

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

T-UES

1501

D536

1993

EJ. 2



## "DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR"

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

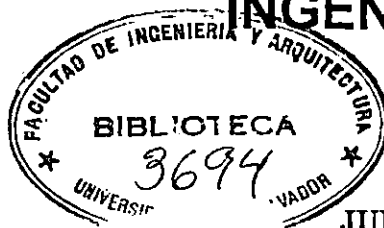
**AURA CECILIA RIVERA ZAMBRANA**  
**JORGE OSWALDO FLORES RIVERA**  
**ROSENDO ANTONIO FUENTES CORDERO**  
**WILSON ERNESTO MORAN RECINOS**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

15101867

15101867

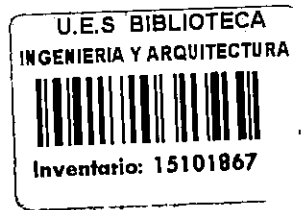


JULIO DE 1993

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

*Recibida: 19/07/93*

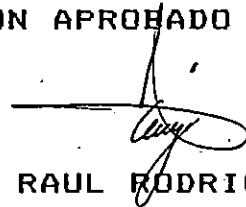
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL  
GRADO DE INGENIERO CIVIL

"DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR"

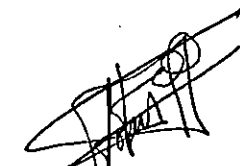
TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:



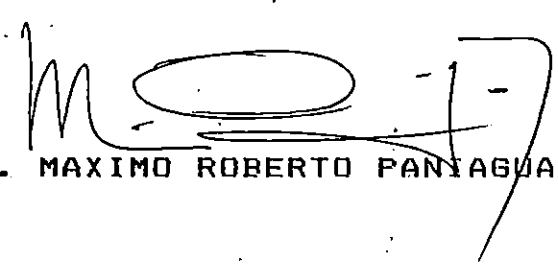
COORDINADOR Y ASESOR: ING. RAUL RODRIGUEZ RIVERA



ASESORES: ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

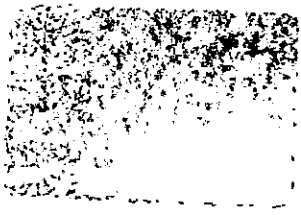


ING. IVAN DE JESUS OSORIO



ING. MAXIMO ROBERTO PANIAGUA

SAN SALVADOR, JULIO DE 1993



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO:

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO



## AGRADECIMIENTOS

A las personas que con sus conocimientos nos ayudaron desinteresadamente a realizar este trabajo de la mejor manera posible:

Ing. Raúl Rodríguez Rivera

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

Ing. Iván de Jesús Osorio

Ing. Máximo Roberto Paniagua

Agradecemos también, de una manera muy especial al Ing. Pablo Merino Lovo por toda la gentileza mostrada al proporcionarnos información y transporte para las visitas de campo.

Y además, a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en nuestro trabajo:

Ing. Flor Celeste Ayala Calero

Br. Julián Monge

Ing. Atilio Avendaño

Ing. Flavio Meza

Ing. Zoilo Castro

## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO:

Por guíame a lo largo de toda la carrera; por darme la fortaleza de fé y esperanza hoy y siempre.

A MI MADRE:

Aura América.

Con todo mi corazón por sus sacrificios y su lucha por sus hijos; su cariño, su confianza y todo su apoyo hacia nosotros, sus desvelos y por escucharme siempre.

A MI HERMANO:

Felipe Humberto.

Con cariño, por su tolerancia, su paciencia, cariño y su apoyo en todo momento.

A MAMA NARDA (DE GRATO RECORDO) Y MAMA NITA:

Mis abuelitas queridas.

Por su cariño y apoyo, por tenerme presente en sus oraciones siempre.

A FRANCISCA Y LIDIA:

Con todo cariño, por su dedicación, sus cuidados y atenciones, siempre.

Por el cariño que me han demostrado, teniéndome como hija propia.

A MI PADRE Y FAMILIARES:

Con aprecio, por el respaldo y el apoyo mostrado a lo largo de toda mi carrera.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

A Sonia Doris, especialmente por su  
cariño y respaldo; a los demás, por su  
compañía y el apoyo que siempre me de-  
mostraron.

AURA CECILIA

## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO:

Por haberme proporcionado fé, sabiduría y esperanza para culminar mi carrera.

A MIS PADRES:

Rosendo Fuentes y

Julia Esperanza Cordero.

Con todo mi amor, cariño y respeto; por su apoyo, sacrificio y cariño que brindaron en todo momento para alcanzar tan ansiada meta, ¡Que Dios los bendiga!

A MI HIJA:

Lesly Fiorela.

Con mucho amor y ternura.

A MIS HERMANOS:

Carlota Aydanidia

Francisco Javier y

Julio Iván.

Por su inmenso apoyo y brindarme su mano en los momentos más difíciles y compartir los momentos de alegrías, ¡los quiero mucho!

A MIS ABUELOS:

Carlota (de grata recordación)

María Eva (de grata recordación)

Rosendo (de grata recordación) y

José María Cordero.

Con respeto y cariño.



ROSENDO ANTONIO

siempre.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS: Por el apoyo y cariño mostrado

## DEDICATORIA

A TI, DIOS MIO Y SEÑOR MIO:

Gracias por haberme creado, redimido y dado la vida, pues en mi poca fe, tú me mostraste que nunca estuve solo, que siempre en medio de mis dificultades tú cargaste con la cruz de mi estudio también, acompañandome no solo en los triunfos y alegrías, sino que también en las caídas y tristezas. Gracias por haberme hecho partícipe de tu dulce cruz, ya que jamás podré expresar, todo lo que tú, único DIOS, verdadero te mereces.

A MIS PADRES:

Víctor Manuel Morán Estrada

Blanca Rosa Recinos de Morán.

Que corto quedara cualquier, gracias, que yo les exprese por su gran y abnegado sacrificio hacia esté mi triunfo, que no es solo mío sino que es muy de ustedes, mis padres queridos. Me llena de profundo amor el saber que, yo tengo unos padres muy maravillosos como son ustedes.

A MIS HERMANOS:

Esmeralda Evelyn Morán Recinos

Yesenia Karina Morán Recinos

Víctor Arturo Morán Recinos.

Por su apoyo y comprensión en cada instante de mi vida y de mi carrera, y en especial le doy gracias a DIOS por haberlos hecho mis hermanos.

A MIS ABUELOS DE GRATA RE-

Arturo Recinos

CORDACION:

Gabino Morán

Marta Estrada.

Aunque no están hoy conmigo puedo decir con mucho amor que los amo y pido a DIOS por el eterno descanso de su alma inmortal.

A MI ABUELA:

Marta Viuda de Recinos.

Eres la única que DIOS en su infinito amor ha permitido que tengas vida, para que hoy compartas conmigo el triunfo tan ansiado como el de ser Ingeniero.

A MIS TIOS DE GRATA RECORDACION:

Julio Calderon

Cristina Salinas

Ely Morán.

Los perdí cuando menos lo esperaba, unos meses antes de poder compartir juntos nuestro triunfo, pero se que DIOS los ama mucho más que yo, y por esta razón comprendo que hayan tenido que partir antes que nosotros. Los recordaré siempre por los consejos y cariño que siempre me mostraron.

A MIS TIOS Y TIAS:

Mirian Recinos

Miguel Morán

Mirna Morán

Gloria Morán

Oswaldo Morán.

Hay fronteras terrenales que nos separan, pero hay una que nunca nos separara y es la "ORACION", gracias por ayudarme a ser un mejor hijo y sobrino. El triunfo que hoy poseo lo comparto con personas de verdad importantes para mí.

A MIS PRIMOS:

Claudia García Recinos

Douglas García Recinos

Mario Ernesto Recinos

Pedro Avalos.

Por portarse como unos verdaderos hermanos, gracias.

A MI SOBRINO:

Julio Alexander Morán.

Con mucho amor y cariño.

A MI DIRECTOR ESPIRITUAL:

Monseñor Fernando Saenz

Padre Julio

ambos del Opues Dei.

Por enseñarme que lo importante es entregar a DIOS todo lo que poseo, dándome a mis hermanos en Cristo, Jesús.

WILSON ERNESTO

## DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO: Por haberme dado fé y permitirme llegar al final de mi carrera.
- A MIS PADRES: Juan y Esperanza.  
Por todo su apoyo y sus consejos que me han dado a lo largo de mi existencia. Muchas gracias.
- A MI HIJA: Jenny Patricia.  
Por llegar a ser un motivo de inspiración en mi vida, con todo amor.
- A MIS HERMANOS: César y Aracely.  
Por todo su cariño y amistad mostrado durante todo este tiempo.
- A MIS ABUELOS: Tere y Concepción (de grata recordación), por todo el cariño que me brindaron; y Goyito que Dios los bendiga.
- A mis tías, tíos, sobrinos, primos, amigos y demás familia.

JORGE OSWALDO

# INDICE

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
Sumario.....	18
Introducción.....	20
Antecedentes Históricos.....	21
Antecedentes Actuales.....	23
Objetivos Generales.....	25
Objetivos Específicos.....	26
Justificación.....	28
Procedimiento a Usar.....	29
Glosario de Términos.....	30
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES,	
1.0.-Generalidades.....	38
1.1.-Sistema de Alcantarillado.....	38
1.1.1.-Definición del Sistema de Alcantarillado.....	41
1.1.2.-Unidades del Sistema.....	41
1.2.-Elementos Básicos para un Diagnóstico de un Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	42
1.3.-Descripción de los Colectores Primarios que componen el AMSS.....	43
1.4.-Colectores Secundarios y Redes Secundarias.....	44
1.5.-Plantas de Tratamiento.....	46
1.6.-Elementos secundarios del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	47
1.6.1-Pozos de Registro.....	48

1.7.-Aporte de Aguas Residuales.....52

1.7.1.-Tipos de Aguas Residuales.....53 \*

1.8.-Aguas Residuales de los distintos Sistemas  
de Alcantarillado Sanitario.....55

1.8.1.-Características Físicas de las Aguas Residuales.....56 \*

1.8.2.-Características Químicas de las Aguas Residuales.....60

1.8.3.-Características Biológicas de las Aguas Residuales.....63

1.9.-Tratamiento de Aguas Negras en el Sistema  
de Alcantarillado Sanitario.....65 \*

1.9.1.-Normas de la ANDA para el tratamiento  
de las Aguas Negras.....79 \*

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

2.1.-Generalidades.....85

2.2.-Metodología y Criterios de Evaluación.....87

2.2.1.-Metodología para la Evaluación del  
Sistema de Alcantarillado.....87

2.2.2.-Criterios de Evaluación.....88

2.3.-Estado actual del Sistema de  
Alcantarillado Sanitario del AMSS.....89

2.3.1.-Colector Primario No. 1.....89

2.3.2.-Colector Primario No. 2.....92

2.3.3.-Colector Primario No. 3.....93

2.3.4.-Colector Primario No. 4.....96

2.3.5.-Estado y Funcionamiento actual de las Plantas  
de Tratamiento de las Aguas Negras del AMSS.....98



2.4.-Funcionamiento actual del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	102
2.5.-Descripción del Proyecto de Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario para el AMSS, en ejecución.....	111
2.5.1.-Colector de Alivio al Colector Primario No. 3 (I Etapa).....	113
2.5.2.-Colector Primario No. 4.....	114
2.5.3.-Colector Primario No. 5.....	116
2.5.4.-Colector Interceptor.....	117
2.5.5.-Trazo de Colectores.....	119
2.5.6.-Topografía.....	121
2.5.7.-Parámetros de Diseño.....	122
2.5.8.-Parámetros Hidráulicos.....	122
2.6.-Análisis sobre el estado actual de la Demanda de Agua Potable vrs. Aporte de Aguas Negras.....	129
2.7.-Impacto Ambiental.....	132
2.8.-Caudales de Descarga en los Colectores Primarios.....	134

### CAPITULO III

#### CONDICIONES FISICAS, QUIMICAS Y BIOLOGICAS DE LAS AGUAS NEGRAS.

3.1.-Generalidades.....	151 *
3.1.1.-Características Físicas.....	152
3.1.2.-Características Químicas.....	153
3.1.3.-Características Biológicas.....	160
3.1.4.-Procedimiento de Muestreo para Aguas Negras.....	173

3.2.-Pruebas realizadas en el Laboratorio de la ANDA  
para verificar la calidad de las Aguas Negras.....174

3.2.1.-Determinación de Ph (Concentración de Iones).....176

3.2.2.-Prueba de Sólidos Sedimentables.....177

3.2.3.-Prueba de Sólidos Suspendidos.....177

3.2.4.-Pruebas de Sólidos Totales.....179

3.2.5.-Prueba de Sólidos Disueltos.....180

3.2.6.-Prueba de la Demanda de Cloro.....180

3.2.7.-Prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....181

3.2.8.-Pruebas de Laboratorio para el grupo  
de Bacterias Coliformes.....183

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL AMSS.

4.1.-Generalidades.....193

4.1.1.-Tipos de Mantenimiento.....193

4.1.2.-Mantenimiento del Sistema de Acantarillado Sanitario....195

4.1.3.-Mantenimiento de una Planta de Tratamiento  
de Aguas Negras y del Equipo.....198

4.2.-Normas de la ANDA para el mantenimiento del  
Sistema de Alcantarillado Sanitario.....206

4.3.-Organización requerida para la Operación y  
Mantenimiento del Proyecto de Ampliación del Sistema  
de Alcantarillado Sanitario.....208

4.3.1.-Mantenimiento.....208

4.3.2.-Operación.....210

4.3.3.-Equipamiento.....211

4.4.-Administración para el Mantenimiento del Sistema de Alcantarillado del AMSS.....	215
4.5.-Propuesta del Organigrama Departamentalizado de la ANDA reformado.....	215

## CAPITULO V

## DIAGNOSTICO GENERAL, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.-Diagnóstico General del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	219
5.1.1.-Diagnóstico del Colector Primario No. 1 y Secundarios...	219
5.1.2.-Diagnóstico del Colector Primario No. 2 y Secundarios...	221
5.1.3.-Diagnóstico del Colector Primario No. 3 y Secundarios...	222
5.1.4.-Diagnóstico del Colector Primario No. 4 y Secundarios...	223
5.2.-Análisis de la Demanda de Agua Potable vrs. Aporte de Aguas Negras.....	224
5.3.-Diagnóstico de los Tratamientos de las Aguas Negras en el AMSS.....	226
5.3.1.-Tratamiento de las Aguas Negras.....	226 *
5.3.2.-Plantas de Tratamiento.....	229
5.4.-Conclusiones.....	231 v
5.5.-Recomendaciones.....	235 x
5.6.-Bibliografía.....	240
5.7.-Anexos.....	

## SUMARIO

El presente trabajo de graduación tiene como objeto hacer una recopilación de información actualizada de las condiciones del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS.

Una vez obtenida y analizada la información, es posible realizar un diagnóstico, que permita tomar medidas preventivas y correctivas que ayuden a una operación efectiva del sistema de alcantarillado sanitario.

Las partes en las que se divide este estudio son las siguientes:

### - CAPITULO I.

Aquí se plantean aspectos generales que permiten al lector tener un marco teórico del tema en estudio.

### - CAPITULO II.

Se describen la evaluación de daños de los colectores primarios y secundarios, así como el proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS, incluyendo el análisis del estado actual sobre la demanda de agua potable vrs. el aporte de aguas negras, con su respectivo impacto ambiental que sufren las quebradas y ríos que atraviesan el AMSS.

### - CAPITULO III.

Trata sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas negras que se conducen por los colectores primarios y se-

cundarios, ríos y quebradas que componen los once municipios del AMSS.

#### - CAPITULO IV.

Se plantean los tipos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo; las normas de la ANDA, el organigrama que plantea la empresa TAHAL para resolver el problema del mantenimiento del tipo preventivo, así como el organigrama que se propone en este trabajo, para que sea incorporado al ya existente de la ANDA, en el cual, no poseen un departamento de mantenimiento del tipo preventivo sino correctivo.

#### - CAPITULO V.

Se hace el diagnóstico correspondiente a los principales sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento de aguas negras estudiados, dando además, las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## INTRODUCCION

Hoy en día en el Area Metropolitana de San Salvador (AMSS) han surgido problemas debido al crecimiento poblacional, provocando un aumento en el consumo de agua potable y por lo tanto, un mayor caudal de aguas negras generando que el sistema de alcantarillado sanitario, esté funcionando aproximadamente a su caudal de diseño, ya que no existe un control poblacional que nos indique el diámetro de la tubería que es necesaria para el mejoramiento del sistema de alcantarillado del AMSS.

Como solución en base a lo anteriormente mencionado la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA), se encuentra realizando dos proyectos, los cuales tienen como finalidad la recolección de las aguas negras que están desembocando en los Ríos Acelhuate, Tomayate, Las Cañas y sus afluentes; esto es necesario para el saneamiento de dichos ríos, los cuales están muy contaminados y por lo tanto traen muchas enfermedades nocivas a la salud del hombre que pueden ser controladas con un buen tratamiento de dichas aguas.

Uno de estos proyectos se encuentra ya en realización y es conocido como "Ampliación del sistema primario de alcantarillado sanitario del Area Metropolitana de San Salvador", el otro proyecto está en proceso para su ejecución y tiene como finalidad proporcionar tratamiento a las aguas negras que se evacúen en los afluentes del área metropolitana.

En 1940 con la intervención del Servicio Interamericano de Sanidad Pública se inicia un programa nacional de saneamiento en las principales ciudades del país por medio de la evacuación de aguas residuales, para lo cual financió obras de alcantarillado en dichas ciudades. Como parte de este proyecto se construye una planta de tratamiento de aguas negras para la ciudad de Santa Fe de la Cueva.

En 1920 se realizan los primeros trabajos de pavimentación de la ciudad de San Salvador y de acuerdo a las necesidades de la época se construyen nuevas alcantarillas bajo criterios más técnicos, como el separar las aguas lluvias del sistema de alcantarillado sanitario y utilizándose tuberías de concreto en sustitución de la mampostería de ladrillo. De esta época se destaca la construcción del colector Alcañal conocido como "alcantarilla madre o cloaca Alcañal" instalado en 1928 con el fin de interceptar las aguas residuales a un afluente central de la ciudad y conducir las aguas residuales a un afluente del Río Acehuate. Debido al aumento poblacional del AMS, las obras de alcantarillado existentes fueron descuidadas.

El sistema de alcantarillado sanitario de San Salvador, comenzó a inicios de este siglo con la construcción de los primeros sistemas colectores de aguas servidas, consistente en canales rectangulares de mampostería de ladrillo que acarreaban las aguas negras y las aguas lluvias de la zona central de la ciudad; este diseño se realizó sin tomar en cuenta el crecimiento poblacional de la zona y la consecuente necesidad de una mejor distribución del sistema de alcantarillado en un futuro no muy lejano.

operada por la municipalidad de esta ciudad y debido a deficiencias técnicas y administrativas, ésta se desmanteló.

En 1950 se crea la Dirección General de Obras Hidráulicas dependencia del Ministerio de Obras Públicas, encomendándosele la construcción de los alcantarillados sanitarios de los diez años siguientes.

En 1961 la Dirección General de Obras Hidráulicas es sustituida por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), cuya finalidad será la de controlar los servicios de acueductos y alcantarillados a nivel nacional e inicia sus funciones en Enero de 1962.

Por medio de créditos internacionales en 1963, la ANDA comienza la construcción de colectores primarios y secundarios con el propósito de sanear las quebradas ubicadas dentro de la ciudad, construyéndose en 1964 tres colectores primarios que drenarían las zonas del AMSS localizadas al poniente del Río Acelhuate, donde los dos primeros descargarían sobre el Río Urbina y Tomayate, y el otro en la cloaca Alcaine que a su vez descargaría en el Río Acelhuate. Posteriormente se construyeron otros colectores como el del Boulevard del Ejército, conocido como colector primario No. 4 que descarga en el Río Las Cañas, algunos colectores secundarios y colectores de alivio a los primarios.



## ANTECEDENTES ACTUALES

Actualmente el desarrollo del Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), presenta más de la mitad de la población urbana del país (62%) y la presencia de la mayor parte de industrias, el rápido crecimiento de esta zona ha sobrepasado cualquier previsión social, sanitaria, legal, educacional, etc., lo que ha obligado al desarrollo de un sistema de alcantarillado que al igual que otros servicios es dictado en gran parte por las exigencias poblacionales del momento.

Debido a esto los ríos y las quebradas del AMSS han alcanzado altos niveles de contaminación como consecuencia del vertido directo de las aguas negras sobre éstos, a travez de el sistema de colectores primarios y de las numerosas descargas libres, convirtiendo al Rio Acelhuate y sus afluentes en complemento del sistema de transporte de aguas residuales del AMSS y por lo tanto, en colectores abiertos de aguas negras.

La legislatura salvadoreña en cuanto al alcantarillado no presenta una estructura definida como para aportar una solución efectiva al problema. Algunas dependencias gubernamentales y la ANDA han demostrado que son difíciles de aplicar y en algunos casos inoperantes.

Se puede decir que la educación sanitaria de la población es usualmente inexistente o el nivel tan bajo a que se encuentra posee un efecto contrario en la demanda de mejores condiciones sanitarias. La salud de todas las personas no es un simple problema de un sólo grupo, sino también, es una materia que alcanza a toda la comunidad debido a que la enfermedad no reconoce límites físicos.

Bajo las condiciones antes mencionadas la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), mantiene actualmente sistemas separados para aguas lluvias y para aguas servidas, aunque en algunos casos como en la cloaca Alcaine de la zona céntrica de San Salvador, los dos tipos de aguas drenan juntas, y otros drenajes que descargan directamente a las quebradas provocan un mayor deterioro ecológico, ya que además de desaparecer la flora y fauna del Río Acelhuate, Tomayate y afluentes, éstos circulan sobre extensas áreas densamente pobladas y agrícolas con aguas altamente contaminadas, insalubres, inadecuadas para el riego y el consumo animal. En estas condiciones la ANDA se encuentra realizando una serie de proyectos que implementan plantas de tratamiento que disminuyan el efecto contaminante de las aguas negras que se descargan a las quebradas, sistemas colectores que alivien las captaciones de los colectores ya existentes y la implementación del sistema a otras zonas del AMSS que aún no poseen sistemas colectores.

## OBJETIVOS GENERALES

- A) Realizar un estudio sobre la capacidad actual del sistema de alcantarillado sanitario para constatar si ha alcanzado el caudal para el cual fue diseñado, y si no es así, conocer cual es su caudal actual.
  
- B) Determinar el estado actual de la infraestructura (REDES SECUNDARIAS, COLECTORES PRIMARIOS, COLECTORES SECUNDARIOS Y DIVERSAS PLANTAS DE TRATAMIENTO).
  
- C) Evaluar el funcionamiento actual del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A) Evaluar el proyecto de ampliación de alcantarillado sanitario para el Area Metropolitana de San Salvador en ejecución.
- B) Analizar las propiedades bacteriológicas de las aguas negras en los distintos sistemas de alcantarillado sanitario a través de la ayuda del laboratorio de la ANDA y el de la Escuela de Ingeniería Química.
- C) Investigar la trascendencia que tendrá la ampliación del alcantarillado sanitario en ejecución.

## ALCANCES

- A) Investigación y análisis sobre el estado actual del sistema de alcantarillado sanitario (REDES SECUNDARIAS, COLECTORES PRIMARIOS, COLECTORES SECUNDARIOS, INTERCEPTORES, ETC.).
- B) Investigación y análisis sobre la demanda actual del agua potable vrs. aporte de aguas negras.
- C) Dar conclusiones y proponer recomendaciones del diagnóstico efectuado.
- D) Proporcionar un ejemplar del trabajo a realizar a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), facilitándoles la información del sistema de alcantarillado sanitario en estudio.

El desarrollo del presente trabajo de graduación, se justifica, demandado por la necesidad imperiosa de toda la población afectada de gozar con un servicio de alcantarillado sanitario que garantice como mínimo cubrir las necesidades básicas de todo ser humano.

Se justifica también, como medio que proporcionará información del estado y datos sobre el funcionamiento actual del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS para mejorar o corregir las deficiencias del mismo.

## PROCEDIMIENTO A USAR

Para la elaboración del diagnóstico del estudio de alcantari-  
llado sanitario, se recolectará la información necesaria; el tipo de  
información que se tendrá es:

- Planos de ubicación de la red existente.
- Cuadros estadísticos.
- Cuadros demográficos.
- Información proporcionada por instituciones afines.
- Tesis.
- Revistas.
- Separatas.
- Visitas de campo.

## GLOSARIO

- Agua Potable: agua exenta de contaminación objetable, apta para el consumo humano o agua sanitariamente segura.
- Aguas Negras: el agua suministrada a una población, que habiéndose aprovechado para diversos usos ha quedado impurificada.
- Aguas Negras Frescas: aguas de origen reciente que todavía contienen oxígeno disuelto.
- Aguas Negras Industriales: aguas negras en las que predominan los desechos industriales.
- Aguas Negras Sépticas: aguas negras en estado de putrefacción bajo condiciones anaerobias.
- Alcalinidad: término usado para representar el contenido de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, silicatos y fosfatos en el agua.
- Alcantarilla: tubería o conducto, generalmente cubierta y que normalmente no va llena, usada para transportar aguas negras u otros líquidos.
- Alcantarilla combinada: alcantarilla que recibe tanto aguas negras como aguas superficiales.
- Alcantarilla Lateral: es la que descarga en un ramal o en otra alcantarilla y que no tiene otro drenaje tributario.
- Alcantarilla Pluvial: es la que acarrea aguas lluvias y aguas superficiales, excluyendo las aguas negras e industriales.



- Algas: vegetales rudimentarios de una o varias células, usualmente acuáticas, y capaces de elaborar sus propios alimentos por fotosíntesis.
- Bacterias: vegetales rudimentarios generalmente no pigmentados, los cuales, se producen por división en uno, dos o tres planos. Pueden desarrollarse en medios de cultivo especiales fuera de su hábitat habitual.
- Bacterias Aerobias: son las que requieren oxígeno libre para su desarrollo.
- Bacterias Anaerobias: son las que no requieren oxígeno para su desarrollo.
- Bacterias Anaerobias Facultativas: son bacterias que se adaptan por sí mismas, al desarrollo tanto en presencia, como en ausencia de oxígeno no combinado.
- Bacterias Parásitas: bacterias que viven en otros organismos vivos.
- Bacterias Patógenas: son las que pueden causar enfermedades.
- Bacterias Saprófitas: bacterias que viven sobre materia orgánica muerta.
- Cajas de Registro: son un medio de acceso para la inspección y limpieza de los sistemas de alcantarillado sanitario.
- Cloración: la aplicación de cloro.

- Contaminación: la adición al agua natural de aguas negras, desechos industriales o cualquier otro material dañino u objetable.
- Criba: un artefacto con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, usado para separar los sólidos suspendidos o flotantes de una corriente de aguas negras.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.
- Desoxigenación: la disminución de oxígeno disuelto en un líquido.
- Dilución: un método de disposición de las aguas negras.
- Dotación: es la cantidad de agua potable que se suministra a una determinada comunidad durante el día. Se expresa en lts/perso-nal/día.
- Efluentes: líquido que fluye hacia afuera del espacio confinado que lo contiene.
- Estanque de Estabilización de Desechos: estanque natural o artificial, que recibe aguas negras o desechos, y en el que tiene lugar la estabilización, por la acción de la luz del sol, el aire y los microorganismos.
- Filtro: dispositivo para separar los sólidos de un líquido, mediante algún tipo de colador.
- Filtro Biológico: un lecho de arena, grava, piedra quebrada a través del cual, las aguas negras fluyen o gotean y cuya efectividad depende de la acción biológica.

- Filtro de Arena: filtro en el cual se usa arena como medio filtrante.
- Floculador: un dispositivo para la formación de flóculos en agua o aguas negras.
- Flóculo: pequeña masa gelatinosa formada en un líquido por la adición de coagulantes o por medio de procesos bioquímicos o por aglomeración.
- Gas de Alcantarilla: es el que forma por la descomposición de la materia orgánica de las aguas negras.
- Grasa: en aguas negras, el término incluye a las grasas propiamente dichas, ceras, ácidos grasos libres, jabones, aceites, etc.
- Hipoclorito: compuesto de cloro granulado en el que se encuentra el radical (OC<sup>-</sup>). Son por lo general inorgánicos.
- Hongos: pequeños vegetales que no producen clorofila, carecen de raíces, tallos y hojas.
- Laguna de Lodos: estanque o depresión natural, poco profunda, usado para el almacenamiento o digestión de lodos y algunas veces para su estadía final o desaguado.
- Lecho de Lodos: una superficie natural confinada o lechos artificiales de material poroso, en los cuales son secados los lodos digeridos de las aguas negras por escurrimiento y evaporación.
- Nata: una masa de material de las aguas negras que flota en su superficie.

- Oxidación: la adicción de oxígeno a un elemento.
- Partes por Millón: la concentración de un determinado componente disuelto en las aguas negras, expresada en miligramos por litro. Una relación expresada en libras por millón de libras, gramos por millón de gramos, etc.
- Preaeración: tratamiento preliminar de las aguas negras, que incluye aeración para la remoción de gases.
- Proceso Biológico: el proceso por el cual, la actividad vital de las bacterias y otros microorganismos, en busca de alimentos, descompone los materiales orgánicos complejos, en sustancias más simples y estables.
- Purificación: la eliminación por métodos naturales o artificiales, de la materia inconveniente del agua.
- Putrefacción: la descomposición biológica de la materia orgánica con producción de malos olores que van asociados a las condiciones anaerobias.
- Reaeración: la absorción de oxígeno por un líquido, del cual su contenido de oxígeno disuelto ha quedado agotado.
- Sedimentación: el proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas negras u otros líquidos.
- Sólidos Disueltos: sólidos que están en solución.
- Sólidos Sedimentables: sólidos suspendidos que se asientan cuando están en reposo.

- Sólidos Suspendidos: cantidad de material que se deposita, al filtrar cierta cantidad de agua, aguas negras, u otro líquido.
- Tanque Imhoff: tanque profundo de dos secciones, para aguas negras, el cual consta de una cámara de sedimentación y otra inferior o de digestión de lodos.
- Tratamiento de Aguas Negras: cualquier proceso a que se someten las aguas negras, para eliminar o alterar sus constituyentes inconvenientes, y hacerlas así menos molestas o peligrosas.
- Tratamiento Preliminar: es el acondicionamiento de cualquier desecho industrial, en el lugar donde se origina antes de su descarga.
- Tratamiento Primario: es el primer tratamiento intensivo en una planta de tratamiento de aguas negras.
- Tratamiento Secundario: es el tratamiento de las aguas negras, por métodos biológicos, después del tratamiento primario por sedimentación.
- Virus: es la más pequeña estructura biológica que contiene toda la información necesaria para su propia producción.
- GTZ: Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica.
- ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
- UEP: Unidad Ejecutora del Proyecto (División de la ANDA).
- OEDA: Oficina Especializada del Agua (División de la ANDA).

- ANE: Administración de Mantenimiento y Equipo (División del Ministerio de Obras Públicas).
- AMSS: Area Metropolitana de San Salvador.
- CP: Colector Primario.

CAPITULO I  
GENERALIDADES

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

A medida que los pueblos se han ido incorporando a la civilización los métodos primitivos de eliminar los residuos urbanos se han sustituido por redes de alcantarillas que arrastran mediante una corriente de agua.

Las redes de alcantarillas tienen la misión de recoger las aguas residuales de las zonas habitadas y conducir las a un punto donde se evacúen.

A veces los líquidos residuales deberán someterse a un tratamiento más o menos intenso antes de desaguarlos en un curso de agua o evacuarlos debidamente, de modo que no puedan ser causa de peligro. Las alcantarillas de aguas negras son las destinadas a las aguas residuales domésticas, excluyendo, en lo posible, las aguas lluvias, las superficiales y subterráneas. Ordinariamente se emplean también para recoger todas las aguas residuales industriales que se produzcan en la zona a la que sirven.

Las primeras alcantarillas para uso de evacuación de aguas residuales industriales que se tiene noticia son las de NIPPUR en la India que se calculan que fueron construidas 3,750 años antes de Cristo.



En Londres se empiezan a construir por los años 1815 - 1820, por esta misma fecha aparecen en Francia y en Hamburgo, Alemania. En Chicago en 1858 se pone en servicio el alcantarillado, que es el primero en América.

A principios de siglo, en la ciudad de San Salvador se construyeron los primeros sistemas de colectores de aguas servidas, pero su ejecución se efectuó sin considerar la posibilidad de que las obras formaran parte de una solución de carácter general o al menos de alcance zonal.

En la década de 1900 - 1930, con la ejecución de los trabajos de pavimentación de San Salvador, se construyeron alcantarillas diseñadas por un criterio más técnico, acorde a las necesidades de esa época, aunque sin preverse el inmenso desarrollo que tendría la ciudad en el futuro. Destaca de esa época, la construcción en 1928 de la primera alcantarilla madre conocida como cloaca "Alcaine" y que tiene la capacidad suficiente para drenar el sistema combinado de aguas residuales y pluviales del centro de la ciudad. Actualmente, esta alcantarilla continúa prestando servicio como tramo final del colector primario No. 3.

A partir de 1940, con asistencia del Servicio Interamericano de Salud, se inició un programa a nivel nacional para el saneamiento de las principales ciudades del país, por medio de la evacuación de las aguas negras. Este programa fue continuado en 1950 con la creación de la Dirección General de Obras Hidráulicas dependiente del Ministerio de Obras Públicas. En esta época las descargas del sistema co-

lector se realizaban en los puntos más cercanos de las quebradas y ríos que atraviesan la ciudad, dando origen a la degradación de tales cursos de agua, debido al alto grado de contaminación alcanzado.

En Enero de 1962, fue creada la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y se inició la ejecución de un programa que, principalmente por factores económicos se limitó a sanear las quebradas situadas dentro de la ciudad, dejando para etapas posteriores el tratamiento de aguas residuales y consecuentemente el saneamiento integral de la cuenca hidrográfica a la cual pertenece el AMSS.

Utilizando créditos internacionales, la ANDA inició en 1963 la construcción de los colectores primarios y secundarios necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

Así en 1964 se construyeron los tres colectores primarios que drenan los sectores del AMSS ubicados al poniente del Río Acelhuate, descargando los dos primeros en el Río Urbina o Tomayate y el tercero en la cloaca Alcaine, la que a su vez descarga en el Río Acelhuate.

Otros colectores de relativa importancia se construyeron posteriormente, tales como el sistema del Boulevard del Ejército, conocido como colector primario No. 4, que descarga en el Río Las Cañas, y colectores secundarios y de alivio a los primarios.

### 1.1.1. DEFINICION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

Conjuntos de conductos, estructuras y dispositivos por medio del cual se recogen las aguas negras de un área determinada y son entregadas en un punto de eliminación.

Una alcantarilla es un tubo o conducto cerrado, que en general no está lleno de líquidos y que se destina a la conducción de las aguas residuales. Los líquidos residuales son los conducidos por las alcantarillas.

### 1.1.2. UNIDADES DEL SISTEMA.

Las alcantarillas ya instaladas en calles y avenidas reciben diversos nombres de acuerdo a su distribución para coleccionar los residuos.

**COLECTOR:** Conducto subterráneo que sirve para la evacuación de aguas negras y/o aguas lluvias.

**COLECTOR DE ALIVIO:** Su función es de ayudar a la evacuación de las aguas residuales de un área que es drenada por otro colector que ya se encuentra saturado o próximo a la saturación.

**COLECTOR EMISARIO:** Colector de gran capacidad de conducción que constituye la sección final de un sistema de alcantarillado, lleva las aguas hacia una planta de tratamiento a un punto de eliminación.

**COLECTOR PLUVIAL:** Conducto subterráneo que sirve para la evacuación de las aguas lluvias.

**COLECTOR INTERCEPTADOR:** Colector de gran capacidad que recoge el gasto de varios colectores primarios y lo conduce hacia un emisario.

**COLECTOR PRIMARIO:** Es un tubo o conducto principal que conduce el gasto de un área considerable. Está encargado de recoger las aguas de las atarjeas o colectores secundarios, por lo tanto serán de diámetros mayores.

**COLECTOR SANITARIO:** Conducto subterráneo que sirve exclusivamente para la evacuación de las aguas negras.

**COLECTOR SECUNDARIO O ATARJEA:** También llamado ramal, recibe el gasto de dos o más tuberías laterales (que son las que a su vez reciben las aguas negras de las conexiones domiciliarias).

**COLECTOR COMBINADO O MIXTO:** Es el tubo o conducto que conduce el gasto de aguas negras y aguas lluvias a la vez.

## **1.2. ELEMENTOS BASICOS PARA EL DIAGNOSTICO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.**

Para la determinación del diagnóstico del sistema de alcantarillado del AMSS, será necesario establecer sus principales componentes o elementos básicos que confirman el sistema como son:

- Colectores primarios.
- Colectores secundarios y redes secundarias.
- Plantas de tratamiento de aguas negras.
- Pozos.
- Juntas de dilatación y expansión en las tuberías.

Estos elementos serán especificados a continuación en los siguientes numerales de este mismo capítulo.

### 1.3. DESCRIPCIÓN DE LOS COLECTORES PRIMARIOS QUE COMPONEN EL AMSS. COLECTORES PRIMARIOS.

La red de colectores primarios, se compone de cuatro colectores denominados:

- Colector primario No. 1 (CP-1).
- Colector primario No. 2 (CP-2).
- Colector primario No. 3 (CP-3).
- Colector primario No. 4 (CP-4).

Cuya ubicación y sus áreas de influencia pueden observarse en el Mapa 1.0 (pag. 8a). A continuación se presenta una breve descripción de la ubicación de los colectores primarios.

#### COLECTOR PRIMARIO No. 1 (CP-1):

Este colector recoge las aguas residuales del área noroeste del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

#### COLECTOR PRIMARIO No. 2 (CP-2):

Es el encargado de drenar lo que es la zona central de San Salvador.

#### COLECTOR PRIMARIO No. 3 (CP-3):

Tiene como función el drenaje de la zona surponiente y central del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

**COLECTOR PRIMARIO No. 4 (CP-4):**

Se encuentra ubicado en la subcuenca que drena hacia el Río Las Cañas.

**1.4. COLECTORES SECUNDARIOS Y REDES SECUNDARIAS.**

La red de alcantarillado de aguas residuales consiste fundamentalmente en un amplio número de colectores secundarios, construidos de acuerdo a las necesidades del AMSS. Usualmente se ha utilizado en su construcción tubería de concreto.

