



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

**DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE  
AGUA POTABLE A LA COLONIA “LA UNIÓN” Y DISEÑO DE PAVIMENTO  
RÍGIDO DE LA AVENIDA “LA PEDRERA”, DEL MUNICIPIO DE LA  
DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.**

**Noé de Jesús Morales Villeda**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, octubre de 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE  
AGUA POTABLE A LA COLONIA “LA UNIÓN” Y DISEÑO DE PAVIMENTO  
RÍGIDO DE LA AVENIDA “LA PEDRERA”, DEL MUNICIPIO DE LA  
DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**NOÉ DE JESÚS MORALES VILLEDA**

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## **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 RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE A LA COLONIA “LA UNIÓN” Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA “LA PEDRERA”, DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 07 de mayo de 2007.

---

Noé de Jesús Morales Villeda





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

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

Guatemala, 12 de octubre de 2007  
Ref. EPS. C. 651.10.07

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **NOÉ DE JESÚS MORALES VILLEDA**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE A LA COLONIA "LA UNIÓN" Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA "LA PEDRERA", DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA”**.

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

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“*Id y Enseñad a Todos*”

Ing. Oscar Araqueta Hernández  
Asesor – Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



OAH /jm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,  
18 de octubre de 2007

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

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE A LA COLONIA "LA UNIÓN" Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA "LA PEDRERA", DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Noé de Jesús Morales Villeda, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdés  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

 FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,  
18 de octubre de 2007

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

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE A LA COLONIA "LA UNIÓN" Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA "LA PEDRERA", DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Noé de Jesús Morales Villeda, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

¡D Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de octubre de 2007  
Ref. EPS. C. 651.10.07

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

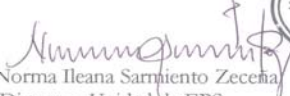
Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE A LA COLONIA "LA UNIÓN" Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA "LA PEDRERA", DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **NOÉ DE JESÚS MORALES VILLEDA**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS NUESTRO SEÑOR**

Gracias por la protección y las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida.

### **MI MADRE**

Magdalena Villeda Mejía.  
Gracias por enseñarme el camino correcto de la vida

### **MIS HERMANOS**

Humberto Morales Villeda  
Nau Morales Villeda  
José Morales Villeda  
Gracias por el sacrificio realizado para obtener éste triunfo.

Marco Antonio Morales Villeda  
Elida Morales Villeda  
Olga Morales Villeda  
Adelio Morales Villeda  
Gracias por su apoyo incondicional.



## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:**

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Ing. Omar Medrano  
Ing. Francisco Torres  
Municipalidad de la Democracia, Escuintla  
Oficina Municipal de Planificación (O.M.P.)

### **MIS COMPAÑEROS**

Leonel Aguirre  
Rudy Martínez  
Julio Aguilar  
Leonel Pineda  
Cristóbal Hernández  
Walter Córdón  
Gustavo Monroy  
Arturo Monroy  
Luís Moran

Y todas las personas que de una u otra forma han colaborado para elaborar éste trabajo de graduación.

Lourdes Ocaña Arias

Iván Rivera

Melisa Morales

Maritza Arias

Nery Arias



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XXI</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>XXIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXV</b>
<b>1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA</b>	<b>01</b>
1.1 Antecedentes históricos	01
1.2 Aspectos territoriales	02
1.2.1 Delimitación geográfica	02
1.2.2 Macro localización	03
1.2.3 Ubicación	03
1.2.3 Comunidades pertenecientes	03
1.3 Extensión	06
1.4 Altura	06
1.5 Clima	06
1.6 Límites	06
1.7 Condiciones agrológicas	06
1.8 Relieve	07
1.9 Características de acceso de la comunidad a la cabecera municipal	07
1.10 Población	08

1.10.1	Distribución por sexo	08
1.10.2	Distribución por edades	11
1.10.3	Densidad poblacional	14
1.10.4	Población analfabeta por área	14
1.10.5	Población analfabeta por género	14
1.10.6	Población económicamente activa por rama	15
1.11	Salud comunitaria	15
1.12	Actividad agrícola	16
1.13	Actividad de servicios	17
1.14	Actividad económica sector informal	18
1.15	Infraestructura y servicios	18
<b>2.</b>	<b>DISEÑO DE DRENAJES</b>	<b>21</b>
2.1	Estudio topográfico	21
2.1.1	Levantamiento	21
2.1.1.1	Planimetría	21
2.1.1.2	Altimetría	22
2.2	Diseño de red	22
2.2.1	Bases de diseño	22
2.2.2	Diseño del sistema	23
2.2.2.1	Diseño hidráulico	23
2.2.2.1.1	Período de diseño	23
2.2.2.1.2	Población de diseño	23
2.2.2.1.3	Cálculo de caudal sanitario	25
2.2.2.1.3.1	Caudal domiciliar	25
2.2.2.1.3.2	Caudal por conexiones ilícitas	26
2.2.2.1.4	Factor de caudal medio	26

	2.2.2.1.5	Factor de flujo instantáneo	27
	2.2.2.1.6	Caudal de diseño	27
	2.2.2.1.7	Diseño de secciones y pendientes	28
	2.2.2.1.8	Velocidades máximas y mínimas	28
	2.2.2.1.9	Cotas invert	28
	2.2.2.1.10	Diámetro de tubería	30
	2.2.2.1.11	Pozo de visita	30
	2.2.2.1.12	Conexiones domiciliarias	31
	2.2.2.1.13	Profundidad de la tubería	32
	2.2.2.1.14	Principios hidráulicos	33
	2.2.2.1.15	Relaciones hidráulicas	33
	2.2.2.1.16	Ejemplo de tramo	34
2.3		Diseño de red de alcantarillado sanitario	39
2.4		Fosa séptica	43
	2.4.1	Descarga de las aguas servidas	45
2.5		Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario	46
2.6		Cronograma de trabajo físico – financiero, del proyecto	54
2.7		Evaluación de impacto ambiental	55
	2.7.1	En construcción	55
	2.7.2	En operación	56
2.8		Evaluación socio-económica	57
	2.8.1	Valor presente neto	58
	2.8.2	Tasa interna de retorno	60
<b>3.</b>		<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>	<b>63</b>
	3.1	Fuentes de agua disponibles	63
	3.2	Aforo de las fuentes	63
	3.3	Calidad del agua	64
	3.4	Condición de los terrenos. Derechos de paso	64

3.5	Levantamiento topográfico	65
3.5.1	Planimetría	65
3.5.2	Altimetría	66
3.6	Diseño hidráulico	66
3.6.1	Período de diseño	66
3.6.2	Crecimiento de la población	67
3.6.3	Dotación de agua	67
3.6.4	Caudales de diseño	68
3.6.4.1	Caudal medio diario	68
3.6.4.2	Caudal máximo diario	68
3.6.4.3	Caudal máximo horario	70
3.6.4.4	Factor de gasto	71
3.7	Obras de captación	71
3.8	Líneas de conducción	72
3.9	Caja distribuidora de caudales	73
3.10	Tanques de distribución	73
3.10.1	Determinación de volúmenes	74
3.10.2	Desinfección	74
3.11	Líneas de distribución	75
3.12	Diseño de red	76
3.13	Obras de arte	80
3.13.1	Válvulas liberadoras de aire	80
3.13.2	Válvulas de limpieza	80
3.14	Conexiones domiciliarias	81
3.15	Tipo de tubería y recomendaciones	81
3.16	Programa de operación y mantenimiento del sistema	82
3.16.1	Operación y mantenimiento de las captaciones de las fuentes de agua	82



3.16.2	Operación y mantenimiento de las líneas de conducción de agua	83
3.16.3	Operación y mantenimiento de la red de distribución de agua	84
3.17	Propuesta de tarifa para sostenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable	85
3.17.1	Concepto y parámetros para determinar la tarifa	85
3.17.2	Cálculo de tarifa para el sistema de agua potable	88
3.18	Presupuesto del abastecimiento de agua potable	91
3.19	Cronograma de trabajo físico – financiero, del proyecto	101
3.20	Evaluación de impacto ambiental	102
3.20.1	En construcción	102
3.20.2	En operación	102
3.21	Evaluación socio-económica	103
3.21.1	Valor presente neto	103
3.21.2	Tasa interna de retorno	104
<b>4.</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO</b>	<b>107</b>
4.1	Período de diseño	107
4.2	Topografía	107
4.2.1	Planimetría	107
4.2.2	Altimetría	108
4.3	Estudio de suelos	108
4.3.1	Límites de <i>atterberg</i>	108
4.3.2	Análisis granulométrico	110
4.3.3	Ensayo de contenido de humedad	111
4.3.4	Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)	111
4.3.5	Ensayo del valor relativo de soporte	

	del suelo (C.B.R.)	112
4.3.6	Análisis de resultados	113
4.4	Elementos estructurales del pavimento	113
4.4.1	Pavimento	113
4.4.2	Selección de tipo de pavimento rígido y flexible	114
4.4.3	Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido	115
4.4.4	Sub-rasante	116
4.4.5	Base	117
4.4.6	Superficie de rodadura	118
4.4.7	Pendiente transversal	118
4.4.8	Juntas	119
	4.4.8.1 Juntas longitudinales	119
	4.4.8.2 Juntas transversales	119
	4.4.8.3 Juntas de expansión	120
	4.4.8.4 Juntas de construcción	120
4.5	Desarrollo del proyecto	121
4.5.1	Diseño de losa para pavimento rígido	121
4.5.2	Cálculo del espesor del pavimento	122
4.5.3	Tránsito	134
4.5.4	Tipo de junta	134
4.5.5	Hombro/bordillo	134
4.5.6	Módulo de ruptura del concreto	134
4.5.7	Módulo de reacción K de la sub-rasante	135
4.5.8	Diseño de la mezcla del concreto	136
4.6	Presupuesto del pavimento rígido	140
4.7	Cronograma de trabajo físico – financiero, del proyecto	145
4.8	Evaluación de impacto ambiental	146
4.8.1	En construcción	146

4.8.2	En operación	147
4.9	Evaluación socio-económica	148
4.9.1	Valor presente neto	148
4.9.2	Tasa interna de retorno	151
<b>CONCLUSIONES</b>		153
<b>RECOMENDACIONES</b>		155
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		157
<b>APÉNDICE</b>		159



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Macrolocalización La Democracia .....	03
2.	Pozo de visita .....	31
3.	Conexiones domiciliarias.....	32
4.	Diagrama de flujo de efectivo drenaje sanitario.....	59
5.	Diagrama de tasa interna de retorno drenaje sanitario .....	61
6.	Diagrama de flujo de efectivo abastecimiento de agua potable .....	104
7.	Diagrama de tasa interna de retorno abastecimiento de agua potable.....	105
8.	Representación de curva granulométrica.....	111
9.	Elementos estructurales del pavimento.....	114
10.	Tipos de juntas .....	121
11.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte .....	125
12.	Sección típica del pavimento rígido.....	140
13.	Diagrama de flujo de efectivo pavimento rígido.....	150
14.	Diagrama de tasa interna de retorno pavimento rígido .....	152
15.	Resultados de laboratorio de suelos Proctor.....	172
16.	Resultados de laboratorio de suelos CBR.....	173
17.	Resultados de laboratorio de suelos Granulometría .....	174
18.	Resultados de laboratorio de suelos Limites de <i>Atterberg</i> .....	175
19.	Resultados de laboratorio de agua Físico-químico .....	176
20.	Resultados de laboratorio de agua Bacteriológico .....	177
21.	Plano de densidad de vivienda, drenaje La Unión .....	179

22.	Plano de planta topográfica, drenaje La Unión .....	181
23.	Plano de planta conjunto, drenaje La Unión .....	183
24.	Plano de perfil hidráulico, drenaje La Unión.....	185
25.	Plano de detalles de pozos de visita, drenaje La Unión.....	187
26.	Plano de acometida domiciliar, drenaje La Unión .....	189
27.	Plano de fosas sépticas, drenaje La Unión .....	191
28.	Plano de planta topográfica, agua potable La Unión .....	193
29.	Plano de planta conjunto, agua potable La Unión.....	195
30.	Plano de planta de isopresión.....	197
31.	Plano de planta de consumos y diámetros, agua potable La Unión.....	199
33.	Plano de planta perfil, agua potable La Unión .....	201
34.	Plano de planta perfil, cajas de válvulas, detalles, agua potable La Unión.....	203
35.	Plano de planta conjunto, pavimento rígido La Pedrera .....	205
36.	Plano de planta perfil, pavimento rígido La Pedrera .....	207

## **TABLAS**

I.	Comunidades pertenecientes .....	03
II.	Características de acceso de la comunidad a la cabecera municipal.....	07
III.	Distribución por sexo .....	08
IV.	Distribución por edades .....	11
V.	Densidad poblacional .....	14
VI.	Población analfabeta por área.....	14

VII.	Población analfabeta por género .....	14
VIII.	Población económicamente activa por rama .....	15
IX.	Salud comunitaria .....	15
X.	Actividad agrícola.....	16
XI.	Infraestructura y servicios .....	18
XII.	Relaciones hidráulicas para tubería PVC .....	34
XIII.	Diseño de alcantarillado sanitario .....	40
XIV.	Integración de renglones drenaje sanitario .....	46
XV.	Costos unitarios por renglón drenaje sanitario.....	46
XVI.	Cronograma de trabajo físico-financiero, del drenaje .....	54
XVII.	Costos del alcantarillado sanitario .....	59
XVIII.	Periodos de diseño de proyectos.....	66
XIX.	Factores de día máximo .....	69
XX.	Factores de día máximo .....	70
XXI.	Factores horarios máximos.....	71
XXII.	Integración de renglones abastecimiento de agua potable.....	91
XXIII.	Costos unitarios por renglón abastecimiento de agua potable .	92
XXIV.	Cronograma de trabajo físico-financiero, abastecimiento de agua potable .....	101
XXV.	Costos del abastecimiento de agua potable .....	103
XXVI.	Calidad de la sub-rasante .....	117
XXVII.	Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie.....	118
XXVIII.	Categorías de carga por eje.....	126
XXIX.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1 pavimentos con juntas con agregados de trabe (no necesita dovelas).....	127
XXX.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimentos con juntas doveladas.....	128
XXXI.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimentos	

	con juntas con agregados de trabe .....	129
XXXII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 3 pavimentos con juntas doveladas .....	130
XXXIII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 3 pavimentos con juntas con agregado de trabe.....	131
XXXIV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 4 pavimentos con juntas doveladas .....	132
XXXV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 4 pavimentos con juntas con agregado de trabe.....	133
XXXVI.	Tipo de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k.....	136
XXXVII.	Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar .....	138
XXXVIII.	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción .....	138
XXXIX.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	139
XL.	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento.....	139
XLI.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso .....	139
XLII.	Integración de renglones pavimento rígido.....	140
XLIII.	Costos unitarios por renglón pavimento rígido .....	141
XLIV.	Cronograma de trabajo físico-financiero, pavimento rígido .....	145
XLV.	Costos del pavimento rígido .....	149
XLVI.	Levantamiento topográfico La Pedrera.....	160
XLVII.	Levantamiento topográfico La Unión .....	163
XLVIII.	Diseño de red de Distribución, La Unión .....	168
XLIX.	Calculo de presiones, agua potable La Unión .....	171



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>C</b>	Coeficiente de fricción; coeficiente de la capacidad hidráulica de tubería (adimensional).
<b>CMS</b>	Centímetros.
<b>d.</b>	Tirante de agua en la alcantarilla.
<b>D</b>	Diámetro.
<b>DH</b>	Distancia horizontal.
<b>d/D.</b>	Relación de diámetros.
<b>E.P.S.</b>	Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>FDM</b>	Factor de día máximo (adimensional).
<b>F.H.</b>	Factor de <i>Harmond</i> .
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo (adimensional).
<b>FR</b>	Factor de retorno.
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto a los 28 días.

<b>Hf</b>	Pérdida de carga expresada en metros.
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramos sobre metro cuadrado.
<b>Km</b>	Kilómetro.
<b>Lts</b>	Litros.
<b>Lts/seg</b>	Litros por segundo.
<b>Lts/seg/viv</b>	Litros por segundo por vivienda (caudal de vivienda).
<b>Lts/hab/día</b>	Litro por habitante por día (dotación).
<b>m</b>	Metro.
<b>m/seg</b>	Metros por segundo.
<b>M<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos.
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua.
<b>O.P.M.</b>	Oficina de Planificación Municipal.
<b>PCA</b>	Asociación del Cemento Pórtland.
<b>P.S.I.</b>	Libras por pulgada cuadrada (Lb/pul <sup>2</sup> ).
<b>P.U.</b>	Precio unitario en Quetzales.

<b>P.V.</b>	Pozo de vista.
<b>q.</b>	Caudal de diseño.
<b>Q</b>	Caudal.
<b>q/Q.</b>	Relación de caudales.
<b>r</b>	Tasa de crecimiento de la población.
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje.
<b>t</b>	Tiempo (segundos).
<b>v .</b>	Velocidad del flujo a sección parcial.
<b>V.</b>	Velocidad del flujo a sección llena.
<b>v/V.</b>	Relación de velocidades.
<b>*</b>	Indica operación de multiplicación.



## GLOSARIO

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	Siglas de la <i>American Association State Highway and Transportation Officials</i> .
<b>BASE</b>	Están constituidas por una capa de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la sub-base.
<b>BORDILLOS</b>	Son estructuras de concreto simple, que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera y que sirve para el ordenamiento del tránsito y seguridad del usuario.
<b>AFORO</b>	Operación que consiste en medir un caudal de agua. Es la producción de una fuente expresada en L/seg, o g.p.m.
<b>AGUA POTABLE</b>	Es el agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>ALTIMETRÍA</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las elevaciones.
<b>AZIMUT</b>	Es el ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido

de las agujas del reloj.

**BACTERIAS**

Organismos microscópicos sin clorofila, de varias especies y algunas patógenas.

**TANQUE DE  
CAPTACIÓN**

Estructura que permite recolectar las aguas de la fuente abastecedora.

**CARGA ESTÁTICA**

También llamada presión estática. Es la distancia vertical que existe entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento a la caja rompe presión o tanque de distribución; el punto de descarga libre se mide en metros-columna de agua (m.c.a.)

**CARGA DINÁMICA**

También llamada hidráulica o presión dinámica. Es la altura que alcanzaría en agua un tubo piezométrico a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión.

**CASERÍO**

Cantidad de viviendas menor a una aldea, y que por lo general no tiene autoridad para gobernar y juzgar.

**CAUDAL**

Cantidad de agua que corre por una tubería en cada unidad de tiempo.

<b>COMPACTACIÓN</b>	Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
<b>COMUNIDAD</b>	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.
<b>CONEXIÓN DOMICILIAR DE AGUAS NEGRAS</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el frente.
<b>COTA DE TERRENO</b>	Altura de un punto de terreno, referido a un nivel determinado.
<b>COTAS INVERT</b>	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
<b>COTA PIEZOMÉTRICA</b>	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o distribución, es decir, que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocara un manómetro.
<b>DESCARGA</b>	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
<b>DOTACIÓN</b>	Es el volumen de agua consumido por una persona en un día.

<b>NIVELACIÓN</b>	Término general que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos altimétricos, por medio de los cuales, se determinan elevaciones o niveles de puntos determinados.
<b>PLANIMETRÍA</b>	Parte de la topografía que fija posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones.
<b>POZO DE VISITA</b>	Es parte de un sistema de alcantarillado, que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
<b>POLIGONAL</b>	Nombre de cualquier figura plana que consta de más de cuatro lados.
<b>RASANTE</b>	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino
<b>SUB-RASANTE</b>	Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento (sub-base, y carpeta) de una carretera o camino.
<b>UNEPAR</b>	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales



## RESUMEN

Dentro de cada uno de los capítulos encuentra el proceso teórico y técnico de los diseños presentados.

En el capítulo uno se describe la monografía del lugar, sus aspectos físicos, ubicación, geografía, aspectos climáticos, topografía, flora, fauna y tipo de suelo. Asimismo, se describe su actividad económica, tipo de comercio y su productividad.

En el capítulo dos se describe cómo se consideraron los parámetros de diseño para el sistema de drenaje sanitario, normas utilizadas y todos aquellos aspectos que se tomaron en cuenta para el desarrollo del estudio.

En el capítulo tres se estudia el diseño de la red de distribución para introducir agua potable a la colonia La Unión, una parte de la población actual solo posee un servicio de agua entubada, sin conocer las condiciones sanitarias del mismo.

El último capítulo es un diseño de pavimento rígido para un sector de la cabecera municipal conocida como calle La Pedrera. Se hace la descripción de los diferentes pasos que deben realizarse para el diseño, en este caso el método utilizado fue PCA (*Pórtland Cement Association*).

También se incluyen la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos y su respectiva evaluación ambiental tanto en construcción como en operación.

Además contiene la evaluación socioeconómica de los proyectos, el cual presenta el cálculo del valor presente neto y la tasa interna de retorno de dicho proyecto.

# OBJETIVOS

## GENERAL

Diseñar la red de alcantarillado sanitario de la colonia La Unión, así como el diseño de la introducción de agua potable a la misma colonia. Se diseñara la calle La Pedrera de pavimento rígido, con este proyecto se beneficiara al casco urbano.

## ESPECÍFICOS

1. Recavar información tipo monográfica del municipio de La Democracia, para la realización de pronósticos socioeconómicos, étnicos y sociales.
2. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la colonia La Unión.
3. Mejorar la salud y garantizar un mejor desarrollo social y un cambio de actitud en la comunidad a beneficiar.
4. Evitar el malestar en época de lluvia, debido a la acumulación de agua de pluvial en la tanto en la calle como en la avenida La Pedrera.
5. Proporcionar un diseño de pavimento rígido según las especificaciones y normas, como: AASHTO, ACI.

6. Mejorar el acceso de los habitantes al casco urbano, y darle fluidez al sector mejorando la calle como la avenida La Pedrera.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es un resumen del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en el municipio de La Democracia, Escuintla, donde se aportan los conocimientos técnicos y científicos adquiridos, para encontrar la mejor solución a los problemas de infraestructura que allí se presentaron.

El municipio de La Democracia se encuentra actualmente en una fase de crecimiento demográfico y económico, por lo que es necesaria la construcción de proyectos que beneficien a la población del municipio y sus comunidades en aspectos como: salud, educación, vivienda, infraestructura, etc.

Las comunidades del municipio han solicitado diversos proyectos, pero se evaluó la solicitud de la colonia La Unión y de los vecinos que viven en el contorno de la calle La Pedrera que desde hace mucho tiempo necesitan la construcción del alcantarillado sanitario así como la introducción de agua potable para esa misma comunidad y un pavimento rígido respectivamente, debido a que en época de invierno las calles se encuentran en mal estado, por lo tanto, se vuelve intransitable el paso vehicular por dicha calle.

El fin tener la infraestructura de un drenaje sanitario, con el cual, se pretende eliminar con la mala disposición de las aguas residuales, ya que estas escurren superficialmente, son productoras de enfermedades, causan mal aspecto y producen olores desagradables.

Introducir un sistema de abastecimiento de agua potable, cuyo proyecto en su fase técnica se realizara conjuntamente por: E.P.S. de la facultad de ingeniería, con apoyo de la O.M.P. de la municipalidad de La Democracia.

Y el proyecto del diseño del pavimento rígido; con su ejecución se pretende mejorar las condiciones de infraestructura vial a los habitantes, aplicando métodos y conceptos técnicos de la ingeniería civil.

# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE LA DEMOCRACIA**

## **1.1 Antecedentes históricos**

Originalmente el poblado era conocido como Don García, dado que en el año 1,708 un grupo de ladinos se asentó en la propiedad del funcionario don García de Aguilar y de la Cueva, lo que dio origen al municipio y al nombre, hasta que por acuerdo del 22 de agosto de 1,903 se cambió por el de La Democracia, Escuintla.

El doctor Rafael Girard, realizó un análisis acerca del pueblo de La Democracia y lo concluye así: “El pueblo de La Democracia, departamento de Escuintla, está emplazado en las tierras extraordinariamente fértiles, de belleza tropical sin par, donde se incubó la civilización Maya”. En la región Maya del pacífico surgieron, en efecto, las primeras manifestaciones de una escultura monumental en el continente Americano, culminación de un largo proceso revolucionario.

El proceso histórico del municipio de La Democracia, del departamento de Escuintla, se caracteriza por acontecimientos socioculturales, económicos y políticos que han trascendido a nivel nacional. Entre las especialidades de este desarrollo se enfatizan los rasgos arqueológicos y las rupturas que produjeron la invasión, conquista y colonización española de 1,524.

El pueblo Olmeca dejó huella de su formación sociocultural en la región que hoy conocemos como el municipio de La Democracia, departamento de

Escuintla. El área es rica en montículos que dan testimonio de sus antiguos pobladores.

## **1.2 Aspectos territoriales**

### **1.2.1 Delimitación geográfica**

Se encuentra en el departamento de Escuintla, al sur de la capital. Actualmente cuenta con 18,363 habitantes; en su jurisdicción se encuentran 5 montañas, 8 ríos, 5 riachuelos, 16 zanjones y 7 quebradas.

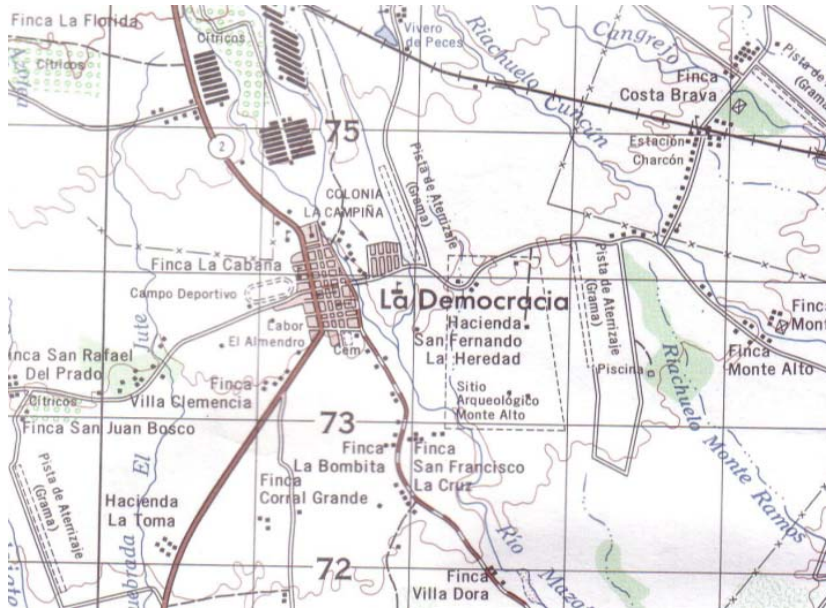
El idioma predominante en esta región es el Español, también en poca escala se oyen otros idiomas (Cackchiquel, Quiché, Mam y otros), o sea que no hay un idioma indígena predominante.

Celebra su feria titular del 29 de diciembre al 3 de enero, siendo el día de 1 de enero el día principal. Esta fiesta es en honor a su Santo Patrono San Benito de Palermo. Tiene un alto porcentaje de sus habitantes que se dedican a las actividades agropecuarias entre las que destacan el maíz, caña de azúcar, frutas de zonas calida, te de limón, como también la crianza de ganado.



## 1.2.2 Macrolocalización

Figura 1. Macrolocalización La Democracia



## 1.2.3 Ubicación

Está ubicada sobre la carretera DR-2 que conduce a La Gomera. Se ubica a 34.5 Kilómetros de la cabecera departamental y a 90 Kilómetros de la ciudad capital.

## 1.2.4 Comunidades pertenecientes

Estas son las comunidades, aldeas, colonias, caserios, fincas y otras categorías que integran el municipio de La Democracia, Escuintla.

Tabla I. Comunidades pertenecientes

Departamento, municipio Y lugar poblado	Categoría
La Democracia	Pueblo

Continúa

El Pilar	Aldea
Las Delicias	Aldea
El Arenal	Caserío
El Milagro	Caserío
Tierra Nueva	Caserío
La Toma	Caserío
Colonia Campiña	Colonia
El ampo	Colonia
San Martín	Colonia
La Montaña	Colonia
Amaite	Finca
Bugambilia	Finca
Cun-cun	Finca
Campo Mayor	Finca
Costa Brava	Finca
La Felicidad o La Alegría	Finca
Cun-cun	Finca
El Pilar	Finca
Colonia San Benito	Finca
La Florida	Finca
Josefita	Finca
La Isla	Finca
Finca La Recompensa	Finca
La Flor	Finca
Las Margaritas	Finca
Los Luceros	Finca
Melrose	Finca
Corral Grande	Finca
Monte Alto	Finca
Polonia	Finca
San Antonio Las Flores	Finca

Continúa

San Víctor	Finca
Santa Matilde	Finca
Santa Isabel	Finca
San Patricio Los Amates	Finca
Santa Fe	Finca
San Jorge Los Magueyes	Finca
Génova	Finca
Villa Delfina	Finca
San José Las Flores	Finca
El Congo	Finca
La Cabaña	Finca
Las Flores	Finca
La Quijada	Finca
Las Ilusiones	Finca
La Corona	Finca
Santa Bárbara	Finca
Santa Cristina	Finca
Santa Rita Los Amates	Finca
Santa Mónica	Finca
Santa Marta	Finca
San Francisco Milpas Altas 2	Finca
Monte De Oro	Finca
Colonia El Esfuerzo	Finca
Colonia La Unión	Finca
El Ojo De Agua	Finca
La Flor	Otra
Santo Tomas	Otra
Población dispersa	Otra

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa.**

### **1.3 Extensión**

Tiene una extensión territorial de aproximadamente 320 kilómetros cuadrados. Y la población actual es de 18,363 habitantes, entonces se tiene una densidad de población de aproximadamente 58 hab /Km<sup>2</sup>.

### **1.4 Altura**

Tiene una altura de 165 metros sobre el nivel del mar. Según información de la red geodesica de nivelación de Guatemala, mediante los bancos de marca que son referidos al nivel medio del mar del puerto de San José establecido en 1949 y 1950.

### **1.5 Clima**

Goza de un clima calido durante todo el año, característico de las regiones tropicales de la zona tórrida central. Y cuenta con las 2 estaciones del año bien marcadas como en casi todo el territorio de la región sur del país.

### **1.6 Límites**

Colinda al norte con Siquinalá; al este con Escuintla, Masagua y San José; al sur con San José y La Gomera; al oeste con La Gomera y Santa Lucía Cotzumalguapa (todos del departamento de Escuintla).

### **1.7 Condiciones agrológicas**

Cuenta con otras condiciones en cuanto a la agricultura;

- Temperatura media anual es de aproximadamente 35 grados centígrados.
- No existen bosques naturales, únicamente existen 4 bosques forestados en total.
- Flora y fauna: árboles, arbustos (especies variadas), mamíferos menores, reptiles pequeños, aves locales y migratorias.

## 1.8 Relieve

Tiene una extensión territorial relativamente plana, cuenta únicamente con 5 montañas, las cuales no tienen una altura considerable, también posee 16 zanjones en los cuales ya se han asentando habitantes alrededor de ellos.

## 1.9 Características de acceso de la comunidad a la cabecera municipal

**Tabla II. Características de acceso de la comunidad a la cabecera municipal**

No.	Comunidad	Dist. en km.	Tiempo	Camino de acceso	Transporte público	Tipo de vehículo
01	Cabecera municipal	----	----	Asfalto	Extra urbano	Bus colectivo
02	El Pilar	14	45 min.	Terraseria	Extra urbano	Bus colectivo
03	Las Delicias	12	30 min.	Terraseria	Taxi o tuc- tuc	Carro colectivo
04	El Arenal	07	15 min.	Asfalto	Extra urbano	Bus colectivo
05	El Milagro	09	10 min.	Terraseria	Extra urbano	Bus colectivo
06	Tierra Nueva	06	08 min.	Asfalto	Extra urbano	Bus colectivo
07	San Benito La Campiña	01	05 min.	Asfalto	Taxi o tuc-tuc	Carro colectivo
08	El Campo	01	05 min.	Asfalto	Taxi	Carro

Continúa

09	Cun-cun	13	30 min.	Terrasería	Extra urbano	Bus colectivo
10	Parcelamiento El Pilar	14	45 min.	Terrasería	Extra urbano	Bus colectivo
11	San Víctor	08	15 min.	Terrasería	Fletero o taxi	Carro colectivo
12	San Benito	01	05 min.	Asfalto	Taxi o tuc-tuc	Carro colectivo
13	Las Flores	05	08 min.	Terrasería	Fletero o taxi	Carro colectivo
14	Velasquito	07	08 min.	Terrasería	Fleteros o taxi	Carro colectivo
15	La Unión	03	05 min.	Asfalto	Taxi o tuc-tuc	Carro colectivo

Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa.

## 1.10 Población

### 1.10.1 Distribución por sexo

Tabla III. Distribución por sexo

Departamento, municipio y lugar poblado	Sexo	
	Hombres	Mujeres
<b>La Democracia</b>	<b>9,317</b>	<b>9,046</b>
La Democracia	1,404	1,548
El Pilar	485	492
Las Delicias	141	149
El Arenal	979	933
El Milagro	919	740
Tierra Nueva	757	757
La Toma	18	13
Colonia Campiña	539	583
El Campo	230	210
San Martín	25	18
La Montaña	15	16
Amaite	7	7
Bugambilia	71	61
Cun-cun	334	355
Campo Mayor	8	7
Costa Brava	248	198

Continúa

La Felicidad o La Alegría	18	17
Cun-cun	2	6
El Pilar	1,41	1,366
Colonia San Benito	240	236
La Florida	9	9
Josefita	55	67
La Isla	45	39
Finca La Recompensa	19	16
La Flor	18	16
Las Margaritas	30	23
Los Luceros	26	26
Melrose	62	61
Corral Grande	43	20
Monte Alto	16	10
Polonia	46	35
San Antonio Las Flores	27	29
San Víctor	209	161
San Juan Bosco	10	15
Santa Matilde	18	13
Santa Isabel	9	11
San Patricio Los Amates	19	16
Santa Fe	14	18
San Jorge Los Magueyes	22	24
Genova	25	25
Villa Delfina	6	5
San José Las Flores	16	25
El Congo	20	21
La Cabaña	30	18
Las Flores	61	56
La Quijada	19	16
Las Ilusiones	18	17
La Corona 1	10	8
Santa Bárbara	11	7
Santa Cristina	12	7
Santa Rita Los Amates	10	5
Santa Mónica	1	1
Santa Marta	12	16
San Francisco Milpas Altas 2	14	24
Monte De Oro	8	9
Colonia El Esfuerzo	61	68
Colonia La Unión	123	120

Continúa

El Ojo De Agua	8	11
La Flor	17	16
Santo Tomas	4	4
Población dispersa	284	246

**Fuente: Dirección de área de salud, Escuintla, departamento de estadística.**



## 1.10.2 Distribución por edades

Tabla IV. Distribución por edades

Departamento, municipio y lugar poblado	Grupos de edad ( en años cumplidos )														
	DE 0 A 4	DE 5. A 9	DE 10. A 14	DE 15. A 19	DE 20. A 24	DE 25. A 29	DE 30. A 34	DE 35. A 39	DE 40. A 44	DE 45. A 49	DE 50. A 54	DE 55. A 59	DE 60. A 64	DE 65. A 69	DE 70. A 74
La Democracia	2,668	2,687	2,274	1,975	1,691	1,313	1,064	947	886	694	631	417	365	851	851
La Democracia	306	367	350	335	287	209	165	175	153	137	121	91	59	197	197
El pilar	129	149	124	107	86	64	43	55	42	45	34	26	20	53	53
Las delicias	51	47	37	19	28	20	16	19	10	14	5	7	6	11	11
El arenal	247	286	241	210	178	131	116	94	94	65	76	38	55	81	81
El milagro	291	265	167	185	161	121	128	87	92	66	32	20	19	35	35
Tierra nueva	262	240	197	161	115	99	89	76	63	50	40	32	18	72	72
La toma	1	3	4	4	5	2	4	2	1	-	1	1	2	1	1
Colonia campiña	119	143	127	111	121	113	66	54	55	50	51	25	24	63	63
El campo	52	51	57	41	42	26	24	26	29	16	21	9	16	30	30
San Martín	5	7	5	7	4	1	3	2	2	-	4	1	1	1	1
La montaña	7	7	1	-	1	2	8	5	-	-	-	-	-	-	-
Amalte	3	1	1	1	2	2	-	1	1	-	-	-	1	1	1
Bugambilia	12	23	15	14	14	12	9	3	9	2	6	6	6	1	1
Cun-cun	105	96	81	86	48	47	53	29	28	21	18	17	15	45	45
Campo mayor	2	2	1	1	1	2	1	-	1	1	2	-	-	1	1
Costa brava	64	50	53	39	49	38	17	21	19	21	19	10	15	31	31
La felicidad	9	8	2	2	4	2	2	3	1	2	-	-	-	-	-
Cun-cun	1	2	1	-	-	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-
El pilar	417	444	359	289	247	216	167	137	117	78	84	62	54	105	105
Colonia san Benito	50	70	71	55	38	31	21	22	28	22	24	13	5	26	26
La florida	2	4	1	-	1	-	3	1	1	-	1	-	1	3	3
Josefita	18	19	15	16	13	9	5	8	7	1	1	3	4	3	3
La isla	14	21	11	7	7	3	5	2	4	3	2	-	2	3	3

Tabla IV. Distribución por edades

Continúa

Finca la recompensa	4	8	3	2	3	3	3	1	1	1	1	1	2	-	3
La flor	4	8	4	7	2	3	-	1	2	1	-	-	-	-	2
Las margaritas	6	6	10	9	2	4	4	1	4	2	3	1	1	-	-
Los luceros	12	10	7	5	4	1	5	5	1	1	-	-	-	1	-
Melrose	10	15	23	21	8	7	4	8	8	8	4	4	-	-	3
Corral grande	4	5	9	4	3	1	5	3	4	7	7	6	3	2	2
Monte alto	5	2	5	3	3	1	-	-	4	-	1	2	-	-	-
Polonia	7	17	13	7	6	10	3	2	3	2	9	-	2	-	-
San Antonio	8	12	8	2	5	3	3	1	3	4	4	2	1	-	-
San Víctor	69	55	48	54	33	22	16	19	24	10	9	4	1	6	-
San Juan bosco	2	4	1	5	1	4	-	-	-	1	1	4	1	1	1
Santa Matilde	4	3	5	7	2	2	1	1	2	1	1	1	1	-	-
Santa Isabel	2	2	2	4	4	1	-	-	-	2	1	1	1	-	1
San Patricio	8	2	-	8	13	2	-	-	-	-	1	1	-	-	-
Santa fe	5	9	-	3	5	2	1	-	3	2	1	-	-	-	1
San Jorge	9	8	11	4	2	2	1	1	2	1	2	1	1	-	2
Genova	11	11	2	4	5	5	3	-	2	3	1	2	1	-	-
Villa del fina	5	2	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
San José las flores	7	7	4	2	5	4	2	2	1	1	3	-	-	-	3
El congo	7	9	5	2	4	1	3	2	2	1	-	3	1	1	1
La cabaña	5	6	8	9	6	2	-	2	2	-	2	-	3	4	-
Las flores	21	13	22	13	9	5	3	8	8	5	1	2	1	6	-
La quijada	7	5	3	2	5	-	4	-	1	1	2	2	-	-	3
Las ilusiones	5	2	6	2	5	2	2	4	-	3	-	1	1	2	-
La corona 1	3	2	2	4	-	1	-	-	1	-	2	-	1	2	-
Santa Bárbara	4	1	2	2	2	1	-	-	1	3	1	1	-	-	-
Santa cristina	4	5	-	1	1	-	2	1	-	-	2	1	-	2	-
Santa Rita los amates	3	2	-	2	4	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-

Tabla IV. Distribución por edades

Continúa

Santa Mónica	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Santa Marta	5	5	6	2	-	-	2	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
San Francisco	4	6	6	4	2	4	2	4	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	5
Monte de oro	2	4	4	2	2	1	2	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Colonia el esfuerzo	22	14	21	10	7	12	7	8	8	8	7	10	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Colonia la unión	36	32	31	18	29	26	11	14	14	11	11	10	6	4	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9
El ojo de agua	3	2	5	1	2	-	2	1	1	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La flor	6	6	4	1	6	2	1	6	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santo Tomas	2	1	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Población dispersa	80	81	73	58	46	29	27	32	20	23	18	8	12	8	23	12	8	12	8	23	18	8	12	23

Fuente: Dirección de área de salud, Escuintla, departamento de estadística.

