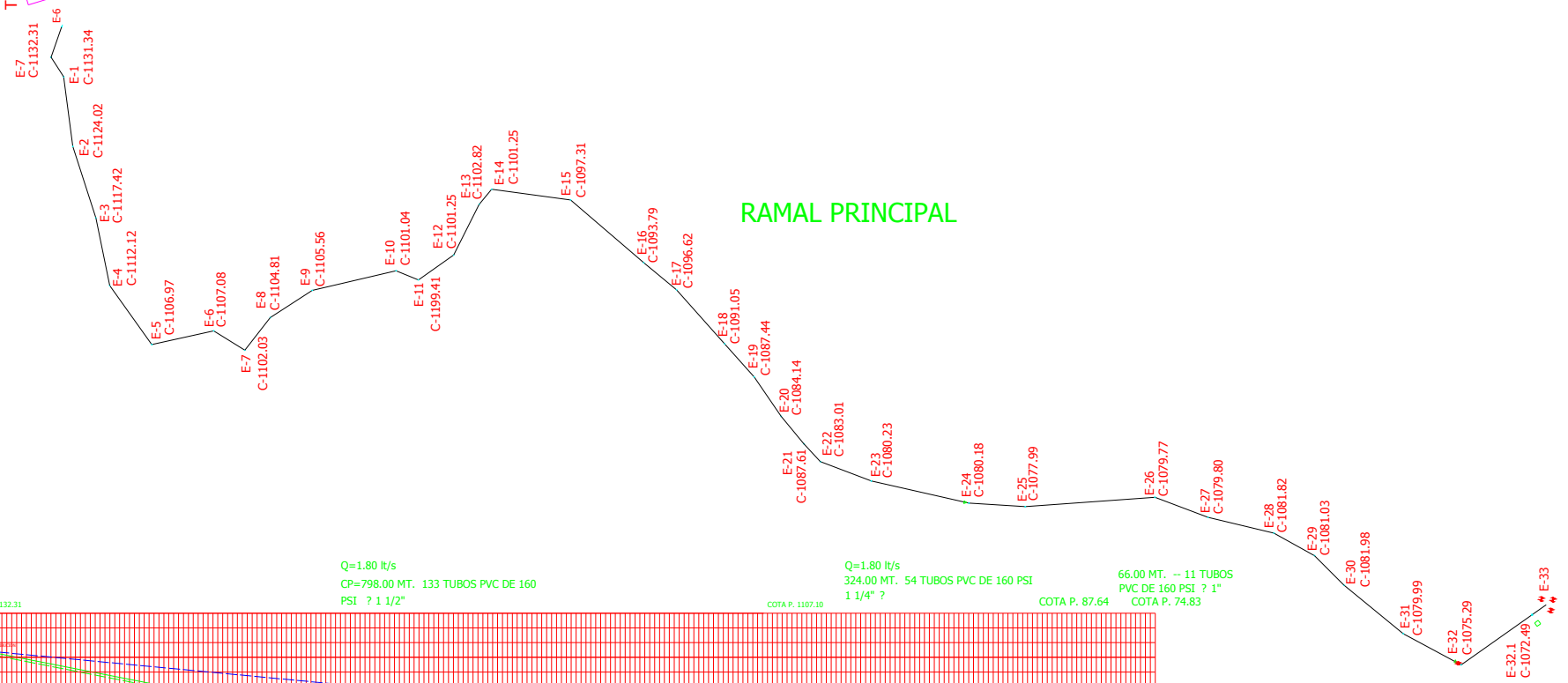
ESC. HORIZONTAL Y VERTICAL: 1/3,000

BASES DE DISEÑO

Tipo de distribución:	Domiciliar
Período de diseño:	20 años
Dotación:	100 Lts/hab/día
Tasa de crecimiento	3 %
Población actual:	420 Habitantes
Población futura:	759 Habitantes
Número de habitantes actuales:	420 Habitantes
Número de habitantes futuros:	759 Habitantes
Caudal de distribución:	1.80 lts/seg
Factor de día Máximo :	1.5
Factor de Hora Máximo:	2.5

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: RED DE DISTRIBUCIÓN	
E. P. S.		Plano de: PLANTA GENERAL
Propiedad de:		Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos
Diseño: José L. Castillo B.	Presenta: José L. Castillo Bautista	Carné: 1998-30294
Cálculo: José L. Castillo B.	Vo. Bo.: Ing. Angel Roberto De Ascor	Fecha: Septiembre 2005
Escala: Indicada		

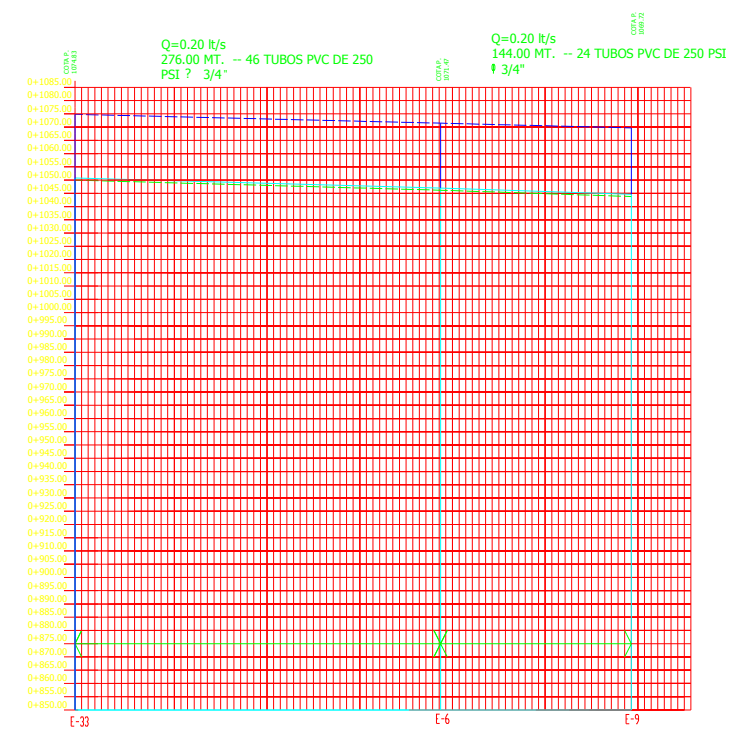
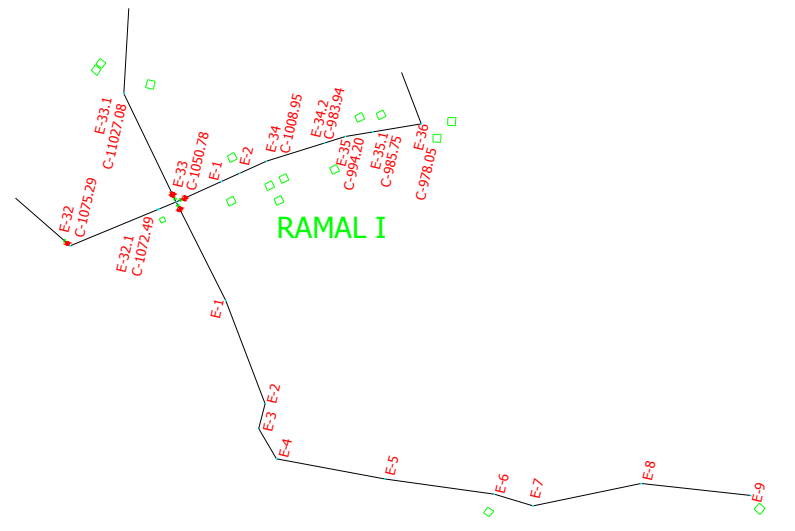
T.D. COMUNITARIO