La red de colectores secundarios, descarga parcialmente en los cursos de aguas cercanos y parcialmente en la red de colectores primarios, mencionados en la sección 1.3.

A continuación en una forma breve se dá la ubicación de los colectores secundarios.

**- COLECTORES SECUNDARIOS Y REDES SECUNDARIAS QUE DESCARGAN EN EL COLECTOR PRIMARIO No. 1:**

- a. Colector de Alivio o Colector Zacamil.
- b. Colector Secundario del No. 1. - Arenal de Mejicanos.
- c. Colector Secundario del No. 1. - Centro Urbano Libertad.

**- COLECTORES SECUNDARIOS Y REDES SECUNDARIAS QUE DESCARGAN EN EL COLECTOR PRIMARIO No. 2:**

- a. Colector de Alivio al primario No. 2, Costado sur del Arenal Tutunichapa.

- b. Colector Secundario de 15 pulgadas de diámetro sobre la 1a. Calle Pte.
- c. Colector Secundario de 24 pulgs. desde la calle San Antonio Abad hasta la calle Gabriela Mistral.
- d. Colector Secundario Centroamerica Sur.

- ENTRE LOS COLECTORES SECUNDARIOS MAS IMPORTANTES QUE DESCARGAN EN EL COLECTOR PRIMARIO No. 3 SE TIENE:

- a. Descarga del Colector desde Ciudad Merliot con diámetro de 18 pulgadas, sobre el pozo # 31.
- b. Descarga por bombeo desde la puerta de la Laguna, de 13 pulgadas de diámetro sobre el pozo # 39.
- c. Descargas de 18 y 15 pulgadas desde las colonias La Sultana Guadalupe, sobre el pozo # 55.
- d. Colector Secundario San Benito-La Mascota, de 24 pulgadas de diámetro descargando en el pozo # 78.
- e. Descargas de 15 y 18 pulgadas desde las Colonias Cucumacayán e IVU en el pozo # 102.
- f. Colector Secundario desde el Estadio Nacional a Colonia Málaga de 24 pulgadas, sobre el pozo # 113.
- g. Colector Secundario de 30 pulgadas desde la Avenida 29 de Agosto sobre el pozo # 123.
- h. Colector Secundario de San Marcos de 24 pulgadas, en el pozo # 125.
- i. Colector Secundario en la Calle Modelo que pasa a lo largo del Colector primario No. 3 en el pozo # 123.

j. Descarga del Colector Jardines de la Hacienda de 24 pulgadas sobre el pozo # 35.

- EL COLECTOR SECUNDARIO Y LAS REDES SECUNDARIAS QUE DESCARGAN EN EL COLECTOR PRIMARIO No. 4 SON:

- a. El Colector secundario, El Matazano en el pozo # 28.
- b. Colector secundario de Ilopango.
- c. Colector Valle Nuevo a Santa Lucía.

#### 1.5. PLANTAS DE TRATAMIENTO.

En nuestro país la primera planta de tratamiento tiene su origen en el año 1940, cuando el Servicio Interamericano de Salud Pública financió la construcción de dicha planta en la ciudad de Santa Tecla, para que fuera operada y administrada por la Municipalidad del lugar, pero debido a deficiencias técnicas-administrativas cayó en desuso y fué desmantelada.

Posteriormente hubo un período aproximado de 25 años en el cual el problema de tratamiento de aguas residuales careció de la debida atención, ya que el grado de contaminación de los recursos hidráulicos no era significativo.

En el año de 1976 se comenzaron a implementar plantas de tratamiento, como la construida en la Urbanización Los Prados de San Bartolo, la cual esta constituida por una trampa de sólidos, un tanque Imhoff filtros biológicos, lecho de secado y un tanque de succión; y la que fué construida en la Urbanización Francisco Chávez



Galeano; en 1978, la cual consta de un tanque Imhoff y filtros percolador. Pero los recursos hídricos se siguen contaminando, debido a que los sistemas de tratamiento de aguas residuales son pocos; esto se debe entre otras causas a la poca experiencia en la construcción, con criterios equivocados y la mala experiencia con las primeras plantas debido al inadecuado mantenimiento y operación.

Las plantas de tratamiento que existen en el país se dividen en: Mecanizadas y no Mecanizadas.

Entre las plantas mecanizadas están: la planta de tratamiento del Puerto El Triunfo; que consiste en un canal de oxidación; la del Puerto La Libertad; consiste en tanques de aireación, sedimentación, clarificación y una batería de filtros; Urbanización Los Naranjos; compuesta por lodos activados y lecho de secado, etc.

No Mecanizadas: Urbanización Alpes Suizos; que consiste en tanques de sedimentación, filtros percoladores y lechos de secado; Urbanización Valparaíso; la cual consta de un tanque Imhoff, lechos de secado y filtro percolador; Urbanización Francisco Chávez Galeano que esta integrada por un tanque Imhoff y filtro percolador, etc.

#### 1.6. ELEMENTOS SECUNDARIOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Las redes de alcantarilla requieren una gran variedad de instalaciones complementarias o elementos secundarios para asegurar un trabajo apropiado dentro del sistema. Las más numerosas son las cá-

maras de registro que pueden ser pozos o las comúnmente conocidas cajas de registro, y para las aguas pluviales son sumideros.

#### 1.6.1. POZOS DE REGISTRO.

Los pozos de registro se emplean como medio de acceso para la inspección y limpieza. Se colocan a intervalos de 90 a 150 mts. y en los puntos donde se produzca un cambio de dirección o de sección en la tubería, o de considerable variación de pendiente.

En las grandes tuberías del alcantarillado con diámetros de 1.50 mts. o más, para su inspección se pueden introducir directamente al alcantarillado, así que necesitan pocos pozos de registro.

La forma constructiva de los pozos de registro se ha normalizado considerablemente, y en la mayor parte de las grandes ciudades se han establecido diseños que se adoptan de un modo general.

En nuestro país la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA), establece las normas para el diseño y construcción de los pozos de registro.

Haciendo una descripción en forma general de los pozos de registro de acuerdo a las normas establecidas por la ANANDA para la construcción de los pozos de registro se pueden mencionar que éstos tienen un marco y una tapa de hierro fundido con una apertura neta de 50 a 60 cms., el marco descansa sobre la obra de fábrica que se ensancha hasta alcanzar un diámetro de 0.90 a 1.50 mts. de la boca

del pozo, continuando con este diámetro hasta que llega a la alcantarilla (fig. No. 1.6.1).

Si la profundidad total es menor de 3.60 mts. las paredes se hacen de 20 cms. de espesor, y por cada 1.80 mts más de profundidad, debe aumentarse este espesor en 10 cms.

El fondo de las cámaras de registro se hace ordinariamente de hormigón, dando a su cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o los canales que forman la continuación de los tubos.

Los canales se recubren a veces con tubos de alcantarillas partidos o seccionados por su diámetro. En todo caso, la profundidad del canal debe ser casi igual al diámetro del tubo, para evitar que las aguas de la cloaca se despaframen sobre el fondo del pozo, ya que si esto ocurre, pueden quedar retenidas las materias sólidas con probable producción de olor.

En los puntos en que las derivaciones o tuberías secundarias enlazan con una alcantarilla más profunda se utilizan los pozos de caída.

Los pozos de visita se utilizan como disipadores de energía, en otras palabras, para evitar que las aguas negras caigan con demasiada fuerza en el colector primario causándole rupturas.

Cuando ha de transportarse gran cantidad de aguas residuales durante un largo trayecto con fuerte pendiente, se construyen túneles especiales.

Los túneles se construyen cuando el colector se coloca a profundidades mayores a los 10 mts., su forma puede ser ovalada o circular para facilitar al trabajador reparar los daños que el túnel puede sufrir durante su vida útil.

Los túneles pueden ser de concreto simple o reforzados para uso local cuando la topografía del lugar lo amerite.

Para contener la fuerza de la caída se disponen en el túnel planos horizontales escalonados, o bien un pozo o sumidero, en el fondo que al desbordarse hace que el líquido alcance la alcantarilla de nivel inferior.

Las tápas y marcos de los pozos de registro lo suministran las fundiciones, ajustándose a las normas y peso establecido. En el caso de tráfico urbano de máxima densidad vehicular la cubierta y su marco deben pesar unos 250 kgs., mientras que en el caso de tráfico urbano ligero pueden considerarse que con un peso de unos 200 kgs. se obtendrá suficiente resistencia.

En los pozos de registro más profundos se necesita disponer escalones para que los trabajadores puedan bajar, pudiendo emplearse barrotes de acero empotrados en las juntas de los ladrillos, pero duran poco y pueden ser peligrosos. También pueden utilizarse cadenas de acero que sirven como lazos.

#### SUMIDEROS.

Llamados también imbornales o tragantes son las aberturas que se disponen en las alcantarillas pluviales o unitarias para que en

ellos penetre el agua lluvia. Se colocan en los cruces de calles, u ocasionalmente en el punto medio de las manzanas si estas tienen más de 150 metros de longitud.

Los ramales cortos necesarios para enlazar los sumideros con las alcantarillas pueden entrar todos en un pozo de registro, o enlazarse a los puntos más próximos de las alcantarillas mediante una pieza de "yee".

#### DEPOSITOS DE RETENCION.

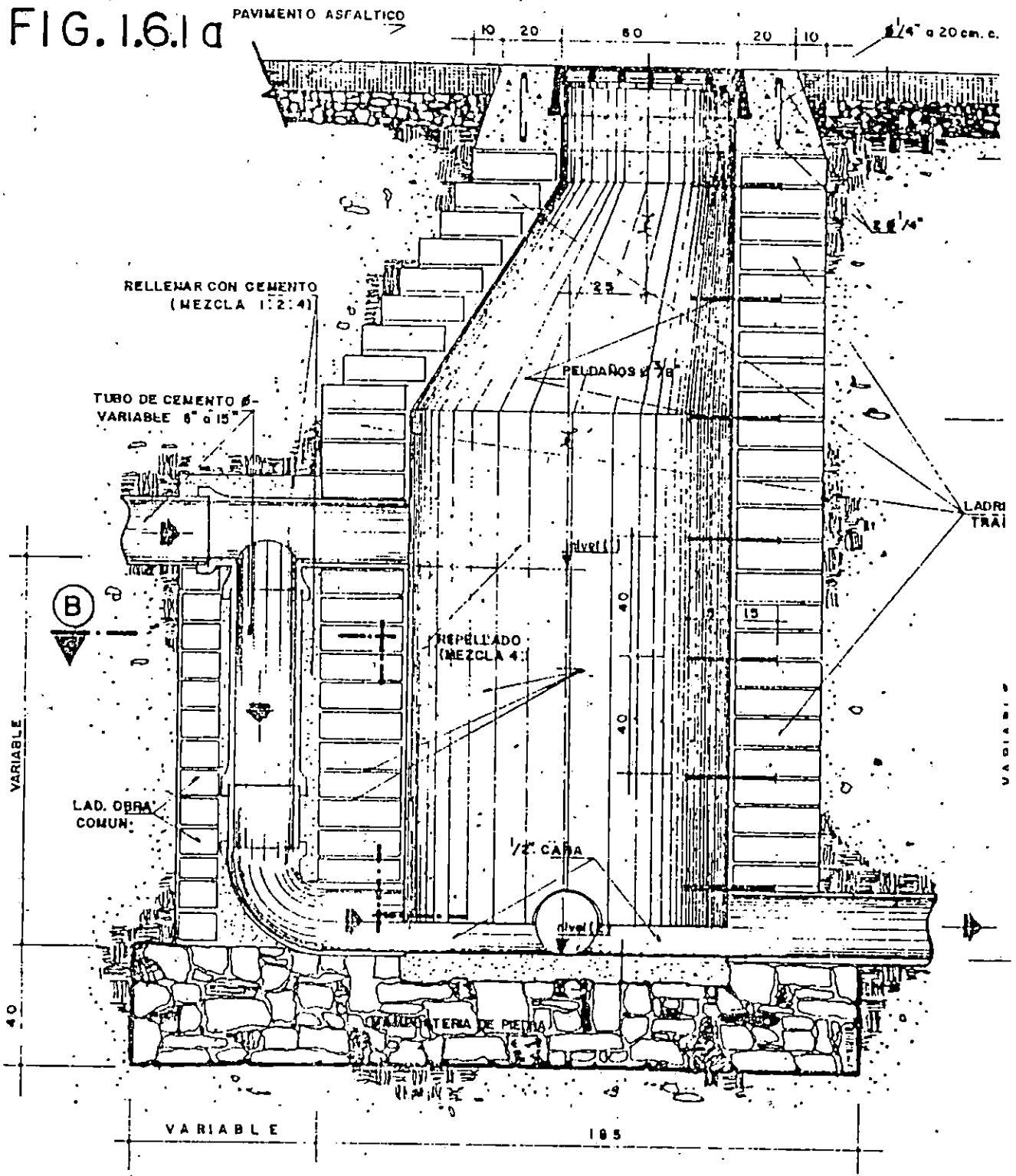
Los depósitos de retención son imbornales con un depósito que retiene el agua de lluvia durante un breve período de tiempo, con objeto de que se poseen o sedimenten los residuos.

El tubo de salida se dispone generalmente con sifón, para evitar la obstrucción de las cloacas pluviales y las unitarias con arena, escombros y otras materias análogas. Actualmente sin embargo se da más importancia a una buena pendiente de la alcantarilla y a su construcción cuidadosa y se prefieren los imbornales.

#### JUNTAS DE DILATACION Y EXPANSION.

Generalmente la tubería principal del sistema de alcantarillado del Area Metropolitana de San Salvador (AMSS). Colectores Primarios, Colectores Secundarios, Interceptores, etc. son constituidos por tubos de concreto u hormigón armado. Como se sabe dichos tubos son fabricados con una longitud determinada y debido al trayecto o recorrido de la tubería del sistema, es necesaria la utilización de un considerable número de tubos, para la conexión de éstos tubos, ade-

FIG. 1.6.1 a



SECCION A-A ESC 1:20



más de sus correspondientes balonas o uniones se necesita de la construcción de juntas de dilatación y expansión, ya sea por los cambios de temperatura o por movimientos sísmicos.

Las juntas de dilatación y expansión muchas veces se hacen por medio de cajas de conexión o directamente en las uniones de los tubos, el material a emplear está regido por las normas de la ANDA, en cuanto a calidad de materiales y resistencia de los mismos.

Muchas veces el sistema de alcantarillado sanitario es deteriorado debido a la mala construcción u ubicación de las juntas.

En las tuberías de hierro fundido, PVC y otros similares las juntas de dilatación y expansión vienen definidas, por el diseñador, distribuidor o suministrantes, entre estas juntas se pueden mencionar la junta rápida, abrazaderas y otras.

### 1.7. APOORTE DE AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales son las aguas de abastecimiento de las poblaciones, luego de haber sido impurificadas por diversos usos.

Resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas de habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con las provenientes de los establecimientos industriales.

El aporte de las aguas residuales depende de diversos factores; por ejemplo, el tipo de alcantarillado, la zona si es residencial o industrial, comercial, etc.



Por ejemplo, una zona residencial con un buen sistema de alcantarillado pueden producir unos 160 Lts./persona/día, y una población industrial puede producir 800 Lts./persona/día.

En la siguiente tabla se muestra la dotación de agua potable para diferentes zonas:

URBANIZACION	DOTACION
Vivienda Mínima-----	125 - 150 Lts./hab./día
Residencial-----	400 - 500 Lts./hab./día
Consumo Comercial-----	40 mt <sup>3</sup> /hab./día
Escuelas-----	50 Lts./alumno/día
Hoteles-----	500 Lts./hab./día

De la dotación anterior se considera que el 60 - 70% del agua total abastecida se convierte en aguas residuales.

### 1.7.1. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES.

Las aguas negras pueden ser originadas por:

- a) Desechos humanos y animales.
- b) Desperdicios caseros.
- c) Corrientes pluviales.
- d) Infiltraciones de aguas subterráneas.
- e) Desechos Industriales.

a) Desechos humanos y animales: Son los provenientes de las exoneraciones corporales que llegan a formar parte de las aguas

negras mediante los sistemas hidráulicos de los retretes y en cierto grado de los procedentes de los animales, que van a dar a las alcantarillas al ser lavadas en el suelo o en las calles.

b). Desperdicios caseros: Son los que se originan de las manipulaciones domésticas de lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos.

c) Corrientes pluviales: Las lluvias depositan cantidades variables de agua en la tierra y gran parte de ella lava la superficie, al escurrir arrastrando polvo, arena, hojas y otras basuras.

Las aguas pluviales tienen una gran importancia, en lo referente al tratamiento de las aguas negras, cuando se conectan a las alcantarillas, de las que deben excluirse, aunque no siempre se hace.

d) Infiltraciones de aguas subterráneas: El sistema de alcantarillado, el cual colecta las aguas negras, va soterrado, y en muchos casos queda debajo del nivel de los mantos acuíferos. En la mayoría de los casos las juntas de las secciones de tubería que forman las alcantarillas no están perfectamente ajustadas, por lo que cabe la posibilidad de que se infiltre el agua subterránea. Debido a que los colectores funcionan por gravedad, las infiltraciones son siempre considerables.

E) Desechos industriales: Las aguas provenientes de los procesos industriales son parte importante de las aguas negras de

una población; por lo que deben tomarse las precauciones necesarias para su eliminación. Los desechos varían en tipo y volumen ya que dependen de las clases de establecimientos industriales que estén ubicados en la zona. En algunos casos los desperdicios industriales contienen detergentes y otras sustancias químicas que pueden ocasionar daños a las alcantarillas y otras estructuras. Razón por la cual no se pueden agregar en forma directa a las aguas negras, sino que antes deben recibir un tratamiento preliminar para ser eliminados por medios especiales y por separado.

#### 1.8. AGUAS RESIDUALES DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Las aguas residuales de los distintos sistemas de alcantarillado, se pueden clasificar según su procedencia de la siguiente manera:

- a) Aguas negras domésticas: son las que contienen desechos humanos, animales y caseros. Además se incluyen la infiltración de aguas subterráneas. Estas provienen de las zonas residenciales.
- b) Aguas negras sanitarias: éstas incluyen además de las aguas negras domésticas, una gran parte de los desechos industriales de la población.

Las aguas residuales de origen doméstico están constituidas en su mayoría por líquidos, y en proporción menor, por sólidos suspendidos. El contenido total de sólidos es la característica física más importante, el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión en dispersión coloidal y en disolución. Otras características físicas son la temperatura, color y olor.

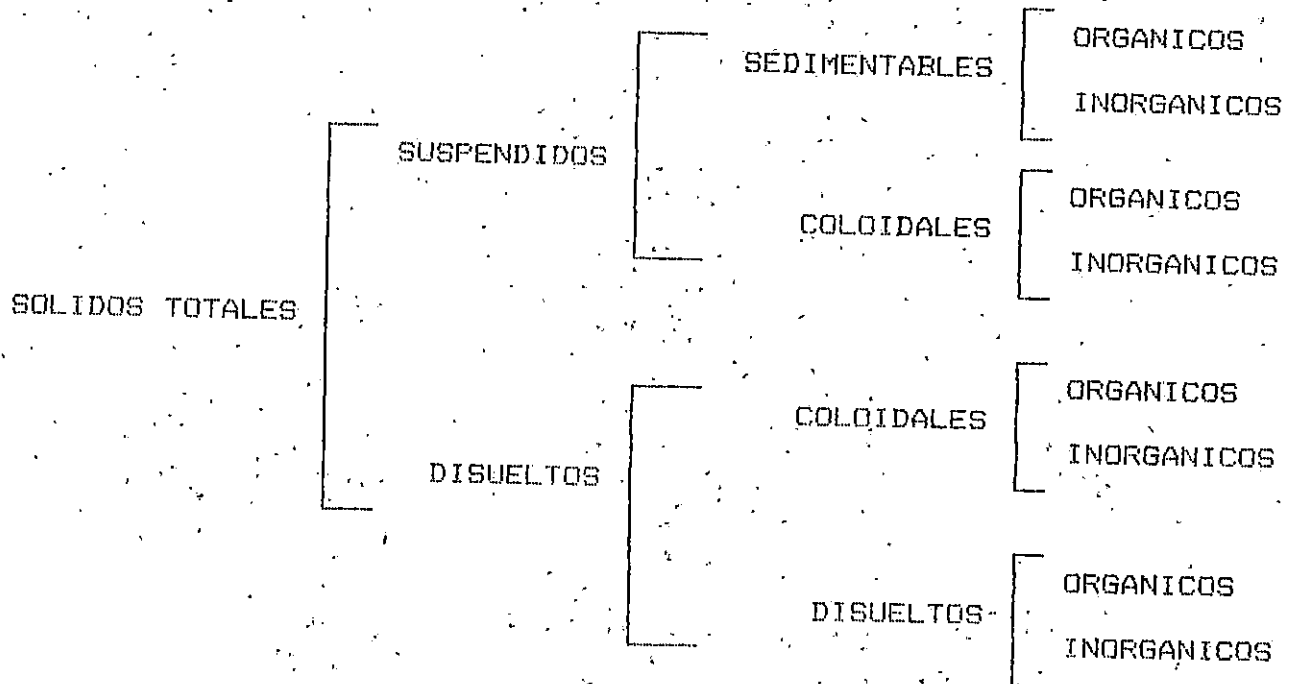
#### 1.8.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

binadas.

aisladamente o se agregan a las aguas negras sanitarias o com-  
nen de los procesos industriales. En algunos casos se colectan  
e) Desechos industriales: son las aguas de desechos que provie-  
nismas alcantarillas.

de las aguas domésticas y pluviales, cuando se colectan en las  
d) Aguas negras combinadas: son las que se forman de la mezcla  
pavimentos y otras superficies naturales del terreno.

c) Aguas pluviales: son las que se forman debido al escurri-  
miento superficial de las lluvias, que fluyen de los techos,



SOLIDOS SUSPENDIDOS.

Estos comprenden las partículas flotantes mayores consistentes en polvo, arcilla, arena, sólidos fecales, papel, astillas de madera, partículas de alimentos y de basura, y otros materiales similares.

Están constituidos aproximadamente por 70% de sólidos orgánicos y un 30% de sólidos inorgánicos.

Los sólidos suspendidos se dividen en dos partes: Sólidos Sedimentables y Sólidos Coloidales.

a) Los Sólidos Sedimentables son la porción de sólidos, los cuales debido a su tamaño y peso se sedimentan en un periodo determinado que por lo general es de una hora.

b) Los Sólidos Coloidales indirectamente son la diferencia entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos-sedimentables. Constituyen la fracción de los sólidos suspendidos totales (cerca del 40%) que no pueden eliminarse fácilmente recurriendo a tratamientos físicos o mecánicos.

#### SOLIDOS EN SOLUCION.

Incluye a todos aquellos que pasan a través de la capa filtrante de asbesto de un crisol Goach. Aproximadamente un 90% de los sólidos totales está verdaderamente disuelto, el otro 10% se encuentra en estado coloidal.

El total de los sólidos disueltos está compuesto por un 40% de orgánicos y un 60% de inorgánicos. La porción coloidal tiene un mayor porcentaje de materia orgánica que la verdaderamente disuelta, debido a que ésta incluye a todas las sales minerales del agua de abastecimiento.

#### LIQUIDOS VOLATILES.

Las aguas residuales pueden contener líquidos volátiles. Generalmente se trata de líquidos que hierven a menos de 100 grados centígrados, por ejemplo la gasolina.

#### TEMPERATURA.

Esta es una de las características físicas más importantes, debido al efecto que tiene en la vida acuática, por lo general, la temperatura de las aguas residuales es mayor que la del agua sumi-

nistrada, esto es debido al encierro sufrido durante la evacuación y al proceso de degradación que se vá llevando á cabo.

Debe tenerse en cuenta que un cambio repentino de temperatura puede repercutir en un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática y en un crecimiento acelerado de algas y hongos.

#### COLOR.

Cuando las aguas residuales son frescas, presentan un color gris en ellas se encuentran flotando cantidades variables de materia, tales como: sustancias fecales, restos de alimentos, basura, papel y otros residuos de las actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad. Según va pasando el tiempo, el color cambia gradualmente del gris al negro.

#### OLOR.

Los olores de las aguas residuales, son debido a los gases que se producen en la descomposición de la materia orgánica. Cuando son recientes tienen un olor a moho no desagradable, con el transcurso del tiempo se va desarrollando un olor ofensivo y desagradable.

Para poder controlar el olor del agua residual se somete a un proceso de preaireación y precloración, además un agente oxidante como el ozono se utiliza para tratar las sustancias que causan el olor en los efluentes de los tratamientos preliminares.

## 1.8.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Las características químicas de las aguas negras las podemos considerar en tres categorías, las cuales son:

- a) Materia Orgánica.
- b) Materia Inorgánica.
- c) Gases.

### a) MATERIA ORGÁNICA.

Es la que procede de animales, vegetales y de las actividades humanas que están relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Se forman mediante una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno.

Las sustancias orgánicas que se encuentran en el agua residual son las proteínas (40 a 60%), carbohidratos (25 a 50%), grasas y aceites (10%).

### PROTEÍNAS.

Son los componentes principales del organismo animal, se encuentran en las plantas, pero en menor grado. Las cantidades varían de porcentaje mínimo en fruta con mucha agua y los tejidos grasos de la carne, hasta elevados porcentajes en las carnes magras.

Los elementos que se encuentran en las proteínas son el carbono, hidrógeno y oxígeno, en algunos casos podemos encontrar azufre, fósforo y hierro.



### CARBOHIDRATOS.

Los carbohidratos comprenden: almidones, azúcares, celulosa y fibra de madera, los cuales se encuentran en las aguas residuales. Los azúcares son solubles en agua y están predispuestos a la descomposición; con las enzimas de algunas bacterias se da un proceso de fermentación en la cual se produce alcohol y dióxido de carbono.

### FENOLES.

Los fenoles son importantes constituyentes del agua y causan problemas en el sabor de ésta, en especial cuando está clorada.

Estos se encuentran en las aguas residuales de desechos industriales.

### GASES.

Los gases de la atmósfera y que se encuentran en todas las aguas expuestas al aire son: Nitrógeno ( $N_2$ ), Oxígeno ( $O_2$ ), Anhídrido Carbónico ( $CO_2$ ), el Sulfuro de Hidrógeno ( $SH_2$ ), Amoniaco ( $NH_3$ ) y el metano proceden de la descomposición de la materia orgánica que se encuentra en el agua residual.

### OXIGENO.

Es ligeramente soluble en agua, lo cual, es deseable en las aguas residuales, ya que evita al formación de olores desagradables.

SULFURO DE HIDROGENO.

Es un gas incoloro, inflamable el cual se forma debido a la descomposición de la materia orgánica que contiene azúfre. Tiene el olor característico a huevos podridos.

METANO.

Es un hidrocarburo combustible, incoloro e inodoro, el cual tiene un gran valor como combustible. No se encuentra en grandes cantidades en las aguas residuales, debido a que pequeñas cantidades de oxígeno son tóxicas para los organismos de los cuales se produce el metano.

La formación del metano se debe a una descomposición anaerobia en depósitos acumulados en el fondo.

b) MATERIA INORGANICA.

Existe una cierta cantidad de componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen gran importancia en el establecimiento y control de la calidad del agua.

Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar los usos del agua, por lo que es conveniente examinar la naturaleza de algunos de ellos en especial los que se añaden al agua superficial por el ciclo de su utilización.

PH.

Un parámetro de calidad importante de las aguas residuales es la concentración de Ión Hidrógeno; el agua residual con una concentración adversa del Ión Hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos, además el efluente puede ocasionar una alteración en la concentración de las aguas naturales, si no se hace una corrección del PH antes de la evacuación.

En todo tratamiento de agua es importante considerar las sustancias que causan alcalinidad o acidez y la intensidad de éstas.

### 1.8.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales contienen una innumerable cantidad de organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles, excepto bajo el microscopio. El grupo principal de organismos que se encuentran en las aguas residuales se denominan Protistas.

PROTISTAS.

Entre los protistas más importantes se encuentran las bacterias, algas y protozoos.

BACTERIAS.

Las bacterias son organismos vivos, de tamaño microscópicos, que constan de una sola célula y su proceso vital, así como sus funciones, son similares a los de los vegetales, juegan un papel impor-

tante dentro de una planta de tratamiento, ya que intervienen en la descomposición y estabilización de la materia orgánica.

#### ALGAS.

Un factor muy importante que se debe considerar en un sistema de tratamiento, es la presencia de algas, ya que influyen en el diseño de la planta, es necesario considerar que la luz del sol provoca un proceso de reproducción, el oxígeno que liberan las algas a través del proceso de la fotosíntesis es utilizado por las bacterias en la degradación aerobia.

#### PROTOZOOS.

Son protistas que se alimentan de bacterias y otros protistas microscópicos, mantienen un equilibrio natural entre los distintos grupos de microorganismos por lo cual son básicos en el proceso de eliminación de impurezas.

#### VIRUS.

Otra forma de vida que se encuentra en las aguas residuales, son los virus. Son más pequeños que cualquiera de los otros organismos microscópicos. No tienen un papel importante en el proceso de tratamiento de las aguas negras; su importancia radica en que son los agentes causantes de cierto número de enfermedades en el hombre.

Algunos como el virus de la hepatitis, se desarrollan en los intestinos de los seres humanos y son arrastrados por las materias fecales hasta las aguas negras.

### 1.9. TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

El crecimiento poblacional acelerado, los efectos de la contaminación en el medio ambiente y sobre el mismo ser humano, condicionan a éste a la urgente necesidad de evacuar sus aguas negras y otros desechos en una forma segura y menos contaminantes a sus afluentes naturales como ríos, lagos y el mar por lo que, el tratamiento de las aguas negras se convierte en una necesidad indispensable y efectiva de:

- Consevar fuentes de abastecimiento de agua potable.
- Prevenir molestias.
- Prevenir enfermedades.
- Mantener aguas limpias para propósitos turísticos.
- Mantener y propagar la vida acuática.
- Conservar el agua para uso industrial y agrícola.
- Evitar el azolve de los canales navegables.

El tratamiento de aguas negras, es el proceso por el cual, los sólidos que el agua contiene son separados parcialmente, haciendo que los restos de los sólidos orgánicos que son altamente propensos a la putrefacción sean convertidos en sólidos minerales u otros sólidos orgánicos menos putrescibles o más estables. Completando el proceso será necesario disponer de los líquidos y sólidos resultantes.

Los diferentes procesos que conforman el tratamiento de las aguas negras siguen los pasos que la misma naturaleza tiene para su propia descontaminación llamado AUTOPURIFICACION.

A diferencia de la autpurificación, los tratamientos de descontaminación creados por el hombre estan limitados a una zona u área adecuada, restringida y controlada para generar las condiciones necesarias que aceleren las reacciones físicas, químicas y biológicas que deben realizarse.

Para la selección del tratamiento adecuado se deberá de considerar:

A - Cantidad de los sólidos acarreados y sus características.

B - Objetivos que persigue el tratamiento seleccionado.

C - Capacidad del terreno a utilizar:

C-1- Tipo de agua receptora de las aguas negras.

C-2- Volumen del agua receptora en relación con el volumen de aguas negras a descargar, para una efectiva Autopurificación.

D - Tipo de evacuación o de disposición de las aguas negras.

D-1- Evacuación por Irrigación:

Las aguas negras son derramadas sobre la superficie del terreno por medio de zanjas o surcos de regadío.

D-2- Evacuación Superficial:

Las aguas negras se hacen llegar a la tierra por debajo de la superficie, ya sea por excavaciones o enlozados.

D-3- Evacuación por Dilución:

Consiste en descargar las aguas negras en aguas superficiales como ríos, lagos o en el mar.

El proceso de Autopurificación se establece en el hecho de que las aguas negras al ser descargadas en la corriente natural, continúan un proceso de degradación y descomposición, lo cual en un momento dado, el agua tenderá a regresar a su estado descontaminado o natural como producto de la descomposición de la materia orgánica. La Autopurificación se realiza por reacciones físicas, químicas y biológicas:

1 - Las reacciones físicas comprenden la sedimentación de los sólidos suspendidos, que forman depósitos llamados "Bancos de Lodo", la clarificación y algunos otros efectos producidos por el sol y su oxigenación.

2 - Las reacciones químicas y biológicas dependen del tiempo de duración, temperatura a que se efectúan, del abastecimiento de oxígeno y otros factores ambientales.

La Autopurificación comprende 4 zonas (ver figs. 1.1 y 1.2):

- Zona de degradación.
- Zona de descomposición.
- Zona de recuperación.
- Zona de agua limpia.

- ZONA DE DEGRADACION.

El agua presenta signos visibles de contaminación, presenta sólidos flotantes, fragmentos de basuras, papel, sólidos fecales y otros.

El oxígeno comienza a disminuir pero no se agota inmediatamente. La fauna disminuye y abunda la activación biológica microscópica, bacterias en grandes cantidades y hongos.

- ZONA DE DESCOMPOSICION.

Se desarrolla la descomposición anaeróbica. El oxígeno disuelto es casi nulo y la fauna acuática ya no existe. El agua se ha vuelto negra, despidiendo olores ofensivos por el trabajo de descomposición que realizan los organismos anaeróbicos (aquellos que no necesitan oxígeno para vivir). Hay sedimentación, disminuyen los sólidos putrescibles y con ello la intensidad de las reacciones de putrefacción.

- ZONA DE RECUPERACION.

Hay reabsorción de oxígeno, el cual, comienza a aumentar en grandes cantidades, los sólidos orgánicos disminuyen, alta presencia de microorganismos extinguiéndose los anaeróbicos, continúa la sedimentación de sólidos formando más bancos de lodos, presencia de gusanos y larvas, en el fondo, presencia otra vez de vida acuática.

- ZONA DE AGUA LIMPIA.

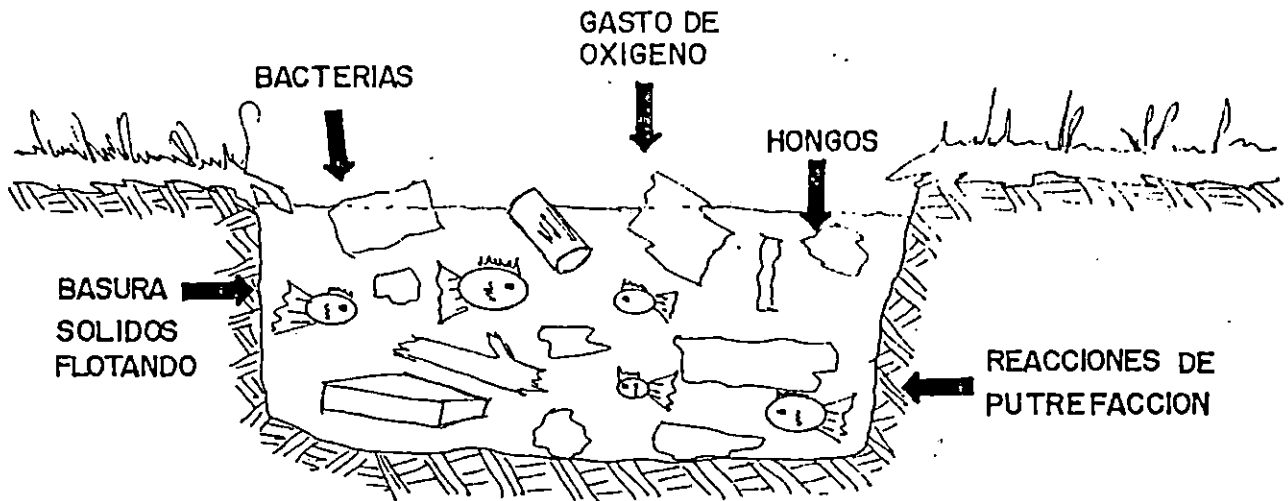
Se ha consumado casi completamente la descomposición de sólidos orgánicos quedando sólidos inorgánicos estables. No hay sólidos vi-



FIG. 1.1.