### 1.10.3 Densidad poblacional

**Tabla V. Densidad poblacional**

Área del municipio 320 Km <sup>2</sup>					Densidad poblacional
Rural		Urbana		Total	18363hab/320km <sup>2</sup> 58 hab./ Km <sup>2</sup>
Cantidad	%	Cantidad	%	18,363 hab.	
13350	72.70	5013	27.30	100%	

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa.**

### 1.10.4 Población analfabeta por área

**Tabla VI. Población analfabeta por área**

Urbana		Rural		Total
Cantidad	%	Cantidad	%	
1325	39.64	2018	60.36	3,343 analfabetas

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa**

### 1.10.5 Población analfabeta por género

**Tabla VII. Población analfabeta por género**

Urbana				Rural			
Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
847	63.92	478	36.08	1322	65.51	696	34.49

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa**

### 1.10.6 Población económicamente activa por rama

**Tabla VIII. Población económicamente activa por rama**

Población ocupada			Población desocupada
Agropecuaria	Industria	Servicios	Desempleo
37.54 %	41.38 %	12.67 %	8.5 %

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa**

**Nota:** cabe mencionar que el índice de desempleo disminuye durante la época de corte de caña o sea durante el periodo de zafra. En la rama de servicios del 12.67%, el 3.8% es del servicio a turistas, ya que el municipio cuenta con un sitio arqueológico de la cultura Olmeca, el cual es visitado por muchos extranjeros.

### 1.11 Salud comunitaria

**Tabla IX. Salud comunitaria**

No.	Comunidad	Enfermedades mas frecuentes	Servicios de salud	Tipos de letrina	Drenaje	Eliminación de basura
01	Cabecera	Amigdalitis, parasitismo	Promotor/salud medico y otros	Inodoro	Subterráneo entubado	Reciclandola quemandola
02	Aldea el pilar	Amigdalitis, anemia parasitismo	Promotor de salud	Pozo ciego		Quemandola
03	Aldea las delicias	Bronquitis Parásitos Anemia	Promotor de salud	Pozo ciego		Quemandola
04	Aldea el arenal		Promotor de salud	Inodoro	A flor de tierra	Quemandola y enterrada
05	Caserío el Milagro	Parasitismo Bronquitis	Promotor de salud	Pozo ciego	A flor de tierra	Quemandola y enterrada

Continúa

06	Col. San Benito la campiña		Promotor/salud medico y otros	Inodoro	Subterráneo Entubado	Camión recolector
07	Colonia el Campo		Promotor/salud Medico y otros	Inodoro	Subterráneo Entubado	Camión recolector
08	Parc. Cun Cun		Promotor de salud	Pozo ciego		Quemándola y enterrada
09	Caserío Tierra Nueva		Promotor de salud	Pozo ciego	A flor de tierra	Quemándola y enterrada
10	Parc. el Pilar		Promotor de salud	Pozo ciego		Quemándola y enterrada
11	Colonia San Benito		Promotor/salud Medico y otros	Inodoro	Subterráneo Entubado	Recicládola Quemándola
12	Finca San Víctor		Promotor de salud	Pozo ciego		Quemándola y enterrada
13	Lot. las Flores		Promotor de salud	Inodoro	Subterráneo Entubado	Camión recolector
14	Col. La Unión					
15	Parc. Velazquitos					

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa**

## 1.12 Actividad agrícola

**Tabla X. Actividad agrícola**

No.	Comunidad	Tipo de cultivo	Labores del cultivo	Fechas de labores	Tenencia de tierra	Destino de producción
01	Cabecera	Maíz	Siembra y fertilización	Mayo Agosto	Propia y/o arrendada	Consumo
02	Aldea el Pilar	Maíz	Siembra y fertilización	Mayo Agosto	Propia y/o arrendada	Venta y consumo
03	Aldea las delicias	Maíz	Siembra y fertilización	Mayo Agosto	Arrendada	Venta y consumo
04	Aldea el arenal	Maíz	Siembra	Mayo	Arrendada	Venta

Continúa

05	Caserío el milagro					
06	Col. San Benito la campiña					
07	Colonia el Campo					
08	Parc. Cun Cun	Tomate, papaya	Siembra y fertilización	Mayo Agosto	Propia y/o Arrendada	Venta Y Consumo
09	Caserío Tierra Nueva	Maíz, frijol	Siembra y fertilización	Mayo Agosto	Finca particular	Venta Y Consumo
10	Parc. el Pilar	Tomate, papaya		Mayo Agosto	Propia y/o Arrendada	Venta Y Consumo
11	Colonia San Benito					
12	Finca San Víctor	Maíz, tomate	Siembra y fertilización	Mayo Agosto	Finca particular	Venta Y Consumo
13	Lot. las Flores					
14	Col. La Unión					
15	Parc. Velazquitos	Tomate, papaya		Mayo Agosto	Propia y/o Arrendada	Venta Y Consumo

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa**

### 1.13 Actividad de servicios

Dentro de la comunidad existen también, personas que se dedican al comercio, ya que en la cabecera municipal existen:

- Librerías
- Farmacias
- Tiendas
- Depósitos
- Restaurantes

- Ferreterías
- Heladerías
- Boutiques de dama y caballero

Existe dentro del municipio una empresa de transporte SERCA S.A. la cual se encarga de almacenar y transportar diversos productos que los clientes de ésta le requieran, poniendo a disposición una flotilla de traileres, ésta también proporciona empleo a muchas personas en diferentes áreas y/o departamentos, de las cuales cada una puede devengar un salario que oscila entre los Q 1,5000 a Q2,500.

#### **1.14 Actividad económica sector informal**

Aquí se mencionan a los que no cuentan con un local para poder desarrollar sus negocios como los vendedores ambulantes, este sector es un grupo de persona de aproximadamente de 250 a 300 personas que se desarrollan en esta actividad. Entre las cuales están:

- Venta de chéveres
- Venta de antojitos
- Venta de chicles

#### **1.15 Infraestructura y servicios**

**Tabla XI. Infraestructura y servicios**

No.	Comunidad	Energía eléctrica	Servicio de agua	Tipo de vivienda	Sistema de riego	Medio de comunicación
01	Cabecera	Si	Potable entubada	Block	No	Radio local comunitaria



Continúa

02	Aldea el pilar	Si	Entubada y pozo	Block	Si	--
03	Aldea las delicias	Si	Pozo	Block	Si	--
04	Aldea el arenal	Si	Entubada y pozo	Block	Si	--
05	Caserío el milagro	Si	Entubada y pozo	Block	No	--
06	Col. San Benito la campiña	Si	Potable, pozo y entubada	Block	No	--
07	Colonia el campo	Si	Pozo	Block	No	--
08	Parc. cun cun	Si	Pozo	Block	Si	--
09	Caserío tierra nueva	Si	Pozo	Block	No	--
10	Parc. el pilar	Si	Entubada y pozo	Block y madera	Si	--
11	Colonia San Benito	Si	Entubada y pozo	Madera y block	Si	--
12	Finca San Víctor	Si	Entubada y pozo	Block	Si	--
13	Lot. las flores	Si	Entubada y pozo	Block	No	--
14	Col. la unión	Si	Entubada y pozo	Block	No	--

**Fuente: estudio de la comunidad de La Democracia, Conalfa**



## **2. DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **2.3 Estudio topográfico**

#### **2.1.1 Levantamiento**

La calle principal de la colonia La Unión, presenta una ligera pendiente y un área plana respectivamente, en algunos casos el nivel de las viviendas se encuentra por debajo de la rasante de la calle, razón por lo cual se tomó la importancia respectiva para el diseño del alcantarillado sanitario.

##### **2.1.1.1 Planimetría**

Tiene por objeto determinar la longitud del proyecto que se va a realizar, localizar accidentes geográficos y todas aquellas características tanto naturales como artificiales que puedan influir en el diseño del sistema, por ejemplo: calles, edificaciones, áreas de desarrollo futuro, carreteras, zanjones, ríos, cerros, etc.

El método empleado para el levantamiento topográfico fue el de conservación de azimut, debido a la facilidad que presenta este método ya que los senos y cósenos de los ángulos azimutales dan los signos de tales proyecciones, para la orientación en cada línea de la poligonal se utilizó el sistema de vuelta de campana.

Los resultados se presentan en los planos topográficos incluidos en el apéndice. El equipo utilizado fue un teodolito marca *Shokkisha* TM20H, trípode, brújula, estadal, martillo y clavos.

### 2.1.1.2 Altimetría

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de nivelación taquimétrica, utilizando para el efecto el mismo equipo de planimetría.

## 2.4 Diseño de red

### 2.2.1 Bases de diseño

Para el sistema de alcantarillado sanitario de la colonia La Unión, se tomaron como base los siguientes parámetros:

Período de diseño

22 años, tomando en cuenta un año para gestiones y otro para la ejecución del proyecto.

Población actual

289 habitantes.

Densidad de vivienda

6 hab. /vivienda.

Tipo de tubería

PVC para alcantarillado sanitario, norma ASTM 3034-00.

Relación de velocidades

$0.40 \leq v \leq 4$  m/seg. Según especificaciones técnicas de diseño de tubosistemas AMANCO para alcantarillado sanitario.

Diámetro mínimo

6 pulgadas.

Dotación de agua

Se adoptó una dotación de 125 Lts./hab./día.

Factor de retorno

Se consideró un factor de retorno de 0.80.

## **2.2.2. Diseño del sistema**

### **2.2.2.1 Diseño hidráulico**

#### **2.2.2.1.1 Período de diseño**

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, luego de este período es necesario rediseñar el sistema. Para determinar dicho período es necesario tomar en cuenta factores tales, como: población beneficiada, crecimiento poblacional, calidad de materiales a utilizar, futuras ampliaciones de las obras planeadas y mantenimiento del sistema.

Instituciones como INFOM recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 20 años. Para el presente estudio, el período de diseño adoptado es de 22 años.

Para este período es necesario incluir un tiempo adicional de 2 años debido a gestiones que conlleve el proyecto para su respectiva autorización y desembolso económico.

#### **2.2.2.1.2 Población de diseño**

Para la estimación de la población futura se usó el método geométrico, tomando como base los datos siguientes:

Población actual

289 habitantes.

Tasa de crecimiento poblacional

3.45 %.

Si se conoce la tasa de crecimiento poblacional, se puede establecer la población de la colonia en el futuro, en este caso, considerando un período de diseño de 22 años.

$$P_F = P_O \times (1+r)^n$$

Donde:

$P_F$  = Población al final del período de diseño (habitantes).

$P_O$  = Población en el año inicial del período de diseño (habitantes).

$r$  = Tasa de crecimiento anual en (%).

$n$  = Período de diseño (años).

$$P_F = 289 * (1+0.0345)^{22}$$

$$P_F = 610 \text{ habitantes}$$

El sistema de alcantarillado sanitario debe adecuarse a un funcionamiento eficiente durante un período determinado. En este caso particular, se tomó 22 años para hacer el diseño, el cual da la población futura máxima, teniendo 44 casas existentes en la colonia La Unión. La densidad poblacional máxima es de 14 personas por casa.

En conclusión: la población futura máxima de diseño será de 610 personas para la colonia La Unión, además se debe de tomar en cuenta en el

diseño a la colonia El Esfuerzo, por lo cual se dejará prevista la ampliación del sistema en el pozo de visita 2, como se indican en los planos.

### **2.2.2.1.3 Cálculo de caudal sanitario**

Está integrado por el caudal domiciliar (Q<sub>DOM</sub>), comercial (Q<sub>COM</sub>), industrial (Q<sub>IND</sub>), de infiltraciones (Q<sub>INF</sub>) y conexiones ilícitas (Q<sub>CI</sub>):

$$Q_{\text{SANITARIO}} = Q_{\text{DOM}} + Q_{\text{COM}} + Q_{\text{IND}} + Q_{\text{INF}} + Q_{\text{CI}}$$

El caudal industrial no se toma en cuenta en este caso en particular, ya que en la colonia La Unión, no existe ningún tipo de industria; así tampoco el caudal de comercios, ya no se cuenta con comercios grandes o representativos, mientras que el caudal de infiltración se desprecia, ya que la tubería a utilizar en el proyecto es de PVC norma ASTM 3034-00, sin permitir el ingreso de agua del subsuelo.

#### **2.2.2.1.3.1 Caudal domiciliar**

Es el agua evacuada de las viviendas una vez utilizada por los humanos. El caudal domiciliar en este proyecto queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{\text{DOM}} = \frac{\# \text{Hab.} * \text{Dot.} * \text{F.R.}}{86,400}$$

$$Q_{\text{DOM}} = \frac{289 \text{ Hab} * 125 \text{ lts/hab/dia} * 0.8}{86,400 \text{ seg/dia}}$$

$$Q_{\text{DOM}} = 0.3345 \text{ lts/seg}$$

### 2.2.2.1.3.2 Caudal por conexiones ilícitas

Para las conexiones ilícitas existen varios métodos de los cuales se puede mencionar; el criterio de UNEPAR-INFOM, que se define a continuación:

Según el INFOM, se puede estimar el valor de este caudal tomando un 10 por ciento del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas donde no existe alcantarillado pluvial, como en este caso, se puede usar un valor mayor, si se adopta otro criterio de la misma institución; el cual indica que se puede tomar una dotación de 150 lts/hab/día.

$$Q_{Cl} = \frac{\#hab. * Dot. * F.R.}{86,400}$$

$$Q_{Cl} = \frac{289 Hab * 150 lts/hab/dia * 0.8}{86,400 seg/dia}$$

$$Q_{Cl} = 0.4014 lts/seg$$

Entonces el caudal sanitario es:

$$Q_{SANITARIO} = 0.3345 lts/seg + 0 + 0 + 0.4014 lts/seg + 0$$

$$Q_{SANITARIO} = 0.7359 lts/seg.$$

### 2.2.2.1.4 Factor de caudal medio

Este regula la aportación de caudal en la tubería. Se considera que es el caudal con que contribuye un habitante debido a sus actividades, sumando los caudales domésticos, de infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e



industrial. Este factor debe permanecer entre el rango de 0.002 a 0.005, el factor de caudal medio se calcula según la formula:

$$FQM = \frac{Q_{\text{SANITARIO}}}{\# \text{ Habitantes}}$$

$$FQM = \frac{0.7359 \text{ lts/seg}}{289 \text{ Habitantes}}$$

$$FQM = 0.0025$$

El resultado se encuentra dentro del rango permitido  $0.002 \geq FQM \leq 0.005$  por lo que se adoptará dicho valor.

#### 2.2.2.1.5 Factor de flujo instantáneo (FH)

Este factor está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia. Se encuentra utilizando la formula de *Hardmond*.

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

Donde: P = es el número de habitantes a servir expresado en miles.

#### 2.2.2.1.6 Caudal de diseño

Es el caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema sanitario y será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de *Hardmond* y el número de habitantes a servir.

$$Q_{di. \text{ Actual}} = FQM * FH \text{ actual} * \text{Núm. de hab. actual.}$$

$$Q_{di. \text{ Futuro}} = FQM * FH \text{ futuro} * \text{Núm. de hab. futuro.}$$

#### **2.2.2.1.7 Diseño de secciones y pendientes**

En general, se usarán en el diseño secciones circulares de PVC, funcionando como canales abiertos. El cálculo del caudal, la velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la formula de *Manning*, transformada al sistema métrico para secciones circulares.

#### **2.2.2.1.8 Velocidades máximas y mínimas**

Se debe diseñar de modo que la velocidad mínima del flujo para la tubería PVC, trabajando a cualquier sección deberá ser de 0.4 m/seg. La velocidad máxima será de 4 m/seg. ya que velocidades mayores causan efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, piedra, etc.) producen un efecto abrasivo a la tubería.

#### **2.2.2.1.9 Cotas invert**

Es la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería, la cual para tubería de PVC es de 1 metro de profundidad.

Se debe tomar en cuenta para el cálculo de cotas invert, que la cota invert de salida de un pozo se coloca:

- I. Cuando llega una tubería y sale otra del mismo diámetro; la cota invert de salida es por lo menos tres centímetros debajo de la cota invert de entrada.

- II. Cuando a un pozo entra una tubería y sale otra de diferente diámetro; la cota invert de salida, debe estar como mínimo, la diferencia de diámetros por debajo de la cota invert de entrada.
  
- III. Cuando a un pozo entran más de una tubería y sale una tubería y todas tienen el mismo diámetro; la cota invert de salida debe de estar a tres centímetros por debajo de la cota invert de entrada mas baja.
  
- IV. Cuando a un pozo llegan dos o mas tuberías y sale una, y son de distinto diámetro; la cota invert de salida puede ser:
  - IV.1 Mínimo tres centímetros con respecto a la tubería que son del mismo diámetro
  
  - IV.2 La diferencia de los diámetros, para las tuberías de diferente diámetro.
  
- V. Cuando a un pozo llega más de una tubería y salen también más de una tubería; la cota invert de salida puede ser:
  - V.1 Solo una tubería que sale es de seguimiento o de continuidad del flujo, las demás son ramales iniciales.
  
  - V.2 La cota invert de salida de las tuberías iniciales debe ser como mínimo  $H_{min}$ ; que depende del transito que va a pasar sobre el proyecto y del diámetro de la tubería.
  
  - V.3 La cota invert de salida del ramal de seguimiento se calculara según las especificaciones anteriores.

#### **2.2.2.1.10 Diámetro de tubería**

El diámetro de tubería que ha de usarse para el diseño de alcantarillados sanitarios, utilizando tubería de PVC norma ASTM 3034-00, será el diámetro mínimo, que es de 6 pulgadas y se irán incrementando de acuerdo al aumento de recaudación de aguas servidas del sistema, si fuese necesario. Se utilizan estos diámetros debido a requerimientos de limpieza, flujo y para evitar obstrucciones.

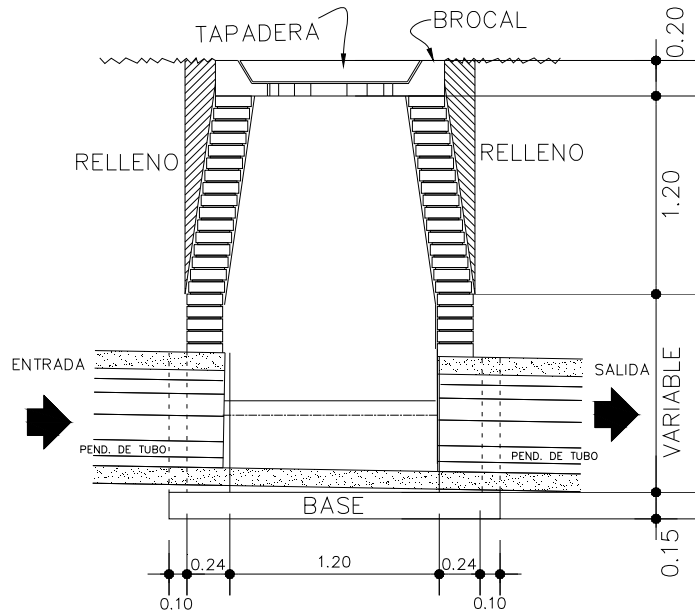
#### **2.2.2.1.11 Pozo de visita**

Es una de las partes principales del sistema de alcantarillado, se construyen con el fin de proporcionar acceso al sistema para realizar trabajos de limpieza e inspección. Se construyen de mampostería o de concreto.

Según normas para la construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

1. En el inicio de un ramal.
2. En intersecciones de dos o más tuberías.
3. Donde exista cambio de diámetro de tubería.
4. En cambio de pendiente.
5. A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24”.

**Figura 2. Pozo de visita**



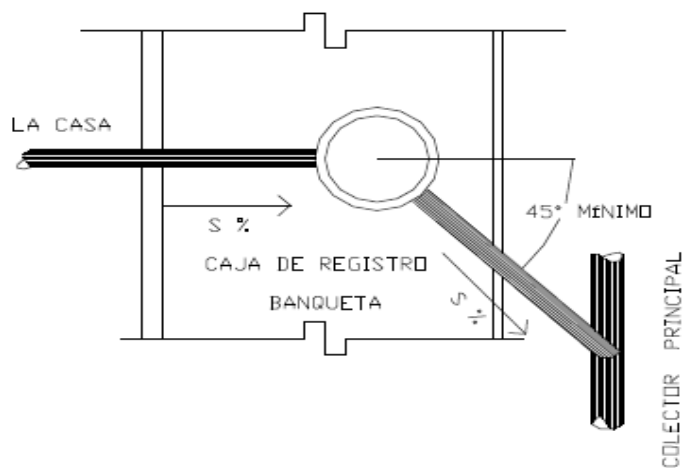
### **2.2.2.1.12 Conexiones domiciliarias**

Su propósito primordial es descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central. Las conexiones domiciliarias constan de las siguientes partes:

1. Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente, con un diámetro no menor de 12 pulgadas. Éstos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones, el fondo tiene que ser fundido de concreto y dejar a respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.
2. Tubería secundaria: sirve para unir la conexión de la candela domiciliar con el colector central, debe tener un diámetro mínimo de 6

pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas si es de PVC, con una pendiente máxima de 25% y una mínima de 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua. La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo entre 30 y 60 grados.

**Figura 3. Conexiones domiciliarias**



### **2.2.2.1.13. Profundidad de la tubería**

La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad tal, que no sea afectada por las inclemencias del tiempo, principalmente por las cargas transmitidas por el tráfico y que evite rupturas en los tubos.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la tubería, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera:

Para

- Tránsito normal (menor a 200 quintales) = 1.00 metros
- Tránsito pesado (mayor a 200 quintales) = 1.20 metros

#### **2.2.2.1.14 Principios hidráulicos**

Los sistemas de alcantarillado basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductores libres, conocidos como canales. La sección del canal puede ser abierta o cerrada. Para el caso de sistemas de alcantarillado sanitario, se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua esta sometida a presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por gases que se produzcan en el sistema.

El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

#### **2.2.2.1.15 Relaciones hidráulicas**

Los sistemas de alcantarillado circular trabajan comúnmente a sección parcialmente llena, ya que el caudal nunca es constante, provocando con ello una variación en el flujo, que a su vez hacen variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

Para el cálculo de las tuberías se han relacionado los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena, con el fin de facilitar y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico. De los resultados obtenidos se construyó el gráfico y las tablas de relaciones hidráulicas. (Ver tabla XII).

**Tabla XII. Relaciones hidráulicas para tubería PVC**

q/Q	d/D	v/V	a/A
0.000001	0.001	0.019224	0.000054
0.000005	0.002	0.030507	0.000152
0.000011	0.003	0.039963	0.000279
0.000021	0.004	0.048396	0.000429
0.000034	0.005	0.056141	0.000599
0.00005	0.006	0.06337	0.000788
0.00007	0.007	0.070215	0.000992
0.000093	0.008	0.076728	0.001212
0.00012	0.009	0.08297	0.001446
0.000151	0.01	0.08898	0.001693
0.000185	0.011	0.094787	0.001952
0.000223	0.012	0.100417	0.002224
0.000265	0.013	0.105887	0.002506
0.000311	0.014	0.111215	0.0028
0.000361	0.015	0.116413	0.003105
0.000415	0.016	0.121493	0.003419
0.000473	0.017	0.126464	0.003744
0.000536	0.018	0.131335	0.004078
0.000602	0.019	0.136112	0.004421
0.000672	0.02	0.140803	0.004773
0.000746	0.021	0.145412	0.005134
0.000825	0.022	0.149945	0.005503
0.000908	0.023	0.154406	0.005881
0.000995	0.024	0.1588	0.006266

**2.2.2.1.16 Ejemplo de tramo**

El tramo a utilizar para el ejemplo, es del pozo 2 al pozo 3, el cual tiene los datos siguientes:

Cota de inicio	97.893
Cota final	97.095
Distancia entre pozos	54.74 m.
Pendiente del terreno	1.46 %
No. de viviendas locales	4
No. de viviendas acumuladas	60
FQM	0.0025
Población actual acumulada	324



**Factor de *Harmond* actual:**

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{14 + \sqrt{P/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{324/1000}}{14 + \sqrt{324/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = 4.06$$

**Factor de *Harmond* futuro:**

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{14 + \sqrt{P/1000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{683/1000}}{14 + \sqrt{683/1000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = 3.90$$

**Caudal de diseño sanitario actual**

$$Q_{\text{diseño actual}} = \text{Hab}_{\text{ACTUALES}} * \text{FQM} * FH_{\text{ACTUAL}}$$

$$Q_{\text{diseño actual}} = 324 \text{ hab.} * 0.0025 * 4.06$$

$$Q_{\text{diseño actual}} = 3.292 \text{ lts/seg.}$$

**Caudal de diseño sanitario futuro:**

$$Q_{\text{diseño futuro}} = \text{Hab}_{\text{FUTUROS}} * \text{FQM} * FH_{\text{FUTURO}}$$

$$Q_{\text{diseño futuro}} = 683 \text{ hab.} * 0.0025 * 3.90$$

$$Q_{\text{diseño futuro}} = 6.663 \text{ lts/seg.}$$

Ahora se calcula el caudal a sección llena para el tramo en estudio, para chequear si cumple con los requisitos de tirante y velocidad.

Es necesario utilizar la fórmula de *Manning* para flujo en canales, para el cálculo de de caudal y velocidad a sección llena, tomando los siguientes datos:

Diámetro de tubería	6 pulgadas
Pendiente del terreno	1.46 %
Pendiente de tubería	0.50 %

Con la fórmula de *Manning*

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \text{ en m/seg.}$$

En donde:

$$R = \frac{D}{4}, \quad \text{para secciones circulares}$$

n = coeficiente de rugosidad de PVC, el cual tiene un valor de 0.010

$$V = \left[ \frac{1}{0.010} \right] \left( \frac{6 * 0.0254}{4} \right)^{2/3} (0.05)^{1/2}$$

$$V = 0.801 \text{ m/seg.}$$

Luego se calcula el caudal:

$$Q = A * V \text{ en lts/seg.}$$

En donde

$$A = \frac{\pi D^2}{4}, \text{ en metros cuadrados}$$

$$Q = \frac{\pi * (6 * 0.0254)^2}{4} (0.801)$$

$$Q = 0.014604 \text{ m}^3/\text{seg.} = 14.604 \text{ lts/seg.}$$

Con el caudal y la velocidad de flujo a sección llena, se puede chequear que el caudal de diseño cumpla con las especificaciones de diseño. Se comprueba lo siguiente:

$$q_{\text{diseño actual}} < Q_{\text{lleno}}$$
$$3.292 < 14.604 \text{ (lts/seg.)}$$

Si chequea

Ahora se realiza la relación de caudales:

$$q_{\text{diseño actual}} / Q_{\text{lleno}} = \frac{3.292 \text{ lts/seg.}}{14.604 \text{ lts/seg.}} = 0.225$$

$$q_{\text{diseño futuro}} / Q_{\text{lleno}} = \frac{6.663 \text{ lts/seg.}}{14.604 \text{ lts/seg.}} = 0.456$$

Con los valores de las relaciones  $q/Q$ , se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, la relación  $v/V$  correspondiente a la relación de caudales para cada tramo.

$$\frac{v_{\text{actual}}}{V} = 0.804$$

$$\frac{v_{\text{futuro}}}{V} = 0.973$$

Con las relaciones de velocidad encontradas y la velocidad a sección llena, se procede a calcular la velocidad a sección parcialmente llena:

$$V_{\text{actual}} = 0.804 * 0.801$$

$$V_{\text{futura}} = 0.973 * 0.801$$

$$V_{\text{actual}} = 0.644 \text{ m/seg.}$$

$$V_{\text{futura}} = 0.779 \text{ m/seg.}$$

Se hace el chequeo de velocidades correspondiente:

$$0.40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4 \text{ (m/ seg)} \quad \text{para PVC}$$

$$0.40 \leq 0.644 \leq 4 \text{ (m/ seg)} \quad \text{actualmente}$$

$$0.40 \leq 0.779 \leq 4 \text{ (m / seg)} \quad \text{en el futuro}$$

Ambas velocidades están dentro del rango permisible

La relación  $d/D$  también se busca en la tabla de relaciones hidráulicas y es la que expresa la relación entre el tirante de flujo en la alcantarilla y el diámetro de la tubería

$$\frac{d_{\text{actual}}}{D} = 0.32$$

$$\frac{d_{\text{futura}}}{D} = 0.47$$

Es necesario hacer también el chequeo de las relaciones de diámetros para cumplir con las especificaciones.

$$0.10 \leq d / D \leq 0.75$$

Entonces

$$0.10 \leq 0.32 \leq 0.75$$

$$0.10 \leq 0.47 \leq 0.75$$

Ambas relaciones sí chequean

Por lo tanto, se cumplen las especificaciones de velocidades y tirantes máximos y mínimos.

### **2.3 Diseño de red de alcantarillado sanitario**

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia La Unión se realizó según la topografía del terreno y el ordenamiento de sus calles, llevando las aguas residuales a los puntos más bajos, para su descarga en fosas sépticas respectivamente y luego a un quintel el cual va desembocar al río Mazate, tratando de no profundizar demasiado la tubería.

En las siguientes páginas se resume en las tablas la memoria de cálculo de: velocidades, caudales, pendientes, etc; del diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia La Unión.

Tabla XIII. Diseño de alcantarillado sanitario caudal de diseño

De PV	A PV	Cota de terreno			Dist.	Sterr. %	Casas		Habitantes		FH		Q diseño	
		Inicio	Final	Local			Acum.	Actual	Futuro	Actual	Futuro	FQM	Actual	Futuro
1	2	98,089	97,893	6	0,38	0	36	76	4,34	4,27	0,0025	0,391	0,811	
2	3	97,893	97,095	4	1,47	60	324	683	4,06	3,90	0,0025	3,292	6,663	
3	4	97,095	96,374	4	1,27	64	348	734	4,05	3,88	0,0025	3,524	7,124	
4	5	96,374	95,657	3	1,61	67	366	772	4,04	3,87	0,0025	3,697	7,467	
5	6	95,657	95,204	5	0,75	72	396	835	4,02	3,85	0,0025	3,984	8,036	
6	7	95,204	94,498	1	1,11	73	402	848	4,02	3,85	0,0025	4,041	8,150	
7	8	94,498	93,880	0	1,30	73	402	848	4,02	3,85	0,0025	4,041	8,150	
8	9	93,880	92,300	0	4,31	73	402	848	4,02	3,85	0,0025	4,041	8,150	
9	20	92,300	91,288	0	6,43	73	402	848	4,02	3,85	0,0025	4,041	8,150	
10	11	98,314	97,441	3	1,21	0	18	38	4,39	4,34	0,0025	0,197	0,412	
11	12	97,441	96,831	2	1,13	5	30	63	4,35	4,29	0,0025	0,327	0,679	
12	13	96,831	95,927	2	1,71	7	42	89	4,33	4,26	0,0025	0,455	0,943	
13	14	95,927	94,909	2	1,77	9	54	114	4,31	4,23	0,0025	0,582	1,204	
14	15	94,909	93,898	4	1,23	0	24	51	4,37	4,31	0,0025	0,262	0,546	
15	16	93,898	92,744	2	1,84	6	36	76	4,34	4,27	0,0025	0,391	0,811	
16	F.S. 2	92,744	91,917	4	1,15	10	60	127	4,30	4,21	0,0025	0,645	1,333	
14	18	94,909	94,545	2	0,42	11	66	139	4,29	4,20	0,0025	0,708	1,462	
18	19	94,545	93,874	0	1,23	11	66	139	4,29	4,20	0,0025	0,708	1,462	
19	20	93,874	91,288	0	6,76	11	66	139	4,29	4,20	0,0025	0,708	1,462	
20	F.S. 1	91,288	92,741	0	-21,65	84	468	987	3,99	3,80	0,0025	4,667	9,386	

Tabla XIII. Diseño de alcantarillado sanitario diámetro de tubería

De PV	A PV	Cota de terreno				Q diseño				Sección Llana			Relación q/Q		V diseño		Relación d/D	
		Inicio	Final	Dist.	Sterr. %	Actual	Futuro	Φ "	Stubo	Caudal	Ve	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual
1	2	96,089	97,893	52,18	0,38	0,391	0,811	6	0,80	18,473	1,013	0,021	0,044	0,406	0,501	0,100	0,140	
2	3	97,893	97,095	54,24	1,47	3,292	6,663	6	0,50	14,604	0,801	0,225	0,456	0,644	0,779	0,320	0,470	
3	4	97,095	96,374	56,92	1,27	3,524	7,124	6	0,80	18,473	1,013	0,191	0,386	0,786	0,946	0,300	0,430	
4	5	96,374	95,657	44,50	1,61	3,697	7,467	6	1,61	26,206	1,437	0,141	0,285	1,029	1,230	0,260	0,360	
5	6	95,657	95,204	60,75	0,75	3,984	8,036	6	0,75	17,886	0,981	0,223	0,449	0,789	0,955	0,320	0,470	
6	7	95,204	94,498	63,88	1,11	4,041	8,150	6	1,11	21,760	1,193	0,186	0,375	0,908	1,099	0,290	0,420	
7	8	94,498	93,880	47,37	1,30	4,041	8,150	6	1,30	23,548	1,291	0,172	0,346	0,964	1,165	0,280	0,400	
8	9	93,880	92,300	36,62	4,31	4,041	8,150	6	4,31	42,877	2,351	0,094	0,190	1,467	1,824	0,205	0,300	
9	20	92,300	91,288	15,73	6,43	4,041	8,150	6	6,43	52,371	2,871	0,077	0,156	1,711	2,096	0,190	0,270	
10	11	98,314	97,441	71,98	1,21	0,197	0,412	6	1,40	24,437	1,340	0,008	0,017	0,409	0,511	0,068	0,093	
11	12	97,441	96,831	54,04	1,13	0,327	0,679	6	1,13	21,955	1,204	0,015	0,031	0,443	0,549	0,088	0,123	
12	13	96,831	95,927	52,89	1,71	0,455	0,943	6	1,71	27,008	1,481	0,017	0,035	0,564	0,693	0,093	0,128	
13	14	95,927	94,909	57,54	1,77	0,582	1,204	6	1,77	27,477	1,506	0,021	0,044	0,604	0,755	0,103	0,413	
14	15	94,909	93,898	82,05	1,23	0,262	0,546	6	1,23	22,906	1,256	0,011	0,024	0,420	0,528	0,075	0,108	
15	16	93,898	92,744	62,82	1,84	0,391	0,811	6	1,84	28,015	1,536	0,014	0,029	0,555	0,682	0,085	0,118	
16	F.S. 2	92,744	91,917	71,78	1,15	0,645	1,333	6	0,50	14,604	0,801	0,044	0,091	0,401	0,500	0,143	0,205	
14	18	94,909	94,545	86,04	0,42	0,708	1,462	6	0,50	14,604	0,801	0,048	0,100	0,414	0,516	0,150	0,215	
18	19	94,545	93,874	54,75	1,23	0,708	1,462	6	0,60	15,998	0,877	0,044	0,091	0,439	0,547	0,143	0,205	
19	20	93,874	91,288	38,27	6,76	0,708	1,462	6	6,50	52,656	2,887	0,013	0,028	1,005	1,267	0,080	0,118	
20	F.S. 1	91,288	92,741	6,71	-21,65	4,667	9,386	6	0,50	14,604	0,801	0,320	0,643	0,714	0,849	0,390	0,580	

**Tabla XIII. Diseño de alcantarillado sanitario cotas invert**

De PV	A PV	Φ "	Cotas Invert		Altura de pozos		Vol. De Exc. M3
			Inicio	Final	Inicial	Final	
1	2	6	97,089	96,672	1,00	1,22	46,37
2	3	6	96,094	95,823	1,80	1,27	66,63
3	4	6	95,793	95,338	1,30	1,04	53,24
4	5	6	95,308	94,592	1,07	1,07	37,94
5	6	6	94,562	94,106	1,10	1,10	53,28
6	7	6	94,076	93,367	1,13	1,13	57,72
7	8	6	93,337	92,721	1,16	1,16	43,96
8	9	6	92,691	91,113	1,19	1,19	34,81
9	20	6	91,083	90,072	1,22	1,22	15,31
10	11	6	97,314	96,306	1,00	1,14	61,61
11	12	6	96,276	95,665	1,17	1,17	50,58
12	13	6	95,635	94,731	1,20	1,20	50,61
13	14	6	94,701	93,683	1,23	1,23	56,45
14	15	6	93,909	92,900	1,00	1,00	65,58
15	16	6	92,870	91,714	1,03	1,03	51,71
16	F.S. 2	6	91,684	91,325	1,06	0,59	47,43
14	18	6	93,653	93,223	1,26	1,32	88,87
18	19	6	93,193	92,865	1,35	1,01	51,72
19	20	6	92,835	90,347	1,04	0,94	30,30
20	F.S. 1	6	90,042	90,008	1,25	2,73	10,68



## 2.4 Fosa séptica

Dentro de las fosas sépticas se produce el tratamiento primario del agua residual, en donde se separan o eliminan la mayoría de sólidos suspendidos en el agua, mediante el proceso físico de asentamiento.

A medida que el agua residual, procedente del sistema de alcantarillado, entra en la fosa y la velocidad de flujo se reduce, los sólidos mayores se hunden o suben a la superficie. De tal forma que, el cieno es la acumulación de sólidos en el fondo de la fosa, y las natas son un conjunto de sólidos parcialmente sumergidos y flotantes que se forma en la superficie.

Dichos sólidos son sometidos a descomposición por procesos bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad anaerobia, que prosperan en la ausencia de oxígeno. La descomposición o tratamiento de aguas residuales en condiciones anaerobias, es llamada séptica.