PLANTA-PERFIL-RAMAL PRINCIPAL DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN A E33

ESC. VERTICAL: 1/750  
ESC. HORIZONTAL: 1/2,000

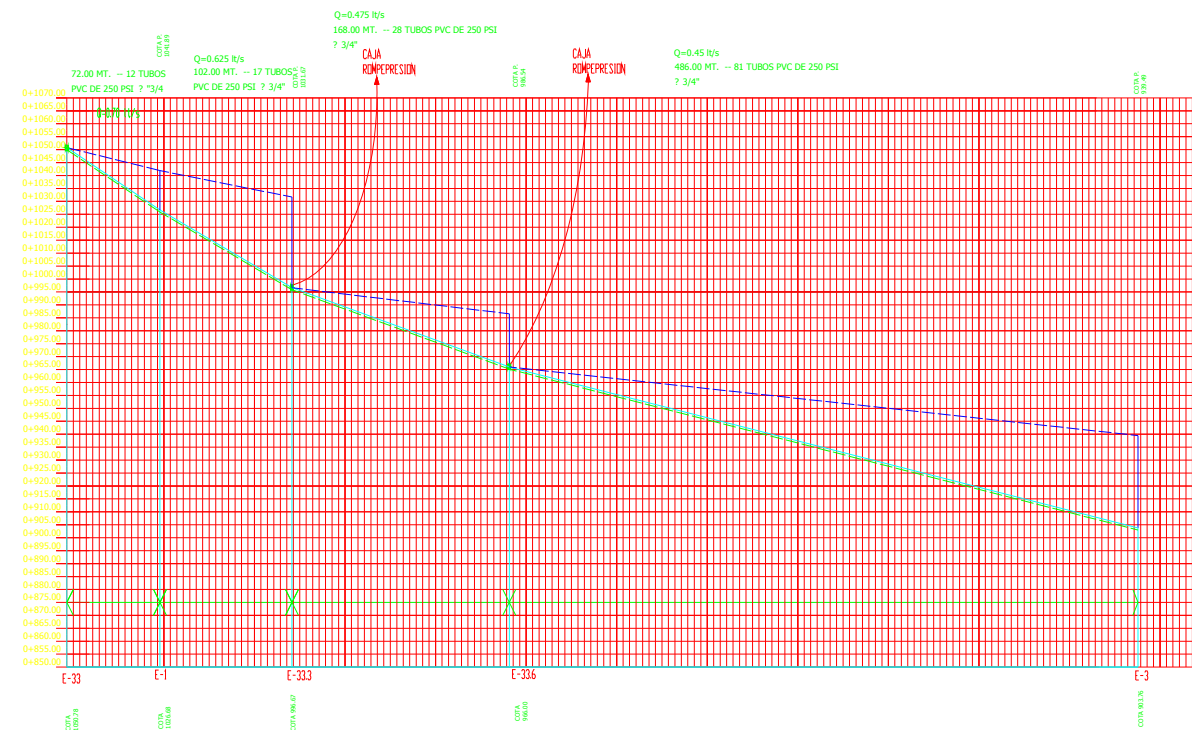
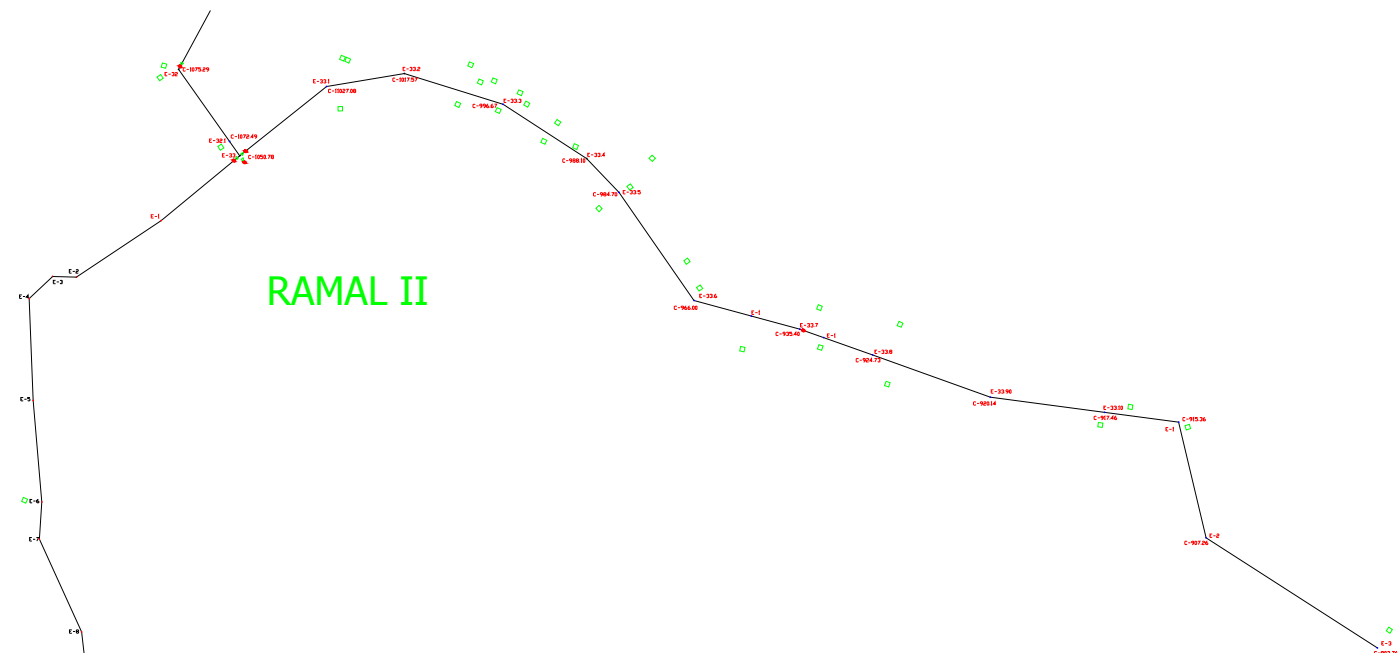
<p>E. P. S.</p>	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: RED DE DISTRIBUCIÓN Plano de: PLANTA-PERFIL	
Diseñó: José L. Castillo B.	Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos	
Calificó: José L. Castillo B.	Propuesta: José L. Castillo Bautista	Correo: 1998-30294
Dibujó: José L. Castillo B.	Vó. Do.: Indicada	Hoja No.: 272/10
Fecha: Septiembre 2005	Ing. Aríst. Roberto Díaz Asesor	Sergio Chacón Alcalde



