



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LAS ALDEAS LOS BORDOS Y EL ARCO, MUNICIPIO DE
TECULUTÁN, ZACAPA**

Armando Vinicio Fuentes Leonardo

Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS
ALDEAS LOS BORDOS Y EL ARCO, MUNICIPIO DE TECULUTÁN, ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ARMANDO VINICIO FUENTES LEONARDO

ASESORADO POR ING. MANUEL ARRIVILLAGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Zelada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR:	Ing. Chirsta del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR:	Ing. Mayra Rebeca García de Sierra
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS LOS BORDOS Y EL ARCO, MUNICIPIO DE TECULUTÁN, ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 25 de marzo de 2003

ARMANDO VINICIO FUENTES LEONARDO

AGRADECIMIENTOS:

Al Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga, asesor de este trabajo, por su disposición y confianza.

Al Ing. Manuel Divas Paiz, por prestarme la ayuda necesaria en la elaboración de mi trabajo de graduación.

A la Municipalidad de Teculután, por haber abierto sus puertas y dado la oportunidad de desarrollar y aplicar los conocimientos aprendidos durante mi carrera universitaria.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme todos los conocimientos adquiridos durante mi carrera de estudiante.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS: Por ser fuente de Iluminación en las decisiones de mi vida.

MIS PADRES Juan Teodoro Fuentes Sánchez (Q.E.P.D.)
Maria Catalina Leonardo Vda. De Fuentes

Con todo el amor, por su apoyo incondicional.

Juan José González

Por guiarme en el período de mi vida.

MIS HERMANOS Rony Estuardo y Mirna Elizabeth

Con especial cariño hacia ellos.

Sergio Ocaña Fuentes

Por su confianza y apoyo durante mi carrera.

Elena Alejandra Fuentes

Con amor.

MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

Edilzar Benjamín, Carlos Andrés, Ángel Roberto, Gustavo
Adolfo

Por brindarme su amistad.

MIS FAMILIARES, COMPAÑEROS DE TRABAJO

Por su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XII

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Monografía del lugar	1
1.2.1. Localización y ubicación	1
1.2.2. Límites y colindancias	1
1.2.3. Vías de acceso	1
1.2.4. Clima y precipitación pluvial	2
1.2.5. Población e idioma	2
1.2.6. Tipo de vivienda	3
1.2.7. Educación.	4
1.2.8. Actividades socio-económicas	5
1.2.9. Servicios públicos y municipales	6
1.2.10. Suelo y topografía	9
1.2. Investigación diagnóstica sobre efectos en el medio	
Ambiente por falta de alcantarillado sanitario	11
1.2.1. Estado de las fuentes de riego-agua del lugar	11
1.2.2. Estado de las calles y avenidas	11
1.2.3. Problemas por la falta de un sistema de alcantarillado sanitario	12

1.2.4. Soluciones a la problemática existente.	13
--	----

2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

2.1. Métodos de cálculo de población	15
2.1.1. Método aritmético	15
2.1.2. Método geométrico	15
2.1.3. Método a ojo	15
2.2. Análisis de censos existentes y encuestas sanitarias	16
2.2.1. Censos de población	16
2.2.2. Resumen de encuestas sanitarias	16

3. CONSIDERACIONES TOPOGRÁFICAS

3.1. Planimetría	19
3.2. Altimetría	20
3.3. Plano topográfico	20
3.4. Plano de densidad de población	21

4. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS SANITARIO

4.1. Tipo de sistema a usar	23
4.2. Período de diseño	24
4.3. Cálculo de población de diseño	24
4.4. Caudal sanitario	25
4.4.1. Cálculo de población tributaria	26
4.4.2. Dotación	26
4.4.3. Factor de retorno al sistema	27
4.4.4. Caudal domiciliar	27

4.4.5. Caudal por conexiones ilícitas	28
4.4.6. Caudal de infiltración	29
4.4.7. Caudal comercial	30
4.5. Calculo hidráulico	30
4.5.1. Calculo de caudal de diseño	30
4.5.1.1. factor de caudal medio (fqm)	30
4.5.1.2. Caudal máximo	31
4.5.1.3. Factor de flujo instantáneo (FH)	31
4.5.1.4. Caudal de diseño	32
4.5.1.5. Área tributaria	32
4.5.1.6. Selección de ruta	32
4.5.2. Pendientes máximas y mínimas	33
4.5.3. Velocidades máximas y mínimas	33
4.5.4. Coeficiente de rugosidad	
(en función de la tubería a utilizar)	34
4.5.5. Diseño de secciones (formula de manning)	35
4.5.6. Calculo de cotas invert	36
4.5.7. Diámetros mínimos de tuberías	37
4.5.8. Normas y recomendaciones de diseño	37
4.5.9. Profundidad de las tuberías	38

5. OBRAS HIDRÁULICAS Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

5.1. Colector principal	41
5.2. Conexiones domiciliarias	41
5.2.1. Tubería secundaria	42
5.3. Candela domiciliar	42
5.4. Cajas de registro	42

5.5. Pozos de visita	43
5.6. Fosas sépticas	44
5.6.1. Definición	44
5.6.2. Funciones de la fosa séptica	44
5.7. Pozos de absorción	45
 6. DISEÑO Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS EL ARCO Y LOS BORDOS	
 6.1. Descripción del sistema	47
6.1.1. Generalidades	47
6.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario	47
6.2.1. Periodo de diseño	48
6.2.2. Población de diseño	48
6.2.3. Caudal sanitario	48
6.2.4. Caudal de diseño	51
6.3. Componentes que forman el sistema de alcantarillado Sanitario	54
6.3.1. Ramales que forman el sistema (tubería principal y secundaria)	54
6.3.2. Candelas domiciliarias	55
6.3.3. Pozos de visita	55
6.3.4. Cajas de registro	57
6.3.5. Fosa séptica	58
6.3.6. Pozos de absorción	58
 6.4. Presupuesto del sistema de alcantarillado	59
6.5. Especificaciones	59

7. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

7.1. Generalidades	61
7.2. Objetivos específicos del tratamiento de aguas residuales	61
7.3. Criterios del tratamiento	61
7.3.1. Tratamiento mecánico	62
7.3.2. Tratamiento químico	62
7.3.3. Tratamiento biológico	63
7.3.4. Tratamiento avanzado	63
7.4. Etapas de tratamiento	64
7.4.1. Tratamiento preliminar	64
7.4.2. Tratamiento primario	67
7.4.3. Tratamiento secundario	69
7.4.4. Tratamiento terciario	74
7.4.5. Tratamiento y disposición de lodos	76
7.5. Clasificación de sistemas	78
7.5.1. Pretratamiento	78
7.5.2. Tratamiento primario	80
7.5.3. Tratamiento secundario	88
7.5.4. Desinfección	101
7.5.5. Tratamiento terciario	102

8. PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO LOS BORDOS Y EL ARCO

CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	111
APÉNDICE	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Rejillas de limpieza manual	79
2. Detalle de desarenador	80
3. Detalle de sistemas de filtración	81
4. Detalle de fosa séptica	82
5. Detalle de tanque Imhoff	83
6. Esquema de tratamiento primario	86
7. Esquema de tratamiento secundario	91
8. Esquema filtros rotativos	93
9. Esquema lagunas aereadas	98
10. Esquema de proceso de lodos activados	99
11. Esquema de zanja de oxidación	101
12. Planos generales del diseño de alcantarillado Sanitario para Los Bordos	141
23. Planos generales del diseño de alcantarillado Sanitario para El Arco (tramo I)	152
36. Planos generales del diseño de alcantarillado Sanitario para El Arco (tramo II)	165

TABLAS

I.	Población indígena y no indígena	2
II.	Población total por lugar poblado	3
III.	Tipo de vivienda por comunidad	3
IV.	Tipo de materiales para vivienda	4
V.	Edificios educativos por comunidad	4
VI.	Organizaciones comunitarias	5
VII.	Carreteras	6
VIII.	Cobertura servicio eléctrico	7
IX.	Instituciones de salud	8
X.	Servicios municipales	9
XI.	Servicio de saneamiento ambiental	10
XII.	Censo de población	16
XIII.	Encuesta de servicios sanitarios en población en estudio	17
XIV.	Coeficientes de rugosidad	34
XV.	Ancho de zanjas	39
XVI.	Longitud de tubería principal y secundaria por sistema de alcantarillado sanitario	55
XVII.	Cantidad de candelas domiciliarias por sistema de alcantarillado sanitario	55
XVIII.	Cantidad de pozos de visita por sistema de alcantarillado sanitario	57
XIX.	Cantidad de cajas de registro por sistema de alcantarillado sanitario	58
XX.	Cantidad de fosas sépticas por sistema de alcantarillado sanitario	58

XXI.	Cantidad de pozos de absorción por sistema de alcantarillado sanitario	59
XXII.	Procesos de tratamiento terciario	104
XXIII.	Memoria de calculo y presupuesto final para el diseño del sistema de drenaje de la aldea Los Bordos	115
XXX.	Memoria de calculo y presupuesto final para el diseño del sistema de drenaje de la aldea El Arco (tramo I)	123
XXXVII.	Memoria de calculo y presupuesto final para el diseño del sistema de drenaje de la aldea El Arco (tramo II)	132

GLOSARIO

Aguas servidas	Son las aguas de origen doméstico, industrial y comercial que transportan los desechos sólidos.
Alcantarillado sanitario	Es el medio por el cual se transportan las aguas servidas. Esta conformado por tuberías, obras hidráulicas sanitarias y cuerpo de desfogue.
Fosa séptica	Es un estanque cubierto y hermético, construido de piedra, ladrillo, concreto armado y otros materiales de albañilería. Es generalmente de forma rectangular, proyectado y diseñado para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, que oscila entre 12 a 72 horas, durante el cual se efectúa un proceso anaeróbico de eliminación de sólidos sedimentables.
Pozo de absorción	Consiste en una excavación en el terreno con cierto diámetro y una profundidad variable, la cual esta en función del tipo de suelo y de la altura del nivel freático.
Saneamiento	Es la actividad que tiene por objeto recoger, transportar evacuar y depurar las aguas servidas de un asentamiento humano.

RESUMEN

Las aldeas El Arco y Los Bordos pertenecientes a el Municipio de Teculután, el cual se encuentra localizado en el kilómetro 121 de la CA-9 que conduce al Atlántico, carecen actualmente de un sistema de evacuación de aguas servidas, por lo que las condiciones del lugar, son de insalubridad. Las personas de la comunidad tratan en lo posible de evacuar sus aguas hacia lugares, en donde no corran riegos de salud, pero es casi imposible, debido al numero de personas asentadas y la topografía en cada uno de esos lugares.

Con el diseño y posterior construcción del sistema de alcantarillado sanitario para cada una de estas comunidades, se elevara el nivel de vida, lo que significa un desarrollo para cada una de las personas.

Para desarrollar el diseño, se inicio con una investigación sanitaria del lugar, lo cual reflejó las condiciones actuales de cada aldea. Lo siguiente, fue realizar el levantamiento topográfico y localización de puntos de descarga. En gabinete se determinaron las variables que determinan el caudal de diseño, tipo de sistema a utilizar, y en el diseño final se elaboraron planos y presupuesto del proyecto. Al final del trabajo se realizó un análisis de sistemas de aguas residuales, tipos de tratamiento y sistemas.

El diseño final consiste en un sistema de alcantarillado sanitario, el cual desfoga en una fosa séptica y evacua las aguas a través filtración con pozos de absorción. Se realizó una propuesta de tratamiento de aguas residuales la cual se basa en la construcción de un tanque Imhoff para tratamiento primario, y lagunas de estabilización para tratamiento secundario y su posterior desfogue al cuerpo receptor, que por topografía podría ser el río Motagua.

OBJETIVOS

Generales

- Desarrollar el proyecto de Diseño de Alcantarillado Sanitario de la aldea Los Bordos y El Arco.
- Presentar a la municipalidad de Teculután una solución adecuada al problema de evacuación de las aguas negras de estas dos comunidades.
- Contribuir con este proyecto al mejoramiento de la infra-estructura y nivel de vida de las personas de las aldeas Los Bordos y El Arco.

Específicos

1. Diseñar un sistema de Alcantarillado Sanitario para estas dos poblaciones que no cuenta con el servicio.
2. Educar a las comunidades sobre los beneficios que se obtienen a poseer el sistema de drenaje.
3. Aplicar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, en beneficio de la población.

INTRODUCCIÓN

En todo lugar o población dotados de agua potable, existen residuos que aparecen después de ser utilizada ésta, por lo que se requiere de un sistema de evacuación de aguas residuales que logre que el suelo, las aguas y el ambiente en general no estén expuestos a la contaminación, lo cual podría acarrear una serie de enfermedades parasitarias. El sistema de alcantarillado, se define como el conjunto de conductos y estructuras destinadas a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas o aquellas que por una u otra razón representan un peligro para la localidad.

El Ingeniero es responsable del diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado por lo que debe estar conciente de su papel en este campo.

El costo de proyectos de este tipo, alcanza valores considerables y generalmente no son rentables. Sin embargo, estas obras representan una inversión difícilmente cuantificable, en beneficio de la salud de los pobladores. Por ello es necesario llevarlos a cabo, pero buscando el mínimo costo y el máximo beneficio.

Actualmente, el municipio de Teculután, atraviesa por una etapa de desarrollo industrial acelerado, debido a su ubicación, a un crecimiento poblacional desmesurado, y a un asentamiento humano desordenado. Debido a esto las Aldeas Los Bordos y El Arco se han visto en la necesidad de evacuar sus desechos provenientes de viviendas de una manera muy primitiva, en este caso a flor de tierra, y sabiendo de antemano los riesgos que implica evacuar las aguas servidas de esta manera, lo cual provoca la contaminación del suelo,

las aguas y el medio ambiente y a su vez acarrea enfermedades infectocontagiosas como cólera, fiebre tifoidea, disentería, diarreas, y otras infecciones intestinales, se considero, junto con el comité comunitario de cada aldea, de suma importancia el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para cada una de las comunidades. El presente trabajo, contiene el desarrollo de proyecto de alcantarillado sanitario de la aldea Los Bordos y El Arco, municipio de Teculután del departamento de Zacapa, y en el mismo, se incluye el diseño, presupuesto y planos finales.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Monografía del lugar

1.1.1. Localización y ubicación

Las aldeas el Arco y Los Bordos se encuentran localizadas en el municipio de Teculután, el cual se ubica a 121 Km. de la ciudad capital y a 28 Km. de la cabecera departamental, localizado exactamente en el valle formado entre el Río Motagua y la Cordillera de Sierra de las Minas.

1.1.2. Límites y colindancias

El municipio de Teculután colinda así:

Al Norte:	Panzós, La tinta y El Estor, del depto. de Alta Verapaz.
Al Este:	Río Hondo Y Estanzuela.
Al Sur:	Huité y Estanzuela.
Al Oeste:	Usumatlán.

1.1.3. Vías de acceso

La aldea Los Bordos se encuentra en la parte baja del municipio de Teculután y ha aproximadamente 1 Km. del río Motagua, por esta aldea atraviesa la vieja carretera que conducía de Guatemala a Zacapa, antes de que se construyera la CA-9. La aldea El Arco se encuentra aproximadamente a 3 Km. del casco urbano y esta localizada en el camino que conduce hacia la Sierra de Las Minas.

El transporte mas usado por los habitantes de estas aldeas son los pick up que utilizan los comerciantes para transportar sus productos hacia sus lugares de venta en la comunidad.

1.1.4. Clima y precipitación pluvial

La temperatura aproximada se sitúa entre los 16 y 36 grados centígrados a la sombra, según la época del año. En los meses de marzo, abril la temperatura asciende por encima de los 36 grados. Su cabecera se encuentra a 245 metros sobre el nivel del mar.

El territorio cuenta con una precipitación pluvial de 600 a 900 mm. Teniendo un máximo por lo general de 700 mm. El sistema de riego de la zona cubre aproximadamente 4000 hectáreas sobre el margen del río Motagua, combinado gravedad y bombeo por medio de bocatomas (tomas de riego), en las cuales existen tres canales principales de conducción.

1.1.5. Población e idioma

Tabla I. Población indígena y no indígena

POBLACIÓN TOTAL POR ÁREA Y GRUPO ÉTNICO, SEGÚN SEXO										
SEXO	URBANA	%	RURAL	%	INDÍGENA	%	NO INDÍGENA	%	TOTAL	%
HOMBRES	3240	21	4272	28			7512		7512	50.4
MUJERES	2892	19	4503	30			7395		7395	49.6
TOTAL	6132	40	8775	58			14907		14907	100

Fuente: INE, Municipalidad Año 1998.

El idioma oficial en el municipio de Teculután, es el español, debido a que su población es casi en un 100 % no indígena.

Tabla II. Población total por lugar poblado

POBLACIÓN TOTAL Y DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL

No.	LOCALIDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	%
1	Los Bordos	91	108	199	1.33
2	El Arco	414	427	841	5.64

Fuente: Municipalidad de Teculután

1.1.6. Tipo de vivienda

El 75 % de viviendas son propias y el 25 % de viviendas son alquiladas

Tabla III. Tipo de vivienda por lugar poblado

NUMERO DE VIVIENDAS POR TIPO DE LOCAL SEGÚN LUGAR POBLADO						
LUGAR POBLADO	TIPO DE VIVIENDA					
	FORMAL	APARTAMENTO	VECINDAD	RANCHO	CASA IMPROVISADA	OTRO
El Arco	87	0	0	90	0	0
Los Bordos	13	0	0	26	0	0
LUGAR POBLADO	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL					
	FORMAL	APARTAMENTO	VECINDAD	RANCHO	CASA IMPROVISADA	OTRO
El Arco	49	0	0		51	0
Los Bordos	33	0	0		67	0

Fuente: Municipalidad de Teculután

Tabla IV. Tipo de materiales por vivienda por lugar poblado

NUMERO DE VIVIENDAS POR TIPO DE LOCAL SEGÚN MATERIAL							
PREDOMINANTE EN PARED Y TECHO							
LUGAR POBLADO	MATERIAL PREDOMINANTE EN PAREDES Y TECHO	TIPO DE VIVIENDA					
		FORMA L	APARTAMENTO	VECINDAD	RANCHO	CASA IMPROVISADA	OTRO
El Arco	Lámina y Bajareque	87	0	0	90	0	0
Los Bordos	Lámina y Block	13	0	0	26	0	0
LUGAR POBLADO	MATERIAL PREDOMINANTE EN PAREDES Y TECHO	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL					
		FORMA L	APARTAMENTO	VECINDAD	RANCHO	CASA IMPROVISADA	OTRO
El Arco	Lámina y Bajareque	49	0	0	51	0	0
Los Bordos	Lámina y Block	33	0	0	67	0	0

Fuente: Municipalidad de Teculután

1.1.7. Educación

La distribución de edificios escolares en las aldeas Los Bordos y El Arco se describen a continuación.

Tabla V. Numero de edificios educativos por nivel área y sector

LUGAR POBLADO	PRE - PRIMARIA			
	URBANA		RURAL	
	Publica	Privada	Publica	Privada
El Arco	0	0	X	0
Los Bordos	0	0	0	0
LUGAR POBLADO	PRIMARIA			
	URBANA		RURAL	
	Publica	Privada	Publica	Privada
El Arco	0	0	X	0
Los Bordos	0	0	X	0

Fuente: Municipalidad de Teculután

En Teculután existe dos instituciones que brindan estudios secundarios. Para los estudiantes de un nivel superior (diversificado), tienen que salir a estudiar a lugares como Zacapa cabecera departamental o Chiquimula.

1.1.8. Actividades socio-económicas

La agricultura constituye la fuente de trabajo principal de la población, aunque también existe comercio, la cría de animales y la industria, pero en menor escala.

Cuenta además, con las siguientes organizaciones comunitarias:

- Comité Pro-Agua
- Comité de Contingencia Local
- Organizaciones Sectoriales
- Consejos de Desarrollo

Este comité de contingencia se encarga de cualquier amenaza natural que ocurra en la región. Este comité fue creado debido a la catástrofe que sufrió Teculután el 1 de noviembre de 1998 cuando fue azotado por las lluvias del Huracán Mitch, lo que produjo que el río Teculután se desbordara de su cauce, y causara grandes pérdidas materiales al lugar.

Tabla VI. Organizaciones comunitarias

CATEGORÍA	TIPO DE ORGANIZACIÓN	ACTIVIDAD PRINCIPAL QUE DESEMPEÑA
Comités	Comunitaria	Desarrollo
Compañeros de las Américas	Asociación	Desarrollo
Damas Teculutecas	Asociación	Desarrollo
Deporte	Asociación	Foot-Boll
De Festejos	Comité	Feria

Continuación

Comité	Conred	Emergencias
O.N.G.	Comunitaria	Desarrollo
Cuna del Sol	Comunitaria	Desarrollo

Fuente: Municipalidad de Teculután

1.1.9. Servicios públicos y municipales

Carretas y caminos vecinales.

Cada comunidad cuenta con una carretera de terracería, en la cual se puede notar la falta de mantenimiento, y el deterioro provocado por la erosión que provoca el desfogue de aguas servidas hacia la misma. A continuación se describe el tipo de carretera y longitud.

Tabla VII. Tipo de carreteras

INFRAESTRUCTURA VIAL SEGÚN CATEGORÍA		
CATEGORÍA	LONGITUD (kms.)	COMUNIDADES QUE COMUNICA
Terracería	3	El Arco
Terracería	2	Los Bordos

Fuente: Municipalidad de Teculután

Además cuentan con una diversidad de caminos vecinales (veredas) por las que transitan a diario, ya que el trayecto es más corto que el de la carretera principal.

Transporte.

La mayoría de las personas se transportan en *pikc-up* o caminando hacia la cabecera municipal.

Comunicaciones.

En la mayoría de las comunidades hay teléfono comunitario y radio-trasmisor, lo cual permite que la comunidad pueda tener contacto en cualquier situación de necesidad o emergencia. La central de radio se encuentra en la Municipalidad y esta en servicio las 24 horas.

Energía eléctrica.

Todas las comunidades cuentan con el servicio de energía eléctrica

Tabla VIII. Cobertura de servicio eléctrico

COMUNIDAD O LUGAR POBLADO	EMPRESA QUE PRESTA O CUBRE EL SERVICIO	NÚMERO DE USUARIOS	COBERTURA EN %
Caserío El Arco	Deorsa	139	85
Los Bordos	Deorsa	36	92

Fuente: Municipalidad de Teculután

Sistema de riego.

La comunidades de El Arco y Los Bordos cuentan con sistemas de riego por gravedad, los cuales son derivados del río Teculután.

Salud.

Centros de Salud.

Existe un Centro de Salud el cual brinda servicio a la mayoría de las personas de escasos recursos.

Puestos de Salud.

Hay un puesto de salud en cada aldea del Municipio de Teculután. Actualmente en la aldea el arco se terminó de construir el centro de salud, pero por falta de personal no ha sido puesto en funcionamiento.

Tabla IX. Instituciones de salud

LUGARES POBLADOS	MINISTERIO DE SALUD Y ASISTENCIA SOCIAL				CAMAS	
	HOSPITAL ES	CENTRO DE SALUD "A"	CENTRO DE SALUD "B"	PUESTO DE SALUD	HOSPITAL	CENTRO "A"
Cabecera Municipal			X			
El Arco				X		
Aldea San José				X		
Vega del Cobán				X		

Fuente: Municipalidad de Teculután

Sistemas de agua.

En el municipio de Teculután el servicio de agua se encuentra resuelto en casi un 98%, debido a que cuentan con varias fuentes de agua, las cuales se encuentran en la Sierra de Las Minas. Actualmente se hizo la

perforación de un pozo de agua potable, el que llegó a una altura de 25 metros. Este pozo se perforó con la intención de tener reservas de agua en caso que ocurriera una catástrofe que cortara el flujo de agua potable hacia lo que es Teculután. Debido al temporal del huracán Mitch Teculután el 1 de noviembre de 1998 que sin agua potable durante 3 días.

Tabla X. Servicios municipales

LUGAR POBLADO	MERCADOS	RASTROS	PARQUES, CENTROS RECREATIVOS Y DEPORTIVOS	SALONES COMUNALES	CEMENTERIOS
El Arco	0	0	0	X	0
Los Bordos	0	0	0	0	0

Fuente: Municipalidad de Teculután

1.1.10. Suelo y topografía

En lo referente a los suelos podemos mencionar la contaminación provocada por el uso de gases textiles como el bromuro de metilo, que además de contaminar al suelo, daña la capa de ozono, el uso de abonos químicos que producen un alto grado de acidez en el caso de no hacer análisis del suelo, el uso de granulados al suelo, como prevención de microorganismos.

Agroquímicos.

El uso de agroquímicos en la región es muy frecuente en los cultivos tradicionales como por ejemplo Melón, Pepino, Sandía, Tomate, Chile, etc. siempre utilizando un control fitosanitario hacia el mercado nacional e internacional.

Desechos sólidos.

En el campo de los desechos sólidos podemos mencionar los basureros clandestinos que en este caso no se cuenta con una clasificación de este tipo de desecho generalmente, pero si se cuenta con método de recolección (basura) implantado por la municipalidad, en todo el territorio municipal.

Tabla Xi. Servicio de saneamiento ambiental

LUGAR POBLADO	PLANTAS DE POTABILIZACIÓN	TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS			
		RELLENOS SANITARIOS	BOTADEROS		
			RIO	BARRANCO	OTROS
El Arco	0	0	0	X	Queman
Los Bordos	0	X	0	0	0

Fuente: Municipalidad de Teculután

La topografía de cada una de las aldeas es muy distinta, debido a que Los Bordos se encuentra en la playa del río Motagua y El Arco se encuentra en las faldas de la sierra de las Minas. La topografía en la aldea Los Bordos es muy uniforme alcanzando pendientes máximas de 3% y mínimas hasta de 0.20%, lo que da una idea de un terreno muy plano. Por el contrario, en lo que se refiere a la aldea El Arco, su topografía es muy quebrada, lo que en algunos sectores dio problema en la salida de las aguas ya que sus pozos se profundizaban demasiado, alcanzando alturas de hasta 15 m de alto, por lo que se decidió sectorizar para obtener un mejor funcionamiento, esto también relacionado a la cantidad de población que habita en este lugar, la cual sobrepasa los 1200 habitantes. En la aldea Los Bordos el suelo es suave, está formado por una capa vegetal, luego por barro, arena y por último talpetate. La napa freática está localizada a unos 18 metros de profundidad. En el caso de la

aldea El Arco el terreno es suave en la parte baja, parecido al de la aldea Los Bordos, y luego conforme se va ascendiendo se van encontrando terrenos mas duros, los cuales están conformados de rocas de gran tamaño, las cuales se encuentran incrustadas en el suelo, y en algunas partes constituyen el suelo.

1.2. Investigación diagnóstica sobre efectos en el medio ambiente por falta de alcantarillado sanitario

1.2.1. Estado de las fuentes de riego-agua del lugar

Existen 2 ríos que atraviesan el municipio, el Río de Teculután y el Río Motagua. El primero baja de la Sierra de Las Minas y atraviesa la parte montañosa de Teculután. El Río Motagua que pasa a inmediaciones del territorio del municipio, se hace mención que es el más contaminado, debido a la gran cantidad de desechos sólidos y líquidos, desechos químicos que se usan en las industrias y agricultura. El río de Teculután se encuentra contaminado en una menor escala, gracias a que en su trayectoria no existen industrias, quedando solo la contaminación provocada por los habitantes que se encuentran asentados a orillas del río, los cuales depositan: animales muertos, aguas grises, fumigaciones esporádicas, etc.