Fosa Séptica 2.

$$Q = \text{Dotación} * \# \text{ habitantes} * \text{F.R.}$$

$$Q = 125 \text{ lts / hab / dia} * 127 \text{ hab} * 0.8$$

$$Q = 12700 \text{ lts/dia}$$

$$Q = 12.70 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Por el volumen de agua residual que se espera con la población futura calculada en el diseño, se propone el uso de una fosa séptica con un volumen de diseño es de  $V = 12.70 \text{ m}^3$ .

$$L = 2 * a$$

$$V = 2 * H * a^2$$

H = 2, Altura de sólidos (asumiendo 1.70 m)

$$12.70 = 2 * a^2 * 2.00$$

$$a = 1.78 \text{ m}$$

$$L = 3.56 \text{ m}$$

$$H = 2.00 \text{ m}$$

Dimensiones finales de la fosa séptica:

$$\text{Ancho} = 2.00 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 4.00 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 2.00 \text{ m}$$

Fosa Séptica 1.

$$Q = \text{Dotación} * \# \text{ habitantes} * \text{F.R.}$$

$$Q = 125 \text{ lts / hab / dia} * 987 \text{ hab} * 0.8$$

$$Q = 98700 \text{ lts/dia}$$

$$Q = 98.70 \text{ m}^3/\text{dia}$$

El Volumen de agua residual que se espera para esta fosa es mayor, debido a que en el pozo número 2, se dejó previsto la ampliación de este proyecto para brindarle el servicio de disposición de agua negra a la colonia El Esfuerzo. El volumen de diseño es de  $V = 98.70 \text{ m}^3$ .

$$L = 2 * a$$

$$V = 2 * H * a^2$$

H = 2, Altura de sólidos (asumiendo 1.70 m)

$$98.70 = 2 * a^2 * 2.00$$

$$a = 4.96 \text{ m}$$

$$L = 9.93 \text{ m}$$

$$H = 2.00 \text{ m}$$

Dimensiones finales de la fosa séptica:

$$\text{Ancho} = 5.00 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 10.00 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 2.00 \text{ m}$$

#### **2.4.1 Descarga de las aguas servidas**

Las descargas del sistema de alcantarillado sanitario, es el río Mazate, debido a la topografía del lugar, no fue posible realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario con una única descarga. Por razones de tipo económico para la obtención del financiamiento del proyecto se tuvo que implementar el tratamiento de las aguas residuales a través del uso de fosas sépticas, con dimensiones que se describieron anteriormente.

## 2.5 Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario

Tabla XIV. Integración de renglones drenaje sanitario

No.	Descripción de renglón	Cantidad	Unidad	Q/unitario	Q/total
1	Trabajos preliminares	1071	MI	Q 16,81	Q 18.005,34
2	Trazo	1071	MI	Q 7,43	Q 7.953,01
3	Excavación	1470	M <sup>3</sup>	Q 17,38	Q 25.553,56
4	Compactación y desperdicio	1072	M <sup>3</sup>	Q 20,32	Q 21.780,65
5	Red principal	199	Tubo	Q 772,18	Q153.663,94
6	Pozo de visita 1,20 altura promedio	20	Pozo	Q 3.153,68	Q 63.073,67
7	Conexiones domiciliarias	44,00	Unidad	Q 1.067,57	Q 46.972,94
8	Fosa séptica 1	1	Unidad	Q69.980,89	Q 69.980,89
9	Fosa séptica 2	1	Unidad	Q30.263,55	Q 30.263,55
<b>Total general</b>					<b>Q437.247,54</b>

Tabla XV. Costos unitarios por renglón drenaje sanitario

No renglón	1
Descripción	Trabajos preliminares
Cantidad estimada	1071,00
Unidad	MI

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Azadón	10,00	Unidad	Q 35,00	Q 350,00
Machete	10,00	Unidad	Q 20,00	Q 200,00
Carreta	5,00	Unidad	Q 210,00	Q 1.050,00
Total materiales				Q 1.600,00
<b>Mano de obra</b>				
Limpia y chapeo	1071	MI	Q 6,00	Q 6.426,00
		Ayudante	37.5 %	Q 2.409,75

Continúa

	Prestaciones	85.67 %	Q	7.569,59
Total mano de obra			Q	16.405,34
<b>Costo directo</b>			Q	16.405,34
<b>Costo total de renglón</b>			Q	16.405,34

<b>Precio unitario</b>	<b>Q</b>	<b>16,81</b>
------------------------	----------	--------------

No renglón	2
Descripción	Trazo
Cantidad estimada	1071,00
Unidad	MI

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Cal	4,00	Bolsa	Q 25,00	Q 100,00
Total materiales				Q 100,00
<b>Mano de obra</b>				
Trazo preliminar, con equipo topográfico	1,071	Km	Q 950,00	Q 1.017,45
Trazo y estaqueado	1071	MI	Q 2,50	Q 2.677,50
		Ayudante	37.5 %	Q 1.004,06
		Prestaciones	85.67 %	Q 3.153,99
Total mano de obra				Q 7.853,01
<b>Costo directo</b>				Q 7.953,01
<b>Costo total de renglón</b>				Q 7.953,01

<b>Precio unitario</b>	<b>Q</b>	<b>7,43</b>
------------------------	----------	-------------

No renglón	3
Descripción	Excavación
Cantidad estimada	1470,00
Unidad	M <sup>3</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Pala	5,00	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Piocha	5,0	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Carreta	4,0	Unidad	Q 210,00	Q 840,00
Total materiales				Q 1.160,00
<b>Mano de obra</b>				
Excavación	1470,00	M <sup>3</sup>	Q 6,50	Q 9.555,00
		Ayudante	37.5 %	Q 3.583,13
		Prestaciones	85.67 %	Q 11.255,43
Total mano de obra				Q 24.393,56
<b>Costo directo</b>				Q 25.553,56
<b>Costo total de renglón</b>				Q 25.553,56

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 17,38</b>
------------------------	----------------

No renglón	4
Descripción	Compactación y desperdicio
Cantidad estimada	1072,00
Unidad	M <sup>3</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Pala	5,00	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Piocha	5,0	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Carreta	4,0	Unidad	Q 210,00	Q 840,00
Total materiales				Q 1.160,00
<b>Mano de obra</b>				
Compactación	1072,00	M <sup>3</sup>	Q 6,00	Q 6.432,00
		Ayudante	37.5 %	Q 2.412,00
		Prestaciones	85.67 %	Q 7.576,65

Continúa

Total mano de obra				Q	16.420,65
<b>Maquinaria</b>					
Camión de volteo	7,00	Hora	Q	150,00	Q 1.050,00
Retroexcavadora 416	7,00	Hora	Q	450,00	Q 3.150,00
Total maquinaria				Q	4.200,00
<b>Costo directo</b>				Q	21.780,65
<b>Costo total de renglón</b>				Q	21.780,65

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 20,32</b>
------------------------	----------------

No renglón	5
Descripción	Red principal
Cantidad estimada	199,00
Unidad	Tubo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería PVC Ø 6"	199,00	Unidad	Q 642,05	Q 127.767,95
Pegamento para pvc	1,75	Galón	Q 790,00	Q 1.382,50
Ladrillo tayuyo 6.5x11x23 cms (para soporte de la tubería sobre el material selecto)	590	Unidad	Q 1,75	Q 1.032,50
Material selecto	98	M <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 10.780,00
Total materiales				Q 140.962,95
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de tubería	199,00	Unidad	Q 25,00	Q 4.975,00
		Ayudante	37.5 %	Q 1.865,63
		Prestaciones	85.67 %	Q 5.860,36
Total mano de obra				Q 12.700,99
<b>Costo directo</b>				Q 153.663,94
<b>Costo total de renglón</b>				Q 153.663,94

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 772,18</b>
------------------------	-----------------

No renglón	6
Descripción	Pozo de visita 1,20 altura promedio
Cantidad estimada	20,00
Unidad	Pozo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Ladrillo tayuyo 8.5x11x23 cms	7.600,00	Unidad	Q 2,25	Q 17.100,00
Cemento	209,0	Saco	Q 48,00	Q 10.032,00
Arena de río	14,0	M <sup>3</sup>	Q 120,00	Q 1.680,00
Arena de amarilla	3,0	M <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 540,00
Arena blanca	2,5	M <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 450,00
Piedrín	8,0	M <sup>3</sup>	Q 220,00	Q 1.760,00
Cal	21,0	Saco	Q 25,00	Q 525,00
Hierro no. 2 grado 40	40,0	Varilla	Q 11,03	Q 441,20
Hierro no. 4 grado 40	65,0	Varilla	Q 44,57	Q 2.897,05
Hierro no. 6 grado 40	13,0	Varilla	Q 105,00	Q 1.365,00
Alambre de amarre	60,0	Libra	Q 5,50	Q 330,00
Total materiales				Q 37.120,25
<b>Mano de obra</b>				
Levantado de ladrillo de punta rustica	90,00	M <sup>2</sup>	Q 25,00	Q 2.250,00
Fundición de concreto	14,00	M <sup>3</sup>	Q 100,00	Q 1.400,00
Repello + cernido	90,00	M <sup>2</sup>	Q 14,00	Q 1.260,00
Armado no. 2 grado 40	240,00	MI	Q 5,00	Q 1.200,00
Armado no. 4 grado 40	390,00	MI	Q 8,00	Q 3.120,00
Armado no. 6 grado 40	78,00	MI	Q 12,00	Q 936,00
		Ayudante	37.5 %	Q 3.812,25
		Prestaciones	85.67 %	Q 11.975,17
Total mano de obra				Q 25.953,42
<b>Costo directo</b>				Q 63.073,67
<b>Costo total de renglón</b>				Q 63.073,67

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 3.153,68</b>
------------------------	-------------------



No renglón	7
Descripción	Conexiones domiciliars
Cantidad estimada	44,00
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería de concreto ø 12"	44	Unidad	Q 130,00	Q 5.720,00
Tapadera de candela domiciliar	44	Unidad	Q 25,00	Q 1.100,00
Brocal de candela domiciliar	82	MI	Q 10,00	Q 820,00
Base de candela domiciliar	44	Unidad	Q 15,00	Q 660,00
Tubería de pvc de ø 4"	44	Unidad	Q 287,86	Q 12.665,84
Codo gxg pvc 90°	44	Unidad	Q 146,45	Q 6.443,80
Silleta "y" 6"x4"	44	Unidad	Q 145,84	Q 6.416,96
Pegamento para pvc	1	Galón	Q 790,00	Q 790,00
Total materiales				Q 34.616,60
<b>Mano de obra</b>				
Elaboración de tapaderas de candelas	44,00	Unidad	Q 20,00	Q 880,00
Elaboración de base de candelas	44,00	Unidad	Q 15,00	Q 660,00
Brocal de candela domiciliar	44,00	Unidad	Q 20,00	Q 880,00
Instalación de tubería a red principal	44,00	Unidad	Q 55,00	Q 2.420,00
		Ayudante	37.5 %	Q 1.815,00
		Prestaciones	85.67 %	Q 5.701,34
Total mano de obra				Q 12.356,34
<b>Costo directo</b>				Q 46.972,94
<b>Costo total de renglón</b>				Q 46.972,94

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 1.067,57</b>
------------------------	-------------------

No renglón	8
Descripción	Fosa séptica 1
Cantidad estimada	1
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Arena de río	17	M <sup>3</sup>	Q 140,00	Q 2.380,00
Piedrín	17	M <sup>3</sup>	Q 190,00	Q 3.230,00
Cemento	294	Saco	Q 48,00	Q 14.112,00
Hierro no. 3 grado 40	34	Quintal	Q 320,00	Q 10.880,00
Alambre de amarre	136	Libra	Q 5,00	Q 680,00
Madera para formaleta	512	Pie tabla	Q 5,00	Q 2.560,00
Párales de 3"x 3"x 7'	245	Pie tabla	Q 5,00	Q 1.225,00
Tendales de 3"x 4"x 10'	150	Pie tabla	Q 5,00	Q 750,00
Clavo de 3" para formaleta	51	Libra	Q 4,50	Q 229,50
Tee pvc de 6"	2	Unidad	Q 80,00	Q 160,00
Pegamento para pvc	0,5	Galón	Q 110,00	Q 55,00
Tubo pvc 6"	2	Tubo	Q 425,00	Q 850,00
Total materiales				Q 37.111,50
<b>Mano de obra</b>				
Limpieza y nivelación	60	M <sup>2</sup>	Q 11,00	Q 660,00
Trazo y estaqueo (incluye hacer estacas)	60	M <sup>2</sup>	Q 6,00	Q 360,00
Excavación	100	M <sup>3</sup>	Q 15,00	Q 1.500,00
Armado no.3 grado 40	34	Quintal	Q 25,00	Q 850,00
Encofrado y desencofrado	512	Pie tabla	Q 5,00	Q 2.560,00
Fundición	30	M <sup>3</sup>	Q 100,00	Q 2.040,00
Repello y alisado de cemento	135	M <sup>2</sup>	Q 35,00	Q 4.725,00
Colocación de tubería pvc 6"	12	MI	Q 15,00	Q 180,00
		Ayudante	37.5 %	Q 4.828,13
		Prestaciones	85.67 %	Q 15.166,27
Total mano de obra				Q 32.869,39
<b>Costo directo</b>				Q 69.980,89
<b>Costo total de renglón</b>				Q 69.980,89

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 69.980,89</b>
------------------------	--------------------

No renglón	9
Descripción	Fosa séptica 2
Cantidad estimada	1
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Arena de río	12	M <sup>3</sup>	Q 140,00	Q 1.680,00
Piedrín	12	M <sup>3</sup>	Q 190,00	Q 2.280,00
Cemento	206	Saco	Q 48,00	Q 9.888,00
Hierro no. 3 grado 40	6	Quintal	Q 320,00	Q 1.920,00
Alambre de amarre	24	Libra	Q 5,00	Q 120,00
Madera para formaleta	91	Pie tabla	Q 5,00	Q 455,00
Párales de 3"x 3"x 7'	21	Pie tabla	Q 5,00	Q 105,00
Tendales de 3"x 4"x 7'	35	Pie tabla	Q 5,00	Q 175,00
Clavo de 3" para formaleta	9	Libra	Q 4,50	Q 40,50
Tee pvc de 6"	2	Unidad	Q 80,00	Q 160,00
Pegamento para pvc	0,5	Galón	Q 110,00	Q 55,00
Tubo pvc 6"	2	Tubo	Q 425,00	Q 850,00
Total materiales				Q 17.728,50
<b>Mano de obra</b>				
Limpieza y nivelación	10	M <sup>2</sup>	Q 11,00	Q 110,00
Trazo y estaqueo (incluye hacer estacas)	10	M <sup>2</sup>	Q 6,00	Q 60,00
Excavación	25	M <sup>3</sup>	Q 15,00	Q 375,00
Armado no.3 grado 40	34	Quintal	Q 25,00	Q 850,00
Encofrado y desencofrado	91	Pie tabla	Q 5,00	Q 455,00
Fundición	21	M <sup>3</sup>	Q 100,00	Q 2.040,00
Repello y alisado de cemento	24	M <sup>2</sup>	Q 35,00	Q 840,00
Colocación de tubería pvc 6"	12	MI	Q 15,00	Q 180,00
		Ayudante	37.5 %	Q 1.841,25
		Prestaciones	85.67 %	Q 5.783,80
Total mano de obra				Q 12.535,05
<b>Costo directo</b>				Q 30.263,55
<b>Costo total de renglón</b>				Q 30.263,55

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 30.263,55</b>
------------------------	--------------------

## 2.6 Cronograma de trabajo físico – financiero, del proyecto

Tabla XVI. Cronograma de trabajo físico-financiero, drenaje sanitario

No.	Renglón de trabajo	Cantidad	Unidad	Q/renglón	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4						
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Trabajos preliminares	1071,00	Ml	Q 18.005,34	■															
2	Trazo	1071,00	Ml	Q 7.953,01	■															
3	Excavación	1470,00	M³	Q 25.553,56	■															
4	Compactación y desperdicio	1072,00	M³	Q 21.780,65	■															
5	Red principal	199,00	Tubo	Q 153.663,94	■															
6	Pozo de visita 1,20 altura promedio	20,00	Pozo	Q 63.073,67	■															
7	Conexiones domiciliare	44,00	Unidad	Q 46.972,94	■															
8	Fosa séptica 1	1,00	Unidad	Q 69.980,89	■															
9	Fosa séptica 2	1,00	Unidad	Q 30.263,55	■															
<b>Inversión mensual</b>					<b>Q79.369,78</b>					<b>Q87.495,66</b>					<b>Q161.665,72</b>				<b>Q108.716,39</b>	
<b>Total proyecto</b>					<b>Q437.247,54</b>															

## **2.7 Evaluación de impacto ambiental**

Es necesario tomar en cuenta todos los factores importantes en cuanto al control que se pueda brindar en todas las fases de trabajo, ya sea preliminar, de campo y de ejecución, en cuanto a las medidas a optar, con finalidad de disminuir cualquier tipo de riesgo, entre estos podemos citar; la seguridad personal (habitantes y trabajadores), proceso suelo-agua, flora, salud humana.

### **2.7.1 En construcción**

En los trabajos de construcción del sistema de drenaje, es importante considerar las siguientes medidas de mitigación para su construcción:

- A la hora de realizar los movimientos de tierra debe de buscarse el acomodamiento más adecuado del sitio donde se harán los depósitos de tierra, controlando que estos sean asentados en áreas donde no se provoquen deslaves indeseados por escorrentía superficial.
- Se deben colocar letrinas y basureros necesarios provisionales, en el área de construcción de tal manera que los trabajadores, no contaminen los alrededores, siendo esto de suma necesidad y obligatorio.
- Deben de tomarse en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias de acuerdo con el manual de seguridad e higiene de la construcción, si no se posee uno en el municipio se recomienda elaborarlo, para que los trabajadores de la construcción y los maquinistas estén mas capacitados para evitar la mayor cantidad de accidentes.

- La importancia de la naturaleza y los valores estéticos, pueden superarse mediante programas de educación ambiental, dirigidos al personal que intervendrán en alguna de las etapas del proyecto y a los habitantes del proyecto.
- Debe de existir un ingeniero de planta que supervise constantemente los procesos de construcción.
- La obtención del agua potable por parte de los trabajadores en la etapa de construcción es un problema, que al igual que en todas las construcciones, sufre el trabajador la obtención del agua para tomar, se recomienda que se hagan tanques de abastecimiento provisionales para la obtención del vital líquido, además se deberá de clorar el agua si esta estuviese contaminada.

### **2.7.2 En operación**

En la etapa de funcionamiento del proyecto de drenaje sanitario de la colonia La Unión es cuando se llegan a generar los impactos ambientales de mayor significado, principalmente en lo relativo a desechos sólidos y líquidos que el sistema recolecta.

Dada la contaminación que generan las aguas residuales, se pueden reducir mediante los siguientes procesos:

- Para el tratamiento de aguas servidas propuesto, es importante indicar que las fosas sépticas, deben ser limpiadas de los lodos por lo menos cada 6 meses, para lo cual se necesita que exista una directiva entre los habitantes, que contraten periódicamente un camión con bomba

succionadora, que saque los lodos orgánicos y los deposite en un lugar específico o que lo saquen manualmente y los depositen en las áreas forestales, para abono de los árboles, no dejando los lodos superficiales, sino zanjados alrededor del mismo.

- Por la derivación de gases de la fosa séptica, se debe de considerar una posibilidad de riesgo por incendio, por lo que se estima conveniente tener siempre a la mano extintores en áreas cercanas a la fosa. En este sentido, es conveniente que se deje recomendado a los habitantes que se organicen en una brigada de salvamento y sean adiestrados por alguna compañía de bomberos.
- Los métodos de tratamiento de las aguas servidas deben de quedar instaladas tal y como se han descrito en los diseños y planos del proyecto, para que los desechos sólidos y líquidos sean tratados de la manera indicada y propuesta.

## **2.8 Evaluación socio-económica**

Al realizar el análisis económico de un proyecto se pueden tomar varios puntos de vista. Si se desea saber la rentabilidad del proyecto, el análisis tendría que ser desde el punto de vista del inversionista. O en el caso del proyecto de alcantarillado sanitario de la colonia La Unión asumir que el valor del proyecto es financiado y recuperado de alguna manera, es decir, que se considera cuánto cuesta hacer el proyecto y que se obtiene con ello (ingresos).

El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos que dicha obra ocupa durante su vida útil y cuya aplicación se justifica sólo si a

partir de la utilización de ellos se genera un beneficio directo o indirecto para toda la comunidad o parte de ella.

El alcantarillado sanitario también puede ser analizado desde el punto de vista del proyecto, es decir, desde un punto de vista social, comprendido por una inversión que se realiza por parte del Gobierno de Guatemala, en el cual no se recupera dicha inversión y la atención se enfoca en la cantidad de beneficiarios que atenderá el proyecto.

### **2.8.1 Valor presente neto**

El valor presente neto nos indica el valor real del dinero a través del tiempo, consiste en trasladar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros y series de anualidades del flujo de efectivo de un proyecto.

Para el análisis del proyecto de alcantarillado sanitario en la colonia La Unión, se asume una tasa de interés del 12 %, dado que el proyecto no es de carácter lucrativo, sino de carácter social, la tasa debe ser lo más baja posible.

Además, el proyecto contará con el aporte comunitario, de dos maneras diferentes, un pago único de la instalación de acometida domiciliar, que constará de Q110.00 por vivienda, el segundo aporte será de Q10.00 mensual por cada vivienda, por concepto del mantenimiento de la fosa séptica que tiene un valor aproximado de Q 400.00 mensuales.

Recaudando una cantidad anual de Q120.00 por vivienda, si tomamos en cuenta que hay 44 hogares, se obtienen los siguientes resultados:



44 \* Q110.00 = Q 44,840.00      por acometida domiciliar  
 44 \* Q120.00 = Q 5,280.00      por mantenimiento de la fosa séptica

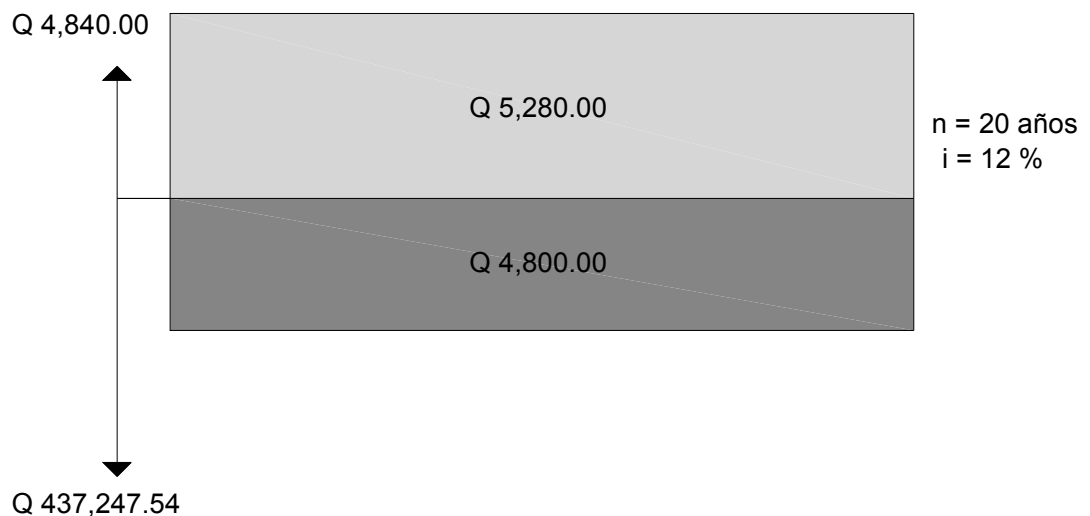
Entonces tenemos

**Tabla XVII. Costos del alcantarillado sanitario**

Descripción	Operación	Resultado
Costo inicial		Q 437,247.54
Ingreso inicial	(110 Q/viv.)(44 viv.)	Q 4,840.00
Costo anual	(400 Q/mes)(12mes)	Q 4,800.00
Ingreso anual	(10 Q/mes)(44viv.)(12mes)	Q 5,280.00
Vida útil, en años		20 años

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 12%.

**Figura 4. Diagrama de flujo de efectivo drenaje sanitario**



Si se utiliza el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos se tiene:

$$VPN = -437,247.54 + 4,840.00 - 4800.00 (1 + 0.12)^{20} + 5,280.00 (1 + 0.12)^{20}$$

$$VPN = - 427,777.32$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social, promoviendo desarrollo en la colonia La Unión, teniendo como beneficiarios los habitantes de dicha colonia, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

### **2.8.2 Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno se define como la tasa en la cual, el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

El cálculo de la tasa interna de retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a calcular las respectivas cantidades que representen el valor presente neto.

- Se propone una tasa de 41 %, entonces se obtiene:

$$VPN = - 437,247.54 + 480(1+0.41)^{20}$$

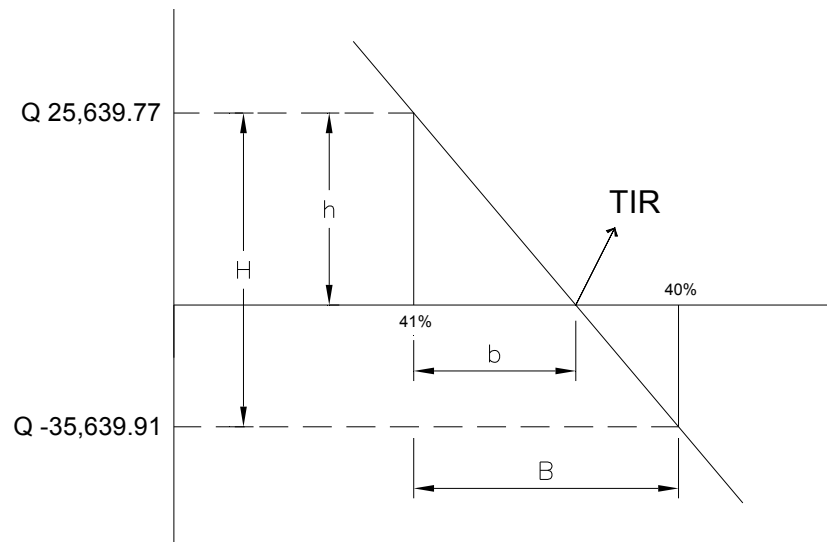
$$VPN = 25,797.77$$

- Se propone ahora una tasa del 40%, entonces se obtiene:

$$VPN = - 437,247.54 + 480(1+0.40)^{20}$$

$$VPN = - 35,639.91$$

**Figura 5. Diagrama de tasa interna de retorno drenaje sanitario**



Del diagrama resultan los siguientes datos, sin tomar en cuenta el signo:

$$B = 1.00\% \quad H = 25,639.77 + 35,639.91 = 61,437.68$$

$$b = x \quad h = 25,639.77$$

Se hace una relación de triángulos para obtener:

$$\frac{B}{H} = \frac{b}{h} \quad \Rightarrow \quad \frac{1.00}{61,437.68} = \frac{x}{25,639.77}$$

$$x = 0.4173$$

$$TIR = 41 - 0.4173\% = 40.5827\%$$

Se tiene que, la tasa de interés aproximadamente es;  $i = 40.5827\%$ , representaría la tasa efectiva mensual de retorno.



## **3. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

### **3.1 Fuentes de agua disponibles**

Para dotar de agua potable a la colonia La Unión, se conoce la ubicación de una fuente que podrá satisfacer las necesidades hídricas de la comunidad, se realizó un estudio y se verificó que en la colonia cercana a La Unión, se encuentra la colonia El Esfuerzo, en cual cuenta con un pozo y un tanque elevado.

### **3.2 Aforo de las fuentes**

Ya que la fuente para la colonia La Unión proviene de un pozo, del cual se bombeará agua hacia el tanque elevado de la colonia El Esfuerzo, el tanque elevado fue diseñado para dotar a las dos colonias del vital líquido.

Para el diseño de introducción de agua potable de las colonias, el aforo por bombeo en el cual se observan los descensos producidos en el pozo se llaman ensayos de bombeo y también específicamente ensayos de interferencia.

La medición de los niveles del agua, después del cese de bombeo en el propio pozo de bombeo, se llama ensayo de recuperación. Todos esos bombeos se realizan en condiciones controladas, a fin de que después de conocida la variación de una magnitud y sus efectos, se puedan determinar las características del acuífero o del pozo de bombeo.

### **3.3 Calidad del agua**

La calidad natural del agua varía de un lugar a otro, con la estación del año, uso de la tierra, el clima. La característica de una buena calidad de agua depende del uso que se le vaya a asignar, uso doméstico, industrial y de riego.

La calidad del agua se exige de acuerdo al uso que se le asignará. En este caso se trata de agua para consumo humano, por lo que debe ser sanitariamente segura; cumpliendo para ello, con normas de calidad físico-químicas y bacteriológicas, lo cual debe demostrarse con un certificado emitido por un laboratorio calificado.

Para garantizar que el agua pueda ser tomada por una población es necesario que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las normas COGUANOR NGO 29 001. Los resultados del laboratorio para los ensayos físico-químico y bacteriológico realizados a la muestra del pozo de la colonia El Esfuerzo se muestran en el apéndice.

### **3.4 Condición de los terrenos. Derechos de paso**

Debido a que al urbanizar la colonia El Esfuerzo se pensó en el mejor lugar para la perforación del pozo que brindará el recurso hídrico a la colonia. No se tiene el problema de estar buscando la expropiación de tierras que tienen accesos a ríos, o nacimientos.

### **3.5 Levantamiento topográfico**

Igualmente la topografía de la calle principal de la colonia La Unión y en este caso también la de El Esfuerzo no presentan mayor dificultad, ya que presenta una ligera pendiente.

#### **3.5.1 Planimetría**

Tiene por objeto determinar la longitud del proyecto que se va a realizar, localizar accidentes geográficos y todas aquellas características tanto naturales como artificiales que puedan influir en el diseño del sistema, por ejemplo: calles, edificaciones, áreas de desarrollo futuro, carreteras, zanjones, ríos, cerros, etc.

Al apreciar la topografía de los terrenos a beneficiar se pudo apreciar que al cerrar el circuito para el diseño de la colonia La Unión, la tubería tiene que pasar por pasos subterráneos de aguas pluviales, el método empleado para el levantamiento topográfico fue el de conservación de azimut, debido a la facilidad que presenta este método ya que los senos y cósenos de los ángulos acimutales dan los signos de tales proyecciones, para la orientación en cada línea de la poligonal se utilizó el sistema de vuelta de campana.

Los resultados se presentan en los planos topográficos incluidos en el apéndice. El equipo utilizado fue un teodolito marca *Shokkisha* TM20H, trípode brújula, estadal, martillo y clavos.

### 3.5.2 Altimetría

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de nivelación taquimétrica, utilizando para el efecto el mismo equipo de planimetría.

## 3.6 Diseño hidráulico

### 3.6.1 Período de diseño

Es el período durante el cual la obra construida dará un servicio satisfactorio a la población. El período de diseño se cuenta a partir del inicio del funcionamiento de la obra.

Para determinar el período de diseño se debe tomar en cuenta la vida útil de los materiales, los costos, la población de diseño, etc. Según normas de la unidad ejecutora del programa de acuerdos rurales UNEPAR, se recomiendan los siguientes períodos de diseño como se muestran en la siguiente tabla (Ver tabla XVIII).

**Tabla XVIII. Periodos de diseño de proyectos**

<b>Tipo de estructura</b>	<b>Período de diseño</b>
Obras civiles	20 años.
Equipo mecánico	De 5 a 10 años.

**Fuente: normas de diseño, INFOM-UNEPAR**

En el caso del presente proyecto se adaptó un período de 22 años, debido a que se utilizará P.V.C; esto permite la durabilidad de las instalaciones y la capacidad de agua que genera la fuente de servicio.



### 3.6.2 Crecimiento de la población

En la Oficina Municipal de Planificación (O.M.P.) de la municipalidad de La Democracia, Escuintla se considera una tasa crecimiento de 3.45% anual, tanto en la zona urbana como rural, debido a que en la mayoría de comunidades se carece de información actualizada de nacimiento y fallecimientos.

Se han desarrollo modelos de pronóstico para poder determinar la población futura. En Guatemala, generalmente se utiliza el modelo geométrico, por ser el método que más se aproxima para definir la población real futura.

$$P_F = P_O * (1+r)^n$$

$$P_F = 289 * (1+0.0345)^{22}$$

$$P_F = 610 \text{ habitantes}$$

Donde:

$P_F$  = Población al final del período de diseño (habitantes).

$P_O$  = Población en el año inicial del período de diseño (habitantes).

$r$  = Tasa de crecimiento anual en (%).

$n$  = Periodo de diseño (años).

### 3.6.3 Dotación de agua

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante por un día. Se expresa en litros/habitantes/día.

Los factores que se deben considerar para determinar la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidad de drenajes y administración del sistema.

La dotación que se aplica en el municipio de La Democracia es de 125 litros/habitante/día.

### **3.6.4 Caudales de diseño**

#### **3.6.4.1 Caudal medio diario**

Es la cantidad de agua requerida para satisfacer la necesidad de una población en un día de consumo promedio, en litros por segundo. El caudal medio diario se obtiene del promedio de los consumos diarios en un año.

$$Q_M = D \cdot P / 86400$$

Donde:

- D = Es la dotación de Lts/hab/día.
- P = Es el número de habitantes.
- 86400 = Son los segundos que tiene un día.
- $Q_M$  = Caudal medio diario.

#### **3.6.4.2 Caudal máximo diario**

Las condiciones climáticas, los días de trabajo, ferias y actividades de la comunidad a beneficiar tienden a causar algunas variaciones en el consumo de agua. Los cambios producidos durante la semana varían también según las actividades, el lunes se podría generar el mayor consumo y el domingo el más bajo debido a que el lunes es inicio de actividades y el domingo día de ocio.

En algunos meses se observará un promedio diario de consumo más alto que el promedio anual. Especialmente el tiempo caluroso producirá una

semana de máximo consumo y ciertos días superaran a otros en cuanto a demanda.

También se producen demandas de consumo altas cada mañana al empezar la actividad del día y un mínimo al entrar la noche y toda la madrugada.

$$Q_{MD} = Q_M * FMD$$

Donde

$Q_{MD}$  = Es el gasto máximo diario en litros por segundo.

$Q_M$  = Es el gasto medio diario anual en litros por segundo.

FMD = Es el factor diario máximo (%).

El gasto máximo diario alcanzará probablemente el 110% del diario anual y puede llegar hasta el 150% en poblaciones menores a 1000 habitantes, según valores comúnmente usados para proyectos en la república de Guatemala.

El factor de día máximo (FDM), depende de la población que se esté estudiando. Podrá estar entre los siguientes rangos:

**Tabla XIX. Factores de día máximo**

Área	FMD
Rural	1.2 - 1.8
Urbana	1.8 -2.0

**Fuente: UNEPAR.**

El FDM puede ser utilizado también en base al siguiente criterio propuesto por la UNEPAR.

**Tabla XX. Factores de día máximo**

Área	FMD
Población ≤ 1000	1.2 - 1.5
Población > 1000	1.2

**Fuente: UNEPAR.**

### **3.6.4.3 Caudal máximo horario**

Es el consumo máximo en una hora, observado en un período de un año. Se utiliza para el diseño de la línea de distribución. El gasto máximo horario será probablemente de alrededor del 200% y del 300% para poblaciones menores de 1000 habitantes, según valores comúnmente usados para proyecto en la república de Guatemala:

$$Q_{MH} = Q_M * FMH$$

Donde

$Q_{MH}$  = Es el gasto máximo horario en litros por segundo.

$Q_M$  = Es el gasto medio diario anual en litros por segundo.

$FMH$  = Es el factor diario máximo (%).

El factor horario máximo (FHM), dependerá de la población que se esté estudiando. Podrá estar entre los siguientes rangos.

**Tabla XXI. Factores horarios máximos**

Área	FMH
Rural	2.0 – 3.0
Urbana	2.0

Fuente: UNEPAR.

#### **3.6.4.4 Factor de gasto**

Es el consumo de agua por vivienda. Con base a este factor, el caudal de hora máxima, podrá distribuirse en los tramos de tuberías que componen la línea de distribución, en base al número de viviendas comprendidas en dichos tramos. Se calcula en base a la siguiente fórmula:

A este factor se le llamará caudal de vivienda (QVIV); este caudal de vivienda será diferente para cada uno de los sistemas, esto debido a que las mismas serán configuradas y adecuadas a la densidad de vivienda y a los niveles topográficos que cada una de las viviendas tengan.

$$FG = Q_{MH} / \# \text{ viviendas}$$

Donde:

- FG = Factor de gasto.
- $Q_{MH}$  = Caudal máximo horario.
- # viviendas = Número de viviendas en el tramo.

### **3.7 Obras de captación**

Es toda estructura, que se construye con fines de coleccionar el agua de las fuentes. El fin básico, es asegurar bajo cualquier condición de flujo y durante

todo el año, la captación de la cantidad de agua necesaria, para el suministro de la población.

El tipo de obra a emplear, será en función de las características de la fuente, de la calidad físico-química y bacteriológica del agua. Dependiendo del tipo de fuente disponible o seleccionada.

En este caso se tiene disposición de un tanque elevado, al cual se le suministra agua por medio de bombeo de un pozo ubicado en el mismo terreno del tanque.

### **3.8 Líneas de conducción**

Es un conjunto de tuberías forzadas o a presión, que viene desde las obras de captación al tanque de almacenamiento. De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento de agua, las conducciones pueden ser por bombeo o por gravedad.

El diseño de una línea de conducción deberá tener en cuenta lo siguiente:

- a) La capacidad deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo diario de diseño.
- b) La selección de la clase y diámetro de la tubería a emplear, deberá ajustarse a la máxima economía.
- c) La línea de conducción deberá dotarse de los accesorios y obras de arte necesarios para su correcto funcionamiento, conforme a las

presiones de trabajo especificadas para la tubería, a su protección y mantenimiento.

### **3.9 Caja distribuidora de caudales**

Tiene como función distribuir dos o más caudales, por medio de vertederos (Fórmula de *Thomson*), cuya capacidad está en función del número de derivaciones y de la magnitud de los caudales a derivar.

Generalmente se construyen con tres cámaras: una estabilizadora, la siguiente está dividida por una pantalla con vertederos para distribuir el caudal y una tercera cámara que contiene los tubos de succión o conducción. La salida deberá estar como mínimo 10 centímetros sobre el fondo.

### **3.10 Tanques de distribución**

Para el diseño del tanque de almacenamiento o tanque de distribución, es necesario conocer algunos parámetros o criterios establecidos, tanto por las funciones a desempeñar del tanque, como por su configuración y posición respecto a la red de distribución, y por las exigencias sanitarias.

Juegan un papel muy importante para el sistema de distribución, cumple con tres propósitos fundamentales:

- a) Compensar variaciones horarias, que se produzcan durante el día.
- b) Tener almacenamiento para casos de emergencia.
- c) Garantizar presiones de servicio adecuadas.

Además para su diseño se toman en cuenta tres parámetros:

- 1) Capacidad.
- 2) Lugar de ubicación.
- 3) Tipo en su forma de ejecución.