PLANTA-PERFIL RAMAL I

ESC. VERTICAL: 1/1,000  
ESC. HORIZONTAL: 1/2,000

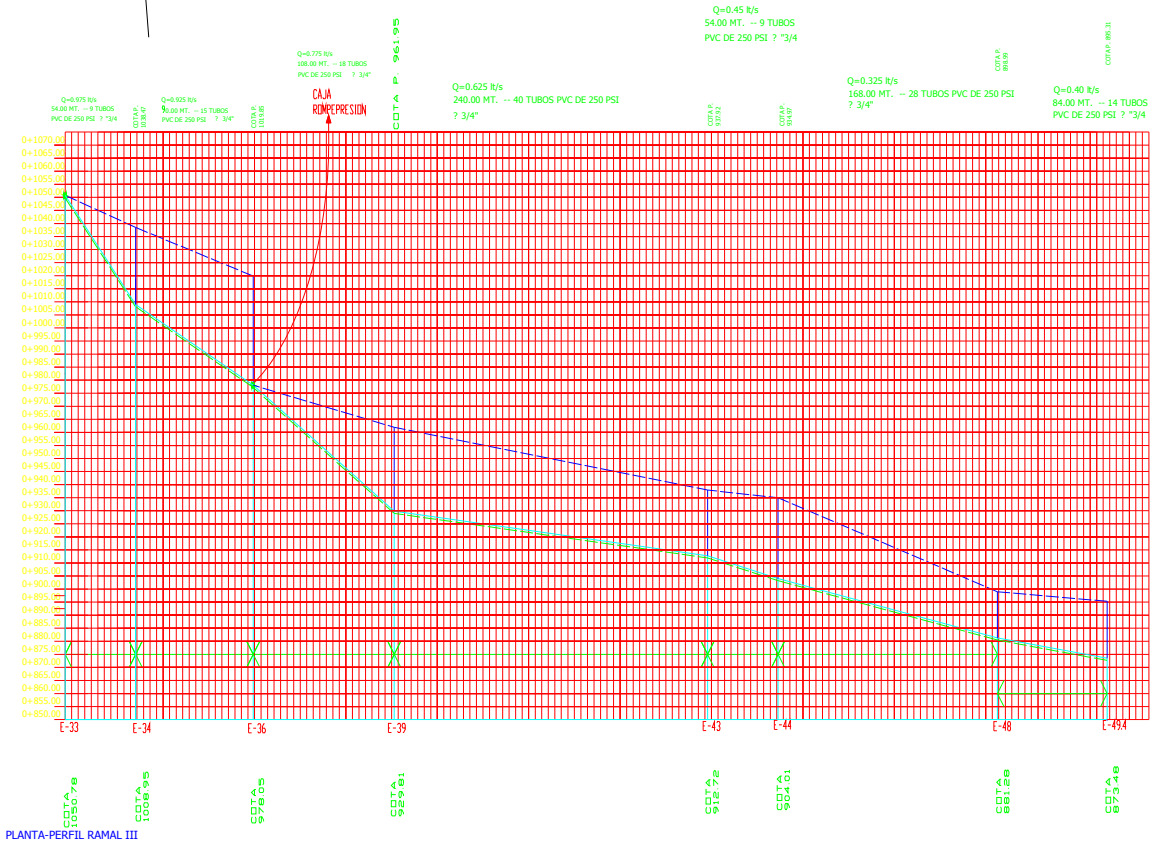
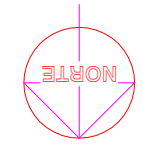
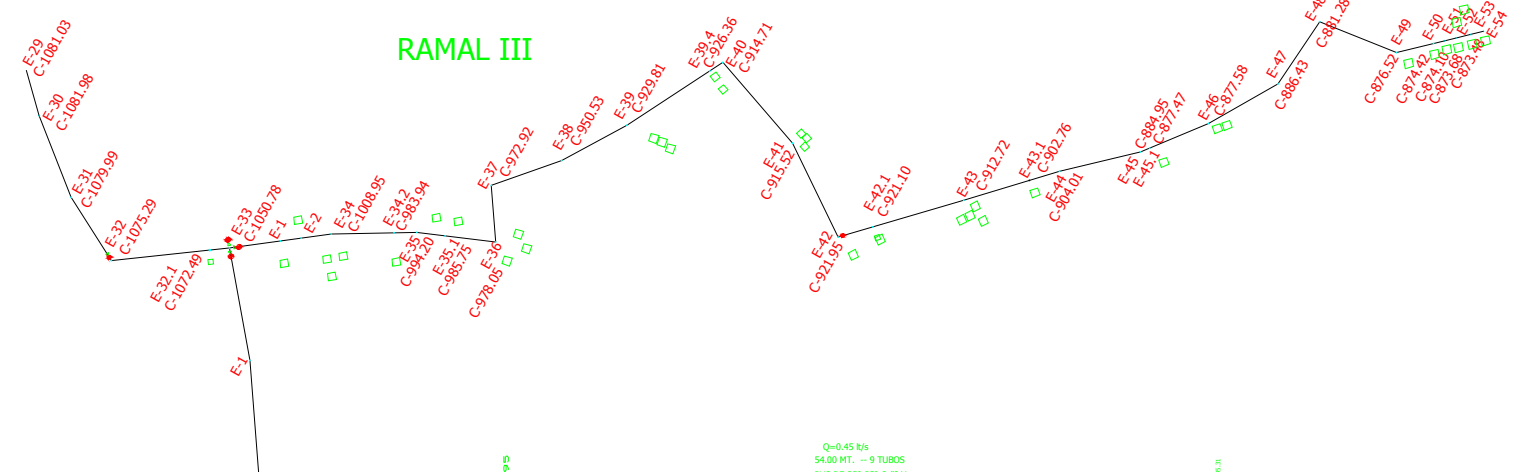
	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: <b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	Plan:
E. P. S.	<b>PLANTA-PERFIL</b>	
Oficina: José L. Castillo B.	Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos	Carné: <b>1998-30294</b>
Cálculo: José L. Castillo B.	Ejecuta: José L. Castillo B.	Fecha: Septiembre 2005
Escala: Indicada	Vig. Asesor: Ing. Angel Roberto Del...	Vig. Alcalde: Sergio Chason...
		<b>373</b> <b>10</b>