# PROCESO DE AUTOPURIFICACION

## 1a. ZONA DE DEGRADACION



## 2a ZONA DE DESCOMPOSICION

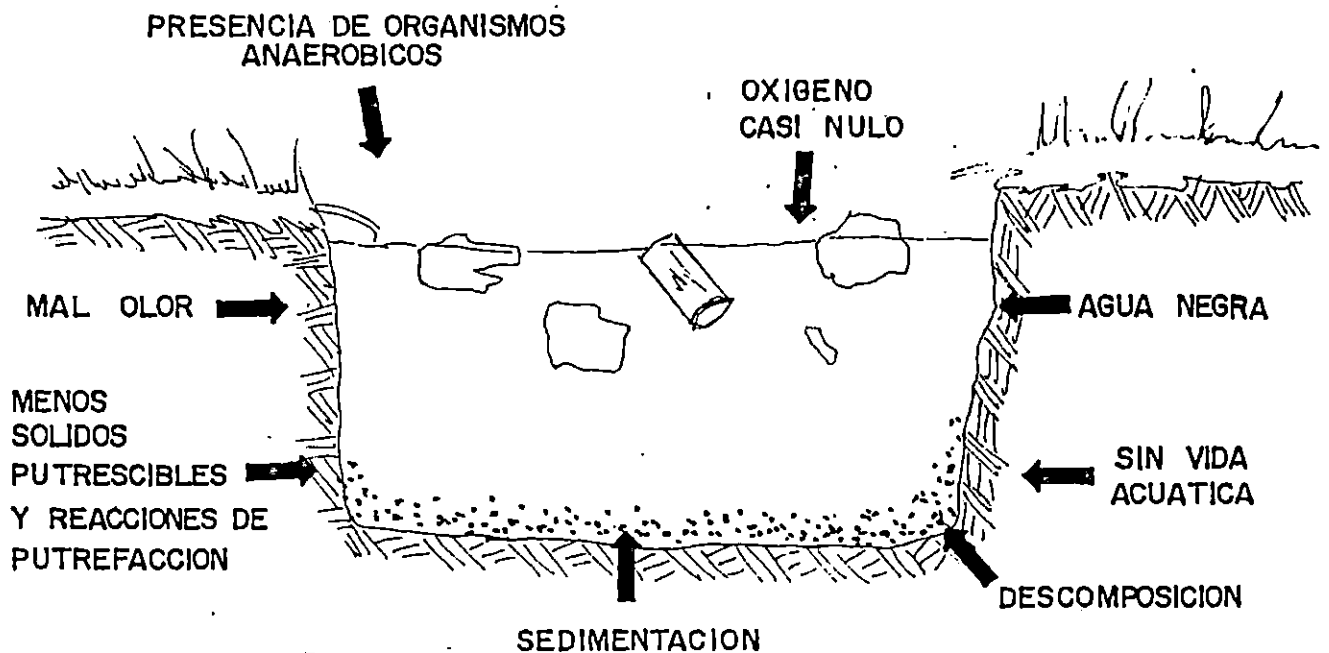
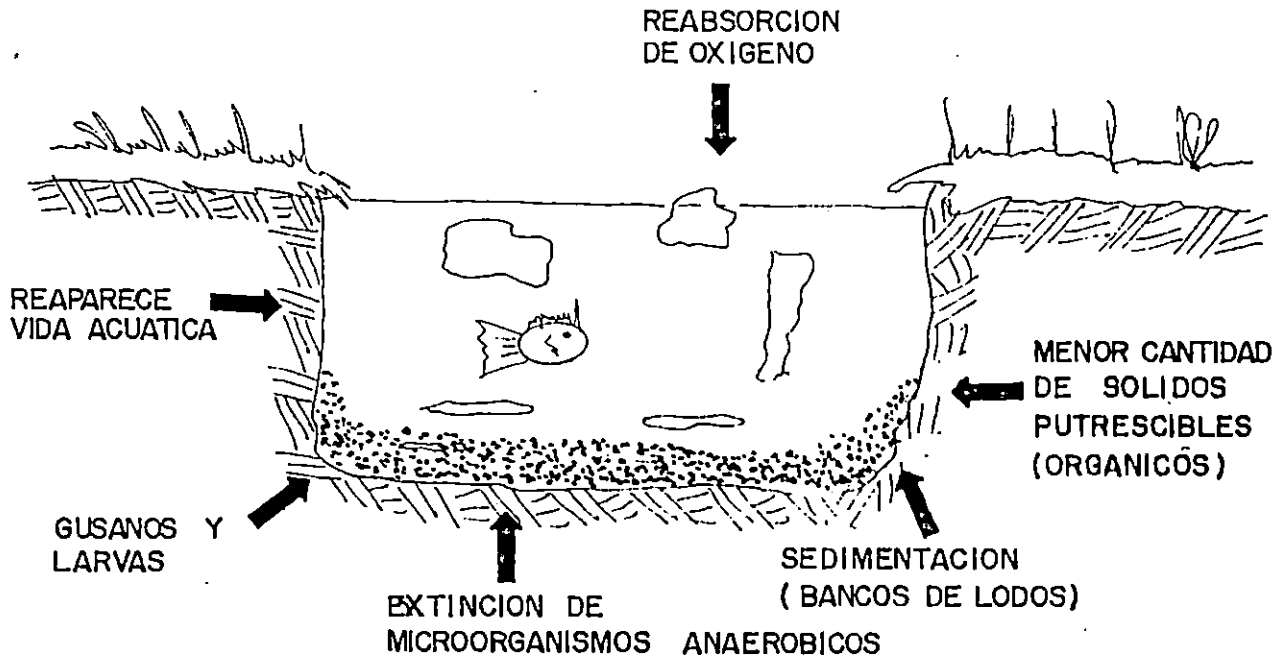
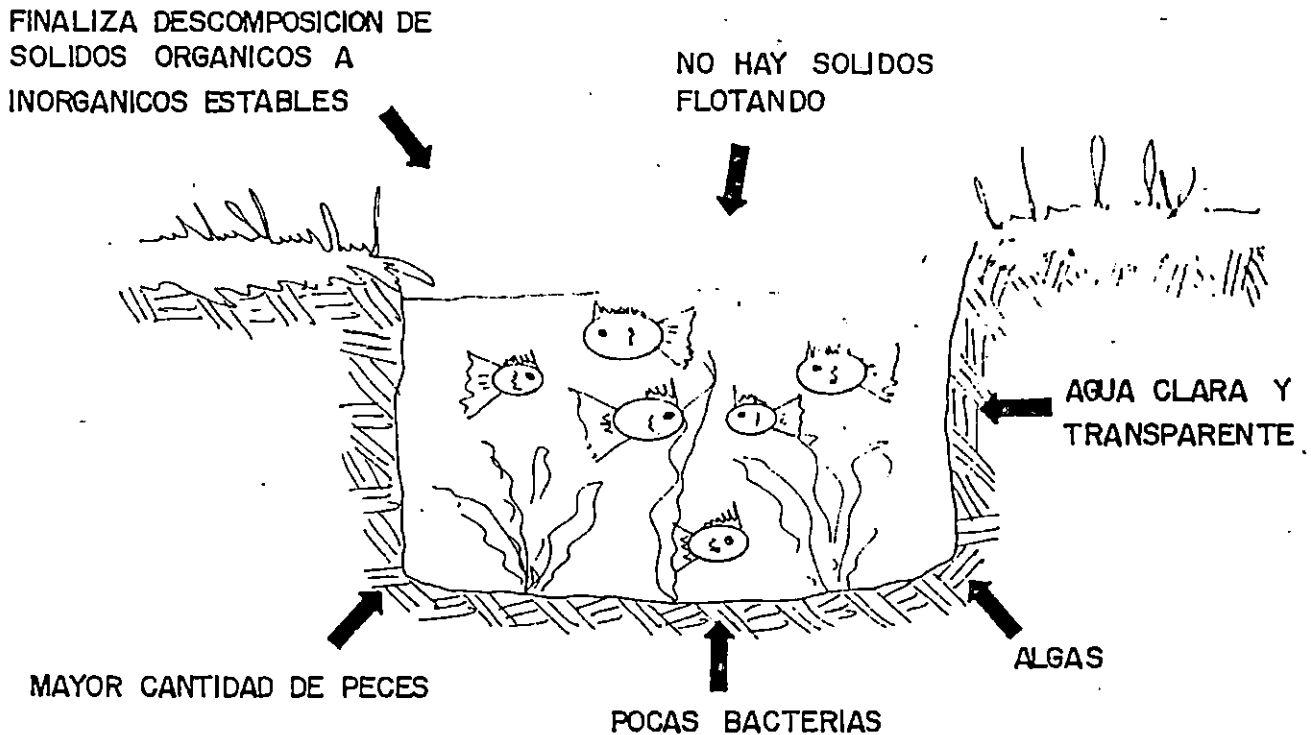


FIG. 1.2

3a ZONA DE RECUPERACION



4a ZONA DE AGUA LIMPIA



sibles flotando, agua clara, sin materia suspendida y transparente, pocas cantidades de bacterias, presencia de algas y mayor cantidad de peces.

El proceso dependerá del tiempo o la distancia que tiene que recorrer para pasar por las 4 zonas mencionadas, del volumen de contaminación, el caudal de la corriente, la turbulencia del flujo, la temperatura del agua y de la contaminación adicional en el trayecto.

Sin embargo, a este proceso sobreviven algunos organismos patógenos, virus y otros compuestos no totalmente orgánicos que vienen de industrias que no son alterados en el proceso explicado, por lo que permanecen como contaminación residual.

Como el empleo de las aguas receptoras puede variar desde ser una agua para beber o para fines culinarios, la cantidad o grado de tratamiento que se dé a las aguas negras o a los desechos debe de variar de acuerdo con ello. Se debe procurar un tratamiento para los sólidos y los líquidos que se eliminan como lodos, puede necesitarse un tratamiento para controlar olores, para retardar las actividades biológicas y destruir los organismos patógenos.

Los métodos utilizados para el tratamiento de las aguas negras se clasifican en:

- Tratamiento Preliminar.
- Tratamiento Primario.
- Tratamiento Químico.
- Tratamiento Secundario.

- Cloración.
- Tratamiento de Lodos.
- Tratamiento de Desechos Industriales.

- TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Consiste en separar de las aguas negras aquellos constituyentes que pudiesen obstruir o dañar las bombas, o interferir con los procesos subsecuentes del tratamiento. Por lo tanto, los dispositivos para el tratamiento preliminar se diseñan para:

- Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos. Estos sólidos consisten generalmente en trozos de madera, telas, papel, basura, junto con materia fecal.
- Separar los sólidos inorgánicos pesados como arena, grava e incluso objetos metálicos.
- Separar cantidades excesivas de aceites y grasas.

- TRATAMIENTO PRIMARIO.

Ha sido diseñado para retirar de las aguas negras los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables que yacen suspendidos en las aguas negras alrededor del 40 a 60% de éstos, mediante el proceso físico de sedimentación.

Esto se logra reduciendo la velocidad del flujo. Las alcantarillas son construídas para mantener una velocidad de 60 cm./seg., la cual es apropiada para arrastrar con las aguas negras todos los sólidos.

lidos y prevenir que se depositen en las líneas de alcantarillado. En el tratamiento preliminar se disminuye esta velocidad hasta unos 30 cm./seg., durante un corto lapso de tiempo, en el cual se depositan como arenas los sólidos inorgánicos más pesados. En el tratamiento primario la velocidad de flujo se reduce hasta 1 ó 2 cm./seg. en un tanque de sedimentación o de asentamiento, durante un tiempo suficiente, para dejar que se deposite la mayor parte de los sólidos sedimentables, que son principalmente orgánicos, separándose de la corriente de aguas negras.

Los principales dispositivos para el tratamiento primario son los tanques de sedimentación; algunos de ellos pueden servir para la descomposición de los sólidos orgánicos sedimentados, lo que se conoce como "Digestión de los Lodos".

#### - TRATAMIENTO QUIMICO.

Se considera como un tratamiento intermedio, ya que sus resultados son mejores que el tratamiento primario común y sin embargo, no tan buenos como un tratamiento secundario.

Tiene aplicación en el tratamiento de desechos industriales que no son fácilmente atacables biológicamente y donde las condiciones de las aguas receptoras exigen periódicamente un mayor grado de tratamiento que el tratamiento primario común, pero que no justifican un tratamiento secundario.

Consiste en agregar uno o más reactivos a las aguas negras para producir un flóculo o compuesto químico insoluble que absorva la ma-

teria coloidal; envolviendo a los sólidos suspendidos no sedimentables y que se depositen rápidamente. La sustancia química que se precipita, también se disocia en las aguas negras, y neutraliza las cargas eléctricas que tienen las partículas coloidales, haciendo que se aglomeren y formen grupos sedimentables. Los reactivos que más se emplean son el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso de cal y sulfato férrico.

#### - TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Cuando un tratamiento primario completo no es suficiente para satisfacer los requerimientos de las aguas receptoras, se utiliza el tratamiento secundario que sea aplicable: ya sean filtros goteadores o lodos activados.

Para este tipo de tratamiento se emplean cultivos biológicos que llevan a cabo una descomposición aeróbica u oxidación del material orgánico. Transformándolos en compuestos más estables, lográndose un mayor grado de tratamiento que el obtenido con una sedimentación primaria.

Aunque el tratamiento secundario depende de la cantidad de organismos aeróbicos para llevar a cabo la descomposición. En los filtros los organismos están adheridos al medio filtrante y hacia ellos va el material orgánico y en los lodos activados son los organismos los que se llevan la materia orgánica de las aguas negras.

El éxito de esta operación consiste en mantener las condiciones aerobias ambientales que sean favorables para el ciclo vital de los

organismos y en controlar la materia orgánica que descompongan. La materia orgánica es el alimento de que se sustentan estos organismos y su eficiencia disminuye tanto por una sobre alimentación como por una alimentación deficiente.

Este tratamiento es comparable con la zona de recuperación del proceso de Autopurificación de una corriente.

- CLORACION.

La cloración de las aguas negras consiste en la aplicación de cloro para lograr un propósito determinado. El cloro puede introducirse en forma de gas, solución acuosa, o en la forma de hipoclorito, ya sea de sodio o de calcio, los cuales, al disolverse en agua desprenden cloro. Como el cloro gaseoso cuesta menos que el obtenido a partir de hipocloritos, es el que más se usa para tratar aguas negras a menos que se necesaria una mínima cantidad de cloro. Su aplicación a las aguas negras se controla usualmente por medio de dispositivos especiales llamados cloradores, clorinizadores y otros.

Puede emplearse en todas las etapas de un tratamiento de aguas negras y aún antes del tratamiento preliminar. Generalmente se aplica cloro con los siguientes propósitos:

- A - Desinfección o destrucción de organismos patógenos.
- B - Prevención de la descomposición de las aguas negras para:
  - B-1 Controlar el olor.
  - B-2 Proteger las estructura de las plantas de tratamiento.
- C - Auxiliar en la operación de la planta para:

C-1 Sedimentación.

C-2 En los filtros goteadores.

C-3 Abultamiento de los lodos activados.

D - Ajuste de la demanda bioquímica de oxígeno.

#### - TRATAMIENTO DE LODOS Y SU DISPOSICION.

Los lodos de las aguas negras son una mezcla de aguas negras y sólidos sedimentados, por su origen reciben el nombre de primarios, secundarios, exceso de lodos activados o lodos químicos. Por su estado o tratamiento recibido pueden denominarse crudos o frescos, digeridos, elutriado, húmedo o secos, o incluso combinaciones de éstos.

Como con la porción líquida de las aguas negras, también deben disponerse de los sólidos contenidos en los lodos. Así como en la porción líquida, los lodos deben someterse, en general, a algún tratamiento que sea capaz de modificar sus características para que pueda disponer de ellos sin poner en peligro la salud o causar molestias.

Los diversos procesos de tratamiento de lodos tienen dos objetivos: - Disminuir el volumen de material que va a ser manejado, por la eliminación de parte o de toda la porción líquida, y - Descomponer la materia orgánica muy putrescible o inerte, de los cuales puede separarse el agua con mayor facilidad, con lo cual además, se disminuye el total de los sólidos.



La cantidad y composición de los lodos varían según las características de las aguas negras de donde hayan sido obtenidos.

Los obtenidos en un tanque de sedimentación simple son sólidos sedimentables del agua negra cruda y se llaman "Lodos Crudos". No han sufrido mayor descomposición, son sumamente inestables y putrescibles, de color gris, apariencia desagradable, con fragmentos de desperdicios, sólidos fecales, y otros desechos con olor nauseabundo.

Los lodos de tanques de sedimentación secundaria consisten en materia orgánica parcialmente descompuesta, usualmente de color café oscuro, floculentos, de aspecto homogéneo y menos olor que los lodos crudos.

Los lodos en exceso o sobrantes separados en el proceso de los lodos activados, están también parcialmente descompuestos, son de color café dorados, floculentos y tienen un olor a tierra no desagradable.

Los lodos del proceso de precipitación química son de color negro, el olor puede ser desagradable aunque no tanto, como los ya mencionados (crudos), se descomponen con mayor lentitud que los lodos resultantes de otros procesos.

Cualquiera que sea el tratamiento de los lodos, éste pretende:

- Disminuir por eliminación de agua el volumen para subsecuentes tratamientos.

- Disposición o transformación de los sólidos orgánicos putrescibles en sólidos orgánicos o inorgánicos más estables o inertes.

La porción de sólidos y agua en los lodos depende de la naturaleza de los sólidos, de su procedencia, ya sea de tanques de sedimentación primaria o secundaria y de la frecuencia con que sean removidos de estos tanques.

Entre los métodos para el tratamiento de los lodos que se emplean en una planta hasta su disposición final de los productos del proceso de tratamiento, se incluyen:

- Espesamiento.
- Digestión con o sin calentamiento.
- Secado sobre el lecho de arena (cubierto o descubierto).
- Acondicionamiento químico.
- Elutriación (por medio de lavado se extrae el exceso de los compuestos amoniacales).
- Filtración al vacío.
- Secado por calor.
- Oxidación húmeda.

El residuo resultante de éstos procesos en la mayoría de los casos deberán ser eliminados de las plantas de tratamiento. Generalmente se utilizan dos maneras para disponer de los lodos:

- Su disposición en agua: lodos crudos o digeridos son vertidos en aguas profundas a suficiente distancia de las playas.
- Disposición en tierra: es aplicable utilizando varios métodos:

\* Enterrados: se usa principalmente para lodos crudos, en lugares en donde dejarlos sin cubrir con tierra originarian grandes molestias por su olor.

\* Relleno: se limita a lodos digeridos, son lodos que quedan a la intemperie sin producir molestias por el olor que pueda considerarse insoportable y no deben ser mezclados con cantidades apreciables de lodos crudos.

\* Aplicandolos como fertilizantes o acondicionadores de suelo, el lodo de las aguas negras contiene muchos elementos esenciales en la vida vegetal: Nitrógeno, Fósforo, Potasio y nutrientes menores como Boro, Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Azufre y Zinc; algunas veces se encuentran estos elementos en concentraciones perjudiciales que pueden deberse a desechos industriales.

#### - DESCHOS INDUSTRIALES.

Incluye todos los desechos sólidos, líquidos y gaseosos que producen las industrias de transformación y otras.

Estos desechos varían tanto en cantidad como en composición, con el tipo de industria y con los procesos empleados en la misma.

En muchas poblaciones la cantidad de desechos líquidos excede al de algunas aguas negras y el poder contaminante del desecho es con frecuencia mucho mayor que el de las aguas negras. El problema se ha acelerado aún más con el incremento de industrias con desechos de difícil tratamiento y disposición.

Los desechos industriales pueden en muchos casos ocasionar perjuicios a las alcantarillas e incluso en las instalaciones de las plantas de tratamiento, aumentando el costo de tratamiento y disposición de desechos contribuyendo a la contaminación de las corrientes.

Las aguas industriales de desecho pueden ser descargadas al sistema de alcantarillado siempre que su volumen sea pequeño comparado con el gasto normal de aguas negras; o cuando haya sido sometidas a un tratamiento previo.

En general las aguas industriales contienen materia mineral suspendida, coloidal y disuelta, así como sólidos inorgánicos, pueden ser excesivamente ácidas o alcalinas, tener baja o alta concentración de material colorante, pueden contener materiales inertes, orgánicos o tóxicos y posiblemente bacterias patógenas.

El grado de tratamiento que requiere un desecho industrial depende de la dilución y características estabilizadoras de la corriente receptora.

La cantidad de concentración de los contaminantes debe quedar reducida al mínimo en la planta industrial.

Los procesos de tratamiento empleados dependen de las características de los desechos, los cuales son adaptaciones de los procesos mencionados para el tratamiento normal de aguas y modificados frecuentemente para obtener mejores resultados según sea el caso.

Entre las combinaciones de los diferentes procesos de tratamiento usados generalmente para tratar desechos industriales:

- Eliminación de sólidos suspendidos de tamaño apreciable, por cribado o sedimentación.
- Eliminación de grasas, aceites y sólidos grasos por medio de flotación y desnatado, auxiliado algunas veces por tratamiento químico.
- Eliminación de sólidos coloidales por flocuación con coagulantes químicos y electrolitos, seguidos de sedimentación o incluso filtración.
- Eliminación o estabilización de los sólidos disueltos mediante precipitación química, permutación iónica, procesos biológicos y combinaciones.
- Decoloración por tratamiento químico, con sedimentación o filtración o con ambas.
- Reoxigenación de los desechos por medios adecuados de aereación.
- Disminución de la temperatura de los desechos excesivamente calientes, por enfriamiento.

#### 1.9.1. NORMAS DE LA ANDA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.

En 1987, se publica en el Diario Oficial de la República de El Salvador (16 de Octubre de 1987) el decreto No. 50 (Anexo No.1)

por ordenanza del Organo Ejecutivo, el cual establece el "Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección".

En este reglamento se especifican:

- Las regulaciones para el control de los procesos industriales que aunque hayan sido sometidos a un tratamiento previo, constituyan un peligro de contaminación.
- Control en todo aquello que constituya una amenaza a la calidad del agua, como fertilizantes, químicos y otros.
- Regulación de cualquier actividad que atente contra las captaciones de agua y los cauces de los ríos.
- Mantener, preservar y recuperar la calidad del recurso: "AGUA".

Para tal efecto, dichas regulaciones, de acuerdo con el Decreto se realizarán por resolución Ministerial Conjunta de las dependencias siguientes:

M.I.P.L.A.N.: Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social.

M.A.G.: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

M.S.P.A.S.: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

M.O.P.: Ministerio de Obras Públicas.

- Autorización para los vertidos de aguas negras en los afluentes.

responder a cada dependencia involucrada, reglas:

El reglamento, además de especificar las atribuciones que co-

previamente a su autorización para el vertido de las aguas negras.

triales la ANDA establecerá las condiciones que sean necesarias,

Para la regulación de las aguas residuales domésticas o indus-

- A.N.D.A.

- M.A.G. y

- M.I.P.L.A.N.

- M.O.P.

- M.S.P.A.S.

sentantes de:

ectora de los Recursos Hídricos, la cual será integrada con repre-

Y como coordinadora y asesora se crea la oficina Conjunta Pro-

O.E.D.A.: Oficina Especializada del Agua.

A.E.E.: Agencia Ejecutora Especializada.

Con la colaboración y la consultoría de:

- M.O.P.

- M.S.P.A.S. y

- M.A.G.

Y la aplicación de este decreto será supervisada por:

- Determinar las normas a cumplir para depurar o tratar las aguas negras.
- Regula las zonas que requieran de protección contra la contaminación.
- Determina las sanciones y los procedimientos a considerar en el diseño de los sistemas de alcantarillado.

El Diario Oficial publicado en Agosto de 1988, pone en ejecución el Decreto No. 39 (ver Anexo 2) del Organo Ejecutivo este decreto regulará:

- El ordenamiento para la Región Metropolitana de San Salvador; el área Metropolitana comprende 11 Municipios:

- a) Antiguo Cuscatlán.
- b) Ayutuxtepeque.
- c) Cuscatancingo.
- d) Ciudad Delgado.
- e) Ilopango.
- f) Mejicanos.
- g) Nueva San Salvador.
- h) San Marcos.
- i) San Salvador.
- j) Soyapango.
- k) San Martín.

La cual se denomina A.M.S.S.

(ver fig. 1.3)



- Determina las zonas de conservación y de protección.
- Delimita el crecimiento del A.M.S.S.
- Determina las aguas de reserva de la región Metropolitana.
- Ubica las zonas restringidas para desarrollo de asentamientos humanos.
- Determina las sanciones a aplicar en caso de infringirse dicho decreto.
- Especifica a las instituciones involucradas en la aplicación del decreto:

- M.A.G.
- M.O.P.
- M.S.P.A.S.

Y por la Oficina Conjunta, formada por representantes de:

- A.N.D.A.
- M.A.G.
- M.S.P.A.S. y
- Alcaldía Municipal correspondiente.

CAPITULO II  
ANALISIS DEL SISTEMA  
DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO

## CAPÍTULO II

### 2.1. GENERALIDADES.

Actualmente en el Area Metropolitana de San Salvador, la escasez de recursos y la contaminación de los ya existentes, han generado una imperante necesidad de protegerlos y desarrollarlos en todo el país, por lo tanto, el desarrollo integral del sistema de alcantarillados y el efectivo tratamiento de las aguas negras, son indispensables para la conservación de nuestros recursos hídricos.

El tratamiento de las aguas negras en el Area Metropolitana de San Salvador, se ha convertido en una prioridad de gran trascendencia. Lo anterior es apoyado por proyectos de investigación realizados a partir de 1978 - 1980, proyectos como:

El Ordenamiento de la Subcuenca del Río Acelhuate (POSRA), ejecutado entre 1978 y 1980, y el Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos de El Salvador (PLAMDARH) ejecutado entre 1979 y 1982.

A partir de 1983 se comenzó la investigación para el "Informe Final de Factibilidad técnica y Económica", que en su momento propuso, evaluó y modificó las alternativas siguientes:

- 1.- La ANDA continuará instalando alcantarillados, cuando y como sean necesarios y sin tratamiento.

- 2.- Colocar alcantarillas interceptoras que lleven las aguas negras a sitios más alejados que en el numeral anterior y sin tratamiento.
- 3.- Las aguas negras se descargan en los ríos y luego proporcionarles tratamiento en tres lugares adyacentes al río. Se canalizarían secciones de los ríos dentro de la ciudad.
- 4.- Las aguas negras son descargadas en los ríos para darle tratamiento primario en tres plantas adyacentes al río.
- 5.- Las aguas negras son conducidas por tuberías a tres lugares fuera de la ciudad, donde serán parcialmente tratadas antes de su descarga.
- 6.- Por medio de una alcantarilla emisaria se llevan las aguas negras a una planta de tratamiento en las cercanías del Río Las Cañas.
- 7.- Por medio de alcantarillas emisarias se conducirían las aguas negras a plantas de tratamiento ubicadas: una en el Río Las Cañas y otra en Apopa.
- 8.- Por alcantarillas emisarias se conducen a plantas de tratamiento en el Río Las Cañas y otra en Apopa, con proyección de ampliación en la planta ubicada en Apopa.

El estudio de factibilidad técnica y económica, se realiza con el objeto de evaluar el aporte de aguas servidas hasta el año 2010, con una proyección de población comprendida dentro de los límites

geográficos del AMSS, que abarca un área de 13,200 hectáreas. De acuerdo con la proyección de población se pronostica que la población para el año 2010 será de 1,905,000 habitantes. Se tomará 350 lt./hab./día como consumo de agua per cápita y se asumió el aporte de aguas servidas de 80%, lo que genera un aporte promedio anual de 648,000 m<sup>3</sup>/día al final del período de diseño.

## 2.2. METODOLOGIA Y CRITERIOS DE EVALUACION.

### 2.2.1. METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DEL SISTEMA DE AL- CANTARILLADO

La metodología empleada, para realizar el diagnóstico del sistema de alcantarillado fué la siguiente:

- 1 - Recolección de información.
- 2 - Inspección de campo.
- 3 - Revisión de la información obtenida, para su interpretación.
- 4 - Análisis comparativos (caudales, pendientes, diámetros, velocidades).
- 5 - Impacto ambiental.
- 6 - Cobertura de las conexiones domiciliarias.

### 2.2.2. CRITERIOS DE EVALUACION.

Para realizar el diagnóstico en el sistema de alcantarillado del AMSS se tomaron los criterios siguientes:

- 1 - Calcular las áreas de influencia de los colectores primarios, por medio de planos existentes.
- 2 - Verificar los sitios de descarga directa en los diferentes afluentes.
- 3 - Revisión de las condiciones físicas de los colectores:
  - 3.1 - Fracturas en los colectores primarios.
  - 3.2 - Conexiones cruzadas en los colectores primarios. Realizando visitas de campo.
  - 3.3 - Condiciones físicas de redes secundarias, plantas de tratamiento y pozos.
- 4 - Conexiones domiciliarias de alcantarillado sanitario actuales (1992).
- 5 - Verificación del cumplimiento de las normas de la ANDA (pendientes, pozos de visita, cajas en inicio de redes, etc., ver Capítulo IV).
- 6 - Características físicas, químicas y biológicas de las aguas negras.

7 - Tipo de mantenimiento aplicado al sistema de alcantarillado: Correctivo (especificado en el Capítulo IV).

### 2.3. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR.

Los municipios mencionados anteriormente (en el Capítulo I, pag. 82) se encuentran drenados por los colectores primarios y ciertas áreas dentro de la ciudad, desarrolladas como unidades integradas se conocen como colonias. Algunas de estas colonias, son de gran área y es usual referirse a partes de la ciudad por el nombre de la colonia construida.

La siguiente descripción de los colectores primarios adopta esta forma. Generalmente cada colonia se desarrolla de acuerdo al sistema de alcantarillado proyectado. Antes de la construcción de los colectores primarios, las alcantarillas de las colonias descargaban a las quebradas más cercanas.

#### 2.3.1. COLECTOR PRIMARIO No. 1.

Fué construido durante el periodo 1963-1964, Fig.No. 2.1, comienza en Ayútuxtepeque, atraviesa Mejicanos, dreña Cuscatancingo, y la parte norte de San Salvador, incluyendo Colonia Libertad, Ciudad Universitaria, parte de la Colonia El Refugio y Barrio Belén. La confluencia del Río San Antonio y Río Urbina forma el Río Tomayate.

El diámetro del colector primario No. 1 varía de 12 a 36 pulgadas, el alcantarillado sirve además, a las colonias San Antonio, Las Colinas y La Fortuna.

El área de drenaje también incluye la zona industrial Norte de Zacamil, Fig. No. 2.3. El colector primario No. 1, posee tres colectores secundarios construidos para desalojar las aguas residuales de las urbanizaciones construidas. Estos colectores secundarios se dividen como sigue:

a) Colector de Alivio o Colector Zacamil:

Este colector tiene un recorrido aproximadamente paralelo al Arenal de Mejicanos iniciándose en la vecindad de Ciudad Satélite. Debería descargar en el colector primario No.1 cerca de la 20 Av. Norte (en el pozo # 40). Un kilómetro arriba de la descarga, sin embargo, esta conexión no existe y el colector de alivio se ha constituido con un trozo similar y paralelo al colector primario No. 1, incorporado a unos 200 metros aguas arriba de la descarga.

b) Colector Secundario Arenal de Mejicanos:

En su parte superior, este colector está formado por dos ramales: uno desde el centro urbano José Simeón Cañas o Zacamil por la quebrada El Nispero, otro desde el centro urbano Libertad, por el Arenal de Mejicanos.



c) Colector Secundario del Centro Urbano Libertad:

El ramal del Centro Urbano Libertad, sirve a la zona que le dá su nombre, atravesando los terrenos de la Universidad de El Salvador; después de correr a lo largo de una pequeña quebrada sigue paralelo al Arenal de Mejicanos y aguas abajo de la 5a. Av. Norte, se une con el ramal de la quebrada El Nispero (en el pozo # 5 de este último), para formar el colector secundario del Arenal de Mejicanos.

SITIO DE DESCARGA DEL COLECTOR PRIMARIO No. 1:

Colonia San Joaquín de Ciudad Delgado al Río Urbina.

ESTADO DE FRACTURAS DEL COLECTOR PRIMARIO No. 1 Y SUS SECUNDARIOS.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Colector Secundario # 1 Calle Mejía, atrás del lote # 9, Col. Universitaria Norte.	Fracturado, ya se encuentra realizando el diseño para su reparación con fondos del programa 813 del BID.	Fracturado, ya se tiene el diseño. El proceso de licitación por UEP.
Viga Canal Colector Primario No. 1 Colonia Molina, Cuscatancingo.	Fracturado, se encuentra firmado el contrato para proceder con la reubicación con fondos del programa 801 - BID.	Reparado.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Colector de alivio o Colector Zacamil:	Fracturado debido al hundimiento y destrucción total de un tramo de la calle en la intersección de la Calle Constitución y Pasaje Escuela de la Colonia Zacamil.	Fracturado no se han realizado reparaciones.
Colector Secundario El Níspero o Colector Secundario Arrenal de Mejicanos.	Fracturado debido a fuertes inclinaciones de los taludes y a la ubicación de algunos tramos del colector sobre el cauce de la quebrada El Níspero.	Fracturado se encuentra fuera de servicio.

### 2.3.2. COLECTOR PRIMARIO No. 2.

Drena gran parte de la zona noreste de la Ciudad, fig. No. 2.2, comienza en la colonia Las Terrazas, donde intercepta el colector principal que drena la colonia Escalón. El colector sigue por el Boulevard de los Héroes y luego corre paralelo a la quebrada de Tuntunichapa, descargando en el Río Urbina, cerca de la intersección Carretera Troncal del Norte - Calle 5 de Noviembre. El Colector fue diseñado para servir a las colonias Escalón, Miramonte, Centro América, San José, El Roble, 17 de Mayo, La Esperanza, Buenos Aires,

Palomo, Isidro Menéndez, Layco, La Rábida, Guadalupe, y Barrio San Miguelito. Su diámetro varía de 24 a 48 pulgadas.

Hay también un antiguo colector que sigue paralelo a la quebrada Tutunichapa y que se extiende desde la colonia Las Terrazas hasta la colonia Guatemala.

SITIO DE DESCARGA DEL COLECTOR PRIMARIO No. 2:

Atrás Cuartel Ex-Guardia Nacional, Río Urbina.

ESTADO DE FRACTURAS DEL COLECTOR PRIMARIO No. 2 Y SU SECUNDARIO.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Colector Centro América Sur, Pajsaje Charrastique, Colonia Miramonte.	Fracturado, se encuentra firmado el contrato para proceder con la reubicación con fondos del programa 801 - BID.	Fracturado, se adjudicó a IPRASA, con fondos del programa 801 - BID.

2.3.3. COLECTOR PRIMARIO No. 3.

Se construyó entre 1964 - 1965, originalmente planeado para extenderse desde el desvío al puerto de La Libertad sobre la carretera a Santa Tecla. El colector sirve a las zonas sur y suroeste de la ciudad, sigue la carretera a Santa Tecla, Basílica de Guadalupe, sobre la antigua carretera a Santa Tecla, luego sigue de cerca la quebrada Monserrat, hasta la unión con el Río Matalapa. Desde ese punto el colector enfila al noroeste hasta conectar con el viejo colector

Alcaíne, que drena el centro antiguo de la ciudad. El diámetro del colector varía de 24 a 60 pulgadas, Fig. No. 2.4.

Los colectores secundarios que ayudan a drenar las aguas negras que salen de las Urbanizaciones y que luego llegan al colector primario No. 3 se mencionan en el Capítulo I, pag. 45.

SITIO DE DESCARGA DEL COLECTOR PRIMARIO No. 3:

Actualmente el sitio de descarga del colector primario No. 3, está ubicado en la comunidad La Chacra.

ESTADO DE FRACTURAS DEL COLECTOR PRIMARIO No. 3, SUS SECUNDARIOS Y EL COLECTOR ALCAINE.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Colector La Mascota, Pasa-je No. 4:	Se está realizando trabajos para la reubicación de 180 mts.de colector. (Recursos propios de la ANDA).	Trabajos de reubicación realizados.
Cltor.Prim.# 3 Arenal Monserrat,entre pozos 80 y 81 a inmediaciones de la Col. San Mateo.	Fracturado, ya se encuentra realizando el diseño para su reparación con fondos del programa 813 BID.	Fracturado, ya se tiene el diseño. En proceso de licitación por UEP.

ESTADO DE FRACTURAS DEL COLECTOR PRIMARIO No. 3, SUS SECUNDARIOS Y  
EL COLECTOR ALCAINE.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Colector No. 3 Arenal de Mon- serrat atrás del Centro Ur- bano IVU.	Fracturado, ya se encuen- tra realizando el diseño para su reparación con fondos del programa 813 BID.	Fracturado, ya se tiene el diseño. En proceso de licitación por UEP.
Colector Secun- dario San Feli- pe, Final Av. Las Ampolas, Col. Sn. Francisco.	Fracturado, las obras de protección realizadas fue- ron destruidas por fuer- tes lluvias, se procederá a construir muros guarda nivel.	Fracturado, las obras de protección realizadas fueron destruidas por fuertes lluvias. Se pro- cederá a construir guar- da nivel.
Colector Secun- dario Sn. Marcos Calle La Bomba, Col. Tepeque, San Marcos.	Reparado.	Reparado.
Colector Col. El Mirador, Km 4½, Carretera a San Marcos.	Reparado.	Reparado.

ESTADO DE FRACTURAS DEL COLECTOR PRIMARIO No. 3, SUS SECUNDARIOS Y EL COLECTOR ALCAINE.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Viga Canal Colector Alcaine comunidad Tineti.	Se está reubicando el Colector en el predio de la comunidad a solicitud de GTZ y Alcaldía.	Reparado.
Colector Alcaine en predio del mercado Tineti.	Se está reubicando el colector en el predio de la comunidad a solicitud de GTZ y Alcaldía.	Reparado.
Colector Primario # 3 atrás de piscinas Pedro Pablo Castillo, Ba. La Vega.	Fracturado, se reparará al concluir los trabajos de reubicación del colector Alcaine.	Reparado.

2.3.4. COLECTOR PRIMARIO No. 4.

Fig. No. 2.5. Colocado a lo largo del Boulevard del Ejército desde Soyapango hasta un punto opuesto a la colonia Santa Lucía, donde descarga a una quebrada tributaria del Río Las Cañas. Este fue diseñado para servir el área que drena hacia el Río Las Cañas, como

es: Zona industrial del Boulevard del Ejército, colonia Guadalupe y Santa Lucía, Ilopango y Hospital de Soyapango.

El colector primario No. 4 tiene tres colectores secundarios que ayudan a evacuar las aguas residuales, los cuales se mencionan a continuación:

- a) Hay un colector que pasa sobre el Boulevard del Ejército, fluyendo de poniente a oriente desde la entrada a Soyapango, hasta el cruce sobre el nivel de la vía férrea. Este colector recibe la descarga del colector primario CP-4; tiene un diámetro de 24 pulgadas, descarga después del pozo No. 28.
- b) El colector secundario de Ilopango que se inicia en la zona más oriental del AMSS, cerca del desvío a Apulo y fluye a lo largo de la Carretera Panamericana y el Boulevard del Ejército, de oriente a poniente, pasa por San Bartolo, Ilopango, debajo de la pista aérea, Cárcel de Mujeres, por la antigua calle a Ilopango donde tiene un diámetro de 24 pulgadas; antes de descargar al colector primario No. 4, en el pozo No. 26 de este último.
- c) Un colector conocido como Valle Nuevo o Santa Lucía, fluye de sur a norte; en su parte final tiene un diámetro de 18 pulgadas. La descarga de aguas negras la realiza en el colector secundario de Ilopango antes de llegar al primario.

SITIO DE DESCARGA DEL COLECTOR PRIMARIO No. 4:

Situado por Bóveda de plantel de AME, Soyapango, Río Las Cañas.

ESTADO DE FRACTURAS DEL COLECTOR PRIMARIO No. 4, Y SUS SECUNDARIOS.

COLECTOR	ESTADO DE DICIEMBRE 1991	ESTADO A DICIEMBRE 1992
Colector secundario Valle Nuevo.	Fracturado, ya se encuentra realizando el diseño para su reparación con fondos del programa 813 BID.	Fracturado, no se ha reparado, ya se tiene el diseño. En proceso de licitación por UEP.
Colector secundario, Ilopango.	Fracturado, ya se encuentra realizado el diseño para su reparación con fondos del programa 813 BID.	Fracturado, ya se tiene en diseño, en proceso de licitación por UEP.

2.3.5. ESTADO Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL AMSS.

1.- Planta de tratamiento Campo Verde, ubicada en Ayutuxtepeque funcionando con tanque Imhoff modificado a reactor aneróbico de flujo ascendente, con una población servida de 396 personas, y una capacidad para tratar de 0.69 lts./seg. descargando en la quebrada El Carmen. La planta es propiedad de la ANDA y comenzó a funcionar en Octubre de 1991.