### **3.10.1 Determinación de volúmenes**

El volumen total del tanque de distribución puede ser:

- a) Poblaciones menores de 1000 habitantes, de 25% al 35% del consumo medio diario ( $Q_M$ ) de la población. No se considera reservas para eventualidades.
- b) Población entre 1000 y 5000 habitantes, 35% del consumo medio diario ( $Q_M$ ) de la población, más un 10% para eventualidades.
- c) Poblaciones mayores de 5000 habitantes, el 40% del consumo medio diario ( $Q_M$ ), más un 10% para eventualidades.
- d) En el caso de sistemas por bombeo, la reserva mínima deberá ser la de un día de consumo medio, o del 40% al 65% del  $Q_M$ .

### **3.10.2 Desinfección**

Significa la eliminación de las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. En la práctica, la cloración ha probado ser un método confiable



de desinfección en los tratamientos de agua potable y exitosamente evitar la reaparición de bacterias en las tuberías.

Para la desinfección del agua potable, los siguientes desinfectantes pueden ser usados: cloro gaseoso, hipocloritos de sodio y calcio, dióxido de cloro y ozono. El cloro gaseoso, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el dióxido de cloro son especialmente convenientes como desinfectantes del agua.

a) Cloro gaseoso: hoy en día, todos los clorinadores operan generalmente bajo el principio de vacío total y solamente son usados para la cloración directa. En el tratamiento de agua, cloración indirecta significa que una solución de cloro es producida en sitio utilizando cloro gaseoso y agua. Esta solución sirve como desinfectante.

b) Hipoclorito de calcio: es un compuesto sólido de cloro, disponible en el comercio en forma de tabletas o de gránulos. Para preparar una solución medidora, se usan sólo gránulos del 65 al 75 por ciento de cloro efectivo, dependiendo del producto.

Durante mucho tiempo, el cloro ha probado ser un agente extremadamente confiable para una desinfección segura. Ya que el cloro no ha podido ser reemplazado por un desinfectante más conveniente, al mismo tiempo que se garantiza una segura desinfección.

### **3.11 Líneas de distribución**

El objetivo principal por el cual se diseñó la línea de distribución, fue el de abastecer a todos los sectores de la población, desde los tanques de

distribución. Para este diseño se utilizó la fórmula de *Hazen- Williams* para ramales abiertos, por su facilidad relativa a otros métodos y fórmulas; además, se utilizó el método de *Hardy-Cross* para ramales cerrados así como también fueron utilizados criterios referentes a instituciones como la UNEPAR.

### 3.12 Diseño de red

La red de distribución es un sistema de tuberías utilizado para hacer llegar el agua proveniente del tanque de distribución al consumidor. Desde el punto de vista hidráulico existen dos tipos de redes de distribución, se utilizaron las dos para diseñar esta red, los resultados se encuentran en el apéndice.

1. Red abierta: es la que se construye en forma de árbol. Se recomienda su utilización, en aquellos casos en que la población es muy dispersa. Las fórmulas que se utilizan para el diseño de este tipo de red, se presentan a continuación:

$$\begin{aligned} Q_{VIV} &= Q_{MH} / \# \text{ viviendas} \\ &= Q_{DIST} / \# \text{ viviendas} \end{aligned}$$

$$Q_{INST} = K \sqrt{n - 1}$$

Donde:

n = Es el número de viviendas.

K = Es la constante que va en función de la cantidad de viviendas que se encuentran en el tramo en diseño: K = 0.15 si n > 100 y K = 0.25 si n ≤ 100.

Para el diseño se utiliza el caudal mayor entre  $Q_{VIV}$  y  $Q_{INST}$ .

2. Red cerrada: las tuberías forman circuitos y están intercomunicadas, desde el punto de vista técnico funciona mejor que la anterior. Este método elimina los extremos muertos y permite la circulación del agua. Este sistema utiliza el método de *Hardy-Cross*, el cual es un método de aproximaciones sucesivas por el cual se aplican sistemáticas correcciones a los flujos originalmente asumidos hasta que la red esté balanceada, y por tanto las pérdidas en los nodos de la red son los mismos, si estas pérdidas no son iguales, se continúa con las iteraciones. La fórmula a utilizar para el método de Hardy-Cross se deduce de las siguientes.

$$Q'_1 = (Q_1 + \Delta) \quad Q'_2 = (Q_2 + \Delta)$$

Y como se mencionó anteriormente las pérdidas en cada nodo deben ser iguales.

$$hf_1 = hf_2$$

$$\frac{1743.811 L Q_1'^{1.85}}{D^{4.87} C^{1.85}} = \frac{1743.811 L Q_2'^{1.85}}{D^{4.87} C^{1.85}}$$

Desarrollando la igualdad anterior, se determina la fórmula que permite el cálculo de la corrección ( $\Delta$ )

$$\Delta = - \frac{\Sigma h_f}{1.85 \Sigma \left( \frac{h_f}{Q} \right)}$$

Se tendrá como aceptado, cuando la corrección ( $\Delta$ ) sea de 1% de diferencia entre el caudal de una iteración y otra, para cada uno de los circuitos que componen la red.

Además se deben tomar en cuenta los siguientes criterios para verificar las redes de distribución cerradas:

- a) El caudal que entra es igual al caudal que sale, en cada nodo.
- b) Los caudales y las pérdidas de carga, llevan el signo según su dirección.

Para el cálculo de la línea piezométrica y el cálculo de presiones, el procedimiento a seguir, es el siguiente.

1. La línea piezométrica corresponde a las alturas a las que el agua subiría, en piezómetros instalados a lo largo de la misma: es la línea de presiones. La cota piezométrica en el punto B es igual a la cota piezométrica del punto A menos la pérdida de carga ( $H_f$ ) del tramo de tubería del punto A al punto B.
2. La presión en un punto A, es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota de terreno, de ese mismo punto. Existe la presión estática que corresponde a la presión que ejerce el agua dentro de la tubería, cuando se acumula el agua y no circula debido al cierre de llaves o cuando no existe ningún consumo dentro de la población; esta presión para el sistema de conducción no debe ser mayor de 90 m.c.a. y para el sistema de distribución no debe ser mayor de 60 m.c.a.

Ahora bien, existe otro tipo de presión llamada presión dinámica, y esta ocurre cuando el agua circula dentro del sistema; esta presión para el sistema de conducción no debe ser menor de 40 m.c.a. y para el sistema de distribución no debe ser menor de 10 m.c.a.

En el diseño de la red de distribución de una comunidad, se deben seguir los siguientes criterios:

a) El diseño se hará para el máximo consumo horario, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, para el período de diseño.

b) Se deberá dotar de accesorios y obras de arte necesarias, a las redes de distribución, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas a tal efecto y facilitar su mantenimiento.

c) La distribución de caudales, debe hacerse mediante criterios, que estén acordes con el consumo real de la localidad, durante el período de diseño.

d) La función sanitaria del acueducto, se cumple a cabalidad, únicamente si el servicio es en forma continua, de calidad aceptable y en cantidad suficiente. Una red de distribución abierta puede ser diseñada utilizando la fórmula de *Hazen-William*. Para una red de distribución cerrada, la fórmula mencionada es utilizada para el cálculo de K, K' y H, pero luego éstas, son verificadas por el método de *Hardy-Cross*.

En todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad del líquido, para ver si ésta se encuentra dentro de los límites recomendados. Para diseño

de sistemas de abastecimiento de agua, los límites propuestos para la comparación de velocidades, son los siguientes.

$$0.30 \leq V \leq 3.00$$

Donde V está en m/s.

### **3.13 Obras de arte**

Las obras de arte son accesorios muy importantes en una línea de conducción y distribución de agua potable ya que por medio de las cuales podemos interrumpir el paso de un fluido o podemos liberar el aire que se queda atrapado en los puntos altos de la tubería, también en los puntos bajos los sólidos que lleva contenido el fluido se sedimenta creando taponamiento en las tuberías por eso existe una válvula que se encarga de evitar ese tipo de efecto que se da a la hora de transportar un fluido.

#### **3.13.1 Válvulas liberadoras de aire**

Son válvulas cuya función es permitir el escape del aire, que se acumula en las tuberías. Si en un sistema no se permite la liberación del aire acumulado, creará una obstrucción al libre flujo del caudal.

#### **3.13.2 Válvulas de limpieza**

Sirven para extraer los sedimentos, que se pudieran depositar en las partes bajas de las tuberías. Estos sedimentos pueden representar un factor de importancia en el funcionamiento eficiente del sistema, ya que estos sedimentos obstruyen con el correr del tiempo de forma permanente, por lo que la apertura de estas válvulas debe ser periódica.

### **3.14 Conexiones domiciliarias**

La componen la tubería y accesorios destinados al servicio exclusivo del usuario, que une la tubería de servicio de la red de distribución con el inmueble. Para este caso está proyectado que las conexiones domiciliarias se conecten con tubería de PVC de 1/2”.

La conexión domiciliar prevista está compuesta por los siguientes elementos.

- Conexión a la tubería con diámetro (1/2”).
- Válvula de paso.
- Contador.
- Llave de compuerta.
- Válvula de cheque.

### **3.15 Tipo de tubería y recomendaciones**

Los tipos de tubería que se utilizarán serán de PVC de 160, 250 y 315 PSI, norma ASTM D 2241-00. Además es importante tomar en cuenta que para que la tubería cumpla con su vida útil, debe protegerse del medio que le rodea. Se recomienda entonces lo siguiente: la zanja donde se colocará la tubería deberá tener como mínimo un ancho de 0.40 m y la profundidad mínima de 0.60 m sobre la corona (nivel superior del tubo); y cuando cualquier parte de la tubería del sistema atraviese terrenos dedicados a la agricultura la profundidad mínima será de de 0.80 m; si la tubería atravesara calles con tránsito liviano la profundidad mínima será de 1.20 m.

### **3.16 Programa de operación y mantenimiento del sistema**

El programa de operación y mantenimiento para el sistema de abastecimiento de agua potable debe tomarse como un elemento vital para el correcto funcionamiento del mismo, si no se cuenta con uno, se recomienda crearlo con entidades respectivas. De no tomarse en cuenta las recomendaciones para operar y mantener los sistemas, puede conllevar al mal funcionamiento y colapso del mismo.

Aunque el sistema pueda funcionar de forma independiente, es necesario tomar en cuenta aspectos y cuidados importantes, a continuación se proporcionan unas sugerencias en cuanto a la operación y mantenimiento de los elementos de abastecimientos de agua potable se refiere.

#### **3.16.1 Operación y mantenimiento de las captaciones de las fuentes de agua**

Se debe de tener el cuidado de las fuentes, dándoles limpieza, reforestar el área donde se encuentra el pozo, nacimientos o ríos; así como, evitar que animales y personas ajenas al proyecto estén entrando al área.

Así también se deben de realizar aforos y análisis de agua cada año como máximo, para verificar la calidad de agua que se tiene, con ello se determina si se requiere algún tipo de mantenimiento en alguna parte del proyecto.



Se debe hacer conciencia a la población que el agua se debe usar de forma correcta y no desperdiciarla, ya que es un servicio que viene a beneficiar a toda la población.

### **3.16.2 Operación y mantenimiento de las líneas de conducción de agua**

Si encuentra alguna parte húmeda, debemos excavar con cuidado y mirar si se trata de alguna fuga, si existe la fuga hay que repararla de la manera siguiente:

a) Primero se cierra la válvula de la caja más cercana a la fuga, para que no pase agua y se pueda trabajar en seco.

b) Si la tubería es de PVC cortamos con una sierra para metal a los lados de la fuga dándole un largo suficiente, como de 30 cm. o más largo si es necesario, de tal forma que permita trabajar. Los cortes deben de hacerse lo más recto posible, a escuadra, con el fin de facilitar la medida de las piezas que se van a unir.

c) Se deben eliminar todos los rebordes que pudieran quedar al hacer el corte, esto se puede hacer con una cuchilla afilada o con una lima.

d) A la parte de tubo que se agrega, se le hace un corte diagonal que forme 15 grados a ambos lados y se hace entrar por lo menos 5 cm. en cada campana a unión, de preferencia se deben utilizar uniones del diámetro de la tubería que se repara.

### **3.16.3 Operación y mantenimiento de la red de distribución de agua**

En la red de distribución se debe de 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.

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 mas fina, hasta 20 cm. por encima del tubo y compactar. Luego se continúa agregando capas de 20 cm. compactando hasta cubrir totalmente la zanja.

### **3.17 Propuesta de tarifa para sostenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable**

#### **3.17.1 Concepto y parámetros para determinar la tarifa**

La tarifa es una cantidad de dinero que se cobra en forma periódica por un servicio prestado; es la cantidad que se cobrará mensualmente por el servicio de agua potable en la comunidad, por unidad de vivienda.

Esta cantidad de dinero generalmente es única e igual para toda la comunidad, independientemente de la cantidad de agua que se consuma en cada vivienda. Esto debido a la falta de medidores que determinen el volumen de agua consumido.

El concepto de adopción de tarifa se refiere al criterio que se debe tomar, en base a una tarifa calculada matemáticamente, para llegar así a la tarifa real, que para efectos prácticos se deberá cobrar mensualmente.

La tarifa que se cobra es calculada de tal manera que debe cubrir todos los gastos en que pueda incurrir el comité: gastos administrativos y de servicio al proyecto. Para ello se deben tomar algunos parámetros que deben ser involucrados en el cálculo de la tarifa, entre ellos se encuentran:

- Administración. Es el conjunto de medidas cuyo fin es organizar y tomar las decisiones necesarias para llevar a cabo un proyecto. Básicamente comprende al cobro por parte de un tesorero asignado (Comité), del 10% por concepto de comisión del total recaudado, así como gastos de oficina y viáticos. La administración se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Administración} = 0.10 * \text{gastos}$$

- Mantenimiento. Es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones o equipos, para prevenir daños o para la reparación de los mismos, cuando éstos ya se hubieren producido, a fin de conseguir el buen funcionamiento de un sistema. El mantenimiento puede ser preventivo (acciones planificadas y ejecutadas antes de que se produzcan daños al sistema) y el mantenimiento correctivo (reparaciones inmediatas y oportunas de daños ocurridos al sistema). Según la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales) se estima que mensualmente se requerirá un monto equivalente al 0.40% del costo total del proyecto, por lo que se usará este porcentaje para gastos de mantenimiento. Se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{0.004 * CT}{12}$$

Donde:

R = A los gastos previstos para mantenimiento mensual.

CT = El costo total del proyecto.

12 = Es la cantidad de meses en un año.

- Tratamiento. Son las medidas adoptadas para la desinfección adecuada del agua que sirve para el consumo humano. Para llevar a cabo el tratamiento al agua deberá consumirse material que se debe adquirirse en cantidades mensuales. Para el cálculo del costo del tratamiento se utilizarán fórmulas que estén en función del caudal de distribución a tratar.

Para calcular el hipoclorito líquido necesario por día ( $HC_{DIARIO}$ ) en función del caudal de distribución ( $Q_{DIST}$ ) se utiliza la siguiente formula:

$$HC_{LÍQUIDO} = Q_{DIST} * 0.001 * 86400$$

Para calcular el costo de un gramo de hipoclorito ( $Costo_{GRAMO}$ ) en polvo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Costo_{GRAMO} = \frac{Costo_{QUINTAL}}{454 * 100}$$

Donde se debe tener el costo en el mercado por quintal de hipoclorito; los 454 son los gramos que hay en una libra; y 100 por la cantidad de libras que tiene un quintal.

Se debe calcular además la cantidad de hipoclorito en polvo necesaria en función de la concentración que este contenga con la siguiente fórmula:

$$W_{HC} = \frac{HC_{LIQUIDO}}{Consc.}$$

Donde

- $W_{HC}$  = Es el peso de hipoclorito en polvo.  
 $HC_{LIQUIDO}$  = Es el hipoclorito líquido en litros por día.  
 Consc. = Es la concentración, porcentaje a utilizar en gramos por litro.

Para calcular el costo mensual por tratamiento, se utilizan los valores calculados anteriormente en la siguiente fórmula:

$$Trat = 30 * Costo_{GRAMO} * W_{HC}$$

- Inflación. Es el alza generalizada en los precios, ocasionada por la deficiente economía de una nación. Este parámetro permite que se cuente con una reserva (Rv) que permita cubrir aumentos inesperados en el precio de los materiales utilizados para la operación del sistema.

$$Rv = \% \text{ Inflación} * \text{Gastos}$$

### 3.17.2 Cálculo de tarifa para el sistema de agua potable

A continuación se presentan los cálculos necesarios para la tarifa en base a los conceptos presentados en el inciso anterior. El costo total del proyecto asciende a la cantidad de Q 125,997.12

- Mantenimiento

$$R = \frac{0.004 * CT}{12}$$

$$R = \frac{0.004 * 125,997.12}{12} = Q 41.99$$

- Tratamiento: el caudal a utilizar es el caudal de distribución (1.765 Lts/seg) y una concentración de 70% de hipoclorito de calcio con un costo por libra de Q16.80 en el mercado nacional y un costo de Q1,680.00 por quintal:

$$HC_{LIQUIDO} = Q_{DIST} * 0.001 * 86400$$

$$HC_{LIQUIDO} = 1.765 * 0.001 * 86400 = 152.50 \text{ Lts/dia.}$$

$$Costo_{GRAMO} = \frac{Costo_{QUINTAL}}{454 * 100}$$

$$Costo_{GRAMO} = \frac{Q 1,680.00}{454 * 100} = Q 0.037$$

$$W_{HC} = \frac{HC_{LIQUIDO}}{Consc.}$$

$$W_{HC} = \frac{152.50}{0.70} = 217.86 \text{ gr.}$$

$$\text{Tratamiento} = 30 * Costo_{GRAMO} * W_{HC}$$

$$\text{Tratamiento} = 30 * 0.037 * 217.86 = Q 241.82$$

Se calcula luego el total de gastos, el cual corresponde a la suma del mantenimiento y el tratamiento:

$$\text{Gastos} = R + \text{tratamiento}$$

$$\text{Gastos} = Q 42.00 + Q 242.00$$

$$\text{Gastos} = \text{Q } 284.00$$

➤ Administración

$$\text{Administración} = 0.10 * \text{gastos}$$

$$\text{Administración} = 0.10 * 284.00 = \text{Q } 28.40$$

➤ Reserva

Se calculará la reserva en base al mayor porcentaje de inflación registrado por el banco de Guatemala. El mayor porcentaje registrado ha sido de 6.62% en el mes de marzo del año 2007.

$$Rv = 0.0662 * \text{Gastos}$$

$$Rv = 0.0662 * 284.00$$

$$Rv = \text{Q } 18.80$$

➤ Total a recaudar mensualmente

$$\text{Total mensual} = \text{administración} + \text{gastos} + \text{reserva}$$

$$\text{Total mensual} = 28.40 + 284.00 + 18.80$$

$$\text{Total mensual} = \text{Q } 331.20$$

Para calcular la tarifa por vivienda, se divide el total mensual por 44 viviendas que es el total de la colonia.

$$\text{Tarifa} = \frac{\text{Total mensual}}{44}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{\text{Q } 33.20}{44}$$



Tarifa = Q 7.52

Este cálculo es la tarifa matemática que en realidad presentaría dificultades al momento de cobrarla en cada vivienda, para ello se aproximará a la tarifa adoptada:

Tarifa Q 8.00

### 3.18 Presupuesto del abastecimiento de agua potable.

Tabla XXII. Integración de renglones abastecimiento de agua potable

No. Renglón	Descripción de renglón	Cantidad	Unidad	Q/unitario	Q/total
1	Trabajos preliminares	1345	MI	Q 16,51	Q 22.202,41
2	Trazo	1326	MI	Q 6,55	Q 8.684,34
3	Excavación	300	M <sup>3</sup>	Q 20,46	Q 6.138,28
4	Compactación	250	M <sup>3</sup>	Q 19,96	Q 4.989,44
5	Tubería de pvc 2 1/2"	18	Tubo	Q 291,65	Q 5.249,66
6	Tubería pvc 2"	156	Tubo	Q 219,13	Q 34.184,98
7	Tubería de 1 1/2"	14	Tubo	Q 177,26	Q 2.481,67
8	Tubería de 1 1/4"	25	Tubo	Q 211,45	Q 5.286,35
9	Tubería pvc 1"	13	Tubo	Q 178,52	Q 2.320,73
10	Accesorios de pvc	45,00	Unidad	Q 128,49	Q 5.782,15
11	Cajas de válvulas y accesorios	21,00	Unidad	Q 504,06	Q 10.585,22
12	Tapadera de cajas de válvulas	21,00	Unidad	Q 86,06	Q 1.807,17
13	Conexiones domiciliarias	44,00	Unidad	Q 370,11	Q 16.284,72
	<b>Total general</b>				<b>Q125.997,12</b>

**Tabla XXIII. Costos unitarios por renglón abastecimiento de agua potable**

No. Renglón	1
Descripción	Trabajos preliminares
Cantidad estimada	1345,00
Unidad	MI

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Azadón	10,00	Unidad	Q 35,00	Q 350,00
Machete	10,00	Unidad	Q 20,00	Q 200,00
Carreta	5,00	Unidad	Q 210,00	Q 1.050,00
Total materiales				Q 1.600,00
<b>Mano de obra</b>				
Limpia y chapeo	1345	MI	Q 6,00	Q 8.070,00
		Ayudante	37.5 %	Q 3.026,25
		Prestaciones	85.67 %	Q 9.506,16
Total mano de obra				Q 20.602,41
<b>Costo directo</b>				Q 22,202,41
<b>Costo total de renglón</b>				Q 22,202,41

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 16,51</b>
------------------------	----------------

No renglón	2
Descripción	Trazo
Cantidad estimada	1326,00
Unidad	MI

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Cal	4,00	Bolsa	Q 25,00	Q 100,00
Total materiales				Q 100,00
<b>Mano de obra</b>				
Trazo y estaqueado	1345	MI	Q 2,50	Q 3.362,50
		Ayudante	37.5 %	Q 1.260,94
		Prestaciones	85.67 %	Q 3.960,90

Continúa

Total mano de obra		Q	8.584,34
<b>Costo directo</b>		Q	8.674,34
<b>Costo total de renglón</b>		Q	8.674,34

<b>Precio unitario</b>	<b>Q</b>	<b>6,55</b>
------------------------	----------	-------------

No renglón	3
Descripción	Excavación
Cantidad estimada	300,00
Unidad	M <sup>3</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Pala	5,00	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Piocha	5,0	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Carreta	4,0	Unidad	Q 210,00	Q 840,00
Total materiales				Q 1.160,00
<b>Mano de obra</b>				
Excavación	300,00	M <sup>3</sup>	Q 6,50	Q 1.950,00
		Ayudante	37.5 %	Q 731,25
		Prestaciones	85.67 %	Q 2.297,03
Total mano de obra				Q 4.978,28
<b>Costo directo</b>				Q 6.138,28
<b>Costo total de renglón</b>				Q 6.138,28

<b>Precio unitario</b>	<b>Q</b>	<b>20,46</b>
------------------------	----------	--------------

No renglón	4
Descripción	Compactación
Cantidad estimada	250,00
Unidad	M3

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				

Continúa

Pala	5,00	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Plocha	5,0	Unidad	Q 32,00	Q 160,00
Carreta	4,0	Unidades	Q 210,00	Q 840,00
Total materiales				Q 1.160,00
<b>Mano de obra</b>				
Compactación	250,00	M <sup>3</sup>	Q 6,00	Q 1.500,00
		Ayudante	37.5 %	Q 562,50
		Prestaciones	85.67 %	Q 1.766,94
Total mano de obra				Q 3.829,44
<b>Costo directo</b>				Q 4.989,44
<b>Costo total de renglón</b>				Q 4.989,44

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 19,96</b>
------------------------	----------------

No renglón	5
Descripción	Tubería de pvc 2 1/2"
Cantidad estimada	18,00
Unidad	Tubo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería pvc Ø 2 1/2" 160 PSI	18,00	Unidad	Q 207,06	Q 3.727,08
Pegamento para pvc tangit	1/8	Galón	Q 790,00	Q 98,75
Material selecto	2,5	M <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 275,00
Total materiales				Q 4.100,83
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de tubería	18,00	Unidades	Q 25,00	Q 450,00
		Ayudante	37.5 %	Q 168,75
		Prestaciones	85.67 %	Q 530,08
Total mano de obra				Q 1.148,83
<b>Costo directo</b>				Q 5.249,66
<b>Costo total de renglón</b>				Q 5.249,66

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 291,65</b>
------------------------	-----------------

No. Renglón	6
Descripción	Tubería pvc 2"
Cantidad estimada	156,00
Unidad	Tubo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería pvc Ø 2" 160 PSI	156,00	Unidad	Q 141,28	Q 22.039,68
Pegamento para pvc tangit	1/8	Galón	Q 790,00	Q 98,75
Material selecto	19	M <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 2.090,00
Total materiales				Q 24.228,43
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de tubería	156,00	Unidad	Q 25,00	Q 3.900,00
		Ayudante	37.5 %	Q 1.462,50
		Prestaciones	85.67 %	Q 4.594,05
Total mano de obra				Q 9.956,55
<b>Costo directo</b>				Q 34.184,98
<b>Costo total de renglón</b>				Q 34.184,98

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 219,13</b>
------------------------	-----------------

No renglón	7
Descripción	Tubería de 1 1/2"
Cantidad estimada	14,00
Unidad	Tubo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería pvc ø 1 1/2" 160 PSI	14,00	Unidad	Q 90,67	Q 1.269,38
Pegamento para pvc tangit	1/8	Galón	Q 790,00	Q 98,75
Material selecto	2	M <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 220,00
Total materiales				Q 1.588,13
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de tubería	14,00	Unidad	Q 25,00	Q 350,00
		Ayudante	37.5 %	Q 131,25

Continúa

	Prestaciones	85.67 %	Q	412,29
Total mano de obra			Q	893,54
<b>Costo directo</b>			Q	2.481,67
<b>Costo total de renglón</b>			Q	2.481,67

<b>Precio unitario</b>	<b>Q</b>	<b>177,26</b>
------------------------	----------	---------------

No renglón	8
Descripción	Tubería de 1 1/4"
Cantidad estimada	25,00
Unidad	Tubo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería pvc ø 1 1/4" 160 PSI	25,00	Unidad	Q 104,08	Q 2.602,00
Pegamento para pvc tangit	1/8	Galón	Q 790,00	Q 98,75
Material selecto	9	M <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 990,00
Total materiales				Q 3.690,75
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de tubería	25,00	Unidad	Q 25,00	Q 625,00
		Ayudante	37.5 %	Q 234,38
		Prestaciones	85.67 %	Q 736,23
Total mano de obra				Q 1.595,60
<b>Costo directo</b>			Q	5.286,35
<b>Costo total de renglón</b>			Q	5.286,35

<b>Precio unitario</b>	<b>Q</b>	<b>211,45</b>
------------------------	----------	---------------

No renglón	9
Descripción	Tubería pvc 1"
Cantidad estimada	13
Unidad	Tubo

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tubería pvc ø 1" 160 PSI	13,00	Unidad	Q 64,79	Q 842,27
Pegamento para pvc tangit	1/8	Galón	Q 790,00	Q 98,75
Material selecto	5	M <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 550,00
Total materiales				Q 1.491,02
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de tubería	13,00	Unidad	Q 25,00	Q 325,00
		Ayudante	37.5 %	Q 121,88
		Prestaciones	85.67 %	Q 382,84
Total mano de obra				Q 826,71
<b>Costo directo</b>				Q 2.320,73
<b>Costo total de renglón</b>				Q 2.320,73

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 178,52</b>
------------------------	-----------------

No renglón	10
Descripción	Accesorios de pvc
Cantidad estimada	45,00
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Tapón hembra 1"	1	Unidad	Q 5,00	Q 5,00
Codo a 45° de pvc de ø 1 1/2"	2	Unidad	Q 13,74	Q 27,48
Codo a 90° de pvc de ø 2 1/2"	1	Unidad	Q 72,85	Q 72,85
Codo a 90° de pvc de ø 2"	4	Unidad	Q 14,94	Q 59,76
Tee de pvc de ø 2"	2	Unidad	Q 17,02	Q 34,04
Válvulas de compuerta bronce 2 1/2"	1	Unidad	Q 455,90	Q 455,90

Continúa

Válvulas de compuerta bronce 2"	5	Unidad	Q 241,59	Q 1.207,95
Válvulas de compuerta bronce 1 1/4"	5	Unidad	Q 134,40	Q 672,00
Válvula de aire 3/4" bronce	1	Unidad	Q 448,00	Q 448,00
Válvula de paso bronce 3/4"	2	Unidad	Q 71,50	Q 143,00
Adaptadores macho 2 1/2"	2	Unidad	Q 26,99	Q 53,98
Adaptadores macho 2"	12	Unidad	Q 10,23	Q 122,76
Adaptadores macho 1"	2	Unidad	Q 5,14	Q 10,28
Reductor bushing 2 1/2" a 2"	1	Unidad	Q 33,14	Q 33,14
Reductor bushing 2" a 1 1/2"	2	Unidad	Q 11,06	Q 22,12
Reductor bushing 2" a 1 1/4"	1	Unidad	Q 11,06	Q 11,06
Reductor bushing 1 1/4" a 1"	1	Unidad	Q 6,41	Q 6,41
Pegamento para pvc tangit	1/8	Galón	Q 790,00	Q 98,75
Total materiales				Q 3.484,48
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de accesorios	45,00	Unidad	Q 20,00	Q 900,00
		Ayudante	37.5 %	Q 337,50
		Prestaciones	85.67 %	Q 1.060,17
Total mano de obra				Q 2.297,67
<b>Costo directo</b>				Q 5.782,15
<b>Costo total de renglón</b>				Q 5.782,15

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 128,49</b>
------------------------	-----------------

No renglón	11
Descripción	Cajas de válvulas y accesorios
Cantidad estimada	21,00
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Cemento	48	Saco	Q 48,00	Q 2.304,00
Arena	6,0	M <sup>3</sup>	Q 120,00	Q 720,00
Piedrín de 1/2"	4,0	M <sup>3</sup>	Q 220,00	Q 880,00



Continúa

Piedra de canto rodado	6,00	M <sup>3</sup>	Q 220,00	Q 1.320,00
Total materiales				Q 5.224,00
<b>Mano de obra</b>				
Levantado de cajas	21,00	Unidad	Q 70,00	Q 1.470,00
Instalación de válvulas	21,00	Unidad	Q 30,00	Q 630,00
		Ayudante	37.5 %	Q 787,50
		Prestaciones	85.67 %	Q 2.473,72
Total mano de obra				Q 5.361,22
<b>Costo directo</b>				Q 10.585,22
<b>Costo total de renglón</b>				Q 10.585,22

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 504,06</b>
------------------------	-----------------

No renglón	12
Descripción	tapadera de cajas de válvulas
Cantidad estimada	21,00
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Cemento	3	Saco	Q 49,00	Q 147,00
Arena	0,12	M <sup>3</sup>	Q 120,00	Q 14,40
Piedrín de 1/2"	0,17	M <sup>3</sup>	Q 220,00	Q 37,40
Total materiales				Q 198,80
<b>Mano de obra</b>				
Fundido y colocación	21,00	Unidad	Q 30,00	Q 630,00
		Ayudante	37.5 %	Q 236,25
		Prestaciones	85.67 %	Q 742,12
Total mano de obra				Q 1.608,37
<b>Costo directo</b>				Q 1.807,17
<b>Costo total de renglón</b>				Q 1.807,17

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 86,06</b>
------------------------	----------------

No renglón	13
Descripción	Conexiones domiciliarias
Cantidad estimada	44,00
Unidad	Unidad

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Válvula de paso con caja	44	Unidad	Q 115,00	Q 5.060,00
Chorro 1/2"	44	Unidad	Q 25,00	Q 1.100,00
Copla de 1/2"	44	Unidad	Q 6,00	Q 264,00
Niple de hg de 1/2" 0.30 m	44	Unidad	Q 15,00	Q 660,00
Niple de hg de 1/2" 1.50 m	44	Unidad	Q 22,00	Q 968,00
Adaptadores macho	176	Unidad	Q 2,10	Q 369,60
Total materiales				Q 8.421,60
<b>Mano de obra</b>				
Instalación de acometidas	44,00	Unidad	Q 70,00	Q 3.080,00
		Ayudante	37.5 %	Q 1.155,00
		Prestaciones	85.67 %	Q 3.628,12
Total mano de obra				Q 7.863,12
<b>Costo directo</b>				Q 16.284,72
<b>Costo total de renglón</b>				Q 16.284,72
<b>Precio unitario</b>				<b>Q 370,11</b>

### 3.19 Cronograma de trabajo físico – financiero, del proyecto

Tabla XXIV. Cronograma de trabajo físico-financiero, del abastecimiento de agua potable

No.	Renglón de trabajo	Cantidad	Unidad	Qirenglón	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4						
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Trabajos preliminares	1345,00	MI	Q 22.202,41	■															
2	Trazo	1326,00	MI	Q 8.684,34	■															
3	Excavación	300,00	M³	Q 6.138,28	■															
4	Compactación	250,00	M³	Q 4.989,44	■															
5	Tubería de pvc 2 1/2"	18,00	Tubo	Q 5.249,66																
6	Tubería pvc 2"	156,00	Tubo	Q 34.184,98																
7	Tubería de 1 1/2"	14,00	Tubo	Q 2.481,67																
8	Tubería de 1 1/4"	25,00	Tubo	Q 5.286,35																
9	Tubería pvc 1"	13,00	Tubo	Q 2.320,73																
10	Accesorios de pvc	45,00	Unidad	Q 5.782,15																
11	Cajas de válvulas y accesorios	21,00	Unidad	Q 10.585,22																
12	Tapadera de cajas de válvulas	21,00	Unidad	Q 1.807,17																
13	Conexiones domiciliare	44,00	Unidad	Q 16.284,72																
<b>Inversión mensual</b>																				
<b>Total proyecto</b>																				
					<b>Q43.641,31</b>	<b>Q30.749,31</b>	<b>Q38.056,57</b>	<b>Q125.997,12</b>	<b>Q13.549,93</b>											

### **3.20 Evaluación de impacto ambiental**

Las razones para proteger los sistemas de agua frente a desastres naturales, van desde la protección de la salud, asegurar el desarrollo, actividades económicas y proteger la inversión en la infraestructura de agua.

La interacción entre las amenazas naturales y los sistemas de agua ha dejado en evidencia cuán expuestos se encuentran éstos a ser dañados. Además, generalmente en los procesos de desarrollo no se ha considerado el efecto de los desastres sobre estos sistemas, lo que se ha traducido en: pérdidas económicas, alteraciones en la calidad de los servicios.

#### **3.20.1. En construcción**

En la red de distribución se contempla la excavación de zanjas, instalación de válvulas para que se pueda sectorizar y la construcción de conexiones domiciliarias. Debido a que no se hace un movimiento de tierras considerable y que se afecta en un mínimo porcentaje el ambiente, no hay medidas de mitigación factibles a implementar.

#### **3.20.2. En operación**

El mantenimiento de la línea de distribución, incluye la limpieza interior, que consiste en remover sólidos atrapados, abriendo la válvula para que salga cualquier sólido; y la limpieza exterior, que consiste en remover todo sólido que ingrese a las cajas de válvulas.

Durante el mantenimiento de la línea de distribución no se utilizará ningún líquido contaminante. Se recomienda como única medida de mitigación, se recomienda mantener una vigilancia periódica para evitar el desperdicio.

### 3.21. Evaluación socio-económica

#### 3.21.1. Valor presente neto

La municipalidad de La Democracia pretende invertir Q 125997.12 en la ejecución del proyecto de la red de distribución de agua potable para la colonia La Unión. Se cuenta con los gastos obtenidos anteriormente y se estima un pago único por acometida domiciliar de Q150.00 por vivienda, también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 8.00. Suponiendo una tasa del 10% al final de los 20 años de vida útil, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del valor presente neto.

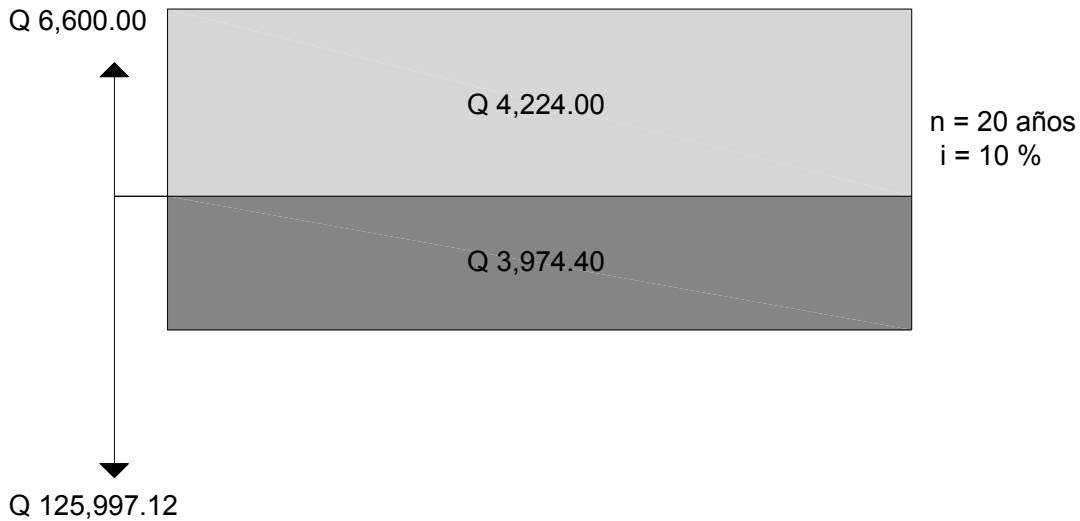
Entonces tenemos

**Tabla XXV. Costos del abastecimiento de agua potable**

Descripción	Operación	Resultado
Costo inicial		Q 125,997.12
Ingreso inicial	(150 Q/viv.)(44 viv.)	Q 6,600.00
Costo anual	(331.20 Q/mes)(12mes)	Q 3,974.40
Ingreso anual	(8 Q/mes)(44viv.)(12mes)	Q 4,224.00
Vida útil, en años		20 años

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 10%.

**Figura 6. Diagrama de flujo de efectivo abastecimiento de agua potable**



Si se utiliza el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos se tiene:

$$VPN = -125,997.12 + 6,600 - 3,974.40 (1 + 0.10)^{20} + 4,224 (1 + 0.10)^{20}$$

$$VPN = - 117,697.94$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social, promoviendo desarrollo en la colonia La Unión, teniendo como beneficiarios los habitantes de dicha colonia.

### **2.21.2 Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno se define como la tasa en la cual, el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

El cálculo de la tasa interna de retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a calcular las respectivas cantidades que representen el valor presente neto.