**PLANTA-PERFIL RAMAL II**

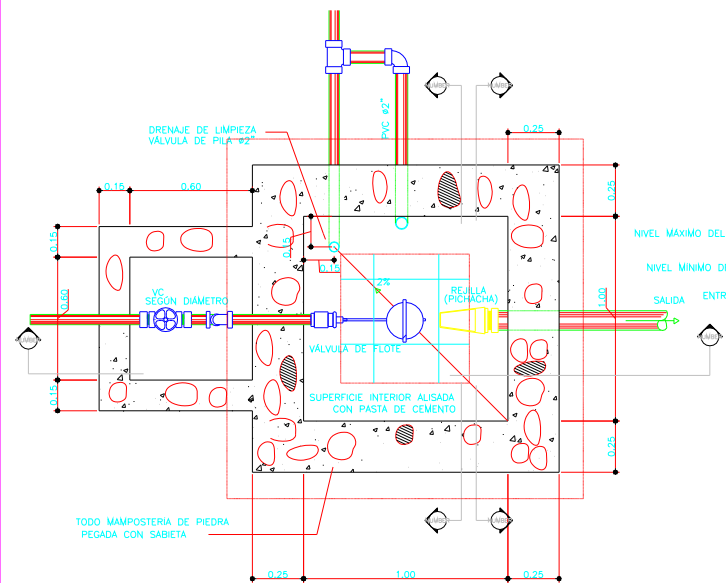
ESC. VERTICAL: 1/1,000  
 ESC. HORIZONTAL: 1/2,000

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: <b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	Plano de: <b>PLANTA-PERFIL</b>
Diseñó: José L. Castillo B.	Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos	Camé: <b>1998-30294</b>
Cálculo: José L. Castillo B.	Supervisor: José L. Castillo Bautista	Vó. Bo.
Dibujo: José L. Castillo B.	Ing. Arq. Roberto Sic Autor	Srgo. Chacon Asesor
Escala: <b>Indicada</b>	Fecha: Septiembre 2005	<b>474/10</b>

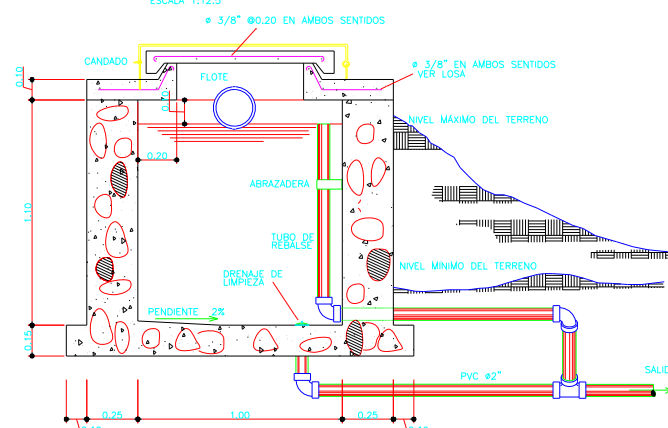


PLANTA-PERFIL RAMAL III  
 ESC. VERTICAL: 1/1,000  
 ESC. HORIZONTAL: 1/2,000

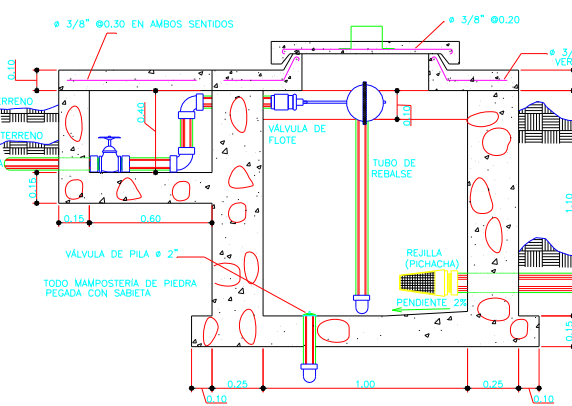
 E. P. S.	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: <b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	
	Plano de: <b>PLANTA-PERFIL</b>	
	Propiedad de: <b>Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos</b>	
Diseño: José L. Castillo B.	Ejecutor: José L. Castillo Bautista	Carné: <b>1998-30294</b>
Escala: Indicada	Ing. Arángel Roberto Sot Asesor	Sr. Sergio Chacon Alcalde
Fecha: Septiembre 2005	<b>57510</b>	