1.2.2. Estado de las calles y avenidas

Por facilidad, se dividirá la descripción por aldea:

Los Bordos: En esta aldea se cuenta con una calle principal, que atraviesa la comunidad completamente, callejones y caminos, los cuales se encuentran revestidos con balasto y se puede decir que no se les ha

proporcionado mantenimiento. A esto se suma el desfogue de aguas servidas, lo cual ha ayudado a deteriorar mas rápidamente la carretera.

El Arco: Cuenta con una carretera que comunica hasta la aldea Las Minas la cual tiene una extensión de aprox. 6 km, de los cuales casi 1.5 están asfaltados, el resto se encuentra revestido de balasto en muy mal estado, debido a las pendientes, el desfogue de aguas servidas, el desborde de bocatomas y falta de mantenimiento vial. Cuenta con callejones, caminos y calles. También se cuenta con un puente vehicular el cual es de reciente construcción, ya que anteriormente existía un puente colgante, el cual fue destruido el 1 de noviembre de 1998, cuando sucedió el temporal por el huracán Mitch.

1.2.3. Problemas por la falta de un sistema de alcantarillado sanitario

Los problemas por la falta de alcantarillado sanitario en una comunidad en crecimiento son diversos y muy particulares, debido a las costumbres de cada comunidad, así como su nivel de vida y educación, pero entre los mas comunes podemos citar los siguientes:

- Contaminación de fuentes de riego (tomas de riego)
- Erosión y contaminación de los suelos
- Malos olores en las calles
- Proliferación de moscas, zancudos lo cual representa un foco de enfermedades gastrointestinales como cólera, disentería, diarreas, e infecciosas como dengue, paludismo, etc.

1.2.4. Soluciones a la problemática existente

La solución inmediata que se debe de tener en cuenta es el diseño y construcción del sistema de alcantarillado sanitario, con lo cual se evacuará las aguas servidas de estas dos comunidades. También se debe tener contemplado el lugar de desfogue, el cual no deberá causar ningún daño al medio ambiente. Además se debe pensar en el tratamiento que se utilizará en un futuro. La solución que planteo yo como E.P.S. de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala es la siguiente:

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para las Aldeas Los Bordos y El Arco, las cuales se encuentran en jurisdicción del municipio de Teculután, Zacapa.

2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

2.1. Métodos de cálculo de población

Los métodos de estimación de población futura usualmente empleados en Ingeniería Sanitaria pueden clasificarse en analíticos y gráficos, entre los analíticos se tienen:

1. Incremento aritmético.
2. Incremento geométrico.
3. Método a ojo.

2.1.1. Método aritmético

Proporciona buen criterio de comparación, con incrementos constantes para períodos iguales, gráficamente su comportamiento es una recta. La desventaja de este método es que necesita mucha información.

2.1.2. Método geométrico

Con este método se obtiene un incremento que se comporta más acorde al crecimiento real de la población. Gráficamente su comportamiento es una curva. Tiene la ventaja que no necesita muchos datos y su desventaja es que se puede sobre estimar la población.

2.1.3. Método a ojo

Este es un método lógico y se calcula en base a las poblaciones futuras obtenidas por los métodos de Incremento Aritmético y Geométrico.

Para la estimación de la población futura del presente proyecto de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de las aldeas Los Bordos y El Arco, se adoptó el método del Incremento Geométrico para un período de 30 años; por ser una población cercana a la CA-9 , con facilidad de transporte y servicios que la convierten en una comunidad propensa a la inmigración, con alto índice de crecimiento.

2.2. Análisis de censos existentes y encuestas sanitarias

2.2.1. Censos de población

La población de Teculután cuenta con un centro de salud que realiza censos cada dos a cuatro años. En el año 2000 realizó el censo y los datos a la esa fecha son los siguientes:

Tabla XII. Censo de población

No.	LOCALIDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	%
1	Los Bordos	91	108	199	1.33
2	El Arco	414	427	841	5.64

Fuente: Municipalidad de Teculután

2.2.2. Resumen de encuestas sanitarias

Al realizar las encuestas sanitarias en la población de las aldeas Los Bordos y El Arco, se pudo verificar las condiciones sanitarias en la que se encuentra cada comunidad, estas encuestas se presentan a continuación:

Tabla XIII. Encuesta sanitaria de servicio en las poblaciones en estudio

LUGAR POBLADO				%		
	AGUA	DRENAJES	LETRINAS	AGUA	DRENAJES	LETRINAS
El Arco	X	0	X	86	0	84
Los Bordos	X	0	X	98	0	58

Fuente: Municipalidad de Teculután

A través de la encuesta se pudo constatar que existe una casa en la aldea Los Bordos que cuenta con fosa séptica, la cual también se debe tomar en cuenta para el diseño del sistema.

3. CONSIDERACIONES TOPOGRÁFICAS

Levantamiento topográfico

Al hacer el levantamiento topográfico del área a drenar, no solo hay que tomar en cuenta el área edificada en la actualidad, sino que también las que en un futuro puedan contribuir al sistema, incluyendo la localización exacta de todas las calles y zonas con o sin edificación; edificios, alineación municipal, ubicación de estos; carreteras, cementerios, todos los pavimentos, anotando su clase y estado; parques públicos, campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyan en los diseños. También debe ser incluida la posible localización de la planta de tratamiento de aguas negras, así como la del cuerpo receptor del desfogue del drenaje.

3.1. Planimetría

Los levantamientos planimétricos se hacen por el método de conservación de azimut, por deflexiones, por rumbo y distancia u otro de los usados generalmente. Este levantamiento debe incluir todas las calles de la población, parques, áreas deportivas, escuelas y todos aquellos monumentos que nos puedan servir de referencia.

El levantamiento de planimetría se realizó por el método de conservación de azimut, con vuelta de campana. Los datos del levantamiento están consignados en la libreta de campo, acompañado del croquis correspondiente, el cual se hizo tal como se desarrolló el levantamiento, indicando, además, todos los datos característicos referenciales, como: calles, áreas deportiva,

iglesia, quebradas, bocatomas de riego, puentes, viviendas, etc. Las estaciones se indicaron con números, con sus respectivos azimutes, lecturas de hilos y distancias.

3.2. Altimétria

La nivelación debe desarrollarse con un nivel de precisión, hecha sobre el eje de las calles, y se tomaran elevaciones:

- a. En todos los cruces de calles,
- b. A distancias no mayores de 20 metros,
- c. De todos los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno,
- d. De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- e. De las alturas máximas y mínimas del agua en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecta efectuar la descarga.

Los datos del levantamiento están consignados en la libreta de campo, acompañado del croquis correspondiente.

3.3. Plano topográfico

Con la libreta de campo del levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico se realizan los cálculos correspondientes y se procede a dibujar el plano, el cual consta de una planta general de la población en la que se indican todas las estaciones con su respectiva cota de nivelación, *Bench Mark* (BM) con su respectiva cota, las curvas de nivel y la orientación.

3.4. Plano de densidad de población

En la planta general de la población con la ayuda de la libreta de campo se ubican todas las viviendas, escuelas, iglesias, campos deportivos, ríos, puentes, salidas y entradas principales a la población. En cada vivienda es recomendable indicar el numero de habitantes.

4. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS SANITARIO

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se hace importante por la necesidad que representa evacuar las aguas residuales de una comunidad. Estas aguas pueden estar constituidas por aguas residuales de cocinas, baños, sanitarios y lavaderos, aguas que llevan cúmulos de materiales fecales, papel, restos de alimentos, etc.

4.1. Tipo de sistema a usar

De acuerdo con su finalidad existen tres tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizás el mas importante es el económico.

a) **Alcantarillado sanitario:** recoge las aguas servidas domiciliarias como: baños, cocinas, lavados y servicios; residuos comerciales como: restaurantes y garajes; residuos industriales e infiltración.

b) **Alcantarillado Pluvial:** recoge únicamente las aguas de lluvia o que concurren al sistema.

El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario esta en función de varios factores, los cuales se detallan continuación:

1. Período de diseño
2. Cálculo de población de diseño

3. Caudal sanitario
4. Caudal hidráulico

4.2. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, pasado este es necesario rehabilitar el mismo.

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha de su construcción.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado o cualquier obra de Ingeniería, se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras y equipo componente, tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño; así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, también la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

4.3. Cálculo de población de diseño

Debido a que existen datos de censos anteriores, para este caso se puede utilizar el método Geométrico, el cual se describe a continuación.

Se utiliza una tasa de crecimiento del 2.3%, que es la del municipio de Teculután, dato obtenido en el Instituto nacional de Estadística (INE).

La población actual es de 199 y 841 habitantes, y para un período de 30 años, se tendrá una población futura de 394 y 1664 habitantes, para Los Bordos y El Arco respectivamente.

Dato obtenido aplicando la siguiente formula:

$$Pf = Pa * (1 + R)^n$$
$$Pf = 199 * (1 + 0.023)^{30} = 394$$
$$Pf = 841 * (1 + 0.023)^{30} = 1664$$

4.4. Caudal sanitario

El caudal sanitario se calcula por medio de la integración de caudales de aguas residuales domésticas, industriales, comerciales, caudal por infiltraciones y caudal por conexiones ilícitas, y esta determinado así:

- La Población Tributaria será calculada según el numero de habitantes al final del diseño.
- Caudal Medio Diario: el caudal medio diario se calculará con la contribución mínima de según la dotación del lugar, considerando la población de diseño. En cada caso se harán consideraciones con el fin de establecer si es necesaria la adopción de un caudal mayor debido a que puedan existir industrias o en previsión de desarrollos industriales, recreativos u otros.
- Caudal de Hora Máximo: es el caudal de agua potable estimado para la hora de máximo consumo. Si no existen registros que indique un valor mas alto, se considerará que es el caudal medio multiplicado por 2.5.

- Caudal máximo de origen doméstico: será calculado para cada tramo en base al número de conexiones futuras que contribuyan al tramo, el cual será expresado en litros por segundo.

El Procedimiento a seguir para su cálculo es el siguiente:

4.4.1. Cálculo de población tributaria

En este caso se obtuvo la población tributaria, teniendo el número de casas localizada de cada tramo, multiplicándose por el número de habitantes por vivienda, donde el numero de habitantes por vivienda se obtiene de:

$$\text{Habitantes por vivienda} = \text{numero de habitantes} / \text{numero de casas}$$

4.4.2. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (lts/hab/día).

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

Para fijar la dotación se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Dotación de agua para áreas rurales

Dirección General de Obras Publicas_____ 60 a 100 lts/hab/dia

Organización Panamericana de Salud_____ 90 a 170 lts/hab/dia

Se asumió una dotación de 150 lts/hab/día por el clima cálido y actividad productiva agrícola.

4.4.3. Factor de retorno al sistema

Se considera que del 75% al 90% del consumo de agua de una población, retorna al alcantarillado.

En este caso se tomó un factor de retorno al sistema de alcantarillado del 80%.

4.4.4. Caudal domiciliar

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para la limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, es decir, que el agua de desecho doméstico esta relacionada con la dotación del suministro del agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras, como los jardines y lavado de vehículos. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por un factor que puede variar entre 0.75 a 0.9 de esta forma el caudal domiciliar o doméstico quedaría integrado de la siguiente forma:

$$Q_{dom} = \left(\frac{Dotación * No.habitantes * factor}{86400} \right)$$

4.4.5. Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de la localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar de 0.5 a 2.5 por ciento.

Como el cálculo del caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, para su cálculo se utiliza la fórmula dada por el método Racional.

$$Q_{c.ilicita} = \frac{CiA}{360} = Ci * \left(\frac{A * \%}{360} \right)$$

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área que es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

4.5.3.1. Intensidad de lluvia

Es la cantidad de lluvia que cae en un área por unidad de tiempo, se expresa en milímetros por hora.

4.5.3.2. Porcentaje de escorrentía

Es la cantidad de agua que escurre, en función de la permeabilidad de la superficie del suelo.

4.4.6. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en al alcantarillado, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción. Puede calcularse de dos formas:

- En litros diarios por hectárea
- Litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de las tuberías de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6.00 m por casa, la dotación de infiltración varia entre 12000 a 18000 litros/km/dia.

$$Q_{inf} = \frac{Dot * (mts.tubo + \#casas * 6mts) / 1000}{86400}$$

Dot = Dotación (lts/km/dia)

#Casas = Número de casas

4.4.7. Caudal comercial

Como su nombre lo dice, es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, etc., por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 a 3000 lts/comercio/día.

$$Q_{ind} = \frac{Dotación * \#industrias}{86400}$$

El caudal sanitario también es llamado caudal medio; este se utiliza para determinar el factor de caudal medio, y el caudal de diseño.

4.5. Cálculo hidráulico

4.5.1. Cálculo de caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluye, primero se tendrá que hacer una integración de los valores siguientes:

4.5.1.1. Factor de caudal medio (fqm)

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería, es la suma de los caudales: doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas y caudal comercial e industrial. Este factor debe estar dentro de los rangos de 0.002 a 0.005, si da un valor menor se tomará 0.002 y 0.005 si fuera mayor.

El factor de caudal medio se calculó para esta aldea de la forma siguiente:

$$f_{qm} = \frac{Q_{medio}}{No.habitantes}$$

Donde,

$$Q_{medio} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{con.ilicitas}$$

4.5.1.2. Caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como **Factor de Flujo**, el cual suele variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población. El cómputo de dicho factor se puede hacer por diversas formas, pero la mas usada es el valor obtenido por la fórmula de Harmond.

4.5.1.3. Factor de flujo instantáneo (FH)

Es un factor que está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia, regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico. Se calcula por medio de la fórmula de Harmond:

$$FH = \left(\frac{18 + p^{1/2}}{4 + p^{1/2}} \right)$$

FH = Factor de Harmond

P = Población en miles de habitantes

4.5.1.4. Caudal de diseño

La fórmula para el cálculo de este caudal es la siguiente:

$$Q_{dis} = \# \text{ habitantes} * F.H. * F_{qm}$$

Donde :

#habitantes = Número de habitantes futuros acumulados

F.H. = Factor de Hardmond

F_{qm} = Factor de caudal medio

Obtenido el caudal de diseño, se procede a calcular el área tributaria, la cual se describe a continuación:

4.5.1.5. Área tributaria

Se considera como área tributaria la longitud que se encuentra entre los pozos de visita, contribuyendo al caudal que pasa por ese sector, hasta unirse a otro tramo. El área acumulada comprenderá sumar cada tramo conforme se lleve el diseño de cada uno de estos, siguiendo la ruta elegida para cada sector determinado.

4.5.1.6. Selección de ruta

Al realizar la selección de ruta que seguirá el agua se deben considerar:

- ✓ Iniciar el recorrido en los puntos que tengan las cotas mas altas y dirigir el flujo hacia las cotas mas bajas.

- ✓ Para el diseño, en lo posible, se deben seguir las pendiente del terreno, con esto se evitara una excavación profunda y disminuir así costos de excavación.
- ✓ Acumular los caudales en tramos en los cuales la pendiente del terreno es pequeña y evitar de esta manera que la tubería se le de otra pendiente, ya que se tendrá que colocar la tubería mas profunda
- ✓ Evitar en lo posible, dirigir el agua en contra de la pendiente del terreno.

4.5.2. Pendientes máximas y mínimas

La pendiente está en función de la velocidad y el terreno, pero se procura seguir una pendiente paralela al perfil terreno natural, aunque no necesariamente deba ser así. Existen diversos casos por ejemplo:

- Donde la profundidad es menor que la profundidad mínima, se procura no profundizar demasiado la tubería, ya que esto incrementa los costos.

En este proyecto se trató de no sobrepasar las pendientes de 0.2 % y 12%, las cuales cuentan con valores de caudal y velocidad a sección llena en las tablas contenidas en el manual Norma ASTM 3034 para tuberías P.V.C. para alcantarillado sanitario, Amanco S.A..

4.5.3. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad máxima será de 2.50 m/seg, y la velocidad mínima será de 0.60 m/seg.

Aunque se pueden mantener velocidades mayores y menores según el manual de tubería de Amanco S.A.

4.5.3.1. Velocidades de arrastre

La velocidad mínima con la que los sólidos no se sedimentan en la alcantarilla se llama velocidad de arrastre, la cual se obtiene haciendo que el tirante este dentro del rango de $0.10 < d < 0.75$ y pendiente adecuada.

4.5.4. Coeficiente de rugosidad (en función de la tubería a utilizar)

El coeficiente de rugosidad “n”, el cual es adimensional y empírico, representa las características internas de la tubería y sirve para calcular las perdidas por fricción de la tubería. Este factor o coeficiente varia en función del material de la tubería; a continuación se describe el coeficiente para las tuberías mas comunes en el mercado, y utilización en sistemas de drenaje:

Tabla XIV. Coeficientes de rugosidad para distintas clases de tuberías

TIPO DE TUBERÍA		COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “N”
1	P.V.C.	0.009
2	HIERRO FUNDIDO	0.013
3	TUB. METAL CORRUGADO	0.021
4	TUBOS DE CEMENTO<24”d	0.015
5	TUBOS DE CEMENTO>24”d	0.013
6	ZANJAS	0.020

Fuente: Manual de Amanco, S.A.

4.5.5. Diseño de secciones (formula de manning)

En general se usaran en el diseño, secciones circulares de pvc, funcionando como canales.

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la formula de Manning, transformada a dimensiones mixtas para secciones circulares así:

$$V = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$$
$$V = 0.03429/n * D^{2/3} * S^{1/2}$$

En la cual:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg)

R = radio hidráulico igual a la sección del tubo ente el perímetro mojado

D = diámetro de la sección circular (plg)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad Manning

= 0.01 para tubos de pvc

Se debe recalcar que la formula de Manning, solo se puede usar cuando se desean tener datos de tuberías totalmente llenas.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q), el valor se busca en las tablas, si no está el valor exacto se busca que sea aproximado, en la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V) y de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena y obtener así la velocidad a sección parcial.

4.5.6. Cálculo de cotas invert

Estas se calculan en base a la pendiente y la distancia del tramo respectivo. La cota invert de salida de un pozo deberá ser 3 cm mas baja que la cota invert de entrada. Cuando a un pozo de visita llegan 2 ó 3 tubos, el que sale deberá salir con una cota invert 3 cm mas baja del tubo que llegue mas bajo.

Para pozos iniciales

$$CI\ i = CT\ i - H\ pozo$$

En el final del tramo

$$CI\ f = CI\ i - L \cdot S / 100$$

A esta también se le llama, cota invert de entrada al pozo.

Para iniciar un nuevo tramo, la cota invert de salida es igual a la cota invert de entrada, menos 3 cm.

Donde:

$CI\ i$ = Cota Invert al inicio del tramo

$CI\ f$ = Cota Invert al final del tramo

$CT\ i$ = Cota de terreno al inicio del tramo

S = Pendientes de la tubería

L = Longitud del tramo

4.5.7. Diámetros mínimos de tuberías

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), será de 6" en pvc, el cual podrá aumentar cuando a criterio del Ingeniero diseñador, sea necesario. Este cambio puede ser por influencia de la pendiente, del caudal o de la velocidad.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4" con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%, y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45° (grados), en el sentido de la corriente del mismo.

El tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.

4.5.8. Normas y recomendaciones de diseño

Las normas recomendadas para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario son:

- Las Normas y Reglamento de drenajes de la Ciudad de Guatemala, del Anuario del Colegio de Ingenieros, 1988.
- Normas Generales para diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), 2001.
- Manuales sobre Tuberías.

Y las recomendaciones de diseño son:

1. Mantener el rango de velocidades de diseño, para evitar un mal funcionamiento de la tubería y el sistema en sí.
2. Diseñar tomando en cuenta que se podrán conectar nuevas domiciliarias, así como una futura conexión con otras redes (otros sectores).
3. Tomar en cuenta en la integración de caudales, todas las contribuciones, las cuales pueden ser: caudal domiciliar, industrial, comercial, por Infiltración, por conexiones ilícitas, lo cual servirá para mantener un factor de seguridad.

4.5.9. Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.00 metros.

Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de 3.00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

El ancho de la zanja es muy importante para evitar el exceso de excavación y que a la vez permita trabajar dentro de esta, a continuación se presenta una tabla de anchos de zanja, dependiendo del diámetro del tubo y profundidad de la zanja.

Tabla XV. Ancho libre de zanjas según profundidad y diámetro de tubería

Ancho de la zanja (cm)

Tubo pulgada	Menos de 1.86 m	Menos de 2.86 m	Menos de 3.86 m	Menos de 5.36 m	Menos de 6.36m
6	60	65	70	75	80
8	60	65	70	75	80
10	70	70	70	75	80
12	75	75	75	75	80
15	90	90	90	90	90
18	110	110	110	110	110
21	110	110	110	110	110
24	135	135	135	135	135

Fuente: Manual de Amanco, S.A.

En este proyecto se utilizará un ancho de zanja variado, según sea necesario.

5. OBRAS HIDRÁULICAS Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

5.1. Colector principal

El colector principal es la tubería de mayor diámetro en el sistema, y es la que primero se debe colocar en la zanja para las posteriores conexiones del sistema. No es aconsejable conectar directamente al tubo ramales auxiliares, solo en casos especiales se conecta al tubo, de preferencia se debe llegar a un pozo de visita o una caja de bifurcación.

Se debe tener en cuenta el principio básico de iniciar la colocación de la tubería en la parte final del sistema, es decir en la parte de la descarga, para que a medida que se vaya instalando, esta en cualquier emergencia ya pueda entrar en funcionamiento.

5.2. Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben de taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión domestica cuando el colector este funcionando a toda su capacidad.

La conexión domiciliar se hace por medio de la candela (o caja de inspección), construida de mampostería o con tubos de cemento colocados de forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la candela y el colector principal debe tener un diámetro mínimo de 4" (0.10 m) y debe colocarse con una pendiente del mínima del 2%.

5.2.1. Tubería secundaria

La unión de la conexión domiciliar con la tubería del colector principal se hará por medio de la tubería secundaria, la cual como se indico anteriormente tendrá un diámetro mínimo de 4" para tubería de P.V.C. y una pendiente mínima del 2%.

5.3. Candela domiciliar

La conexión se realiza por medio de una candela, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor será de 45 cm. Y si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12"; en ambos casos debe estar impermeabilizadas por dentro y tener una tapadera para realizar las inspecciones.

5.4. Cajas de registro

Son unos fosos construido de ladrillo o block y que integrados al sistema de alcantarillado sanitario tienen la misma función que los pozos de visita, que sirven para la inspección y limpieza de partes del sistema, la diferencia se marca en que estas son cajas cuadradas de ladrillo y columnas reforzadas. De estas salen y llegan tuberías; en este proyecto se utilizaron como principio de

ramal, debido a que se necesitaba que la tubería no se profundizara demasiado, tomando una altura promedio de 0.60 m.

5.5. Pozos de visita

Los pozos de visita tienen una función muy importante dentro del sistema de alcantarillado sanitario, por medio de ellos se pueden realizar inspección, operaciones de limpieza y mantenimiento. Los pozos de visita dentro del sistema de alcantarillado se ubican en los siguientes casos:

- a. En cambio de diámetro.
- b. En cambio de pendiente.
- c. En cambios de dirección horizontal, para diámetros menores de 24".
- d. En intersecciones de dos o mas tuberías
- e. En los extremos superiores de ramales iniciales.
- f. A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24".
- g. A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24".

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será como mínimo de 0.03m.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita, sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert, será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

Cuando la diferencia de cota invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita, sea mayor que 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

5.6. Fosas sépticas

5.6.1. Definición

Se puede definir como un estanque cubierto y hermético, construido de piedra, ladrillo, concreto armado y otros materiales de albañilería, es generalmente de forma rectangular, proyectado y diseñado para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, que oscila entre 12 a 72 horas, durante el cual se efectúa un proceso anaeróbico de eliminación de sólidos sedimentables.

5.6.2. Funciones de la fosa séptica

Los desperdicios líquidos de residencias (aguas negras), rápidamente obstruirían cualquier tipo de formación porosa de grava sin ningún tratamiento. La fosa séptica condiciona al agua negra para que pueda filtrarse más fácilmente en el subsuelo. Por lo anterior, se puede decir que la función esencial de la fosa séptica es proporcionar protección a la capacidad absorbente del suelo. Para proporcionar esta protección al subsuelo, en la fosa séptica se deben cumplir tres funciones básicas:

1. Eliminación de sólidos
2. Proceso biológico de descomposición
3. Almacenamiento de cieno (lodos) y natas

Además se deben considerar los siguientes factores:

1. La localización debe ser donde no contamine ningún manantial, fuente o pozo de abastecimiento de aguas. También se debe

tomar en cuenta la contaminación subterránea, ya que las aguas subterráneas tienden a seguir el contorno de la superficie del terreno, por lo que las fosas deben localizarse colinas abajo de pozos y manantiales.

2. Deben de estar localizadas a mas de 15 m. de cualquier fuente de abastecimiento de aguas, es preferible mayores distancias.
3. No deben de localizarse a menos de 1.5 m de cualquier edificio, debido a que puede ocurrir daños estructurales o las filtraciones pueden llegar al sótano

5.7. Pozos de absorción

Los pozos de filtración, así como todos los sistemas de filtración que aprovechan la absorción del suelo, jamás deben usarse donde exista la posibilidad de contaminar aguas subterráneas. Cuando deban usarse pozos de absorción (o filtración) , la excavación debe terminar 1.2 m. arriba del nivel de agua freática.

Es importante efectuar las pruebas de filtración del suelo. Entre estas tenemos:

1. John E. Kiker, Jr, la cual consiste en :

- ✓ Excavar un agujero de 900 cm² a la profundidad donde se propone al drenaje.
- ✓ Llenar el agujero con agua hasta que se filtre, se debe observar la velocidad con la que se filtra el agua. Se debe llenar hasta que este saturado. (se debe seguir añadiendo agua hasta que la velocidad sea constante).

- ✓ Cuando este saturado, se debe calcular el tiempo requerido para que baje 2.5 cm. Este es el tiempo estándar t de filtración.

2. Harvey FR. Ludwig, Gordon W. Ludwig y John Stewart:

- ✓ Es el mismo procedimiento, con la diferencia de que esta incluye un paso mas, el cual consiste en analizar gráficamente los datos de campo para obtener la velocidad de filtración cuando el suelo está saturado.

En este caso particular, se aplicó la primer prueba, la de John Kiker, la cual da resultados mas inmediatos y su procedimiento es de fácil aplicación en campo.

El procedimiento consistió en la excavación de un agujero (pozo) de 1 pie³, el cual dio por resultado una Tasa de Infiltración de 0.005 l/s.

6. DISEÑO Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS EL ARCO Y LOS BORDOS

6.1. Descripción del sistema

6.1.1. Generalidades

El diseño del sistema de alcantarillados cuenta con dos Proyectos muy diferentes, ya que las condiciones de los lugares son totalmente distintas. La aldea Los Bordos cuenta con una topografía bastante uniforme, alcanzando pendientes mínimas de 0.20 % y máximas de 3%, por lo que el criterio básico de diseño fue la utilización de pendientes mínimas para evitar un sobre costo en el diseño de pozos de visita. En cambio, la aldea El Arco, cuenta con una topografía bastante quebrada, por encontrarse en las faldas de la sierra de Las Minas, teniendo una pendiente máximas hasta de 30% y mínimas de 5% aproximadamente, y además de contar con Tomas de riego que atraviesan constantemente la carretera existente.

6.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

Se realizará el drenaje sanitario con tubería de pvc, para un período de diseño de 30 años, utilizando un diámetro mínimo para la red principal de 6 pulgadas, de 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias y 16 pulgadas para la candela domiciliar (tubería de concreto).