- Se propone una tasa de 37 %, entonces se obtiene:

$$VPN = - 119,397.12 + 249.60 (1+0.37)^{20}$$

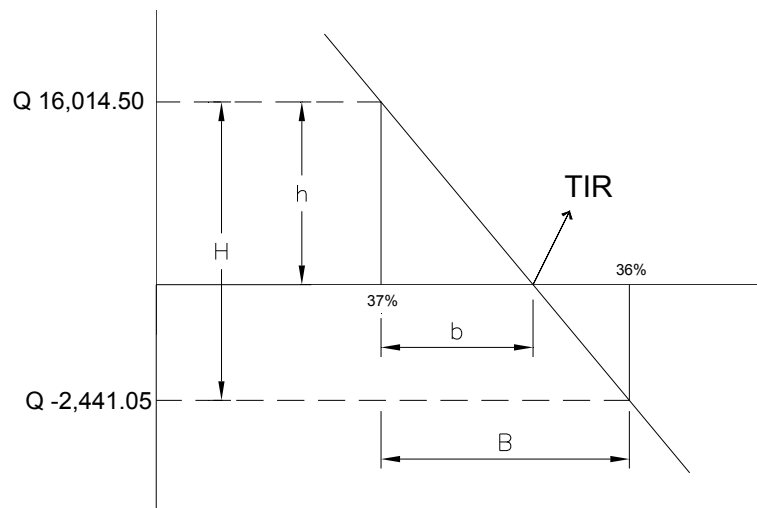
$$VPN = 16,014.50$$

- Se propone ahora una tasa del 36% entonces se obtiene:

$$VPN = - 119,397.12 + 249.60 (1+0.36)^{20}$$

$$VPN = - 2,441.05$$

**Figura 7. Diagrama de tasa interna de retorno abastecimiento de agua potable**



Del diagrama resultan los siguientes datos, sin tomar en cuenta el signo:

$$B = 1.00\%$$

$$H = 16,014.50 + 2,441.05 = 18,455.55$$

$$b = x$$

$$h = 16,014.50$$

Se hace una relación de triángulos para obtener

$$\frac{B}{H} = \frac{b}{h} \quad \Rightarrow \quad \frac{1.00}{18,455.55} = \frac{x}{16,014.50}$$

$$x = 0.8677$$

$$\text{TIR} = 37 - 0.8677\% = 36.1323\%$$

Se tiene que, la tasa de interés aproximadamente es;  $i = 36.1323\%$ , representaría la tasa efectiva mensual de retorno.



## **4. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO**

### **4.1 Período de diseño**

El período de diseño para una carretera, varia dependiendo generalmente de aspectos económicos, siendo un período muy largo incrementaría costos. La municipalidad de La Democracia adopta para sus proyectos de infraestructura un periodo de 20 años, por lo cual se utiliza este dato.

### **4.2 Topografía**

La planimetría y altimetría son bases fundamentales para todo tipo de proyecto vial, en su aplicación determinamos la libreta de campo y planos para obtener las condiciones necesarias del lugar de ejecución del proyecto.

#### **4.2.1 Planimetría**

Se procedió a levantar el eje de central de la calle, como una poligonal abierta, utilizando el método de conservación del azimut.

Como la calle se construirá sobre una ruta existente, el levantamiento tuvo que acondicionar a las características de la misma, tomando en consideración todos los pormenores y aspectos importantes como la ubicación de las viviendas, cajas de agua, pozos de visita, etc.

En el levantamiento topográfico, se utilizó el siguiente equipo topográfico:

- ✓ Teodolito *Shokkisha* TM20H.
- ✓ Plomada.
- ✓ Brújula.
- ✓ Estadal.
- ✓ Matillo y clavos.

#### **4.2.2 Altimetría**

La medición altimétrica se realizó respetando el perfil actual de la calle y tomando niveles de elementos considerables para el diseño, como lo son; niveles de viviendas, pozos de visita, cajas de agua, cajas de teléfono. La altimetría se realizó por medio de la lectura de hilos en el teodolito. Los resultados de los trabajos de altimetría y planimetría se encuentran en los planos planta-perfil, ver apéndice.

#### **4.3 Estudio de suelos**

Para diseñar cualquier tipo de pavimento, es necesario hacer un estudio completo de las características del suelo de la sub-rasante para determinar que tan bueno o malo es el material que soportará el pavimento cumpliendo con las normas establecidas por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Entre los ensayos que deben realizarse podemos mencionar los siguientes:

##### **4.3.1 Límites de *Atterberg***

Las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de

*Atterberg* o límites de consistencia como también se le conoce. Dentro de los primeros podemos citar los análisis de identificación preliminar de suelos finos: dilatancia, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación. Los límites de *Atterberg* son:

- 1) Límite líquido
- 2) Límite plástico
- 3) Índice plástico

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad, posee una consistencia semi-líquida; al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semi-sólido y se agrieta o desmorona al ser deformado.

Al intervalo de contenido de humedad en el cual un suelo posee consistencia plástica se le denomina intervalo plástico.

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 # 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 fórmula:

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

Donde:

L.L. = Límite líquido.

W = % de humedad.

N = número de golpes.

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.

3. Índice plástico: representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

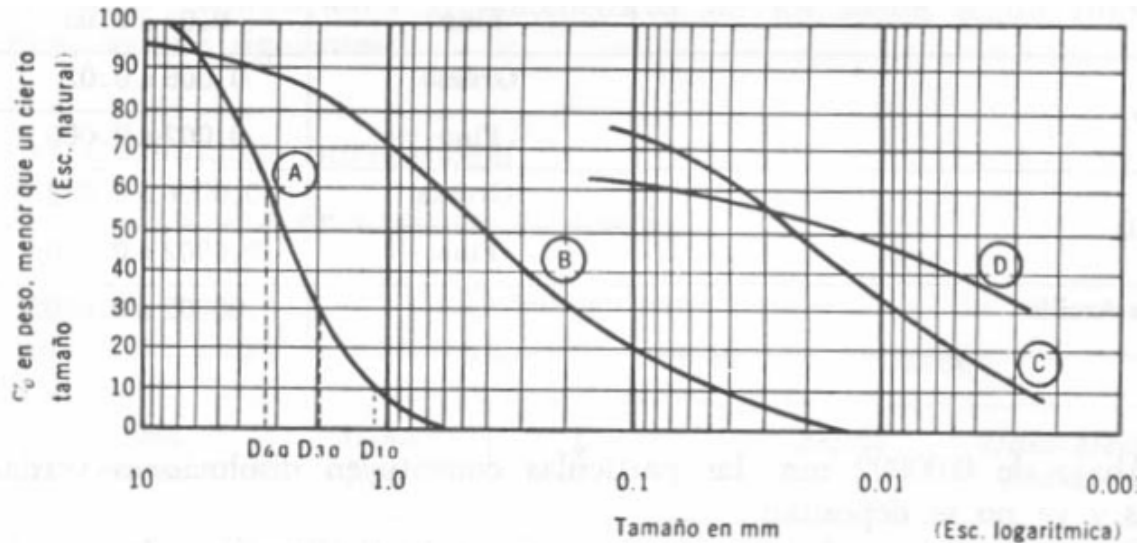
Según *Atterberg*:

I.P. = 0	suelo no plástico.
I.P. = 7	suelo tiene baja plasticidad.
$7 \leq \text{I.P.} \leq 17$	suelo medianamente plástico.

#### **4.3.2 Análisis granulométrico**

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.

**Figura 8. Representación de curva granulométrica**



**Fuente: Juárez Badillo. Mecánica de suelos. Tomo 1. Página 100.**

#### **4.3.3 Ensayo de contenido de humedad**

El contenido de humedad es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Este es el más usado, pues se utiliza en los ensayos de compactación para el contenido de humedad (Proctor), el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo.

#### **4.3.4 Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)**

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, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Antes de realizar este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz # 4; entendiéndose por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas que hubiere.

El suelo de sub-rasante del proyecto de pavimentación para la calle La Pedrera, según ensayos de laboratorio tiene una humedad óptima del 19.5% y una densidad seca óptima de 105.6 lb/pie<sup>3</sup>.

#### **4.3.5. Ensayo del valor relativo de soporte del suelo (C.B.R.)**

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 50.8% al 98.7% de compactación.

#### 4.3.6. Análisis de resultados

El suelo presenta las siguientes características:

Clasificación:	C.S.U.: SM P.R.A.: A-2-4
Descripción del suelo:	arena limosa color café.
Límites de <i>Atterberg</i> :	material no plástico
Peso unitario máximo:	1.692 t/m <sup>3</sup> (105.6 lb/pie <sup>3</sup> )
Humedad óptima:	19.5%
C.B.R.:	50.8% al 98.7% de compactación

#### 4.4 Elementos estructurales del pavimento

##### 4.4.1 Pavimento

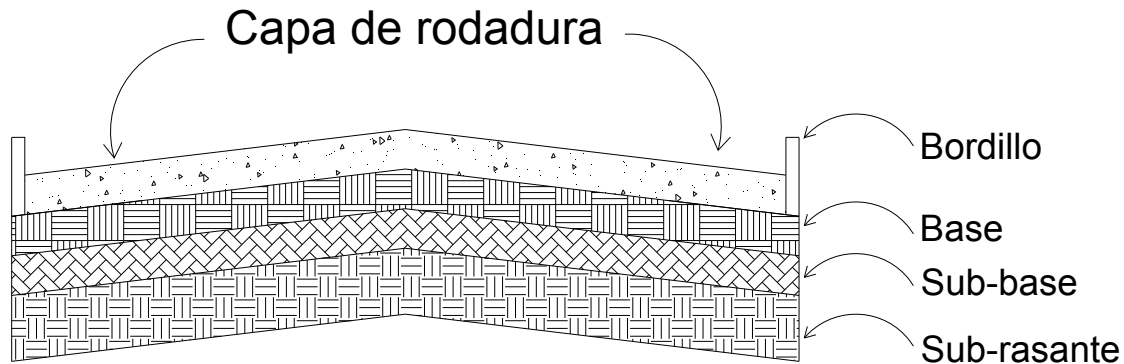
Es toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o sub-rasante compactada y que esta formado por una o varias capas de sub-base, base y carpeta de rodadura, de materiales adecuadamente seleccionados, el pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

La capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales, la capacidad estructural y funcional está íntimamente relacionada.

En efecto, un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional ya que hay un incremento en rugosidad, y a un riesgo para los vehículos y ocupantes que lo transiten. En la siguiente

figura se describe las diferentes partes o elementos estructurales de un pavimento.

**Figura 9. Elementos estructurales del pavimento**



#### **4.4.2 Selección de tipo de pavimento rígido y flexible**

Históricamente hay dos tipos clásicos de estructuras de pavimento; el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos la forma en que reparten la carga. Desde una perspectiva de diseño, los pavimentos rígidos (tradicionalmente de hormigón) tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen cargas sobre un área grande. La principal consideración de diseño es la resistencia estructural del hormigón; pequeñas variaciones en la sub-rasante tienen poca influencia sobre la capacidad estructural del pavimento.

Los pavimentos flexibles consisten en una serie de capas, y la distribución de cargas viene determinada por las características del sistema de capas. Se consigue resistencia con la construcción de capas gruesas, en vez de con la torsión de una losa. Los principios básicos de diseño son comunes para ambos tipos: seguro, económico, duradero.



Se selecciono el tipo de pavimento rígido por su menor mantenimiento y factores como; estudio de suelos, económico, base a utilizar.

El espesor del pavimento se determina por lo siguientes factores de diseño:

#### **4.4.3 Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido**

Ya seleccionado el tipo de pavimento rígido, utilizando hombros. El espesor del pavimento se determina por lo siguientes factores de diseño:

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

➤ 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 a resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influenciar el diseño del espesor de la losa. Una buena aproximación para la

resistencia a la tensión será dentro del 11 a 23 % del esfuerzo de compresión. En concretos de 3000 a 4000 PSI la relación es de 15 %.

El proceso para llevar a cabo el módulo de ruptura, será elaborado según las normas ASTM C-78. El resultado del ensayo a los veintiocho días, es comúnmente usado para el espesor de auto pistas y calles; por lo que es recomendable utilizar porciones superiores de las tablas de diseño, con resistencias a la flexión en el rango de 600 y 650 PSI.

➤ Soporte de la sub-rasante: este valor está definido por el módulo *Westergard* de reacción de la sub-rasante. Este 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.

#### **4.4.4 Sub-rasante**

Es el suelo natural donde se construirá el pavimento, puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de éste. El tipo de suelo que conforma la sub-rasante, depende de las características que tenga, las cuales se obtienen a través de los ensayos de laboratorio. Los espesores de las diferentes capas del pavimento, dependen de la capacidad soporte de la sub-rasante, la cual se clasifica en los rangos de la siguiente tabla XXVI.

**Tabla XXVI. Calidad de la sub-rasante**

<b>C.B.R</b>	<b>Clasificación</b>
0% - 5%	Sub-rasante muy mala
5%-10%	Sub-rasante mala
10% - 20%	Sub-rasante regular a buena
20% - 30%	Sub-rasante muy buena
30% - 50%	Sub-base buena
50% - 80%	Base buena
80% -100%	Base muy buena

**Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 113**

Comúnmente, los suelos de mala calidad son los que tienen materia orgánica y arcilla en exceso. Para evitar los efectos nocivos de este tipo de suelos, la mejor alternativa es sustituirlos. La sub-rasante, debe compactarse hasta obtener como mínimo el 95% de compactación con respecto a la densidad máxima obtenida en laboratorio.

#### **4.4.5 Base**

Es la capa, que transmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores. Generalmente esta formada por materiales granulares, como piedra triturada, arena, grava o suelos estabilizados. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros. La base evita el ascenso de un suelo fino a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores. Para la base de este proyecto se propone colocar una capa de material selecto de buena calidad que en su mayor parte presente limo arenoso, con una capa de 20 centímetros de espesor bien compactados con vibro compactador.

#### 4.4.6 Superficie de rodadura

En pavimentos rígidos está constituida de losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado, diseñadas de tal manera que soporten las cargas de tránsito. Es necesario que tengan otros elementos, no estructurales, para proteger tanto esta capa como las inferiores, como juntas de dilatación rellenas con material elastomérico (para impermeabilización), bordillos, cunetas o bien un sistema de alcantarillado pluvial, para el agua que pueda acumularse en la superficie.

#### 4.4.7 Pendiente transversal

Es la que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la calle. Según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal se consideran tres tipos: pendiente por bombeo, pendiente por transición, y pendiente por peralte. La pendiente por bombeo; es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

**Tabla XXVII. Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie**

<b>Tipo de superficie</b>	<b>Material</b>	<b>Bombeo</b>
Muy buena	Concreto	1% - 2%
Buena	Mezcla asfáltica	1.5% - 3%
Regular	Adoquín	2% - 2.5%
Mala	Tierra o grava	2.5% - 3%

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.**

#### **4.4.8 Juntas**

Las juntas tienen por objetivo principal, permitir la construcción de losas individuales para evitar agrietamiento en la construcción de las mismas, asegurando la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

En la mayoría de los casos las grietas aparecen en el concreto debido a cambios de volumen por encogimiento y secado, esfuerzos directos por cargas aplicadas y esfuerzos de flexión por pandeo.

Los tipos de juntas en los pavimentos de concreto caen dentro de las siguientes clasificaciones.

##### **4.4.8.1 Juntas longitudinales**

Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales, pueden ser en forma mecánica, unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa la separación máxima entre juntas longitudinales es de 12.5 pies (3.81 m), es la que determina el ancho del carril.

##### **4.4.8.2 Juntas transversales**

También llamadas juntas de contracción, estas juntas controlan las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la

losa. Se construyen perpendicularmente al tráfico, la separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57 m).

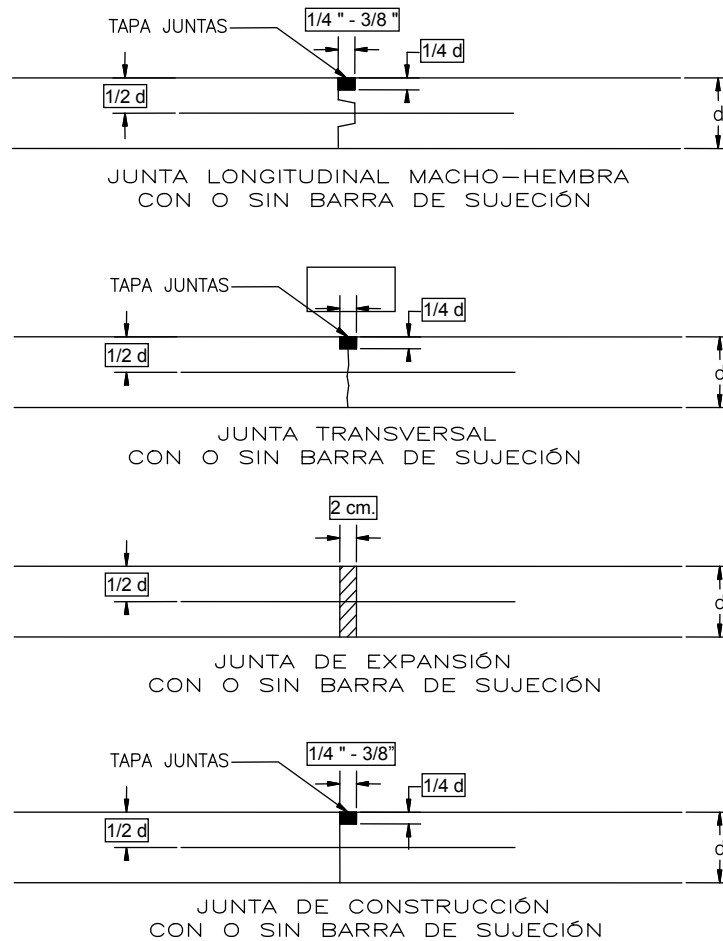
#### **4.4.8.3 Juntas de expansión**

Éstas deben ser utilizadas cuando existan estructuras fijas, tales como puentes, aceras, alcantarillas etc. Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. La separación de estas juntas debe de ser de dos centímetros. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias.

#### **4.4.8.4 Juntas de construcción**

Éstas se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Está construida de barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

**Figura 10. Tipos de juntas**



## 4.5 Desarrollo del proyecto

### 4.5.1 Diseño de losa para pavimento rígido

Para las losas de concreto para un pavimento rígido debe llenar los requisitos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad, densidad y calidad uniforme y en el diseño incluir el cálculo del espesor según las características del suelo, calidad de los materiales para el concreto, y el tránsito previsto. Asimismo los detalles constructivos especiales para soportar el peso de las cargas móviles que actuarán sobre ellas.

#### **4.5.2 Cálculo del espesor del pavimento**

Para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido, *Pórtland Cement Association* (PCA) ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, el método de capacidad y el método simplificado.

1. Método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.
2. Método simplificado: este es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles (Ver Tabla XXVIII). Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

Este método sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método asume que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1.3 según sea el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los camiones.

La secuencia de cálculo para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido es la siguiente:

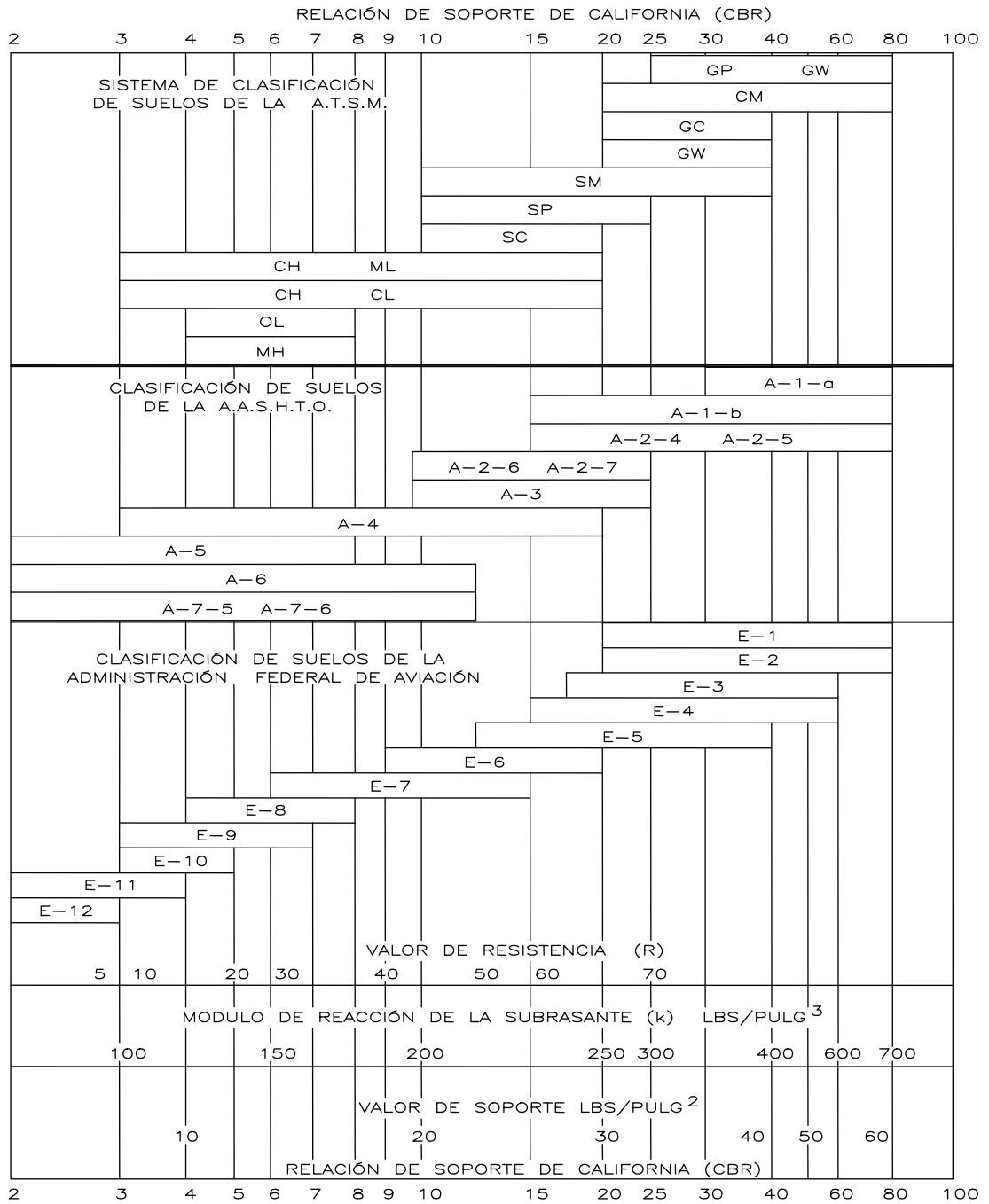


- Determinar la categoría de la vía según los criterios de la tabla XXVIII.
- Establecer el tipo de junta por utilizar (tipo dovela o de trabe por agregado).
- Decidir incluir o excluir hombros/bordillos en el diseño.
- Determinar el módulo de ruptura del concreto. Se recomienda utilizar un módulo de ruptura de 600 PSI o bien de 650 PSI.
- Determinar el módulo de reacción k de la sub-rasante. Se puede encontrar un valor aproximado a través del porcentaje de CBR, en la figura XI.
- Determinar el volumen de tránsito promedio diario de camiones o su porcentaje del tránsito promedio diario de vehículos, según la tabla XXVIII.
- Determinar el espesor de losa según las tablas XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV y XXXV de diseño, determinado con los parámetros anteriores.

El método simplificado, incluye en el análisis solamente al tráfico promedio diario de camiones (TPDC), el cual incluye solo camiones de seis llantas y unidad simples de tres ejes, excluyendo pick-ups, paneles y otros tipos livianos. Sólo se utiliza el número de ejes simples o tandem esperado para la vida útil del proyecto.

Además el método simplificado de PCA permite el uso o no, de hombros/bordillos. El uso de hombros/bordillo de concreto es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de la losa en algunos casos de una pulgada o más. La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto.

**Figura 11. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte**



**FUENTE: Henry Ernesto Chacón V. Diseño de pavimento rígido.**

**(Guatemala; Editorial Universitaria, 1995) p.32.**

**Tabla XXVIII. Categorías de carga por eje**

Categorías de tráfico en función de carga por eje						
Categoría por eje		TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
Cargados	Descripción		%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 – 5000	5 – 18	40 – 1000	26	44
3	Calles arteriales, carreteras primarias (medio), súper carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3000 – 12000 en 2 carriles 3000 – 5000 en 4 carriles	8 – 30	500 – 1000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras (altas) interestatales urbanas (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 – 20000 en 2 carriles 3000 – 150000 en 4 carriles o más	8 – 30	1500 – 8000	34	60

Las descripciones: alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

TPPD: Camiones de dos ejes, camiones de cuatro llantas excluidos.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 148.**

**Tabla XXIX. TPDC permisible, carga por eje categoría 1 Pavimentos con juntas con agregados de trabe (no necesita dovelas)**

		Sin hombros de concreto o bordillo			Con hombros de concreto o bordillo			
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
MR = 650PSI	4.5			0.1	4 4.5	2	0.2 8	0.9 25
	5 5.5	0.1 3	0.8 15	3 45	5 5.5	30 320	130	330
	6 6.5	40 330	160	430				
MR = 600PSI	5 5.5		0.1 3	0.4 9	4 4.5	0.2	1	0.1 5
	6 6.5	8 76	36 300	98 760	5 5.5	6 73	27 290	75 730
	7	520			6	610		
MR = 550PSI	5.5	0.1	0.3	1	4.5		0.2	0.6
	6 6.5	1 13	6 60	18 160	5 5.5	0.8 13	4 57	13 150
	7 7.5	110 620	400		6	130	480	

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga; Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick-ups, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0.3X7 días indica dos camiones pesados por semana); TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 149.**

**Tabla XXX. TPDC permisible, carga por eje categoría 2 Pavimentos con juntas doveladas**

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base
		Bajo alto	Medio	Alto	Muy		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR = 650PSI	5.5				5	5.5	9	3 42	9 120	42 450
	6 6.5	59 490	9	4 43	12 120	6 6.5	96 710	380 2600	970	3400
	7 7.5	80 3100 490		320	840	7	4200			
	8	2500								
MR = 600PSI	6 6.5	11 110		8	24	5 5.5	1	8	1 23	8 98
	7 7.5	15 750 110		70	190	6 6.5	19 160	84 620	220 1500	810 5200
	8 8.5	590 2700		2300		7	a.		3600	
MR = 550PSI	6.5	19			4	5.5			3	17
	7 7.5	150 890	19	11 84	34 230	6 6.5	3 29	14 120	41 320	160 1100
	8 8.5	120 560		470 2200	1200	7 7.5	210 1100	770 4000	1900	
	9	2400								

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga; TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos será mayor.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 150.**

**Tabla XXXI. TPDC permisible, carga por eje categoría 2 Pavimentos con juntas con agregados de trabe**

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo								
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte		Sub-rasante		Sub-base		Espesor de la losa Pulg.	Soporte		Sub-rasante		Sub-base	
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Bajo	Medio		Alto	Muy alto				
MR = 650PSI	5.5				5			5	9	3	9	42	450	
	6			4	12	59		6	96	380	700*	970*		
	6.5	9	43	120	490			6.5	650*	1000*	1400*	2100*		
	7	80	320	840	1200*			7	1100*	1900*				
	7.5	490	1200*	1500*										
	8	1300*	1900*											
MR = 600PSI	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	620	1400*	2100*		
	8	590	1900*					7	1000	1900*				
	8.5	1900*												
MR = 550PSI	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		
	8	120	470	1200				7	210	770	1900			
	8.5	560	2200					7.5	1100					
	9	2400												

\* Rige el análisis de erosión de otra manera controla el análisis por fatiga.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 150.**

**Tabla XXXII. TPDC permisible, carga por eje categoría 3 Pavimentos con juntas doveladas**

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto			Bajo	Medio	Alto
MR = 650PSI	7.5				250	6.5			83	320
	8		130	350	1300	7	52	220	550	1900
	8.5	160	640	1600	6200	7.5	320	1200	2900	9800
	9	700	2700	7000	11500*	8	1600	5700	13800	
	9.5	2700	10800			8.5	6900	23700*		
	10	9900								
MR = 600PSI	8			73	310	6.5				67
	8.5		140	380	1500	7			120	440
	9	160	640	1700	6200	7.5		270	680	2300
	9.5	630	2500	6500		8	370	1300	3200	10800
	10	2300	9300			8.5	1600	5800	14100	
	10.5	7700				9	6000			
MR = 550PSI	8.5			70	300	7				82
						7.5			130	480
	9		120	340	1300	8	67	270	670	2300
	9.5	120	520	1300	5100	8.5	330	1200	2900	9700
	10	460	1900	4900	19100	9	1400	4900	11700	
	10.5	1600	6500	17400		9.5	5100	18600		
	11	4900								

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el total de camiones permitidos puede ser mayor.

\* El diseño lo rige el análisis por erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 151.**



**Tabla XXXIII. TPDC permisible, carga por eje categoría 3 Pavimentos con juntas con agregado de trabe**

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR = 650PSI	7.5			60*	250*	7		220*	510	750
						7.5	320*	640	890	1400
	8		130*	350*	830	8	610	1100	1500	2500
	8.5	160*	640*	900	1300	8.5	950	1800	2700	4700
	9	680	1000	1300	2000	9	1500	2900	4600	8700
	9.5	960	1500	2000	2900	9.5	2300	4700	8000	
	10	1300	2100	2800	4300	10	3500	7700		
	10.5	1800	2900	4000	6300	10.5	5300			
	11	2500	4000	5700	9200	11	8100			
	11.5	3300	5500	7900						
	12	4400	7500							
MR = 600PSI	8			73*	310*	7			120*	440*
	8.5		140*	380*	1300	7.5	67*	270*	680*	1400
	9	160*	640*	1300	2000	8	370*	1100	1500	2500
	9.5	630*	1500	2000	2900	8.5	950	1800	2700	4700
	10	1300	2100	2800	4300	9	1500	2900	4600	8700
	10.5	1800	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
	11	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700		
	11.5	3300	5500	7900		10.5	5300			
	12	4400	7500		11	8100				
MR = 550PSI	8				56*	7				82*
	8.5			70*	300*	7.5			130*	480*
	9		120*	340*	1300*	8	67*	270*	670*	2300*
	9.5	120*	520*	1300*	2900	8.5	330*	1200*	2700	4700
	10	460*	1900*	2800	4300	9	1400*	2900	4600	8700
	10.5	1600*	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
	11	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700		
	11.5	3300	5500	7900		10.5	5300			
	12	4400	7500		11	8100				

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de vehículos podrá ser mayor.

\* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 152.**

**Tabla XXXIV. TPDC permisible, carga por eje categoría 4 Pavimentos con juntas doveladas**

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo								
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte		Sub-rasante		Sub-base		Espesor de la losa Pulg.	Soporte		Sub-rasante		Sub-base	
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Bajo	Medio		Alto	Muy alto				
MR = 650PSI	8				270			7					400	
	8.5		120	340	1300			7.5		240	620	2100		
	9	140	580	1500	5600			8	330	1200	3000	9800		
	9.5	570	2300	5900	4700*			8.5	1500	5300	12700	41100*		
	10	2000	8200	18700*	5900*			9	5900	21400	44900*			
	10.5	6700	24100*	31800*	45800*			9.5	22500	52000*				
11	21600	39600*					10	45200*						
11.5	39700*													
MR = 600PSI	8.5				300			7.5			130	490		
	9		120	340	1300			8		270	690	2300		
	9.5	120	530	1400	5200			8.5	340	1300	3000	9900		
	10	480	1900	5100	19300			9	1400	5000	12000	40200		
	10.5	1600	6500	17500	45900*			9.5	5200	18800	45900			
	11	4900	21400	53800*				10	18400					
11.5	14500	65000*												
12	44000													
MR = 550PSI	9				260			8			130	480		
	9.5			280	1100			8.5		250	620	2100		
	10		390	1100	4000			9	280	1000	2500	8200		
	10.5	320	1400	3600	13800			9.5	1100	3900	9300	30700		
	11	1000	4300	11600	46600			10	3800	13600	32900			
	11.5	3000	13100	37200				10.5	12400	46200				
12	8200	40000					11	40400						

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número de camiones permitido podrá ser mayor.

\* El diseño queda regido por el criterio de erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 153.**

**Tabla XXXV. TPDC permisible, carga por eje categoría 4 Pavimentos con juntas con agregado de trabe**

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo					
	Esesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	Esesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR = 650PSI	8				270*	7			100*	400*	
	8.5		120*	340*	990	7.5		240*	620*	910	
	9	140*	580*	1100	1500	8	330*	770	1100	1700	
	9.5	570*	1200	1600	2300	8.5	720	1300	1900	3100	
	10	1100	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700	
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200	
	11	2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900	
	11.5	2700	4500	6300	10400						
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200		
	13	6300	11100	16800		12	12800				
	14	10800									
MR = 600PSI	8.5				300*	7.5			130*	490*	
	9		120*	340*	1300*	8		270*	690*	1700	
	9.5	120*	530*	1400*	2300	8.5	340*	1300	1900	3100	
	10	480*	1700	2200	3400	9	1100	2100	2200	5700	
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200	
	11	2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900	
	11.5	2700	4500	6300	10400						
		12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200	
	13	6300	11100	16800		12	12800				
	14	10800									
MR = 550PSI	9				260*	8			130*	480*	
	9.5			280*	1100*	8.5		250*	620*	2100*	
	10		390*	1100*	3400	9	280*	1000*	2500*	5700	
	10.5	320*	1400*	3200	4900	9.5	1100*	3400	5500	10200	
	11	1000*	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900	
	11.5	2700	4500	6300	10400						
		12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200	
		13	6300	11100	16800		12	12800			
	14	10800									

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de camiones podrá ser mayor.

\* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 154.**

### **4.5.3 Tránsito**

El factor más importante en la determinación del diseño del espesor de un pavimento, es el número y peso de la carga por eje que pasará sobre él. Este es derivado de las estimaciones de TPD (tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos, se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo) y de TPDC (tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones, puede ser expresado como un porcentaje).

### **4.5.4 Tipo de junta**

Para este proyecto de pavimentación rígido, las juntas transversales serán construidas de 2.20 metros ya que el ancho promedio de la calle es de 6.60 metros y la junta longitudinal a cada 2.20 metros, haciendo de esta manera planchas cuadradas de pequeña longitud para evitar que se fracturen debido al peso de los vehículos que transitarán el peso, la pendiente de bombeo será de 1.5%, ya que el rango establece de 1% a 2 % según el tipo de superficie.

### **4.5.5 Hombro/bordillo**

El diseño contempla la integración de bordillo, de sección 10 x 38 centímetros en ambos lados de la vía. Se utilizará concreto en proporción en volumen (cemento, arena, pedrín) y se fundirá paralelamente con la capa de rodadura del pavimento.

### **4.5.6 Módulo de ruptura del concreto**

Debido al paso de vehículos por encima de las losas de concreto, en estas se producen esfuerzos de flexión y comprensión. Los esfuerzos de

comprensión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa, en cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. El módulo de ruptura del concreto se estimó con el quince por ciento de la resistencia estimada del concreto ante un esfuerzo de compresión,  $f'_c$  de 4,000 PSI (281 Kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días de curado, por lo que el valor estimado del módulo de ruptura es de 600 PSI (0.15 X 4000 PSI = 600 PSI).

#### **4.5.7 Módulo de reacción K de la sub-rasante**

El módulo de reacción de la sub-rasante es la propiedad de apoyo que ofrece la sub-rasante al tráfico. En la tabla XXXVI se determina por la PCA siguiendo las normas ASTM; dicha tabla fue obtenida para base no tratada y para bases de suelo cemento, para diferentes espesores de base. Teniendo limitaciones de ensayo en campo, el valor K que se utiliza usualmente por correlación de una prueba más simple como es la clasificación del tipo de suelo según el sistema SCU (Sistema Unificado de Clasificación de suelos, bajo el punto de vista de la ingeniería), el sistema PRA (*Public Road Administration*) o en función de su número C.B.R.

Si se emplea la clasificación SCU, PRA o el número C.B.R, debe emplearse el diagrama mostrado en la Figura 11, para determinar el módulo de reacción de la sub-rasante, y con este valor del módulo de reacción, determinar el carácter del soporte sub-rasante-sub-base según la tabla XXXVI.

Con un valor de CBR igual a 50.8 se localiza en la Figura 11, de relación de Soporte California (ver apendice), el valor aproximado del módulo de la sub-rasante K, es de 50 lb/plg<sup>2</sup> (ver Figura 11). Con el dato anterior, se localiza en el

rango de valores en la tabla XXXVI, la cual determina a este soporte como alto, catalogando al tipo de suelo como arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.

Determinando el espesor de la losa de concreto, según la tabla de diseño de categoría 2 (Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo), con agregados de trabe).

Se busca en el lado derecho, por incluir bordillo, el diseño de losa. El soporte de la sub-rasante tiene un carácter medio al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 PSI.

Con los datos obtenidos en las tablas se obtiene un espesor de 7” (17.78 cms.), por comodidad se trabajara con un espesor de losa de 18 cms.

**Tabla XXXVI. Tipo de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k**

<b>Tipos de suelo rango</b>	<b>Soporte</b>	<b>De Valores De K (Pci)</b>
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

**Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 148.**

#### **4.5.8 Diseño de la mezcla del concreto**

Para el diseño de la mezcla del pavimento fue utilizado el método del ACI (*American Concrete Institute*). La teoría de la relación agua-cemento establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una

consistencia de trabajabilidad), la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua-cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos.

Una vez que se ha establecido la relación agua-cemento y seleccionado la manejabilidad y consistencia que se necesite para el diseño específico, el resto será simple manejo de tablas basadas en resultados de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas ver tablas de la XXXVII a la XLI.

Para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de  $f'_c$  de 281 Kg/cm<sup>2</sup> (4000 psi) a los 28 días de curado ver tabla No. XXXVII, dicho concreto incluirá aire en la mezcla.

El valor de sobre diseño se estimará en la resistencia a la compresión  $f'_c$  incrementada en 1200 PSI (tabla XXXVII); este valor es de resistencia promedio a la compresión requerida  $f'_{CR} = 5200$  PSI. El revenimiento para pavimentos es de 7.5 cm como máximo (tabla XXXVIII).

El tamaño máximo del agregado puede estimarse en 6 cm pero se usará un agregado grueso más pequeño, con un tamaño nominal de (3/4 pulg.). Para un revenimiento de 7.5 cm y tamaño máximo de agregado de 3/4 pulg.

La cantidad de agua por volumen de concreto la obtenemos de la tabla XXXIX. La relación agua-cemento para una resistencia de 4000 PSI, es 0.48 según la tabla XLI, esta razón se eligió para mantener la economía y trabajabilidad del concreto.

Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que contienen porcentajes de aire menores que las mostradas en la tabla de contenido de agua y aire según el revenimiento y tamaño de agregado. Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire.

**Tabla XXXVII. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar**

Resistencia a compresión especificada $f'_c$ (PSI)	Resistencia promedio a la compresión requerida $f'_{CR}$ (PSI)
Menor de 3000	$F'_c + 1000$
3000 – 5000	$F'_c + 1200$
Mayor de 5000	$F'_c + 1400$

Fuente: manual de diseño de mezclas de concreto del CII.

**Tabla XXXVIII. Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción**

Tipo de construcción	Revenimientos (cms.)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	12.5	5.0
Zapatas simples, compuestas y muros de subestructura	10	2.5
Vigas, losas y muros reforzados	15	7.5
Columnas para edificios	15	7.5
Pavimentos	7.5	5.0
Concreto macizo	7.5	2.5

Fuente: manual de diseño de mezclas de concreto del CII.



**Tabla XXXIX. Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Revenimiento o asentamiento (cms.)	Litros de agua por m <sup>3</sup>				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 - 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: manual de diseño de mezclas de concreto del CII.