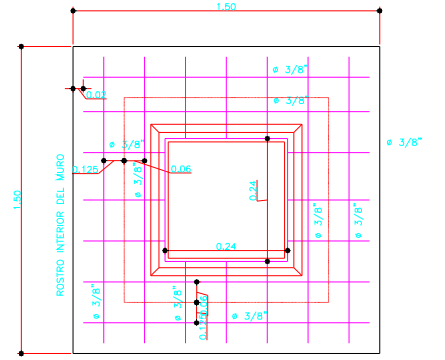
PLANTA  
ESCALA 1:12.5



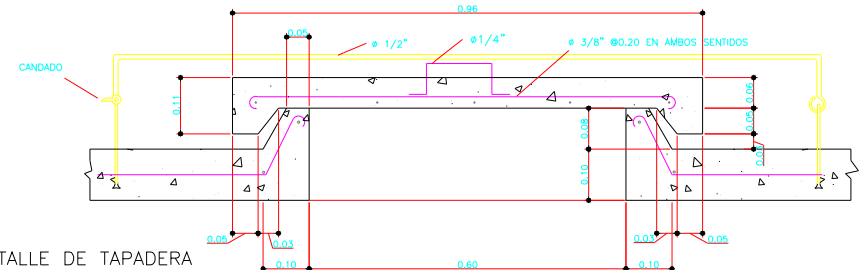
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:12.5



SECCIÓN L-L  
ESCALA 1:12.5



DETALLE DE LOSA  
ESCALA 1:12.5



DETALLE DE TAPADERA  
ESCALA 1:5

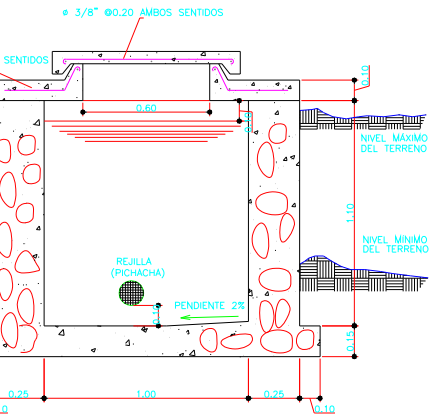
**NOTAS :**  
 MAMPOSTERIA 67 % PIEDRA  
 33 % SABIETA 1: CEMENTO  
 2: ARENA DE RIO  
 CONCRETO = F'2.3 Ksi  
 ACERO DE REFUERZO Fy = 40 Ksi

**ESPECIFICACIONES PARA VÁLVULAS**  
 DE FLOTE

**MATERIALES**  
 CUERPO Y VARILLA: BRONCE  
 SELLO: CAUCHO  
 PELOTA: COBRE

**PRESIÓN DE TRABAJO**  
 100 lbs/pulg.2 EN ROSCAS

**INSTALACIÓN**  
 HORIZONTAL, DESVIACIÓN MÁXIMA PERMITIDA 45°



SECCIÓN F-F  
ESCALA 1:12.5

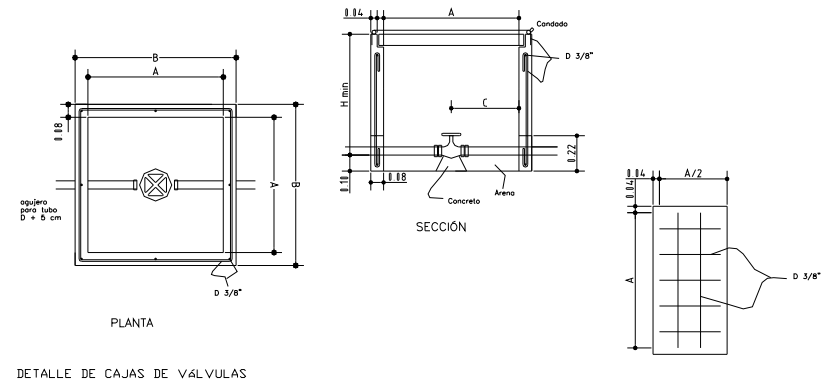
LISTA DE MATERIALES		
ACCESORIOS DE ENTRADA (SEGUN DISEÑO)	CANTIDAD	UNIDAD
ADAPTADORES MACHO (PVC)	2	U
VÁLVULA DE COMPUERTA (Br)	1	U
CODOS DE 90° (PVC)	2	U
ADAPTADOR HEMBRA PVC	1	U
VÁLVULA DE FLOTE	1	U
ACCESORIOS DE SALIDA (SEGUN DISEÑO)		
PICHACHA (Br)	1	U
ADAPTADORES MACHO (PVC)	1	U
ACCESORIOS DE DRENAJE Y REBALSE		
TEE PVC (SEGUN CASO)	1	U
CODOS DE 90° PVC	3	U
VÁLVULA DE PILA Br #2"	1	U
CEMENTO		
CEMENTO	11	sacos
PIEDRA		
PIEDRA	1.4	m3
ARENA DE RIO		
ARENA DE RIO	1.5	m3
PARALES DE 3"x3"x10"		
PARALES DE 3"x3"x10"	38	PI
TABLA DE PINO RÓSTICA 1"x12"x10"		
TABLA DE PINO RÓSTICA 1"x12"x10"	60	PI
CLAVO	2	lbs
ALAMBRE DE AMARRE	1	lbs
HERRO DE 3/8"	6	var
HERRO DE 1/2"	2	m.