Utilizando las normas de la Dirección General de Obras Publicas (DGOP) y del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), se diseñara el alcantarillado sanitario.

6.2.1. Período de diseño

El período de diseño es de 30 años, se adoptó este período, tomando en cuenta los recursos económicos con los que cuenta la comunidad, la vida útil de los materiales, y las normas de Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

6.2.2. Población de diseño

El sistema de alcantarillado debe de adecuarse a un funcionamiento eficiente durante un período determinado. Para estimar la población de diseño, se utilizó el método geométrico, involucrando de forma directa la población actual que tributará al sistema de drenaje y la tasa de crecimiento del lugar.

Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 199 y 841 habitantes, para Los Bordos y El Arco respectivamente, y una población futura, a 30 años, de 394 y 1664 habitantes, respectivamente.

6.2.3. Caudal sanitario

Dotación

Se asumió una dotación de 150 lts/hab/día por el clima cálido y actividad productiva agrícola.

Factor de retorno al sistema

Se considera que del 75% al 90% del consumo de agua de una población, retorna al alcantarillado. En este caso se tomó un factor de retorno al sistema de alcantarillado del 80%.

Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \text{Dotación} * \text{Nohabitantes} * \underline{\text{factor}}$$

86,400

$$Q_{dom} = 150\text{lt/hab/dia} * 199\text{hab} * \underline{0.80} = 0.276\text{ts/seg}$$

86,400

Caudal por conexiones ilícitas

$$Q_{c.ilicita} = \frac{CiA}{360} = Ci * \left(\frac{A * \%}{360} \right)$$

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área que es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

En el presente proyecto, se consideró un área total de techos igual a 22 m², no se tomó en cuenta área de patios, puesto que las casas de la aldea carecen de patios formales (terracería), la intensidad de lluvia del territorio cuenta con una precipitación pluvial de 600 a 900 mm. Teniendo un máximo por lo general de 700 mm. Se considero un promedio de 150 mm/hora.

Área total de techos = 0.0022 hectáreas

C = 0.8 suelo con baja infiltración

$Q_{c.ilícitas} = (0.8 \cdot 125 \cdot (0.0022 \cdot 0.015)) / 360$

$Q_{c.ilícitas} = 0.018$ lts/seg.

Factor de caudal medio (fqm)

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería, es la suma de los caudales: doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas y caudal comercial e industrial. Este factor debe estar dentro de los rangos de 0.002 a 0.005, si da un valor menor se tomara 0.002 y si fuera mayor se tomara 0.005.

El factor de caudal medio se calculó para esta aldea de la forma siguiente:

$$fqm = \frac{Q_{medio}}{No.habitantes}$$

Donde,

$$Q_{medio} = Q_{Doméstico} + Q_{Infiltración} + Q_{Conexiones ilícitas}$$

En este caso no se tomó en cuenta el caudal comercial e industrial, por no poseer la aldea de comercios e industrial.

$Q_{doméstico} = 0.29$ l/s

$Q_{conexiones ilícitas} = 0.018$ l/s

$Q_{medio} = 0.40833$ l/s

$Fqm = (0.40833 \text{ l/s}) / (199 \text{ habitantes}) = 0.00205$ lts/hab/seg.

Con lo anterior comprobamos que el fqm. se encuentra entre los rangos establecidos, en este caso yo consideré que era importante mantener un factor de seguridad, entónces tomé un valor de $f_{qm} = 0.003 \text{ lts/hab/seg.}$.

6.2.4. Caudal de diseño

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de:

- a. caudal máximo de origen doméstico
- b. caudal de infiltración,
- c. caudal de conexiones ilícitas,
- d. aguas de origen industrial y comercial, según las condiciones particulares de estos establecimientos.

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de harmond y el número de habitantes a servir, que en este caso se diseñó para población actual y futura.

Ejemplo de caudal de diseño de un tramo de alcantarillado sanitario.

Factor de caudal medio (f_{qm}) = 0.003

Período de diseño = 30 años

Material a utilizar = tubería de pvc

No. de casas del tramo = 3

No. de casas acumuladas del tramo = 40

El número de habitantes actuales del tramo se calcula multiplicando la densidad de habitantes por vivienda por el número de viviendas, de dicho tramo.

No. de habitantes actual = 18

No. de habitantes futuro = 36

Para el diseño se utilizaron las poblaciones actuales y futuras, para que funcione el sistema correctamente al inicio y al final del período de diseño, cumpliendo con los criterios de diseño adoptados.

Para el factor de Harmon (FH) se utiliza la siguiente formula:

$$FH = \left(\frac{18 + P^{1/2}}{4 + P^{1/2}} \right)$$

P = población en miles de habitantes

(FH, con población actual) $\rightarrow FH = (18 + 0.018^{1/2}) / (4 + 0.018^{1/2}) = 4.50$

(FH, con población futura) $\rightarrow FH = (18 + 0.036^{1/2}) / (4 + 0.036^{1/2}) = 4.49$

El caudal de diseño es igual al número de habitantes a servir multiplicando por el factor de caudal medio y el factor de Harmond.

$$Q_{dis} = f_{qm} * No. habitantes * F.H.$$

Para este caso:

El caudal de diseño actual = $0.003 * 18 * 4.50 = 0.243$ lts/seg.

El caudal de diseño futuro = $0.003 * 36 * 4.49 = 0.485$ lts/seg.

Utilizando un diámetro de 6 pulgadas y una pendiente que en este caso es del 5.00%, para evitar exceso de excavación, se tiene lo siguiente:

Utilizando la formula de Manning, se calcula la velocidad y el caudal a sección llena del tubo, donde:

$$V = \frac{0.3429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

La velocidad a sección llena es de:

$$V = 0.03429/0.01 * (6*0.1524)^{2/3} * 0.0233^{1/2} = 2.53 \text{ m/s}$$

El caudal a sección llena es de:

$$Q = 2.53 * \pi/4 * (6*0.0254)^2 * 1000 = 46.18 \text{ lts/s}$$

Se obtiene la relación q/Q, con el caudal de diseño actual y el futuro:

$$q/Q \text{ actual} = 0.24 / 46.18 = 0.00531$$

$$q/Q \text{ futuro} = 0.48 / 46.18 = 0.01039$$

La relación d/D se obtiene a partir de la relación q/Q , que debe oscilar entre 0.10 y 0.75, donde d es el tirante y D el diámetro del tubo.

$$d/D \text{ actual} = 0.054$$

$$d/D \text{ futuro} = 0.072$$

Con ello se obtienen las relaciones v/V , las cuales se derivan de la relación q/Q , calculando v , que es la velocidad a sección parcialmente llena con un tirante d , y V es la velocidad a sección llena del tubo.

$$v/V \text{ actual} = 0.266810, \quad v \text{ actual} = 0.67 \text{ m/s},$$

$$v/V \text{ futuro} = 0.325255, \quad v \text{ futuro} = 0.82 \text{ m/s}$$

De acuerdo a estos resultados, se comprueba que cumple los rangos de velocidades máximas y mínimas.

6.3. Componentes que forman el sistema de alcantarillado sanitario

6.3.1. Ramales que forman el sistema (tubería principal y secundaria)

Los ramales principales, se colocaran de tubería de P.V.C. de 6" de diámetro, y su longitud varia de acuerdo a la aldea, de igual manera los ramales secundarios, los cuales tendrán una tubería de P.V.C. de diámetro igual a 4", ambas tuberías serán de clase norma ASTM 3034, para alcantarillados sanitarios.

Tabla XVI. Longitud de tubería principal y secundaria por sistema de alcantarillado sanitario

Aldea	L. ramal principal (m)	L. ramal secundario (m)
Los Bordos	1274	102
El Arco (c.p)	1745	204
El Arco (c.futbol)	1568	210

6.3.2. Candelas domiciliarias

Las candelas domiciliarias varían de acuerdo a la aldea, de la siguiente manera:

Tabla XVII. Cantidad de candelas domiciliarias por sistema de alcantarillado sanitario

Los Bordos	34 candelas
El Arco (Calle Principal)	68 candelas
El Arco (Campo de fútbol)	70 candelas

Se colocarán y construirán de acuerdo a los planos típicos y con los materiales y medidas indicadas.

6.3.3. Pozos de visita

Ejemplo de diseño de un tramo de alcantarillado sanitario.

Para el tramo de pozo de visita 13 a 14, se tienen los siguientes datos para el diseño:

PV = Pozo de visita

Cota de inicio del terreno PV-13 = 1000.00

Cota de final del terreno PV-14 = 995.86

Distancia horizontal = 46.64 metros

La pendiente del terreno se define como la diferencia de nivel entre la distancia horizontal del terreno.

Pendiente del terreno = 8.88%

Para este caso:

El caudal de diseño actual = $0.003 \cdot 18 \cdot 4.50 = 0.243$ lts/seg.

El caudal de diseño futuro = $0.003 \cdot 36 \cdot 4.49 = 0.485$ lts/seg.

La cota invert de salida un pozo inicial se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Cota Invert Inicial} = \text{Cota de Terreno} - h \text{ Pozo Minima}$$

La cota invert de salida para los demás puntos del tramo es la cota invert de entrada menos 3 cm, cuándo el tubo de entrada y salida son del mismo diámetro, cuando son de distinto diámetro, se toma la diferencia de diámetros.

La cota invert de entrada es la cota invert salida del tramo anterior menos el producto de la pendiente del ramal por la distancia horizontal, de lo cual se tiene:

$$\text{Cota invert salida} = 1000.00 - 3.89 = 996.11$$

$$\text{Cota invert entrada} = 98.25 - 5.00/100 \cdot 4.64 = 993.78$$

La altura de pozo es la diferencia de la cota de terreno y la cota invert de salida.

Altura pozo de inicio = (c.t.)1000.00 – (c.i.s.)996.11 = 3.89 m.

Altura pozo final = (c.t.)1000.00 – ((c.i.e.)996.14 + (dif. c.i.e. y c.i.s.)0.03) =
= 3.89 m.

El ancho de zanja se toma, dependiendo de las alturas de los pozos.

El volumen de excavación es igual al producto del ancho de zanja, por el promedio de altura de pozo por la distancia horizontal.

Los demás tramos se diseñan de la misma forma, ver cuadro de cálculo hidráulico.

Los pozos de visita varían de acuerdo a la aldea, de la siguiente manera:

Tabla XVIII. Cantidad de pozos de visita por sistema de alcantarillado sanitario

Los Bordos	13 pozos de visita
El Arco (calle principal)	42 pozos de visita
El Arco (campo de fútbol)	28 Pozos de visita

Se colocarán y construirán de acuerdo a los planos típicos y con los materiales y medidas indicadas en la hoja de cálculo hidráulico adjunta.

6.3.4. Cajas de registro

Las cajas de registro se colocarán solo en la aldea Los Bordos, ya que por la topografía del lugar, se requiere que se inicie con una altura mínima, con el fin de evitar tener una altura de pozos de visita finales demasiado profundas.

Tabla XIX. Cantidad de cajas de registro por sistema de alcantarillado sanitario

Los Bordos	3 cajas de registro
------------	---------------------

Se colocarán y construirán de acuerdo a los planos típicos y con los materiales y medidas indicadas.

6.3.5. Fosa séptica

Las fosas sépticas varían de acuerdo a la aldea, de la siguiente manera:

Tabla XX. Cantidad de fosas sépticas por sistema de alcantarillado sanitario

Los Bordos	2 fosas sépticas
El Arco (calle principal)	1 fosas sépticas
El Arco (campo de fútbol)	1 fosas sépticas

Se colocarán y construirán de acuerdo a los planos típicos y con los materiales y medidas indicadas en la hoja de cálculo hidráulico de fosas sépticas adjunta.

6.3.6. Pozos de absorción

Los pozos de absorción varían de acuerdo a la aldea, de la siguiente manera:

Tabla XXI. Cantidad de pozos de absorción por sistema de alcantarillado sanitario

Los Bordos	2 pozos de absorción
El Arco (calle principal)	2 pozos de absorción
El Arco (campo de fútbol)	2 pozos de absorción

Se colocarán y construirán de acuerdo a los planos típicos y con los materiales y medidas indicadas en la hoja de cálculo hidráulico de pozos de absorción.

6.4. Presupuesto del sistema de alcantarillado

Ver apéndice

6.5. Especificaciones

Ver apéndice

7. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

7.1. Generalidades

La diversidad de actividades humanas dan lugar a la producción de una amplia gama de productos residuales, de los cuales la mayoría pasa al agua, que actúa como medio de transporte. Las aguas residuales pueden contener desde materia fecal humana o animal, hasta residuos químicos, industriales, agrícolas, domésticos, etc., los cuales, en conjunto o individual, contaminan las aguas y el medio ambiente.

7.2. Objetivos específicos del tratamiento de aguas residuales

- La protección de los recursos de agua y medio ambiente, entre estos ríos, manantiales; así como suelos.
- La reutilización de cantidades de agua considerables, para la aplicación en la agricultura y otras actividades, para evitar el agotamiento de fuentes de agua naturales.
- El bienestar humano para el desarrollo de una sana economía, como lo es el mantenimiento de la Salud Pública.

7.3. Criterios del tratamiento

En el caso de aguas residuales industriales, el objetivo principal, generalmente es la recuperación y reutilización de materias primas (por

ejemplo: fenoles, metales pesados, etc.), por lo que los métodos de tratamiento industrial, se denominan según la técnica de reprocesamiento aplicada en la línea de producción. En el caso de agua residual municipal, el objetivo es remover materia orgánica y control de microorganismos. Se emplean 3 métodos, definidos según su base de trabajo:

1. Mecánico
2. Químico
3. Biológico

A estos métodos se les conoce también con el nombre de tratamientos convencionales. Además se definen etapas o niveles durante el proceso de tratamiento.

7.3.1. Tratamiento mecánico

Se le denomina primera etapa o preclarificación. Se basa en las propiedades físicas que incluyen la separación de los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y su estabilización, con el fin de clarificarla.

7.3.2. Tratamiento químico

Consiste en la separación o transformación de las sustancias sedimentables, flotantes y disueltas mediante el uso de sustancias químicas. Este método rara vez se aplica en el tratamiento de aguas residuales municipales, o cuando se desea un tratamiento más riguroso. Su aplicación es mas bien sobre desechos industriales.

7.3.3. Tratamiento biológico

Se le denomina segunda etapa o clarificación. En este tratamiento se utiliza la actividad de ciertos microorganismos para la oxidación y mineralización de sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales. Las aguas residuales procesadas por medio del tratamiento biológico suelen ser preclarificadas mediante métodos mecánicos, esto se aplica generalmente en grandes instalaciones.

7.3.4. Tratamiento avanzado

Se le denomina tercera etapa o de purificación. El tratamiento avanzado o final tiene diferentes propósitos:

- ✓ Separación de los nutrientes (fósforo, potasio, etc.) que pueden provocar el desarrollo masivo de microorganismos, especialmente algas, en los cuerpos receptores (fenómeno de eutrofización de los lagos).
- ✓ Depuración o pulimento de las aguas residuales tratadas para obtener una calidad óptima en el efluente.
- ✓ Filtración de las aguas tratadas por ejemplo, para proteger a las aguas subterráneas cuando se drenan esta agua con fines de recarga del acuífero, o simple disposición final.
- ✓ Como medida de seguridad para los cuerpos receptores que requieren de una pureza especial, por el uso y re-uso de los mismos.

- ✓ A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas residuales, todos pueden incluir alguna de todas las etapas antes mencionadas.

7.4. Etapas de tratamiento

Cada etapa en el tratamiento tiene una función específica que contribuye en forma secuencial, al mejoramiento de la calidad del efluente respecto a su condición inicial al ingresar al ciclo de depuración, que va del proceso más simple, hasta el más complejo. Esto permite separar las etapas, por lo tanto el análisis de cada una es en forma individual, existiendo siempre una interrelación entre cada una. Asimismo el criterio a utilizar para la selección y diseño de las respectivas unidades que se proponen , dependen dela etapa de tratamiento.

Utilizando la convención más usual, de manera específica, todo proceso de tratamiento contiene varias etapas, las cuales dependen una de la otra, en el ciclo de tratamiento:

- 7.4.1.** Tratamiento preliminar
- 7.4.2.** Tratamiento primario
- 7.4.3.** Tratamiento secundario
- 7.4.4.** Tratamiento terciario
- 7.4.5.** Tratamiento y disposición de lodos

7.4.1. Tratamiento preliminar

Los dispositivos para el tratamiento preliminar o pretratamiento están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, los sólidos

inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Pueden ser unidades mecanizadas o de operación manual, los cuales se diseñan para:

- Separar o disminuir el tamaño de los sólidos grandes que flotan o están suspendidos, generalmente son papeles, plásticos, basura, etc, junto con algo de materia fecal.
- El propósito de esto es evitar que se obstruyan o dañen los conductos subsiguientes del sistema.
- Separar los sólidos inorgánicos como la arena, la grava e incluso objetos metálicos y cualquier material inerte.
- Separar las cantidades excesivas de aceites y grasas.
Para lograr estos objetivos se utilizan diversas unidades y equipo variado. Dentro de los mas usuales:

a. Rejas y cribas de barras

Están formados por barras usualmente espaciadas desde 2 hasta 15 cm. Aunque algunas veces se usan las rejas grandes en posición vertical, la regla general es que deben instalarse con un ángulo de inclinación de 45° a 60° respecto de la vertical. La limpieza se efectúa manualmente o por medio de rastrillos automáticos. Los sólidos separados por estos dispositivos, se eliminan enterrándolos o incinerándolos.

a.1. Cribas finas

Las cribas con abertura de 3 mm o menos también han sido utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales de origen industrial. No son recomendables para las aguas residuales municipales domésticas.

a.2 Desmenuzadores

Los molinos y trituradores, son dispositivos que sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal que permita que sean reintegrados a las aguas residuales sin peligro de obstruir los conductos de interconexión entre las unidades, o afectar el proceso de tratamiento.

a.3 Desarenadores

Su utilidad estriba en retener cantidades relativamente grandes de sólidos inorgánicos como arena, ceniza y grava a los que se les llama arena. La cantidad es muy variable y depende de muchos factores; pero principalmente si el alcantarillado es combinado. Las arenas pueden causar problemas de funcionamiento en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos. Generalmente se localizan antes de los sedimentadores y precedido por cribas o rejas gruesas.

Los desarenadores se diseñan por lo regular, en forma de grandes canales longitudinales, en los cuales, la velocidad disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos inorgánicos pesados, manteniéndose en suspensión los sólidos orgánicos. Esto permitirá retirar la materia sedimentada durante períodos de limpieza establecidos, manual o mecánicamente. Lo

anterior implica la construcción de unidades en paralelo para facilitar la limpieza de una unidad, mientras la otra opera.

b. Tanques de preareación

A veces se procura una preareación de las aguas residuales, es decir, una aereación antes del tratamiento primario, para lograr lo siguiente:

- Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación.
- Ayudar a la eliminación de sólidos suspendidos, en aguas residuales municipales para disminuir la DBO.
- Refrescar las aguas residuales sépticas antes de llevar a cabo el tratamiento.

7.4.2. Tratamiento primario

Los dispositivos que se utilizan en el tratamiento primario, están diseñados para retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables que se encuentran suspendidos, mediante el proceso físico de sedimentación. La actividad biológica en esta etapa tiene poca importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir lo suficiente la velocidad de las aguas (1 ó 2 cm/seg), para que puedan sedimentarse los sólidos que representan la materia tanto orgánica como inorgánica susceptible a degradación. Pueden ser unidades que trabajen con carga hidráulica o bien con sistemas de alimentación mecánica, eléctrica o cualquier otro medio de generación motriz. Los principales dispositivos para el

tratamiento primario son los tanques de sedimentación, de diversos tipos, algunos de los cuales tienen también la función adicional de servir para la descomposición de la materia orgánica, lo cual se conoce como digestión de lodos.

a. Tanques o fosas sépticas

Este tanque se usa para dar soluciones individuales, en donde el efluente de la fosa debe disponerse mediante la infiltración superficial o a través de pozos de absorción. Está diseñada para mantener las aguas residuales a velocidades bajas, reducir el contenido de sólidos sedimentables y bajo condiciones anaerobias, en períodos de retención de 12 a 24 horas, degradar la materia orgánica depositada en el fondo. La descomposición de la materia orgánica produce gases que arrastran a los sólidos y los obligan a subir a la superficie, produciendo la formación de natas acumuladas en la superficie. La continua flotación y subsecuente sedimentación de los sólidos por la acción del gas liberado, los obliga a salir con la corriente del agua, por lo que eventualmente salen algunos sólidos del efluente, frustrando así, parcialmente el propósito del tanque. El efluente de la fosa es de mala calidad física y microbiológica, requiriendo un control posterior.

b. Tanques de doble acción

Estos tanques se idearon para corregir los defectos principales de la fosa séptica, en la forma siguiente:

- Impedir que los sólidos que se han separado de las aguas residuales se mezclen nuevamente con ellas, permitiendo la

retención de estos sólidos para su descomposición en la misma unidad.

- Proporcionar un efluente adaptable a un tratamiento posterior.

El contacto entre las aguas residuales y los lodos que se digieren anaerobicamente queda prácticamente eliminado y ayuda a disminuir el período de retención en el tanque. El Dr. Karl Imhoff fue el primero que diseñó el tan conocido y profusamente usado tanque de doble acción, que se conoce como tanque Imhoff. Puede ser rectangular o circular y se divide en tres compartimientos o cámaras que son: la sección superior que se conoce como cámara de derrame continuo o compartimiento de sedimentación, la sección inferior que se conoce como cámara de digestión de lodos, el respiradero y cámara de natas.

c. Tanques de sedimentación simple

Estos son tanques cuya función principal consiste en separar los sólidos sedimentables de las aguas residuales, mediante el proceso de sedimentación. Los sólidos asentados se extraen continuamente o a intervalos frecuentes, para no dar tiempo a que se desarrolle la descomposición con formación de gases. De ahí pasan los sólidos a otras unidades que se incluyen dentro del siguiente nivel de tratamiento. Los sólidos pueden acumularse por gravedad, en una tolva o embudo, o hacia un punto más bajo del fondo del tanque, en donde se bombean o descargan por la acción hidrostática del agua, mediante una tubería de limpieza. No obstante este método ha sido remplazado por el uso de equipo mecánico para recolectar los sólidos en la tolva, de donde son descargados por bombeo. Estos tanques de operación mecánica pueden ser rectangulares, circulares o cuadrados, pero todos operan por el mismo principio

de recolectar los sólidos sedimentados por medio de rastras de movimiento lento que los empujan hacia el sitio de descarga.

7.4.3. Tratamiento secundario

Este tratamiento debe realizarse cuando las aguas residuales todavía contienen sólidos orgánicos en suspensión que no pudieron ser removidos en el tratamiento primario y que producirían efectos negativos sobre el cuerpo receptor si solo se efectuara tratamiento primario. Esta etapa dependerá principalmente de los organismos aerobios para la descomposición de la materia orgánica estable o inorgánica hasta transformarla en materia orgánica estable o inorgánica. Este proceso se denomina Tratamiento Biológico, ya que las unidades proveen el medio adecuado para que la actividad bacteriana reaccione de acuerdo a un patrón ya establecido para su control. Existen sistemas básicos de tratamiento secundario que pueden aplicarse, tales como: filtros goteadores, biológicos o percoladores, lodos activados, lagunas de estabilización, etc.

En este tipo de tratamiento se emplean: cultivos biológicos para llevar a cabo una descomposición aerobia u oxidación del material orgánico transformándolos en compuestos mas estables, lográndose un mayor grado de tratamiento que el que se obtiene mediante sedimentación primaria. La materia orgánica es el alimento con el que se sustentan estos organismos y su eficiencia disminuye tanto como el exceso de alimento, como por escasez del mismo.

a. Filtros goteadores o roceadores

En este caso no esta correctamente empleada la palabra filtro, porque no se efectúa ninguna acción coladora ni filtrante. En realidad, un filtro goteador es un dispositivo que pone en contacto a las aguas residuales sedimentables con cultivos biológicos. El nombre correcto debería ser lechos de oxidación biológica pero el tiempo y el uso ha popularizado el término de filtros goteadores, biológicos o percoladores.

Como en todas las unidades de tipo biológico, la temperatura es determinante, por eso, el clima frío abate la actividad biológica del filtro. Estos filtros ocupan grandes superficies y su construcción es costosa. Por economía, los filtros deben ser precedidos por tanque de sedimentación primaria, equipados con colectores de natas. Un tratamiento primario antes de estos filtros permite aprovechar al máximo su capacidad haciendo fácilmente sedimentables a los sólidos no sedimentables, coloidales y disueltos. Estos sólidos orgánicos, en su mayor parte, no son separados de las aguas residuales, sino que se convierten en parte integral de los organismos vivos microscópicos o de la materia orgánica que se adhiere temporalmente al medio filtrante, y de la materia orgánica que sale en el efluente. El material adherido o retenido se desprende eventualmente y es arrastrado por el efluente del filtro. Por esta razón, los filtros goteadores deben preceder a tanques de sedimentación secundaria para eliminar definitivamente los sólidos de las aguas residuales.

Un filtro percolador típico, consiste de tres partes: el lecho o medio filtrante, un sistema recolector y un mecanismo para distribuir uniformemente las aguas residuales sobre la superficie del filtro.

b. Tanque de sedimentación secundaria

Como los filtro biológicos solamente alteran las características de los sólidos de las aguas residuales, pero no eliminan, el efluente contiene sólidos suspendidos que deben ser eliminados antes que se descargue el efluente en aguas receptoras. Para este propósito se utilizan tanques de sedimentación secundaria o de asentamiento final, siendo su diseño similar al de los considerados en el tratamiento primario.

c. Lodos activados

El desarrollo del proceso de los lodos activados ha marcado un progreso importante en el tratamiento secundario de las aguas residuales. Similarmente a los filtros goteadores, este es un proceso hidrológico de contacto, en el que los organismos vivos aeróbicos y los sólidos orgánicos de las aguas residuales se mezclan íntimamente en un medio favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos. Como el medio esta formado por las mismas aguas residuales, la eficiencia del proceso depende de que se mantenga continuamente oxígeno disuelto en esta agua durante todo el tratamiento. No obstante, el medio ambiente por si mismo no logra mucho, si no posee suficientes operativos vivientes.

Las aguas residuales comunes contienen algunos de estos operarios biológicos, pero su numero es demasiado reducido para que pueda llevar a cabo el trabajo requerido. Es necesario, por lo tanto, agregar muchos organismos y distribuirlos bien por todas las aguas residuales, antes de que el proceso de los lodos activados pueda empezar a funcionar con eficiencia.

El proceso de lodos activados se emplea generalmente después de la sedimentación simple. Las aguas residuales contienen algo de sólidos suspendidos y coloidales, de manera que cuando se filtran en presencia de aire, los sólidos suspendidos forman núcleos sobre los cuales se desarrolla la vida biológica, pasando gradualmente a formar partículas mas grandes, las que se conocen como lodos activados. Los lodos activados están formados por floculos parduscos que consisten principalmente en materia orgánica procedente de las aguas residuales, poblados por colonias de bacterias y otras formas de vida biológica. Estos lodos activados, con sus organismos vivos, tienen la propiedad de absorber o de adsorber las materia orgánica coloidal y disuelta, incluyendo el amoniaco de las aguas residuales con lo que disminuye la cantidad de sólidos suspendidos. Los organismos biológicos utilizan como alimento al material absorbido convirtiéndolo en sólidos insolubles no putrescibles, proceso que se verifica gradualmente.

d. Estanques o lagunas de estabilización

Durante los últimos años se ha desarrollado un sistema de tratamiento de aguas residuales que se basa en el uso de estanques especialmente preparados o conformados, a los cuales se les llama lagunas de estabilización. Las lagunas se utilizaron inicialmente en climas cálidos con días soleados, pero se ha observado a través de la practica, que operan en forma adecuada con resultados satisfactorios en climas mas fríos y nublados. Pueden utilizarse en prácticamente cualquier zona o región, variando la velocidad del flujo y sus dimensiones, en función de la temperatura, la energía solar, y otros factores de la región.