**Tabla XL. Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento**

Resistencia a la compresión a los 28 días (PSI)	Relación agua-cemento	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6000psi (420 kg/cm <sup>2</sup> )	0.41	----
5000psi ( 350 kg/cm <sup>2</sup> )	0.48	0.40
4000psi (281 kg/cm <sup>2</sup> )	0.57	0.48
3000psi (210 kg/cm <sup>2</sup> )	0.68	0.59
2000psi (140 kg/cm <sup>2</sup> )	0.82	0.74

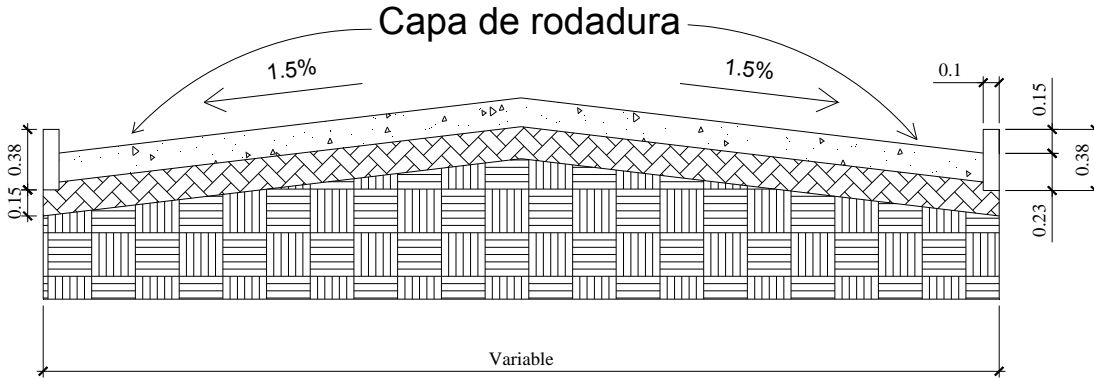
Fuente: manual de diseño de mezclas de concreto del CII.

**Tabla XLI. Porcentaje de arena sobre agregado grueso**

Tamaño máximo agregado grueso	% De arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2 "	40

Fuente: manual de diseño de mezclas de concreto del CII.

**Figura 12. Sección típica del pavimento rígido**



#### 4.6 Presupuesto del pavimento rígido

**Tabla XLII. Integración de renglones pavimento rígido**

No.	Descripción de renglón	Cantidad	Unidad	Q/unitario	Q/total
1	Remoción de capa de piedra	7055	M <sup>2</sup>	Q 4,48	Q 31.582,41
2	Replanteo topográfico	1016,98	MI	Q 7,00	Q 7.118,86
3	Sub-rasante	7055	M <sup>2</sup>	Q 3,16	Q 22.295,33
4	Base	7055	M <sup>2</sup>	Q 30,66	Q 216.335,33
5	Pavimento rígido	1270	M <sup>3</sup>	Q 876,59	Q1.113.263,65
6	Bordillo	2033,96	MI	Q 33,69	Q 68.530,39
	<b>Total general</b>				<b>Q1.459.125,98</b>

**Tabla XLIII. Costos unitarios por renglón pavimento rígido**

No renglón	1
Descripción	Remoción de capa de piedra
Cantidad estimada	7055,00
Unidad	M <sup>2</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Maquinaria y equipo</b>				
Retroexcavadora 416	36,00	Hora	Q 450,00	Q 16.200,00
Camión 12 M <sup>3</sup>	36,00	Hora	Q 250,00	Q 9.000,00
Total máquina y equipo				Q 25.200,00
<b>Mano de obra</b>				
4 peones	200	Hora	Q 12,50	Q 2.500,00
		Ayudante	37.5 %	Q 937,50
		Prestaciones	85.67 %	Q 2.944,91
Total mano de obra				Q 6.382,41
<b>Costo directo</b>				Q 31.582,41
<b>Costo total de renglón</b>				Q 31.582,41

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 4,48</b>
------------------------	---------------

No renglón	2
Descripción	Replanteo topográfico
Cantidad estimada	1016,98
Unidad	MI

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Mano de obra</b>				
Replanteo con equipo topográfico	1016,98	MI	Q 5,00	Q 5.084,90
Trazo y estaqueado	1016,98	MI	Q 2,00	Q 2.033,96
Total mano de obra				Q 7.118,86
<b>Costo directo</b>				Q 7.118,86
<b>Costo total de renglón</b>				Q 7.118,86

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 7,00</b>
------------------------	---------------

No renglón	3
Descripción	Sub-rasante
Cantidad estimada	7055,00
Unidad	M <sup>2</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Maquinaria y equipo</b>				
Patrol	24,00	Hora	Q 350,00	Q 8.400,00
Regadora	3,0	Día	Q 700,00	Q 2.100,00
Vibrocompactador	24,0	Hora	Q 300,00	Q 7.200,00
Total materiales				Q 17.700,00
<b>Mano de obra</b>				
6 peones	144,00	Hora	Q 12,50	Q 1.800,00
		Ayudante	37.5 %	Q 675,00
		Prestaciones	85.67 %	Q 2.120,33
Total mano de obra				Q 4.595,33
<b>Costo directo</b>				Q 22.295,33
<b>Costo total de renglón</b>				Q 22.295,33

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 3,16</b>
------------------------	---------------

No renglón	4
Descripción	Base
Cantidad estimada	7055,00
Unidad	M <sup>2</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Patrol	24,00	Hora	Q 350,00	Q 8.400,00
Regadora	3,0	Día	Q 700,00	Q 2.100,00
Vibrocompactador	24,0	Hora	Q 300,00	Q 7.200,00
Material selecto	1.764,0	M3	Q 110,00	Q 194.040,00
Total materiales				Q 211.740,00
<b>Mano de obra</b>				
6 peones	144,00	Hora	Q 12,50	Q 1.800,00
		Ayudante	37.5 %	Q 675,00

Continúa

	Prestaciones	85.67 %	Q 2.120,33
Total mano de obra			Q 4.595,33
<b>Costo directo</b>			Q 216.335,33
<b>Costo total de renglón</b>			Q 216.335,33

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 30,66</b>
------------------------	----------------

No renglón	5
Descripción	Pavimento rígido
Cantidad estimada	1.270,00
Unidad	M <sup>3</sup>

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Cemento	11.430,00	Unidades	Q 48,00	Q 548.640,00
Arena	670,0	M <sup>3</sup>	Q 120,00	Q 80.400,00
Piedrin 3/4"	895	M <sup>3</sup>	Q 250,00	Q 223.750,00
Costanera 8"x2"x1/16"	20	Unidad	Q 180,00	Q 3.600,00
Total materiales				Q 856.390,00
<b>Mano de obra</b>				
Colocación de arrastres	1.016,98	MI	Q 6,50	Q 6.610,37
Colocación de concreto	1.270,00	M <sup>3</sup>	Q 25,00	Q 31.750,00
Acabado de superficie	7.055,00	M <sup>2</sup>	Q 4,50	Q 31.747,50
Corte de juntas	5.085,00	MI	Q 3,00	Q 15.255,00
Relleno de juntas	5.085,00	MI	Q 3,00	Q 15.255,00
		Ayudante	37.5 %	Q 37.731,70
		Prestaciones	85.67 %	Q 118.524,08
Total mano de obra				Q 256.873,65
<b>Costo directo</b>				Q 1.113.263,65
<b>Costo total de renglón</b>				Q 1.113.263,65

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 876,59</b>
------------------------	-----------------

No renglón	6
Descripción	Bordillo
Cantidad estimada	2.033,96
Unidad	MI

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
<b>Materiales</b>				
Cemento	620,00	Saco	Q 48,00	Q 29.760,00
Arena	36,0	M <sup>3</sup>	Q 120,00	Q 4.320,00
Piedrin 3/4"	48,0	M <sup>3</sup>	Q 250,00	Q 12.000,00
Total materiales				Q 46.080,00
<b>Mano de obra</b>				
Fundición	67,00	M <sup>3</sup>	Q 25,00	Q 1.675,00
Formaleta	2.033,96	MI	Q 3,50	Q 7.118,86
		Ayudante	37.5 %	Q 3.297,70
		Prestaciones	85.67 %	Q 10.358,84
Total mano de obra				Q 22.450,39
<b>Costo directo</b>				Q 68.530,39
<b>Costo total de renglón</b>				Q 68.530,39

<b>Precio unitario</b>	<b>Q 33.69</b>
------------------------	----------------

#### 4.7 Cronograma de trabajo físico – financiero, del proyecto

Tabla XLIV. Cronograma de trabajo físico-financiero, pavimento rígido

No.	Repliego de trabajo	Cantidad	Unidad	Q/repliego	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4						
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Remoción de capa de piedra	7055,00	M <sup>2</sup>	Q 31.582,41																
2	Replanteo topográfico	1016,98	MI	Q 7.118,86																
3	Sub-rasante	7055,00	M <sup>2</sup>	Q 22.295,33																
4	Base	7055,00	M <sup>2</sup>	Q 216.335,33																
5	Pavimento rígido	1270,00	M <sup>3</sup>	Q1.113.263,65																
6	Bordillo	2033,96	MI	Q 68.530,39																
<b>Inversión mensual</b>					<b>Q277.331,93</b>	<b>Q202.411,57</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>
<b>Total proyecto</b>					<b>Q911.978,81</b>															

No.	Repliego de trabajo	Cantidad	Unidad	Q/repliego	Mes 5			Mes 6			Mes 7										
					17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
1	Remoción de capa de piedra	7055,00	M <sup>2</sup>	Q 31.582,41																	
2	Replanteo topográfico	1016,98	MI	Q 7.118,86																	
3	Sub-rasante	7055,00	M <sup>2</sup>	Q 22.295,33																	
4	Base	7055,00	M <sup>2</sup>	Q 216.335,33																	
5	Pavimento rígido	1270,00	M <sup>3</sup>	Q1.113.263,65																	
6	Bordillo	2033,96	MI	Q 68.530,39																	
<b>Inversión mensual</b>					<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>	<b>Q216.117,65</b>
<b>Total proyecto</b>					<b>Q1.459.125,98</b>																
					<b>Q 547147,17</b>																

## **4.8 Evaluación de impacto ambiental**

La evaluación de impacto ambiental debe ser flexible y acorde con las realidades de cada país, este trabajo permite afirmar que se cuenta con experiencia, base y metodologías para evaluar impactos. El proceso de evaluación es la planificación de acciones de distinto nivel, desde políticas a proyectos individuales. No obstante, para identificar con facilidad el concepto de que es una evaluación de impacto ambiental, se considera necesario aclarar dos procesos cuya finalidad en la práctica son totalmente distintos. El término evaluación ambiental denota el proceso de evaluar los impactos al medio ambiente y la evaluación de impacto ambiental se refiere al documento que detalla el proceso de evaluación ambiental para una acción particular o tipos de acción.

### **4.8.1 En construcción**

En los trabajos de construcción del pavimento rígido, es importante considerar las siguientes medidas de mitigación para su ejecución:

- Deben de tomarse en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias de acuerdo con el manual de seguridad e higiene de la construcción, si no se posee, se recomienda crearlo con las entidades correspondientes. para que los trabajadores de la construcción y los maquinistas estén más capacitados para evitar la mayor cantidad de accidentes.
- La importancia de la naturaleza y los valores estéticos, pueden superarse mediante programas de educación ambiental, dirigidos al personal que intervendrán en alguna de las etapas del proyecto y a los habitantes del proyecto.



- Debe de existir un ingeniero de planta que supervise constantemente los procesos de construcción.
- La obtención del agua potable por parte de los trabajadores en la etapa de construcción es un problema, que al igual que en todas las construcciones, sufre el trabajador la obtención del agua para tomar, se recomienda que se hagan tanques de abastecimiento provisionales para la obtención del vital líquido, además se deberá de clorar el agua si esta estuviese contaminada.
- A la hora de realizar los movimientos de tierra debe de buscarse el acomodamiento más adecuado del sitio donde se harán los depósitos de tierra, controlando que estos sean asentados en áreas donde no se provoquen deslaves indeseados por escorrentía superficial.
- Se deben colocar letrinas y basureros necesarios provisionales, en el área de construcción de tal manera que los trabajadores, no contaminen los alrededores, siendo esto de suma necesidad y obligatorio.

#### **4.8.2 En operación**

- Establecer plan de monitoreo ambiental.
- Capacitación permanente y continua a operadores del sistema.
- Mantenimiento preventivo.

## **4.9 Evaluación socio-económica**

Cuando se analizó el ciclo del proyecto, se pudo observar que la evaluación tiene tres momentos; evaluación antes, que es la que se realiza durante el proceso de la preinversión; evaluación durante, que se realiza cuando se está ejecutando el proyecto y que nos sirve para ver si el mismo se está realizando de acuerdo con lo planificado; y por último, la evaluación post, que se aplica al haber transcurrido algún tiempo y el proyecto ya se encuentra en operación y en esencia nos permite medir si se están obteniendo los resultados esperados.

La evaluación de un proyecto en la fase de preinversión se realiza con el fin de decidir si se debe llevar a cabo o no dicha inversión; un proyecto a nivel de perfil debe contener aspectos evaluativos relacionados con la parte financiera, y el aspecto económico –social y ambiental debe ser considerado tanto para proyectos sociales, como para proyectos productivos.

### **4.9.1 Valor presente neto**

Se define como el valor actualizado de los beneficios, menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida; una inversión es rentable sólo si el valor actualizado del flujo de beneficios es mayor que el flujo actualizado de los costos, cuando ambos son actualizados utilizando una tasa pertinente. El cuadro siguiente ilustra los criterios de decisión que permite el VPN.

#### **Resultados de decisión**

Positivo (VAN mayor que cero)

Indiferente (VAN = Cero)

Negativo (VAN menor que cero)

Para el análisis del proyecto del pavimento rígido de la avenida La Pedrera del municipio de La Democracia, se asume una tasa de interés del 12%; debido a dado que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más baja posible.

Se deberá cobrar un costo simbólico inicial por mejora de ornato a 87 viviendas alrededor de la avenida de Q150.00 por vivienda. Asimismo se deberá cobrar una cuota simbólica de Q10.00 mensuales por cada vivienda, por concepto de mantenimiento preventivo del pavimento, el cual se pretende gastar Q 600.00 mensuales.

Recaudando una cantidad anual de Q120.00 por vivienda, si tomamos en cuenta que hay 87 hogares, se obtienen los siguientes resultados:

$87 * Q150.00 = Q 13,050.00$  por mejora al ornato

$87 * Q120.00 = Q 10,440.00$  por mantenimiento

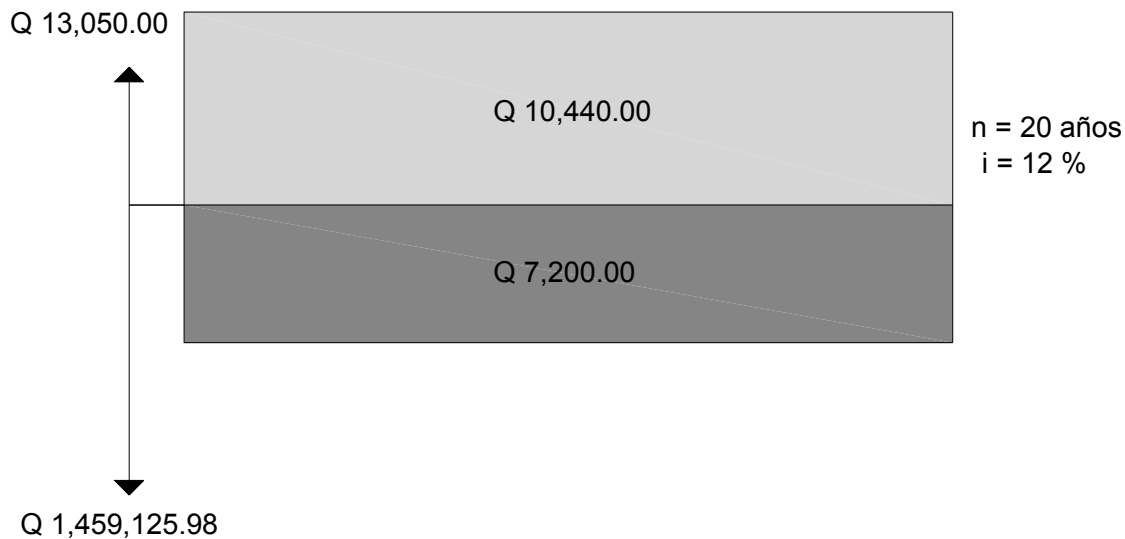
Entonces tenemos

**Tabla XLV. Costos del pavimento rígido**

Descripción	Operación	Resultado
Costo inicial		Q 1,459,125.98
Ingreso inicial	(150 Q/viv.)(87 viv.)	Q 13,050.00
Costo anual	(600 Q/mes)(12mes)	Q 7,200.00
Ingreso anual	(10 Q/mes)(87viv.)(12mes)	Q 10,440.00
Vida útil, en años		20 años

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 12%.

**Figura 13. Diagrama de flujo de efectivo pavimento rígido**



Si se utiliza el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos se tiene:

$$VPN = -1,459,125.98 + 13050 - 7,200 (1 + 0.12)^{20} + 10,440 (1 + 0.12)^{20}$$

$$VPN = - 1,414,821.99$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social, promoviendo desarrollo del municipio de La Democracia, teniendo como beneficiarios los habitantes del casco urbano de dicho municipio.

#### 4.9.2 Tasa interna de retorno

Se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, entendiéndose éstos, como la diferencia entre los beneficios brutos, menos los costos brutos actualizados.

Como criterio general debe compararse la TIR del proyecto con la tasa de descuento que mida el mejor rendimiento alternativo no aplicado. Si se tomara una tasa de descuento hipotética, por ejemplo un 12 % que es muy común, ésta sirve de indicador o parámetro para la toma de decisiones, tal como lo ilustra el siguiente cuadro:

#### Resultados de decisión

TIR mayor que 12 % = Se acepta

TIR igual a 12 % = Es indiferente

TIR menor que 12 % = Se rechaza

Es la tasa en la cual, el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a calcular las respectivas cantidades que representen el Valor Presente Neto.

- Se propone una tasa de 36 %, entonces se obtiene:

$$\text{VPN} = - 1,446,075.98 + 3,240(1+0.36)^{20}$$

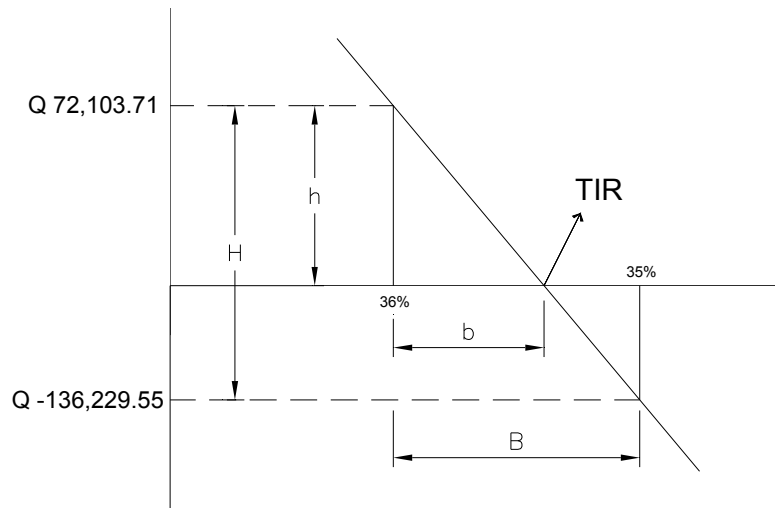
$$\text{VPN} = 72,103.71$$

➤ Se propone ahora una tasa del 35%, entonces se obtiene:

$$VPN = -1,446.075.98 + 3240(1+0.35)^{20}$$

$$VPN = -136,229.55$$

**Figura 14. Diagrama de tasa interna de retorno pavimento rígido**



Del diagrama resultan los siguientes datos, sin tomar en cuenta el signo:

$$B = 1.00\% \quad H = 72,103.71 + 136,229.55 = 208,333.26$$

$$b = x \quad h = 72,103.71$$

Se hace una relación de triángulos para obtener:

$$\frac{B}{H} = \frac{b}{h} \quad \Rightarrow \quad \frac{1.00}{208,333.26} = \frac{x}{72,103.71}$$

$$x = 0.3461$$

$$TIR = 36 - 0.3461\% = 35.6539\%$$

Se tiene que, la tasa de interés aproximadamente es;  $i = 35.6539\%$ , representaría la tasa efectiva mensual de retorno.

## CONCLUSIONES

1. Con el diseño y posterior ejecución del proyecto de drenaje sanitario, en la colonia La Unión, del municipio de La Democracia, Escuintla, se brindará una solución técnica al problema de saneamiento ambiental, eliminando focos de contaminación, malos olores y enfermedades gastrointestinales, causados por las aguas residuales que corren a flor de tierra.
2. El proyecto de alcantarillado sanitario, es de carácter social. Su finalidad principal es proveer servicios a la ciudadanía buscando el bienestar público y no ganancias.
3. En el examen bacteriológico que se realizó al agua del pozo de la colonia El Esfuerzo se determinó que el agua se enmarca en la clasificación 1. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección por lo que se propone un sistema de desinfección, por medio de un hipoclorador, ya que es el más aconsejable para el área urbana por la facilidad en su operación y mantenimiento.
4. El diseño del pavimento rígido para la avenida La Pedrera, representa la solución más aceptable, por ser un área urbana y por las mismas condiciones de costo en relación a un pavimento flexible.

5. La utilización de maquinaria adecuada en la construcción de proyectos reduce el tiempo de ejecución y mejora la calidad del proyecto.
  
6. El análisis económico de los proyectos, indica que los tres proyectos son de carácter social, ya que el Gobierno de Guatemala, a través de la municipalidad de La Democracia, Escuintla, financiará las obras, sin obtener utilidad alguna, cumpliendo una tarea de carácter social únicamente, mejorando las características actuales de la comunidad.



## RECOMENDACIONES

1. Los sistemas deben ser construidos con las especificaciones técnicas, detalles constructivos y memorias de cálculo, presentados en este trabajo. Al ejecutar la obra, se recomienda además, capacitar a los miembros de la comunidad que estarán involucrados en la misma.
2. Al estar involucrados, directamente, con la construcción de estos proyectos, los miembros de la comunidad, en un futuro se podrán organizar y autogestionar a través de los comités de la comunidad.
3. Al finalizar la construcción de los proyectos se deberá de implementar un plan de mantenimiento constante, para evitar daños mayores y aumentar la vida útil de la infraestructura.
4. Velar por el buen funcionamiento de las válvulas del proyecto de abastecimiento de agua potable, así mismo vigilar que el agua reciba la cantidad de cloro necesario y realizar pruebas bacteriológicas rutinarias para su calidad.
5. Cuando se ejecute el proyecto de pavimentación, contratar los servicios laboratorio de suelos, para determinar la calidad y durabilidad del suelo in situ.
6. El concreto que se utilice en la construcción de este proyecto debe llenar todos los requisitos estipulados en este trabajo, y en las especificaciones

que se ubican en los planos, de no ser así, puede ocasionar grandes pérdidas en la ejecución de dicho proyecto.

7. Los unitarios de los presupuestos de los tres proyectos, solo incluyen los costos directos como lo son: materiales, maquinaria, equipo, y mano de obra. Debido a que se diseñaron pensando en que la municipalidad de La Democracia, los desarrolle bajo administración. Se recomienda a la municipalidad que si algún proyecto es presentado a concurso de licitación o cotización, los unitarios sean afectados por un porcentaje de indirectos, en el cual se incluyen los gastos de: utilidad, administración, imprevistos, fianzas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Rosales Zelada, Sergio Víctor. Diseño de tramo carretero, para el acceso directo al Cantón Lourdes, del Municipio de Guatemala, departamento de Guatemala. Trabajo de graduación de Ingeniería. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Octubre 2005.
2. INFOM-UNEPAR. **Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales.** Guatemala 1997.
3. Lemus Colocho, Raúl Samuel. Diseño de salón comunal aldea Nueva Libertad y diseño de pavimento rígido de la calle Al Regargar del municipio de El Adelanto, Jutiapa. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Junio de 2006.
4. Argueta Mayorga, Dennis Salvador. Diseño y planificación de la ampliación y mejoramiento del camino de acceso de la cabecera municipal Santa Catarina La Tinta hacia el puente vehicular Actelá, Ubicado en la comunidad Actelá, municipio de Senahú, departamento de Alta Verapaz. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Octubre de 2006.
5. Galicia Ordóñez, Caris Gabriela. Diseño de: ampliación de 1.45 km. de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las casas (El Cerinal) y escuela de párvulos de dos niveles del Cantónutzumazate del municipio de Barberena, Santa Rosa. Trabajo de graduación de

Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Noviembre 2006.

6. Instituto de Fomento Municipal. **Normas Generales Para Diseño de Alcantarillados**. Guatemala 2001.
7. Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos**. México: Editorial IMCVC, 1998.
8. Linares, Juárez, Boris Alfredo. Estudio y diseño del sistema de agua potable por bombeo y edificio escolar para la aldea Las Victorias por la Paz del municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Septiembre 2004.
9. Crespo Villalaz, Carlos. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. 4ª edición. México: Editorial Limusa. 1999.
10. Henry Ernesto Chacón V. **Diseño de pavimento rígido**. (Guatemala; Editorial Universitaria, 1995) p.32.
11. Juárez Badillo. **Mecánica de suelos**. Tomo 1. Pagina 100.
12. Centro de Investigaciones de Ingeniería y asesoría de cementos progreso. **Diseño de mezclas de concreto**. Guatemala.1996.

## **APÉNDICE**

## Levantamiento topográfico, La Pedrera

Tabla XLVI. Levantamiento topográfico La Pedrera

E	PO	AZ			DH	Totales		
		Gra.	Min.	Seg		Y	X	Cota
	E0					100,000	100,000	100,000
E0	0,1	281	34	54	70,78	114,210	30,660	99,871
E0	0,2	278	35	12	69,58	110,389	31,200	99,854
E0	0,3	275	50	53	68,79	107,009	31,572	99,838
E0	0,4	274	19	32	32,38	102,442	67,717	100,133
E0	0,5	279	27	10	32,39	105,319	68,052	100,187
E0	0,6	284	56	4	32,78	108,447	68,329	100,170
E0	0,7	57	20	40	6,60	103,561	105,557	99,997
E0	0,8	87	18	39	4,20	100,197	104,193	99,918
E0	0,9	129	33	40	4,40	97,200	103,390	99,901
E0	E1	15	10	43	48,98	147,271	112,824	100,033
E0	0,1	82	51	42	14,60	101,814	114,487	100,043
E0	0,11	97	6	58	13,54	98,323	113,432	100,092
E0	0,12	111	33	39	13,33	95,101	112,399	100,073
E0	0,13	85	21	42	17,72	101,433	117,658	99,802
E0	0,14	95	59	30	17,71	98,152	117,611	99,742
E0	0,15	103	43	58	18,11	95,701	117,590	99,732
E0	0,16	91	6	38	34,35	99,334	134,342	99,688
E0	0,17	92	7	30	40,55	98,496	140,522	99,595
E0	0,18	96	17	53	37,74	95,859	137,516	99,569
E0	0,19	101	3	29	36,16	93,064	135,491	99,753
E0	E2	98	28	21	66,36	90,222	165,639	99,466
E2	2,1	19	39	30	4,60	94,554	167,187	99,470
E2	2,2	64	9	16	8,20	93,796	173,018	99,386
E2	2,3	63	47	34	3,80	91,900	169,047	99,413
E2	2,4	121	18	29	3,60	88,352	168,715	99,487
E2	2,5	102	42	31	15,71	86,767	180,961	99,288
E2	2,6	105	31	16	11,27	87,206	176,501	99,300
E2	2,7	90	6	18	41,15	90,147	206,791	99,089
E2	2,8	94	23	57	41,36	87,050	206,882	99,079
E2	2,9	98	25	12	41,35	84,167	206,546	99,090
E2	2,1	92	37	2	71,60	86,953	237,161	99,871
E2	2,11	95	15	52	71,96	83,619	237,299	98,781
E2	2,12	97	34	17	71,56	80,793	236,578	98,862
E2	E-3	95	39	31	98,16	80,543	263,323	98,078
E-3	3,1	294	13	54	13,38	86,036	251,120	98,650

Continúa

E-3	3,2	276	11	56	13,58	82,010	249,820	98,651
E-3	3,3	261	48	51	13,99	78,552	249,479	98,708
E-3	3,4	278	13	0	18,79	83,229	244,725	98,734
E-3	3,5	246	10	57	8,40	77,151	255,639	98,174
E-3	3,6	266	53	32	7,00	80,164	256,334	98,110
E-3	3,7	293	30	17	6,20	83,016	257,638	98,158
E-3	3,8	97	6	17	25,35	77,408	288,483	98,060
E-3	3,9	103	46	4	25,74	74,417	288,327	97,929
E-3	3,1	109	57	36	26,36	71,547	288,096	98,057
E-3	3,11	95	29	10	13,80	79,224	277,060	98,150
E-3	3,12	96	41	7	58,40	73,745	321,326	97,985
E-3	3,13	99	16	17	63,58	70,300	326,072	97,981
E-3	3,14	102	43	27	66,19	65,964	327,892	97,998
E-3	E4	103	27	39	81,79	61,504	342,868	97,799
E4	4,1	308	21	27	23,77	76,255	324,228	97,965
E4	4,2	313	43	11	15,37	72,127	331,759	97,927
E4	4,3	329	29	42	9,73	69,885	337,930	97,964
E4	4,4	301	19	37	11,73	67,601	332,850	97,880
E4	4,5	314	1	32	7,69	66,850	337,337	97,791
E4	4,6	4	0	11	4,80	66,292	343,203	97,773
E4	4,7	86	15	17	2,80	61,687	345,662	97,829
E4	4,8	281	59	4	4,40	62,417	338,567	97,929
E4	4,9	277	32	10	10,58	62,892	332,377	97,969
E4	4,1	134	9	4	7,55	56,242	348,288	97,440
E4	4,11	153	32	31	7,02	55,218	345,996	97,382
E4	4,12	174	12	46	7,33	54,212	343,607	97,395
E4	4,13	190	6	30	9,57	52,082	341,188	97,321
E4	4,14	203	57	58	12,26	50,297	337,886	97,513
E4	4,15	168	9	30	16,26	45,594	346,204	97,274
E4	4,16	150	31	33	28,11	37,030	356,700	97,031
E4	4,17	152	52	55	28,09	36,499	355,674	96,976
E4	4,18	157	32	9	28,09	35,542	353,603	96,976
E4	4,19	163	37	43	28,29	34,359	350,842	96,955
E4	4,2	169	11	33	29,75	32,284	348,446	96,955
E4	E5	343	21	52	53,78	113,030	327,473	97,475
E4	4,21	153	0	3	42,77	23,397	362,284	97,134
E4	4,22	154	29	30	42,93	22,755	361,357	96,928
E4	4,23	157	34	54	42,53	22,188	359,087	96,877
E4	4,24	160	20	58	42,34	21,634	357,105	96,851
E4	4,25	166	4	12	42,18	20,564	353,022	96,898
E4	4,26	161	0	40	59,95	4,814	362,375	96,811

Continúa

E4	4,27	162	6	23	39,99	23,446	355,156	97,248
E4	4,28	160	49	36	68,98	-3,645	365,521	96,996
E4	4,29	160	40	2	75,56	-9,791	367,881	96,876
E4	4,3	159	44	36	75,54	-9,364	369,022	96,576
E4	4,31	157	51	36	75,34	-8,285	371,263	96,561
E4	4,32	155	19	39	75,56	-7,161	374,410	96,643
E4	4,33	153	38	29	74,98	-5,677	376,156	96,966
E4	4,34	153	20	23	60,58	7,368	370,049	97,118
E4	E6	156	17	32	94,16	-24,705	380,725	96,246
E6	6,1	149	0	3	10,76	-33,930	386,268	96,494
E6	6,2	160	18	17	10,70	-34,777	384,331	96,092
E6	6,3	173	27	18	11,26	-35,894	382,009	95,990
E6	6,4	185	3	0	12,31	-36,966	379,642	96,174
E6	6,5	190	4	33	13,54	-38,039	378,356	96,353
E6	6,6	156	27	22	45,80	-66,692	399,020	95,967
E6	6,7	159	37	49	46,17	-67,986	396,795	95,514
E6	6,8	162	40	28	46,13	-68,743	394,463	95,448
E6	6,9	165	11	28	45,89	-69,069	392,454	93,156
E6	6,1	169	53	19	47,75	-71,717	389,109	95,741
E6	6,11	174	28	13	46,58	-71,071	385,214	96,143
E6	6,12	176	18	49	39,00	-63,623	383,232	96,045
E6	6,13	169	48	31	42,38	-66,415	388,223	96,079
E6	6,14	165	18	9	84,39	-106,336	402,137	95,451
E6	6,15	164	39	49	89,98	-111,482	404,524	95,431
E6	6,16	165	16	36	93,79	-115,415	404,562	95,530
E6	6,17	163	1	41	94,39	-114,981	408,277	95,126
E6	6,18	161	9	6	94,37	-114,019	411,214	94,976
E6	6,19	159	18	42	93,98	-112,629	413,928	95,038
E6	6,2	158	12	11	94,20	-112,170	415,703	96,410
E6	6,21	162	59	23	113,78	-133,512	414,012	95,205
E6	6,22	161	54	0	113,97	-133,034	416,132	94,851
E6	6,23	160	49	43	113,77	-132,163	418,086	94,796
E6	6,24	159	39	24	113,77	-131,377	420,276	94,827
E6	6,25	158	36	46	113,78	-130,648	422,216	95,139



## Levantamiento topográfico, La Unión

Tabla XLVII. Levantamiento topográfico La Unión

E	PO	AZ			DH	Totales		Cota
		Gra.	Min.	Seg		Y	X	
E5	5,1	167	5	40	37,40	76,577	335,825	97,702
E5	5,2	172	14	38	17,56	95,629	329,843	97,539
E5	5,3	181	54	13	17,57	95,472	326,889	97,615
E5	5,4	191	22	33	18,16	95,229	323,891	97,585
E5	5,5	167	32	9	9,76	103,499	329,579	97,550
E5	5,6	3	56	29	33,55	146,498	329,779	97,041
E5	5,7	358	51	15	34,54	147,563	326,782	97,035
E5	5,8	354	42	28	38,20	151,065	323,949	97,010
E5	5,9	358	59	58	45,56	158,580	326,677	96,883
E5	5,1	355	38	30	49,80	162,683	323,688	96,908
E5	5,11	357	34	45	80,37	193,323	324,078	96,805
E5	5,12	359	30	9	80,37	193,394	326,775	96,759
E5	5,13	1	44	21	80,19	193,186	329,907	96,743
E5	5,14	2	4	45	80,16	193,138	330,381	95,717
E5	E7	0	48	12	109,77	222,786	329,012	96,072
E7	7,1	178	37	9	59,38	163,423	330,443	96,053
E7	7,2	178	12	10	53,38	169,429	330,686	95,174
E7	7,3	176	12	28	29,55	193,300	330,966	95,421
E7	7,4	164	10	19	6,57	216,467	330,803	95,668
E7	7,5	169	27	41	26,39	196,837	333,839	95,727
E7	7,6	191	5	13	8,40	214,543	327,396	96,069
E7	7,7	217	31	29	7,67	216,704	324,341	96,124
E7	7,8	200	9	44	13,53	210,089	324,350	96,125
E7	7,9	341	57	36	25,58	247,110	321,089	96,253
E7	7,1	349	4	18	25,38	247,701	324,201	96,245
E7	7,11	354	42	49	27,79	250,456	326,451	96,369
E7	7,12	345	23	30	60,39	281,224	313,781	96,780
E7	7,13	345	27	29	71,60	292,092	311,034	96,974
E7	7,14	347	34	53	70,40	291,538	313,872	96,894
E7	7,15	349	30	34	72,29	293,864	315,850	96,892
E7	E8	347	39	48	123,78	343,706	302,566	98,264
E8	8,1	164	6	4	51,65	294,034	316,714	96,477
E8	8,2	162	16	39	24,49	320,374	310,022	97,674
E8	8,3	168	58	53	24,30	319,859	307,209	97,689
E8	8,4	176	20	32	24,50	319,261	304,128	97,683
E8	8,5	315	3	38	8,71	349,870	296,415	98,385

Continúa

E8	8,6	336	3	16	7,68	350,724	299,449	98,319
E8	8,7	3	4	51	7,47	351,164	302,967	98,292
E8	8,8	340	47	3	11,33	354,402	298,838	98,375
E8	8,9	326	12	28	16,55	357,462	293,360	98,391
E8	8,1	327	59	32	17,15	358,251	293,474	98,379
E8	8,11	340	38	7	15,53	358,360	297,415	98,260
E8	8,12	354	9	56	15,73	359,354	300,967	98,229
E8	8,13	271	56	33	4,43	343,856	298,134	98,428
E8	8,14	296	30	29	2,20	344,687	300,598	98,338
E8	8,15	7	44	16	4,20	347,867	303,131	98,332
E8	8,16	344	46	38	45,39	387,501	290,648	99,052
E8	8,17	340	6	26	44,59	385,638	287,393	98,706
E8	8,18	335	18	46	44,79	384,405	283,857	98,844
E8	8,19	340	10	33	94,37	432,486	270,561	99,901
E8	E9	335	35	59	105,58	439,854	258,951	100,126
E9	9,1	109	13	9	10,27	436,474	268,646	100,026
E9	9,2	122	52	52	7,02	436,041	264,848	100,075
E9	9,3	158	16	0	5,80	434,470	261,097	100,039
E9	9,4	354	8	3	27,60	467,307	256,130	100,746
E9	9,5	345	55	44	28,19	467,196	252,098	100,604
E9	9,6	338	38	12	28,19	466,107	248,681	100,699
E9	9,7	338	35	48	31,79	469,452	247,349	100,714
E9	9,8	369	16	38	57,60	496,698	268,236	101,118
E9	9,9	339	24	4	62,20	498,074	237,069	101,463
E9	9,1	343	16	28	58,60	495,974	242,087	101,375
E9	9,11	346	46	36	58,20	496,509	245,638	101,465
E9	9,12	345	59	20	63,39	501,359	243,603	101,433
E9	9,13	346	34	38	62,59	500,734	244,421	101,463
E9	9,14	342	3	30	91,59	526,989	230,737	102,004
E9	9,15	344	19	57	91,39	527,848	234,271	101,960
E9	9,16	346	41	28	91,59	528,980	237,868	101,931
E9	E10	344	9	52	116,18	551,625	227,248	102,177
E10	10,1	181	55	11	8,40	543,232	226,966	102,083
E10	10,2	211	33	30	2,70	549,325	225,835	102,203
E10	10,3	151	11	49	5,80	546,544	230,042	102,140
E10	10,4	93	47	13	5,40	551,269	232,635	102,171
E10	10,5	109	20	32	2,20	550,897	229,323	102,184
E10	10,6	9	27	38	11,06	562,530	229,065	101,951
E10	10,7	351	36	29	10,04	561,558	225,782	101,949
E10	10,8	330	1	40	10,40	560,634	222,052	102,157
E10	10,9	349	34	0	33,77	584,832	221,133	102,299