**REFERENCIAS**  
 EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE REBALSE SERA MAYOR QUE EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE ENTRADA Y EL MÍNIMO SERA 2"

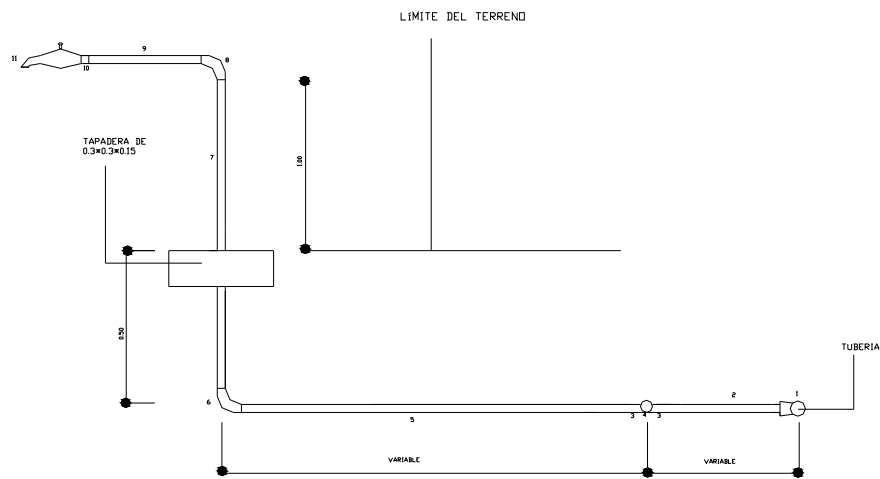
	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado		
	Proyecto: <b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	Plano de: <b>DETALLES DE CAJA ROMPEPRESIÓN</b>	
Diseñador: José L. Castillo B.	Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos	Especificador: José L. Castillo Bautista	Código: 1998-30294
Dibujante: José L. Castillo B.	Vp. Dto. Ing. Angel Roberto Du Asesor	Vp. Dto. Sergio Osazon Asesor	Fecha: Septiembre 2005
67611			67611



	REFERENCIA
1	Tee reductora ? principal * 3/4"
2	Niple PVC 3/4"
3	Adaptador macho PVC 3/4"
4	Llave de paso de bronce de 3/4"
5	PVC 3/4"
6	Codo 90° 3/4" con rosca
7	HG ? 3/4"
8	Codo 90° HG 3/4"
9	HG ? 3/4"
10	Reductor de campana HG 3/4" * 1/2"
11	Llave de chorro lisa bronce ? 1/2"



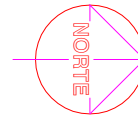
DETALLE DE CAJAS DE VÁLVULAS



DETALLE DE ACOMETIDA DOMICILIAR

DIMENSIONES EN CENTIMETROS				
Diámetro	A	B	C	H min
2"	50	58	25	40
2 1/2"	60	68	30	50
3"	70	78	35	60

 <b>E. P. S.</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado							
	Proyecto: <b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>							
Diseño: José L. Castillo B. Calificador: José L. Castillo B. Diseñador: José L. Castillo B.		Propiedad de: <b>Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez</b>						
Escala: Indicada Fecha: Octubre 2005		Proyectista: <b>Jose L. Castillo Bautista</b> Cursid: <b>1998-30294</b>						
Vo. Do.		<table border="1"> <tr> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>7</td> <td>10</td> </tr> </table>	7	7	7	7	7	10
7	7	7						
7	7	10						



**ESPECIFICACIONES**

**SUB-BASE**  
SUELO NATURAL DEL CUAL DEBERÁ DE COMPACTARSE A UNA HUMEDAD MÁXIMA (14.5 %) ANTES DE COLOCAR EL MATERIAL DE BASE ( SELECTO).

**BASE**  
MATERIAL SELECTO CON UN ESPESOR MÍNIMO DE .15 MTS. CON UNA COMPACTACIÓN DEL 95 %

**CARPETA DE RODADURA**

CEMENTO: EL CEMENTO A USAR DEBERÁ SER CEMENTO PÓRTLAND, 4,000 PSI.

AGREGADOS: LOS AGREGADOS ESTARÁN LIMPIOS Y BIEN GRADUADOS, LIBRES DE IMPUREZA Y MATERIA ORGÁNICA. EL TAMAÑO DE LOS AGREGADO GRUESO SERÁ DE 3/4" .

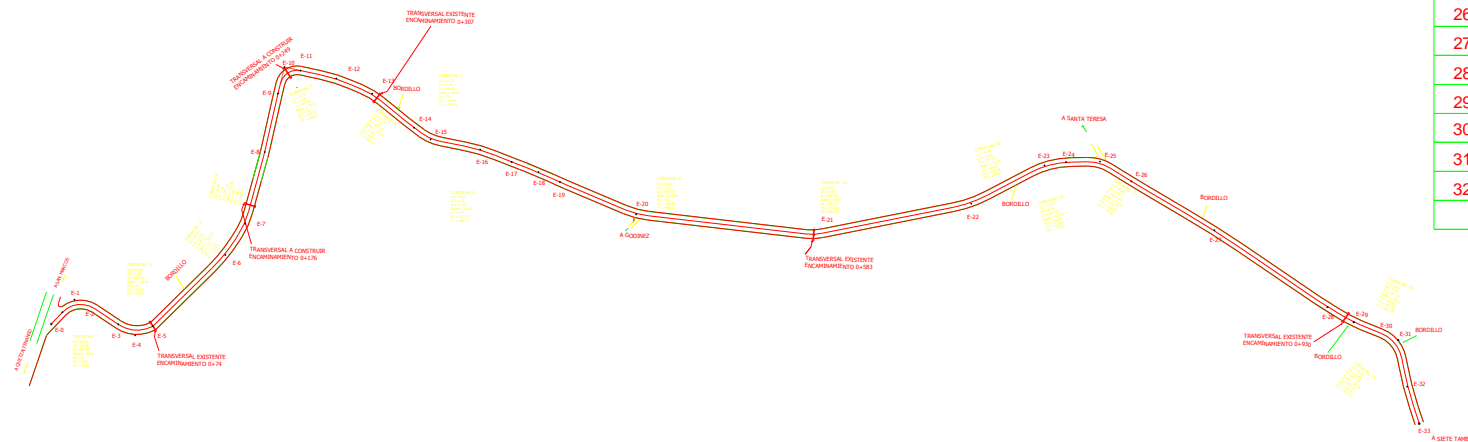
AGUA: EL AGUA EMPLEADA EN EL MEZCLADO DEL CONCRETO DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE ACEITES, ÁCIDOS, ÁLCALIS, SALES, MATERIAL ORGÁNICO U OTRAS SUSTANCIAS QUE PUEDAN SER NOCIVAS AL CONCRETO.