El proceso de descomposición de la materia orgánica que hay en las aguas residuales, se verifica en dos etapas. La materia carbonosa presente es

desintegrada por los organismos aerobios, con formación de bióxido de carbono, el cual es utilizado por las algas en su fotosíntesis. En este proceso, el oxígeno del bióxido de carbono es liberado y se disuelve en el líquido en el que crecen las algas. Como resultado de este, la materia orgánica de las aguas residuales es convertida en algas y las aguas reciben oxígeno para mantener la posterior descomposición aerobia.

Los sólidos presentes, entran en la laguna, en un estado altamente contaminado y se transforman y salen en forma de células de algas muy estables, las cuales dentro de ciertos límites, pueden descargarse a las aguas receptoras sin causar efectos negativos.

Las lagunas de estabilización pueden utilizarse en cualquiera de las etapas de tratamiento, ya sea proporcionando únicamente un tratamiento primario, secundario o terciario, o pueden ubicarse en serie para aplicar un tratamiento completo, obteniendo excelentes resultados. Este tipo de tecnología ofrece una serie de ventajas sobre los demás sistemas convencionales de tratamiento, ya que la calidad bacteriológica (que es un parámetro fundamental en nuestro medio), y la remoción de materia orgánica (DBO), es superior en términos de porcentajes, respecto de los demás sistemas, sin necesidad de suministrar energía de ningún tipo, ni de aplicar desinfecciones para obtener excelentes resultados microbiológicos, en contraste con las tecnologías antes mencionadas, que si lo requieren. También es importante enfatizar que son sistemas que requieren de muy poca operación y mantenimiento, ya que trabajan bajo carga hidráulica y con dispositivos sumamente sencillos de recolección y distribución del caudal tratado. El tratamiento y manejo de los sólidos no representa un problema adicional, ya que en las unidades destinadas al tratamiento primario, se depositan los sólidos y materia orgánica e inorgánica en el fondo, llevándose a cabo simultáneamente el proceso de sedimentación y

digestión de los sólidos hasta la degradación final. Los períodos de limpieza son por lo regular de 1 a 3 años para lagunas primarias y hasta 8 años para secundarias reduciendo los inconvenientes de limpieza y disposición final. Un aspecto que ejerce contrapeso, es el alto requerimiento en metros cuadrados de superficie para implementar adecuadamente este sistema de tratamiento para aguas residuales.

7.4.4. Tratamiento terciario

Esta etapa se considera como un nivel avanzado de tratamiento en el cual se pretende mejorar sustancialmente la calidad del efluente cualitativamente, mediante la desinfección como elemento principal, y el control de nutrientes presentes en las aguas de origen doméstico, como la principal fuente de aportación; a través de procesos físico-químicos. Esto permitirá la reducción y eliminación de microorganismos patógenos, la protección del cuerpo receptor y la vida acuática, controlando el crecimiento de la vida vegetal indeseada y nocivas (algas y otras variedades), y permitir el re-uso sanitariamente seguro.

Ninguno de los métodos primarios o secundarios de tratamiento para aguas residuales municipales domésticas pueden eliminar completamente de ellas las bacterias patógenas que siempre están presentes potencialmente. Cuando las aguas residuales o los efluentes ya tratados se descargan a masas de agua que sirven como fuente de abastecimiento para consumo humano (re-uso), se requiere de un control estricto para reducir los organismos patógenos, a fin de que se minimice el riesgo para la salud. Este tipo de control se conoce como desinfección, a través de la aplicación de cloro, como el elemento más usual para este fin, en el caso de sistemas de tratamiento convencionales.

El único sistema de tratamiento que no requiere de la aplicación de algún tipo de desinfección, es el de lagunas de estabilización (unidades ubicadas en la etapa terciaria, llamadas lagunas terciarias), ya que realizan el trabajo de control y decaimiento de microorganismos patógenos, parásitos, bacterias patógenas y virus, mediante un proceso biológico natural.

Para el control de nutrientes, es frecuente utilizar estanques o lagunas con una especie vegetal acuática (lirios o jacintos), que extraen del agua los nutrientes presentes, para su desarrollo, reduciendo los niveles en el agua. En períodos establecidos, se retiran del agua, las colonias de plantas que se ha desarrollado sobre la superficie y se disponen por aparte. El proceso de siembra y cosecha se fija para períodos definidos. Existen diversos criterios y métodos empleados en el tratamiento terciario o avanzado para el control de las aguas residuales en general, sin embargo, a nivel de aguas municipales de origen doméstico, el énfasis se hace sobre el control sanitario de los efluentes, y preservación de los cuerpos receptores.

7.4.5. Tratamiento y disposición de lodos

Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se adhiere a ellos. En algunos casos es satisfactoria la disposición de los mismos sin someterlos a tratamiento, pero generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para su disposición final sin originar condiciones de riesgo.

Los lodos provenientes de las aguas residuales son una mezcla de agua y sólidos sedimentables. Por su origen reciben el nombre de primarios, secundarios, exceso de lodos activados o lodo químico. Por su estado o

tratamiento recibido pueden denominarse crudos o frescos, digeridos, húmedos o secos.

Los lodos en general, deben someterse a algún tratamiento que sea capaz de modificar sus características, para que se puedan disponer sin presentar ningún riesgo para la salud, ya que están contaminados al igual que la porción líquida de las aguas residuales.

Los diversos procesos de tratamiento tienen dos objetivos fundamentales:

1. Disminuir el volumen del material que va a ser manejado, por la eliminación de parte o toda la porción líquida y
2. Descomponer la materia orgánica degradable, a compuestos orgánicos o inorgánicos relativamente más estables o inertes, de los cuales puede separarse el agua con mayor facilidad. A este recurso se le denomina proceso de digestión, con lo cual además se disminuye el total de sólidos presentes.

Con excepción de los tanques sépticos y los de doble acción, la digestión se lleva a cabo en tanques separados que se usan únicamente para este fin. En el caso de las lagunas de estabilización, este proceso se lleva a cabo en el fondo de los estanques en forma simultánea al proceso desarrollado en el agua en si, sin necesidad de implementar otras unidades adicionales para el manejo del lodo.

Es conveniente reducir al máximo los volúmenes de lodo para economizar espacio de almacenamiento en la unidad para efectuar la digestión

y en las unidades de secado y así reducir los costos de inversión y operación de los equipos de bombeo de lodos.

El objetivo se logra con la combinación de dos o más de los métodos siguientes:

- Espesamiento
- Digestión , con o sin aplicación de calor
- Secado en lechos de arena, cubiertos o descubiertos
- Acondicionamiento con productos químicos
- Filtración al vacío
- Secado aplicando calor
- Incineración
- Oxidación húmeda
- Flotación con productos químicos y aire

7.5. Clasificación de sistemas

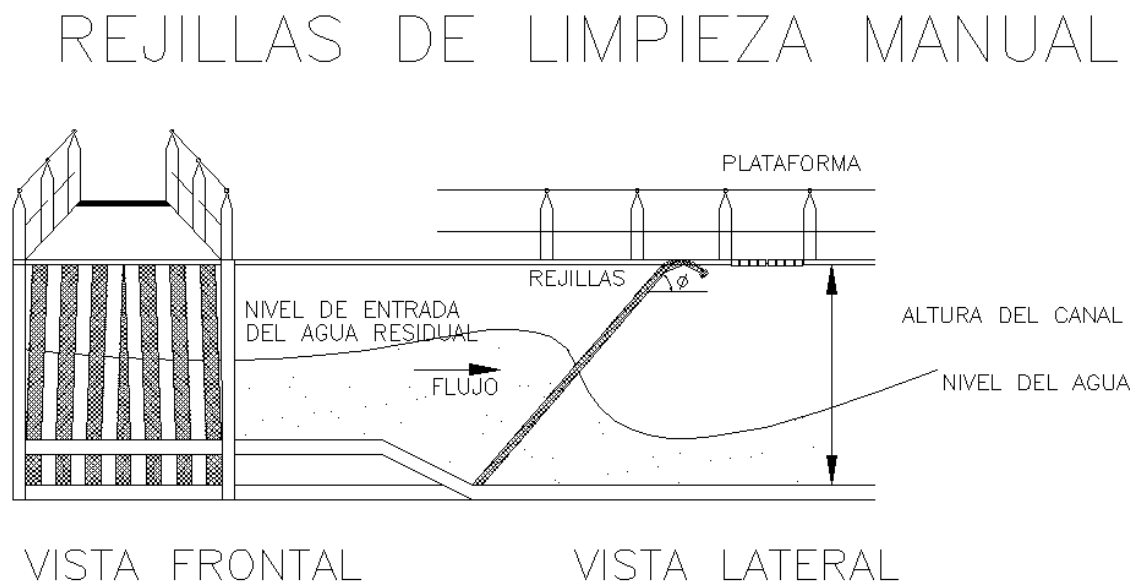
Se presentan definiciones y principales características de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales municipales, aplicables a desechos domésticos, como información básica para la formulación y propuesta de plantas de tratamiento.

7.5.1. Pretratamiento

a. Rejillas o cribas de barras

Tiene como objeto la remoción de los materiales gruesos o en suspensión, los cuales pueden ser retirados manual o mecánicamente. Están formados por barras al ingreso del canal, generalmente de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor por 1 pulgada de ancho ($\frac{1}{4}$ " * 1"), separadas con claros libres de $\frac{1}{2}$ " a 2", y colocadas en ángulos de 30° a 60° de inclinación respecto a la horizontal. Los sólidos separados por estos dispositivos se eliminan enterrándolos o incinerándolos. Las dimensiones del canal, estarán en función del caudal de ingreso que sugiere utilizar el caudal máximo para efectos de diseño. Este tipo de unidades se recomienda ubicarlas en todos los sistemas de tratamiento como regla general. Cuando la limpieza de estas unidades es deficiente, se recomienda diseñar un dispositivo que alivie el paso del caudal de ingreso cuando la rejilla esta saturada de sólidos, denominado *by-pass* se sugiere una inspección diaria.

Figura 1. Rejillas de limpieza manual



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

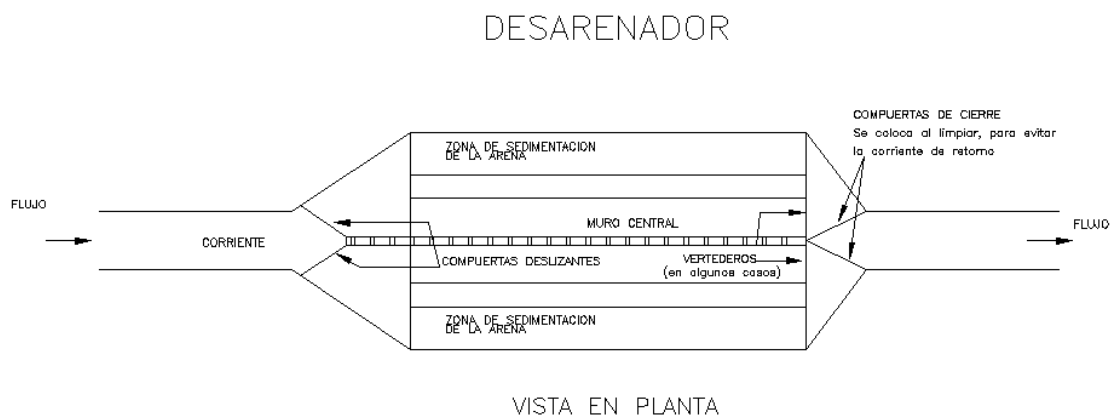
b. Desarenador

Su función principal es retener los sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava. Las arenas pueden dañar a los equipos mecánicos por abrasión y causar dificultades de operación en los tanques de sedimentación y en la digestión de lodos. Por lo general, esta unidad está diseñada en forma de canal longitudinal, controlando la velocidad horizontal (aprox. A 0.30 m/s), para propiciar la sedimentación del material inorgánico (con una velocidad de sedimentación de 2 cm/s), manteniendo los sólidos orgánicos en suspensión.

La velocidad horizontal se controla mediante dispositivos para este fin, como el vertedero tipo Sutro, o la canaleta Parshall.

El canal deberá estar provisto de una tolva en el fondo para almacenar las arenas depositadas, las cuales deberán ser removidas en períodos de limpieza establecidos. Se recomienda construir 2 unidades en paralelo para fines de operación y limpieza.

Figura 2. Vista en planta de desarenador



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

7.5.2. Tratamiento primario

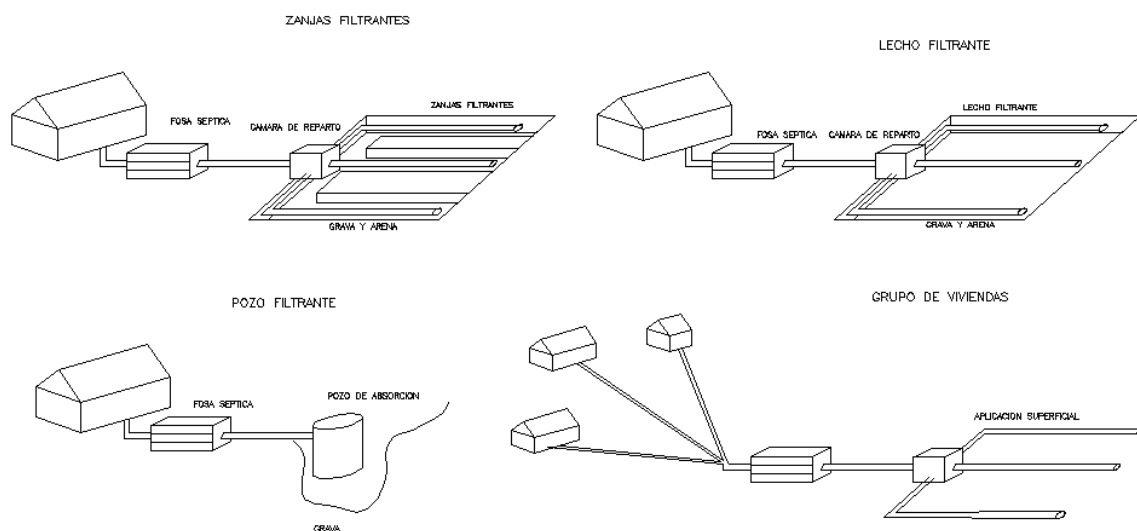
Las unidades de tratamiento primario mas utilizadas en esta etapa son:

- Fosas sépticas
- Tanques Imhoff
- Sedimentadores simples o primarios
- Reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA)
- Coagulación o floculación
- Lagunas facultativas, anaerobias o aerobias.

a. Fosas sépticas

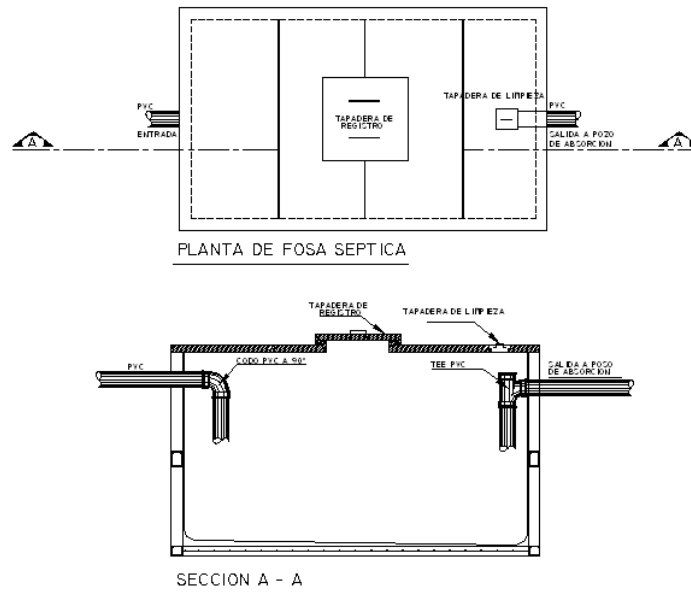
Por lo general son utilizadas en donde no existe una red de alcantarillado sanitario. Se considera como una solución individual de disposición de las aguas residuales, como por ejemplo, el efluente de escuelas, hoteles, viviendas familiares, restaurantes, etc. En general se utilizan para tratar aguas residuales de tipo doméstico y comercial, para caudales no mayores de 0.6 a 0.7 litros por segundo, equivalente a 475 habitantes aproximadamente. El volumen de la fosa séptica no debe exceder de 45.5 m³, el cual se integra por el volumen de lodos y de el agua. Adicionalmente debe considerarse un volumen para las natas o espumas. Usualmente se diseñan con una cámara, sin embargo la eficiencia se ve incrementada al construirla con 2 cámaras trabajando en serie. La figura 3, muestra los detalles generales de una fosa séptica convencional y la disposición del efluente a través de los sistemas de absorción mas utilizados.

Figura 3. Esquemas de filtración



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

Figura 4. Esquema de fosa séptica



b. Tanques Imhoff

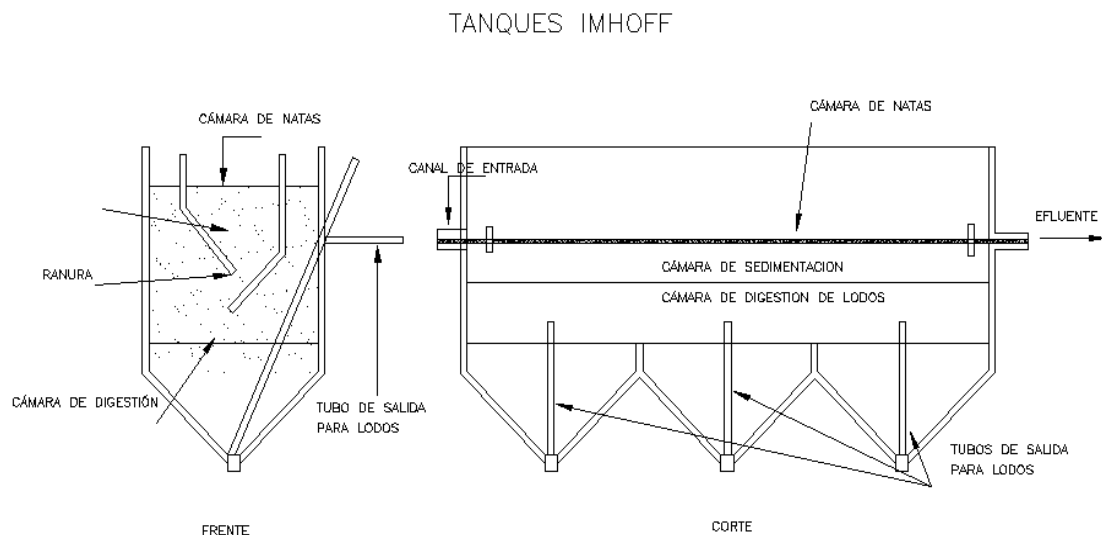
Para comunidades de 5000 habitantes o menos los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad. Tienen una operación muy simple y no requieren de partes mecánicas; sin embargo, para su proceso normal, requieren que las aguas residuales pasen un cribado y remoción de arena. Son convenientes especialmente en climas cálidos, pues este factor facilita la digestión de los lodos. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que este tanque puede producir olores desagradables.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular en planta y se divide en tres compartimientos:

1. Cámara o canal de sedimentación
2. Cámara de digestión de lodos
3. Área de ventilación y compartimiento de natas

Los lodos acumulados en el fondo se extraen periódicamente (períodos de 3 a 5 semanas por lo regular, o bien hasta que exista un borde libre no menor de 50 cm., desde el nivel de lodos, hasta la ranura de compartimiento de sedimentación), y se conducen a los lechos de secado, mediante una tubería instalada para que los expulse por medio de la carga hidráulica o presión hidrostática del agua, o bien utilizando equipo de bombeo. En los lechos de secado se pretende eliminar su alto contenido de humedad. Una vez secos, pueden utilizarse como abono orgánico bastante estable. La figura No. 5 presenta los detalles generales de un Tanque Imhoff.

Figura 5. Esquema de tanque Imhoff



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

c. Sedimentadores primarios

En estas unidades no se digieren los lodos, solo se retienen y por lo general se utilizan como una primera etapa de tratamiento. Se puede recomendar su construcción siempre y cuando se tengan proyecciones para aumentar o completar el tratamiento en una segunda etapa a nivel secundario, a corto plazo. Estas unidades tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites de las aguas residuales. Pueden ser tanques rectangulares o circulares, estos últimos son los más frecuentes, utilizados en plantas que soporten poblaciones hasta de 100,000 habitantes.

Los sólidos depositados en el fondo son recolectados por rastras giratorias que los conducen a una tolva de donde se extraen para su tratamiento y disposición en forma periódica y continua para evitar que se produzca la descomposición de la materia y la subsiguiente producción de gas. Las grasas y aceites que flotan en la superficie son recolectados mediante propias rastras del mecanismo de recolección de los lodos y removidas por un dispositivo de recolección superficial.

Las entradas deben diseñarse para dispersar la corriente de alimentación, para que se difunda homogéneamente el flujo por todo el tanque y para evitar los cortocircuitos en las líneas de flujo. Las entradas pueden ser semejantes a vertederos, pero lo más usual es un canal de compuertas espaciadas entre sí.

Los dispositivos de salida son variados. Los hay para permitir que las aguas fluyan en forma de una película delgada por la superficie del tanque y generalmente son ajustables y deben estar nivelados. Los vertederos triangulares cumplen en forma adecuada este objetivo.

El propósito es permitir que el caudal de egreso se vierta lentamente para mantener un régimen estable y controlado.

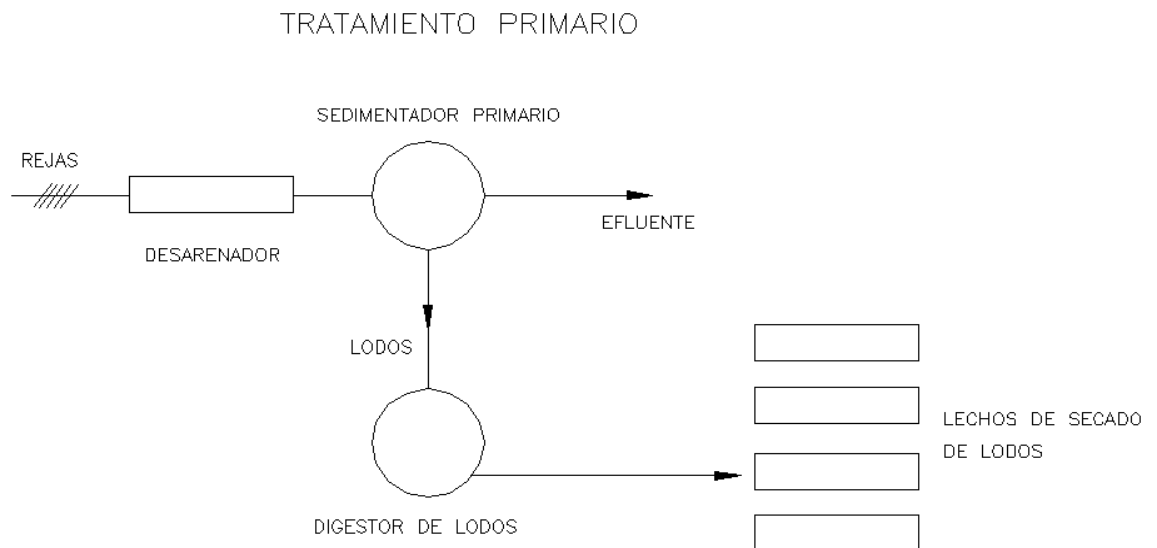
El término carga del vertedero, se utiliza para expresar metros cúbicos que circulan diariamente, sobre un metro de vertedero. En las plantas de capacidad menor a 4,000 metros cúbicos por día, la carga del vertedero no debe ser mayor a 133 metro cúbicos por metro de vertedero y por día, hasta un máximo 200 en plantas más grandes.

La capacidad superficial de sedimentación se expresa en litros por metro cuadrado de superficie de tanque, basado en el caudal diario de aguas residuales. Cuando no se contemple un tratamiento secundario, esta capacidad no debe ser mayor de 27,000 litro por metro cuadrado por día, en las plantas cuya capacidad aproximada sea de 4,000metro cúbicos por día.

Según las normas más recientes, la longitud mínima es de 3 m y la profundidad del líquido no debe ser menor de 2.10 m (en tanques de limpieza mecánica). Las dimensiones del tanque quedan determinadas por el caudal a tratar, recomendando que los tanques no sean demasiado profundos, de acuerdo a las experiencias obtenidas en sistemas construidos.

La figura 6 presenta un esquema general de una planta de tratamiento primario con la utilización de un sedimentador.

Figura 6. Esquema de tratamiento primario



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

d. Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Corresponde al Ing. G. Lettinga (*Bioengineering and Biotechnology Document/1980-1983*) el desarrollo de este reactor que por su simplicidad a nivel industrial y aplicación en países con amplios recursos para operarlos, se ha difundido. Su principio de funcionamiento se basa en la buena sedimentación de la biomasa producida dentro del reactor, la cual se aglomera en forma de granos hasta de 5 mm de diámetro y se mantiene flotando, formando una capa o estrato de lodos que sufren el proceso de digestión.

El reactor aplica los dos procesos simultáneos, la clarificación de las aguas y la digestión de los lodos, además de controlar emisiones de gas. Se da una actividad metano génica (incluye producción de gas metano) intensa, lo que explica los buenos resultados del proceso. El caudal ingresa al reactor en la parte inferior, provocando un flujo ascendente, lo que mantiene un manto de

lodos suspendido, condición que deberá mantenerse para su buen funcionamiento. La parte superior cuenta con un sistema de separación gas-liquido-sólidos, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas. Un aspecto importante en el diseño es la distribución de los dispositivos de entrada del caudal residual, ya que la mala repartición puede provocar que ciertas zonas de la cama de lodos no sean alimentadas, afectando la actividad de degradación. Uno de los puntos débiles del sistema consiste en la lentitud en el arranque del reactor (generalmente de 6 meses); por otro lado, en desagües diluidos con una baja concentración (desechos municipales domésticos), las variables críticas son las hidráulicas en el funcionamiento del reactor (velocidad ascensional del flujo, velocidad de paso a través del separador de fases, dispositivos de entrada y de salida) y no así el control de la carga orgánica. Para lograr un buen funcionamiento y alcanzar los porcentajes de remoción de DBO y sólidos, el reactor requiere de condiciones muy ideales de funcionamiento lo que dificulta su operación. Requiere de un caudal constante de ingreso para mantener el manto de lodos en suspensión, de lo contrario, se lavaría el manto por una sobrecarga, o bien se ausentaría y rompería la biomasa formada. Es necesario que la carga aplicada se mantenga dentro de un rango para favorecer el proceso de digestión, lo que requiere de un constante monitoreo de laboratorio de las características del lodo dentro del reactor, y las características del afluente para determinar si requiere mayor carga o esta sobrepasado. La producción de gas metano esta en función directa de la concentración de las aguas residuales, es decir la carga de DBO.