Continúa

E10	10,1	343	58	43	34,18	584,475	217,815	102,335
E10	10,11	337	25	25	35,80	584,678	213,505	102,402
E10	10,12	344	0	33	71,59	620,448	207,525	102,959
E10	10,13	340	57	58	71,40	619,121	203,962	102,932
E10	10,14	338	0	58	71,39	617,825	200,523	103,028
E10	E11	338	24	2	107,20	651,294	187,787	103,611
E11	11,1	172	30	40	4,60	646,737	188,386	103,540
E11	11,2	133	26	13	5,79	647,314	191,990	103,411
E11	11,3	106	20	58	8,39	648,932	195,836	103,354
E11	11,4	84	5	27	7,39	652,054	195,134	103,351
E11	11,5	91	12	18	3,39	651,222	191,172	103,448
E11	11,6	46	53	13	11,78	659,343	196,385	103,160
E11	11,7	33	43	17	11,18	660,596	193,996	103,249
E11	11,8	16	32	38	2,79	653,968	188,582	103,500
E11	11,9	186	45	31	1,19	650,108	187,647	103,587
E11	11,1	251	18	2	24,59	643,411	164,500	104,968
E11	11,11	253	38	29	33,18	641,950	155,954	105,253
E11	11,12	160	32	2	28,39	624,530	197,247	105,289
E11	11,13	268	41	47	28,19	650,652	159,605	105,217
E11	11,14	264	27	5	64,17	645,089	123,922	105,646
E11	11,15	265	32	56	66,34	646,145	121,650	105,710
E11	11,16	265	4	10	71,77	645,125	116,285	105,688
E11	11,17	262	1	31	69,56	641,642	118,895	105,735
E11	11,18	258	36	6	67,37	637,980	121,750	105,889
E11	11,19	259	3	30	73,53	637,337	115,594	105,947
E11	11,2	264	9	6	73,74	643,780	114,430	106,053
E11	E12	263	47	12	122,36	638,051	66,146	106,191
E12	12,1	79	57	55	24,75	642,364	90,522	106,170
E12	12,2	89	19	30	24,96	638,345	91,104	106,231
E12	12,3	98	16	33	25,15	634,430	91,037	106,140
E12	12,4	174	25	11	6,40	631,684	66,768	106,100
E12	12,5	178	4	23	2,60	635,453	66,234	106,182
E12	12,6	359	53	21	1,40	639,450	66,144	106,204
E1	E13	190	10	53	71,76	76,636	100,139	99,523
E13	E14	223	16	28	138,38	-24,112	5,283	98,168
E14	BM	235	37	17	5,33	-27,122	0,883	98,581
E14	14,1	215	15	33	11,90	-33,828	-1,586	98,089
E14	14,2	209	16	56	12,13	-34,688	-0,647	98,234
E14	14,3	183	16	53	16,37	-40,453	4,347	98,461
E14	14,4	177	51	27	17,56	-41,656	5,940	98,314
E14	E15	213	58	41	65,57	-78,490	-31,365	97,893

Continúa

E14	14,5	268	53	39	6,02	-24,228	-0,738	96,676
E14	14,6	186	43	2	30,18	-54,085	1,753	96,714
E15	15,1	23	25	10	43,60	-38,486	-14,037	97,487
E15	15,2	18	40	10	32,20	-47,986	-21,058	97,030
E15	15,3	6	48	39	18,76	-59,858	-29,139	97,108
E15	15,4	310	2	56	6,15	-74,530	-36,075	97,401
E15	15,5	310	26	22	23,25	-63,409	-49,060	97,063
E15	E16	310	46	58	40,14	-52,271	-61,758	97,378
E15	15,6	188	5	50	25,71	-103,947	-34,986	97,441
E15	15,7	171	42	17	29,25	-107,432	-27,145	95,827
E15	15,8	170	38	20	31,92	-109,983	-26,173	96,322
E15	15,9	213	59	43	55,74	-124,702	-62,530	97,095
E15	15,1	205	20	18	79,57	-150,403	-65,417	96,831
E15	15,11	200	54	32	85,73	-158,570	-61,958	95,700
E15	E17	213	53	22	114,16	-173,258	-95,021	96,374
E16	E18	44	11	40	16,78	-40,238	-50,059	97,877
E16	E19	239	26	58	17,54	-61,189	-76,867	97,443
E16	E20	237	54	29	53,78	-80,844	-107,323	97,469
E16	E21	237	17	29	89,59	-100,680	-137,138	97,306
E21	21,1	327	55	48	19,18	-84,429	-147,321	97,697
E21	21,2	327	38	53	88,59	-25,840	-184,545	98,739
E21	21,3	147	4	24	15,05	-113,313	-128,958	96,858
E21	21,4	197	22	29	23,08	-122,712	-144,032	96,730
E20	20,1	326	43	17	84,79	-9,955	-153,850	98,677
E19	19,1	325	54	35	58,39	-12,829	-109,597	98,062
E19	19,2	326	2	53	77,59	3,177	-120,204	99,129
E18	18,1	326	49	3	69,80	18,178	-88,260	98,561
E17	17,1	358	50	28	13,98	-159,281	-95,304	95,624
E17	17,2	233	57	44	19,78	-184,892	-111,012	95,272
E17	17,3	213	20	38	46,00	-211,686	-120,305	95,657
E17	E22	200	33	40	79,77	-247,949	-123,038	94,909
E17	17,4	191	32	11	45,59	-217,922	-104,138	94,367
E17	17,5	181	2	0	22,51	-195,761	-95,427	95,927
E22	22,1	112	27	23	5,52	-250,056	-117,940	94,706
E22	E23	104	23	58	83,55	-268,726	-42,113	93,898
E22	E24	243	26	59	35,20	-263,682	-154,524	95,204
E24	24,1	287	9	20	9,53	-260,871	-163,632	94,425
E24	24,2	213	47	26	65,38	-318,015	-190,884	94,498
E24	24,3	202	48	54	57,78	-316,938	-176,927	94,545
E24	E25	207	49	57	113,58	-364,119	-207,551	93,874
E25	25,1	297	49	57	12,35	-358,354	-218,471	93,880

Continúa

E25	25,2	234	4	43	41,94	-388,725	-241,516	92,300
E25	25,3	209	55	20	39,77	-398,588	-227,390	91,288
E25	25,4	212	8	25	47,75	-404,554	-232,955	93,174
E25	25,5	211	8	23	55,76	-411,842	-236,385	93,036
E25	25,6	208	51	37	56,20	-413,335	-234,675	92,591
E25	25,7	26	27	52	47,80	-321,328	-186,250	92,306
E23	23,1	106	24	29	138,35	-307,807	90,602	91,917
E23	23,2	106	28	1	64,32	-286,960	19,573	92,744

## Diseño de red de distribución de agua potable, La Unión

**Tabla XLVIII. Diseño de red de distribución de agua potable, La Unión**

Tramo	21.2 – E15		
<b>H<sub>F</sub> (Carga disponible)</b>	2 m.c.a	<b>Diam. interno</b>	
<b>Diámetro Clase 250 PSI</b>		Ø <sub>1</sub> 2 1/2" 2.655"	
	2.24		
		Ø <sub>2</sub> 2" 2.193"	
<b>H<sub>F1</sub> sl Ø<sub>1</sub></b>	=	0,8833	
<b>H<sub>F2</sub> sl Ø<sub>2</sub></b>	=	2.2410	
<b>Distancias</b>		<b>Cantidad. tubos</b>	<b>Dist. real</b>
<b>L<sub>2</sub> 2"</b>	113.2533	<b>19 Tubos</b>	114
<b>L<sub>1</sub> 2 1/2"</b>	104.32	<b>18 Tubos</b>	108
<b>Perdidas reales</b>			<b>Σ 222</b>
<b>H<sub>f1</sub> real</b>	1.1702		
<b>H<sub>f2</sub> real</b>	0.4625		
	<b>Σ 1.6327</b>		

TRAMO	D-G		
<b>H<sub>F</sub> (Carga disponible)</b>	1.777 m.c.a	<b>Diam. interno</b>	
<b>Diámetro Clase 250 PSI</b>		Ø <sub>1</sub> 1 1/4" 1,464"	
	1,3141		
		Ø <sub>2</sub> 1" 1,161"	
<b>H<sub>F1</sub> sl Ø<sub>1</sub></b>	=	1.0502	
<b>H<sub>F2</sub> sl Ø<sub>2</sub></b>	=	3.2489	
<b>Distancias</b>		<b>Cantidad. tubos</b>	<b>Dist. real</b>
<b>L<sub>2</sub> 1"</b>	73.2783	<b>13 Tubos</b>	78
<b>L<sub>1</sub> 1 1/4"</b>	148.4017	<b>25 Tubos</b>	150
<b>Perdidas reales</b>			<b>Σ 228</b>
<b>H<sub>F1</sub> real</b>	1.074		
<b>H<sub>f2</sub> real</b>	0.703		
	<b>Σ 1.777</b>		

Tabla XLVIII. Diseño de red de distribución de agua potable, La Unión

Caudales Propuestos

CIRCUITO	TRAMO	LONG	Ø INT.	C	Q	Hf	Hf/Q	Δ	QC
1	A - B	62,22	1,754	150,00	0,1941	0,0319	0,1645	0,4874	0,6815
1	B - C	19,07	1,754	150,00	0,0738	0,0016	0,0222	0,4874	0,5612
1	C - D	242,31	2,193	150,00	-0,1269	-0,0191	0,1504	0,4874	0,3605
1	D - E	183,56	2,193	150,00	-0,7286	-0,3667	0,5032	0,4874	-0,2412
1	E - F	17,23	2,193	150,00	-0,7687	-0,0380	0,0494	0,4874	-0,2813
1	F - A	374,78	2,193	150,00	-1,1698	-1,7974	1,5365	0,4874	-0,6824
						Σ -2,1876	Σ 2,4262		

Primera Interacción

CIRCUITO	TRAMO	LONG	Ø INT.	C	Q	Hf	Hf/Q	Δ	QC
1	A - B	62,22	1,754	150	0,6815	0,3259	0,4783	0,0474	0,7289
1	B - C	19,07	1,754	150	0,5612	0,0697	0,1243	0,0474	0,6086
1	C - D	242,31	2,193	150	0,3605	0,1317	0,3653	0,0474	0,4079
1	D - E	183,56	2,193	150	-0,2412	-0,0474	0,1966	0,0474	-0,1938
1	E - F	17,23	2,193	150	-0,2813	-0,0059	0,0210	0,0474	-0,2339
1	F - A	374,78	2,193	150	-0,6824	-0,6632	0,9718	0,0474	-0,6350
						Σ -0,1892	Σ 2,1573		

Tabla XLVIII. Diseño de red de distribución de agua potable, La Unión

Segunda Interacción

CIRCUITO	TRAMO	LONG	Ø INT.	C	Q	Hf	Hf/Q	Δ	QC
1	A - B	62,22	1,754	150	0,7289	0,3691	0,5064	0,0002	0,7291
1	B - C	19,07	1,754	150	0,6086	0,0810	0,1331	0,0002	0,6088
1	C - D	242,31	2,193	150	0,4079	0,1655	0,4057	0,0002	0,4081
1	D - E	183,56	2,193	150	-0,1938	-0,0316	0,1633	0,0002	-0,1936
1	E - F	17,23	2,193	150	-0,2339	-0,0042	0,0180	0,0002	-0,2337
1	F - A	374,78	2,193	150	-0,6350	-0,5805	0,9141	0,0002	-0,6348
						Σ	-0,0007	Σ	2,1407

Tercera Interacción

CIRCUITO	TRAMO	LONG	Ø INT.	C	Q	Hf	Hf/Q	Δ	QC
1	A - B	62,22	1,754	150	0,7291	0,3693	0,5065	0,0000	0,7291
1	B - C	19,07	1,754	150	0,6088	0,0811	0,1332	0,0000	0,6088
1	C - D	242,31	2,193	150	0,4081	0,1656	0,4059	0,0000	0,4081
1	D - E	183,56	2,193	150	-0,1936	-0,0316	0,1631	0,0000	-0,1936
1	E - F	17,23	2,193	150	-0,2337	-0,0042	0,0180	0,0000	-0,2337
1	F - A	374,78	2,193	150	-0,6348	-0,5802	0,9139	0,0000	-0,6348
						Σ	0,0000	Σ	2,1406



## Calculo de Presiones; abastecimiento de agua potable, La Unión

**Tabla XLIX. Calculo de presiones, agua potable La Unión**

Tramo	Cota piezométrica		Cota terreno		Presión de servicio	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
A - B	110,286	108,700	97,893	96,676	12,393	12,024
B - C	108,700	110,256	96,676	98,314	12,024	11,942
C - D	110,256	106,686	98,314	94,909	11,942	11,777
D - E	106,686	103,096	94,909	91,288	11,777	11,808
E - F	103,096	104,113	91,288	92,300	11,808	11,813
F - A	104,113	110,286	92,300	97,893	11,813	12,393

## Resultados de Laboratorio de Suelos, La Pedrera

### Figura 15. Resultados de laboratorio de suelos Proctor



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



INFORME No. 0170 S.S.

O.T. No.: 21,570

Interesado: Noé de Jesús Morales Villeda

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

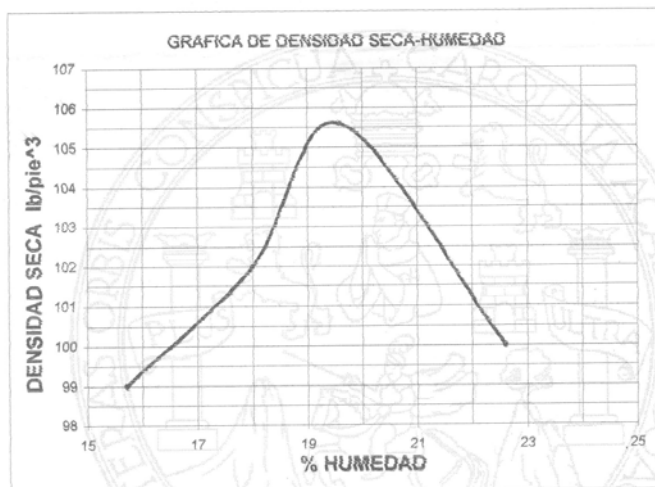
Proctor Estándar: ( ) Norma:

Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: Trabajo De Graduación - EPS

Ubicación: La Democracia, Escuintla.

Fecha: 21 de mayo de 2007



Muestra No.: 1

Descripción del suelo: Arena limosa color café

Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1692 Kg/m<sup>3</sup> 105,6 lb/pe<sup>3</sup>

Humedad óptima Hop.: 19,5 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
DIRECTOR CIVUSAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



**Figura 16. Resultados de laboratorio de suelos CBR**



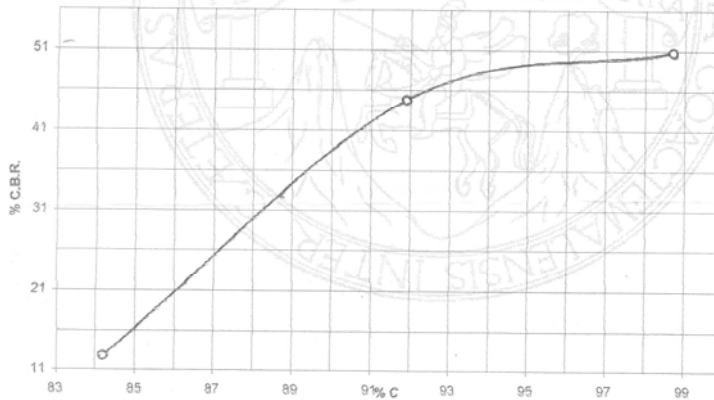
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 0171 S.S. O.T. No.: 21.570  
 Interesado: Noé de Jesús Morales Villeda  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporta California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Proyecto: Trabajo De Graduación - EPS  
 Ubicación: La Democracia, Escuintla.  
 Descripción del suelo: Arena limosa color café  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 23 de mayo de 2007

ORDEN	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
		H (%)	$\gamma_{rel}$ (Lb/pie <sup>3</sup> )			
1	10	19,00	88,9	84,2	0,17	12,8
2	30	19,00	97,1	91,9	0,13	44,8
3	65	19,00	104,2	98,7	0,08	50,8

**GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION**



Vo. Bo.:

*[Signature]*  
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
 DIRECTOR CI/USAC

*[Signature]*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC,  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

**Figura 17. Resultados de laboratorio de suelos Granulometría**



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



INFORME No. 0172 S.S.

O.T. No. 21.570

interesado: noe de Jesus Morales Villeda

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

Norma: A.A.S.N.I.U. 1-27, 1-11

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION - EPS

Procedencia: La Democracia, Escuintla

Fecha: 23 de mayo de 2007

Muestra No. 1

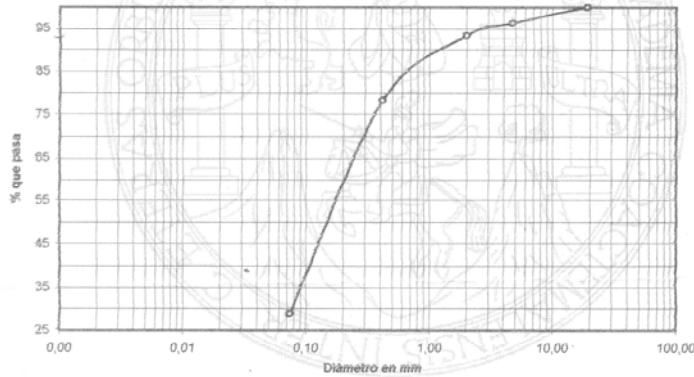
Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1.5"	38.1	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	96.36
10	2.00	93.30
40	0.42	78.35
200	0.074	28.95

% de Grava: 3.62

% de Arena: 87.43

% de Finos: 28.95



Descripción del suelo: Arena limosa color café

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

*[Signature]*  
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
 DIRECTOR CI/USAC



*[Signature]*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Pagina web: <http://ciil.usac.edu.gt>

**Figura 18. Resultados de laboratorio de suelos Limites de Atterberg**



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



INFORME No. 0173 S.S.

O.T. No. 21.570

Interesado: Noé de Jesús Morales Villeda  
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: La Democracia, Escuintla

FECHA: 23 de mayo de 2007

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	SM	Arena limosa color café

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

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Va. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
DIRECTOR CIUSAC


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos




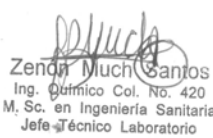

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC,  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

## Resultados de los laboratorios de agua, La Unión

Figura 19. Resultados de laboratorio agua fisico-químico



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

O.T. No. 21 583		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 22 813	
INTERESADO:	<u>FAC. DE INGENIERÍA</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD</u>		
RECOLECTADA POR:	<u>Noe Morales Villeda</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	<u>Colonia El Esfuerzo</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-05-25; 08 h 20 min.</u>		
FUENTE:	<u>Pozo</u>		<u>2007-05-25; 12 h 20 min.</u>		
MUNICIPIO:	<u>La Democracia</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO:	<u>Escuintla</u>				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	<u>Claro</u>	4. OLOR:	<u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	<u>-- ° C</u>
2. COLOR:	<u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR:	<u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	<u>193,00 µmhos/cm</u>
3. TURBIEDAD:	<u>00,19 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno ( pH ):	<u>06,80 unidades</u>		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,12	6. CLORURO (Cl <sup>-</sup> )	12,00	11. SOLIDOS TOTALES	116,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,00	7. FLUORURO ( F <sup>-</sup> )	00,16	12. SOLIDOS VOLÁTILES	09,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	09,43	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	08,00	13. SOLIDOS FIJOS	107,00
4. CLORO RESIDUAL	----	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,02	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,60
5. MANGANESO (Mn)	00,071	10. DUREZA TOTAL	82,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	102,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	84,00	84,00		
OTRAS DETERMINACIONES _____					
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física y química el análisis de agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.					
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 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, 2007-05-30					
 Vo.Bo. Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez DIRECTOR CI/USAC		 Zenda Much Santos Ing. Químico Col. N.º. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio			
					

**Figura 20. Resultados de laboratorio agua bacteriológico**

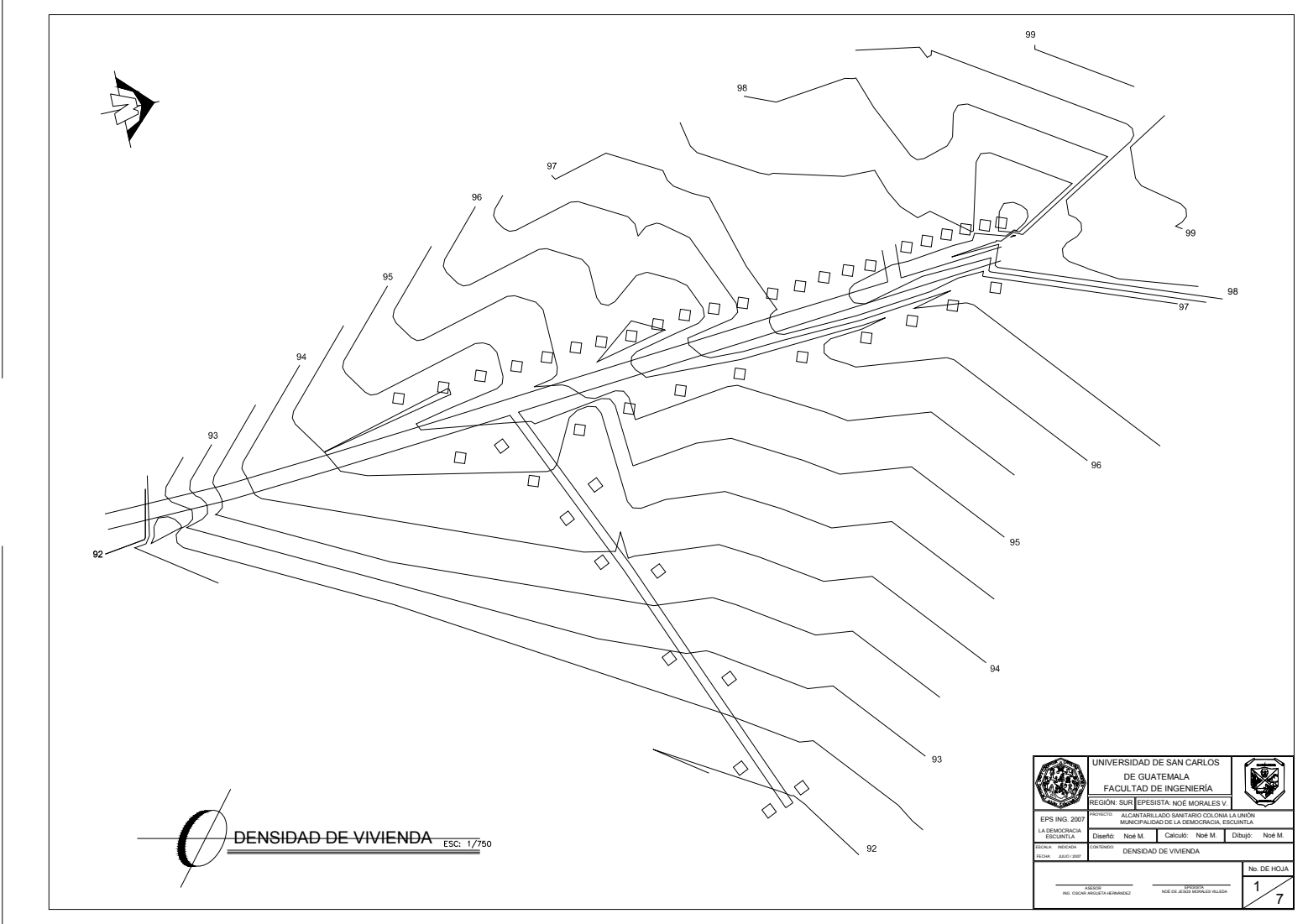




LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
 "DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No. 21 583		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-282 655	
INTERESADO	<u>Facultad de Ingeniería</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>		
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Noe Morales Villeda</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Colonia El Esfuerzo</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-05-25; 08 h 20 min.</u>		
FUENTE:	<u>pozo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-05-25; 12 h 20 min</u>		
MUNICIPIO:	<u>La Democracia</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO:	<u>Escuintla</u>	SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL	<u>-----</u>		
OLOR:	<u>Inodora</u>				
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)					
		PRUEBA CONFIRMATIVA			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS			
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C		
10,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+-----		
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----		
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----		
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 1 600	2		
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 20 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.					
CONCLUSION Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección.					
Guatemala, 2007-05-30					
Vo.Bo.					
	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez DIRECTOR CII/USAC	Zenón Mich Santos Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio			

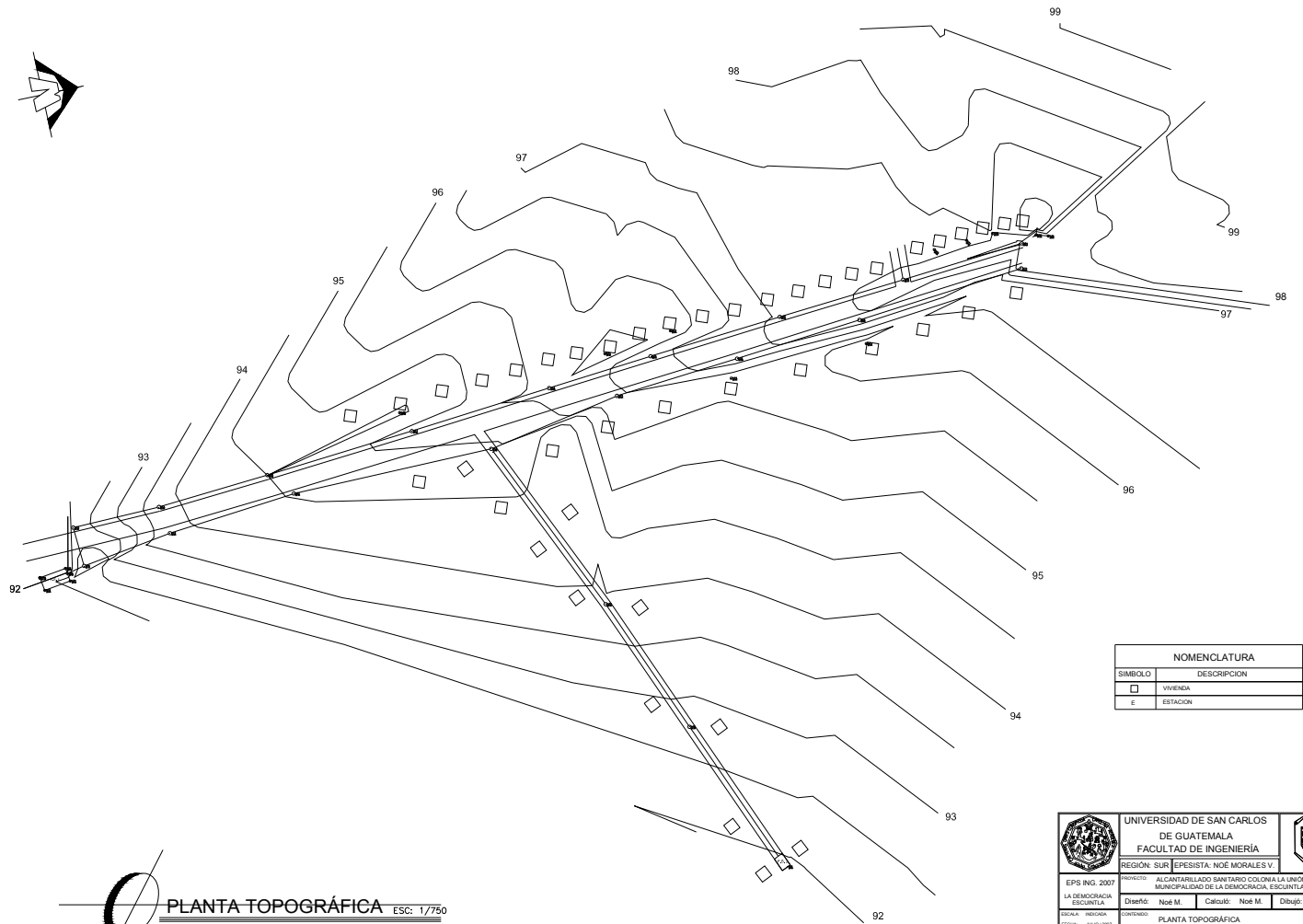






 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		 REGIÓN SUR   EPESISTA NOÉ MORALES V.		
				PROYECTO: ALCANTARILLADO SANTUARIO OSOLONA LA UNIÓN MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA
EPS: ING. 2007 LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		Diseño: Noé M.	Cálculo: Noé M.	Dibujo: Noé M.
ESCALA: INDICAR ESCALA: AJOJO (1:500)		CONTENIDO: DENSIDAD DE VIVIENDA		
AUTOR: ING. OSCAR ANASTASIO HERNÁNDEZ			REVISOR: ING. JOSÉ IGNACIO VILLAR	
No. DE HOJA				1 / 7



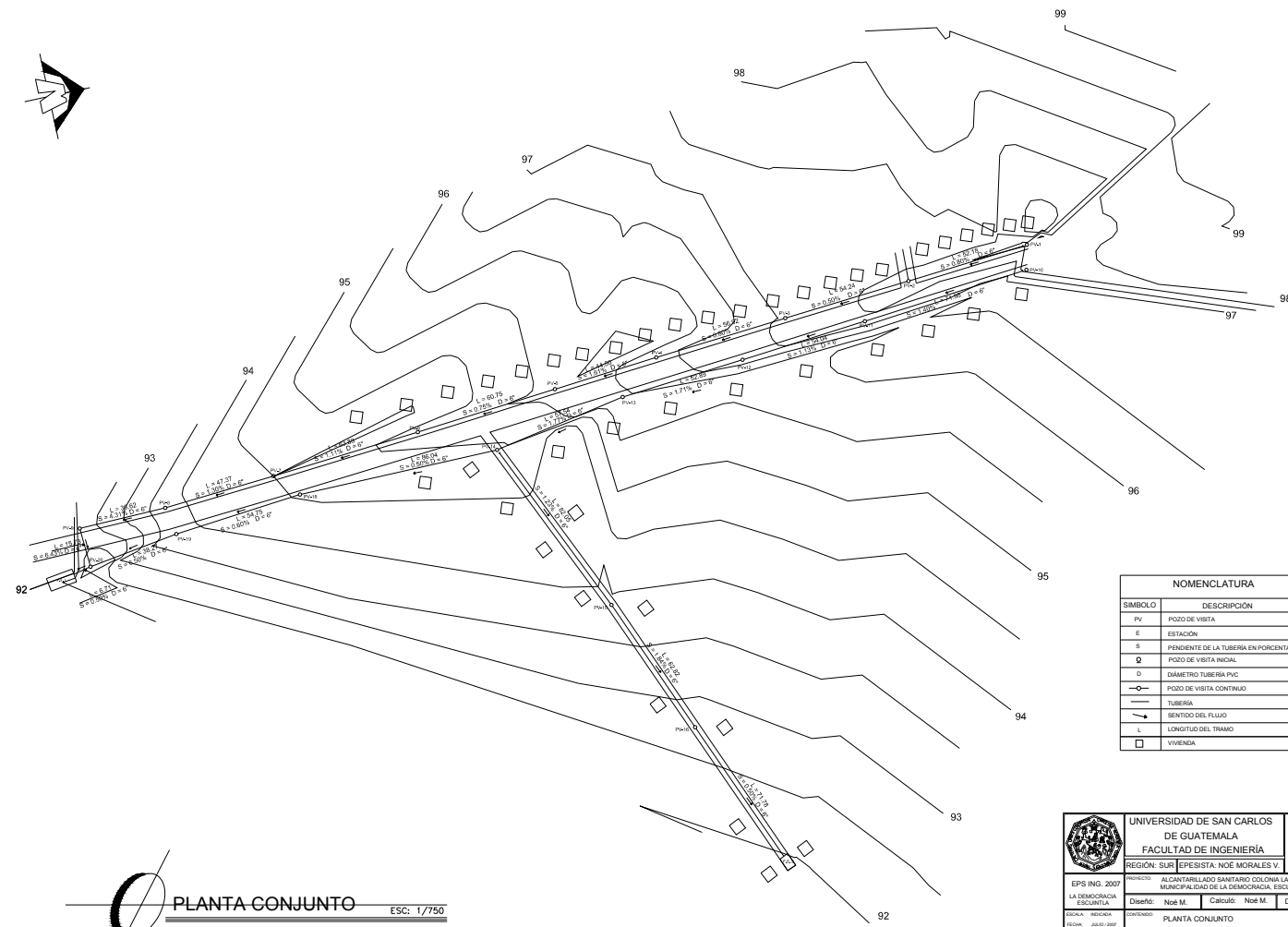


NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	VIVIENDA
E	ESTACION

 **PLANTA TOPOGRÁFICA** ESC: 1/750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
REGION: SUR   EPESISTA: NOÉ MORALES V.		
PROYECTO: ALICANTARILLADO SAN FERNANDO COLONIA LA UNIÓN MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		
EPS ING. 2007	Diseño: Noé M.	Calajo: Noé M.
LA DEMOCRACIA ESCUINTLA	Dibujó: Noé M.	
ESCALA: REDUCIDA	CONTENIDO: PLANTA TOPOGRÁFICA	
FECHA: JULIO 2007		
		No. DE HOJA
		2 / 7



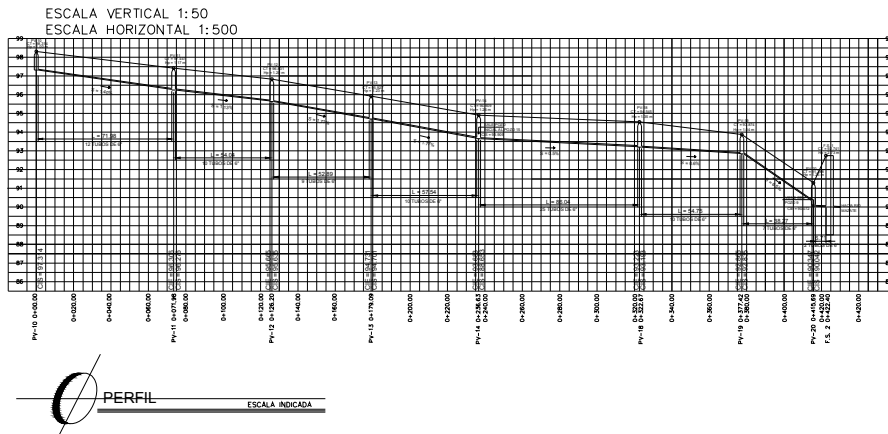
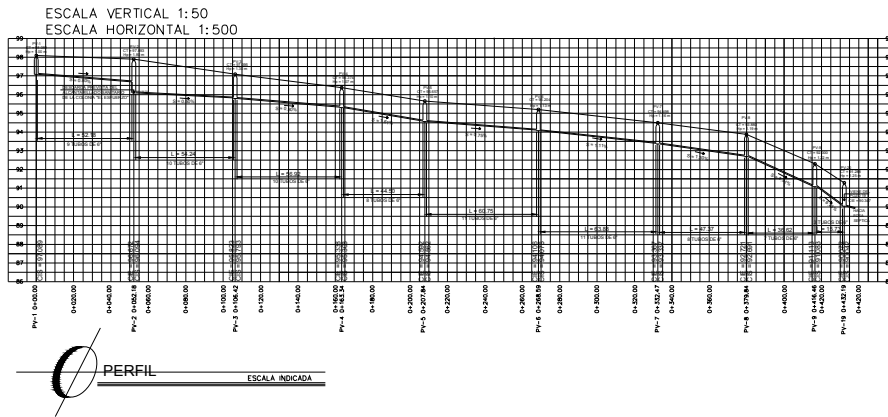


NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Pv	POZO DE VISTA
E	ESTACIÓN
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA EN PORCENTAJE
P	POZO DE VISTA INICIAL
D	DIÁMETRO TUBERÍA PVC
—○—	POZO DE VISTA CONTINUIDAD
—	TUBERÍA
→	SENTIDO DEL FLUJO
L	LONGITUD DEL TRAMO
□	VIVIENDA

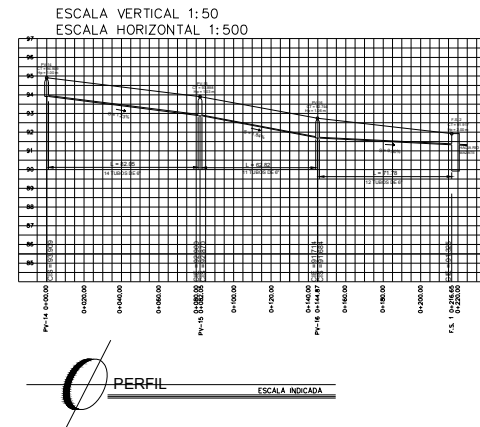

**PLANTA CONJUNTO** ESC: 1/750

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		
REGION: SUR EPESISTA: NOE MORALES V.		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA LA UNIÓN MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		
EPS ING. 2007 LA DEMOCRACIA ESCUINTLA	Diseñó: Noé M. Escala: JULIO 2007	Cálculo: Noé M. Dibujo: Noé M.
CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO		No. DE HOJA <b>3</b> <b>7</b>





NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
PV	POZO DE VISITA
CT	COTA DEL TERRENO
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA EN PORCENTAJE
H <sub>p</sub>	ALTURA DE POZO
CE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
	TUBERÍA
	SENTIDO DEL FLUJO
L	LONGITUD DEL TRAMO

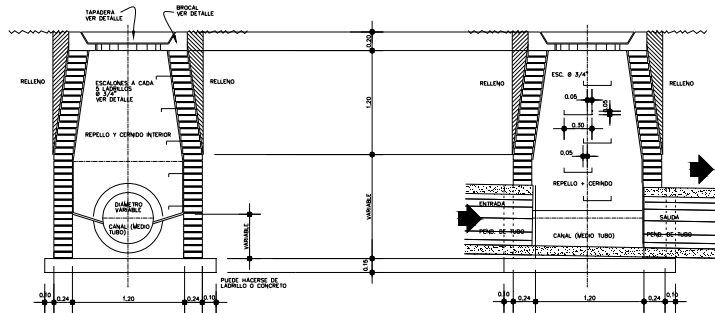


	UNIVERSIDAD DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
REGIÓN: SUR (EPISITA: NOE MORALES V.)			
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANTIBARRO COLONIA LA UNIÓN			
MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA			
EPS ING. 2007	Diseño: Noé M.	Calculo: Noé M.	Dibujo: Noé M.
LA DEMOCRACIA	ESCUINTLA		
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO: PERFIL HIDRÁULICO		
FECHA: JUNIO 2007			
			No. DE HOJA
			4
			7





## POZO DE VISITA TÍPICO

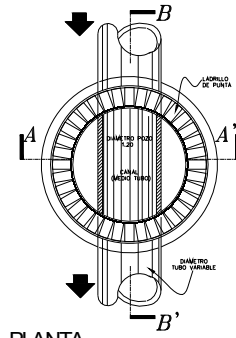


SECCIÓN A-A'

SECCIÓN B-B'

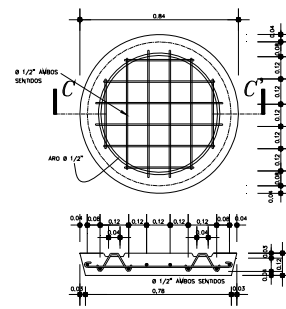
ESCALA 1/20.