**JUNTAS DE DILATACIÓN**  
LAS JUNTAS DE DILATACIÓN SE HARÁN A CADA 2.50 METROS. ÉSTAS TENDRÁN QUE COINCIDIR CON LAS DEL BORDILLO, ÉSTAS SE SELLARAN CON UN MARCIAL PLÁSTICO.

NOTA: LA RELACIÓN PIEDRA-SAVIETA PARA LOS TRANSVERSALES SERÁ DE 66 % DE PIEDRA Y 33 % DE SAVIETA. LA PRORPORCIÓN DE LA SAVIETA SERÁ 1 DE CEMENTO Y 3 ARENA.

**LIBRETA TOPOGRÁFICA**

EST.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA HORIZONTAL
0	1	245°18'	20
1	2	339°48'	8
2	3	354°57'	28
3	4	353°57'	6
4	5	293°21'	12
5	6	276°35'	60
6	7	263°27'	22
7	8	246°23'	44
8	9	243°51'	34
9	10	244°43'	12
10	11	288°24'	8
11	12	333°23'	26
12	13	344°19'	23
13	14	0°15'	32
14	15	356°06'	12
15	16	332°28'	30
16	17	342°56'	20
17	18	341°35'	17
18	19	346°23'	14
19	20	344°01'	49
20	21	327°44'	103.72
21	22	309°53'	97.28
22	23	293°28'	49
23	24	312°40'	11
24	25	320°11'	22
25	26	353°24'	22
26	27	351°33'	57.44
27	28	355°18'	81.56
28	29	351°11'	18
29	30	343°05'	20
30	31	348°02'	9
31	32	40°13'	26.93
32	33	33°05'	23.07



**PLANTA GENERAL**

ESC. HORIZONTAL: 1/1,500



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

E. P. S.

Diseño: José L. Castillo B.  
Cálculo: José L. Castillo B.  
Dibujo: José L. Castillo B.  
Escala: Indicada  
Fecha: Agosto 2005