2.- Valparaíso, ubicada en Residencial Valparaíso, Aytuxtepeque, funciona con dos tanques Imhoff, con una población servida de 300 personas y una capacidad para tratar de 0.52 lts/seg., descarga en la quebrada El Carmen. Es propiedad de la ANDA y está operando eficientemente con remisión del 80% de DBO.

3.- Chávez Galeano I, ubicada en sector "A" de Aytuxtepeque, funciona con dos tanques Imhoff, con una población servida de 1,080 personas y una capacidad para tratar de 1.81 lts/seg., descarga en la quebrada El Carmen. Es propiedad de la ANDA y se está trabajando en la rehabilitación.

4.- Chávez Galeano II, ubicada en sector "B" de Aytuxtepeque, funciona con tanques Imhoff, con una población servida de 1,980 habitantes y una capacidad para tratar de 3.44 lts/seg., descarga en la quebrada El Carmen, propiedad de la ANDA.

5.- Prados de San Bartolo, Avenida Ahuachapán Zona Franca, San Bartolo. Funciona con tanque Imhoff, con una población servida de 600 personas y una capacidad para tratar de 1.04 lts/seg., descarga en el colector Zona Franca San Bartolo. Actualmente esta planta no funciona debido a problemas de diseño.

6.- Tazumal, ubicada en Melicanos, funciona con 11 tanques Imhoff con una población servida de 642 personas, y una capacidad para tratar de 1.1 lts/seg., descarga en la quebrada El Carmen, es propiedad de la ANDA y está fuera de servicio.

7.- Europa I, ubicada en Residencial Europa: Santa Tecla, funciona con lodos activados, con una población servida de 4,032 personas y una capacidad para tratar de 7.0 lts/seg., descarga actualmente en la quebrada Larreynaga, se encuentra fuera de servicio, por lo que las aguas se incorporan a la planta ALPES SUIZOS propiedad de la ANDA.

8.- Alpes Suizos, ubicada en Residencial Europa II, Santa Tecla, funciona con 2 sedimentadores y 4 filtros percoladores, con una población servida de 10,086 personas y una capacidad para tratar de 18.68 lts/seg., descarga en la quebrada Larreynosa, se encuentra funcionando y es propiedad del urbanizador.

9.- Los Naranjos y Jacarandas, ubicada en Km. 8½ Carretera Troncal del Norte, funciona con lodos activados, con una población servida de 9,414 personas y una capacidad para tratar de 16.34 lts/seg., descarga en el Río Acelhuate, actualmente funcionando, es propiedad de el urbanizador.

10.- Distrito 7 Italia, ubicada en Colonia San José Las Flores, Apopa, funciona con lodos activados con una población servida de 20,000 personas y una capacidad para tratar de 34.76 lts/seg., descarga en el Río Acelhuate, no se ha terminado de construir, es propiedad de el urbanizador.

11.- Residencial Los Girasoles, Santa Tecla, funciona con 2 sedimentadores y 3 filtros percoladores, con una población servida de 2,700 personas y una capacidad para tratar de 4.69 lts/seg., descarga en

la quebrada Larreynosa, actualmente funcionando, es propiedad de el urbanizador.

12.- Villa Majucla (Ciudad Futura), ubicada en Cuscatancingo, con una población servida de 21,600 y una capacidad para tratar de 37.5 lts/seg., descarga en el Río El Chaguitón, se encuentra funcionando y es propiedad de el urbanizador.

13.- Condominio Tazumal ubicada en Ayutuxtepeque, funciona con dos sedimentadores y un filtro biológico, con una población servida de 1,506 personas y una capacidad para tratar de 2.61 lts/seg., descarga en una quebrada ubicada al norponiente de dicha planta, se encuentra funcionando y es propiedad de el urbanizador.

14.- Alpes Suizos II, ubicada al sur de la urbanización Europa I, funciona con 2 sedimentadores y 3 filtros biológicos, con una población servida de 3,000 y una capacidad para tratar de 3.21 lts/seg., descarga en la quebrada Larreynaga, se encuentra funcionando y es propiedad de el urbanizador.

15.- Residencial El Carmen al norte de Colonia Chávez, Ayutuxtepeque, tiene una población servida de 324 personas y una capacidad para tratar de 0.56 lts/seg., descarga en una quebrada al sur de la urbanización.

#### 2.3.5.1. PLANTAS DE TRATAMIENTO EN PROYECTO.

1.- Ciudadela Coarinto, ubicada en Cantón San Bartolo, Ilopango, con una capacidad para tratar de 6.08 lts/seg., y una población servida de 3,500 personas.

- 2.- Majucla, ubicada en cantones San Luis Mariona y El Angel, Cuscatancingo, con una población servida de 15,000 personas y capacidad para tratar de 26.04 lts/seg.
- 3.- Montes de San Bartolo V. ubicada en Cantón El Limón, Soyapango con una población servida de 9,000 personas y capacidad para tratar de 16.63 lts/seg.
- 4.- Las Arboledas, ubicada en Cantón San Nicolás, Apopa con una población servida de 15,000 personas y una capacidad para tratar de 26.04 lts/seg.
- 5.- San Nicolás Carretera Troncal del Norte entre Km 16 y 17½, Apopa. Con una población servida de 33,000 personas y una capacidad para tratar de 57.29 lts/seg.
- 6.- Finca Victoria Antekirta, Boulevard del Ejército, Soyapango, con una población servida de 7,200 personas y una capacidad para tratar de 12.50 lts/seg.

Todas estas plantas que se encuentran en proyecto son propiedad de el urbanizador.

#### 2.4. FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA DEL ALCANTARILLADO SANITARIO.

##### DESCARGAS LIBRES EN QUEBRADAS Y RIOS.

Las descargas libres de aguas residuales en los cauces naturales son numerosas, el total del caudal aportado es considerable y dá

origen a un flujo permanente aún en la época seca. En algunos casos, las descargas directa se deben a las fracturas señaladas anteriormente y otras a la falta de un colector primario que los recoje como en los Ríos Acelhuate y Las Cañas.

Contabilizar y ubicar el número de descargas libres que existen en la red de colectores es una tarea bastante difícil; en la Jefatura de evacuaciones, actualmente se está proponiendo un estudio con varias brigadas de trabajo para poder llevar a cabo esa tarea, y que el tiempo de ejecución aún no se ha determinado.

Como ejemplo de descargas libres podemos mencionar los siguientes:

- A consecuencia de la fractura que presenta el colector primario No. 3, en las inmediaciones de la colonia "San Mateo", ubicada entre los pozos de visita # 80 y # 81, se origina un caudal de descarga de 200 a 300 lts/seg. que escurre superficialmente sobre el Arenal Monserrat hasta su confluencia al Río Acelhuate a 2.5 Kms hacia el oriente, situación que ha prevalecido durante unos 15 años aproximadamente.

- A inmediaciones de los pozos # 103 y # 104 a la altura de la colonia IVU - Monserrat y colonia San Juan, siempre del colector primario No. 3 se encuentra otra fractura, la cual ocasiona una descarga de aguas negras hacia el Arenal Monserrat, constituyendo un foco adicional de contaminación cuyos efectos se prolongan hacia aguas abajo, hasta su confluencia con el Río Acelhuate afectando las condiciones medio-ambientales de las inmediaciones del Arenal.

- El colector El Nispero construido en el año de 1963, se encuentra fuera de servicio y la quebrada El Nispero conduce en la época seca únicamente la descarga de aguas servidas, lo que dá lugar a problemas ecológicos y sanitarios que afectan la salud de los habitantes.

A continuación se presenta un cuadro con los datos sobre la disposición de excretas en el AMSS.

COLECTORES	SITIO DE DESCARGA
Colector Primario No. 1	Colonia San Joaquín de Ciudad Delgado al Río Urbina.
Colector Primario No. 2	Atrás Cuartel Ex-Guardia Nacional, Río Urbina.
Colector Primario No. 3	Comunidad La Chácra, Río Acelhuate
Colector Primario No. 4	Situado por Bóveda de Plantel de AME, Soyapango, Río Las Cañas
Colector Secundario Valle Nuevo	En el mismo punto de descarga del Colector No. 4
Colector Secundario de la Alameda Juan Pablo II	Río Urbina, por comunidad Tutunichapa No. 1

CONEXIONES CRUZADAS ENTRE LOS SISTEMAS DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO Y FLUVIAL

Por razones de índole sanitaria, las autoridades involucradas en la administración de los sistemas de alcantarillado, la ANDA y

DNA, han establecido que estos deben ser del tipo separado. Es decir, sistemas independientes para la evacuación de aguas residuales y aguas pluviales.

Sin embargo existen conexiones cruzadas entre ambos sistemas las cuales son de dos tipos:

a) Conexiones cruzadas de aguas residuales en colectores pluviales se trata de conexiones ilícitas que contribuyen en forma significativa a la contaminación de las quebradas que son los sitios de descarga de los colectores de aguas lluvias.

Como ejemplo de estos casos podemos mencionar el colector secundario Valle Nuevo el cual se encuentra roto dentro de las instalaciones del AMES, dependencia del MOP que administra las maquinarias y su flujo es arrojado directamente en un canal de aguas lluvias que mediante su descarga inicia el Río Las Cañas aguas abajo de dicha fractura.

b) Conexiones cruzadas de aguas pluviales en colectores residuales, se trata también de conexiones ilícitas y son la fuente principal de grandes volúmenes de aguas lluvias, trayendo por colectores sanitarios, con los cuales se reduce o anula la capacidad de conducción de éstas.

Cuando el sistema de colectores sanitarios incluye el tratamiento de las descargas de aguas residuales, el flujo de aguas lluvias complica el problema a resolver.

Además de las conexiones cruzadas, otras fuentes de aguas residuales en colectores sanitarios son:

- Caja de doble función en el drenaje pluvial domiciliaria.
- Infiltración de aguas a través de las juntas y las paredes de los conductos.

No obstante que se sabe de la existencia de estas fuentes su localización y su estimación de su aporte al flujo son difíciles e inciertas. Las cajas domiciliares de doble función actualmente están prohibidas por la ANDA, sin embargo siempre cabe la posibilidad de que se contruyan en forma ilegal.

Debido a que estas descargas son de diámetro pequeño y están diseminados en el área de aporte de un colector, su influencia en el flujo no tiene un efecto inmediato después de una precipitación y su contribución como caudal adicional al de las aguas residuales se mantendrá durante un tiempo prolongado, pero será proporcionalmente pequeño.

La infiltración a través de las paredes y las juntas de los tubos ocurre principalmente cuando el recorrido del colector es cercano a las quebradas, pues son las zonas de recogimiento natural del agua lluvia ya sea como escorrentía o como corriente subterránea, cuando el agua gravita por las capas superiores del suelo hacia las impermeables.



En algunos casos ocurre que en la época en que el suelo se encuentra saturado, el colector intercepta la capa freática, incrementándose notablemente la infiltración.

El flujo adicional del colector provocado por la infiltración tiene un efecto retardado con respecto a la ocurrencia de la precipitación, manifestándose aún varios días después de una tormenta fuerte o un temporal como flujo adicional al de aguas residuales.

A continuación se presenta un listado de construcciones de conexiones entre casas y colectores sanitarios existentes en la calle o avenida donde se ubican las casas con problemas, con esto se evitará que dichas casas continúen descargando sus aguas negras a los sistemas de aguas lluvias.

CONEXION DE CASAS

No.	CONEXION A CASA	DIRECCION	LONG. (mts.)	Ø (plg.)
-----	-----------------	-----------	-----------------	-------------

CUENCA DEL RIO ACELHUATE

1	14	Pasaje 2 Col. Davison	6.74	6
2	1232	Calle Bogotá y 4ta. Av. Sur, Col. San Mateo	9.90	6
3	Taller Sn. Mateo	24 Calle Pte. y 4ta. Av.	6.00	6
4	12	Calle Principal Col. San Juan	14.50	6

Capítulo II - Análisis del Sistema de Alcantarillado Sanitario

No.	CONEXION A CASA	DIRECCION	LONG. (mts.)	Ø (plg.)
5	Tragante	25 Av. Sur y C. Principal	1.20	8
	240	C. Antiquo Ferrocarril y y 23 Av. Sur	3.5	6
6	Edif. Granada	25 Av. Sur	7.00	6
7	1427	19 Av. Sur Bro. Sta. Anita	4.00	6
8	Mercado Belloso	12 Calle Ote. 2a. Av. Sur	2.50	8
9	Iglesia San Esteba	6a. Calle Ote. y 16 Av. Barrio San Esteban	15.38	6
10	2232	8a. Calle Pte. Pasaje Moreno, San Salvador	13.00	6
11	1023	6a. Calle Oriente	3.35	6
	1019	6a. Calle Oriente	5.25	6
	1026	6a. Calle Oriente	12.96	6
	1026 Bis	6a. Calle Oriente	6.98	6
	119-135	57 Av. Sur Alameda Roosevelt y Prolon- gación C. Arce	10.18	6
	114	57 Av. Sur Alameda Roosevelt y Prolon- gación C. Arce	12.00	6
	135-A	57 Av. Sur Alameda Roosevelt y Prolon- gación C. Arce	8.81	6
	BANAFI	Intersección 1a. C. Pte.	6.60	8

Capítulo II - Análisis del Sistema de Alcantarillado Sanitario

No.	CONEXION A CASA	DIRECCION	LONG. (mts.)	Ø (plg.)
	Casa Scout	39 Av.Norte Costado Pte.Liceo Salvadoreño	10.07	6
10		Pasaje 11 Com.Tutuni- chapa 1,25 Av.Sur y Alameda Juan Pablo	3.74	6
	Sausalito	27 Av.Norte y 23 C.P.	15.73	6
	Cafetería Leo	15 Av.Nte.Externado Casa San José		6
	Direc. Gral. de Correos	Centro de Gobierno.	6.60	6
	Com.Don Rúa	C.Auxiliadora y 1a.Av.	7.90	8
1439		27 C.Pte. y 1A.Av.Nte.	9.00	6
736		10 Av.Nte. y BC. Ote.	10.08	6
719		10 Av.Nte. entre 11 y BC. Ote.	5.02	6
715		10 Av.Nte. entre 11 y BC. Ote.	6.93	6
709		10 Av.Nte. entre 11 y BC. Ote.	8.23	6
	Gasolinera TEXACO	10 Av.Nte. y 11 C.Ote.	8.37	6
	Casa 3	Calle B, Fajase Col.El Bosque	19.30	6
15		Pasaje 3 Col.Fortuna	7.89	6

No.	CONEXION A CASA	DIRECCION	LONG. (mts.)	Ø (plg.)
30		C. Arenal Pasaje, Arenal Col. La Fortuna	11.35	6
	Edificio	5a. Av. Nte. y Pasaje Cisneros, Mejicanos	10.41	6
	Cafetín Corina	29 Av. Nte. Col. Zacamil Mejicanos	10.18	6

#### SISTEMA DE ALCANTARILLADO SECUNDARIO

Como se ha explicado en el Capítulo II el alcantarillado secundario se encarga de recoger directamente las descargas domiciliarias; su diámetro puede variar entre 8 y 12 pulgadas.

Realizar un diagnóstico del estado actual de este sistema requeriría demasiado tiempo pues el sistema secundario es muy grande debido al crecimiento urbanístico en el AMSS.

Es importante hacer mención que el sistema de alcantarillado de las zonas aledañas a los afluentes, descargan directamente sobre ellas. Estas descargas directas son provocadas por las razones siguientes:

1. Antigüedad del sistema de alcantarillado secundario.
2. Topografía del terreno.
3. Irresponsabilidad de los contratistas y supervisores.

#### 4. Conexiones ilícitas.

A consecuencia del deterioro ecológico que sufre en la actualidad nuestro país (El Salvador), se han establecido decretos como por ejemplo el decreto 50 (ver anexo No. 1) que prohíben las descargas libres, y de esta forma obliga al contratista a desaguar las aguas servidas sobre colectores primarios que la ANDA ha construido.

### 2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL AMSS, EN EJECUCIÓN.

El proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para el AMSS en ejecución comprende las siguientes actividades:

- a) La ampliación de la red primaria hasta con capacidad de conducción que satisfaga los requerimientos del final del período de diseño en el año 2010.
- b) La construcción de dos plantas de tratamiento: una en el sitio El Angel, basada en el sistema de lodos activados con una capacidad de conducción de  $6.06 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y otra en Las Cañas, basadas en el sistema de lagunas aireadas con una capacidad de  $1.44 \text{ m}^3/\text{seg.}$

El programa de ejecución del proyecto de ampliación del sistema del alcantarillado tiene el objetivo de lograr los propósitos involucrados durante el desarrollo de las tres metas siguientes:

Yecto son:

Los colectores que se construirán en la primera etapa del pro-

plantas de tratamiento entre 1990 y 1995.

Que cubrirá la construcción de 13.9 km de colectores y las

## II.- SEGUNDA ETAPA:

y 1990.

Que cubrirá la construcción de 26.2 km de colectores entre 1985

## I.- PRIMERA ETAPA:

etapas de ejecución de 5 años cada una.

de ejecución que contempla la ampliación de la red primaria en dos

proyecto a las necesidades de la ANDA, ha sido propuesto un programa

Tomando en cuenta estas metas y ajustando el desarrollo del

complementarias a fin de llenar los requerimientos en el año 2010.

3.) Ampliación y mantenimiento de las plantas de tratamiento y obras

berá ser tal que permita tratar todo el caudal recolectado.

necten con la red de recolección. La capacidad de estas plantas de-

2.) Construcción de las plantas de tratamiento y emisarios que se co-

fuera de los límites de la ciudad.

mitan la recolección de las aguas servidas del AMSS y su evacuación

1.) Complementación de todos los colectores e interceptores que per-

2.5.1. COLECTOR DE ALIVIO AL COLECTOR PRIMARIO No. 3 (PRIMERA ETAPA).

Este colector se inicia en el pozo # 3 del colector primario No. 3 existente (CP-3), en Santa Tecla y descargará provisionalmente en el pozo # 106 del mismo CP-3 en la 25 Av. Sur de San Salvador.

En su inicio el colector de alivio tiene un nivel de 891.0 mts. sobre el nivel del mar (M.S.N.M.), y en la descarga 663.0 M.S.N.M.

En esta primera etapa, el colector de alivio al CP-3 tendrá una longitud total de 8.89 Km. El tramo final se ha diseñado para un caudal de 3.83 m<sup>3</sup>/seg. con el aporte de un área de 2462 Ha.

A continuación se da un resumen de las características más importantes del colector proyectado.

- a) Longitud Total ----- 8.89 Km.
- Diámetro de 30 pulgadas ----- 270 mts.
- Diámetro de 36 pulgadas ----- 3364 mts.
- Diámetro de 42 pulgadas ----- 2369 mts.
- Diámetro de 48 pulgadas ----- 2889 mts.
  
- b) Pasos de quebradas con vigas - canal longitud total ---- 132 mts.
- b.1) Tres vigas - canal donde el colector tiene un diámetro de 36 pulgadas de longitud ----- 73 mts.
- b.2) Tres vigas - canal donde el colector tiene un diámetro de 42 pulgadas longitud ----- 59 mts.

c) Tramos en Túnel:

Un tramo en túnel donde el colector tiene un diámetro de 48 pulgadas longitud ----- 350 mts.

d) Tramos de colector en bóveda con piso de gradas tramos donde el colector tiene un diámetro de 48 pulgadas longitud ----- 718 mts.

e) Pozos ----- Total 96 Pozos.

57 Pozos tipo A según planos de obras típicas, Fig. 2.6.

6 Pozos tipo B según planos de obras típicas, Fig. 2.6.

15 Pozos tipo C según planos de obras típicas, Fig. 2.7.

18 Pozos Especiales según planos de colector.

e.1) Pozos Especiales (Total = 18)

Pozo No. 1, Inicio del colector.

Pozo No. 45, Interconexión con pozo No. 45 de CP-3 Existente.

Pozos del 81 al 87, registros en bóveda.

Pozos del 91 al 94, pozos de registro en bóveda.

Pozos 95 y 96, descarga provisional en CP-3.

2.5.2. COLECTOR PRIMARIO No. 4.

El colector consiste en la prolongación del colector primario No. 4 (CP-4) existente, desde su tramo final, antes de la actual descarga en el Río Las Cañas, hasta otra descarga provisional en el mismo río. El pozo inicial está ubicado entre los pozos No. 27 y No. 28. (ver Plano General, Anexo No. 6) a un nivel de 597.5 mts sobre el nivel del mar y a unos 100 mts. al sur de la Carretera Panamericana, la descarga provisional propuesta estará ubicada a 536 m.s.n.m. en



la margen poniente del río, ligeramente aguas abajo de la Col. Bosques del Río. En los tramos finales proyectados el colector propuesto se ha diseñado para un caudal de  $3.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$  con un área de aporte de 2314 Ha. La ruta propuesta, tiene una longitud total de 3.46 Kms. y las características más importantes se dan a continuación.

a) Longitud Total ----- 3.46 Kms.

Diámetro de 30 pulgadas ----- 1385 mts.

Diámetro de 48 pulgadas ----- 1942 mts..

Diámetro de 60 pulgadas ----- 134 mts.

b) Pasos de quebradas con vigas - canal longitud total ---- 235 mts.

b.1) Viga - canal con diámetro de 30 pulgs. longitud ---- 40 mts.

b.2) Vigas canal donde el colector tiene un diámetro de 48 pulgadas longitud ---- 195 mts.

c) TRAMOS EN TUNEL.

c.1) Tramos en túnel donde el colector tiene un diámetro de 30 pulgadas longitud 1333.

c.2) Tramos de túnel donde el colector tiene un diámetro de 48 pulgadas longitud 1097 mts. con sección de diámetro 1.36 mts.

d) Pozos (Total ----- 36 Pozos).

17 Pozos tipo A según planos de obras típicas.

1 Pozo tipo B según planos de obras típicas.

15 Pozos tipo T según planos de obras típicas.

3 Pozos especiales según planos de obras típicas.

d.1) Pozos Especiales.

Pozos No. 34 y No. 36 son pozos con grandes caídas.

Pozo No. 35, pozo para derivación de colector en futura segunda etapa.

2.5.3. COLECTOR PRIMARIO No. 5.

Se ha diseñado el colector primario No. 5 en su totalidad desde su inicio en la Colonia Militar Barrio San Jacinto en San Salvador, a un nivel de 636.0 m.s.n.m., hasta su descarga en el interceptor a un nivel de 556.5 m.s.n.m. la longitud total es de 8.8 Kms.

En su tramo final el colector primario No. 5 se ha diseñado para un caudal de 3.5 m<sup>3</sup>/seg. con un área aportante de 1577 Has.

Las características más importantes del CP-5 son:

a) Longitud Total ----- 8.8 Km. (Distribuidos de la siguiente manera)

Diámetro de 18" ----- 572 mts.

Diámetro de 24" ----- 937 mts.

Diámetro de 30" ----- 616 mts.

Diámetro de 36" ----- 861 mts.

Diámetro de 42" ----- 714 mts.

Diámetro de 48" ----- 351 mts.

Diámetro de 60" ----- 645 mts.

b) Pasos de Ríos y Quebradas con Vigas. Canal, (Longitud total -----  
----- 684 mts).

- b.1) Dos pasos sobre el Acelhuate donde el colector tiene un diámetro de 60 pulgadas con una longitud total de 81 mts.
- b.2) Trece pasos (cuatro sobre el Acelhuate, uno sobre el Tomayate, donde el colector tiene un diámetro de 60 pulgadas con una longitud total de 603 mts.
- c) Tramos en Túnel: longitud total ----- 2,896 mts.
- c.1) Dos tramos donde el colector tiene un diámetro de 30 pulgadas longitud ----- 154 mts. (con sección ovoidal).
- c.2) Un tramo donde el colector tiene un diámetro de 36 pulgadas longitud 184 mts (con sección ovoidal).
- c.3) Un tramo donde el colector tiene un diámetro de 48 pulgadas 239 mts. de sección circular de 1.36 mts. de diámetro.
- c.4) Diez tramos donde el colector tiene un diámetro de 60 pulgadas con 2,319 de longitud total.
- d) Pozos (Total ----- 100 Pozos).
- 67 pozos Tipo A, según planos de obras típicas.
  - 3 pozos Tipo B, según planos de obras típicas.
  - 30 pozos Tipo T, según planos de obras típicas.

#### 2.5.4. COLECTOR INTERCEPTOR.

El colector interceptor se iniciará en el sitio donde actualmente el colector primario No. 3 descarga en la cloaca Alcaine, a un nivel de 628 m.s.n.m. en el barrio San Esteban de San Salvador. En

su trayecto de 4.77 kms., recibirá sucesivamente las descargas del colector primario No. 5 en ejecución. Después de lo cual descargará provisionalmente en el Río Urbina - Tomayate, a un nivel de 547.5 m.s.n.m. En los tramos finales el colector interceptor ha sido diseñado para un caudal de 9.84 m<sup>3</sup>/seg.

Las características principales del colector interceptor son las siguientes:

a) LONGITUD TOTAL ----- 4.77 Km.

Diámetro de 60 pulgadas ----- 40 mts.

Diámetro de 66 pulgadas ----- 1,791 mts.

Diámetro de 78 pulgadas ----- 1,306 mts.

Diámetro de 84 pulgadas ----- 1,636 mts.

b) PASOS CON VIGA - CANAL (Longitud Total = 148 mts.)

b.1) Una viga canal donde el colector tiene un diámetro de 78 pulgadas (longitud = 20 mts).

b.2) Cuatro Vigas - Canal, donde el colector tiene un diámetro de 84 pulgadas (longitud = 128 mts).

c) TRAMOS EN TUNEL (Longitud = 3,476 mts):

c.1) Tramos de Sección Circular de 66 pulgs. (longitud = 1,339 mts).

c.2) Tramos de Sección Circular de 78 pulgs. (longitud = 1,324 mts).

c.3) Tramos de Sección Circular de 84 pulgs. (longitud = 793 mts).

El alineamiento preliminar propuesto en el estudio de factibilidad, era seguir a lo largo de la vía del ferrocarril cercana al

#### 2.5.5.1. COLECTOR PRIMARIO No. 4.

De los trazos preliminares se puede resumir que el CP-3 y el colector interceptor no sufrieron cambios mayores, al contrario los colectores CP-4 y CP-5, por su proximidad al Río Las Cañas y el Acehuate respectivamente, cambiaron significativamente en el trazo.

Generalmente, el trazo preliminar determinado en base a planos en escala 1:5000, presentado en el estudio de factibilidad, sirve de base a cambios menores que se necesitaron durante la revisión final de trazo. Se realizaron muchas inspecciones de campo antes de determinar el trazo final a levantar.

#### 2.5.5. TRAZO DE COLECTORES.

- en Río San Antonio.
- Pozos Nos. 29, 30, 31 pozos de caldas en descarga provisional
  - Pozo No. 19 descarga provisional en Arrenal Tutunichapa.
  - de CP-3 en cloaca Alcaine.
  - Pozos Nos. 1, 2, 3 inicio del colector interceptor en descarga
  - d.1) Pozos Especiales.

8 Pozos tipo A, según planos de obras típicas.  
 27 Pozos tipo I, según planos de obras típicas.  
 11 Pozos Especiales según planos del colector.

d) POZOS (Total ----- 46 Pozos)

curso del Río Las Cañas. Durante los últimos años este Río ha sufrido un proceso de erosión y su lecho se ha deformado causando muchos daños alrededor.

En algunos sitios ha sido necesario cambiar la vía del ferrocarril y los urbanizadores de las zonas aledañas han iniciado algunas obras de protección.

Frente a esta situación y después de examinar varias posibilidades, se decidió cambiar el trazo y buscar otro que asegurara el máximo de protección y al mismo tiempo permita la captación de la mayoría de las aguas negras de las nuevas urbanizaciones.

En el nuevo trazo seleccionado, de acuerdo a estos dos criterios comprende un 50% de túneles, es bastante alejado del Río Las Cañas y no necesita la destrucción de casas o tugurios, como era el caso del tramo preliminar.

#### 2.5.5.2. COLECTOR PRIMARIO No. 5.

El colector primario No. 5 está destinado a captar todas las aguas servidas de un área de más de 1400 hectáreas y una población proyectada de 300,000 habitantes. Actualmente no existe en esta zona colectores primarios o secundarios importantes y todas las aguas residuales se descargan en el Río Acelhuate, en diferentes puntos de su cauce.

A pesar que se había acordado diseñar un colector primario con diámetro mayores de 24" en este caso se decidió incluir en el diseño

tramos de 18", en vista de la dificultad del trazo en el tramo inicial del colector.

El trazo preliminar se mantuvo en lo posible a lo largo del Río Acelhuate, pero la cercanía de viviendas muy densas y de la margen del río obligó en varios lugares a usar túneles y vigas canal que no estaban previstas en un principio.

Cuando no existía ninguna otra posibilidad se instaló el colector en el mismo lecho del río, en un tramo de unos 1,500 mts., empleando obras para protección y la estabilización del cauce del río, tales como muros de retención transversales, guarda nivel y el revestimiento del lecho del río en los puntos vulnerables.

Todos los trazos de los colectores fueron aprobados por DUA antes de empezar el diseño definitivo.

#### 2.5.6. TOPOGRAFÍA.

Los levantamientos topográficos se empezaron inmediatamente después de recibir la aprobación de inicio de los trabajos por parte de la ANDA, cuando la localización de algunos tramos de los trazos no permitió la medición exacta del eje del colector, particularmente en los tramos de túneles y en algunas zonas densamente pobladas, se hizo un cálculo geodésico a fin de adaptar en oficina el levantamiento topográfico de campo. Todos estos cálculos se entregaron por separado a la ANDA. El método de cálculo fue analítico con anotación de rumbos.

### 2.5.7. PARAMETROS DE DISEÑO.

Los parámetros de diseño fueron los expuestos en el estudio de factibilidad y aprobados por la ANDA en lo que concierne a población, aporte de aguas servidas, coeficientes de variación de caudales diarios y horarios, así como la selección de tipo de tubería para colectores.

Los cambios de diámetro, longitudes y pendientes son menores y consisten más que todo en una adaptación de las condiciones reales de campo, después del levantamiento topográfico.

### 2.5.8. PARAMETROS HIDRAULICOS.

Para la construcción y diseño de los colectores se tomaron parámetros, cálculo, y metodología como la siguiente:

#### 2.5.8.1. VIGA CANAL.

Para la tipificación de las vigas-canal se tomaron en cuenta las siguientes hipótesis:

- La viga canal es de sección rectangular.
- El colector aguas arriba de la viga canal es de forma circular.
- En la entrada y salida de la viga canal existen transiciones de la sección circular a la rectangular y viceversa.
- Las condiciones de flujo en la viga canal corresponden a un valor  $N = 0.014$  en la fórmula de Manning.



- El nivel de agua en la viga canal, con caudal máximo, llegará a no más de 0.8 del diámetro del colector (circular), de llegada.
- Se utilizarán al máximo posible secciones económicas, desde el punto de vista estructural.

El criterio estructural se indicó en el estudio de factibilidad en que  $H/b = 1.5$  en donde  $b$  = ancho interno de la viga canal y  $H$  = altura de la viga canal, se pretende que los valores económicos de  $H/b$  sean de 1.35 y 1.8.

Para efectos de la tipificación se consideraron los caudales máximos que puedan darse a lo largo de los tramos para un diámetro fijo.

#### 2.5.8.2. DUCTO CIRCULAR.

Para cada colector se calcularon las pendientes máximas y mínimas a tomar en cuenta en el diseño final, basándose en el caudal de diseño.

El número de Froude se calculó para controlar el régimen de flujo y evitar el flujo crítico, según los casos y las necesidades se calcularon estructuras hidráulicas específicas para cada colector tales como caídas verticales, secciones parabólicas, cimados, etc.

2.5.8.21. PENDIENTES MINIMAS.

a) Pendientes mínimas admisibles: con el caudal de diseño (q) dado, y un diámetro de colector (D), del flujo será un 0.8 del diámetro, basándose en que el tirante (d) del flujo será un 0.8 del diámetro, se calculó por medio de la fórmula de Manning, la pendiente mínima que permitió conducir el caudal dado.

b) Pendiente Máxima admisible: Tomando en cuenta una velocidad máxima de diseño  $V_{max} = 4$  m/s y con el caudal de diseño se calculó la pendiente máxima, para no sobrepasar  $V_{max}$ .

2.5.8.22.

El cálculo del número de Froude para velocidades y pendientes máximas y mínimas permite averiguar la estabilidad del flujo. El número de Froude se define como:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g h}}, \text{ y el cual en flujo crítico tiene un valor de } 1.0$$

donde  $h = \frac{A}{B}$

Siendo B el ancho de la superficie libre del agua y A la sección transversal, húmeda, del flujo.

Para el diseño se estableció el criterio de escoger pendientes que rindan valores de Fr en el rango  $0.85 < Fr < 1.5$  para evitar condiciones de inestabilidad del flujo.

#### DISIPADORES DE ENERGIA Y CAIDAS.

Cuando existe una diferencia de elevación entre el colector de entrada y de salida de más de 0.5 mts., se hace una caída dentro del pozo o afuera, esta estructura es conocida como caída de pozo o pozo de caída.

Se diseñaron caídas de diferentes tipos, según la altura, los diámetros de entrada y salida, y los caudales.

En el diseño de los colectores se han considerado 5 tipos de caída, como son:

- a) Pozos tipo B de caída para diámetros entre 18" y 12" y caídas desde 1.5 a 2.0 mts.
- b) Pozos tipo C de caída para diámetros entre 42" y 60" y caídas de hasta 3.0 mts.
- c) Caída en gradas cuando existe bastante espacio y la topografía lo permite.
- d) Caída por plataforma.
- e) Caídas especiales para diámetros y caudales grandes.

a) FOZOS DE CAIDA TIPO B.

Este tipo de pozo se utilizó tomando en cuenta los planos utilizados por la ANDA con algunas modificaciones.

Las modificaciones propuestas se refieren principalmente a la adición de un colchón de agua de 0.75 mts. para la disipación de energía. Este tipo de caída se diseñó para las siguientes condiciones:

- 1) 18" - 24" caída de 2.0 mts. con caudal de 1.0 m<sup>3</sup>/seg.
- 2) Diámetros de 36" - 42" con caída de 1.5 mts. y caudal hasta 2.0 m<sup>3</sup>/seg.

b) CAIDAS TIPO C: Vertedero Parabólico ó CIMACIO.

Este tipo de caída se diseñó para todos los colectores con caídas de hasta 3.0 mts., caudales hasta 4.5 m<sup>3</sup>/seg. y diámetros de 42 a 60 pulgadas. En este caso la disipación de energía es controlada y calculada según los principios de disipación de un resalto hidráulico.

La diferencia entre los cálculos hidráulicos teóricos, que se refieren generalmente a estructuras abiertas y a la buena práctica, que toma en cuenta las limitaciones físicas y topográficas, resulta más que todo en la longitud (ancho) del pozo y la absorción de una parte del resalto en la tubería de salida.

c) CAIDAS EN GRADAS.

Las gradas producen pérdidas de energía, contribuyendo así a la disipación de la energía total de la caída. La determinación del número y altura de las gradas a criterio de acuerdo a las condiciones físicas y topográficas.

COMPUERTAS DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LA RED.

Cada colector tendría descargas provisionales para el proceso de mantenimiento y de desarrollo específicos del alcantarillado del AMS.

Las descargas más apropiadas son aquellas que se pueden combinar con vigas canal especialmente cercanas a los arenales. Para las descargas combinadas con las vigas canal se han tomado en cuenta las siguientes condiciones:

- 1.) El caudal de cálculo es el mismo de la viga canal.
- 2.) Al momento de cerrar el flujo principal, el nivel máximo del agua puede llegar hasta la cubierta de la viga canal cuando el nivel de aguas abajo de la compuerta abierta de la descarga, puede llegar al nivel de vertedero.

3.) Las compuertas serán estándar y siempre del mismo diámetro se ha asegurado un máximo de posibilidades para la limpieza, reparación si fuera el caso, el mantenimiento continuo y control de la red.

DESCRIPCION GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS

Los objetivos básicos que se han perseguido en este proyecto son los siguientes:

- Economía en los costos.
- Durabilidad.
- Uso de Mano de Obra y materiales locales.
- Facilidad de reemplazo.
- Tiempos de construcción reducidos.

El uso del túnel por regla general se da cuando la profundidad del colector es igual o mayor a los 10 mts.

d) POZOS.

Se han diseñado pozos de visita y caída, de mampostería de ladrillo y concreto reforzado, los cuales han sido tipificados.

e) VIGAS CANAL.

Para el paso de quebradas, estas vigas simplemente apoyadas tienen un porcentaje de refuerzo variable acorde a la luz en la cual se les quiere emplear; el claro máximo es de 20 mts. Además se han diseñado estructuras de transición para aceptar el colector circular de la viga canal.

CONSIDERACIONES GENERALES DEL ANÁLISIS Y DISEÑO.

- Los materiales de construcción empleados de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones elaboradas, para el proyecto, los pesos de los materiales utilizados fueron los siguientes:

Concreto reforzado ----- 2,400 Kg/m<sup>3</sup>

Acero ----- 7,900 Kg/m<sup>3</sup>

Suelo ----- 1,800 Kg/m<sup>3</sup>

- Las solicitaciones sísmicas se aplicarán de acuerdo a ACI-343 usando el método de la fuerza estática equivalente.
- Las fuerzas laterales debidas al empuje de tierra, actuando sobre muros de retención, obras de protección y colectores colados en la obra se basaron en una presión hidrostática equivalente usando el método de Ranking.
- Las cargas vivas en colectores (cargas de tráfico) se han evaluado según las recomendaciones del ACPA para colectores circulares ovalados.
- La presión debido al flujo del agua ha sido evaluada usando una velocidad de 5.0 mts/seg.

**2.6. ANÁLISIS SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE CONTRA EL APOORTE DE AGUAS NEGRAS.**

Para el análisis sobre el estado actual de la demanda de agua potable y el aporte de aguas negras se realizará un estudio compara-

tivo entre la curva de la Demanda de Agua Potable (Gráfico 1) y la curva de Descarga de Aguas Residuales (Gráfico 2). La curva de Demanda de Agua Potable presenta la relación entre el caudal medio diario y el tiempo considerado desde el año de 1975 hasta el año 2000 en base a proyecciones de población.