Por tal razón, las aguas residuales de origen doméstico no representan un buen aporte para la producción de gas metano. El estricto control de calidad del afluente, efluente y lodo, representa una capacidad instalada a nivel de laboratorio en el lugar, que se traduce en altos costo de inversión, operación y mantenimiento.

e. Coagulación o floculación

Es el proceso por el cual se ayudan a las pequeñas partículas (coloides) suspendidas en el agua a sedimentar mediante la adición de compuestos químicos que inducen a las partículas pequeñas, a formar partículas mas grandes (flóculos), de mayor peso para su posterior sedimentación.

A las sustancias químicas utilizadas en este proceso se les llama coagulantes, de los cuales los mas utilizados son las sales de aluminio y hierro, tales como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y sulfato férrico.

Para la mezcla de los reactivos se utiliza, algunas veces, la turbulencia creada por un vertedero. Es conveniente disponer de un sistema que permita esta mezcla rápida, en forma continua.

7.5.3. Tratamiento secundario

Este término generalmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica:

1. Proceso aerobio (en presencia de oxígeno)
2. Proceso anaerobio (en ausencia de oxígeno)

Dependiendo de la forma en que están soportados los microorganismos (tipo de material que los retenga), existen dos tipos de procesos:

➤ Con microorganismos fijos:

- Filtro anaerobio
- Reactor tubular de película fija
- Filtro percolador (goteador, biofiltro y biológico)
- Biodiscos

➤ Con microorganismos suspendidos

- Lagunas de estabilización
 - ✓ Facultativas
 - Aereadas
 - Aerobias
 - Anaerobias
- Lodos activados
- Aereación extendida
- Zanjias de oxidación

a. Filtro anaerobio

Esencialmente consiste en un reactor de flujo ascendente empacado con material de soporte plástico o con piedra de 3 a 5 cm de diámetro. El coeficiente de vacío debe ser más grande para evitar el taponamiento, lo que en algunos casos se traduce en un área específica inferior a 100 m²/m³.

Debido a la distribución desordenada del soporte, las purgas de lodo no son efectivas, lo que provoca una acumulación lenta pero constante de biomasa que con el tiempo puede crear problemas de taponamiento. Este reactor puede admitir cargas máximas de 20 Kg. de DQO/m³*día.

b. Reactor tubular de película fina

Para evitar la acumulación de lodos dentro del reactor, Lentz Y Berg en 1969 desarrollaron este reactor, de flujo ascendente o descendente. El soporte utilizado, consiste en tubos o placas dispuestas de tal forma que se crean canales verticales. El material puede ser de cerámica, p.v.c., poliéster, etc. El ordenamiento del soporte da como resultado coeficientes de vacío importantes con buenas relaciones área/volumen ($> 150 \text{ m}^2/\text{m}^3$).

Las cargas aplicadas pueden llegar hasta $30 \text{ Kg. DQO}/\text{m}^3\cdot\text{día}$

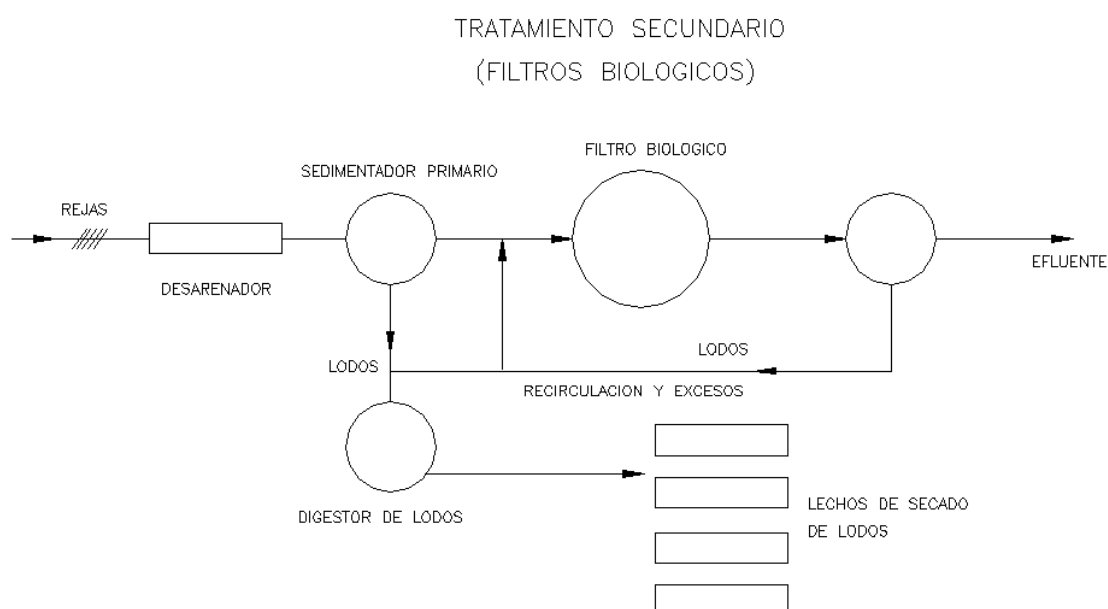
c. Filtro percolador

El mecanismo principal de remoción de la materia orgánica de este sistema es la absorción y asimilación biológica del medio o material de soporte. Generalmente no requieren recirculación, a diferencia del sistema de lodos activados.

Una vez que el filtro se encuentre operando, la superficie del medio o material de soporte, comienza a cubrirse con una sustancia viscosa y gelatinosa conteniendo bacterias y otro tipo de microorganismos. El efluente de la sedimentación primaria es distribuido uniformemente en el material de soporte del filtro, en toda su superficie. El oxígeno para que se lleve a cabo el metabolismo biológico aerobio es suministrado por la circulación del aire, a través de los espacios existentes en el medio filtrante y, parcialmente por el oxígeno disuelto presente en el agua residual. Al cabo de un tiempo, comienza el crecimiento microbiano en la interfase anaerobia del medio filtrante, generando el crecimiento de organismos anaerobios y facultativos que junto con los organismos aerobios, forman el mecanismo básico para la remoción de la materia orgánica.

El efluente del filtro deberá pasar a través de un clarificador secundario para recolectar la biomasa desprendida. La sedimentación primaria es necesaria antes de los filtros con roca volcánica como medio de soporte (material mas frecuente), para minimizar los problemas de obstrucción. Por otro lado, si los sólidos presentes en el agua residual han sido tratados con desmenuzadores o trituradores no es requerida la sedimentación primaria, y el material de soporte deberá ser perfectamente de plástico corrugado o material con gran numero de espacios vacíos. Los filtros pueden clasificarse, en función de las cargas hidráulica y orgánica aplicadas, en filtros de baja, media y alta tasa. Los de media tasa o estándares se diseñan con cargas hidráulicas de 38,000 a 94,000 m³/Ha*día. La figura 7 presenta un esquema general que incluye este tipo de filtros.

Figura 7. Esquema de tratamiento secundario (filtros biológicos)



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

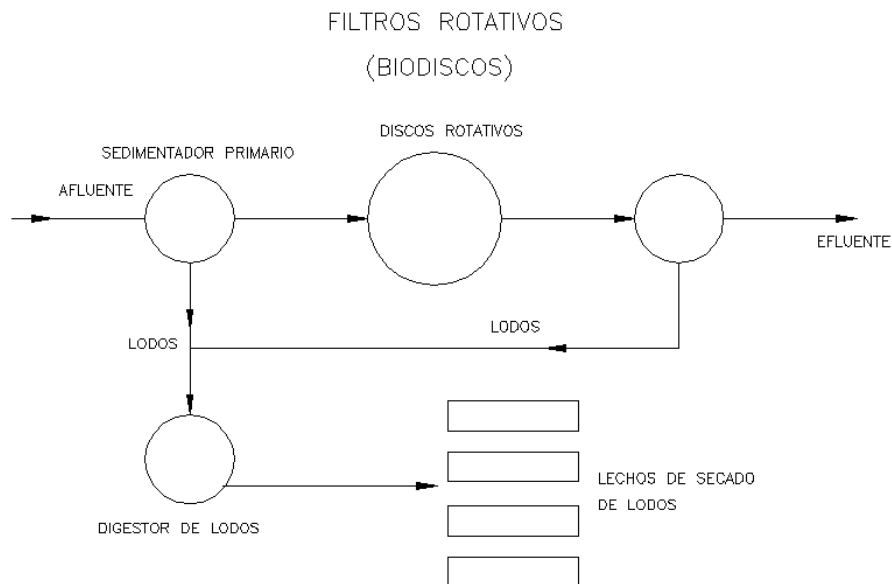
d. Biodiscos (filtros rotativos)

Originalmente, este sistema consistía en una serie de maderas, con diámetros de 1 a 3.5 m montados sobre una flecha horizontal giratoria que durante el movimiento, cerca del 40% del área superficial de los discos se encontraba sumergida en el agua residual. Actualmente se utilizan placas de plástico corrugado y otros materiales en vez de madera. Cuando el proceso inicia su operación, los microorganismos del agua residual se adhieren a la superficie del material plástico y se desarrollan hasta que toda esta área quede cubierta con una capa o película microbiana.

Al girar los discos, la película biológica adherida a estos entra en contacto alternadamente con el agua residual que esta en el tanque y con el oxígeno atmosférico. Al salir del agua del tanque, los discos arrastran una capa líquida sobre la superficie de la película biológica, lo cual permite la oxigenación del agua y de los microorganismos. Debido a la sucesión de inmersiones y emersiones, la capa líquida se renueva constantemente. La oxigenación se lleva a cabo por difusión a través de la película líquida que queda adherida a la biomasa. Los microorganismos utilizan el oxígeno molecular disuelto para efectuar, la degradación aerobia de la materia orgánica que se utiliza como fuente de nutrientes.

En forma general, el sistema esta constituido por un sedimentador primario, biodiscos y un sedimentador secundario. La figura presenta una planta típica utilizando biodiscos.

Figura 8. Esquema de filtros rotativos (biodiscos)



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

e. Lagunas de estabilización

Se conoce con ese término a cualquier laguna o estanque de agua residual, o grupos de ellas que trabajen individuales, en paralelo o en serie, aplicables a todas las etapas del tratamiento, proyectadas para llevar a cabo la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos, a través de procesos biológicos, en presencia o ausencia de oxígeno, en función de la carga superficial aplicada y del período de retención hidráulico: sin necesidad de la adición de agentes químicos externos o aplicación de fuerza mecánica para su funcionamiento. Este sistema requiere de un cribado previo, y obras de arte sencillas para su funcionamiento ya que trabajan bajo carga hidráulica y bajo la acción de elementos atmosféricos (radiación solar, oxígeno, etc.), lo que las

hace muy sencillas de operar. Según sus características de funcionamiento se dividen en:

e.1. Lagunas anaerobias

Generalmente se usan como una primera depuración o tratamiento primario, se pueden considerar como un digestor ya que les aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen, de manera tal que prevalezcan las condiciones anaerobias. Algunas de las ventajas de este modelo son:

- a. Su bajo costo, debido al área reducida que se necesita para su aplicación.
- b. La capacidad de resistir altas concentraciones.
- c. Adaptable para desechos industriales concentrados biodegradables.

La eficiencia esperada varía con el tiempo de retención hidráulica. El período de retención puede variar de 1 a 7 días, la altura efectiva de agua se puede estimar de 2.5 a 5 metros; y sus dimensiones en planta se especifican de sección rectangular o cuadrada. Algunas desventajas son:

- a. Se genera un proceso muy sensible a los cambios ambientales.
- b. La tasa de mortalidad bacteriana es reducida.
- c. Se producen malos olores por la operación inadecuada.
- d. Se acumulan mas rápidamente los lodos que en las lagunas facultativas.

La temperatura es uno de los factores que mayor influencia tienen en estas unidades ya que la eficiencia decrece si la temperatura disminuye. Para generar un proceso anaerobio balanceado, el criterio de diseño se rige en definir una carga superficial aplicada de 1,000 a 3,000 kg DBO/Ha*dia, y carga volumétrica de 100 a 300 kg DBO/m³*dia.

e.2. Lagunas anaerobias

Como su nombre lo indica son lagunas que operan en presencia de aire, son de poca profundidad, no más de 0.80 m, lo que propicia la proliferación de algas que suministran una buena parte de oxígeno necesario. Su desventaja es la cantidad de área superficial que requiere para su buen funcionamiento.

e.3. Lagunas facultativas

Son grandes reservorios de agua residual, en los cuales se pretenden contener el mayor tiempo posible esta agua para que mediante la acción solar, la oxigenación ambiental, la transferencia de oxígeno a través de la acción fotosintética de las algas formadas y la acción aerobia anaerobia-facultativa de las bacterias, se produzca la degradación de la materia orgánica hasta su estabilización y la reducción de microorganismos presentes, sobre todo los de tipo patógeno. El diseño se basa fundamentalmente en la determinación de la carga superficial aplicada o carga por unidad de superficie, lo que implica que ha mayor carga superficial aplicada por las características del agua residual cruda, mayor área superficial será necesaria para obtener período de retención mayores, por consiguiente mayor eficiencia de remoción.

Este tipo de laguna es el más utilizado por su flexibilidad, requiere menos tiempo que las aerobias y no producen los posibles olores de las anaerobias. Como en todos los procesos biológicos, el factor principal que afecta su

eficiencia es la temperatura, estando en función directa. En la remoción de organismos patógenos, especialmente del grupo coliforme (como ya se mencionó), se puede lograr una reducción de hasta 5 órdenes logarítmicos, en una laguna terciaria. Los aspectos más importantes a considerar en el diseño de lagunas facultativas son:

- Forma geométrica de la laguna en planta
- Diseño y ubicación de los dispositivos de entrada y salida
- Dispositivos de desagüe
- Remoción de flotantes
- Diseño, conformación y compactación de diques y fondo
- Problemas con pérdidas excesivas de agua
- Problemas con vectores y olores
- Acumulación y manejo de lodos

A continuación se dará una descripción de los aspectos más relevantes mencionados anteriormente:

- Forma de la laguna

En base a resultados experimentales se determinó que en las lagunas de estabilización no existe una mezcla completa sino que se da un flujo disperso y que el grado de dispersión esta en función de la geometría de la laguna. De esta cuenta, la mejora ajustando las dimensiones a secciones constantes a lo largo de la unidad (un ancho constante en toda su longitud para optimizar el período de retención hidráulico). Generalmente se diseñan para alturas o tirantes de agua que varían de 1 a 3 metros. Estos valores no constituyen límites o rangos de diseño sino criterios de dimensionamiento.

- Diseño y ubicación de los dispositivos de entrada y salida

Experimentalmente se ha determinado que lagunas con iguales dimensiones y criterios de diseño, proporcionan calidades de efluente al variar la ubicación y número de dispositivos de entrada y de salida. Para evitar zonas muertas y cortocircuitos en las líneas de flujo deberán ubicarse varios dispositivos de entrada e igual número de dispositivos de salida, localizados equidistantemente uno del otro, a lo ancho de la laguna. Esto propiciará más líneas de flujo continuas sin cortocircuitos, y un mayor aprovechamiento del volumen disponible que está en función directa del incremento del período de retención.

- Problemas con vectores y olores

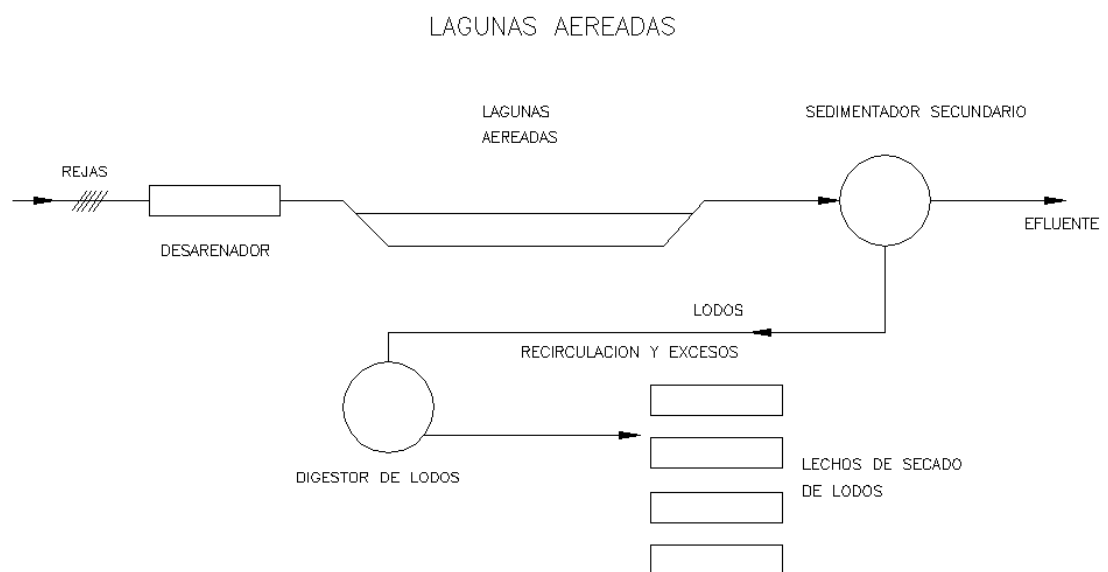
La mejor forma de controlar estos vectores y larvas, es mediante una adecuada operación. A través de realizar variaciones del nivel de agua se logran eliminar los huevos depositados tanto en la superficie del agua, como en la orilla del dique al exponerlos al sol. En casos extremos se pueden aplicar insecticidas caseros en las orillas. El uso de peces larvicidas puede constituir un buen método de control de mosquitos, con la salvedad de que este tipo de peces no siempre logra sobrevivir en las lagunas.

e.4. Lagunas aereadas

En estas lagunas el oxígeno es suministrado por equipos mecánicos de aereación por la actividad de las algas y por la transferencia de oxígeno de la interfase aire-agua, logrando con esto disminuir el requerimiento de área. Este sistema puede implementarse en lagunas facultativas para aumentar su capacidad de remoción cuando lleguen a trabajar sobrecargadas.

Generalmente se diseñan con profundidades de 2 a 6 m. y en tiempos de retención de 3 a 10 días. La figura 9 muestra un esquema general de una planta de tratamiento con lagunas aereadas.

Figura 9. Esquema de lagunas aereadas



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

f. Lodos activados

El lodo activado es un floculo biológico producido en las aguas residuales previamente sedimentadas, por el crecimiento de bacterias zoogleas y otros organismos en la presencia del oxígeno disuelto en el agua y acumulado en buenas concentraciones gracias a la recirculación de otros floculos previamente formados.

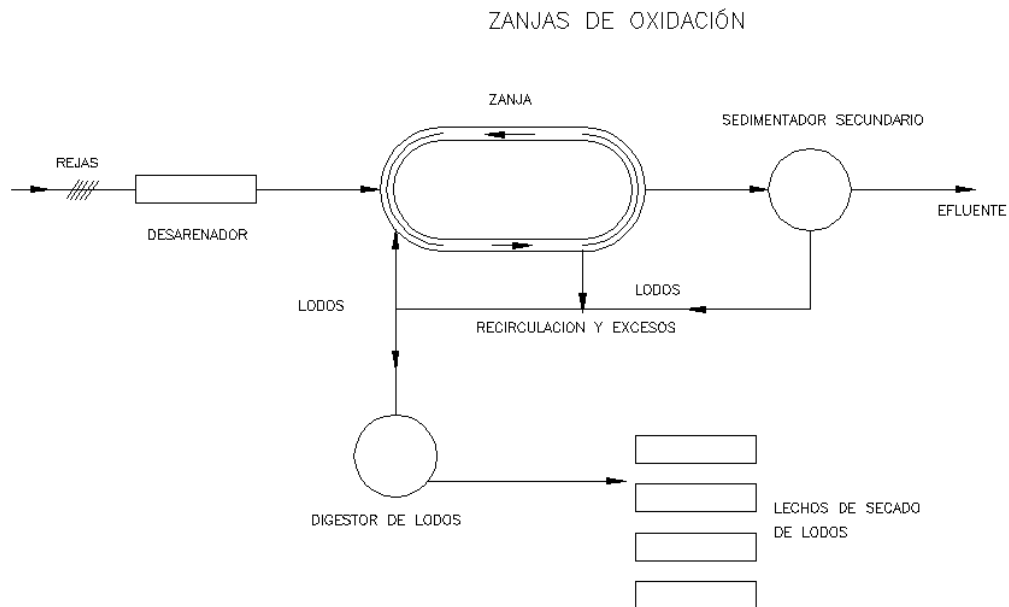
El efluente, después de una sedimentación primaria, se mezcla con los lodos en recirculación y se introducen al tanque de aereacion, por espacio de 3

h. Zanjas de oxidación

Es un proceso de lodos activados en su variante de aereación extendida anteriormente descrita. La diferencia radica en su configuración, la cual fue diseñada para facilitar su procedimiento constructivo y disminuir costo de inversión, operación y mantenimiento. Generalmente se plantea como una opción altamente competitiva para poblaciones menores de 30,000 habitantes. Consiste en zanjas ovaladas y cerradas, con sección transversal trapezoidal, y un tirante de agua entre 1 a 1.8 m. Estas zanjas se implementan con equipos mecánicos, rotores o sólidos en suspensión y mezclar el oxígeno necesario para propiciar condiciones aerobias.

Es común su forma ovalada, sin embargo no es una restricción y dependerá básicamente de la configuración del área disponible. Tiene un tiempo de retención hidráulico entre 16 a 24 horas, y una retención de lodos superior a los 30 días. La figura 11, presenta un sistema de tratamiento con zanjas de oxidación.

Figura 11. Esquema de zanja de oxidación



Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

7.5.4. Desinfección

Existen dos procesos para efectuar la desinfección:

1. Físicos

como filtración, ebullición, rayos ultravioleta.

2. Químicos

Por la aplicación de cloro, bromo, yodo, ozono, iones plata, etc.

a. Cloración

El cloro y sus derivados son indudablemente los compuestos más usuales, accesibles, de fácil manejo y aplicación para la desinfección del agua residual. Ya que su uso es amplio, también se utiliza para:

- Eliminar olor y sabor
- Decolorar
- Ayuda a evitar la formación de las algas
- Ayuda a eliminar sales de hierro y manganeso
- Ayuda a la oxidación de la materia orgánica
- Ayuda a mejorar la eficiencia de la sedimentación primaria
- Ayuda a eliminar las espumas en los sedimentadores
- Favorece el decaimiento y mortalidad de microorganismos

Los compuestos más comunes del cloro son el hipoclorito de sodio y de calcio, estos últimos son los más utilizados en plantas pequeñas, en donde la seguridad y simplicidad son más importantes que el costo. En plantas de tratamiento donde se manejen grandes volúmenes de agua, es recomendable el uso de cloro gaseoso

7.5.5. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química-biológica adecuada para el uso al que se destina el agua residual, sin riesgo alguno. En este proceso se le da un pulimiento al agua de acuerdo al re-uso que se le pretenda dar a las aguas residuales renovadas. La tabla XXII, define los procesos más usuales de tratamiento terciario, en las diferentes etapas de tratamiento.

Tabla XXII. Procesos del tratamiento terciario

TRATAMIENTO TERCIARIO	
Etapas de Tratamiento	Proceso Químico
Remoción de sólidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Micro cribado 2. Coagulación-floculación 3. Filtros rápidos 4. Filtros con diatomeas
Remoción de compuestos orgánicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adsorción 2. Oxidación química
Remoción de compuestos inorgánicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electro diálisis 2. Intercambio iónico 3. Osmosis Inversa 4. Precipitación química
Remoción de nutrientes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nitrificación 2. Desnitrificación 3. Desgrasificación 4. Cloración 5. Intercambio iónico
Reducción de microorganismos (desinfección)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cloración 2. Ozonización 3. Rayos ultravioleta

Fuente: Gunther Stanley Carranza López. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis, Usac, 1996.

8. PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO LOS BORDOS Y EL ARCO

El Tratamiento de aguas negras, previo a su eliminación, consiste en separar los sólidos orgánicos e inorgánicos y mejorar la calidad en el efluente. Tomando en cuenta, que cada aldea, tendrá como cuerpo receptor el río Motagua, se deben tomar en cuenta algunos factores:

1. Eficiencia del sistema de tratamiento a utilizar

Es importante la eficiencia del sistema de tratamiento y el porcentaje de tratamiento, ya que de lo contrario no se estará cumpliendo con el objetivo principal que es de tener un efluente de buena calidad.

2. Costo del tipo de tratamiento

El costo del tipo de tratamiento debe estar relacionado con las posibilidades económicas de la Municipalidad, ya que no será funcional dictaminar un tipo de tratamiento de alto costo, que no tendrá capacidad de construir la municipalidad. La Municipalidad de Teculután tiene el proyecto de construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual se esta gestionando con el gobierno de España. En 1997, se empezó a construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual consistía en lagunas de estabilización, pero desafortunadamente el 1 de noviembre de 1998 el temporal del huracán Mitch hizo crecer el caudal del río Motagua, lo que causó la destrucción total de estas lagunas.

3. Caudal

Conocer las características y volumen del agua que se va a tratar es de suma importancia, ya que de este estudio depende la elección del sistema a utilizar.

4. Topografía del lugar

La topografía del lugar donde se va a instalar la planta de tratamiento, es de importancia, ya que dependiendo de la elección del sistema de tratamiento a utilizar y cuanto se adapte el sistema a la topografía del lugar, mas económico será el proceso de tratamiento.

Con base en los factores anteriores y con el análisis realizado en el capítulo 7, puedo recomendar que el sistema de tratamiento mas adecuado para las aguas servidas de las aldeas en cuestión, en este caso Los Bordos y El Arco, y así para todo el municipio de Teculután sería construir un tanque Imhoff para tratamiento primario, y lagunas de estabilización para tratamiento secundario, y el posterior desfogue del efluente al cuerpo receptor. Además se recomienda el estudio de un especialista en la materia de aguas residuales y saneamiento ambiental, en este caso un Ingeniero con especialidad en saneamiento ambiental y tratamiento de aguas residuales, el que dará la decisión final de la propuesta de tratamiento de aguas residuales más adecuada.

CONCLUSIONES

1. La falta del sistema de alcantarillado sanitario en las Aldeas Los Bordos y El Arco, significa un verdadero foco de contaminación de suelo, manantiales de agua (tomas de riego) y proliferación de enfermedades entre los habitantes de la comunidad, por lo que la construcción de este sistema es vital para la conservación del medio ambiente y aún mas importante en la salud de los habitantes de dichas Aldeas.
2. Con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario para cada una de las comunidades se contribuirá a elevar el nivel de vida de su población, debido a que dicho sistema dará nuevas costumbres higiénicas, que reducirán las enfermedades gastrointestinales e infecciones de las cuales han padecido por algún tiempo.
3. Es necesario que en las obras de ingeniería y específicamente en el alcantarillado sanitario en la etapa de construcción, se garantice una supervisión técnica, y que todo se construya de acuerdo a los planos, especificaciones, materiales indicados, de esa manera se evitara defectos y errores, los cuales en un futuro podrían significar un mal funcionamiento del sistema.
4. Es de vital importancia el trabajo realizado a través del Ejercicio Profesional Supervisado, el cual complementa la formación profesional del estudiante, permite la relación teoría-practica, y proyecta a la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala a la sociedad guatemalteca, contribuyendo a proponer soluciones a problemas que las comunidades plantean.