ESCALA 1/20.



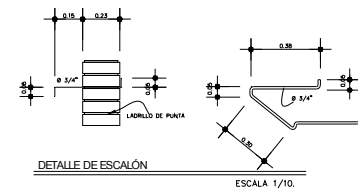
PLANTA

ESCALA 1/20.



TAPADERA POZO, PLANTA + SECCIÓN C-C'

ESCALA 1/10.



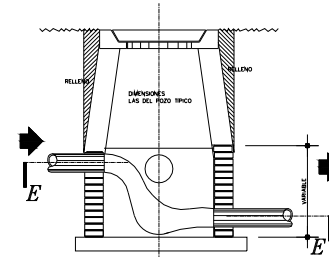
DETALLE DE ESCALÓN

ESCALA 1/10.

### ESPECIFICACIONES

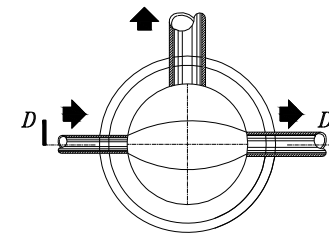
1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE PLANTA CONCRETO.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , 3,000 PSI.
3. EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCIÓN 1:1.5.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACIÓN.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERÁ  $F_y = 280 \text{ kg/cm}^2$ , 40,000 PSI.

## DETALLE DE POZO CON 2 SALIDAS



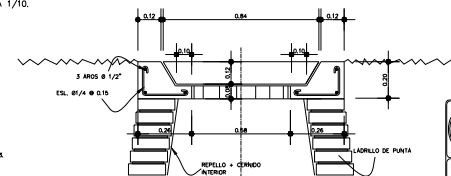
SECCIÓN D-D'

ESCALA 1/20.



PLANTA E-E

ESCALA 1/20.

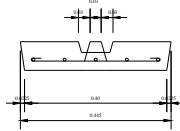
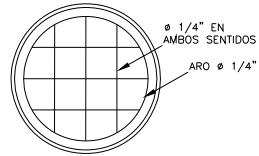


DETALLE DE BROCAL POZO

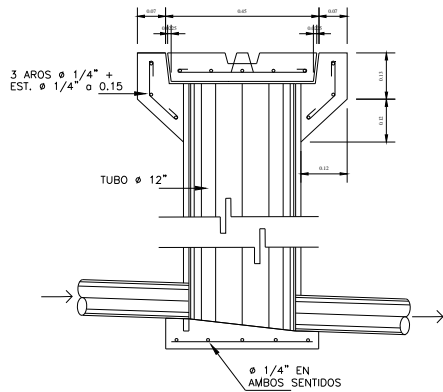
ESCALA 1/10.

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		
	REGION: SUR DEPARTAMENTO: NOB. MORALES V.		
EPS ING. 2007 LA ESCUELA DE INGENIERÍA ESCUELA	DISEÑO: Noé M. Cárdeno, Noé M. Dávalos, Noé M.		No. DE HOJA 5 / 7

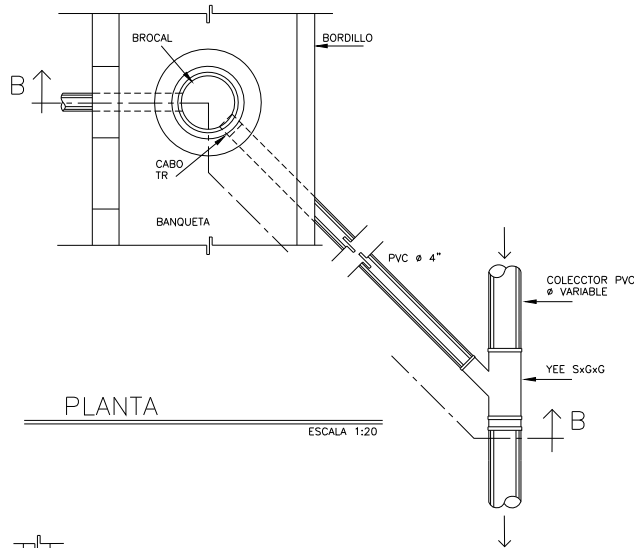




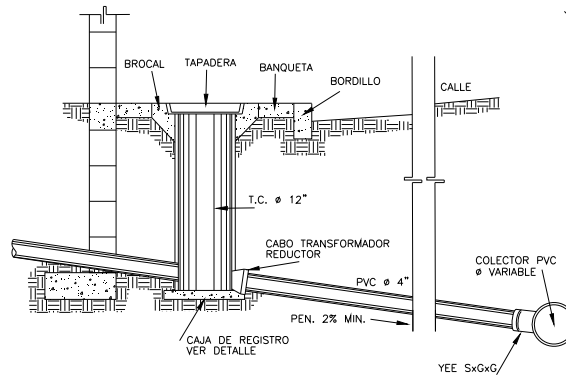
Detalle de Tapadera  
ESCALA 1:10



Detalle de Caja de Registro  
ESCALA 1:10



PLANTA  
ESCALA 1:20



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1:20

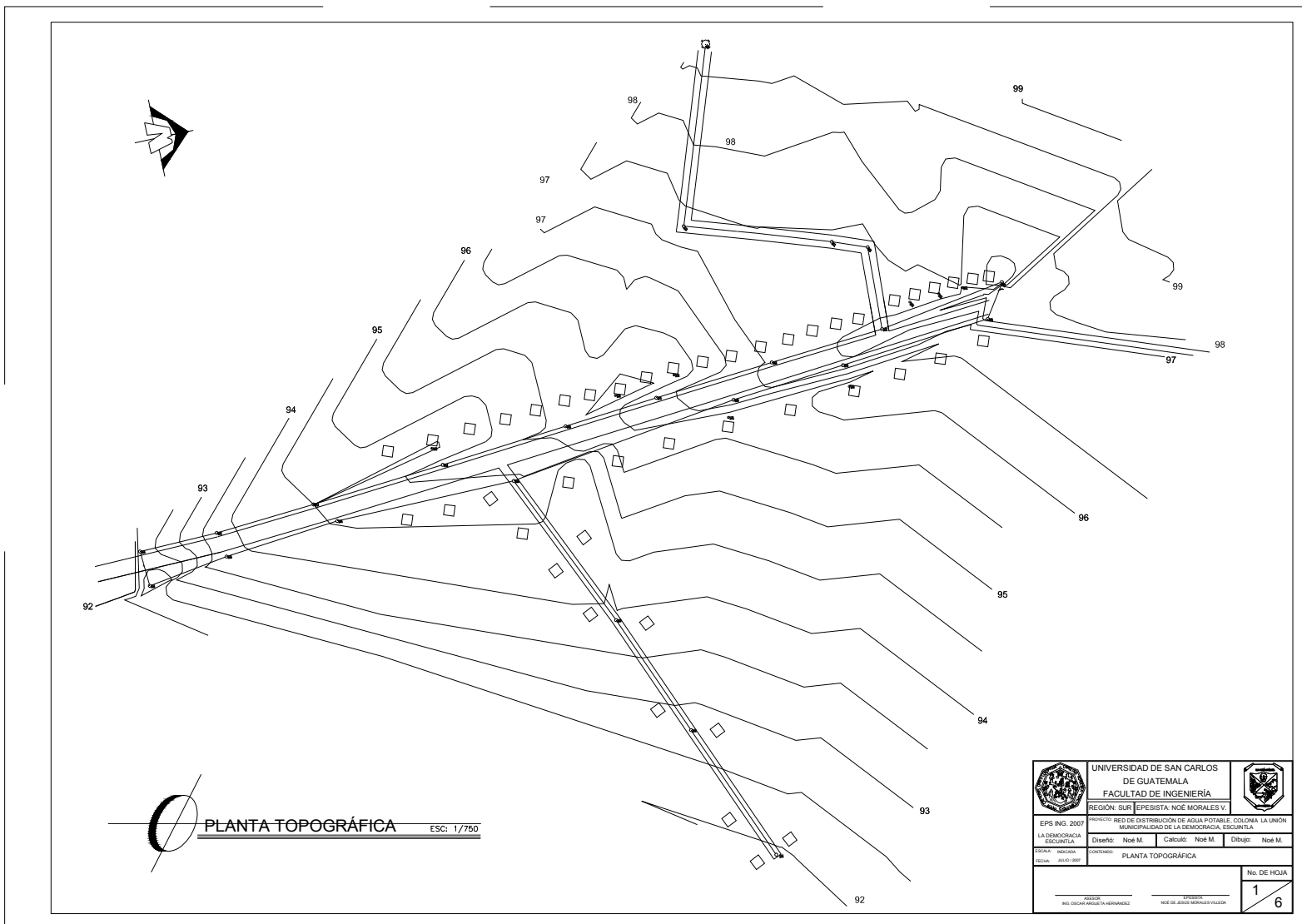
- CONDICIONES NORMALES
- A- CABO TRANSFORMADOR/REDUCTOR
  - B- TUBERIA PVC Ø 4"
  - C- YEE S x G x G (Ø COLECTOR x 4")

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
REGION: SUR	CATEDRATA: ING. MORALIS V.		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANTARROCOLONIA LA UNION	DISEÑO: Noé M. Ceballos		
LA DEMOCRACIA EN GUATEMALA	DISEÑO: Noé M. Ceballos		
ACOMETIDA DOMICILIAR	DISEÑO: Noé M. Ceballos		
No. DE HOJA			
6			7









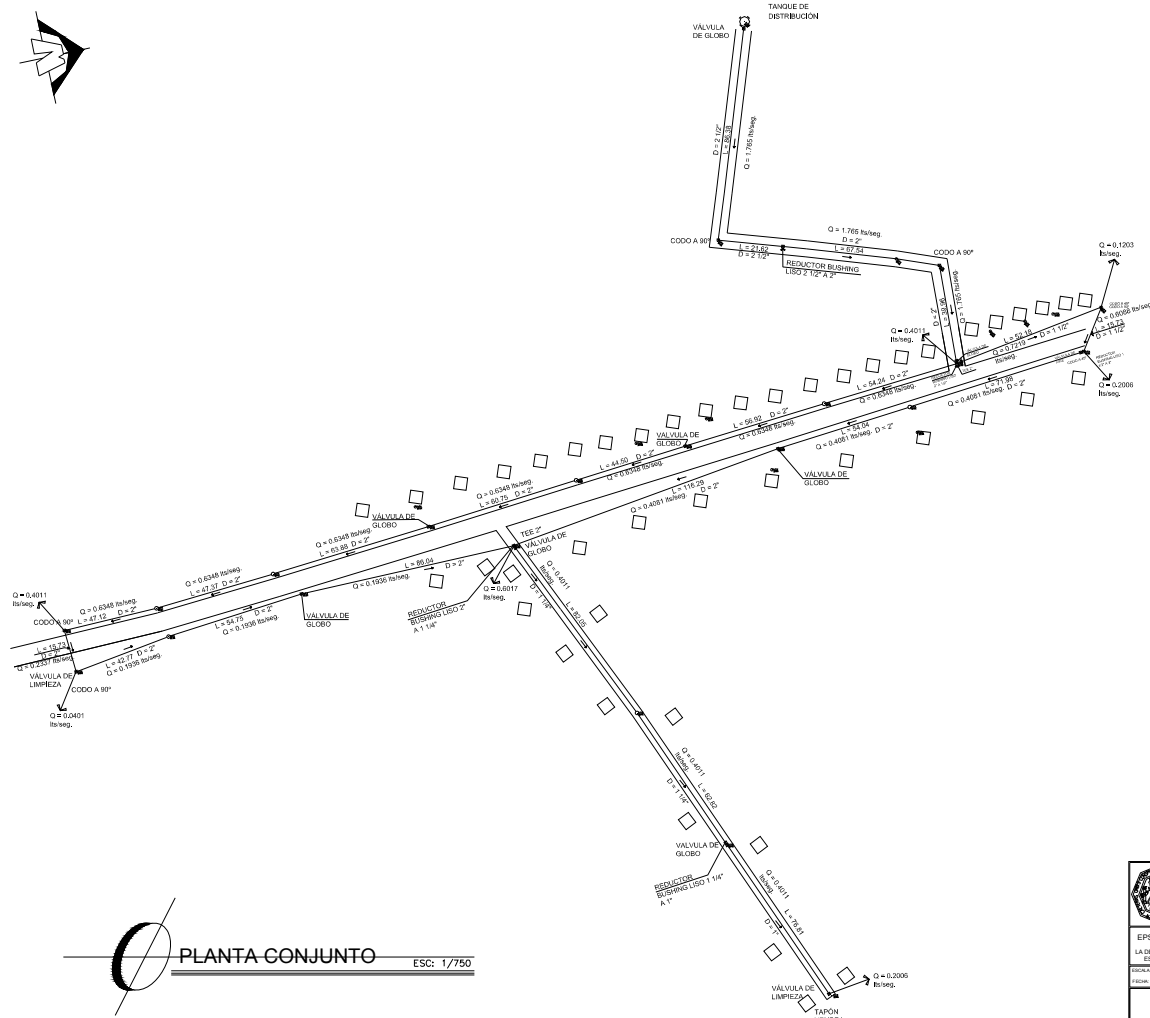



**PLANTA TOPOGRÁFICA** ESC: 1/750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA			
	REGIÓN SUR [ESPESITA NOE MORALES V.]			
EPS ING. 2007 LA DEMOCRACIA ESCUINTLA PROYECTO RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE. COLONA LA UNIÓN MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA				
DISEÑO: Noé M.		CÁLCULO: Noé M.		DIBUJO: Noé M.
TÍTULO: INDICACIÓN		CONTENIDO: PLANTA TOPOGRÁFICA		
No. DE HOJA				1 / 6







**PLANTA CONJUNTO**      ESC: 1/750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		
	REGIÓN: SUR    EPESISTA: NOE MORALES V		
EPS ING. 2007 LA DEMOCRACIA ESCUNTLA	PROYECTO: RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, COLONIA LA UNIÓN MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUNTLA		
DISEÑO: NOE M. CÁLCULO: NOE M. DIBUJO: NOE M.	DISEÑO: PLANTA CONJUNTO		No. DE HOJA 2 / 6
AUTOR: ING. OSCAR ARRIETA HERNÁNDEZ		REVISOR: ING. JOSÉ RAMÓN VILLALBA	

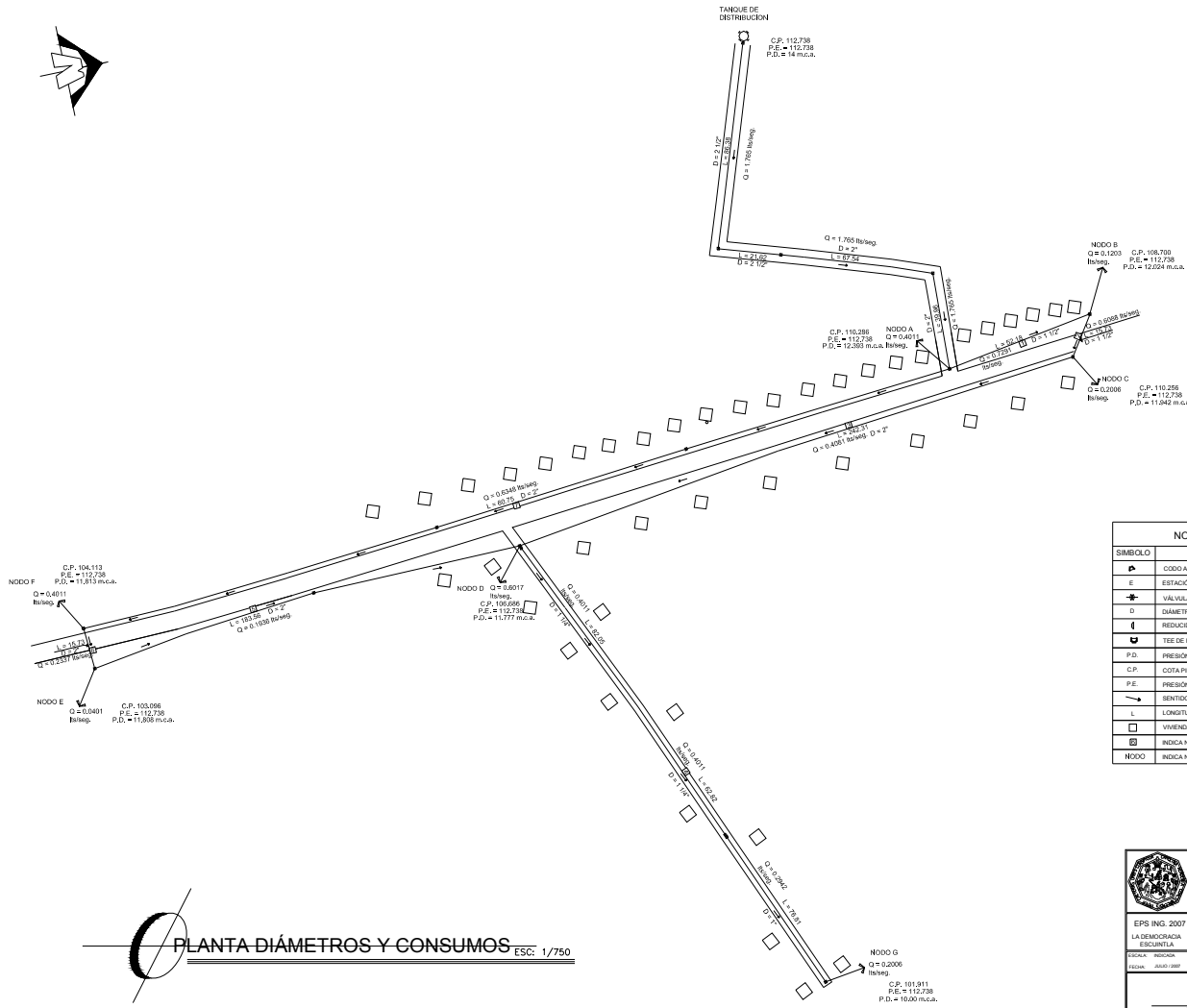




 **PLANTA DE ISOPRESIÓN** ESC: 1/750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
REGION: SUR EPISISTA: NCE MORALES V.		
PROYECTO: RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, COLONIA LA UNIÓN, MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		
EPS ING. 2007	Diseño: Noé M.	Calculó: Noé M.
LA DEMOCRACIA ESCUINTLA	Dibujó: Noé M.	
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO: PLANTA ISOPRESIÓN	
ELABOR: JULIAN BERRY		
		Nº. DE HOJA
		3
		6



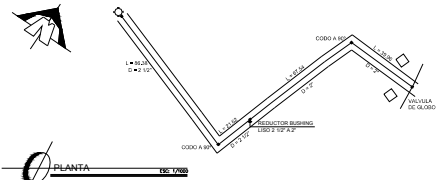


**PLANTA DIÁMETROS Y CONSUMOS** ESC: 1/750

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
▶	COSEJO # 4P DE PVC
E	ESTACION
+	VALVULA DE GLOBO
D	DIÁMETRO TUBERIA PVC
↓	REDUCTOR BUSHING
⊥	TEE DE PVC
P.D.	PRESION DINAMICA
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
P.E.	PRESION ESTÁTICA
→	SENTIDO DEL FLUIDO
L	LONGITUD DEL TRAMO
□	VIVIENDA
⊠	INDICA NUMERO DE TUBERIA
NODO	INDICA NUMERO DE NUDO

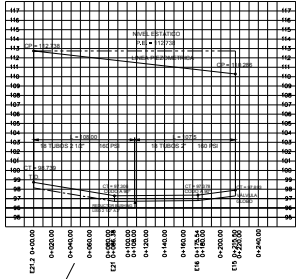
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
		FACULTAD DE INGENIERÍA		
REGION: SUR   EPESISTA: NOÉ MORALES V.		PROYECTO: RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE   COLONIA LA UNION   MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		
EPS ING: 2007 LA DEMOCRACIA ESCUINTLA	Diseñó: Noé M.	Calculó: Noé M.	Dibujó: Noé M.	
PLANTA DE CONSUMOS, DIÁMETROS				
FECHA: 04/01/2017				No. DE HOJA <b>4</b>
PRECISA: NOÉ MORALES V.   INGENIERO				6



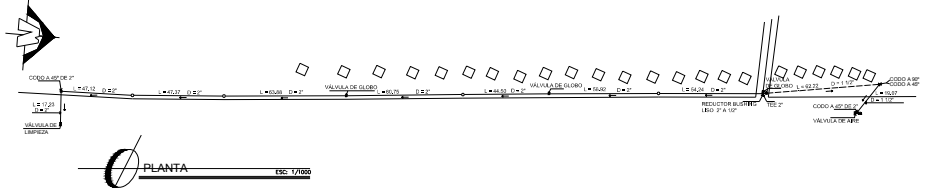


PLANTA ESC: 1/2000

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

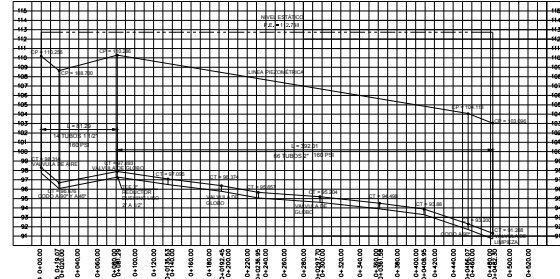


PERFIL ESCALA INDICADA

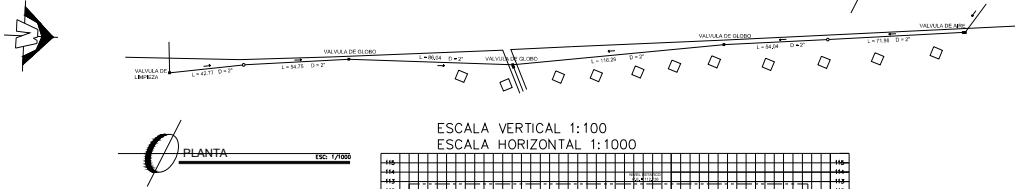


PLANTA ESC: 1/2000

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

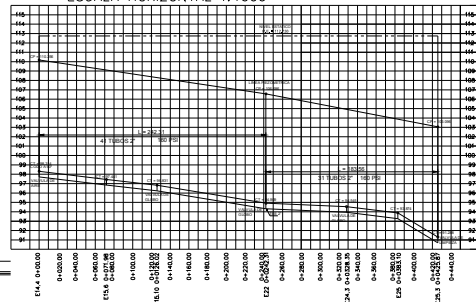


PERFIL ESCALA INDICADA



PLANTA ESC: 1/2000

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



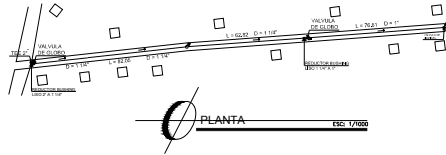
PERFIL ESCALA INDICADA

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
●	CODO A 90° DE PVC
□	ESTACION
+	VALVULA DE CIERRE
+	VALVULA DE VENTILACION
+	REDUCCION BOMBAS
+	TRIE DE PVC
+	REDUCCION BOMBAS
+	COXA PRESISTEMATICA
+	FRICCION ESTADICA
+	SECCION DEL TUBO
+	LIMITE DEL TERRENO
+	TERRENO
+	INDICA NUMERO DE TUBERIA
+	INDICA NUMERO DE PUNTO

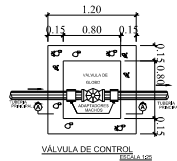
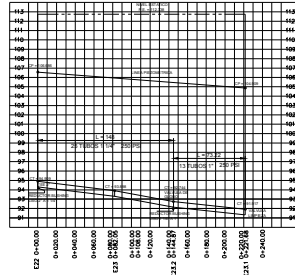
	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>		
	<b>REGION SUR   EPISISTA NOE MORALES V.</b> <small>PROYECTO: REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE. COLONIA LA UNION MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA ESCUINTLA</small>		
EPS ING. 2007 LA DEMOCRACIA ESCUINTLA	Diseñó: Noé M. Escala: REDUCIDA	Calculó: Noé M. CONTENIDO: PLANTA PERFIL	Dibujó: Noé M. FECHA: JULIO 2011
			No. DE HOJA <b>5</b> 6



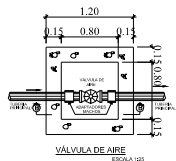




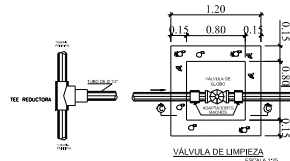
ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



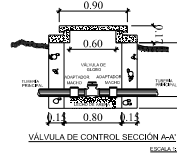
VALVULA DE CONTROL SECCION A-A ESCALA 1:50



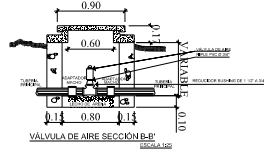
VALVULA DE AIRE SECCION B-B ESCALA 1:50



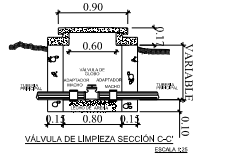
VALVULA DE LIMPIEZA SECCION C-C ESCALA 1:50



VALVULA DE CONTROL SECCION A-A ESCALA 1:50

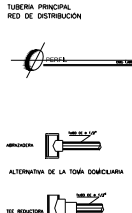
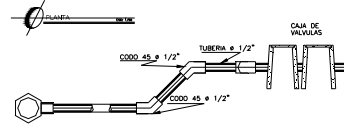
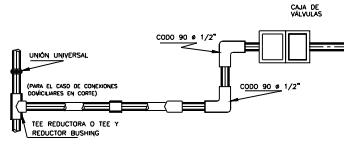


VALVULA DE AIRE SECCION B-B ESCALA 1:50

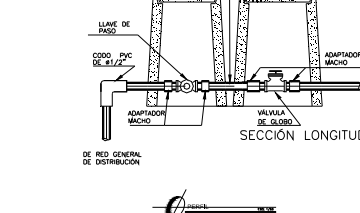
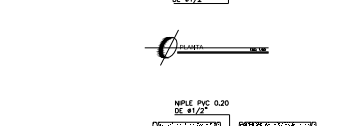
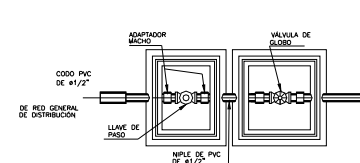


VALVULA DE LIMPIEZA SECCION C-C ESCALA 1:50

LOCALIZACIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR

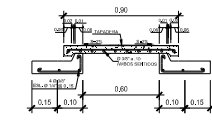


CONEXIÓN DOMICILIAR ESTANDAR  
CAJA DE VÁLVULAS DE CONTROL



- LA MAMPOSTERIA DE PIEDRA SE HARA DE LA SIGUIENTE MANERA:  
33 % DE MORTERO  
67 % DE PIEDRA BOLA
- EL MORTERO SE HARA EN LA PROPORCION, EN VOLUMEN 1:2 CEMENTO Y ARENA DE RIO
- EL CONCRETO SERA EN LA PROPORCION, EN VOLUMEN 1:2:3 CEMENTO, ARENA DE RIO Y PIEDRIN DE 12" RESPECTIVAMENTE
- SE REPELLARA EL INTERIOR Y EXTERIOR CON SABIETA- PROPORCION VOLUMEN 1:2, CEMENTO, ARENA DE RIO RESPECTIVAMENTE CON UN RECUBRIMIENTO MINIMO DE 1.5 CMS.
- EN LAS TAPADERAS SE DEJARA UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO
- SE REALIZARA UN ALZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCION 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DE LA CAJA.

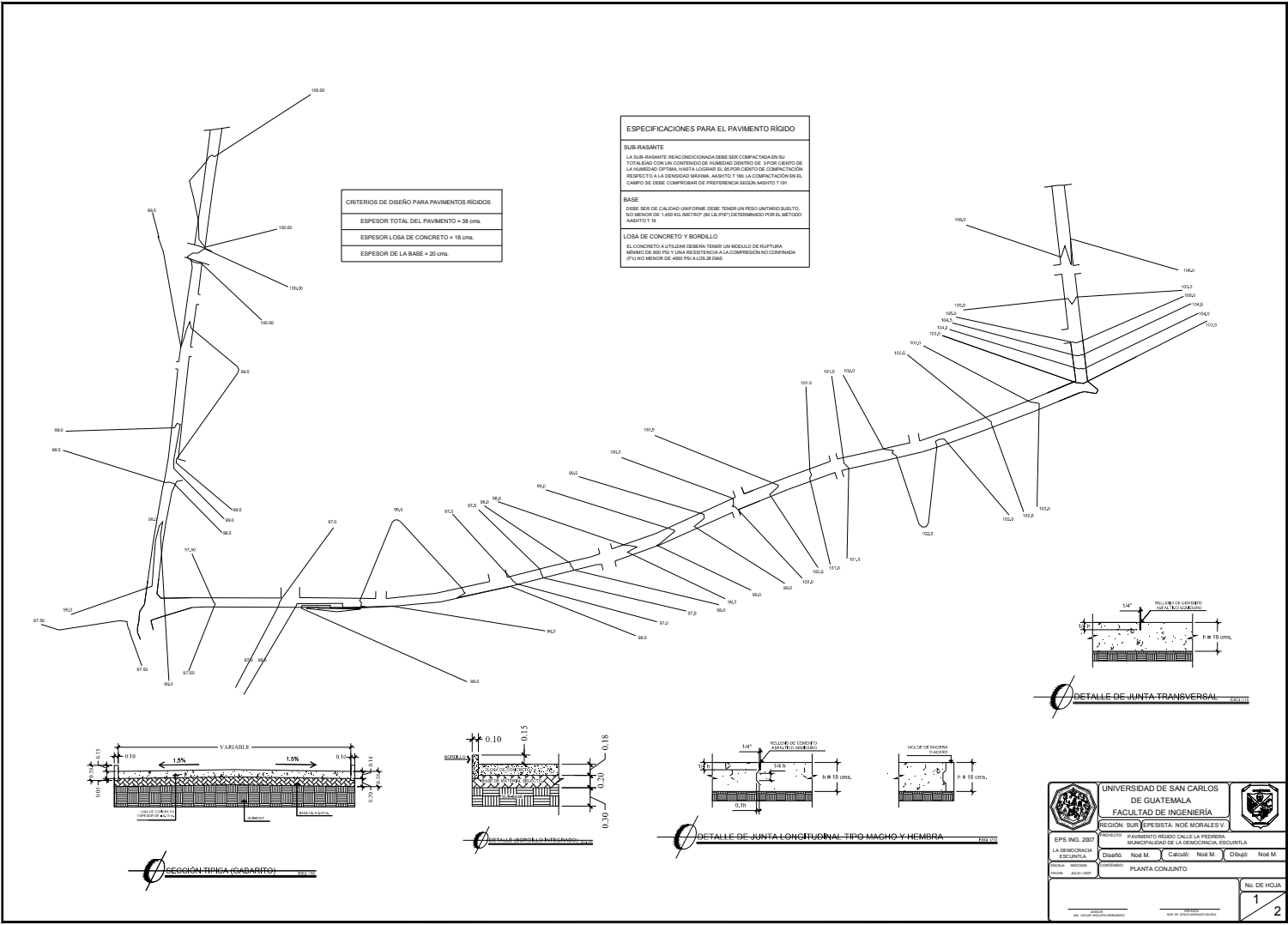
NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
C	CODO 45° DE PVC
E	ESTACION
V	VALVULA DE GLOBO
U	UNION UNIVERSAL PVC
T	REDUCTOR BUSHING
P	TEE DE PVC
AD	ADAPTADOR MACHO
CP	COYA FIDUCIARIA
FE	PIESON ESTADICA
TS	SENTADO EN TERMO
L	LIMPIEZA DEL TERMO
VA	VALVULA
AN	ANCHA NUMERO DE TUBERIA
NO	NUMERO NUMERO DE TERMO



DETALLE DE TAPADERA ESCALA 1:50

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	REGION SUR (ESTRATA: NOE MORALES V.) MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		
EPS ING. 2007 LA DEMOCRACIA ESCUINTLA	Diseñó: Noé M. Fecha: 2007-2007	Calculó: Noé M. Dibujó: Noé M.	No. DE HOJA 6 6





**CRITERIOS DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS RIGIDOS**

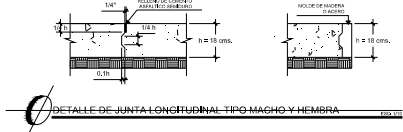
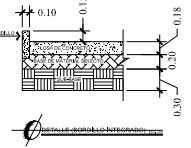
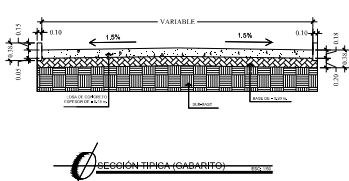
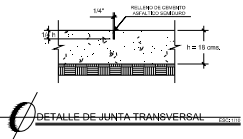
ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO = 38 cms.
ESPESOR LOSA DE CONCRETO = 18 cms.
ESPESOR DE LA BASE = 20 cms.

**ESPECIFICACIONES PARA EL PAVIMENTO RIGIDO**

**SUB-RASANTE**  
 LA SUB-RASANTE REACONDICIONADA DEBE SER COMPACTADA EN SU TOTALIDAD CON UN CONTENIDO DE HUMEDAD ENTRE 0.95 Y 0.98 DE LA HUMEDAD OPTIMA. EN LOS CASOS DE SER POR CRITERIO DE COMPACTACION RESPECTO A LA DENSIDAD MAXIMA, ASISTIDO Y DESPUES DE LA COMPACTACION EN EL CAMPO SE DEBE COMPROBAR DE PREFERENCIA SEGUN ASHTO T 99.

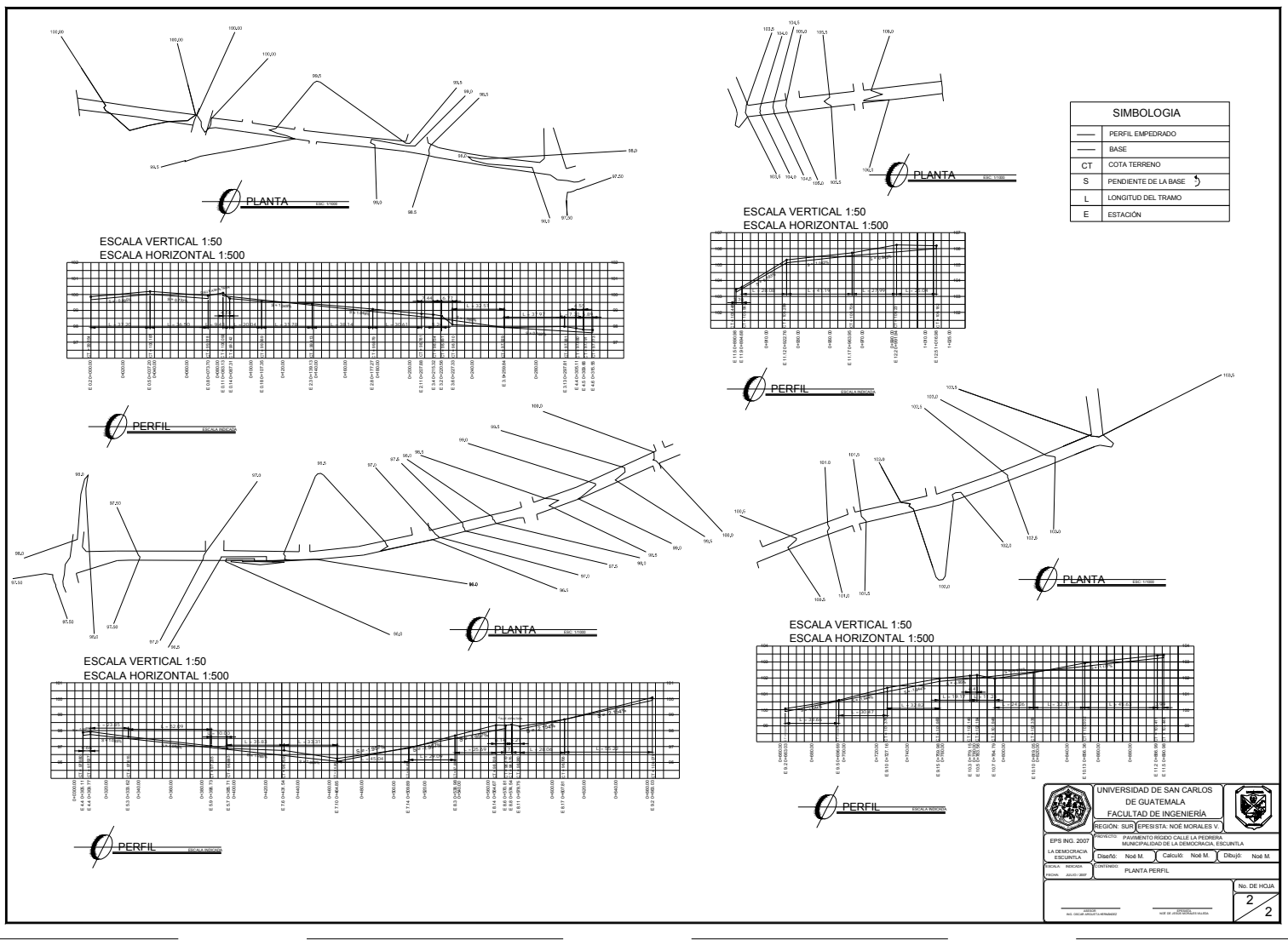
**BASE**  
 LA BASE DE CALIDAD UNIFORME DEBE TENER UN PESO UNIFORME SUELO NO MENOR DE 1400 KG. METRO<sup>3</sup> (98 LB. PIES<sup>3</sup>) DETERMINADO POR EL METODO ASHTO T 99.

**LOSA DE CONCRETO Y BORDILLO**  
 EL CONCRETO A UTILIZAR DEBERA TENER UN MODULO DE RUPTURA MINIMO DE 800 PSI Y UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONTINUA PFCO MENOR DE 400 PSI A LAS 28 DIAS.



 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
REGION: SUB-REGIONISTA, NOE MORALES V. MUNICIPIO: PAVIMENTO RIGIDO CALLE LA PEDRERA, MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.	
EPS: 962-2005 LA DEMOCRACIA ESCUINTLA FECHA: 04/03/2007	USUARIO: NOE M. / CARRERA: NOE M. / DISEÑO: NOE M. PROYECTO: PLANTA CONJUNTO
No. DE HOJA <b>1</b> / <b>2</b>	





SIMBOLOGIA	
—	PERFIL EMPEDRADO
—	BASE
CT	COTA TERRENO
S	PENDIENTE DE LA BASE
L	LONGITUD DEL TRAMO
E	ESTACION

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA		
	REGION: SUR (CIDENTA: NOE MORALES V.) PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO CALLE LA PIEDRA MUNICIPALIDAD DE LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		
EPIS: INV. 2007 LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA		Obrero: Noe M.	Dibujó: Noe M.
CANTON: MICHUCA PROYECTO: PLANTA PERFIL		No. DE HOJA <b>2</b> 2	