En la curva de Descarga de Aguas Negras se presenta la relación entre el caudal máximo horario y el tiempo tomándolo desde 1992 hasta 2017.

Refiriéndose al concepto hidráulico en general, se podría afirmar que la captación de Aguas Residuales difieren a la distribución de agua en 3 aspectos:

- 1) Los conductos de aguas negras no fluyen bajo presión, a excepción de casos muy especiales.
- 2) Se considera que el flujo es generalmente inestable y casi siempre no uniforme.
- 3) Las aguas fluyentes transportan cargas sustanciales de material flotante, suspendido y soluble.
- 4) Las variaciones en el flujo para aguas negras están determinadas así:
  - a- El crecimiento anticipado de población y del uso del agua, durante un período de diseño seleccionado.
  - b- Debido a las fluctuaciones en el flujo proveniente del uso normal del agua.



Para la demanda de agua potable, los factores de demanda, se referenciarán al Consumo Medio Diario:

CONSUMO MAXIMO DIARIO :  $K_1 = 1.2 \text{ a } 1.4$   
 CONSUMO MAXIMO HORARIO:  $K_2 = 1.8 \text{ a } 2.4$   
 CONSUMO MINIMO DIARIO :  $K_3 = 0.3 \text{ a } 0.4$

Considerando como:

$$Q_{\text{medio diario}} = (\# \text{ habitantes} * \text{dotación}) / 86400$$

Y se consideran como Caudales de Diseño:

$$Q_{\text{máximo diario}} = K_1 * Q_{\text{medio diario}} \text{ (lts/seg.)}$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = K_2 * Q_{\text{medio diario}} \text{ (lts/seg.)}$$

$$Q_{\text{mínimo diario}} = K_3 * Q_{\text{medio diario}} \text{ (lts/seg.)}$$

Para el cálculo de caudales que circularán por las alcantarillas se tomarán a partir de las dotaciones de agua potable y se considera que el 80% del Caudal Máximo Horario llega a la alcantarilla y a éste se sumará la infiltración a lo largo de la tubería.

Se considera:

$$Q_{\text{infiltración}} = 0.2 \text{ lts/seg.} * \text{Area (en hectáreas)}$$

Cuyo valor incluye el aporte de conexiones fraudulentas de aguas lluvias en las tuberías de aguas negras.

Para COLECTORES PRIMARIOS se tomará:

$$Q_{\text{diseño}} = 1.5 * ( 0.8 * Q_{\text{máximo horario}} ) + Q_{\text{infiltración}}$$

Resulta difícil realizar un análisis comparativo entre la curva de Demanda de Agua Potable y la de Aporte de Aguas Residuales, esto debido a las variaciones del sistema definidas por los parámetros mencionados anteriormente, esto es debido que las fluctuaciones en el sistema de acueducto en un periodo determinado no coinciden con el periodo en el que ocurren las fluctuaciones del sistema de alcantarillado. En otras palabras, las horas pico en el sistema de acueducto no son las mismas horas pico que en el sistema de alcantarillado.

## 2.7. IMPACTO AMBIENTAL.

La falta de un sistema adecuado en el tratamiento y disposición de las aguas residuales, además del alto porcentaje de residencias sin conexión al alcantarillado sanitario existente, ha generado problemas de saneamiento y estético en las zonas urbanas y en sus áreas periféricas. Es de incluir la descarga de desagues crudos en el cuerpo receptor que contribuye a una mayor contaminación y sobre todo del Río Acelhuate, en lo que se refiere al Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), para el cual la concentración de oxígeno disuelto en el agua es cero.

De acuerdo a las condiciones existentes, los problemas ambientales en el AMSS son:

- 1) Falta de conexiones al alcantarillado sanitario, ya que en el AMSS un 35% de los usuarios que poseen servicio de agua potable,

no descargan sus aguas servidas al alcantarillado existente, sino que descargan directamente en las corrientes.

2) Las quebradas y las corrientes que circulan por el AMSS son tomadas como botaderos de basura y son en consecuencia, fuente de proliferación de moscas, mosquitos, zancudos y otros, todos portadores de muchas enfermedades que se transmiten a través del contacto con la orina y las excretas.

3) En las comunidades marginales, las aguas se descargan en muchos casos a la calle creando un aspecto antihigiénico y nauseabundo en perjuicio de la salud de la comunidad.

4) Las descargas de aguas residuales crudas, son de considerar ya que si las aguas negras fuesen tratadas antes de su descarga a los ríos, esto contribuiría a la limpieza del mismo.

En el AMSS, la limpieza y oxigenación del Río Acehuate ya fue iniciada por la ANDA con el proyecto de emisores y planta de tratamiento para San Salvador, debido a que San Salvador es el principal contribuyente al deterioro del Río Acehuate y de todos sus afluentes.

5) Un proyecto que implique mejoras en el sistema de alcantarillado y la construcción de plantas de tratamiento contribuirán al impacto positivo ambiental así:

a-. IMPACTO FISICO EN EL AMBIENTE.

Se mejorará el ornato ya que las aguas servidas descargarán en el sistema sanitario. Contribuirá a disminuir la contaminación de los ríos y sus afluentes (en especial, el Acelhuate y sus afluentes para el AMSS).

Se reducirá considerablemente la incidencia de enfermedades de origen hídrico (como el cólera) en la población servida.

b-. IMPACTO SOCIAL EN EL AMBIENTE.

Se obtendrá un mejoramiento en la calidad de la población de pocos y de moderados recursos económicos.

2.8. CAUDALES DE DESCARGA EN COLECTORES PRIMARIOS.

CALCULO DE LA TASA DE INCREMENTO GEOMETRICO.

Para poder estimar la población en un período determinado, es necesario conocer la Tasa de Crecimiento de la Población, dicha tasa se calculará por el método de la tasa de Incremento Geométrico.

Analizando un período de 5 años.

Para este cálculo ocuparemos la fórmula:

$$r = \sqrt[tf - ti]{\frac{pf}{pi}} - 1$$

En donde:

tf = Tiempo final

ti = Tiempo inicial

pf = Población final

pi = Población inicial

Población del AMSS en 1992 : 1,223,453 hab. (al 31 de Diciembre)

Población del AMSS en 1997 : 1,223,453 hab. (al 31 de Diciembre)

$$r = \frac{1494811}{1223452} - 1$$

$$r = 1.040878097$$

$$r = \frac{1.221797831}{1.223453} - 1$$

$$r = 0.0480$$

$$\underline{r = 4.1\%}$$

Para un período de 3 años.

Población al 31 de Diciembre de 1992 : 1,223,452 hab.

Población al 31 de Diciembre de 1997 : 1,378,103 hab.

$$r = \frac{1,378,103}{1,223,452} - 1$$

$$r = 1.0405 - 1 = 0.0405$$

$$r = \frac{1.126405449}{1.126405449} - 1$$

$$\underline{r = 4.1\%}$$

CALCULO DE LOS CAUDALES DE DESCARGA PARA EL  
DISEÑO DE LOS COLECTORES PRIMARIOS

Para el cálculo de los caudales es necesario conocer la dotación en el AMSS, está dotación de acuerdo a las normas de la ANDA

para el AMSS oscila entre 200 lts/persona/día y 250 lts/persona/día. Por efecto de cálculo se tomará una dotación de 250 lts/persona/día.

CAUDAL DE DESCARGA EN EL COLECTOR PRIMARIO CP-1

Area de influencia: 1,155 Ha., ésta área se calculó con planímetro y está definida o delimitada en el plano de ubicación de colectores. Plano General (Anexo No. 6):

De acuerdo al reglamento de la ordenanza del control del desarrollo urbano y de la construcción se tiene:

Area Ecológica de Protección	15%	= 1.155 Ha. x 0.15 = 173.208 Ha.
Area de Callés y Accesos	40%	= 1.155 Ha. x 0.40 = 461.89 Ha.
Area Habitable	45%	= 1.155 Ha. x 0.45 = 519.75 Ha.

Según plano general de zonificación del AMSS, esta región está dentro de un área de densidad poblacional con clave HR-40, en la cual, el lote tipo tiene un área de 125 m<sup>2</sup> y cada lote tiene una densidad habitacional de 5 personas/lote. Así:

$$519.75 \text{ Ha. (área habitable)} = 5,197,500 \text{ m}^2$$

$$\# \text{ Lotes} = 5,197,500 \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ lote}}{125 \text{ m}^2} = 41,580 \text{ lotes}$$

$$\# \text{ de habitantes} = 41,580 \times \left| \frac{5 \text{ hab.}}{1 \text{ lote}} \right| = 207,900 \text{ habitantes}$$

$$Q_{\text{medio diario}} = \frac{\text{No. de habitantes} \times \text{dotación}}{86,400}$$

$$Q_{md} = \frac{207,900 \text{ habitantes} \times 250 \text{ lts/hab/día}}{86,400} = 601.5625 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{max. \text{ horario}} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{max.H.} = 2.4 (601.5625 \text{ lts/seg.})$$

$$Q_{max.H.} = 1,443.75 \text{ lts/seg}$$

Caudal de descarga =  $Q_d$

$$Q_d = 1.5 (0.8 Q_{max}) + 0.2 \text{ lts/seg/Ha.} \\ \text{(Qinfiltración)}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8 Q_{max}) + 0.2 \text{ lts/seg/Ha.}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8 (1,443.75)) + (0.2 \text{ lts/seg/Ha}) (981.64 \text{ Ha.})$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (1,443.75 \text{ lts/seg.}) + 196.35 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = 1,928.85 \text{ lts/seg.} \quad \text{(Caudal de Descarga)}$$

Cálculo del diámetro necesario para el caudal de descarga utilizando la fórmula de Manning y una pendiente del 1% con  $n = 0.015$

$$Q = \frac{1}{n} (Rh)^{2/3} (S)^{1/2} A_h \quad Rh = \frac{R}{2} \quad A = \frac{nR^2}{2}$$

Despejando R:

$$R = \left[ \frac{nQ \times 3.175}{r S^{1/2}} \right]$$

Sustituyendo los valores de  $n = 0.015$ ,  $S = 0.01$  que serán constantes, se obtiene:

$$R = (0.1516 Q)^{3/5}$$

Para obtener el diámetro en pulgadas :  $D = 78.740(Q)^{0.1516}$

$$D = 78.740(Q)^{0.1516} = 78.74(0.1516 \times 1.92885)^{0.1516}$$

$$D = 49.653 \text{ pulgadas} \approx \underline{45 \text{ pulgadas}}$$

CALCULO DEL CAUDAL DE DESCARGA DEL CP-1 PARA EL AÑO 2017

De acuerdo a la tasa geométrica de crecimiento  $r = .4\%$ , la población en el área de influencia del CP-1 para el año 2017 será:

$$\text{Población (2017)} = \text{Población (1992)} (1 + r)$$

$$\text{Población (2017)} = 207,900 \quad 1.04$$

$$\text{- Población} = \underline{264,584 \text{ hab.}}$$

$$Q_{md} = \frac{264,584 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/día}}{86,400} = 765.58 \text{ lts/día}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{med}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 (765.58) = 18,374$$

$$Q_d = 1.5(0.8 Q_{maxh}) + Q_{inf}$$

$$Q_{inf} = 0.2 \text{ lts/seg/Ha.} \times 981.64 = 196.33$$

$$Q_d = 1.5(0.8) (1837.4) + 196.33$$

$$Q_d = 240.21 \text{ lts/seg.}$$

Cálculo del diámetro necesario:

$$D = 78.740(Q)^{0.1516} = 78.74(0.1516 \times 2.4021)^{0.1516}$$

$$D = 53.90 \text{ pulgadas} \approx 54 \text{ pulgadas}$$



CAUDAL DE DESCARGA EN EL CP-2

Dotación = 250 lts/persona/día

Area de influencia = 1,683 Ha.

Area Ecología de protección = 252.45 Ha.

Area de calle y acceso = 673.2

Area Habitable = 757.35 Ha

Area Habitable = 7,573,500 m<sup>2</sup>

# Lotes = 7,573,500 m<sup>2</sup> x  $\frac{1 \text{ lote}}{125 \text{ m}^2}$  = 60,588 Lotes

# habitantes = 605.88 lotes  $\frac{5 \text{ hab.}}{\text{lote}}$  = 302940 hab.

$$Q_{md} = \frac{302940 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/día}}{86400} = 876.56 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 (876.56 \text{ lts/seg}) = 2103.75 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{inf} = (0.2 \text{ lts/seg/Ha.}) (1430.55 \text{ Ha.}) = 286.11 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = (0.8) (Q_{maxh}) + Q_{inf}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (2103.75 \text{ lts/seg}) + 286.11 \text{ lts/seg}$$

$$\underline{Q_d = 2810.61 \text{ lts/seg}}$$

Cálculo del diámetro necesario para el caudal de descarga.

$$D = 74.74(0.1516 \times 2.81061)^{2/3}$$

$$D = 57.18 \text{ pulgadas} \approx 60 \text{ pulgadas}$$

Cálculo del Caudal de Descarga del CP-2 para 1992

$$r = 4\%$$

Población para el año 2017 = 385535

en el área de influencia del CP-3

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 (1115.54 \text{ lts/seg}) = 2677.31 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) Q_{maxh} + Q_{inf.}$$

$$Q_{inf} = 0.2 \text{ lts/seg/Ha.} (1430.55 \text{ Ha.}) = 286.11 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (2677.35) + (286.11 \text{ lts/seg})$$

$$Q_d = 3498.90 \text{ lts/seg.}$$

Cálculo de diámetro necesario:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 3.4989)^{3/8}$$

$$D = 62.08 \text{ pulgadas} \approx 66.0 \text{ pulgadas}$$

Caudal de Descarga en el CP-3 para 1992

$$\text{Dotación} = 250 \text{ lts/hab/día}$$

$$\text{Área de influencia} = 2462 \text{ Ha.}$$

$$\text{Área Ecológica de protección} = 369.3 \text{ Ha.}$$

$$\text{Área de Calles y acceso} = 984.8 \text{ Ha.}$$

$$\text{Área Habitable} = 1107.9 \text{ Ha.}$$

$$\text{Área Habitable} = 11079000 \text{ m}^2$$

$$\# \text{ lotes} = 11079000 \text{ m}^2 \frac{1 \text{ lote}}{125 \text{ m}^2} = 88623 \text{ lotes}$$

$$\# \text{ hab.} = 88632 \text{ lotes} \frac{5 \text{ personas}}{1 \text{ lote}} = 443160 \text{ hab.}$$

$$Q_{md} = \frac{443160 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/día}}{86400} = 1282.29 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 (1282.29 \text{ lts/seg}) = 3077.5 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{inf} = 0.2 \text{ lts/seg (2092.7 Ha.)}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (Q_{maxh}) + Q_{inf}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (3077.5 \text{ lts/seg}) + (418.54 \text{ lts/seg})$$

$$Q_d = 4111.54 \text{ lts/seg.}$$

Diámetro necesario:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 4.1115)^{3/4}$$

$$D = 65.95 \text{ pulgs.} \approx 66.0 \text{ pulgadas}$$

Caudal de Descarga del CP-3 para:

$$r = 4\%$$

Población para el año 2017 en el área = 564985 hab.

de influencia del CP-3

$$Q_{md} = \frac{564985.0 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/día}}{86400} = 1634.79 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 (1634.79 \text{ lts/seg})$$

$$Q_{maxh} = 3923.51 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{descarga} = 1.5 (0.8) Q_{maxh} + Q_{inf}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (3923.51 \text{ lts/seg}) + 418.54 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_d = 5126.75 \text{ lts/seg.}$$

Diámetro necesario:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 5.12675)^{3/8}$$

$$D = 71.64 \text{ pulg. } \approx 72.0 \text{ pulgadas.}$$

Caudal de Descarga en el CP-4 para 1992:

$$\text{Dotación} = 250 \text{ lts/hab/día}$$

$$\text{Area de influencia} = 2314 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area Ecológica de Protección} = 347.1 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area de Calles y acceso} = 925.6 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area Habitable} = 1041.3 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area Habitable} = 1041.3 \text{ Ha.} = 10413000 \text{ m}^2$$

$$\# \text{ lotes} = 10413000 \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ lote}}{125 \text{ m}^2} = 83304 \text{ lotes}$$

$$\# \text{ Habitantes} = 83304 \times \frac{5 \text{ hab.}}{1 \text{ lote}} = 416520 \text{ hab.}$$

$$Q_{md} = \frac{416520 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/día}}{86400} = 1205.21 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{md} = 2.4 (1205.21 \text{ lts/seg}) = 2892.5 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{inf} = (0.2 \text{ lts/seg/Ha.}) (925.6 \text{ Ha.} + 1041.3) = 393.38 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (2892.5) + 393.38 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_d = 3864.38 \text{ lts/seg.}$$

Diámetro necesario para el caudal de descarga:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 3.866438)^{3/8}$$

$$D = 64.43 \text{ pulg. } \approx 66.0 \text{ pulgadas}$$

Caudal de descarga del CP-4 para el año 2017:

$$r = 4\%$$

Población para el año 2017 en el = 530083 hab.

Area de influencia del CP-4

$$Q_{md} = \frac{530083 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/dia}}{86400} = 1533.79 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{makh} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{makh} = 2.4 (1533.79 \text{ lts/seg}) = 3681.1 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{descarga} = (1.5) (0.8) (Q_{makh}) + Q_{inf}$$

$$Q_{inf} = 393.38 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{descarga} = (1.5) (0.8) (3681.1 \text{ lts/seg}) + 393.38 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = 4810.74 \text{ lts/seg.}$$

Diámetro necesario para el caudal de descarga:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 4.81074)^{2/3}$$

$$D = 69.95 \text{ pulg.} \approx 72.0 \text{ pulgadas}$$

Caudal de Descarga en el CP-5:

$$\text{Dotación} = 250 \text{ lts/seg.}$$

$$\text{Area de influencia} = 1577 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area de protección} = 236.55 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area de Calles y acceso} = 630.80 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area Habitable} = 709.65 \text{ Ha.}$$

$$\text{Area Habitable} = 7096500 \text{ m}^2$$

$$\# \text{ lotes} = \frac{7096500 \text{ m}^2}{125 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ lote}}{125 \text{ m}^2} = 56772 \text{ lotes}$$

$$\# \text{ habitantes} = 293860 \text{ hab.}$$

$$Q_{md} = \frac{283860 \times 250}{86400} = 821.35 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 \times Q_{md} = 1971.25 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{inf} = 268.09 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = 2633.59 \text{ lts/seg}$$

Cálculo de diámetro necesario para el caudal de descarga:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 2.63359)^{2/3}$$

$$D = 55.80 \text{ pulg.} \approx 60 \text{ pulgadas}$$

Cálculo del caudal de descarga del CP-5 para 1992:

$$r = 4\%$$

Población para el año 2017 en el área = 361255 hab.

de influencia del CP-5

$$Q_{md} = \frac{361255 \text{ hab.} \times 250 \text{ lts/hab/dia}}{86400} = 1045.29 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 Q_{md}$$

$$Q_{maxh} = 2.4 (1045.29 \text{ lts/seg}) = 2508.69 \text{ lts/seg}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) Q_{maxh} + Q_{inf}$$

$$Q_{inf} = 0.2 \text{ lts/seg/Ha.} (1340.45) = 268.09 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_d = 1.5 (0.8) (2508.69 \text{ lts/seg}) + 268.09 = 3278.55$$

$$Q_d = 3278.55 \text{ lts/seg.}$$

Cálculo del diámetro necesario:

$$D = 78.74 (0.1516 \times 3.27855)^{2/3}$$

$$D = 60.58 \text{ pulg.} \approx 66.0 \text{ pulgadas}$$

TABLA DE CAUDALES

COLECTOR PRIMARIO CP-1 DOTACION 250 LTS/P/DIA Sprom = 1%

	1992	1995	2000	2005	2010	2015	20170
AREA INFLUENCIA*	1155	1155	1155	1155	1155	1155	1155
NUMERO DE HAB.	207900	216424	225298	234536	244152	254163	264584
Qmedio(lts/seg)	601.56	626.23	651.9	678.63	706.46	735.42	765.57
QmaxH(lts/seg)	1443.75	1582.94	1564.57	1628.72	1695.49	1765.01	1837.38
Qdescarga	1928.85	1999.88	2073.83	2158.82	2238.95	2314.38	2401.22
DIAMETRO(pulg)	41.75-42	42.32-48	43-48	43.50-48	44.1-48	44.7-48	45.3-48

\* Hectáreas

TABLA DE CAUDALES

COLECTOR PRIMARIO CP-2 DOTACION 250 LTS/P/DIA Sprom = 1%

	1992	1995	2000	2005	2010	2015	20170
AREA INFLUENCIA*	1683	1683	1683	1683	1683	1683	1683
NUMERO DE HAB.	302940	315361	328291	341751	333358	370358	385535
Qmedio(lts/seg)	876.56	912.5	949.92	988.86	964.57	1071.61	1115.54
QmaxH(lts/seg)	2103.75	2198.01	2279.8	2373.26	2314.97	2571.87	2677.31
Qdescarga	2818.61	2914.12	3021.87	3134.04	3046.07	3372.36	3498.98
DIAMETRO(pulg)	48.08-54	48.74-54	49.41-54	50.01-54	49.56-54	51.48-54	52.2-54

\* Hectáreas

TABLA DE CAUDALES

COLECTOR PRIMARIO CP-3 DOTACION 250 LTS/P/DIA Sprom = 1%

	1992	1995	2000	2005	2010	2015	20170
AREA INFLUENCIA*	2462	2462	2462	2462	2462	2462	2462
NUMERO DE HAB.	443160	461330	480245	499936	520434	541772	564985
Qmedio(lts/seg)	1282.29	1334.87	1389.59	1446.57	1501.88	1567.62	1634.79
QmaxH(lts/seg)	3077.5	3203.68	3335.83	3471.77	3614.11	3762.29	3923.51
Qdescarga	4111.54	4262.96	4420.59	4584.67	4755.49	4933.31	5126.75
DIAMETRO(pulg)	55.46-60	56.21-60	56.98-60	57.77-60	58.56-60	59.38-60	60.24-66

\* Hectáreas

TABLA DE CAUDALES

COLECTOR PRIMARIO CP-4 DOTACION 250 LTS/P/DIA Sprom = 1%

	1992	1995	2000	2005	2010	2015	20170
AREA INFLUENCIA*	2462	2462	2462	2462	2462	2462	2462
NUMERO DE HAB.	443160	461330	480245	499936	520434	541772	564985
Qmedio(lts/seg)	1282.29	1334.87	1389.59	1446.57	1501.88	1567.62	1634.79
QmaxH(lts/seg)	3077.5	3203.68	3335.83	3471.77	3614.11	3762.29	3923.51
Qdescarga	4111.54	4262.96	4420.59	4584.67	4755.49	4933.31	5126.75
DIAMETRO(pulg)	55.46-60	56.21-60	56.98-60	57.77-60	58.56-60	59.38-60	60.24-60

\* Hectáreas



TABLA DE CAUDALES

COLECTOR PRIMARIO CP-5 DOTACION 250 LTS/P/DIA Sprom = 1%

	1992	1995	2000	2005	2010	2015	20170
AREA INFLUENCIA*	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577
NUMERO DE HAB.	283860	295499	307615	320228	333358	347026	361255
Qmedio(lts/seg)	821.35	855.03	890.89	926.58	964.57	1004.12	1045.29
QmaxH(lts/seg)	1971.25	2052.08	2136.21	2223.79	2314.97	2409.88	2508.69
Qdescarga	2633.59	2738.58	2831.55	2936.66	3046.07	3159.97	3278.55
DIAMETRO(pulg)	46.92-48	47.56-48	48.22-54	48.88-54	49.56-54	50.24-54	50.94-54

\* Hectáreas

TABLA DE CAUDALES

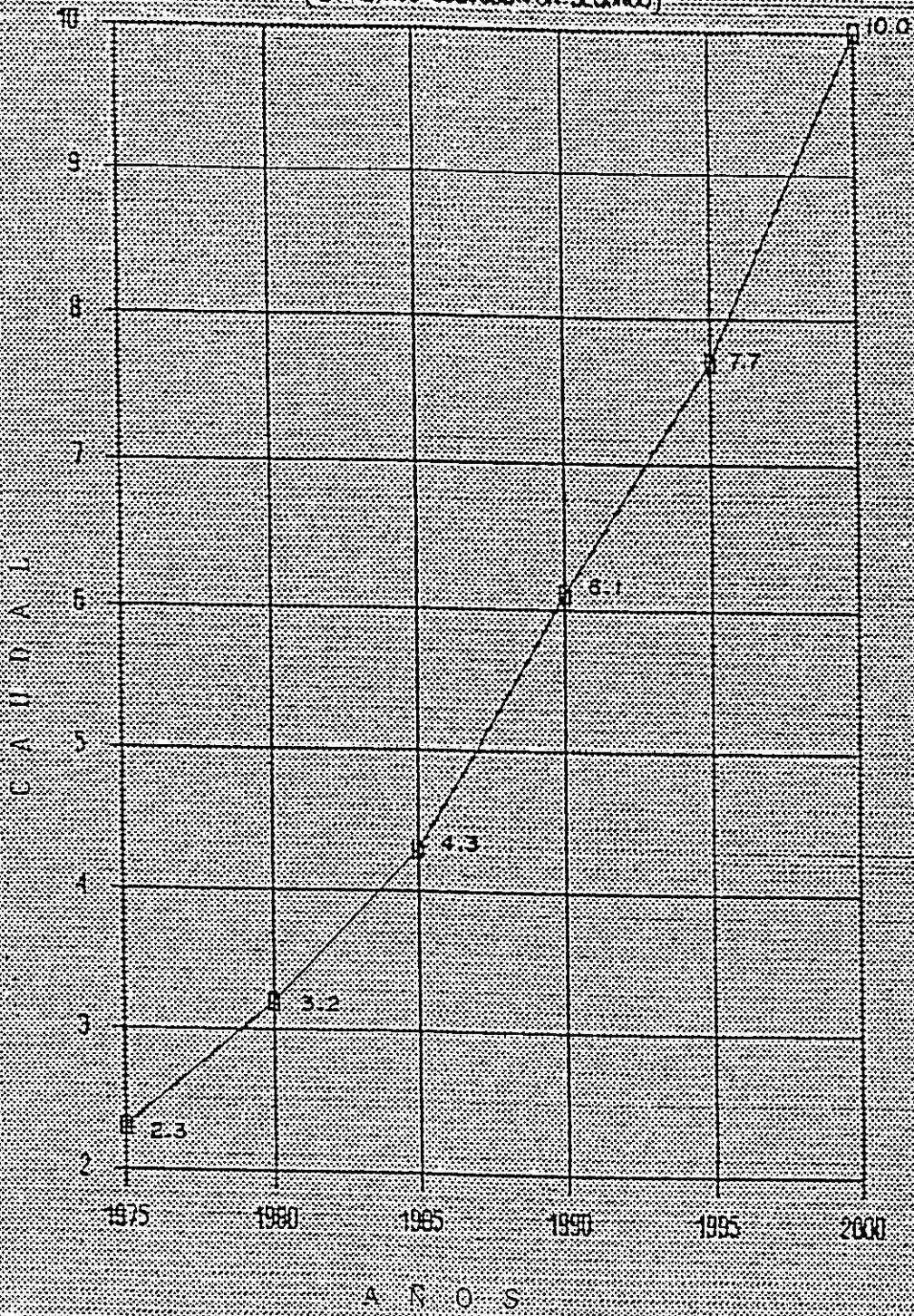
Qdesc Período	1992	1995	2000	2005	2010	2015	20170
COLECTOR PRIM.CP-1	1.92885	1.99988	2.07383	2.15082	2.23095	2.31438	2.40122
COLECTOR PRIM.CP-2	2.81061	2.91412	3.02187	3.13404	3.25080	3.37236	3.49890
COLECTOR PRIM.CP-3	4.11154	4.26296	4.42059	4.58467	4.75549	4.93331	5.12675
COLECTOR PRIM.CP-4	3.86438	4.00670	4.15485	4.30910	4.46962	4.63676	4.81074
COLECTOR PRIM.CP-5	2.63359	2.73058	2.83155	2.93666	3.04607	3.15997	3.27855
COLECTOR INTERC.	15.34897	15.91424	16.50269	17.11529	17.75293	18.41678	19.11616

CAUDALES EN M<sup>3</sup>/S

GRAF. 1

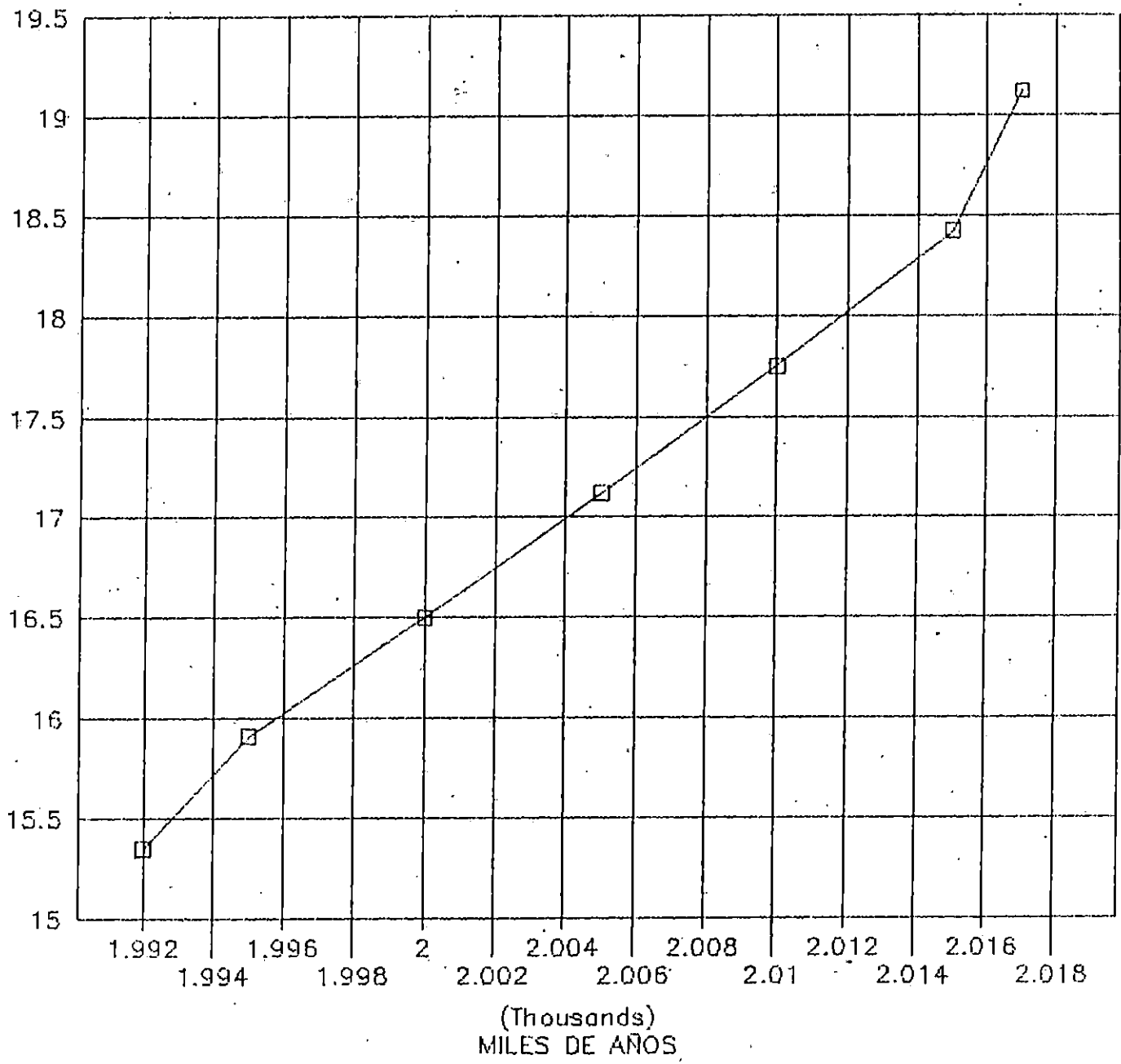
### PROYECCIONES DEMANDA DE AGUA (AMSS)

(EN METROS CUBICOS POR SEGUNDO)



CAUDALES EN M<sup>3</sup>/S

Gráf. 2



CAPITULO III  
CONDICIONES FISICAS,  
QUIMICAS Y BIOLOGICAS  
DE LAS AGUAS NEGRAS

## CAPITULO III

### 3.1. GENERALIDADES.

Las características de las aguas residuales son extremadamente importantes, para preveer el efecto adverso que produce su vertimiento directo al medio ambiente, y establecer cuales serán los sistemas de tratamiento más convenientes, para remover eficientemente los materiales que deteriorarán el medio receptor de esas aguas.

Las características de las aguas negras se puede clasificar en 3 grupos:

- a) Físicas.
- b) Químicas y
- c) Biológicas.

En conjunto las características físicas, químicas y biológicas de las aguas negras, se convierten en un factor muy influyente en el impacto ecológico y en las condiciones de vida del ser humano, por lo que estas condiciones se consideran básicas y necesarias, ya que para tomar la decisión sobre un tratamiento de aguas negras en particular, el diseñador, deberá de tener muy en cuenta las condiciones del agua (físicas, químicas y biológicas) a tratar, y las condiciones requeridas con que se debe de descargar dicha agua al afluente.

### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

1-.SOLIDOS: Comprenden todos los desechos sólidos humanos, animales y vegetales, desperdicios caseros e industriales que se encuentran en las aguas negras. Dependiendo de las características de estos sólidos (tamaño, orgánicos y/o inorgánicos, sedimentables, caseros e industriales, etc.), dependerá el tipo de tratamiento y el tiempo requerido para que se realicen los procesos de degradación de sólidos y sedimentación de lodos. Los sólidos constituyen el 0.1 por ciento por peso y representa la cantidad media de transporte de los sólidos en las aguas negras (ver Capítulo I, pág. 39).

2-.TEMPERATURA: Generalmente la temperatura del agua residual es más elevada que la del agua potable, debido a la adición de agua caliente procedente de casas e industrias. Como el calor específico del agua es mayor que el del aire, las temperaturas de las aguas residuales son más altas que las propias del aire.

La temperatura del agua es un parámetro importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la aplicabilidad del agua a usos múltiples.

3-.COLOR: el color de las aguas negras se debe a la materia en solución o a formas coloidales, lo que se ha de diferenciar de la turbidez que puede dar un color aparente.

El color real se debe a la presencia de algunos colorantes procedentes de la descomposición de la materia orgánica, sólidos en suspensión y vegetales.

El color se expresa en unidades de color y se mide por comparación con un estándar de platino-cobalto.

4-.TURBIDEZ: es una medida de la obstrucción óptica que se opone al paso de una fuente de luz a través de una muestra de agua.

La turbidez puede interpretarse como una falta de claridad o brillo en una muestra de agua, aunque en agua, ésta puede tener color oscuro, pero no tener turbidez.

La turbidez es provocada por la presencia de materias en suspensión, las cuales se encuentran divididas en partículas finas como arcilla, ciertos lodos finos, materia orgánica y otros similares que se mantienen en suspensión y causan turbidez.

5-.OLOR: las aguas negras poseen olores característicos, en sus primeras etapas y debido al contenido de oxígeno, éstas no poseen un olor desagradable en extremo, sino que poseen un olor mohoso tolerable. Al ir disminuyendo las cantidades de oxígeno éstas adquieren un olor fétido y desagradable, en las últimas etapas donde el agua recupera cantidades de oxígeno disuelto su olor se vuelve ligero o nulo.

### 3.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

La actividad de la vida biológica en las aguas negras produce muchos cambios en la composición química de sus sólidos. Estos cambios químicos o cambios bioquímicos (ya que se deben al desarrollo biológico) no solo indican las actividades de los microorganismos

presentes, sino que miden el grado de descomposición de los sólidos y por ende la eficacia de cualquier tratamiento que se lleve a cabo.

1-.MATERIA ORGANICA: la mayor parte de la materia orgánica de las aguas negras domésticas consiste en residuos alimenticios, excretas, materia vegetal, sales minerales y orgánicas y materiales diversos como el jabón, detergentes sintéticos, otros. Algunos de ellos son sólidos, otros, están en solución y otros más, en suspensión coloidal.

Los desperdicios de alimentos son, principalmente hidratos de carbono, proteínas o grasas. La materia fecal está constituida de pequeños trozos de alimentos no digeridos, bacterias intestinales y desechos celulares del cuerpo, químicamente son proteínas del cuerpo con algunas grasas y cantidades considerables de hidratos de carbono. Los desechos urinarios contienen la mayor parte de nitrógeno que no es retenido por el cuerpo, el cual, está en forma de amoníaco y bióxido de carbono.

La materia vegetal de las aguas negras contiene principalmente desperdicios de las cocinas de la comunidad. Los jabones, detergentes y las sales minerales, son productos de desecho de las actividades domésticas que incluyen el lavado de loza y ropa.

2-.DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO): es la cantidad de oxígeno requerido para la oxigenación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras o de desechos, como la descomposición requiere un período grande de tiempo y depende de la temperatura, los



valores de la DBO en las pruebas de laboratorio deben especificar el tiempo y temperatura usados en las pruebas.

Generalmente se emplean 5 días y 20 °C (68 °F); también se le conoce como la cantidad de oxígeno utilizado en la estabilización biológica de la materia orgánica en los desechos a 20 °C para un período de tiempo específico.

3-.DEMANDA TOTAL DE OXIGENO (DTO): es la cantidad estequiométrica o proporcional de oxígeno para la oxigenación completa de una sustancia, así dependiendo de lo que se consume, así es la cantidad que se requiere.

4-.DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO): es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar contaminantes (orgánicos e inorgánicos) por reacciones puramente químicas, se mide mediante análisis químicos.

5-.DEMANDA NITROGENADA DE OXIGENO (DNO): es el oxígeno necesario para oxidar completamente el nitrógeno presente en los desechos, se mide en ensayos biológicos y se puede calcular si se conoce el contenido de los compuestos nitrogenados.

6-.CARBON ORGANICO TOTAL (COT): medida del carbón orgánico en los desechos, es una prueba instrumental y sus resultados son parecidos a los de demanda bioquímica de oxígeno.

7-.PH: el Ph es una propiedad del agua, y la posee tanto el agua pura como el agua contaminada el cual, en algunos casos es similar, por lo que no es indicador de la pureza del agua.