RECOMENDACIONES

1. Se deberá realizar una supervisión diaria en la construcción del sistema de alcantarillado sanitario de las aldeas Los Bordos y El Arco, por parte de la municipalidad, con el fin de obtener mayor eficiencia tanto en la mano de obra como en los materiales que se emplearán para dicho sistema. Se deberá hacer énfasis en lo que respecta a las zanjas donde se colocara la tubería, ya que esta deberá cumplir al 100% con la pendiente especificada.
2. En la actualidad existe una ley de tratamiento de aguas residuales, por lo que deben tener en cuenta que a corto plazo se deberá tomar la decisión sobre un tratamiento de aguas residuales. La propuesta que puedo sugerir para tratamiento de las aguas servidas de las aldeas Los Bordos y El Arco, y así para todo el municipio de Teculután sería construir un tanque Imhoff para tratamiento primario, y lagunas de estabilización para tratamiento secundario, y el posterior desfogue del efluente al cuerpo receptor. Además se deja a consideración de un especialista en la materia de aguas residuales y saneamiento ambiental, en este caso un Ingeniero con especialidad en saneamiento ambiental y tratamiento de aguas residuales, la decisión final del tratamiento de aguas residuales mas adecuada.
3. En lo que respecta al mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario la municipalidad de Teculután, tendrá que designar un personal calificado para evitar un mal funcionamiento o un colapso prematuro del sistema, lo cual vendría a perjudicar a las personas del lugar, así como manantiales y suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez Guerra, Oscar Rolando. Diseño de la red de alcantarillado sanitario de la aldea San Antonio Las Flores y propuesta del reglamento de construcción urbana del municipio de Chinautla. Tesis Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1993.
2. Elizondo Pineda, Milton Herberto. Diseño de la red de alcantarillado sanitario de la aldea el Jute, Usumatlan, Zacapa. Tesis Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1993.
3. Orozco Hernández Otto Nery. Diseño de la red de alcantarillado sanitario para la aldea La Estancia de la Virgen, el Progreso. Tesis Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992.
4. Carranza López Gunther Stanley. Selección apropiada de tecnología para tratamiento de aguas residuales. Tesis Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996.
5. Agencia de Desarrollo Internacional (ADI). **Manual de Fosas Sépticas**. Centro Regional de Ayuda Técnica.
6. **Normas Generales para diseño de alcantarillados**. Instituto de Fomento Municipal (INFOM), Guatemala 2001.

7. **Normas y Reglamento de drenajes para la Ciudad de Guatemala.** Municipalidad de Guatemala. Anuario del Colegio de Ingenieros 1988.
8. **Manual de norma ASTM 3034 para tubería de p.v.c. para alcantarillado sanitario.** Tubovinil, Amanco S.A. 2001.

APÉNDICE

1. Memoria de cálculo
2. Presupuesto
3. Planos generales
4. Especificaciones técnicas

Tabla XXIV. Libreta de cálculo hidráulico, aldea Los Bordos

COMUNIDAD: Caserio

AD: Los Bordos

MUNICIPIO: Teculután

O: Zacapa

DEPARTAMENTO: Zacapa

CÁLCULO: Armando Vinicio

DISEÑO: Fuentes Leonardo

REVISIÓN: Armando Vinicio

Ing. Manuel Alfredo

Arrivillaga

Noviembre

embudo

revisión

02

PROYECTO: Introducción de Sistema de

Drenaje Sanitario

FECHA:

DE P.V.	A.P.V.	COTA TERRENO		D.H. (m)	S% TERRENO	# CASAS		# HABIT. SERVIR		FACT. HARMANN		Q diseño (L/S)	
		INICIAL	FINAL			LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
9	10	1004.04	1002.44	69.92	2.29	25	25	150	246	4.1910	4.1140	1.88596344	51
10-A	10	1002.99	1002.44	76.93	0.71	3	3	18	29	4.3864	4.3559	0.23686647	19
10	11	1002.44	1001.95	33.99	1.44	0	28	168	275	4.1747	4.0941	2.10404425	5
11-A	11	1002.07	1001.95	68	0.18	1	1	6	10	4.4335	4.4153	0.07980319	82
11	12	1001.95	1001	97.97	0.97	6	35	210	344	4.1402	4.0524	2.60835138	62
12	13	1001	1000	98.97	1.01	5	40	240	393	4.1181	4.0256	2.96503989	79
13	14	1000	995.86	46.64	8.88	3	43	258	423	4.1056	4.0106	3.1777603	89

14	FOSA	995.86	994.28	21.99	7.19	0	43	258	423	4.1056	4.0106	3.1777603	89	5.08 6627
	FOSA	994.28												
15	FOSA	992.99	994.28	51.92	-2.48	3	3	18	29	4.3864	4.3559	0.23686647	19	0.38 5434
	FOSA	994.28												
9	8	1004.04	1003.9	76	0.18	9	9	54	88	4.3078	4.2577	0.69786883	63	1.13 0240
8	7	1003.9	1003.86	93	0.04	0	9	54	88	4.3078	4.2577	0.69786883	63	1.13 0240
7	6	1003.86	1003.76	93	0.11	0	9	54	88	4.3078	4.2577	0.69786883	63	1.13 0240
6	5	1003.76	1003.64	19.99	0.60	2	11	66	108	4.2888	4.2341	0.84917738	66	1.37 3739
5	4	1003.64	1003.28	94	0.38	5	16	96	157	4.2484	4.1843	1.22353386	53	1.97 4644
4	3	1003.28	1003.08	57	0.35	0	16	96	157	4.2484	4.1843	1.22353386	53	1.97 4644
3	2	1003.08	1002.88	57	0.35	0	16	96	157	4.2484	4.1843	1.22353386	53	1.97 4644
2	1	1002.88	1002.63	88	0.28	3	19	114	187	4.2276	4.1587	1.44582633	59	2.33 0562
1	0	1002.63	1001.95	80	0.85	1	20	120	197	4.2210	4.1507	1.51957763	39	2.44 8515
0	FOSA	1001.95	998	50	7.90	0	20	120	197	4.2210	4.1507	1.51957763	39	2.44 8515
	FOSA	998												fact harman*0.003#hab

. Servir

NOTA:

EN EL CAUDAL DE DISEÑO DE 11-A HACIA 11
EL Qd= 0.0798032
POR LO QUE SE TOMO UN Qd
= 0.20 L/S

EL POZO DE VISITA EN DONDE SE INDICA UNA
PROFUNDIDAD DE $h = 0.6 \text{ M}$
SE REFIERE A UNA CAJA REFORZADA EN LUGAR DE UN
POZO DE VISITA.

LA VELOCIDAD MINIMA A TOMAR EN
CUENTA SERA DE 0.30M/S

Continuación

DIÁMETRO (Plg.)	(S% TUBO V)	SECCIÓN LLENA		TIRANTE "Y" Plg:		v (m/s)		COTA INVERTIDA		PROF. POZO (m)	ANCHO ZANJA (m)	EXCAVACIÓN m3
		V (m/s)	Q (l/s)	Ya	Yf	ACTUAL	FUTURO	SALIDA	ENTRADA			
6	1.5	1.39	25.30	1.1086	1.4029	0.8135	0.9349	1003.44	1002.3912	0.60	0.6	25.17
6	1.5	1.39	25.30	0.4105	0.6264	0.43264	0.3811	1001.59	1000.43605	1.40	0.6	64.6212
6	1.5	1.39	25.30	1.1699	1.4816	0.8401	0.9648	1000.40605	999.8962	2.03	0.6	41.4803763
6	1.5	1.39	25.30	0.3791	0.3791	0.4146	0.4146	1000.67	999.65	1.40	0.6	57.12
6	1.5	1.39	25.30	1.3012	1.6504	0.8947	1.0257	999.62	998.15045	2.33	0.6	136.96206
6	2	1.60	29.21	1.2911	1.6362	1.0284	1.1786	998.12045	996.14105	2.88	0.6	170.993438
6	5	2.53	46.18	1.0658	1.3344	1.4504	1.6652	996.11105	993.77905	3.89	0.6	108.828377
6	8.55	3.31	60.39	0.9353	1.1771	1.7518	2.0132	993.74905	991.868905	2.11	0.6	27.8518743
								991.838905		2.44		
6	1	1.13	20.65	0.4516	0.5688	0.3789	0.4391	992.39	991.8708	0.60	0.6	18.6912
								991.8408		2.44	0.6	0
6	1	1.13	20.65	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	1003.44	1002.68	0.60	0.6	27.36
6	1	1.13	20.65	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	1002.65	1001.72	1.25	0.6	69.75
6	1	1.13	20.65	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	1001.69	1000.76	2.17	0.6	121.086
6	1	1.13	20.65	0.8300	1.0483	0.5566	0.6422	1000.73	1000.5301	3.03	0.6	36.34182
6	1	1.13	20.65	0.9908	1.2532	0.6205	0.7145	1000.5001	999.5601	3.14	0.6	177.09036
6	1	1.13	20.65	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	999.5301	998.9601	3.75	0.6	128.24658
6	1	1.13	20.65	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	998.9301	998.3601	4.15	0.6	141.92658
6	1	1.13	20.65	1.0749	1.3609	0.6519	0.7499	998.3301	997.4501	4.55	0.6	240.23472
6	1	1.13	20.65	1.1014	1.3950	0.6616	0.7608	997.4201	996.6201	5.21	0.6	250.0752
6	1	1.13	20.65	1.1014	1.3950	0.6616	0.7608	996.5901	996.0901	5.36	0.6	160.797
								996.0901		1.91		
												2004.63

Tabla XXV. Diseño de Fosa Séptica, aldea Los Bordos

NÚMERO DE CASAS ACTUALMENTE	43.000	
TASA DE CRECIMIENTO	2.500	
PERÍODO DE DISEÑO	20.000	
NÚMERO DE CASAS AL FUTURO	70.461	
NÚMERO DE CASA A N AÑOS	70.461	
NÚMERO DE LOTES	70.461	LOTES
HABITANTES POR LOTE	6.000	PERSONAS
TOTAL DE HABITANTES	422.763	PERSONAS
DOTACIÓN DE AGUA	100.000	LTS/HAB/DIA
DOTACIÓN DE AGUAS NEGRAS	70.000	%
CAUDAL MEDIO TOTAL A. NEGR.	0.343	L/S
FACTOR DE HORA MÁXIMA	2.000	
RESULTADOS		
	LARGO	5.287 m
	ANCHO	2.643 m
	ALTO	1.800 m
SE SUGIERE UNA FOSA POR CADA 40 CASAS, EN ESTE CASO DOS FOSAS		
NUMERO DE HABITANTES A SERV. POR FOSA	211.382	HABITANTES
VOLUMEN DE AGUAS NEGRAS	14796.706	LITROS/DIA
CAUDAL MÁXIMO	29593.413	LITROS/DIA
VOLUMEN	25.154	m3
DIMENSIONES DE LA FOSA		
ASUMIMOS ALTURA	1.800	m
ÁREA	13.975	m2

Continuación

RELACIÓN LARGO/ANCHO	2.000
LARGO	5.287 REDONDEAR
ANCHO	2.643 REDONDEAR
PROFUNDIDAD DE POZOS	
DIÁMETRO DE POZO	2.000 m
ALTURA DE POZOS	18.840 m
USAR TRES POZOS DE	6.280 m
O USAR DOS POZOS DE	9.420 m

Tabla XXVI. Resumen Presupuesto, aldea Los Bordos

NÚM.	REGLONES	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	MATERIALES	PRECIO UNIT \$	SUB TOTAL
1	COLECTOR CENTRAL	1924	ML	Q 46,625.66	Q 89,206.62	\$ 8.82	\$ 16,979.04
2	POZOS DE VISITAS	15	UNIDAD	Q 24,598.07	Q 45,369.49	\$ 583.06	\$ 8,745.95
3	CONEXIONES DOMICILIAR	35	UNIDAD	Q 10,543.00	Q 13,980.51	\$ 87.58	\$ 3,065.44
4	FOSA SEPTICA + POZOS ABS.	2	UNIDAD	Q 41,340.88	Q 43,272.75	\$ 5,288.35	\$ 10,576.70
SUB TOTAL				Q 123,107.61	Q 191,829.37		\$ 39,367.12
5	PRESTACION+IGGS						\$ 3,149.37
6	PLANIFICACION						\$ 3,936.71
7	HONORARIOS PROFESIO.						\$ 3,543.04
8	IMPREVISTOS						\$ 2,362.03
9	SUPERVISION DE LA OBRA						\$ 2,755.70
Total							\$ 55,113.97

Nota: El Tipo de cambio se considero Q 8.00 por \$ 1.00

Tabla XXVII. Resumen de materiales, aldea Los Bordos

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
MA	TUBERÍA 6" NORMA 3034	TUBOS	223.0060	\$ 49.88	\$ 11,122.70
MA	GRASA	LIBRAS	15.0000	\$ 1.88	\$ 28.13
MA	CEMENTO	SACOS	814.2607	\$ 4.13	\$ 3,358.83
MA	ARENA	M³	57.7183	\$ 5.00	\$ 288.59
MA	PIEDRIN	M³	42.0284	\$ 18.75	\$ 788.03
MA	LADRI. TAYU 6.5X11X23	UNIDADES	23681.7691	\$ 0.15	\$ 3,552.27
MA	BLOCK DE .20X.20X.40	UNIDADES	1187.0000	\$ 0.25	\$ 296.75
MA	BLOQUE U	UNIDADES	197.4000	\$ 0.25	\$ 49.35
MA	ARENA DE REPELLO	M³	12.5412	\$ 6.25	\$ 78.38
MA	CAL	SACOS	62.5892	\$ 4.63	\$ 289.48
MA	HIERRO DE 5/8"	VARILLAS	47.0000	\$ 3.75	\$ 176.25
MA	HIERO DE 3/8"	VARILLAS	356.0000	\$ 1.44	\$ 511.75
MA	HIERO DE 1/2"	VARILLAS	116.0000	\$ 2.50	\$ 290.00
MA	HIERRO DE 1/4"	VARILLAS	221.0000	\$ 0.63	\$ 138.13
MA	ALAMBRE DE AMARRE	LIBRAS	153.1429	\$ 0.31	\$ 47.86
MA	TUBERÍA 4" NORMA 3034	TUBOS	25.0000	\$ 22.36	\$ 559.03
MA	SILLETA 6X4 NORMA 3034	UNIDADES	39.0000	\$ 10.77	\$ 420.13
MA	CODO 90G 4" NORMA 3034	UNIDADES	39.0000	\$ 8.79	\$ 342.91
MA	CABO REDUC 4X3	UNIDADES	39.0000	\$ 2.10	\$ 82.00
MA	TUBO CEMENTO 16"	TUBOS	39.0000	\$ 5.00	\$ 195.00
MA	ÁREA DE REPELLO	M²	0.0000	\$ -	\$ -
MA	TABLA	PIE³	2160.0000	\$ 0.40	\$ 864.00
MA	PARALES	UNIDADES	100.0000	\$ 4.69	\$ 468.75
MA	CLAVOS	LIBRAS	2.0000	\$ 0.31	\$ 0.63
			TOTAL		\$ 23,978.67

Tabla XXVIII. Resumen de mano de obra, aldea Los Bordos

COLECTOR CENTRAL				UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
MO	EXCAVACIÓN	M³	2004.63	\$	1,375.00		\$ 1,375.00
MO	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	TUBOS	223.006	\$	1.25		\$ 278.76
MO	CAMA ARENA INST TUBO	ML	1339.0	\$	1.25		\$ 1,673.75
MO	RELLENO+COMPACTAC.	M³	2000.6	\$	1.25		\$ 2,500.70

POZOS DE VISITAS

MO	EXCAVACIÓN	M³	114.52	\$	10.38		\$ 1,188.12
MO	FUNDICIÓN DE PISO	M³	34.05	\$	2.50		\$ 85.12
MO	LEVANTADO	M²	190.20	\$	5.00		\$ 951.01
MO	REPELLO+CERNIDO POZO	M²	190.20	\$	2.50		\$ 475.51
MO	BROCALES+TAPADERAS	UNIDADES	15	\$	25.00		\$ 375.00

CONEXIONES DOMICILIAR

MO	EXCAVACIÓN	M³	79	\$	5.00		\$ 395.00
MO	INSTALA. TUBERÍA 4"	TUBOS	35	\$	2.50		\$ 87.50
MO	INSTALA. TUBERÍA 12"	TUBOS	35	\$	3.75		\$ 131.25
MO	RELLENO	M³	107	\$	2.50		\$ 266.63
MO	PISO+BROCAL+TAPADER	UNIDADES	35	\$	12.50		\$ 437.50

FOSA SÉPTICA + POZOS DE ABSORCIÓN

MO	MANO DE OBRA						
MO	EXCAVA. FOSA SÉPTICA	M³	30	\$	9.38		\$ 281.25
MO	FUNDICIÓN PISO	M²	14	\$	2.50		\$ 35.00
MO	LEVANTADO DE MUROS	M²	50	\$	5.00		\$ 250.00
MO	VIGAS	ML	59.4	\$	2.50		\$ 148.50
MO	COLUMNAS	ML	32.4	\$	1.88		\$ 60.75
MO	ACABADOS DE MUROS	M²	50	\$	2.50		\$ 125.00
MO	LOSA	M²	14	\$	12.50		\$ 175.00
MO	EXCAVA. POZOS DE ABS.	M³	113.08	\$	11.63		\$ 1,314.56

MO	POZOS DE ABSORCIÓN	UNIDAD	2	\$	96.88	\$	193.75
					TOTAL MANO DE OBRA	\$	15,388.45
					TOTAL DE MATERIALES	\$	23,978.67
					SUB TOTAL DE REGIONES	\$	39,367.12
					COSTOS INDIRECTOS	\$	15,746.85
					GRAN TOTAL DEL PROYECTO	\$	55,113.97

[illegible]

Tabla XXX. Libreta topográfica, aldea El Arco Tramo I (calle Principal)

EST.	P.O.	AZIMUT				VERTICAL				HILOS		L.I.	INST.	DIST. HORIZ.	DIST. ACUM.	COTA	COORDENADAS TOTALES			OBSER- VACIONES
		o	'	''	'''	o	'	''	'''	L.S.	L.M.						X	Y		
0		0.000														1000.000	0.000	0.000	0	
0	1	52	04	00	00	94	00	00	00	2.00	1.80	1.60	1.54	39.81	39.81	996.957	31.396	24.470	1	
1	2	50	00	00	00	94	00	00	00	1.60	1.46	1.32	1.49	27.86	67.67	995.038	52.740	42.381	2	
2	3	50	00	00	00	94	00	00	00	2.14	2.04	1.94	1.48	19.90	87.57	993.086	67.987	55.174	3	
3	4	49	00	00	00	96	00	00	00	1.63	1.43	1.23	1.51	39.56	127.13	989.008	97.845	81.129	4	
4	5	38	00	00	00	94	00	00	00	0.78	0.62	0.48	1.57	29.85	156.99	987.871	116.225	104.655	5	
5	6	69	00	00	00	91	00	00	00	1.74	1.52	1.30	1.63	43.99	200.98	987.213	157.290	120.418	6	
6	7	66	00	00	00	93	00	00	00	1.03	0.80	0.57	1.62	45.87	246.85	985.629	199.198	139.077	7	
7	9	290	00	00	00	90	00	00	00	2.86	2.65	2.44	1.60	42.00	288.85	984.579	159.731	153.442	9	
9	10	299	00	00	00	91	00	00	00	1.23	1.15	1.07	1.53	16.00	304.84	984.679	145.742	161.196	10	
10	11	317	00	00	00	85	00	00	00	1.54	1.37	1.20	1.48	33.74	338.59	987.741	122.730	185.873	11	
11	12	338	00	00	00	84	00	00	00	1.66	1.56	1.46	1.50	19.78	358.37	989.761	115.319	204.214	12	
12	13	344	00	00	00	88	00	00	00	1.78	1.69	1.60	1.48	17.98	376.35	990.178	110.364	221.496	13	
13	14	388	00	00	00	90	00	00	00	1.63	1.60	1.57	1.52	6.00	382.35	990.098	113.181	226.794	14	
14	19	336	00	00	00	91	00	00	00	1.67	1.42	1.17	1.49	49.98	432.33	989.296	92.850	272.457	19	
19	20	328	00	00	00	93	00	00	00	1.44	1.26	1.08	1.52	35.90	468.23	987.674	73.825	302.903	20	
20	21	335	00	00	00	89	00	00	00	1.84	1.72	1.60	1.52	23.99	492.22	987.893	63.686	324.648	21	
21	22	337	00	00	00	84	00	00	00	2.11	1.89	1.67	1.50	43.52	535.74	992.077	46.681	364.708	22	
22	23	331	00	00	00	89	00	00	00	1.58	1.39	1.20	1.42	37.99	573.73	992.770	28.264	397.933	23	
23	25	325	00	00	00	89	00	00	00	1.41	1.17	0.93	1.43	47.99	621.72	993.868	0.741	437.240	25	
25	26	315	00	00	00	89	00	00	00	1.41	1.17	0.93	1.43	47.99	669.70	994.965	-33.190	471.171	26	
															0.00	985.629	199.198	139.077	7	
7	8	6	00	00	00	93	00	00	00	1.31	1.16	1.01	1.60	29.92	29.92	984.501	202.326	168.831	8	
															0.00	990.098	113.181	226.794	14	
14	15	235	00	00	00	87	30	00	00	1.79	1.22	0.65	1.48	113.10	113.10	995.296	20.535	161.922	15	
15	16	234	00	00	00	85	30	00	00	1.81	1.31	0.81	1.48	99.38	212.48	1003.288	-59.869	103.506	16	
16	17	237	00	00	00	88	00	00	00	1.54	1.49	1.44	1.50	9.99	222.47	1003.647	-68.245	98.066	17	
17	18	233	00	00	00	86	00	00	00	1.52	1.16	0.80	1.53	71.65	294.12	1009.027	-125.467	54.946	18	
														294.12	0.00	992.770	28.264	397.933	23	
23	24	233	00	00	00	87	00	00	00	2.74	2.31	1.88	1.43	85.76	85.76	996.385	-40.230	346.319	24	

Tabla XXXI. Libreta de cálculo hidráulico, aldea El Arco tramo I (calle principal)

COMUNIDAD:
AD: Aldea El Arco Tramo I Calle Principal
MUNICIPIO: Teculután
DEPARTAMENTO: Zacapa
PROYECTO: Introducción de Sistema de Drenaje Sanitario

CÁLCULO: Armando Vinicio
Fuentes Leonardo
Armando Vinicio
Fuentes Leonardo
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga

DISEÑO:

REVISIÓN:

FECHA: (Enero 2003)

DE P.V.	A.P.V.	COTA TERRENO		D.H. (m)	S% TERRENO	# CASAS		# HABIT. SERVIR		FACT. HARMANN		Q diseño (L/S)		DIAMETRO (Pig.)
		INICIAL	FINAL			LOCAL	ACUMUL.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	
1	2	1000	996.96	39.81	7.64	5	5	30	49	4.3547	4.3162	621	63	8
2	3	996.96	993.09	47.76	8.10	4	9	54	88	4.3078	4.2577	883	63	8
3	4	993.09	989.01	39.56	10.31	17	26	156	256	4.1855	4.1072	1.95879	3.149736	8
4	5	989.01	987.87	29.85	3.82	16	42	252	413	4.1097	4.0156	721	52	8
5	6	987.87	987.21	43.99	1.50	18	60	360	590	4.0435	3.9362	4.36695	6.965934	8
6	7	987.21	985.63	45.87	3.44	5	65	390	639	4.0274	3.9170	4.71200	7.509644	8
7	8 (A)	985.63	984.5	0		0	65	390	639	4.0274	3.9170	4.71200	7.509644	8
8 (A)	FOSA	984.5	984	0		0	65	390	639	4.0274	3.9170	4.71200	7.509644	8
FOSA		984		0	1.00	0	65	390	639	4.0274	3.9170	4.71200	7.509644	8
37	36	1033.85	1032.92	9.92	9.37	1	1	6	10	4.4335	4.4153	0.2	0.2	8
36	35	1032.92	1030.04	29.67	9.71	0	1	6	10	4.4335	4.4153	0.2	0.2	8

35	34	1030.04	1030.14	21.97	-0.46	0	1	6	10	4.4335	4.4153	0.2	0.2	8
34	33-A	1030.14	1030.78	21.99	-2.91	0	1	6	10	4.4335	4.4153	0.2	0.2	8
33-A	33	1030.78	1027.52	17.56	18.56	0	1	6	10	4.4335	4.4153	0.2	0.2	8
33	32	1027.52	1027.67	20.63	-0.73	1	2	12	20	4.4067	4.3815	0.2	0.258463 03	8
32	31	1027.67	1022.58	87.7	5.80	2	4	24	39	4.3695	4.3347	0.31460 399	0.511406 65	8
31	30	1022.58	1020.53	67.92	3.02	2	6	36	59	4.3415	4.2996	0.46888 187	0.760910 89	8
30	29	1020.53	1016.4	25.5	16.20	2	8	48	79	4.3183	4.2707	0.62182 827	1.007713 47	8
29	28	1016.4	1014.4	25.93	7.71	0	8	48	79	4.3183	4.2707	0.62182 827	1.007713 47	8
28	27	1014.4	1012.49	95.99	1.99	5	13	78	128	4.2716	4.2128	0.99954 849	1.615357 63	8
27														
38	27	1012.27	1012.49	38	-0.58	4	17	102	167	4.2412	4.1754	1.29781 03	2.093639 25	8
27	26	1012.49	1007.07	31.83	17.03	0	17	102	167	4.2412	4.1754	1.29781 03	2.093639 25	8
26	25	1007.07	1005.98	7.75	14.06	0	17	102	167	4.2412	4.1754	1.29781 03	2.093639 25	8
25	24	1005.98	1004.23	31.91	5.48	0	17	102	167	4.2412	4.1754	1.29781 03	2.093639 25	8
24	23	1004.23	998.37	79.61	7.36	0	17	102	167	4.2412	4.1754	1.29781 03	2.093639 25	8
23	22	998.37	996.39	39.7	4.99	0	17	102	167	4.2412	4.1754	1.29781 03	2.093639 25	8
22	15	996.39	992.77	85.76	4.22	5	22	132	216	4.2086	4.1354	1.66659 269	2.683456 78	8
15				276.56										
16	16-A	994.97	993.87	47.99	2.29	1	23	138	226	4.2026	4.1281	1.73986 569	2.800464 42	8
16-A	15	993.87	992.77	47.99	2.29	0	23	138	226	4.2026	4.1281	1.73986 569	2.800464 42	8
15	14	992.77	992.08	37.99	1.82	0	23	138	226	4.2026	4.1281	1.73986 569	2.800464 42	8
14	13	992.08	987.89	43.52	9.63	3	26	156	256	4.1855	4.1072	1.95879	3.149736	8