Proyecto: PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SANTA RITA

Plano de: PLANTA GENERAL

Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos

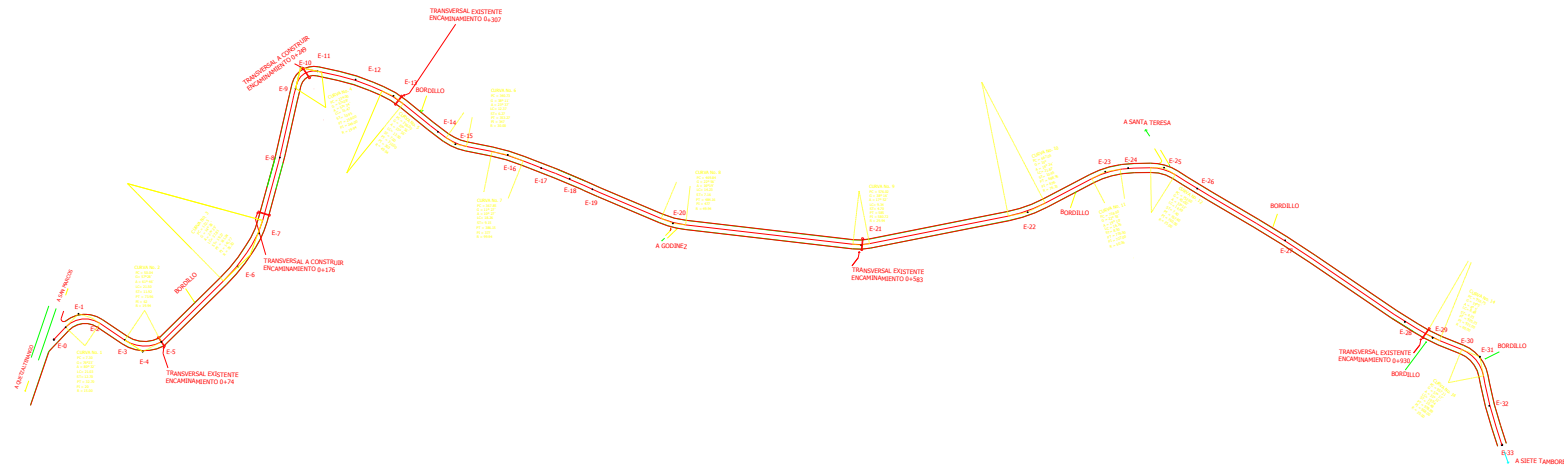
Ejecuta: José L. Castillo Bautista

Carné: 1998-30294

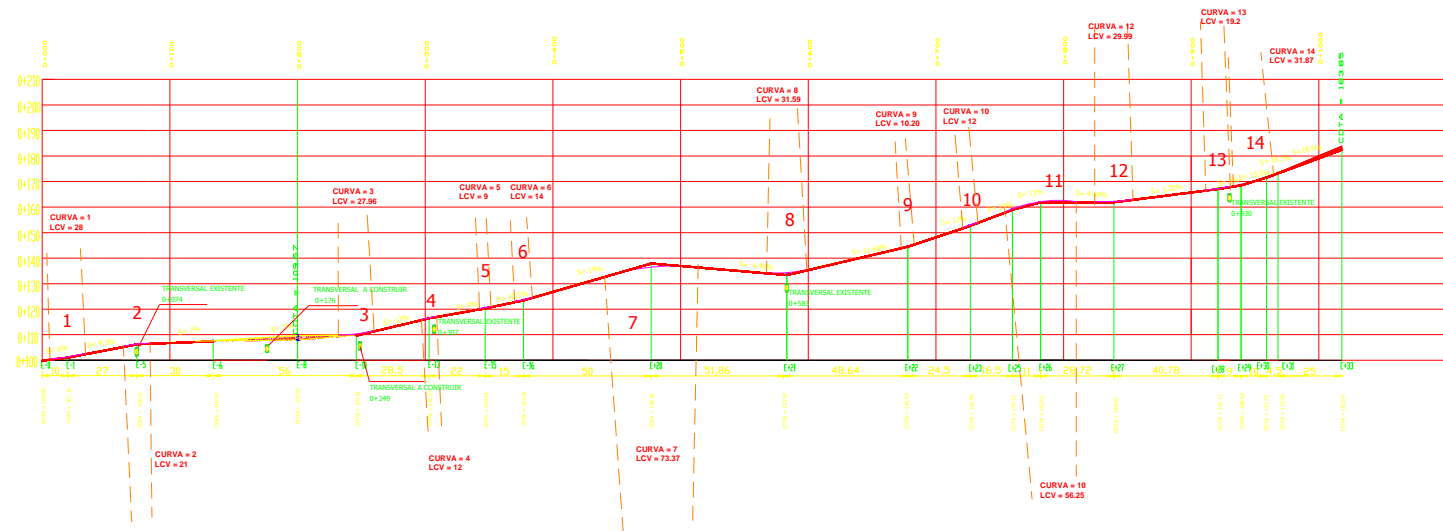
Vo. Bo. Ing. Angel Roberto De Arce

Berjo Chacón Alcalde

138/10



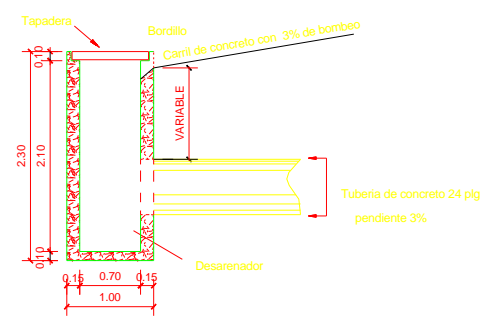
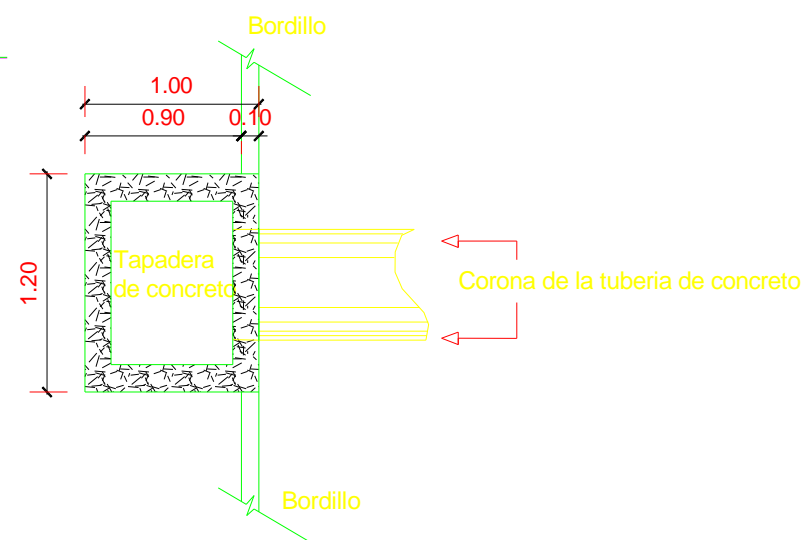
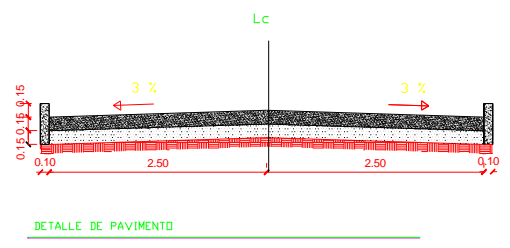
ESC. PLANTA: 1/1,250



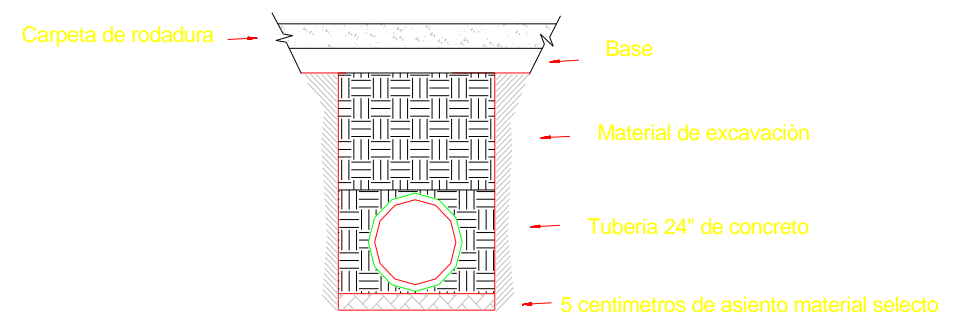
### PLANTA-PERFIL DEL TRAMO DE SANTA RITA A 7 TAMBORES

ESC. HORIZONTAL: 1/2000  
ESC. VERTICAL: 1/1000

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado	
	Proyecto: PAVIMENTACION PARA LA ALDEA SANTA RITA	
E. P. S.	Plano de: PLANTA-PERFIL	
Director: José L. Castillo B.	Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos	
Calificador: José L. Castillo B.	Proyectista: José L. Castillo Bautista	Código: 1998-30294
Diseño: José L. Castillo B.	Vo. Bo.:	Fecha No.:
Escala: Indicada	Ing. Ángel Roberto Díaz Autor	Sergio Chacón Asesor
Fecha: Septiembre 2005	23910	



Dimensiones  
 Profundidad 2.10 m  
 Largo 1.20 m  
 Ancho 1.00 m



	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado					
	Proyecto: <b>PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SANTA RITA</b>					
E. P. S.		Plano de: <b>DETALLES DE TRANSVERSAL</b>				
Diseñado: José L. Castillo B.		Propiedad de: Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez				
Calificado: José L. Castillo B.		Cursado: José L. Castillo Bautista <b>1998-30294</b>				
Diseñado: José L. Castillo B.		Vto. Bo.				
Escala: Indicada		Hoja No.				
Fecha: Septiembre 2005		<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> </tr> </table>	3	10	3	10
3	10					
3	10					