El Ph del agua es en realidad una medida de las cantidades relativas de iones  $H^+$  y  $OH^-$  presente en una muestra. En agua pura, los iones  $H^+$  y  $OH^-$  se encuentran en una relación definida como Ph de 7.0.

Al agregarse un contaminante al agua pura, éste hace variar la relación de  $H^+$  y  $OH^-$ :

a mayor cantidad de  $H^+$ .....Acidez.....Ph < 7.0

a mayor cantidad de  $OH^-$ .....Alcalinidad.....Ph > 7.0

Si el contaminante no provoca variación en las cantidades de  $H^+$  y  $OH^-$  presentes, el Ph será 7.0 como si el agua fuese pura.

El controlar el Ph es importante para mantener las condiciones deseadas del agua en un área dada. En general al tener agua con Ph menor que 7.0 el agua es más corrosiva y al tener un Ph mayor que 7.0, mayor será la tendencia del agua a formar incrustaciones.

Por lo que un cambio en el Ph, ya sea mayor o menor que el recomendado en un sistema dado; podrá ocasionar problemas.

8-.ALCALINIDAD: es una medida de la capacidad del agua para absorber o neutralizar un ácido. Entre mayor sea la alcalinidad, mayor será su capacidad de neutralizar un ácido. En agua pura, la alcalinidad es baja y por consiguiente poca capacidad neutralizadora de ácidos.

9-.CONDUCTIVIDAD O CONDUCTANCIA ESPECIFICA: para una muestra de agua, es la medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. O sea, opuesto a las características del agua pura, en el hecho, de que es mala conductora de electricidad, el agua

con un alto contenido de iones (sólidos disueltos) es un excelente conductor.

Los compuestos inorgánicos como el cloruro de sodio (sal común) y sulfato de sodio, se separan en iones (+) positivos y (-) negativos, los cuales, son capaces de conducir una corriente eléctrica proporcional a la cantidad de iones presentes.

La prueba de conductividad no mide la presencia de ningún ión (grupo de átomos o átomo que lleve carga eléctrica), sino que es una medida de la concentración total de iones.

La resistencia electrónica se mide en ohmios, para la conductancia se mide en MHO. Al medir una muestra de agua, los resultados se expresan en micromhos (mmhos = millonésima parte de un mho).

10-.MINERALES: las aguas negras presentan un alto contenido de minerales como el níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, algunos de ellos forman el grupo de los denominados metales pesados, éstos al igual que otros metales tienen una gran afinidad de mezclarse con las proteínas presentes en los seres vivos, formando sales que inhiben las funciones de las proteínas, especialmente afectan las reacciones biológicas compatibles con la vida, que en algún momento dado podría provocar la muerte.

Los sólidos orgánicos complejos originales de las aguas negras, son compuestos de carbono que combinado con el nitrógeno, azufre, fósforo, hidrógeno, oxígeno y otros, retienen moléculas de agua durante el proceso de descomposición aerobia, el oxígeno se combina con ele-

mentos como nitrógeno, azúfre, fósforo y otros, de manera que forman como resultado final de los cambios bioquímicos, al llevarse a cabo completamente bióxido de carbono, agua, nitratos, sulfatos, fosfatos y sales minerales.

11-GASES DISUELTOS: además de los sólidos, las aguas negras contienen variables cantidades de gases disueltos originados por la descomposición de la materia orgánica. En realidad son gases que proceden de los lodos de las aguas negras que contienen alta proporción de bióxido de carbono y cantidades variables de metano y oxígeno. El peligro consiste usualmente en que se forma una mezcla explosiva con el metano y el oxígeno, y con mayor frecuencia con una deficiencia de oxígeno.

El resto de los gases disueltos en la parte acuosa de las aguas negras no controlan las actividades biológicas al igual que el oxígeno disuelto. El ácido sulfhídrico, que es un gas de olor repugnante, es el resultado de la descomposición anaerobia de los compuestos que contienen azúfre y dá origen a un estado ácido que afecta posteriores reacciones y tienen acción corrosiva en las plantas de tratamiento. Si hay bióxido de carbono excesivo indica que los sólidos están teniendo una descomposición ácida, con una resultante disminución en la velocidad de degradación.

Las aguas negras pueden incluir líquidos volátiles o líquidos que hierven a menos de 100 °C o 212 °F, como la gasolina.

En los cambios bioquímicos de las aguas negras, los gases disueltos desempeñan un papel importante sobre todo con el oxígeno disuelto,

el cual, al estar presentes en las aguas negras o al agregarse a ellas por dispositivos para tratamiento, asegurándose el desarrollo de microorganismos aerobios y con ello el progreso de la descomposición aerobia sin putrefacciones. Al agotarse completamente el oxígeno, los organismos aerobios son reemplazados por organismos anaerobios, teniendo lugar una descomposición anaerobia asociada con rápidos putrefacción, apariencia negra y desagradable junto con olores ofensivos. Por tanto, al descargarse aguas negras en una corriente, las reacciones resultantes dependerán del oxígeno disuelto que contenga el agua.

El oxígeno se disuelve en el agua por contacto con el aire y la superficie del agua, hasta alcanzar el punto de saturación a una determinada temperatura. Cuando la concentración de oxígeno disminuye del punto de saturación este se disuelve más en el aire. En un flujo turbulento de una corriente como en piedras, riscos y rápidos, se incrementa la velocidad de disolución del oxígeno o reaeración. Por la reaeración se consigue oxígeno disponible adicional para la descomposición bioquímica de los sólidos orgánicos putrescibles.

En las alcantarillas, así como en las plantas de tratamiento, cuando el aire (oxígeno) se mezcla en ciertas proporciones con gases inflamables o combustibles, explotan violentamente por ignición. Sin embargo, no habrá explosión mientras la mezcla no sobrepase esas proporciones. La concentración mínima de una mezcla de gases y aire o vapores y aire, que explota por ignición, se conoce como límite inferior de explosión, mientras que la concentración máxima se conoce como límite superior de explosión.

En la tabla se presentan los límites explosivos para gases y vapores que más probablemente se encuentren en una planta de aguas negras.

### 3.1.3. CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS.

Las aguas negras contienen también incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles, excepto en un microscopio. Son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas negras y su presencia es de suma importancia ya que contribuyen en el tratamiento de las aguas negras, y su éxito, que incluye la degradación y descomposición, dependen de sus actividades. Algunos de ellos son:

1-.BACTERIAS: son pequeñísimos organismos vivos, formados por una sola célula. Son organismos microscópicos y se encuentran dondequiera en el medio ambiente. Las hay en el suelo, y por el polvo quedan suspendidas en el aire. Se encuentran en el agua, como resultado del paso de la lluvia a través del aire y a las diversas corrientes acuíferas que penetran y discurren sobre el suelo. Hay bacterias en los cuerpos de los organismos vivos. Todas las bacterias requieren alimento para su vida y crecimiento y son afectadas por las condiciones del medio ambiente. Se clasifican en varios grupos, entre ellos:

a) BACTERIAS SAPROFITAS: son bacterias que tienen una existencia independiente, hallan su propio suministro alimenticio, se adaptan a las condiciones del medio ambiente y llevan a cabo su trabajo sin el estímulo de otros organismos.

GASES PELIGROSOS QUE SE ENCUENTRAN COMUNMENTE EN LAS ALCANTARILLAS Y  
EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Nombre del gas	Fórmula química	Densidad de los vapores. Peso específico	Límites Explosivos (Vol. por ciento en el aire)		Principales propiedades (Los porcentajes que se mencionan son de volumen en el aire)	Efectos Fisiológicos (Los porcentajes que se mencionan son de volumen en el aire)	Procedencia más común	Método de análisis, seguro, sencillo y barato
			Lím. Inf.	Lím. Sup.				
Oxígeno (en el aire)	O <sub>2</sub>	1.11	No Inflamable		Gas incoloro, inodoro, insípido y no venenoso. Sostiene la combustión.	El aire contiene normalmente 20.93% de O <sub>2</sub> ; El hombre tolera una disminución hasta del 12%. Se estima que una disminución por abajo de 7-5% es fatal.	Agotamiento del oxígeno debido a ventilación insuficiente y absorción, o consumo químico del O <sub>2</sub> disponible.	Indicador de deficiencia de oxígeno.
Vapores de gasolina	Desde C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> Hasta C <sub>7</sub> H <sub>20</sub>	Desde 3.0 Hasta 4.0	1.3	7.0	Incoloros, olor perceptible hasta en concentraciones de 0.03%. Inflamables. Explosivos	De efectos anestésicos cuando se inhalan. Al 2.43% es rápidamente fatal. De 1.1 a 2.2% es peligroso aún durante corta exposición.	Fugas de tanques de almacenamiento, descargas de los garajes y operaciones domésticas o comerciales de lavado en seco.	1. Indicador de gases combustibles. 2. Indicador de deficiencia de oxígeno para concentraciones mayores a 0.3%
Monóxido de Carbono	CO	0.97	12.5	74.2	Incoloro, inodoro, no irritante, insípido, inflamable. Explosivo.	La hemoglobina de la sangre tiene gran afinidad por este gas, causándose la muerte por falta de oxígeno. Del 0.2 al 0.25% provoca la pérdida del conocimiento en 30 minutos.	Gas combustible elaborado	Ampolletas de CO
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0.07	4.0	74.2	Incoloro, inodoro, insípido, no venenoso, inflamable. Explosivo, propaga las llamas rápidamente; muy peligroso.	Actúa mecánicamente para desalojar el oxígeno de los tejidos. No sostiene la vida. Es un asfixiante simple.	Gas combustible elaborado	Indicador de gases combustibles.

GASES PELIGROSOS QUE SE ENCUENTRAN COMUNTE EN LAS ALCANTARILLAS Y

EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Nombre del gas	Formula	Densidad de los vapores (Vol. por ciento en el aire)	Límites Explosivos (Vol. por ciento en el aire)	Principales propiedades (Los porcentajes que se mencionan son de volumen en el aire)	Efectos fisiológicos (Los porcentajes que se mencionan son de volumen en el aire)	Procedencia más común	Método de análisis, seguridad, análisis y balanceo
Metano	CH <sub>4</sub>	0.55	5.0 - 15.0	Incoloro, inodoro, inflamable, explosivo.	Gas Natural, gas de los pantanos, gases combustibles, laboratorio de alicantilla.	1. Índice de seguridad, análisis, análisis, seguridad, análisis y balanceo	de oxígeno



Las bacterias saprófitas, por lo general, obtienen sus alimentos de la materia orgánica muerta, a la que atacan y descomponen o degradan en sustancias más simples. Por lo que, al mismo tiempo que obtienen sus alimentos para su crecimiento, destruyen la materia muerta.

b) BACTERIAS PARASITOS: a diferencia de las saprófitas, son bacterias incapaces de vivir independientes, no pueden encontrar su propio alimento, sino que tienen que permanecer en íntima asociación con otros organismos vivos, de los que obtienen el alimento ya elaborado. Los parásitos dependen de organismos huésped para asegurar las condiciones ambientales básicas para su existencia.

Sin embargo, estas bacterias sufren descomposición y degeneración similares a su alimento, produciendo como resultado de esto sustancias finales necesarias en la nutrición del huésped. La mayoría de las bacterias parásitas son benéficas y necesarias para el funcionamiento correcto del organismo con el que se asocian.

c) BACTERIAS PATOGENAS: entre las bacterias parásitas hay algunas cuyos productos finales son venenosos para el organismo huésped, y son la causa de enfermedades. Algunas son patógenas para el ser humano, otras para ciertos animales de sangre caliente y otras para los vegetales. Hay bacterias saprófitas que tienen las cualidades de su clase, pero cuando penetran en el organismo de un animal, producen sustancias que causan enfermedades, como ántrax o tétanos en el cuerpo del animal invadido, por lo que se les puede clasificar como patógenas.

- d) BACTERIAS AEROBIAS: todas las bacterias que necesitan de oxígeno para su proceso de desarrollo. Algunas lo requieren en forma gaseosa elemental que obtienen del aire. En otras condiciones no pueden sobrevivir.
- e) BACTERIAS ANAEROBIAS: algunas bacterias no pueden vivir en presencia de oxígeno gaseoso libre, sino que tienen que obtener el oxígeno que necesitan descomponiendo o destruyendo sustancias complejas.
- f) BACTERIAS FACULTATIVAS: son bacterias que siendo normalmente aerobias pueden acostumbrarse, por sí mismas, a vivir en la ausencia de oxígeno gaseoso libre, o que siendo anaerobias, puedan adaptarse a vivir en presencia de oxígeno gaseoso libre.
- g) BACTERIAS COLIFORMES: es un grupo formado por 20 especies y se llaman Coliformes por que su habitat natural es el intestino grueso de los seres humanos y de los animales.

La presencia de bacterias patógenas en el agua, como resultado de la contaminación con aguas negras, depende de la contribución al agua de desechos intestinales de enfermos y que sobrevivan las bacterias patógenas en un ambiente que no les sea favorable. Las bacterias coliformes, siempre están presentes en las aguas negras y generalmente son más resistentes que las patógenas. El tracto intestinal del hombre contiene por persona una innumerable cantidad de coliformes, y evacúa entre 100,000 y 400,000 millones de organismos coliformes por día, además de otras bacterias. Los organismos coliformes no son dañinos al hombre, sino que son útiles para destruir la mate-

ria orgánica en los procesos biológicos de tratamiento de aguas negras.

Los organismos patógenos que normalmente pueden ser excretados por el hombre, causan enfermedades gastrointestinales como: Tifoidea, Disentería, Diarreas y Cólera.

Como los organismos patógenos presentes en las aguas negras y aguas contaminadas son difíciles de aislar, se utilizan como indicadores de contaminación a los coliformes, ya que éstos son numerosos y fáciles de detectar. Es decir que, la presencia de coliformes se interpreta como un indicador de la presencia de organismos patógenos y su ausencia indica que el agua está exenta de organismos productores de enfermedades.

Las bacterias son sensibles no solamente a los cambios ambientales, sino que pueden ser fácilmente destruidas o envenenadas por muchas sustancias químicas. Altas concentraciones de sal común, destruye ciertos tipos de bacterias. Otras bacterias son destruidas por ácidos o agregando al medio sustancias como el cloro, yodo, o bromo. La acción destructora de los productos químicos dependerá del tiempo y de la concentración. A mayor concentración menor tiempo para destruirlas y una concentración baja matará solamente cuando actúa durante largo tiempo.

De las transformaciones que se llevan a cabo por la acción de las bacterias sobre la materia orgánica muerta, se tiene el proceso natural de degeneración y descomposición de los compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, carbono o azufre.

Como se muestra en el ciclo del nitrógeno, fig. 3.1 toda la materia viva contiene nitrógeno ligado con carbono, oxígeno, hidrógeno y otros elementos, para formar moléculas orgánicas. Cuando estos organismos mueren, la materia muerta pasa a ser inmediatamente una fuente alimenticia para las bacterias saprófitas, las cuales transforman esas complejas moléculas orgánicas en formas más simples de materia nitrogenada, después a amoníaco, luego a nitritos y finalmente nitratos. Los nitratos son el producto final y la forma más sencilla y utilizable del nitrógeno. Los nitratos son la base de los fertilizantes que sirven de alimento a los vegetales, los que se desarrollan y suministran alimento a los animales vivos, que a su vez crecen, y finalmente mueren y el ciclo se completa y vuelve a iniciar.

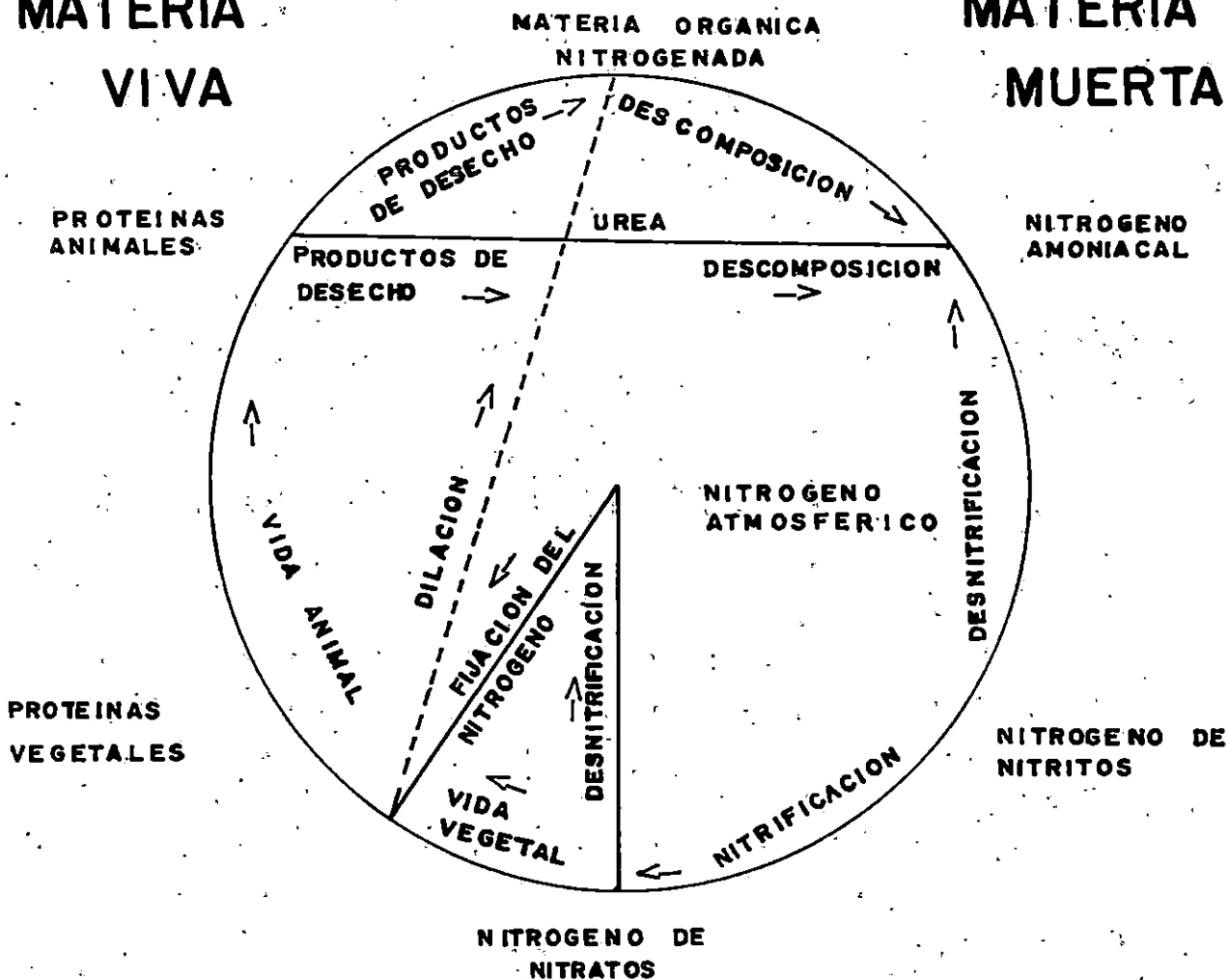
Al igual que el ciclo del nitrógeno, fig. 3.1, en las figs. 3.2 y 3.3 se muestran el ciclo del carbono y del azufre, en los que se muestran las etapas por las cuales pasa la materia orgánica para su descomposición al contener estos elementos; los productos resultantes son aprovechados por la vida vegetal, de la cual depende la vida animal a su vez. La vida animal, por su parte a través de sus productos de desecho, muerte y degradación, acaba en materia orgánica muerta, iniciándose nuevamente el ciclo.

En los tres ciclos la mitad izquierda corresponde a la materia viva, y la otra mitad a la materia muerta o de desecho.

Como los ciclos lo demuestran no hay pérdida de materia, sino que se aprovechan todos los elementos que integran la materia viva.

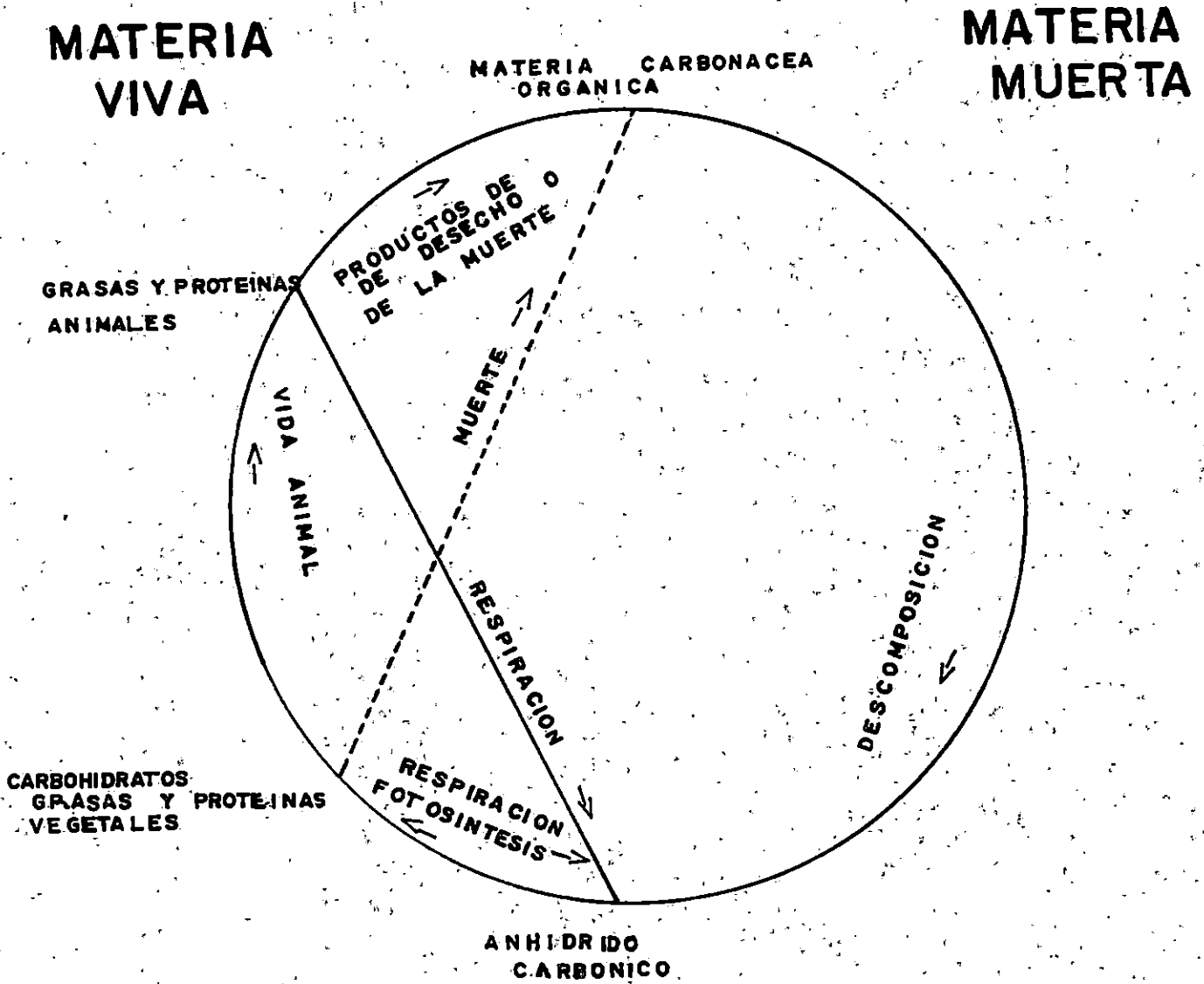
**MATERIA VIVA**

**MATERIA MUERTA**



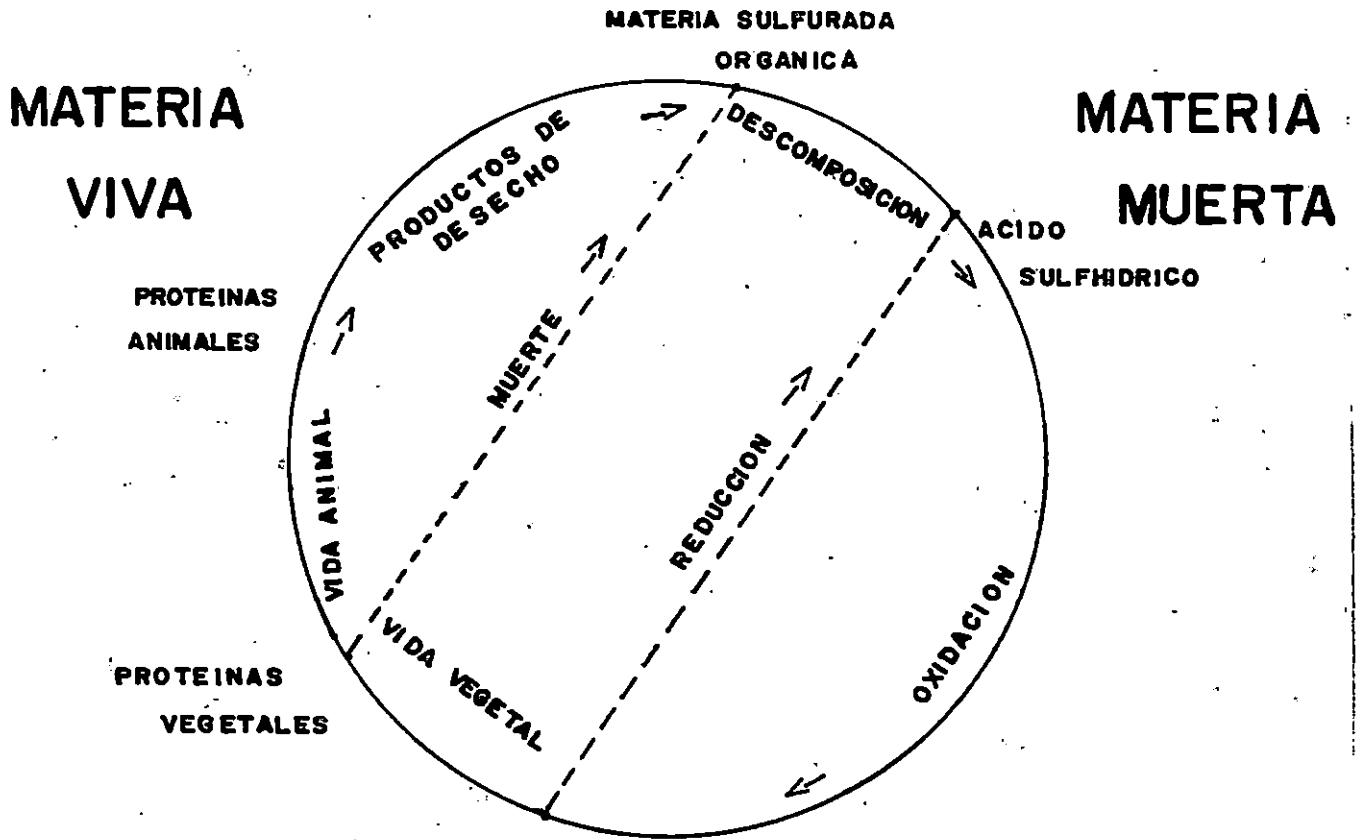
**CICLO DEL NITROGENO**

**FIG.3.1**



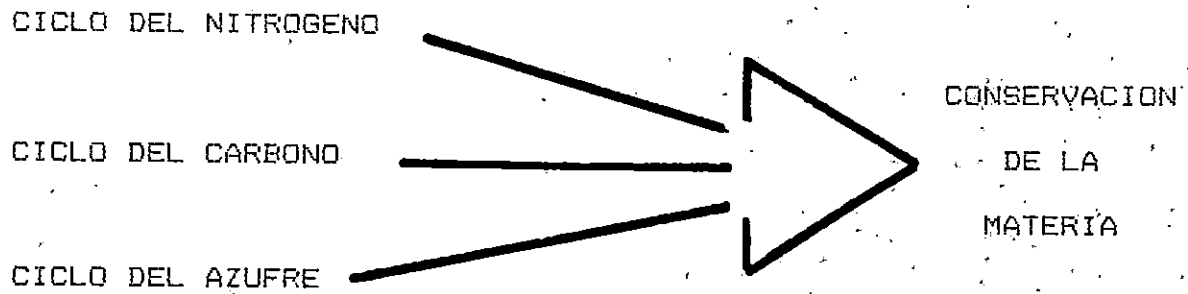
## CICLO DEL CARBONO

FIG.3.2

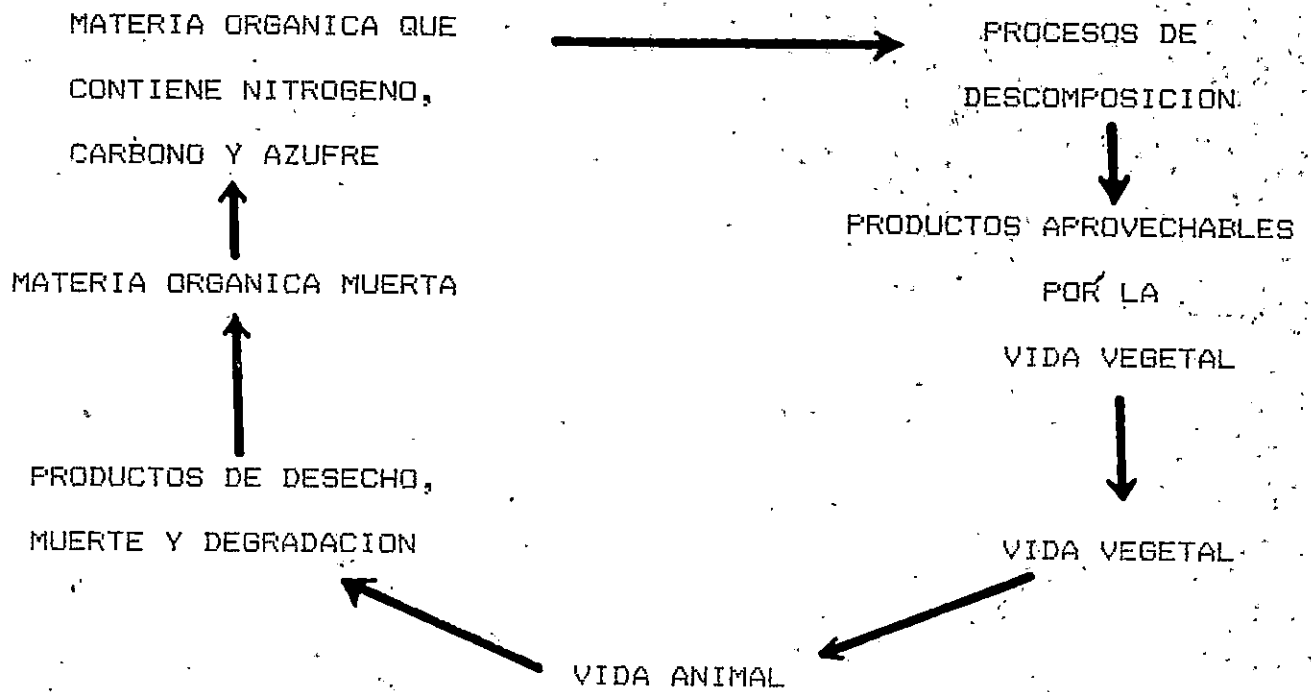


**CICLO DEL AZUFRE**

**FIG. 3.3**



ESQUEMA A



ESQUEMA 3.4



2-.FLANKTON: son organismos vivos que además de las bacterias se encuentran en el agua y en las aguas negras y forman el plankton. Son organismos superiores a las bacterias en la escala biológica. Su tamaño varia desde los pequeños organismos unicelulares, apenas mayores que las bacterias, hasta formar estructuras mucho más grandes y fácilmente visibles a simple vista. Algunos son vegetales, y otros son animales; algunos son capaces de moverse independientemente y otros no.

3-.ALGAS: es un grupo grande con formas vegetales que se distinguen por tener clorofila. En condiciones favorables las algas crecen abundantemente en el agua y aguas negras, siendo fácilmente perceptibles por grandes proliferaciones, por la presencia de natas de color verde. Por la influencia de la luz del sol, los vegetales que tienen clorofila absorben bióxido de carbono y desprenden oxígeno. Las aguas estancadas y ricas en algas suelen estar saturadas de oxígeno durante las horas del día decreciendo la concentración a medida avanza la obscuridad. El desarrollo de las algas se estimula por la presencia de sales que contienen nitrógeno y fósforo, así como ciertas sales de calcio y magnesio. Las algas pueden tener pigmentos distintos de la clorofila, por lo que el color puede variar, pueden ser verde, verde-azul, rojo o café. Se encuentran en aguas relativamente puras, aunque algunas son capaces de vivir y desarrollarse en aguas contaminadas y en aguas negras.

4-.HONGOS: son vegetales, que en contraste con las algas no contienen clorofila. Los hongos se encuentran comunmente en las aguas y las aguas negras y en estas últimas frecuentemente se observan desa-

rollados en masas o colonias de color gris adheridas a las paredes y estructuras de las plantas de tratamiento. Las masas de hongos frecuentemente obstruyen las tuberías y cribas en las plantas de aguas negras y disminuyen el flujo de los canales. Su metabolismo depende de la disponibilidad de oxígeno y un abundante abastecimiento de materia orgánica.

5-.PROTOZOARIOS: son considerados formas de vida superior a las algas. Suelen ser móviles y usualmente asociados a la contaminación por aguas negras. Hay muchas variedades macroscópicas y microscópicas; algunas variedades microscópicas se alimentan principalmente de bacterias.

6-.ROTÍFEROS: son formas animales que se caracterizan por la presencia de cilios (apéndices cortos semejantes a cabellos), que llenan el doble propósito de servir como medio de locomoción y de crear una corriente en el agua con el fin de dirigir sus alimentos a que lleguen a su organismo. Los rotíferos se alimentan de materia orgánica en descomposición y se encuentran en las aguas negras.

7-.GUSANOS: ya sean planos o nemátodos pueden encontrarse en aguas negras. Los gusanos planos se alimentan principalmente de algas y se encuentran en las partes profundas de los estanques por su aversión a la luz. Los nemátodos son gusanos parásitos que viven en otros organismos incluyendo el hombre.

Los nemátodos son muy resistentes y pueden sobrevivir a amplias variaciones de temperatura y humedad, incluso pueden sobrevivir sequías. Son abundantes en los lodos de las aguas negras.

### 3.1.4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA AGUAS NEGRAS.

El propósito de muestreo es el de recoger una porción de aguas negras lo necesariamente pequeña en volumen, para que pueda ser manejada adecuadamente en el laboratorio y ser representativa de las aguas negras a examinar. Dependerá de la integridad de la muestra, el valor que pueda tener cualquier resultado de laboratorio.

Pueden enumerarse como principios generales para la obtención de muestras:

- 1) La muestra debe tomarse donde estén bien mezclada las aguas negras, esto se puede realizar tomando como puntos de muestreo aquellos lugares donde el flujo de las aguas negras sea turbulento.
- 2) Deberán excluirse las partículas grandes, considerando como partículas grandes aquellas que sean mayores de 6 mm (1/4 ").
- 3) No deberán incluirse en el muestreo los sedimentos, crecimientos o material flotante que se haya acumulado en el punto de muestreo. Este material no sería representativo de las aguas negras.
- 4) Las muestras deben examinarse lo más pronto posible, la descomposición bacteriana de las aguas negras continúa en la muestra y después de una hora los cambios son apreciables debido a la descomposición bacteriana.
- 5) Se debe procurar que el sitio de toma de la muestra permita la fácil recolección de muestras apropiadas, para el estudio.

Hay dos tipos de muestra dependiendo del tiempo disponible, de los análisis que se va a verificar y del propósito del análisis. Estos tipos de muestra son:

a) Muestras instantáneas:

Aunque no son representativas de la composición media de las aguas negras ya que reflejan únicamente las condiciones en el momento de muestreo.

b) Muestras integradas y compuestas:

Indican las características de las aguas negras durante cierto período de tiempo, las muestras integradas se usan en general para la determinación de las características de las aguas negras que se van a tratar y la eficiencia de las unidades de tratamiento.

### 3.2. PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE LA ANDA PARA VERIFICAR LA CALIDAD DE AGUAS NEGRAS.

- 1.- TEMPERATURA DEL AGUA.
- 2.- TEMPERATURA AMBIENTE.
- 3.- COLOR.
- 4.- CONDUCTIVIDAD.
- 5.- SÓLIDOS SEDIMENTABLES.
- 6.- SÓLIDOS TOTALES.
- 7.- SÓLIDOS TOTALES FIJOS.
- 8.- SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES.
- 9.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

- 10.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS.
- 11.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES.
- 12.- SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.
- 13.- SÓLIDOS DISUELTOS FIJOS.
- 14.- SÓLIDOS DISUELTOS VOLÁTILES.
- 15.- TURBIEDAD.
- 16.- OXÍGENO SUELTO.
- 17.- P.H.
- 18.- CLORUROS.
- 19.- DBO. TOTAL.
- 20.- DQO. TOTAL.
- 21.- CAUDAL.
- 22.- COLIFORMES FECALES.

#### PRUEBAS DE LABORATORIO PARA AGUAS NEGRAS

En el análisis de aguas negras es necesario poder determinar la presencia de varias sustancias, las cuales, en general, se encuentran en cantidades sumamente pequeñas. Es por eso que los resultados no pueden ser presentados en porcentajes, por lo que se expresan en "PPM", o "Partes por Millón", lo que significa que una parte por millón indica una parte en un millón de partes.

Aún cuando las partes de los elementos presentes son extremadamente pequeñas se utiliza la unidad "PPB" o "Partes por Billón", que equivale a un milésima parte de una PPM.

$$1 \text{ PPB} = 0.001 \text{ PPM}$$

### 3.2.1. DETERMINACION DE PH (CONCENTRACION DE IONES).

Para muestreo sólo deben utilizarse muestras instantáneas de aguas negras, y la prueba debe repetirse a intervalos.

#### PROCEDIMIENTO

1-.Viértase aproximadamente 100 ml de las muestras en una probeta graduada y dejarla reposar por unos minutos, hasta que la materia suspendida gruesa se haya asentado.

2-.Agregar la cantidad exacta de indicador que proporcione el fabricante, en una celda del comparador.

3-.Llenarse cuidadosamente cada celda del comparador hasta la marca con el sobrenadante de la probeta (si se agregó el indicador, primero, al llenar la celda éste se mezclará completamente).

4-.Colóque la celda con el indicador, en el espacio interior y la celda que solamente contiene aguas negras en el espacio exterior detrás de los discos coloreados.