Continuación

S% TUBO	SECCIÓN LLENA		TIRANTE "Y" Plg:		v (m/s)		# PV	COTA INVERTIDA		PROF. POZO (m)	ANCHO ZANJA (m)	EXCAVACION m3
	V (m/s)	Q (l/s)	Ya	Yf	ACTUAL	FUTURO		SALIDA	ENTRADA			
7.64	3.79	122.92	1.1086	1.4029	0.8135	0.9349	1	998.600	995.560	1.40		0.6
8.10	3.90	126.62	0.4105	0.6264	0.43264	0.3811	2	995.530	991.660	1.43		0.6
10.31	4.40	142.85	1.1699	1.4816	0.8401	0.9648	3	991.630	987.550	1.46		0.6
3.82	2.68	86.93	0.3791	0.3791	0.4146	0.4146	4	987.520	986.380	1.40		0.6
1.50	1.68	54.48	1.3012	1.6504	0.8947	1.0257	5	986.350	985.690	1.52		0.6
3.44	2.55	82.55	1.2911	1.6362	1.0284	1.1786	6	985.660	984.080	1.55		0.6
0.00	0.00	0.00	1.2683	1.5934	1.4504	1.6362	7	984.050	984.050	1.58		0.6
0.00	0.00	0.00	1.0658	1.3344	1.4257	1.6362	8 (A)	984.020	984.020	0.00		0.6
1.00	1.37	44.48	1.0658	1.3344	1.4504	1.6652	FOSA	983.990	983.990	0.00		0.6
9.10	4.14	134.18	0.9353	1.1771	1.4504	1.6652	37	1032.450	1031.547	1.40		0.6
9.60	4.25	137.82	0.9353	1.1771	0.3789	1.6652	36	1031.517	1028.669	1.40		0.6
1.00	1.37	44.48	0.9353	1.1771	1.4504	1.6652	35	1028.639	1028.419	1.40		0.6
1.00	1.37	44.48	0.9353	1.1771	1.4504	1.6652	34	1028.389	1028.169	1.75		0.6
9.50	4.23	137.10	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	33-A	1027.869	1026.201	2.91		0.6
1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	33	1026.171	1025.965	1.35		0.6
5.40	3.19	103.36	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	32	1025.935	1021.199	1.74		0.6
3.00	2.38	77.04	0.8300	1.0483	0.5566	0.6422	31	1021.169	1019.131	1.41		0.6
16.00	5.49	177.92	0.9908	1.2532	0.6205	0.7145	30	1019.101	1015.021	1.43		0.6
7.60	3.78	122.62	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	29	1014.991	1013.021	1.41		0.6
1.99	1.93	62.75	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	28	1012.991	1011.081	1.41		0.6
1.00	1.37	44.48	1.0749	1.3609	0.6519	0.7499	27	1011.051				
									1010.870	1010.490	1.40	0.6
									1010.460			
15.00	5.31	172.27	0.9353	1.1771	0.6519	0.7499	27	1010.460	1005.686	2.03		0.6
13.50	5.04	163.43	0.9353	1.1771	0.6519	0.7499	26	1005.656	1004.609	1.41		0.6
5.40	3.19	103.36	0.7552	0.9532	0.6519	0.6061	25	1004.579	1002.856	1.40		0.6
7.35	3.72	120.59	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	24	1002.826	996.975	1.40		0.6
10.50	4.44	144.13	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	23	996.945	992.776	1.43		0.6
2.05	1.96	63.69	0.8300	1.0483	0.5566	0.6422	22	992.746	990.988	3.64		0.6

2.20	2.03	65.97	0.9908	1.2532	0.6205	0.7145	15	990.958					
2.30	2.08	67.46	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	16	993.570	992.514	1.40	0.6		
							16-A	992.484	991.380	1.39	0.6		
1.80	1.84	59.68	0.9353	1.1771	0.6205	0.7145	15	990.958	990.274	1.81	0.6		
9.40	4.21	136.37	0.9353	1.1771	0.6205	0.7145	14	990.244	986.153	1.84	0.6		
1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	13	986.123	985.884	1.77	0.6		
1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	13-A	985.854	985.495	1.82	0.6		
1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	12	985.465	984.965	3.84	0.6		
7.50	3.76	121.81	0.8300	1.0483	0.5566	0.6422	21	1007.630	1002.256	1.40	0.6		
3.50	2.57	83.21	0.9908	1.2532	0.6205	0.7145	20	1002.226	1001.877	1.42	0.6		
8.00	3.88	125.81	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	19	1001.847	993.896	1.44	0.6		
4.50	2.91	94.36	0.9353	1.1771	0.6205	0.7145	18	993.866	991.321	1.43	0.6		
10.00	4.34	140.66	0.9353	1.1771	0.6205	0.7145	17	991.291	985.636	1.41	0.6		
							11	985.606					
1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	11	984.935	984.695	5.17	0.6		
1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	10-A	984.665	984.467	5.10	0.6		
4.50	2.91	94.36	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	10	984.437	982.919	3.30	0.6		
1.00	1.37	44.48	0.8300	1.0483	0.5566	0.6422	9	982.889	982.729	1.79	0.6		
1.00	1.37	44.48	1.771	2.2403	0.8957	1.0247	8	982.699	982.699	1.88	0.6		
			1.771	2.2403	0.8957	1.0247	8-A	982.669	982.669	1.83	0.6		
			0.9353	1.1771			FOSA	982.639	982.639	0.00	0.6		
1.00	1.37	44.48	0.9353	1.1771			8	982.699	982.279	1.88	0.6		
1.00	1.37	44.48	2.4568	3.1306	1.0782	1.224	7	982.249	981.950	3.38	0.6		
							8-A (FOSA)	981.950		2.55			

Tabla XXXII. Diseño de Fosa Séptica, aldea El Arco tramo I (calle principal)

NÚMERO DE CASAS ACTUALMENTE	43.000	
TASA DE CRECIMIENTO	2.500	
PERÍODO DE DISEÑO	20.000	
NÚMERO DE CASAS AL FUTURO	70.461	
NÚMERO DE CASA A N AÑOS	70.461	
NÚMERO DE LOTES	70.461	LOTES
HABITANTES POR LOTE	6.000	PERSONAS
TOTAL DE HABITANTES	422.763	PERSONAS
DOTACIÓN DE AGUA	100.000	LTS/HAB/DIA
DOTACIÓN DE AGUAS NEGRAS	70.000	%
CAUDAL MEDIO TOTAL A. NEGR.	0.343	L/S
FACTOR DE HORA MÁXIMA	2.000	
RESULTADOS		
	LARGO	5.287 m
	ANCHO	2.643 m
	ALTO	1.800 m
NÚMERO DE HABITANTES A SERV. POR FOSA	211.382	HABITANTES
VOLUMEN DE AGUAS NEGRAS	14796.706	LITROS/DIA
CAUDAL MÁXIMO	29593.413	LITROS/DIA
VOLUMEN	25.154	m3
DIMENSIONES DE LA FOSA		
ASUMIMOS ALTURA	1.800	m
ÁREA	13.975	m2

RELACIÓN LARGO/ANCHO	2.000
LARGO	5.287 REDONDEAR
ANCHO	2.643 REDONDEAR
PROFUNDIDAD DE POZOS	
DIÁMETRO DE POZO	2.000 m
ALTURA DE POZOS	18.840 m
USAR TRES POZOS DE	6.280 m
O USAR DOS POZOS DE	9.420 m

Tabla XXXIII. Resumen Presupuesto, aldea El Arco tramo I (calle principal)

NÚM.	REGIONES	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	MATERIALES	PRECIO UNIT. \$	SUB TOTAL
1	COLECTOR CENTRAL	1924	ML	Q 52,292.45	Q 126,332.48	\$ 11.61	\$ 22,328.12
2	POZOS DE VISITAS	42	UNIDAD	Q 46,999.47	Q 77,197.68	\$ 369.63	\$ 15,524.64
3	CONEXIONES DOMICILIAR	68	UNIDAD	Q 20,384.00	Q 27,085.00	\$ 87.26	\$ 5,933.63
4	FOSA SEPTICA + POZOS ABS.	1	UNIDAD	Q 20,670.44	Q 21,636.37	\$ 5,288.35	\$ 5,288.35
SUB TOTAL				Q 140,346.36	Q 252,251.54	\$	\$ 49,074.74
5	PRESTACION+IGGS					\$	\$ 3,925.98
6	PLANIFICACION					\$	\$ 4,907.47
7	HONORARIOS PROFESIO.					\$	\$ 4,416.73
8	IMPREVISTOS					\$	\$ 2,944.48
9	SUPERVISION DE LA OBRA					\$	\$ 3,435.23
Total						\$	\$ 68,704.63

Nota: El Tipo de cambio se considero Q 8.00 por \$ 1.00

Tabla XXXIV. Resumen de materiales, aldea EL Arco tramo I (calle principal)

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
MA	TUBERÍA 6" NORMA 3034	TUBOS	315.6750	\$ 49.88	\$ 15,744.69
MA	GRASA	LIBRAS	25.0000	\$ 0.23	\$ 5.86
MA	CEMENTO	SACOS	817.1383	\$ 0.52	\$ 421.34
MA	ARENA	M³	53.1880	\$ 5.00	\$ 265.94
MA	PIEDRIN	M³	33.7136	\$ 18.75	\$ 632.13
MA	LADRI. TAYU 6.5X11X23	UNIDADES	39360.2592	\$ 0.15	\$ 5,904.04
MA	BLOCK DE .20X.20X.40	UNIDADES	593.5000	\$ 0.25	\$ 148.38
MA	BLOQUE U	UNIDADES	98.7000	\$ 0.25	\$ 24.68
MA	ARENA DE REPELLO	M³	15.9797	\$ 6.25	\$ 99.87
MA	CAL	SACOS	82.2016	\$ 4.63	\$ 380.18
MA	HIERRO DE 5/8"	VARILLAS	82.0000	\$ 3.75	\$ 307.50
MA	HIERO DE 3/8"	VARILLAS	178.0000	\$ 1.44	\$ 255.88
MA	HIERO DE 1/2"	VARILLAS	142.0000	\$ 2.50	\$ 355.00
MA	HIERRO DE 1/4"	VARILLAS	251.0000	\$ 0.63	\$ 156.88
MA	ALAMBRE DE AMARRE	LIBRAS	124.9106	\$ 0.31	\$ 39.03
MA	TUBERÍA 4" NORMA 3034	TUBOS	50.0000	\$ 22.36	\$ 1,118.06
MA	SILLETA 6X4 NORMA 3034	UNIDADES	75.0000	\$ 10.77	\$ 807.94
MA	CODO 90G 4" NORMA 3034	UNIDADES	75.0000	\$ 8.79	\$ 659.44
MA	CABO REDUC 4X3	UNIDADES	75.0000	\$ 2.10	\$ 157.69
MA	TUBO CEMENTO 16"	TUBOS	75.0000	\$ 5.00	\$ 375.00
MA	ÁREA DE REPELLO	M²	0.0000	\$ -	\$ -
MA	TABLA	PIE³	1080.0000	\$ 0.40	\$ 432.00
MA	PARALES	UNIDADES	50.0000	\$ 4.69	\$ 234.38
MA	CLAVOS	LIBRAS	1.0000	\$ 0.31	\$ 0.31
			TOTAL		\$ 31,531.44

Tabla XXXV. Resumen de mano de obra, aldea El Arco tramo I (calle principal)

COLECTOR CENTRAL			CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
MO	EXCAVACIÓN	M³	1924.33	\$ 1,375.00	\$ 1,375.00
MO	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	TUBOS	315.675	\$ 1.25	\$ 394.59
MO	CAMA ARENA INST TUBO	ML	1895.0	\$ 1.25	\$ 2,368.75
MO	RELLENO+COMPACTAC.	M³	1918.6	\$ 1.25	\$ 2,398.21

POZOS DE VISITAS

MO	EXCAVACIÓN	M³	200.89	\$ 10.38	\$ 2,084.20
MO	FUNDICIÓN DE PISO	M³	95.33	\$ 2.50	\$ 238.33
MO	LEVANTADO	M²	333.65	\$ 5.00	\$ 1,668.27
MO	REPELLO+CERNIDO POZO	M²	333.65	\$ 2.50	\$ 834.13
MO	BROCALES+TAPADERAS	UNIDADES	42	\$ 25.00	\$ 1,050.00

CONEXIONES DOMICILIAR

MO	EXCAVACIÓN	M³	152	\$ 5.00	\$ 760.00
MO	INSTALA. TUBERÍA 4"	TUBOS	68	\$ 2.50	\$ 170.00
MO	INSTALA. TUBERÍA 12"	TUBOS	68	\$ 3.75	\$ 255.00
MO	RELLENO	M³	205	\$ 2.50	\$ 513.00
MO	PISO+BROCAL+TAPADER	UNIDADES	68	\$ 12.50	\$ 850.00

FOSA SÉPTICA + POZOS DE ABSORCIÓN

MO	MANO DE OBRA				
MO	EXCAVA. FOSA SÉPTICA	M³	30	\$ 9.38	\$ 281.25
MO	FUNDICIÓN PISO	M²	14	\$ 2.50	\$ 35.00
MO	LEVANTADO DE MUROS	M²	50	\$ 5.00	\$ 250.00
MO	VIGAS	ML	59.4	\$ 2.50	\$ 148.50
MO	COLUMNAS	ML	32.4	\$ 1.88	\$ 60.75
MO	ACABADOS DE MUROS	M²	50	\$ 2.50	\$ 125.00
MO	LOSA	M²	14	\$ 12.50	\$ 175.00
MO	EXCAVA. POZOS DE ABS.	M³	113.08	\$ 11.63	\$ 1,314.56

Tabla XXXVI. Cronograma de ejecución, aldea El Arco tramo I (Calle principal)

[illegible]

Tabla XXXVII. Libreta topográfica, aldea El Arco Tramo II (campo de fut-bol)

EST.	P.O.	AZIMUT		°	'	"	VERTICAL	°	'	"	HILOS		ALT.	DIST.		COTA	COORDENADAS TOTALES		OBSER-
		L.S.	L.M.								L.I.	INST.		HORIZ.	ACUM.		X	Y	
	1													0.00	0.00	1000.000	0.000	0.000	1
1	3	217	00	00	92	00	00		2.15	1.81	1.47	1.50	67.92	67.92		997.318	-40.874	-54.241	3
3	4	223	00	00	99	00	00		1.30	1.10	0.90	1.54	39.02	106.94		991.578	-67.486	-82.779	4
4	5	200	00	00	91	00	00		2.38	2.04	1.70	1.50	67.98	174.92		989.851	-90.736	-146.659	5
5	6	235	00	00	90	00	00		1.41	1.36	1.31	1.50	10.00	184.92		989.991	-98.928	-152.395	6
6	7	245	00	00	96	00	00		2.67	2.57	2.47	1.57	19.78	204.70		986.912	-116.856	-160.755	7
7	8	205	00	00	96	00	00		2.36	2.23	2.10	1.52	25.72	230.41		983.499	-127.724	-184.061	8
8	9	185	00	00	94	00	00		1.15	1.07	0.99	1.54	15.92	246.34		982.856	-129.112	-199.923	9
9	11	181	00	00	92	00	00		2.34	2.18	2.02	1.56	31.96	278.30		981.120	-129.669	-231.879	11
11	13	215	00	00	94	00	00		1.66	1.17	0.68	1.52	97.52	375.82		974.650	-185.606	-311.765	13
13	15	181	00	00	94	00	00		1.36	1.13	0.90	1.50	45.78	421.60		971.819	-186.405	-357.534	15
15	18	223	00	00	92	00	00		1.82	1.57	1.32	1.52	49.94	471.54		970.026	-220.464	-394.058	18
18	19	244	00	00	95	00	00		2.23	2.07	1.91	1.52	31.76	503.29		966.697	-249.007	-407.979	19
19	20	261	00	00	96	00	00		1.36	1.18	1.00	1.51	35.61	538.90		963.285	-284.175	-413.549	20
20	21	271	00	00	91	00	00		1.42	1.15	0.88	1.47	53.98	592.88		962.662	-338.150	-412.607	21
21	22	282	30	00	89	00	00		1.58	1.32	1.06	1.45	51.98	644.87		963.700	-388.902	-401.355	22
22	23	256	00	00	85	00	00		1.75	1.34	0.93	1.44	81.38	726.24		970.919	-467.862	-421.042	23
23	24	280	00	00	90	00	00		1.01	0.96	0.91	1.46	10.00	736.24		971.419	-477.710	-419.306	24
24	25	303	00	00	95	00	00		1.21	0.80	0.39	1.46	81.38	817.62		964.960	-545.959	-374.985	25
25	26	321	00	00	94	00	00		2.19	1.95	1.71	1.47	47.77	865.39		961.140	-576.019	-337.863	26
26	27	338	00	00	93	00	00		1.99	1.79	1.59	1.45	39.89	905.28		958.709	-590.962	-300.877	27
27	28	318	00	00	92	00	00		1.20	1.05	0.90	1.47	29.96	935.24		958.083	-611.012	-278.610	28
28	29	342	00	00	91	00	00		1.65	1.57	1.49	1.46	16.00	951.24		957.694	-615.954	-263.398	29
29	30	2	00	00	91	00	00		1.58	1.38	1.18	1.51	39.99	991.23		957.126	-614.559	-223.435	30
30	34	36	00	00	91	00	00		1.90	1.45	1.00	1.50	89.97	1081.20		955.605	-561.674	-150.645	34
34	35	352	00	00	94	00	00		1.11	1.08	1.05	1.51	5.97	1087.17		955.618	-562.505	-144.732	35
35	36	10	00	00	90	00	00		2.95	2.45	1.95	1.51	100.00	1187.17		954.678	-545.141	-46.252	36
														0.00		1000.000	0.000	0.000	1
1	2	307	00	00	72	15	00		1.91	1.63	1.35	1.50	50.80	50.80		1016.130	-40.567	30.569	2
														0.00		982.856	-129.112	-199.923	9
9	10	259	00	00	80	30	00		1.48	1.26	1.04	1.56	42.80	42.80		990.319	-171.127	-208.090	10

9	12	163	00	00	00	97	00	00	00	2.40	2.21	2.02	1.56	37.44	0.00	982.856	-129.112	-199.923
13	14	246	00	00	89	00	00	00	1.47	1.24	1.01	1.50	45.99	45.99	0.00	975.713	-227.617	-330.469
14	16	214	00	00	85	00	00	00	1.27	1.07	0.87	1.50	39.70	85.68	0.00	979.616	-249.814	-363.379
16	17	223	00	00	81	00	00	00	1.61	1.41	1.21	1.47	39.02	124.70	0.00	985.856	-276.427	-391.917
29	31	255	30	00	94	50	00	00	2.13	1.86	1.59	1.52	53.62	53.62	0.00	957.694	-615.954	-263.398
29	32	255	10	00	95	20	00	00	1.98	1.68	1.38	1.52	59.48	59.48	0.00	951.981	-673.454	-278.626
29	33	255	15	00	94	30	00	00	1.37	0.85	0.33	1.52	103.36	103.36	0.00	950.229	-715.908	-289.714
35	37	112	28	00	81	00	00	00	0.80	0.52	0.24	1.51	54.63	54.63	0.00	965.260	-512.022	-165.609

9
12
13
14
16
17
29
31
29
32
29
33
35
37

Tabla XXXVIII. Libreta de cálculo hidráulico, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

COMUNIDA Aldea El Arco Tramo II Campo de Fut-bol

D: CÁL C Armando Vinicio Fuentes Leonardo

MUNICIPIO: Teculután

DEPARTA Zacapa

MENTO:

PROYECTO Introducción de Sistema de

: Drenaje Sanitario

ULO: CÁL C Armando Vinicio Fuentes Leonardo

DISEÑ Armando Vinicio

O: Fuentes Leonardo

REVISI Ing. Manuel Alfredo

ÓN: Arrivillaga

FECH Enero-03

A:

DE P.V.	A P.V.	COTA TERRENO		D.H. (m)	S% TERRENO	# CASAS	# HABIT. SERVIR	FACT. HARMANN		Q diseño (L/S)
		INICIAL	FINAL					ACTUAL	FUTURO	
0	1	1016.13	1000	50.8	31.75	5	30	4.3547	4.3162	0.63653163
1		1000								
1	2	1000	997.32	67.92	3.95	2	42	4.3294	4.2846	0.88461896
2	3	997.32	991.58	39.02	14.71	2	54	4.3078	4.2577	1.13024063
3	4	991.58	989.85	67.98	2.54	1	60	4.2980	4.2456	1.25223864
4	5	989.85	986.91	29.78	9.87	1	66	4.2888	4.2341	1.37373966
5	6	986.91	982.5	41.64	10.59	1	72	4.2800	4.2232	1.49477132
7	6	990.32	982.5	42.8	18.27	7	114	4.2276	4.1587	2.33056259
6		982.5								
6	8	982.5	981.12	31.96	4.32	1	120	4.2210	4.1507	2.44851539
8	9	981.12	974.65	97.52	6.63	9	174	4.1695	4.0878	3.49653551
22	23	985.86	979.62	39.02	15.99	2	186	4.1594	4.0755	3.72644624
23	23-A	979.62	975.71	39.7	9.85	0	186	4.1594	4.0755	3.72644624

23	9	979.62	974.65	45.99	10.81	3	34	204	334	4.144 9	4.058 0	2.5366 74	4.069489 39
9		974.65											
9	10	974.65	971.82	45.78	6.18	0	34	204	334	4.144 9	4.058 0	2.5366 74	4.069489 39
10	11	971.82	970.03	49.94	3.58	4	38	228	374	4.126 7	4.036 1	2.8226 97	4.523676 71
11	12	970.03	963.28	67.37	10.02	0	38	228	374	4.126 7	4.036 1	2.8226 97	4.523676 71
12	13	963.28	962.66	53.98	1.15	4	42	252	413	4.109 7	4.015 6	3.1069 57	4.974443 52
13	14	962.66	963.7	51.98	-2.00	2	44	264	433	4.101 6	4.005 8	3.2484 62	5.198615 88
14	15	963.7	971.42	91.38	-8.45	7	51	306	501	4.074 8	3.973 6	3.7406 47	5.977278 01
15	16	971.42	964.96	81.38	7.94	5	56	336	551	4.057 0	3.952 3	4.0894 55	6.528173 84
16	17	964.96	961.14	47.77	8.00	1	57	342	560	4.053 6	3.948 2	4.1589 56	6.637854 1
17	18	961.14	957.69	85.85	4.02	3	60	360	590	4.043 5	3.936 2	4.3669 57	6.965934 15
18		957.69											
21	20	954.68	955.62	100	-0.94	3	3	18	29	4.386 4	4.355 9	0.2368 66	0.385434 19
26	20	965.26	955.62	54.63	17.65	3	6	36	59	4.341 5	4.299 6	0.4688 82	0.760910 89
20		955.62											
20	19	955.62	957.13	94.97	-1.59	9	15	90	147	4.255 8	4.193 4	1.1490 7	1.855276 42
19	18	957.13	957.69	39.99	-1.40	0	15	90	147	4.255 8	4.193 4	1.1490 7	1.855276 42
18		957.69											
18	24	957.69	952.82	53.62	9.08	0	75	450	737	3.997 3	3.881 4	5.3963 98	8.586225 53
24	25 (FOSA)	952.82	950.23	49.74	5.21	0	75	450	737	3.997 3	3.881 4	5.3963 98	8.586225 53
25 (FOSA)	*****	950.23		6		0	75	450	737	3.997 3	3.881 4	5.3963 98	8.586225 53

Continuación

DIAMETRO (Pulg.)	S% TUBO	SECCION LLENA		TIRANTE "Y" Plg:		v (m/s)		# PV	COTA INVERTIDA		PROF. POZO (m)	ANCHO ZANJA (m)	EXCAVACION m3
		V (m/s)	Q (l/s)	Ya	Yf	ACTUAL	FUTU RO		SALIDA	ENTRADA			
8	31.75	7.73	250.6 4	1.1086	1.4029	0.8135	0.9349	0	1014.930	998.8 00	1.20	0.6	36.58
									998.770		1.23		
8	3.95	2.72	88.36 169.3	0.4105	0.6264	0.43264	0.3811	1	998.770	996.0 90	1.23	0.6	50.12496
8	14.50	5.22	7	1.1699	1.4816	0.8401	0.9648	2	996.060	990.4 02	1.26	0.6	29.49912
8	2.54	2.19	70.96 139.7	0.3791	0.3791	0.4146	0.4146	3	990.372	988.6 42	1.21	0.6	49.2678252
8	9.87	4.31	6 144.7	1.3012	1.6504	0.8947	1.0257	4	988.612	985.6 72	1.24	0.6	22.1187972
8	10.59	4.46	5	1.2911	1.6362	1.0284	1.1786	5	985.642	981.2 32	1.27	0.6	31.6772136
8	18.27	5.86	190.1 3	1.2683	1.5934	1.4504	1.6362	7 6	989.120 981.202	981.3 00	1.20 1.30	0.6	30.816
8	4.32	2.85	92.43 113.4	1.0658	1.3344	1.4257	1.6362	6	981.202	979.8 22	1.30	0.6	24.8885304
8	6.50	3.50	0	1.0658	1.3344	1.4504	1.6652	8	979.792	973.4 53	1.33	0.6	77.6980848
8	15.99	5.48	177.8 7	1.0658	1.3344	1.4504	1.6652	22	984.660	978.4 20	1.20	0.6	28.0944
8	9.85	4.30	139.5 9	1.0658	1.3344	1.4504	1.6652	23	978.390	974.4 80	1.23	0.6	29.2986
8	2.25	2.06	66.72	0.9353	1.1771	1.4504	1.6652	23 9	974.450 973.385	973.4 15	5.17 1.26	0.6	142.66098
8	6.10	3.39	109.8 6	0.9353	1.1771	0.3789	1.6652	9	973.385	970.5 93	1.26	0.6	34.7408397

8	3.50	2.57	83.21	0.9353	1.1771	1.4504	1.6652	10	970.563	968.815	1.26	0.6	37.67538522
8	10.00	4.34	140.66	0.9353	1.1771	1.4504	1.6652	11	968.785	962.048	1.25	0.6	50.33569761
8	1.05	1.41	45.58	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	12	962.018	961.451	1.26	0.6	40.88191494
8	1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	13	961.421	960.901	1.24	0.6	38.64333546
8	1.00	1.37	44.48	0.7552	0.9532	0.5249	0.6061	14	960.871	959.957	2.83	0.6	155.0999137
8	1.00	1.37	44.48	0.8300	1.0483	0.5566	0.6422	15	959.927	959.114	11.49	0.6	561.1628701
8	1.00	1.37	44.48	0.9908	1.2532	0.6205	0.7145	16	959.084	958.606	5.88	0.6	168.4306666
8	8.50	4.00	129.68	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	17	958.576	951.279	2.56	0.6	132.0791089
								18	951.249		6.44		
8	1.00	1.37	44.48	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	21	953.480	952.480	1.20	0.6	72
8	21.00	6.29	203.83	1.0809	1.2532	0.6205	0.7145	26	964.060	952.588	1.20	0.6	39.33336
								20	952.558		3.06		
8	1.00	1.37	44.48	1.0749	1.3609	0.6519	0.7499	20	952.450	951.500	3.17	0.6	180.63294
8	1.00	1.37	44.48	1.0749	1.3609	0.6519	0.7499	19	951.470	951.070	5.66	0.6	135.7988418
								18	951.040		6.65		
8	1.00	1.37	44.48	0.9353	1.1771	0.6519	0.7499	18	951.040	950.504	6.65	0.6	213.9309312
8	1.00	1.37	44.48	0.9353	1.1771	0.6519	0.7499	24	950.474	949.977	2.35	0.6	70.0080552
8	5.40	3.19	103.36	0.7552	0.9532	0.6519	0.6061 (FOSA)	25	949.947	949.623	0.28	0.6	1.01952

Tabla XXXIX. Diseño de Fosa Séptica, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

NÚMERO DE CASAS ACTUALMENTE	43.000	
TASA DE CRECIMIENTO	2.500	
PERÍODO DE DISEÑO	20.000	
NÚMERO DE CASAS AL FUTURO	70.461	
NÚMERO DE CASA A N AÑOS	70.461	
NÚMERO DE LOTES	70.461	LOTES
HABITANTES POR LOTE	6.000	PERSONAS
TOTAL DE HABITANTES	422.763	PERSONAS
DOTACIÓN DE AGUA	100.000	LTS/HAB/DIA
DOTACIÓN DE AGUAS NEGRAS	70.000	%
CAUDAL MEDIO TOTAL A. NEGR.	0.343	L/S
FACTOR DE HORA MÁXIMA	2.000	
RESULTADOS		
	LARGO	5.287 m
	ANCHO	2.643 m
	ALTO	1.800 m
NÚMERO DE HABITANTES A SERV. POR FOSA	211.382	HABITANTES
VOLUMEN DE AGUAS NEGRAS	14796.706	LITROS/DIA
CAUDAL MÁXIMO	29593.413	LITROS/DIA
VOLUMEN	25.154	m3
DIMENSIONES DE LA FOSA		
ASUMIMOS ALTURA	1.800	m
ÁREA	13.975	m2