5-.Hágase girar el disco hasta que coincidan los colores que se vean a través del visor y léase como valor del Ph el mismo señalado en el disco. Los resultados se expresan como el valor del Ph.

### 3.2.2. PRUEBA DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES.

Se utilizan muestras instantáneas durante el período de gasto máximo dejando que transcurra de ser posible un tiempo igual al período de retención total de las diversas partes de la planta.

#### PROCEDIMIENTO

1-.Una cantidad medida, de una muestra bien mezclada, generalmente de 1 litro, se vierte suavemente en un cono y se deja reposar por 1 hora.

2-.Después que la muestra ha reposado por 45 minutos, hágase girar suavemente el cono entre las manos para que se desprendan los sólidos que se hayan adherido a las paredes.

3-.Déjese sedimentar 15 minutos más.

4-.Léase por medio de graduaciones, el volumen de material depositado, haciéndose ajustes por cualquier porción vacía del cono, bajo el nivel de los sólidos sedimentados.

Los resultados se expresan en ml. de sólidos por litro, sedimentados en 1 hora.

### 3.2.3. PRUEBA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS.

Las mismas muestras que se recolectaron para sólidos sedimentables, se deberán usar para esta prueba.

PROCEDIMIENTO

1-.Se prepara una suspensión de 15 gramos de medio filtrante de fibra de asbesto en 1,000 ml de agua destilada y viértase una porción a través de un crisol gooch en un matraz de filtración al vacío para dejar una capa de 3 mm (1/8 ") de espesor.

2-.Retirar cuidadosamente la capa de asbesto con una espátula o una tenaza. Inviértase y vuélvase a poner en el cristal gooch.

3-.Lávese con 100 ml de agua destilada.

4-.Séquese el crisol con su capa en la estufa a 103 °C.

5-.Calcínese el crisol con su capa en la mufla o sobre un mechero de gas.

6-.Enfriese en el desecador y pésese.

7-.Se vuelve a colocar el crisol en el matraz de filtración al vacío y viértase una cantidad medida de la muestra bien mezclada, dentro del crisol, filtrando.

8-.Se enjuaga la probeta graduada con agua destilada y viértase el enjuague en el crisol, filtrando.

9-.Se seca el crisol en la estufa durante una hora a 103 °C.

10-.Se enfría en el desecador y se pesa.

11-.Calcínese el crisol al rojo pardo hasta que las cenizas queden blancas o rojas.



12-.Se enfría en el desecador y se pesa.

Los resultados se expresan en partes por millón (ppm).

#### 3.2.4. PRUEBA DE LOS SÓLIDOS TOTALES.

Deben usarse las mismas muestras que se usaron para las pruebas de sólidos suspendidos y sólidos sedimentables o preferentemente una muestra integrada debidamente refrigerada.

Los resultados se presentan en ppm de sólidos totales.

#### PROCEDIMIENTO

1-.Calcínese la cápsula de porcelana.

2-.Enfriese en el desecador y pésese.

3-.Midanse 100 ml de la muestra bien mezclada (en la probeta graduada), y viértase en la cápsula de porcelana.

4-.Evapórese la muestra a sequedad en la estufa a 103 °C o en un baño de vapor seguido de secado en la estufa a 103 °C.

5-.Enfriese en el desecador y pésese.

6-.Calcínese la cápsula de porcelana, al rojo pardo, hasta que la materia carbonosa de la muestra se haya quemado completamente.

7-.Enfriese en el desecador y pésese.

### 3.2.5. PRUEBA DE SÓLIDOS DISUELTOS.

Los resultados se expresan como ppm de sólidos disueltos y se obtiene restando los sólidos suspendidos de los totales.

#### DISTRIBUCION TÍPICA DE LOS SÓLIDOS EN LAS AGUAS NEGRAS.

	PPM
SÓLIDOS TOTALES.....	600
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES.....	300
SÓLIDOS FIJOS TOTALES.....	300
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.....	400
SÓLIDOS VOLÁTILES DISUELTOS.....	155
SÓLIDOS FIJOS DISUELTOS.....	245
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	200
SÓLIDOS VOLÁTILES SUSPENDIDOS.....	145
SÓLIDOS FIJOS SUSPENDIDOS.....	55
SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN ml/l.....	120

### 3.2.6. PRUEBA DE LA DEMANDA DE CLORO.

Solamente deben usarse muestras instantáneas y deben recolectarse durante el período de carga máxima en el proceso de tratamiento.

#### PROCEDIMIENTO

1--Viértase 250 ml de muestra en cada uno de los frascos de 500 ml de boca ancha.

2-.A uno de estos frascos agréguese solución valorada de cloro en proporciones de 0.5 ml, mezclando hasta que una prueba en la placa señale la presencia de cloro residual.

3-.Agréguese esta cantidad de agua de cloro a la primera porción de muestra de 250 ml; agréguese esta misma cantidad más un aumento de 0.5 ml de agua de cloro, a la segunda porción; agréguese a la tercera porción la misma cantidad más 1 ml; y a la cuarta porción la misma cantidad más 1.5 ml.

4-.Mézclese y déjese reposar por quince minutos.

5-.Determínese el cloro residual en cada frasco.

Los resultados se expresan en ppm de cloro que se requiere para que quede un valor de cloro residual de 0.5 ppm después de un periodo de contacto de quince minutos.

### 3.2.7. PRUEBA DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO).

Las muestras se deben tomar de tal manera que el frasco quede completamente lleno de líquido que no haya estado en contacto con el aire y que no quede ninguna burbuja de aire bajo el tapón. Se puede usar muestras instantáneas de aguas negras crudas o tratadas, para ser más representativas de la composición media, las muestras integradas.

Esta prueba no se puede realizar sobre solventes clorados.

PROCEDIMIENTO

- 1-.Airear 20 lts. (5 galones) de agua destilada.
- 2-.Agregar 18.9 ml de solución de cloruro férrico, 18.9 ml de solución de cloruro de calcio, 18.9 ml de solución de sulfato de magnesio y 18.9 ml de solución amortiguadora de fosfato de amonio (Ph 7.2) al agua de dilución, y mezclar bien.
- 3-.Sifonear agua de dilución a un frasco de 300 ml de tapón esmerilado hasta que quede lleno aproximadamente a la mitad.
- 4-.Al frasco lleno hasta la mitad agregar con una pipeta la cantidad de muestra deseada. (Las cantidades podrían ser:)
- 5-.Llenar el frasco hasta el cuello, con el agua de dilución y tapar de manera que no queden atrapadas burbujas de aire.
- 6-.Llenar otro frasco de 300 ml con agua de dilución solamente.
- 7-.Colocar ambos frascos en un baño de agua a 20 °C en un incubador.
- 8-.Determinar el oxígeno disuelto de la muestra si es de una efluente o de una corriente. El oxígeno disuelto de las aguas negras crudas o sedimentadas puede considerarse igual a cero.
- 9-.Después de 5 días determinar el oxígeno disuelto, en cada una de las muestras incubadas por el procedimiento descrito al principio.

10-.Determinar el volumen exacto de c/u de los frascos de 300 ml.

Los resultados se expresan en ppm de DBO.

### 3.2.8. PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL GRUPO DE BACTERIAS COLIFORMES.

Para las pruebas bacteriológicas solo pueden usarse muestras instantáneas. Como la prueba de coliformes se aplica ordinariamente a muestras de aguas negras cloradas, los frascos para muestras deben contener tiosulfato de sodio para destruir el cloro residual en el momento de muestreo. Todas las muestras deben examinarse tan pronto como sea posible, después de haberse recolectado.

### 3.3. PUNTOS DE MUESTREO EN:

1. AFLUENTES.

2. COLECTORES PRIMARIOS.

1-.PUNTOS DE MUESTREO EN AFLUENTES.

a) RIO ACELHUATE (FINAL URBANIZACION EL TIKAL)

b) RIO URBINA (FINAL URBANIZACION EL TIKAL)

c) RIO URBINA-ACELHUATE (CONFLUENCIA)

d) RIO LAS CAÑAS (ARENAL POPOTLAN)

e) RIO ACELHUATE (AGUILARES)

2-.PUNTOS DE MUESTREO EN COLECTORES PRIMARIOS

2.1 COLECTOR PRIMARIO No. 1

- a) KM 3½ TRONCAL DEL NORTE RIO ARRIBA
- b) KM 3½ C. TRONCAL DEL NORTE DESCARGA
- c) KM 3½ C. TRONCAL DEL NORTE RIO ABAJO

2.2 COLECTOR PRIMARIO No. 2

- a) COLONIA GUATEMALA PJE. E CALLE 5 DE NOV. POZOS DE AGUAS NEGRAS
- b) BOULEVARD REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA QUEBRADA AGUAS ARRIBA
- c) COSTADO NORTE EX-GUARDIA NACIONAL QUEBRADA AGUAS ABAJO

2.3 COLECTOR PRIMARIO No. 3

- a) COLONIA LA CHACRA PJE. A RIO ARRIBA
- b) COLONIA LA CHACRA PJE. A DESCARGA DE AGUAS NEGRAS.
- c) COLONIA LA CHACRA PJE. A RIO ARRIBA.

2.4 COLECTOR PRIMARIO No. 4

- a) BOULEVARD EJERCITO, POR CAJAS Y BOLSAS DESCARGA DE AGUAS NEGRAS.
- b) MUNICIPIO DE ILOPANGO 4a. AV. SUR POZO DE AGUAS NEGRAS.
- c) CALLE SAN BARTOLO FRENTE ADUANA POZO AGUAS NEGRAS
- d) FINAL C. PPAL. URB. BOSQUES DEL RIO SOYAPANGO.

3.4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS DIFERENTES COLECTORES Y AFLUENTES DEL AMSS.

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados la ANDA a través de la oficina de Especialidad del Agua (DEDA) mantiene un monitoreo constante de la calidad de las aguas residuales. Toman-

do como referencia los puntos de muestreo descritos anteriormente en el numeral 3.3.

Los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras tomadas mensualmente durante el año de 1992 se presentan en las tablas para tener una idea del grado de contaminación de las aguas residuales que actualmente se transportan en los colectores primarios y se descargan en los afluentes del AMSB, es necesario conocer los límites permisibles establecidos en el reglamento sobre calidad de agua y control de vertidos y las zonas de protección (publicado en el Diario Oficial del 16 de Octubre, 1987. Decreto No. 50, Título IX, Capítulo I, artículos 71-94) anexo No. 1 los cuales indican:

- 1) Para sustancias tóxicas y venenosas.
- a) Cobre (Cu) ----- 0.20 mg/l
- b) Cromo (Cr) ----- 0.05 mg/l
- c) Níquel (Ni) ----- 0.80 mg/l
- d) Zinc (Zn) ----- 5.00 mg/l
- e) Arsénico ----- 0.05 mg/l
- f) Cianuro ----- 0.10 mg/l
- g) Fenoles ----- 0.005 mg/l
- 2) Para sustancias Explosivas.
- 3) Agentes Bactericidas ----- 0.10 - 10 mg/l
- 4) Aceites y Grasas ----- 20 mg/l
- 5) Materiales Radioactivos ----- 3 a 1000 pc/l
- 6) Sólidos Totales ----- 1000 mg/l

- 7) Sólidos en Suspensión ----- 500 mg/l
- 8) Ph ----- No menos de 5 ni superior a 9
- 9) La Temperatura ----- No deberá ser superior a 5 °C  
de la temperatura media de la  
localidad y nunca mayor de 35 °C

Además de lo establecido es muy importante mencionar otras características como:

- a) Oxígeno disuelto.
- b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- c) Coliformes.
- d) Color.
- e) Conductividad.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DE LAS  
MUESTRAS TOMADAS EN LOS COLECTORES PRIMARIOS

COLECTOR PRIMARIO CP-1

1-.TEMPERATURA DEL AGUA: La temperatura promedio presentada en el cuadro No. 3.1 indica que la temperatura del agua se encuentra 2 °C abajo de la temperatura ambiente que es de 26 °C, lo que haría pensar que existe una cantidad adecuada de oxígeno disuelto en el agua, lo que se contradice con el dato de oxígeno disuelto reportado en el mismo cuadro. Esto significa que el oxígeno ha sido consumido por alguna reacción química o bioquímica.



2-.COLOR: El color es otro de los indicadores de contaminación, como se vé en el cuadro No. 3.1 el resultado obtenido en el laboratorio es de 580.66 unidades de color, el cual comparado con el valor de unidades de color del agua potable que es cero, da una idea del grado de contaminación actual en el colector.

3-.CONDUCTIVIDAD: como ya se dijo anteriormente la unidad para expresar la conductividad es el micromho, la conductividad es una indicación de la cantidad de sólidos disueltos presentes en el agua, para agua potables la conductividad varía entre 0 - 2, al compararlo con el dato obtenido en el laboratorio que es de 1000.33 nos indica que las aguas residuales tienen un alto grado de conductividad debido al grado de concentración de sólidos disueltos.

4-.SOLIDOS TOTALES: el resultado obtenido en laboratorio de las muestras tomadas en el CP-1 que se presenta en el cuadro No. 3.1 es de 843.33 mg/l comparado con el límite permisible establecido en el decreto No. 50 que es de 1000 mg/l para A.N. indica que las aguas residuales del CP-1 se le puede aplicar un tratamiento para obtener un 80% de pureza y poderla descargar a los afluentes sin temor a originar un alto grado de contaminación.

Los datos obtenidos en el laboratorio y representados en el cuadro No. 1 oscilan dentro del rango establecido en el reglamento Decreto No. 50 el cual es de 5 a 9 de lo cual se deduce que: como los datos no son menores de 5 no presencia de ácidos, ni presencia de alcaninos ( $pH = 9$ ).

OXIGENO DISUELTO

En las aguas residuales del CP-1, los valores del oxígeno disuelto demuestran que hay una gran cantidad de contaminantes (orgánicos o inorgánicos), esto se verifica ya que el dato obtenido en laboratorio es pequeño, quiere decir que los contaminantes están reaccionando y exodando.

DBO

Un alto valor del DBO significa que hay una gran cantidad de coliformes o agentes patógenos por ende en alto grado de contaminación.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES DEL AMSS. (1992).

RIO ACELHUATE (Cuadro No. 3.2).

1-.TEMPERATURA DEL AGUA: este parámetro indica que si el valor obtenido en el agua residual es menor que el de la temperatura ambiente ésta transporta una buena cantidad de oxígeno disuelto.

2-.COLOR: el color obtenido en los resultados promedios del muestreo realizado en las aguas negras del Río Acelhuate, fué de 463.7 (unidades de color), comparado con el agua potable que debe ser cero, desechos y sustancias de diversos tipos.

3-.CONDUCTIVIDAD: el grado de conductividad del agua potable anda entre 0 y 2, y en el análisis realizado en el Río Acelhuate el

grado es de 801.1 micromhos, lo cual indica que el río arrastra una gran cantidad de sólidos.

4-.SOLIDOS TOTALES: el valor obtenido en el análisis es de 695.4 el cual para aguas negras es aceptable, ya que el límite es de 1000 por lo que se puede decir que en el punto que se hizo el muestreo (Urbanización El Tikal Apopa), la cantidad de sólidos totales es aceptable.

5-.PH: El valor obtenido del Ph es de 7.5 como es mayor que 5.0 indica que no hay concentración de ácidos.

6-.OXIGENO DISUELTO: el dato obtenido para el oxígeno disuelto en el análisis realizado es de 0.4 lo que indica que hay poca concentración de oxígeno en el agua residual que arrastra el Río Acelhuate, esto es debido a que hay bacterias que están consumiendo el oxígeno, por lo que existe una alta contaminación de las aguas.

7-.DBO: este valor indica que cuanto más alto es, hay mayor grado de contaminación en las aguas residuales.

CUADRO No. 3.1

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS PROMEDIOS POR COLECTORES EN EL AMSS  
1992

DETERMINACION	R E S U L T A D O S			
	CP-1	CP-2	CP-3	CP-4
Temperatura Agua	24.00	27.00	24.33	26.50
Temperatura ambiente	26.00	26.66	28.00	27.75
Color	580.66	398.00	479.66	---
Conductividad	1000.33	1062.00	2687.00	1148.00
Sólidos Sedimentables	5.33	4.23	5.00	11.00
Sólidos Totales	843.33	1540.00	722.00	1142.75
Sólidos Totales fijos	---	---	---	---
Sólidos Totales volátiles	---	---	---	---
Sólidos Suspendidos Totales	267.66	198.00	188.00	404.75
Sólidos Suspendidos fijos	---	---	---	---
Sólidos Suspendidos volátiles	---	---	---	---
Sólidos Disueltos Totales	375.66	1329.66	542.33	736.25
Sólidos Disueltos fijos	---	---	---	---
Sólidos Disueltos volátiles	---	---	---	---
Turbiedad	237.00	235.33	247.66	359.50
Oxígeno Disuelto	1.00	0.73	1.13	1.53
P.H.	7.00	7.27	7.00	7.00
Cloruros	60.66	90.33	75.00	53.00
DBO Total	139.33	152.00	115.00	329.50
DO Total	---	---	---	---
DQO Total	---	---	---	---
Caudal				

FUENTE: DIVISION DE EVALUACION DE LA GERENCIA DE OPERACIONES DE ANDA

CUADRO No. 3.2

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS PROMEDIOS DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS EN RIOS, 1992.

DETERMINACION	RESULTADOS PROMEDIOS				
	Río Acel- huate(Urb. El Tikal, Apopa)	Río Urbina	Ríos Ur- bina y Acelhua te	Río Las Cañas (Aguila res)	Río Acel huate
Temperatura Agua	26.1	24.9	25.00	27.5	28.00
Temperatura ambiente	25.00	25.9	25.8	27.2	29.00
Color	463.7	451.0	411.0	692.0	205.7
Conductividad	801.1	745.8	804.2	819.3	753.1
Sólidos Sedimentables	1.79	3.98	2.7	5.77	3.8
Sólidos Totales	695.4	2723.4	2480.4	1653.2	1174.6
Sólidos Totales fijos	---	---	---	---	---
Sólidos Tot.volátiles	---	---	---	---	---
Sólidos Susp. Totales	188.7	272.6	158.4	1090.5	1191.15
Sólidos Susp. fijos	---	---	---	---	---
Sólidos Susp.volátiles	---	---	---	---	---
Sólidos Disueltos Tot.	496.7	2450.8	2373.3	562.7	564.37
Sólidos Distos.fijos	---	---	---	---	---
Sdos.Distos.volátiles	---	---	---	---	---
Turbiedad	223.88	247.3	229.4	339.6	337.66
Oxígeno Disuelto	0.4	1.55	1.05	1.15	1.72
P.H.	7.5	6.914	7.2	7.3	7.3
Cloruros	62.8	41.6	48.0	57.4	59.9
DBO Total	51.0	189.6	109.2	164.4	167.9
DQ Total					
DQO Total					
Caudal					

FUENTE: DIVISION DE EVALUACION DE LA GERENCIA DE OPERACIONES DE ANDA

NOTA: La variación en los indicadores se explica por los diferentes tipos de descarga y por la estación vigente (Invierno o Verano).

CAPITULO IV  
MANTENIMIENTO DEL  
SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO  
SANITARIO DEL AREA  
METROPOLITANA DE  
SAN SALVADOR

## CAPITULO IV

### 4.1. GENERALIDADES.

Es de vital importancia mantener en óptimas condiciones de funcionamiento el sistema de alcantarillado sanitario a fin de garantizar un servicio eficiente y seguro a la comunidad.

Para el año de 1991 la ANDA incrementó el número de muestras para análisis de vertidos industriales, efectuando 252 análisis físico-químicos que corresponden al control de 242 industrias de las cuales un 87% están instaladas en el área metropolitana de San Salvador.

En 1992 la ANDA continuó con el muestreo de aguas residuales de origen doméstico, para determinar el grado de contaminación de las aguas que se descargan en los ríos y quebradas; y para contar con una base de datos que permitan diseñar sistemas de tratamiento.

Se efectuó el mantenimiento en seis sistemas de tratamiento de aguas negras y se rehabilitaron cuatro, de los cuales dos pertenecen a la ANDA y dos abandonadas por los urbanizadores.

También, 105 reparaciones en los colectores del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS.

#### 4.1.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Un programa de mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario es un procedimiento de inspección continuo de las alcantari-

llas, que incluye sus ramificaciones, debiéndose cubrir cada sección con una frecuencia razonable, para que pueda descubrirse y prevenirse cualquier obstrucción y deterioración en la operación defectuosa. Probablemente la más importante función en la operación de un sistema de alcantarillado, es su mantenimiento, pero se considera usualmente como la más desagradable y más tediosa.

El mantenimiento para un sistema de alcantarillado se clasifica en dos tipos:

1) Mantenimiento Preventivo.

2) Mantenimiento Correctivo.

1) MANTENIMIENTO PREVENTIVO: este tipo de mantenimiento es el más apropiado, para que un sistema de alcantarillado sanitario trabaje eficientemente; y consiste en una inspección de campo con una frecuencia razonable o cada cierto período, en todo sistema de alcantarillado para detectar obstrucciones, deterioros, quebraduras u operaciones ineficientes y poder prevenir fallas en el sistema. Este tipo de mantenimiento es aplicado en las plantas de tratamiento de aguas negras.

2) MANTENIMIENTO CORRECTIVO: es el tipo de mantenimiento que es aplicado cuando se detectan fallas en el sistema de alcantarillado sanitario, es decir el que se realiza directamente para establecer el funcionamiento normal del sistema.



#### 4.1.2. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

En nuestro país el mantenimiento preventivo no es aplicado al sistema de alcantarillado sanitario debido a razones tecno-económicas, es decir que no poseen los recursos técnicos y económicos para poder realizarlo.

El requisito primordial para un mantenimiento eficiente del sistema de alcantarillado sanitario, es disponer de un plano reciente a la escala suficiente para permitir que un determinado personal, localice los pozos de visita o de inspección con presteza, cuando sea necesario. Deben señalarse las zonas donde se hayan presentado repetidas dificultades y archivar las anotaciones de campo para recordar al personal las circunstancias relativas a la naturaleza de la última perturbación.

La frecuencia con que deben practicarse las inspecciones de rutina, varía según el tamaño y antigüedad de los sistemas de alcantarillado sanitario, la importancia de las dificultades anteriores, y muy a menudo, del personal disponible para el trabajo. La mayoría de los programas de mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario prestan principal atención a aquellas secciones cuyos registros muestran un funcionamiento deficiente que se debe, a la poca pendiente o a raíces de árboles.

Si hay personal disponible sería conveniente ejecutar inspecciones rutinarias de acuerdo con el siguiente programa.

- 1) A colectores primarios, interceptores.....Anualmente emisarios y colectores de alivio
- 2) Colectores secundarios.....Cada seis meses
- 3) Alcantarillas domiciliarias.....Semanalmente
- 4) A los derrames y reguladores de agua.....Durante y después de cada época lluviosa
- 5) Alcantarillas laterales.....Cada tres mes

El programa debe establecerse para que se logren los siguientes objetivos:

- 1-.Inspección de las alcantarillas y accesorios, incluyendo la prueba de los pozos de inspección.
- 2-.Limpieza.
- 3-.Reparaciones.
- 4-.Comprobación de las vías de infiltración y aguas superficiales que entren a un sistema de alcantarillado sanitario.
- 5-.Control de las fuentes tributarias de cantidades desusadas de desechos industriales.

Las causas más comunes de la obstrucción de las alcantarillas en orden de su mayor frecuencia son:

- 1-.Raíces.
- 2-.Acumulaciones de grasas y sólidos.
- 3-.Tierra.

#### 4-.Basuras diversas.

El método más común para sacar las raíces de las alcantarillas es el de las varillas flexibles con cuchillas, las raíces también puede retirarse por medio de tornos y cables que arrastren cuchillas. En muchas partes se ha intentado controlar el crecimiento de las raíces usando sulfato de cobre. En algunas ciudades se ha intentado reparar las juntas de las alcantarillas, cuando se repite mucho la dificultad causada por el crecimiento de raíces, pero el costo de este método lo hace generalmente prohibitivo.

La acumulación de grasas se elimina generalmente por medio de raspas usando varillas cuchillas o por medio de tornos que tengan cables con cangilones.

La arenilla en pequeñas cantidades, se elimina con chorros de agua. Cantidades mayores deben sacarse con tornos provistos de cables raspadores o agitadores de turbinas. En ambos casos se usa el agua como vehículo para acarrear la arena o la arenilla. El problema de las partículas sólidas puede agravarse, en algunas alcantarillas debido al uso creciente de molinos domésticos de basura, los desperdicios de varias clases se eliminan usualmente por medio de combinaciones de varillas, cuchillas o de sondas de cables.

En muchas operaciones de limpieza de alcantarillas se acostumbra a realizar la limpieza haciendo pasar un escobillón de alambre grueso que ajuste bien y entregue toda la periferia de la alcantarilla.

Hay muchos métodos especializados para limpiar alcantarillas, tales como el uso de azadas de albañales, boyas o algunos de los diversos dispositivos giratorios operados mecánicamente o por medio de agua.

Las alcantarillas se construyen para proteger la salud, el bienestar y la sanidad de la comunidad, y deben hacerse cuanto esfuerzo sea posible para mantenerlas de manera que sus inconveniencias sean mínimas.

#### 4.1.3. MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y DEL EQUIPO.

El término "MANTENIMIENTO", desde el punto de vista de la ingeniería, puede definirse como el arte de conservar el equipo de la planta, sus estructuras y otros medios conexos, en condiciones apropiadas para llevar a cabo las operaciones o maniobras a que están destinados.

Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o descomposturas imprevisibles.

Tres factores deben tomarse en cuenta para el debido mantenimiento de una planta: diseño, construcción y operación.

Si el diseño básico es adecuado y se construye el aparato con el mejor material y según las reglas del arte, la operación debe lograrse con un mínimo de mantenimiento.

Los planos o copias de los diseños de la planta, mostrando las dimensiones de cada unidad, así como de las tuberías, válvulas, compuertas, etc., deben tenerse a la mano para referencia inmediata.

Para el buen funcionamiento y conservación de una planta moderna de tratamiento de aguas negras, es indispensable disponer de reservas de agua que se pueda usar a presión para limpiar y lavar tanques, líneas, canales, etc.

Un mantenimiento adecuado requiere una pericia considerable, que solamente puede adquirirse por experiencia, estudio y práctica.

Básicamente, para cualquier programa de mantenimiento hay que empezar por una buena dirección y observar las siguientes reglas sencillas:

- 1-Conservar la planta perfectamente aseada y ordenada.
- 2-Establecer un plan sistemático (tanto interior como exterior), para la ejecución de las operaciones cotidianas.
- 3-Establecer un programa rutinario de inspección y lubricación.
- 4-Llevar los datos y registros de cada pieza de equipo, enfatizando lo relativo a incidentes poco usuales y condiciones operativas deficientes.
- 5-Observar las medidas de seguridad.

Es necesario insistir sobre la importancia de los registros, mediante una revisión de tales registros, un operador puede determi-

nar el desgaste o debilidad de diversas piezas del equipo y determinar que repuestos deben tenerse en existencia.

- a) LUBRICACION: la lubricación es probablemente lo más importante de un programa de mantenimiento y de ser posible debe responsabilizarse de ellas a una sola persona. La economía aconseja el empleo de la mejor calidad obtenible de aceite y grasas. Es importante preverse contra la lubricación excesiva de las chumaceras de los motores, pues ésto ha causado innumerables fallas de los motores.
- b) ESTRUCTURAS DE LA PLANTA: el equipo mecánico debe conservarse en perfecto funcionamiento. Las partes móviles se lubrican con regularidad. La tubería y las líneas de aire deberán mantenerse abiertas y sin obstrucciones o acumulaciones de cualquier naturaleza. Donde haya dos unidades o sea posible suspender el trabajo de una unidad sin interferir seriamente con el tratamiento subsecuente, debe llevarse a cabo una limpieza completa de las unidades a intervalos regularmente prescritos.

Las estructuras de la planta de aguas negras, como son los canales, tanques y pozos de aspiración, tienen que desaguar cuando menos una vez al año, para revisarlos y aplicar alguna capa protectora si fuese necesario. En una planta de aguas negras donde existe la posibilidad de que se produzca ácido sulfhídrico, no deben usarse las pinturas a base de plomo.

Para el metal y el concreto que estén en contacto con aguas negras, lodos o gases de lodos, usualmente prestan servicio satisfactorio las pinturas asfálticas sobre recubrimientos primarios bitumi-

nosos o asfálticos aplicados sobre superficies limpias. Sin embargo estos materiales son negros y por ende poco vistosos.

Los mecánicos de cribado y los colectores de los tanques deben conservarse de manera que funcionen los dispositivos de seguridad que se usan para proteger el equipo, cuando las unidades se sobrecargan prácticamente todos los motores están protegido por un relé término que desconecta el motor antes de que se dañe.

Las cadenas de los colectores rectilíneos deben mantenerse lo suficientemente ajustadas para impedir que rechinen las guías y se desgasten desigualmente. Las zapatas de las guías deben mantenerse ajustadas y reemplazarse cuando se gasten para impedir que las guías caigan al fondo de los tanques.

Los digestores y los sistemas recolectores de gases se protegen normalmente, por desfoques de presión o interruptores de vacío, trampas antiretorno de flama y dispositivos reguladores de presión. Es importante que tales dispositivos se mantengan en buenas condiciones de operación para prevenir daños serios a la estructura y para que sean mínimas las posibilidades de fuego o explosiones.

#### 4.1.4. SEGURIDAD EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO.

1-LOS RIESGOS: en general los peligros de accidentes son prácticamente los mismos en los pozos de inspección, en las estaciones de bombeo o en las plantas de tratamiento. Estos riesgos consisten en:

- a) Daños físicos.
- b) Infecciones corporales.
- c) Peligros ocasionados por gases nocivos o vapores venenosos y falta de oxígeno.
- d) Riesgos radiológicos.

2-.PREVENCIÓN DE LOS DAÑOS FÍSICOS: la prevención de los daños físicos empiezan por un buen orden interno. Las herramientas, las piezas de repuesto y otros objetos, no deben dejarse dondequiera; las señales de advertencia, barandales y cubiertas, en su lugar, protegen contra tuberías bajas, tanques abiertos y pozos de inspección destapados y poco visibles.

3-.POZOS DE INSPECCION: para el trabajo en los pozos de inspección de las calles, la seguridad requiere medidas completas de protección contra los peligros de tránsito, las señales de advertencia y banderas rojas deben instalarse a distancia adecuada de cada lado del pozo de inspección.

4-.BANDAS DE SEGURIDAD: en las alcantarillas pequeñas, nadie debe entrar por un pozo de inspección a mayor profundidad, que a la altura de su barba, sin llevar una banda de seguridad probada y atada con una cuerda. Para entrar en pozos de inspección de más de 60 centímetros de diámetro (24 pulgadas), se llevará siempre puesto el cinturón de seguridad cualquiera que sea la profundidad del pozo como la precaución contra la posibilidad de resbalar a la alcantarilla.



- 5-.ALUMBRADO: siempre que sea posible reflejar la luz solar por medio de espejos hacia dentro de un pozo de inspección, o de cualquier otro espacio cerrado, se tendrá un alumbrado excelente y seguro:
- 6-.RIESGOS ELECTRICOS: las nuevas instalaciones, con sus interruptores con cubiertas. Es esencial conectar a tierra todo el equipo; las herramientas eléctricas portátiles deben ir equipadas con un cable a tierra y una toma especial con su enchufe. Los accidentes pueden ser y han sido ocasionados, por equipo de esta clase sin conexión a tierra.
- 7-.ESCALERA: las escaleras verticales de más de 3 metros de altura (10 pies), deben equiparse con un enrejado que rodee la escalera de madera que un hombre pueda recargarse dentro de un enrejado para quedar protegido.
- 8-.EXTINTORES DE INCENDIO: se recomienda que los extintores de incendio, adecuados para combatir los incendios ocasionados por fallas eléctricas se coloquen en lugares fácilmente accesibles en las estaciones de bombeo y plantas de tratamiento.
- 9-.PREVENCION DE LAS INFECCIONES CORPORALES: los operarios que manejan aguas negras, están expuestos a todos los peligros de las enfermedades de origen hídrico, incluyendo la fiebre tifoidea, la para-tifoidea, la disentería amibiana, ictericia infecciosa y otras infecciones intestinales. También deben protegerse contra el tétano e infecciones en la piel.

Primeros Auxilios: los camiones de servicio y las plantas contarán con botiquines de primeros auxilios.

Excepto en los casos de lesiones leves deberá ser un médico el encargado de tratar las heridas, por pequeño que parezca un rasguño o cortadura deberá recibir atención médica.

Ropas: los guantes de algodón recubiertos de hule son baratos y proporcionan buena protección a las manos. En los lugares mojados, los pies deberán protegerse con botas de hule o con cubiertas de hule para zapatos, como protección contra la humedad y las infecciones.

Hábitos personales: no debe fumarse en las alcantarillas. El fumar constituye una causa potencial de ignición en presencia de un vapor inflamable. La mayoría de las infecciones al cuerpo por vía bucal, nasal o por los ojos y oídos. Los operarios de aguas negras deben lavarse las manos antes de fumar o comer. Se recomienda la vacunación contra la tifoidea.

#### 10-.BASES O VAPORES NOCIVOS Y DEFICIENCIA DE OXIGENO.

Gaseoso: es un estado de la materia, en el que el movimiento de moléculas es prácticamente libre.

Vapor: es la fase gaseosa de una substancia la cual existe también en la forma líquida a las temperaturas y presiones del ambiente.

Un gas a vapor nocivo es aquel que directa o indirectamente destruye o perjudica la salud o la vida de los seres humanos. Estos

vapores o gases pueden causar quemaduras, explosiones, asfixia o envenenamiento.

Los gases de las alcantarillas son una mezcla de gases originados por la descomposición de la materia orgánica. En realidad son gases que proceden de los lados de las aguas negras que contienen alta proporción de bióxido de carbono y cantidades variables de metano, hidrógeno, ácido sulfhídrico y una pequeña cantidad de oxígeno.

El peligro consiste usualmente en que se forma una mezcla explosiva con el metano y el oxígeno, o con más frecuencia, en una deficiencia de oxígeno.

Deficiencia de oxígeno: el aire contiene normalmente alrededor de 21% en volumen de oxígeno y 79% de nitrógeno, así como trazas de otros gases. El aire que contenga menos del 13% de oxígeno, en volumen, es definitivamente peligroso para el hombre. Parece ser que la falta de oxígeno es la causa principal de las muertes ocurridas en los pozos de inspección.

#### 11. LUGARES PELIGROSOS.

Los sitios donde con mayor probabilidad puede haber peligro debido a la presencia de algún gas o vapor nocivo a la falta de oxígeno y que deben inspeccionarse cuidadosamente, antes de entrar en ellos son:

- a) Todas las alcantarillas principales, especialmente las de zonas industriales.

- b) Las alcantarillas situadas en la vecindad de líneas de distribución de gas comestible o de tanques de almacenamiento de gasolina.
- c) Las alcantarillas de poca pendiente donde puedan asentarse los sólidos y descomponerse.
- d) Las alcantarillas con pozos de inspección que estén a tramos mayores de 90 mts. (300 pies), especialmente si las tapaderas de los pozos ya están usadas y los edificios conectados con las alcantarillas tienen trampas que impidan la ventilación a través de la instalación doméstica.
- e) Todas las alcantarillas con pozos de inspección cuya profundidad sea superior a 3 metros (10 pies).
- f) Cualquier socavón, tanque o cámara de válvulas que esté bien cerrado no importa cual sea su profundidad.
- g) Tanques profundos, tanques de digestión de lodos, pozos de succión.

#### **4.2. NORMAS DE LA ANDA PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.**

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), regula, controla y mantiene la red de alcantarillados sanitarios del país y en especial, el sistema de alcantarillado sanitario del área metropolitana de San Salvador.

Las regulaciones: normas y decretos referentes a los sistemas de abastecimiento y alcantarillado sanitario recaen sobre la ANDA, para la verificación de su cumplimiento.

Las normas de la ANDA referidas a alcantarillados sanitarios se restringen al diseño de alcantarillados, aspectos teóricos de construcción y algunos decretos establecen regulaciones específicas como el decreto No. 39 publicado en el Diario Oficial en Agosto de 1988 por el Organo Ejecutivo, el cual, regula y delimita la Región Metropolitana de San Salvador; y el decreto No. 50, publicado en el Diario Oficial en Octubre de 1987 que reglamenta, sobre la calidad del agua, el control de vertidos de aguas residuales y establecen las zonas de protección ambiental.

En general, el mantenimiento de los sistemas de alcantarillados sanitarios no se encuentra reglamentado ni en las normas de la ANDA, así como por el decreto No. 50, que establece los requisitos mínimos requeridos para que las aguas residuales puedan descargarse en ríos y afluentes o quebradas.

El mantenimiento físico del sistema del AMSS y en el resto del país, está limitado a realizar las reparaciones necesarias cuando se presentan desperfectos.

En posteriores trabajos de graduación se podría proponer la metodología y criterios sobre seguridad personal, establecer las bases para un mantenimiento preventivo para mejorar el sistema existente y en provecho de la población usuaria de los sistemas de alcantarillado sanitario.

#### 4.3. ORGANIZACIÓN REQUERIDA PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AL-CANTARILLADO SANITARIO.

De acuerdo al "Informe Final de Factibilidad Técnica y Económica", al ampliarse el sistema de alcantarillado sanitario de San Salvador deberán hacerse cambios tendientes a mejorar la operación y el mantenimiento del sistema mediante la organización y la separación de las actividades del sistema de alcantarillado.

Esto sería fundamental para lograr una organización más eficiente.

A continuación, se presentan los principios que según el referido estudio, se deben incluir en las actividades corrientes de la división de operaciones reorganizadas.

##### 4.3.1. MANTENIMIENTO.

Se divide en dos tipos: Preventivo y Correctivo.

a) Mantenimiento Preventivo: Incluye limpieza, lavado, reparaciones preventivas y supervisión.

Para alcanzar las metas de este mantenimiento, se deben tomar en cuenta varias actividades que son: visitas calendarizadas, vigilancia, medición de caudales, reparaciones menores en el alcantarillado y limpieza.

Las visitas calendarizadas, deben asegurar la atención a todas las partes del sistema y deben hacerse con la suficiente frecuencia para que los problemas puedan descubrirse a tiempo.