RELACIÓN LARGO/ANCHO	2.000
LARGO	5.287 REDONDEAR
ANCHO	2.643 REDONDEAR
PROFUNDIDAD DE POZOS	
DIÁMETRO DE POZO	2.000 m
ALTURA DE POZOS	18.840 m
USAR TRES POZOS DE	6.280 m
O USAR DOS POZOS DE	9.420 m

Tabla XL. Resumen Presupuesto, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

NÚM.	REGIONES	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	MATERIALES	PRECIO UNIT. \$	SUB TOTAL
1	COLECTOR CENTRAL	1924	ML	Q 55,008.89	Q 109,863.34	\$ 10.71	\$ 20,609.03
2	POZOS DE VISITAS	42	UNIDAD	Q 43,485.25	Q 74,767.00	\$ 351.94	\$ 14,781.53
3	CONEXIONES DOMICILIAR	68	UNIDAD	Q 21,019.00	Q 27,564.68	\$ 89.31	\$ 6,072.96
4	FOSA SEPTICA + POZOS ABS.	1	UNIDAD	Q 20,670.44	Q 21,636.37	\$ 5,288.35	\$ 5,288.35
SUB TOTAL				Q 140,183.57	Q 233,831.40		\$ 46,751.87
5	PRESTACION+IGGS						\$ 3,740.15
6	PLANIFICACION						\$ 4,675.19
7	HONORARIOS PROFESIO.						\$ 4,207.67
8	IMPREVISTOS						\$ 2,805.11
9	SUPERVISION DE LA OBRA						\$ 3,272.63
Total							\$ 65,452.62

Nota: El Tipo de cambio se considero Q 8.00 por \$ 1.00

Tabla XLI. Resumen de materiales, aldea EL Arco tramo II (campo de fut-bol)

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
MA	TUBERÍA 6" NORMA 3034	TUBOS	274.4000	\$ 49.88	\$ 13,686.04
MA	GRASA	LIBRAS	25.0000	\$ 1.88	\$ 46.88
MA	CEMENTO	SACOS	784.7389	\$ 4.13	\$ 3,237.05
MA	ARENA	M³	51.3129	\$ 5.00	\$ 256.56
MA	PIEDRIN	M³	31.4144	\$ 18.75	\$ 589.02
MA	LADRI. TAYU 6.5X11X23	UNIDADES	39277.7223	\$ 0.15	\$ 5,891.66
MA	BLOCK DE .20X.20X.40	UNIDADES	593.5000	\$ 0.25	\$ 148.38
MA	BLOQUE U	UNIDADES	98.7000	\$ 0.25	\$ 24.68
MA	ARENA DE REPELLO	M³	15.9506	\$ 6.25	\$ 99.69
MA	CAL	SACOS	82.0490	\$ 4.63	\$ 379.48
MA	HIERRO DE 5/8"	VARILLAS	82.0000	\$ 3.75	\$ 307.50
MA	HIERO DE 3/8"	VARILLAS	178.0000	\$ 1.44	\$ 255.88
MA	HIERO DE 1/2"	VARILLAS	109.0000	\$ 2.50	\$ 272.50
MA	HIERRO DE 1/4"	VARILLAS	236.0000	\$ 0.63	\$ 147.50
MA	ALAMBRE DE AMARRE	LIBRAS	105.9220	\$ 0.31	\$ 33.10
MA	TUBERÍA 4" NORMA 3034	TUBOS	50.0000	\$ 22.36	\$ 1,118.06
MA	SILLETA 6X4 NORMA 3034	UNIDADES	77.0000	\$ 10.77	\$ 829.48
MA	CODO 90G 4" NORMA 3034	UNIDADES	77.0000	\$ 8.79	\$ 677.02
MA	CABO REDUC 4X3	UNIDADES	77.0000	\$ 2.10	\$ 161.89
MA	TUBO CEMENTO 16"	TUBOS	77.0000	\$ 5.00	\$ 385.00
MA	ÁREA DE REPELLO	M²	0.0000	\$ -	\$ -
MA	TABLA	PIE³	1080.0000	\$ 0.40	\$ 432.00
MA	PARALES	UNIDADES	50.0000	\$ 4.69	\$ 234.38
MA	CLAVOS	LIBRAS	1.0000	\$ 0.31	\$ 0.31
			TOTAL		\$ 29,228.92

Tabla XLII. Resumen de mano de obra, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

COLECTOR CENTRAL			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
MO	EXCAVACION	M³		2484.49	\$ 1,375.00	\$ 1,375.00
MO	INSTALCION DE TUBERIAS	TUBOS		274.4	\$ 1.25	\$ 343.00
MO	CAMA ARENA INST TUBO	ML		1647.0	\$ 1.25	\$ 2,058.75
MO	RELLENO+COMPACTAC.	M³		2479.5	\$ 1.25	\$ 3,099.36

POZOS DE VISITAS

MO	EXCAVACION	M³		200.46	\$ 10.38	\$ 2,079.74
MO	FUNDICION DE PISO	M³		63.55	\$ 2.50	\$ 158.89
MO	LEVANTADO	M²		332.94	\$ 5.00	\$ 1,664.69
MO	REPELLO+CERNIDO POZO	M²		332.94	\$ 2.50	\$ 832.34
MO	BROCALES+TAPADERAS	UNIDADES		28	\$ 25.00	\$ 700.00

CONEXIONES DOMICILIAR

MO	EXCAVACION	M³		157	\$ 5.00	\$ 785.00
MO	INSTALA. TUBERIA 4"	TUBOS		70	\$ 2.50	\$ 175.00
MO	INSTALA. TUBERIA 12"	TUBOS		70	\$ 3.75	\$ 262.50
MO	RELLENO	M³		212	\$ 2.50	\$ 529.88
MO	PISO+BROCAL+TAPADER	UNIDADES		70	\$ 12.50	\$ 875.00

FOSA SEPTICA + POZOS DE ABSORCION

MO	MANO DE OBRA					
MO	EXCAVA. FOSA SEPTICA	M³		30	\$ 9.38	\$ 281.25
MO	FUNDICION PISO	M²		14	\$ 2.50	\$ 35.00
MO	LEVANTADO DE MUROS	M²		50	\$ 5.00	\$ 250.00
MO	VIGAS	ML		59.4	\$ 2.50	\$ 148.50
MO	COLUMNAS	ML		32.4	\$ 1.88	\$ 60.75
MO	ACABADOS DE MUROS	M²		50	\$ 2.50	\$ 125.00
MO	LOSA	M²		14	\$ 12.50	\$ 175.00
MO	EXCAVA. POZOS DE ABS.	M³		113.08	\$ 11.63	\$ 1,314.56

MO	POZOS DE ABSORCION	UNIDAD	2	\$	96.88	\$	193.75
				TOTAL MANO DE OBRA		\$	17,522.95
				TOTAL DE MATERIALES		\$	29,228.92
				SUB TOTAL DE REGLONES		\$	46,751.87
				COSTOS INDIRECTOS		\$	18,700.75
				GRAN TOTAL DEL PROYECTO		\$	65,452.62

Tabla XLIII. Cronograma de ejecución, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

[illegible]

NOTA:

LOS PLANOS SE ENCUENTRAN EN LAS HOJAS DWG, ORDENADOS CON RESPECTO A LA ALDEA Y CONTENIDO DE LOS PLANOS

Figura 12. Hoja índice planos de aldea Los Bodos

Figura 13. Plano de densidad de población, aldea Los Bodos

Figura 14. Plano topográfico, aldea Los Bodos

Figura 15. Plano de red general, aldea Los Bodos

Figura 16. Planta perfil, aldea Los Bordos (Hoja 1 / 2)

Figura 17. Planta perfil, aldea Los Bodos (Hoja 2 / 2)

Figura 18. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea Los Bodos (Hoja 1 / 2)

Figura 19. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea Los Bodos (Hoja 2 / 2)

Figura 20. Detalles pozos de visita, aldea Los Bodos

Figura 21. Detalles conexiones domiciliarias, aldea Los Bodos

Figura 22. Detalles fosa séptica y pozos de absorción, aldea Los Bodos

Figura 23. Hoja índice planos de aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 24. Plano de densidad de población, aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 25. Plano topográfico, aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 26. Plano de red general, aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 27. Planta perfil, aldea El Arco tramo I (calle principal) (Hoja 1 / 3)

Figura 28. Planta perfil, aldea El Arco tramo I (calle principal) (Hoja 2 / 3)

Figura 29. Planta perfil, aldea El Arco tramo I (calle principal) (Hoja 3 / 3)

Figura 30. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea El Arco tramo I (calle principal) (Hoja 1 / 3)

Figura 31. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea El Arco tramo I (calle principal) (Hoja 2 / 3)

Figura 32. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea El Arco tramo I (calle principal) (Hoja 3 / 3)

Figura 33. Detalles de conexiones domiciliarias, aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 34. Detalles pozos de visita, aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 35. Detalles fosa séptica y pozos de absorción, aldea El Arco tramo I (calle principal)

Figura 36. Hoja índice planos de aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

Figura 37. Plano de densidad de población, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

Figura 38. Plano topográfico, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

Figura 39. Plano de red general, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

Figura 40. Planta perfil, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)
(Hoja 1 / 3)

Figura 41. Planta perfil, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)
(Hoja 2 / 3)

Figura 42. Planta perfil, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)
(Hoja 3 / 3)

Figura 43. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol) (Hoja 1 / 3)

Figura 44. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol) (Hoja 2 / 3)

Figura 45. Planta perfil de localización de pozos de visita y fosa séptica, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol) (Hoja 3 / 3)

Figura 46. Detalles conexiones domiciliarias, aldea El Arco tramo II (campo de fútbol)

Figura 47. Detalles de pozos de visita, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

Figura 48. Detalles fosa séptica y pozos de absorción, aldea El Arco tramo II (campo de fut-bol)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PROYECTO

- **Construcción Drenajes en las aldeas Los Bordos y El Arco, pertenecientes al municipio de Teculután, Zacapa.**

ESPECIFICACIONES GENERALES

El proyecto consiste en la construcción de los drenajes de las aldeas en mención los cuales constan de colector principal, conexiones domiciliarias, pozos de visita, fosa séptica para tratamiento primario y pozos de absorción, para la evacuación del efluente, para lo cual será necesario cumplir con las siguientes especificaciones para su construcción y así tener una buena culminación de los trabajos a realizar.

PRELIMINARES

Los trabajos de limpieza del terreno se llevarán a cabo por una planilla de 4 peones, que se encargaran de limpiar el terreno a mano.

Los trazos del corte que se realizará se llevará a cabo con los instrumentos de nivelación y topografía adecuados para el buen cumplimiento de los niveles, cotas, pendientes, ángulos profundidades, alturas y anchos de las excavaciones.

EXCAVACIÓN

En los tramos donde se realice a mano, deberá tenerse cuidado en los terrenos suaves debiéndose formaletear para evitar erosiones y percances humanos, la profundidad será según lo indicado en los planos para llegar a la cota invertida y a la profundidad según los planos.

La excavación se llevará a cabo con una retroexcavadora con un cucharón de aprox. 1 metro cúbico.

En los lugares donde se colocarán pozos de vista la máquina tendrá que dejar el vacío de ante mano para evitar excavaciones a mano posteriormente.

La retroexcavadora tendrá el cuidado de no sobre pasar los niveles indicados en los planos, por lo que en la excavación el supervisor deberá estar presente para evitar este tipo de problemas.

Se debe tener el cuidado de que la retroexcavadora no deje el ancho de las zanjas desiguales, especialmente muy estrechos donde sea difícil trabajar, al colocar la tubería del colector principal.

NIVELACIÓN

La nivelación se llevará a cabo estando el supervisor presente, para verificar que se dejen las pendientes indicadas en los planos.

Los niveles corridos deberán coincidir exactamente a los indicados en los planos, con lo que se evitará algún inconveniente que pueda hacer que el agua no corra eficientemente.

Los niveles de los pozos de visita se sacaran sobre la base de los desniveles existentes pudiendo variar si fuese necesario con la autorización del supervisor general.

TUBERÍA

La tubería a colocar en la red de recolección principal será de P.V.C Ø 6".

Se colocará con la pendiente indicada en los planos.

Las juntas de la tubería deberán estar bien realizadas, de acuerdo a las especificaciones del fabricante, y se supervisara esto con las mismas en mano.

No se aceptaran tubos con rajaduras, o cualquier tipo de deformación que pueda generar un problema en el buen funcionamiento de la red de recolección.

La tubería será estrictamente para recolección de aguas servidas norma 3034 y de diámetros según especificaciones en los planos, con los accesorios de codos, tee, yee reductores, que se indiquen en el plano y deberá de lijarse las puntas de los tubos en cada una de las uniones, o en la utilización de los accesorios previamente a colocarse el pegamento de la tubería P.V.C. Si es junta rápida deberá de utilizarse aceite para facilitar la unión de las piezas.

La colocación de los accesorios en la tubería deberá realizarse con pegamento para P.V.C de la mejor calidad,

Al colocar los accesorios se untarán tanto el accesorio como la pieza de tubo a unir, y al momento de unirlos se le dará $\frac{1}{4}$ de vuelta para tener una buena unión.

Cuando se coloque la tubería no se deberá pararse en ella al momento de colocarla, para evitar cualquier fisura en su colocación.

En el almacenamiento de la tubería no se deberá dejar expuesta al sol para evitar que se deforme y pierda sus propiedades, tomando en cuenta las especificaciones del fabricante.

RECUBRIMIENTO DE ZANJA

El material a utilizar para rellenar las zanjas deberá estar limpio de piedras grandes y puntiagudas, que puedan provocar fisuras en la misma. Se compactaran 30 cm en capas de 10 cm c/u en forma manual, poniendo especial atención en los costados de la tubería, pudiendo utilizar para la parte superior de la zanja compactadores mecánicos.

RETIRO DE SOBRANTES

Se realizará el movimiento de materiales sobrantes sólo después de haber terminado el relleno y compactación de las zanjas. Este material se retirará del lugar a través de camiones de volteo y deberá depositarse en un lugar de acopio apropiado.

POZOS DE VISITA

- FUNDICIÓN DE PISO

Los pisos se fundirán con los niveles y pendientes indicados en los planos sobre una capa de material compactado de 10 centímetros, como mínimo deberá fundirse el diámetro total del pozo en el fondo con un grosor de 10 centímetros. Y se utilizará concreto con una resistencia a la compresión de 175 kg/cm² a los 28 días. La proporción a utilizar será 1:2:4, lo cual significa 8.23 sacos de cemento, 0.44 m³ de arena (10 carretas) y 0.88 m³ de piedrin (21 carretas).

- CONCRETO

El concreto será uniforme para todos los elementos estructurales y no podrá mezclarse directamente sobre el terreno natural, debiendo establecer un área en donde se pueda obtener un concreto libre de impurezas así como libre de concreto fraguado.

El tiempo máximo de colocación de concreto, posterior a su mezclado será de 30 minutos y deberá utilizarse algún método aprobado por el supervisor para evitar espacios vacíos dentro de los elementos estructurales, el concreto no se vaciara a una altura mayor de 1.20 m dentro de las formaletas.

No se aceptarán cementos fuera del tiempo de 30 días después de su fabricación o que se encuentren endurecidos.

- ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo consistirá en barras corrugadas de acero de hierro legítimo con una resistencia de 2800 kg/cm² (grado 40). Todo el refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido suelto, escamas, pinturas, aceite u otro material extraño. Previo a la función deberá limpiarse el acero de refuerzo de todo tipo de mortero que haya quedado adherido.

Las barras de refuerzo deben amarrarse en todas las intersecciones y deberán mantener los recubrimientos especificados fijando externamente la formaleta. No se permitirá el uso de trozos de madera, piedra o block entre la formaleta y el acero de refuerzo. Los empalmes en varillas de acero deberán alternarse.

- LEVANTADO DE LADRILLO TAYUYO

El ladrillo tayuyo deberá contar con una resistencia mínima a la compresión de 20 Kg./cm² teniendo como mínimo una edad de 14 días de fabricación y deberá contar con autorización del supervisor para su colocación. Debido a la importancia de los muros, se pondrá especial atención al material, y a su colocación evitando el uso de bloques rotos o con fallas de fabricación. Sólo se aceptarán los siguientes tipos de ladrillo: 0.065 x 0.11 x 0.23 m sin agujero. Cualquier otra medida de ladrillo se tendrá el cuidado de que se mantenga la modulación.

- MORTERO

El mortero de unión, corresponde al denominado sabieta, con una proporción 1:3 en volumen, lo cual significa 6 bolsas de cemento y 1.33 m³ de arena amarillas sin cernir (30 y ½ carretas).

La colocación del mortero deberá hacerse uniformemente y facilitar la distribución en cada ladrillo y que la sisa de unión sea homogénea. Se deberá aplicar cierta cantidad de agua a cada ladrillo y que la colocación, para evitar contracción o dilatación.

- ACABADOS

El acabado final de cada pozo será con un ensabietado con proporción de 1:1:2 lo cual significa 13.06 sacos de cemento, 3.88 quintales de cal y 0.74 m³ de arena de río (17 y ½ carretas) acabado cernido remolineado.

Las tapaderas de los pozos serán redondas como se indica en planos con un acabado de cernido, con la proporción de 1:2:3 lo cual significa 9.6 sacos de cemento, 0.42 m³ de arena (10 carretas) y 0.77 m³ de piedrin (18 y ½ carretas).

Los brocales se amarran con 4 hierros en circunferencias de 3/8" de diámetro y estribos según diseño a cada 0.20 mts y la tapadera del pozo de visita se armará con hierro circular de 3/8" de diámetro y llevará dos haladores formados también con hierro de ½", se marcaran según el número del pozo de visita que indique en los planos.

CONEXIONES DOMICILIARES

Se realizarán con tubería de P.V.C Ø 4" norma 3034 de junta rápida los cuales deberán ir conectados a la red con un mínimo de 45 grados en dirección del caudal.

Las candelas domiciliarias se construirán con tubería de cemento vibro-compactadas de Ø 16" colocados verticalmente sobre un piso fundido de concreto sin refuerzo de 0.10 m de espesor. Dicha candela domiciliar llevará su respectivo brocal y tapadera con concreto armado utilizando hierro de Ø ¼". Las candelas domiciliarias deberán instalarse en la parte más baja del frente de la propiedad del beneficiario para que les facilite su instalación interna. Para la fundición de las tapaderas y el piso se utilizara una proporción de 1:2:3 que es la misma utilizada en las tapaderas de los pozos de visita.

FOSA SÉPTICA

Para la construcción de la fosa séptica deberá realizarse la excavación requerida. En el plano de ubicación pozos de visita y fosa séptica, se encuentra la cota requerida a la cual debe entrar la tubería en fosa séptica, a esta cota se le suma 1.8 m y el resultado nos da la cota de fondo de la fosa séptica. Ya realizada la excavación se procede a su construcción.

- FUNDICIÓN DE PISO Y LOSA

Los pisos se fundirán con los niveles y pendientes indicados en los planos sobre una capa de material compactado de 10 centímetros, como mínimo deberá fundirse el diámetro total del pozo en el fondo con un grosor de 10 centímetros. Y se utilizará concreto con una resistencia a la compresión de

175 kg/cm² a los 28 días. La proporción a utilizar será 1:2:4, lo cual significa 8.23 sacos de cemento, 0.44 m³ de arena (10 carretas) y 0.88 m³ de piedrin (21 carretas).

- CONCRETO

El concreto será el indicado para cada uno de los elementos estructurales y no podrá mezclarse directamente sobre el terreno natural, debiendo establecer un área en donde se pueda obtener un concreto libre de impurezas así como libre de concreto fraguado.

El tiempo máximo de colocación de concreto, posterior a su mezclado será de 30 minutos y deberá utilizarse algún método aprobado por el supervisor para evitar espacios vacíos dentro de los elementos estructurales, el concreto no se vaciara a una altura mayor de 1.20 m dentro de las formaletas.

No se aceptarán cementos fuera del tiempo de 30 días después de su fabricación o que se encuentren endurecidos.

- ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo consistirá en barras corrugadas de acero de hierro legítimo con una resistencia de 2800 kg/cm² (grado 40). Todo el refuerzo deberá estar libre de polvo, oxido suelto, escamas, pinturas aceite u otro material extraño. Previo a la función deberá limpiarse el acero de refuerzo de todo tipo de mortero que haya quedado adherido.

Las barras de refuerzo deben amarrarse en todas las intersecciones y deberán mantener los recubrimientos especificados fijando externamente la

formaleta. No se permitirá el uso de trozos de madera, piedra o block entre la formaleta y el acero de refuerzo. Los empalmes en varillas de acero deberán alternarse.

- LEVANTADO DE MUROS DE BLOCK Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS

El block para levantado de muros deberá contar con una resistencia mínima a la compresión de 35 Kg./cm² teniendo como mínimo una edad de 14 días de fabricación y deberá contar con autorización del supervisor para su colocación. Debido a la importancia de los muros, se pondrá especial atención al material, y a su colocación evitando el uso de bloques rotos o con fallas de fabricación. Sólo se aceptarán los siguientes tipos de block: 0.39 x 0.19 x 0.14 mts. Cualquier otra medida de ladrillo se tendrá el cuidado de que se mantenga la modulación.

La fundición de columnas, soleras y costillas se hará con un concreto de proporción de 1:2:3 y su refuerzo será como esta indicado en los planos.

- MORTERO

El mortero de unión, corresponde al denominado sabieta, con una proporción de 1:1:4:1 lo cual significa 7.77 sacos de cemento, 2.31 quintales de cal y 0.89 m³ de arena de blanca cernida en 5/16" (21 carretas) y 0.22 m³ de arena de río cernida 5/16" (5 y ½ carretas).

La colocación del mortero deberá hacerse uniformemente y facilitar la distribución en cada ladrillo y que la sisa de unión sea homogénea. Se deberá aplicar cierta cantidad de agua a cada ladrillo y que la colocación, para evitar contracción o dilatación.

- ACABADOS

El acabado final de cada pozo será con un ensabietado con proporción de 1:1:2 lo cual significa 13.06 sacos de cemento, 3.88 quintales de cal y 0.74 m³ de arena de río (17 y ½ carretas) en acabado cernido remolineado.

Las tapaderas de la fosa serán redondas como se indica en planos con un acabado de cernido, con la proporción de 1:2:3 lo cual significa 9.6 sacos de cemento, 0.42 m³ de arena (10 carretas) y 0.77 m³ de piedrin (18 y ½ carretas). Serán de una dimensión de 0.85 m de diámetro

Los brocales se amarran con 4 hierros en circunferencias de 3/8" de diámetro y estribos según diseño a cada 0.20 m y la tapadera de la fosa séptica se armará con hierro circular de 3/8" de diámetro y llevará dos haladores formados también con hierro de 1/2".

- PANTALLAS

Las pantallas de la fosa séptica se amarraran a una costillas (columnas Tipo B) que estarán en sus extremos. Para la fundición de las pantallas se usará una proporción de 1:2:3 al igual que en las tapaderas. El armado respectivo se hará con hierro no. 2 en ambos sentidos a cada 0.20 m.

POZOS DE ABSORCIÓN

Se construirán 2 pozos de absorción por cada fosa séptica con una altura no menor a $h = 9.5$ m a partir de la cota de salida de tubería de la fosa séptica e incrementando un 2% su pendiente.

- RELLENO DEL FONDO DE POZO

El pozo de absorción se rellenará en el fondo con una capa de piedra bola grande, esta capa debe tener un $h = 0.30$ m. En este caso existen dos pozos de absorción, por lo que la distancia entre los mismos deberá ser mayor a 6 metros.

- CONCRETO

El concreto será el indicado para cada uno de los elementos estructurales y no podrá mezclarse directamente sobre el terreno natural, debiendo establecer un área en donde se pueda obtener un concreto libre de impurezas así como libre de concreto fraguado.

El tiempo máximo de colocación de concreto, posterior a su mezclado será de 30 minutos y deberá utilizarse algún método aprobado por el supervisor para evitar espacios vacíos dentro de los elementos estructurales, el concreto no se vaciara a una altura mayor de 1.20 m dentro de las formaletas.

No se aceptarán cementos fuera del tiempo de 30 días después de su fabricación o que se encuentren endurecidos.

- ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo consistirá en barras corrugadas de acero de hierro legítimo con una resistencia de 2800 kg/cm^2 (grado 40). Todo el refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido suelto, escamas, pinturas aceite u otro material extraño. Previo a la función deberá limpiarse el acero de refuerzo de todo tipo de mortero que haya quedado adherido.

Las barras de refuerzo deben amarrarse en todas las intersecciones y deberán mantener los recubrimientos especificados fijando externamente la formaleta. No se permitirá el uso de trozos de madera, piedra o block entre la formaleta y el acero de refuerzo. Los empalmes en varillas de acero deberán alternarse.

- LEVANTADO DE MUROS DE BLOCK Y LADRILLO

El block para levantado de muros deberá contar con una resistencia mínima a la compresión de 35 Kg./cm² teniendo como mínimo una edad de 14 días de fabricación y deberá contar con autorización del supervisor para su colocación. Debido a la importancia de los muros, se pondrá especial atención al material, y a su colocación evitando el uso de bloques rotos o con fallas de fabricación. Sólo se aceptarán los siguientes tipos de block: 0.39 x 0.19 x 0.14 m, cualquier otra medida de ladrillo se tendrá el cuidado de que se mantenga la modulación.

El ladrillo para levantado de muros deberá contar con una resistencia mínima a la compresión de 20 Kg./cm² teniendo como mínimo una edad de 14 días de fabricación y deberá contar con autorización del supervisor para su colocación. Debido a la importancia de los muros, se pondrá especial atención al material, y a su colocación evitando el uso de bloques rotos o con fallas de fabricación. Sólo se aceptarán los siguientes tipos de ladrillo: 0.065 x 0.11 x 0.23 m, cualquier otra medida de ladrillo se tendrá el cuidado de que se mantenga la modulación.

- MORTERO

El mortero de unión, corresponde al denominado sabieta, con una proporción de 1:1:4:1 lo cual significa 7.77 sacos de cemento, 2.31 quintales de cal y 0.89 m³ de arena de blanca cernida en 5/16" (21 carretas) y 0.22 m³ de arena de río cernida 5/16" (5 y ½ carretas).

La colocación del mortero deberá hacerse uniformemente y facilitar la distribución en cada ladrillo y que la sisa de unión sea homogénea. Se deberá aplicar cierta cantidad de agua a cada ladrillo y que la colocación, para evitar contracción o dilatación.

- ACABADOS

El acabado final de cada pozo será con un ensabietado con proporción de 1:1:2 lo cual significa 13.06 sacos de cemento, 3.88 quintales de cal y 0.74 m³ de arena de río (17 y ½ carretas) en acabado cernido remolineado.

Las tapaderas de la fosa serán redondas como se indica en planos con un acabado de cernido, con la proporción de 1:2:3 lo cual significa 9.6 sacos de cemento, 0.42 m³ de arena (10 carretas) y 0.77 m³ de piedrin (18 y ½ carretas). Serán de una dimensión de 0.85 m de diámetro

Los brocales se amarran con 4 hierros en circunferencias de 3/8" de diámetro y estribos según diseño a cada 0.20 mts y la tapadera de los pozos de absorción se armara con hierro circular de 3/8" de diámetro y llevara dos haladores formados con hierro de ½".