La vigilancia incluye la inspección superficial de zonas hundidas o anegadas, grietas, vandalismo, etc. Así mismo deben efectuarse pruebas con humo para detectar escapes y proveer las bases para un examen más minucioso, inspección visual de pozos de visita y estructuras especiales, además de caminatas a lo largo de los grandes interceptores y emisarios.

Para un control efectivo, debería establecerse la medición de caudales en un sistema de estaciones de aforo permanente.

Las reparaciones menores son aquellas que pueden hacerse con una cuadrilla normal de mantenimiento, tales como: pequeñas reparaciones de pozos, ajustes de tapadera, engrasado de las mismas, etc.

En lo referente a la limpieza, su programación depende de la pendiente del colector, del tipo de área servida, de la historia del colector y debe basarse en un conjunto de registro que indiquen las causas, la frecuencia y la historia de las obstrucciones. Las tuberías se obstruyen por el bloqueo con basura, raíces, grasas, etc. La limpieza de tuberías tapadas y remoción de obstrucciones deben hacerse por métodos adecuados como lavado a chorro de alta velocidad, varillado, etc. Las obstrucciones también pueden ser causadas por lodos, arenas y cuerpos extraños.

b) Mantenimiento Correctivo: también llamado de emergencia, se lleva a cabo en operaciones de emergencia como resultado de llamadas a problemas observados en el funcionamiento. Este tipo de mantenimiento debe incluir operaciones más importantes como: reemplazo de colectores mal alineados, reemplazo de colectores rotos y reparaciones mayores en pozos de visita.

El número de personal necesario para el mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y carga horaria anual requerida para tales fines depende principalmente de los tipos y magnitudes de estos sistemas. Algunas fuentes indican que en países menos desarrollados, se requiere una persona encargada de mantenimiento por cada 3 a 5 Km. de alcantarillado, más un 10 ó 20% de personal técnico. Estos datos pueden servir para efectuar ciertos cálculos, que podrán tomarse solamente como base para la evaluación general de la organización del personal, pero en todo caso, los requerimientos prácticos serían determinados de acuerdo con la situación y el desarrollo específico.

#### 4.3.2. OPERACION.

La operación debe ser ejecutada por cuadrillas. El número de personas y especialidades requeridas por cuadrillas está determinado por el tipo de tareas (inspección, limpieza, reparaciones).

Generalmente hay cuatro tipos de cuadrillas: para inspección, mantenimiento rutinario, emergencia y reparaciones.



Las cuadrillas de inspección deben realizar su trabajo a intervalos regulares, a fin de asegurar la vigilancia de la situación en todo el sistema.

Por su parte las cuadrillas de mantenimiento rutinario deben llevar a cabo programas especiales, tales como medidas para controlar raíces, tratamiento químico, etc.

Las tareas de las cuadrillas de emergencia, serán de naturaleza variada, según se requiera de acuerdo a las circunstancias.

Las reparaciones menores corresponden a las cuadrillas de reparación.

#### 4.3.3. EQUIPAMIENTO.

El equipo se divide en: equipo móvil básico, equipo móvil especial y equipo portable.

El equipo móvil básico para el mantenimiento y reparaciones son los camiones. El tamaño y tipo de camión está determinado por los requerimientos de su trabajo y los fondos disponibles.

El equipo móvil especial contiene equipo más sofisticado para operaciones de limpieza (como limpiadores de alcantarillados hidráulico de alta presión). Este equipo es costoso pero muy eficiente.

El equipo portable comprende compresores de aire, sopladores, bombas, generadores, equipo de comunicación y miscelánea, como señales de tráfico, lámpara, etc.

En la fig. 4.1, se presenta el organigrama y la definición de las principales funciones específicas para la organización de la unidad que atendería la operación y el mantenimiento de los alcantarillados sanitarios en el AMSS. Esta unidad sería parte de la división de operaciones, pero separada de la unidad encargada de la operación y mantenimiento de acueductos, ésta es la idea primordial de la propuesta de organización de la división de operaciones. La reorganización necesaria para lograr este propósito debe ser compatible con la organización general de la división, pues se tratará siempre de una dependencia funcionalmente centralizada y no autónoma.

ORGANIGRAMA

El organigrama propuesto contempla lo siguiente:

1. Una jefatura responsable de todo el funcionamiento de la dependencia encargada de la operación y mantenimiento del alcantarillado sanitario del AMSS.
2. La División del AMSS en varias zonas, de tal manera que cada sector del alcantarillado del AMSS sea atendido específicamente por el personal asignado a la zona, permitiéndose lograr un control adecuado de las actividades. Esta zonificación deberá hacerse de acuerdo con la experiencia obtenida y la expansión de la red; podría ser por sectores de afluencia de colectores primarios u otro criterio que resulte funcional de acuerdo con la misma división de operaciones.
3. A cada una de estas zonas, estaría asignada una persona responsable y una o más cuadrillas de mantenimiento rutinario, según la demanda de servicios.
4. Ha sido planteada además, la creación de otras cuadrillas especializadas para atender emergencias y reparaciones menores, las cuales tendrían la versatilidad de cubrir toda la red cuando les sea requerido.
5. Para la coordinación de estas cuadrillas con el trabajo en las zonas ha sido propuesto un supervisor general de mantenimiento.

6. Toda operación estaría auxiliada por el servicio de bodegas, tanto general como de zonas, del equipo y del taller de mantenimiento.
7. También es importante contar, con una oficina de control que sirva de base para la planificación de toda la operación.
8. Finalmente, se propone la supervisión del equipo con el fin de lograr que el mismo esté siempre disponible y pueda rendir al máximo.

#### **4.4. ADMINISTRACION PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL AMSS.**

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), a través de la Oficina especializada del Agua, División de Evacuación, se encarga de dar mantenimiento al sistema alcantarillado sanitario del Area Metropolitana de San Salvador. El mantenimiento realizado es correctivo, esta división coordinada, elabora y realiza las actividades necesarias cuando se presenta deficiencias e inoperaciones en el sistema de alcantarillado sanitario, así como también realiza el muestreo y análisis de las aguas residuales en los diferentes colectores.

#### **4.5. PROPUESTA DEL ORGANIGRAMA DEPARTAMENTALIZADO DE LA ANDA (REFORMADO).**

De acuerdo a la conclusión llegada de que actualmente al Sistema de Alcantarillado Sanitario del AMSS, sólo se le aplica el mante-

imiento correctivo; se presenta una alternativa, esperando que sirva como recurso al Área Operativa.

La alternativa consiste en modificar y ampliar el Organigrama Departamentalizado de la ANDA, especialmente en el Área de Operación. La modificación se presenta en el Organigrama No. 1 (Anexo No. 4), incluyendo también el organigrama original para poder comparar las modificaciones hechas, ver Organigrama No. 2 (Anexo No. 5).

Las modificaciones realizadas contemplan lo siguiente:

- 1-Una jefatura responsable de todo el funcionamiento de la dependencia encargada de la Operación y Mantenimiento del Alcantarillado Sanitario del AMSS.
- 2-La división del AMSS en varias zonas (de acuerdo al área de influencia de cada colector principal), de tal manera que cada colector primario sea atendido específicamente por el personal asignado a la zona. En cada una de estas zonas estará asignada una persona como jefe y responsable para realizar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento, así como también dirigir y organizar las cuadrillas para poder ejercer las actividades de inspección y mantenimiento.
- 3-Una zona o jefatura específicamente para el mantenimiento de las plantas de tratamiento, con su respectivo laboratorio para el análisis de las aguas negras tratadas y las aguas negras crudas, y con sus respectivas cuadrillas de inspección y mantenimiento.

- 4-. Se presenta una cuadrilla especializada para atender emergencias y reparaciones especiales o delicadas, las cuales tendrán la versatilidad de cubrir todas las zonas, excluyendo la zona encargada de las plantas de tratamiento.
- 5-. Toda la operación estaría auxiliada por el servicio de bodegas, tanto general como de zonas, del equipo y del taller de mantenimiento, para garantizar los trabajos tanto de inspección como de mantenimiento.
- 6-. Es importante contar con una oficina de control que sirva de base para la planificación de todas las actividades a realizar y una supervisión del equipo y del personal para que la operación se realice sin problemas.

CAPITULO V  
DIAGNOSTICO GENERAL,  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES

## CAPITULO V

### 5.1. DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

El diagnóstico general consiste en dar a conocer de una manera amplia y profunda los daños que poseen los diferentes colectores primarios y secundarios que pertenecen al Area Metropolitana de San Salvador, generando de esta manera un llamado urgente a la ANDA para que proceda a agilizar las reparaciones que se hacen necesarias para el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS evitando a su vez la contaminación de las quebradas.

A continuación se presenta de una forma detallada el diagnóstico realizado a cada uno de los colectores primarios y secundarios que pertenecen a los once municipios que componen el Area Metropolitana de San Salvador.

Para realizar el diagnóstico que se presenta fue necesario solicitar la ayuda de la ANDA que es la institución encargada de velar por el buen funcionamiento de los colectores primarios y secundarios y de esta manera conocer los daños reales que en ellos se tienen.

#### 5.1.1. DIAGNOSTICO DEL COLECTOR PRIMARIO No. 1 Y SECUNDARIOS.

De los daños conocidos del CP-1 y secundarios se tienen:



- Colector secundario del CP-1, Calle Mejía, atrás del lote # 9, Colonia Universitaria Norte.

El colector se encuentra dañado desde 1991 y hasta la fecha (1993) no se ha realizado ninguna reparación: con información obtenida por parte de la ANDA se conoce que para el año 1993 se dará inicio a la reparación del colector secundario, pues de esta manera se contribuirá a evitar que la fractura encontrada provoque problemas de contaminación ambiental, malos olores y peligros de contraer enfermedades para las personas que habitan cerca de la Calle Mejía.

- Colector de Alivio o Colector Zacamil.

La fractura se ocasionó al hundirse un tramo de la calle localizada entre la Calle Constitución y pasaje Escuela de la Colonia Zacamil.

Desde 1991 la ANDA conoce la fractura encontrada en el colector de alivio, sin darle mayor atención, ocasionando con ello un mayor deterioro del colector antes mencionado, tanto en su parte estructural como ambiental, causando con ello daños muy graves para la salud del mismo ser humano.

A pesar que la ANDA sabe de la fractura del colector de alivio, no se tiene información de cuándo dará la orden de inicio de comenzar su reparación.

- Colector Secundario, El Nispero o Colector Secundario Arenal de Mejicanos.

El daño del colector ha sido ocasionado por fuertes inclinaciones de taludes y a la ubicación de algunos tramos del colector sobre el cauce de la quebrada El Nispero.

Su fractura fue detectada desde 1991 y desde esa fecha hasta 1993 continúa fuera de servicio. Se hace necesario reparar la fractura que tiene el colector secundario El Nispero, ya que con ello contribuirá para el mejor funcionamiento del sistema de alcantarillado.

Las fracturas encontradas en el CP-1 y sus secundarios empeoran a medida que pasa el tiempo, pues habrá mayor población y aumentará la demanda de agua potable aumentando por ende el gasto que recorre por el colector en mención ampliando grietas y fugas de malos olores y materiales orgánicos en estado de descomposición, es por eso que la ANDA tiene la responsabilidad de reparar y dar mantenimiento al colector primario y sus secundarios, pues con ello evitará que se den enfermedades como cólera, tifoidea, etc. que son perjudiciales para la salud de los seres humanos.

#### 5.1.2. DIAGNOSTICO DEL COLECTOR PRIMARIO No. 2 Y SECUNDARIOS.

El único daño encontrado en el CP-2 y secundarios es:

Colector Centro América Sur, pasaje Chaparrastique Colonia Miramonte en el que se ha detectado una fractura desde el año 1991 y para el año 1993 se espera que la ANDA comience la reparación del colector anteriormente mencionado.

### 5.1.3. DIAGNOSTICO DEL COLECTOR PRIMARIO No. 3 Y SECUNDARIOS.

El colector No. 3 presenta el trayecto más largo (desde Nueva San Salvador, Antiguo Cuscatlán, Basílica de Guadalupe, Colonia Monserrat, Zona Sur y Oeste de San Salvador, hasta el colector "Alcaine"). Su descarga se efectúa en Comunidad La Chacra.

Este colector presenta una serie de fracturas, de las cuales sólo unas han sido reparadas:

- Se ha completado los trabajos de reubicación en Colonia La Mascota.
- Se han reparado las fracturas que se detectaron en:
  - \* Colector secundario San Marcos, en Colonia Tepeque.
  - \* Colonia El Mirador Km 4½ Carretera a San Marcos.
  - \* Comunidad Tinetti.
  - \* Colector Alcaine.
  - \* Barrio La Vega.
- Sin embargo, aún se encuentran fracturas sin reparar:
  - \* Colonia San Mateos, Arenal Monserrat.
  - \* Arenal Monserrat detrás del centro urbano IVU.
  - \* Colonia San Francisco.

La descarga actual del colector No. 3 no presenta tratamiento para las aguas a descargar en el Río Acelhuate, por lo que esta descarga se convierte en un foco de alta contaminación.

El colector presenta conexión cruzada que se menciona en el Capítulo II.

Se encuentra en proyecto la construcción de un colector de alivio para el CP-3 cuya etapa ya proyectada abarca desde Santa Tecla a San Salvador.

#### 5.1.4. DIAGNOSTICO DE EL COLECTOR PRIMARIO No. 4 Y SECUNDARIOS.

El colector No. 4 comprende al colector ubicado en la subcuenca que drena sobre el Río Las Cañas, en Soyapango, abarcando las colonias El Matazano, Valle Nuevo, Santa Lucía y el Municipio de Ilopango.

El colector presenta dos fracturas:

- \* Sobre colector secundario Valle Nuevo.
- \* Colector secundario Ilopango.

Para los cuales ya se encuentra en proceso de licitación por la UEP.

En el CP-4 se ha presentado un proyecto de ampliación que abarcará desde su descarga hasta aguas abajo de la Colonia Bosques del Río, comprendiendo un 50% en túneles y retirándose de las márgenes del Río Las Cañas para evitar la destrucción de las casas y tugurios que se encuentran ubicados en orillas del Río Las Cañas.

Por el incremento poblacional que el AMSS ha experimentado en los últimos años originando más demanda y consumo de agua potable, por ende un mayor aporte de las aguas negras, generando un mayor caudal y presión en los principales colectores, que de no reparar las fracturas antes mencionadas dará como resultado un daño más grave dentro del sistema de alcantarillado sanitario.

Con la ejecución de los proyectos de construcción de nuevos colectores primarios como el CP-5 y de los colectores de alivio permitirá una mejor evacuación de las aguas negras del sistema de alcantarillado sanitario, además con las regulaciones que establecen la necesidad de la implementación de tratamiento a las aguas negras de descargas directas por los colectores mismos a las quebradas se espera evitar o por lo menos disminuir el deterioro ambiental que ya presenta el Area Metropolitana de San Salvador, para ello la ANDA en su proyecto de Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario ha implementado la construcción de dos plantas de tratamiento de aguas negras, una situada en el Sitio del Angel, Apopa y la otra situada en Milingo, Río Las Cañas descritas en el Capítulo II, sección 2.3.

## 5.2. ANALISIS DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE VRS. APORTE DE AGUAS NEGRAS.

Puesto que las aguas negras provienen fundamentalmente del agua potable utilizada, debe estimarse la cantidad de agua de abastecimiento que entra en las alcantarillas sanitarias.

Una considerable parte del agua potable usada por los establecimientos comerciales, fábricas, equipo para riego de jardines, extinción de incendios y la utilizada por usuarios que no tienen conexión con las alcantarillas, no llega a estas. Lo mismo ocurre con el agua procedente de fugas de conducciones y tuberías de servicio.

Si bien es importante conocer la cantidad medio de consumo de agua potable, resulta aún de mayor utilidad disponer de datos sobre las fluctuaciones del consumo. La fase máxima del consumo de agua potable tiene lugar durante los meses estivales (época de calor).

Además de las fluctuaciones estacionales en el campo del agua potable deben considerarse las variaciones horarias, en razón de su efecto sobre el caudal de aguas residuales. Por lo general la curva de descarga de las alcantarillas sanitarias es muy parecido a la curva de consumo de agua potable, pero con retraso de algunas horas (curva de caudal máximo horario).

Por lo anterior se concluye que no se puede realizar una comparación directa entre la curva de demanda de agua potable y la curva de aporte de aguas negras es decir la cantidad de agua potable que se demanda no es la misma cantidad de agua que se consume, ni la que se consume es la misma cantidad de agua que se aporta.

### 5.3. DIAGNOSTICO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS NEGRAS EN EL AMSS.

#### 5.3.1. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS.

La naturaleza cambiante del agua residual a tratar, el mayor conocimiento de los principios fundamentales implicados y un mejor análisis de los efectos ambientales causados por la descarga de muchos de los contaminantes en el agua residual son los principales factores que han motivado los innumerables cambios que en la actualidad se registran en el campo del tratamiento de aguas residuales.

El número de compuestos orgánicos que se han sintetizado desde el comienzo de este siglo supera el medio millón y cerca de diez mil se van añadiendo cada año a los ya descubiertos. Como resultado de su masiva utilización, muchos de estos compuestos se encuentran hoy en las aguas residuales de casi todas las ciudades. Mientras que gran parte de ellos pueden tratarse fácilmente, ya aumentando el número de los compuestos que no pueden eliminarse, en muchos casos no se dispone de información sobre los efectos ambientales a largo plazo causados por su evacuación.

Los métodos de tratamiento en los que predomina la aplicación de principios físicos se conoce con el nombre de operaciones unitarias. Los métodos de tratamiento en los que la eliminación de contaminantes se efectúa por actividad química y biológica se conocen como procesos unitarios.

Los procesos y operaciones unitarios se agrupan para proporcionar lo que se conoce como tratamiento primario y secundario. En el tratamiento primario se emplean operaciones secundarias de tipo físico tales como desgaste y sedimentación, para eliminar los sólidos en flotación y sedimentación que se encuentran en el agua residual. En el tratamiento secundario se utilizan procesos biológicos para eliminar la materia orgánica. En la mayoría de los casos, como por ejemplo de la Ingeniería Química y tratamiento del agua de abastecimiento.

La evacuación final de las aguas residuales tratadas, continúa siendo, uno de los problemas más difíciles en el campo de la ingeniería.

El agua residual no es posible que se reutilice completa o indefinidamente. La reutilización de un efluente tratado por medios directos o indirectos es, en definitiva, un método de evaluación del agua residual.

La reutilización del agua residual tratada se puede aplicar en varios campos como:

- a) Industria.
- b) Agricultura.
- c) Riego en Zonas de Recreo.
- d) Descarga de Acuífero.

Débito a la degradación ecológica y a la contaminación ambiental del vertido directo de las aguas residuales en los diferentes



afluentes del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) surge la importante necesidad de establecer sistemas de tratamiento para aguas residuales.

Los principales ríos que atraviezan gran parte del Área Metropolitana de San Salvador, como son: Río Acélhuate, Río Urbina y Río Las Cañas presentan un alto grado de contaminación.

Para solucionar este problema la ANDA a través de la Unidad Ejecutora del Proyecto (UEP) y la Oficina Especializada del Agua (DEDA) ha diseñado dentro del proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS (Refenciado en el Capítulo II) dos importantes plantas de tratamiento para las aguas residuales.

1.- Planta de tratamiento ubicada en el Sitio del Angel, Apopa, que depurará las aguas residuales provenientes de los colectores primarios Nos. 1, 2 y 3.

2.- Planta de tratamiento, ubicada en el Sitio Río Las Cañas que depurará las aguas provenientes del colector primario No. 4.

Asi mismo se han implementado leyes y decretos (No. 39 y 50, ver anexo) que regulan y prohíben el vertido directo de las aguas residuales en los afluentes cercanos.

La implementación de tales decretos, ha proporcionado resultados positivos, ya que ha evitado que las nuevas urbanizaciones y fábricas que no pueden conectar su sistema de alcantarillado a la red del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS descarguen directamente sobre los afluentes cercanos, obligándoles de ésta manera al

diseño y construcción de plantas de tratamiento de las aguas residuales que ellos aportan. Un ejemplo claro de este, son las plantas de tratamiento mencionadas y descritas en el Capítulo II (sección 2.3.3.). Estas plantas de tratamiento actualmente están operando con una remoción del BOD entre 80 y 85%, esto es el indicador que de la depuración de las aguas residuales se están realizando de una manera eficiente y aceptable, la evaluación de las aguas residuales tratadas se hace directamente a las quebradas y ríos cercanos a las plantas de tratamiento.

#### 5.3.2. PLANTAS DE TRATAMIENTO.

De las plantas de tratamiento que actualmente funcionan en el AMSS, seis de ellas se han tomado como una muestra representativa para dar una conclusión del estado actual y funcionamiento de dichas plantas:

\* Planta de tratamiento Valparaíso, ubicada en Residencial Valparaíso, Ayutuxtepeque; en la visita que se realizó a dicha planta, se pudo observar que ésta se encuentra en abandono por parte de la ANDA y debido a que no se le da mantenimiento adecuado la planta tiende a caer en desuso, además la ubicación de la planta no es adecuada ya que se encuentra muy próxima a las viviendas, y esto ocasiona malestar entre los habitantes de la colonia debido a los malos olores que surgen de la planta.

\* Planta de tratamiento Condominio Tazumal, ubicada en Ayutuxtepeque, esta planta de tratamiento es propiedad del urbanizador, se-

gún se pudo apreciar el funcionamiento es bueno ya que hay dos personas encargadas de el mantenimiento como es sacar el lodo de los lechos de secado, quitar la espuma que se forma en el tanque sedimentador, etc.

La ubicación de la planta respecto a la urbanización es la adecuada, ya que se encuentra a una distancia de 100 - 150 mts. que es suficiente según las normas, pero ocasiona problemas de malos olores a personas de una comunidad marginal que se encuentra próxima a la planta.

\* Planta de tratamiento Alpes Suizos II, ubicada al sur de la urbanización Europa I, Santa Tecla; propiedad de el urbanizador; esta planta de tratamiento se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento debido a la atención que se le da, la cual es muy eficiente por parte de la persona encargada, realiza sus labores a diario lo cual no permite que se acumulen cantidades grandes de basuras en el tanque sedimentador ni de lodos en los lechos de secado, además su ubicación esta a una distancia bastante alejada de las viviendas por lo que no ocasiona problemas de malos olores a los habitantes de ninguna de las colonias aledañas.

\* Planta de tratamiento Los Girasoles, ubicada en Residencial Los Girasoles, Santa Tecla; es propiedad del urbanizador, tiene un buen funcionamiento y su ubicación está a una distancia que no ocasiona problemas de malos olores a los habitantes de la zona aledaña.

- \* Planta de tratamiento Europa I, ubicada en Residencial Europa, Santa Tecla; es propiedad de la ANDA y se encuentra fuera de servicio, el motivo por el cual no está funcionando es por ser una planta mecanizada y al no dársele el mantenimiento adecuado tenía un bajo rendimiento. Actualmente las aguas residuales se incorporan a la planta Alpes Suizos.
- \* Planta de tratamiento Alpes Suizos, ubicada en Residencial Europa II, Santa Tecla; es propiedad de el urbanizador, está funcionando en buenas condiciones ya que existe una persona encargada de darle mantenimiento en forma periódica, tiene una buena capacidad para tratar y descargar en la quebrada Larreynosa.
- \* En general se puede decir que las plantas de tratamiento cumplen con el objetivo para el cual se han diseñado, que es de evitar el vertido de aguas crudas a las quebradas y evitar la contaminación de las mismas, aunque en algunos casos presentan ciertos problemas como son los malos olores cuando se encuentra muy cercanos a la población, y también cuando se han dejado al abandono no cumplen su cometido.

#### 5.4. CONCLUSIONES.

- 1-El crecimiento poblacional, la contaminación ambiental y el desinterés de algunos sectores de la población, exige la necesidad de legislaciones rigurosas que obliguen a Instituciones públicas como privadas, a la conservación del medio ambiente y en especial a la ANDA, para la implementación de sistemas de tratamiento de

6-El descuido y abandono que presentan algunas plantas de tratamiento de aguas negras de tipo privada y otras, administradas por

busque los mecanismos más ágiles para su solución.  
 llado sanitario en cuestión, por lo que se requiere que la ANDA, rectivo que sea rápido y eficiente para el sistema de alcantar- (1993), son una muestra de la necesidad de un mantenimiento cor- rios, presentan desde el terremoto del año 1986 hasta la fecha 5- Las múltiples fracturas que los colectores primarios y secundar-

bradas que corren a través del AMSS.  
 Las aguas negras y recolección de basura depositada en las que- cia de medidas de control, para lograr una descontaminación de cionales de bajos recursos económicos, contribuyen a la inefica- 4- La escasa educación cultural y ambiental en los sectores pobla-

una mayor contaminación y degradación ambiental.  
 cer la limpieza de la basura acumulada en ellos, lo que produce los ríos contaminados que atraviesan el AMSS, tienden a entorpe- 3- Los asentamientos poblacionales a orillas de las quebradas y de paración de los sistemas ya existentes.

temas de alcantarillado sanitario, así como, la ampliación y fer- acelerado incremento poblacional excesivo que demanda nuevos sis- 2- El Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), ha experimentado un

normas establecidas.  
 aguas negras, que logren un estado de eficiencia de acuerdo a las

la ANDA, exigen la necesidad de que la ANDA mantenga controles que verifiquen la eficiencia de operación de éstas.

7.- El proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS, fue diseñado para un período que comprende desde 1990 hasta el año de 2010, cuyo período de construcción comprenderá de 1985 a 1990, para esta fecha (1993), aún se encuentra en construcción, lo que indica, que la vida útil de su funcionamiento se ha acortado, exigiendo la necesidad de un nuevo proyecto de ampliación, para poder prolongar la vida útil del sistema.

8.- Debido a la ausencia de políticas adecuadas del pasado, se ha generado una mayor contaminación de los recursos hídricos. Para tratar de resolver este problema, en el año 1987 aparece el Decreto No. 50, con el cual, se regula la disposición de las aguas negras residuales domésticas e industriales. A pesar de este decreto, no se ha podido regular los niveles de contaminación, aun que se han obtenido resultados favorables en algunos casos.

9.- El AMSS está drenada por colectores primarios y secundarios, los cuales, varían de diámetro a lo largo de su trayectoria; el cual que actualmente transportan es mayor que para el cual fueron diseñados, y esto se ha dado, por una información estadística no adecuada para proyectarse a la población futura, con la que hoy en día se tiene, ya que la población existente es mayor a la que se proyectó.

10.- Las plantas de tratamiento de aguas negras (privadas y las administradas por la ANDA), no reciben el mantenimiento adecuado, de

manera que funcionen eficientemente, por lo que los objetivos que se propusieron para su construcción, no son satisfechos.

11-. De acuerdo a las investigaciones e inspecciones de campo realizadas, el sistema de alcantarillado sanitario actualmente formado por los colectores primarios Nos. 1, 2, 3 y 4, se encuentran en su punto de saturación, a pesar de los colectores de alivio que se han construido paralelamente.

12-. El dato estadístico poblacional para el año de 1995, será de 1,378,103 habitantes en el AMSS, con lo cual podemos predecir que, la demanda de agua potable se incrementará y por lo tanto, el caudal de aguas negras que se transportará hacia los colectores sanitarios que componen el AMSS.

13-. De acuerdo a las visitas realizadas a las plantas de tratamiento de aguas negras como son: Chávez Galeano I y II, Prados de San Bartolo y Europa I, se investigó que estas plantas sólo operaron durante un período de 2 años y dejaron de funcionar poco después, de haber sido entregadas a la ANDA.

14-. Con el deterioro ecológico existente a la fecha y el que se prevé que podrá darse en las próximas décadas, requiere de la acción inmediata tanto gubernamental como privada, que implemente mecanismos de conservación ecológica, así como controles que regulen los asentamientos humanos a orillas de los ríos y quebradas, y verificar el cumplimiento de éstos.

15-.El organigrama propuesto en 1984 para la implementación del sistema de mantenimiento preventivo y correctivo para el proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario no es acorde al organigrama actual de la ANDA, por lo que éste, ya no es aplicable.

16-.El trabajador no está completamente concientizado de los riesgos que implica laborar en un sistema de alcantarillado sanitario, en el cual, se ve expuesto a enfermedades, incluso a accidentes más graves.

#### 5.5. RECOMENDACIONES.

1-.Crear en la ANDA un Departamento de Mantenimiento Preventivo, responsable de las actividades que sean necesarias, para el buen funcionamiento de las infraestructuras en materia de colectores sanitarios primarios, colectores sanitarios secundarios y plantas de tratamiento de aguas negras; correspondiente no sólo a los 11 Municipios que componen el AMSS, sino que incluyen también, todos aquellos lugares en donde la ANDA, preste sus servicios de alcantarillados sanitarios.

2-.Tomando como muestra, los datos obtenidos en el último censo poblacional de 1992, es necesario realizar un estudio detallado y preciso, para poder realizar proyecciones poblacionales que sean reales y con este dato estadístico, hacer las consideraciones necesarias para lograr satisfacer la demanda que en el futuro se vertirá sobre el sistema de alcantarillado sanitario.



3-. Se recomienda una acción inmediata, que regule los asentamientos humanos en zonas de gran valor ecológico y en las orillas de ríos y quebradas, ya que estos atentarian contra el equilibrio ecológico de la zona, en perjuicio de toda la población.

4-. Implementar sistemas educativos que consideren la conservación ecológica, concientice sobre el problema de la basura y la evacuación de aguas residuales, de manera que las nuevas generaciones formen parte de una solución conjunta a la problemática ecológica y no parte del problema.

Se recomienda la pronta reparación de las fracturas aún existentes (desde el 10 de Octubre de 1986) en el menor tiempo posible, acelerar el proceso de reconstrucción e iniciar la planificación de nuevos proyectos, que alivien los sistemas anteriores, con el propósito de obtener una eficiencia real del sistema, en base al incremento poblacional previsto.

5-. Se recomienda actualizar planos concernientes al sistema de alcantarillado sanitario, ubicación de plantas de tratamiento de aguas negras, pues, los últimos planos actualizados por la ANDA fueron hechos en 1981.

6-. Al construir una planta de tratamiento como alternativa sanitaria, se debe contar con un estricto control sobre la operación y mantenimiento, para garantizar el buen funcionamiento de éstas, y evitar irregularidades que puedan causar molestias al medio ambiente.

7.- Al dar por finalizado el proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del AMSS, se hace necesario que la ANDA realice las actividades pertinentes para alcanzar la mayor eficiencia de los nuevos colectores sanitarios, que servirán para disminuir la contaminación de los ríos y quebradas, que han sido utilizadas durante años como fuentes de descarga de aguas negras, de los principales colectores que funcionan en el AMSS.

Al concluir el proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, es recomendable hacer los cambios necesarios, tendientes a mejorar la operación y mantenimiento del sistema.

8.- Dar cumplimiento a lo estipulado por la ANDA en el Decreto No. 50, sobre el control del vertido de las aguas negras residenciales e industriales, aplicable a todo el territorio salvadoreño, y realizar los cambios necesarios que contribuyan al mejoramiento de este decreto.

9.- Ya que la ANDA, es la institución encargada de conceder las facultades para que las nuevas urbanizaciones incorporen sus sistemas de alcantarillado sanitario, al sistema de colectores de aguas negras del AMSS, se recomienda, que antes de conceder dichas facultades se haga una inspección de campo y un estudio minucioso para conocer si éste, es capaz de recibir el caudal que descargará en el sistema.

10.- La creación del Departamento de Mantenimiento Preventivo permite, inspecciones periódicas a las plantas de tratamiento que aún pertenecen a los urbanizadores, de manera que se evite el

- 14.- Concientizar a los asentamientos más expuestos a la insalubridad, para organizar campañas de limpieza y ornato, dentro de sus propias comunidades, y en ríos y quebradas aledañas, de manera adecuada a nuestro país.
- 13.- Capacitación para el personal que labora en la ANDA, con seminarios talleres, los cuales, ayudarán al personal a desempeñar mejor sus actividades correspondientes al trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo, de los distintos colectores sanitarios y plantas de tratamiento de aguas negras, que componen el AMSB. Así como la creación de normas técnicas y manuales de operación, que sean aplicables a las distintas necesidades que requiere el sistema de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento.
- 12.- Debido a que el problema de la contaminación afecta a todos los sectores de la sociedad salvadoreña, es recomendable que la ANDA, realice las gestiones necesarias para poder obtener el financiamiento adecuado y a tiempo, a fin de lograr reducir este problema.
- 11.- Recomendar a la ANDA, un estudio complementario para resolver al menor tiempo posible, los problemas que pudiesen causar la incapacidad del sistema de alcantarillado sanitario, para poder drenar los caudales de aguas negras según las normas establecidas.
- mantenimiento respectivo de la planta, de modo, que éstas se mantengan funcionando eficientemente mientras sean de propiedad del urbanizador y continúen funcionando con eficiencia al pasar a propiedad de la ANDA.
- Capítulo V - Diagnóstico General, Conclusiones y Recomendaciones

que se contribuya al mejoramiento sanitario y ecológico de la comunidad.

15-.En este Trabajo de Graduación, se propone el organigrama detallado en el Capítulo IV (sección 4.5), en el cual, se presenta una alternativa, esperando que sirva como recurso a el Area Operativa.

16-.Proveer al trabajador de la ANDA, con las herramientas y equipos necesarios para cumplir con eficacia sus obligaciones de carácter laboral. Concientizar al trabajador, sobre la necesidad de su utilización.

ANEXOS

ANEXO I

# DIARIO OFICIAL

Director: JOSE OSCAR BRICEÑO

TOMO Nº 297 | San Salvador, Viernes 16 de Octubre de 1987 | NUMERO 191

## SUMARIO

### ORGANO LEGISLATIVO

	Página
Decreto Nº 790.—Modificaciones de la Ley de Presupuesto en la parte que corresponde al Ramo de Salud Pública y Asistencia Social (Instituto Salvadoreño de Rehabilitación de Inválidos). . . . .	1
Decreto Nº 793.—Adición de incisos al Art. 94 del Código Municipal. . . . .	2 X

### ORGANO EJECUTIVO

#### MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

Decreto Nº 50.—Reglamento sobre la calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección. . . . .	3
--	---

## ORGANO LEGISLATIVO

### DECRETO Nº 790.

LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR,

en uso de sus facultades constitucionales y a propuesta del CONSEJO DE MINISTROS,

DECRETA:

Art. 1.—En la LEY DE PRESUPUESTO se introducen las modificaciones siguientes:

A) En la Sección A) PRESUPUESTO GENERAL, Apartado III - EGRESOS, RAMO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL, se refuerza la asignación que adelante se detalla, con la cantidad que en seguida se indica:

87-500-13-201-24-201-179

Instituto Salvadoreño de Rehabilitación de Inválidos ..... 750.000

La cantidad de SETECIENTOS CINCUENTA MIL COLONES (¢ 750.000.00), a que asciende el refuerzo que antecede, se tomará de la asignación 87-200-44-501-41-502-009 Administración de la Deuda de Ejercicios Anteriores, correspondiente al RAMO DE HACIENDA.

B) En la Sección B) PRESUPUESTOS ESPECIALES, en la parte que se refiere al INSTITUTO SALVADOREÑO DE REHABILITACION DE INVALIDOS, aumentase la fuente específica de ingreso y la asignación que se señala, con la cantidad que se menciona, así:

517 — INSTITUTO SALVADOREÑO DE REHABILITACION DE INVALIDOS

Ingresos

362 Subvenciones del Gobierno Central. 750.000

### Egresos

87-517-13-101-24-101-009 Administración Superior .....	750.000
0-b)                    1            2            3            9    TOTAL	
009 ...	266,760 109,340 65,000 248,900 60,000 750,000

Art. 2.—El presente Decreto entrará en vigencia a partir del día de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN EL SALON AZUL DEL PALACIO LEGISLATIVO: San Salvador, a los nueve días del mes de octubre de mil novecientos ochenta y siete

Guillermo Antonio Guevara Lacayo,  
Presidente.

Alfonso Aristides Alvarenga,  
Vicepresidente.

Hugo Roberto Carrillo Corleto,  
Vicepresidente.

Macla Judith Romero de Torres,  
Secretario.

Pedro Alberto Hernández Portillo,  
Secretario.

José Humberto Posada Sánchez,  
Secretario.

Rafael Morán Castaneda,  
Secretario.

Rubén Orellana Mendoza,  
Secretario.

**CASA PRESIDENCIAL:** San Salvador, a los dieciséis días del mes de octubre de mil novecientos ochenta y siete.

**PUBLIQUESE.**

**RODOLFO ANTONIO CASTILLO CLARAMOUNT,**  
Vicepresidente de la República,  
Encargado del Despacho Presidencial.

*Ricardo J. López,*  
Ministro de Hacienda.

\* **DECRETO Nº 793.**

**LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR.**

**CONSIDERANDO:**

I.—Que por Decreto Legislativo Nº 274, de 31 de enero de 1986, publicado en el Diario Oficial Nº 23, Tomo 290 de 5 de febrero del mismo año, se decretó el Código Municipal, para desarrollar los principios generales sobre la organización, funcionamiento y ejercicio de las facultades autónomas de los Municipios;

II.—Que en la práctica se ha comprobado que algunas disposiciones del expresado Código obstaculizan el manejo de los fondos municipales y no han tenido el efecto esperado, para alcanzar una administración municipal eficaz, acorde con los planes de desarrollo del país y la autonomía municipal que consagra la Constitución, por lo que se hace necesario y conveniente introducir algunas modificaciones a dicho Código;

**POR TANTO,**

en uso de sus facultades constitucionales y a iniciativa del Diputado Rafael Morán Castaneda,

**DECRETA:**

Art. 1.—Adiciónanse al Art. 94 del Código Municipal, promulgado por Decreto Legislativo Nº 274, de 31 de enero de 1986, publicado en el Diario Oficial Nº 23, Tomo 290 de 5 de febrero del mismo año, los incisos cuarto y quinto, así:

“No obstante lo dispuesto en los incisos anteriores, cualquier Corporación Municipal podrá encargar la realización de las obras, trabajos o la prestación de servicios municipales, a que se refiere el presente artículo, a cualquiera de los Organismos del Estado, ya sea del Gobierno Central o de Instituciones Oficiales Autónomas, a los cuales proporcionará los planos, presupuestos y especificaciones correspondientes. Si los expresados Organismos aceptaren la ejecución de la obra o prestación del servicio de que se trate, queda facultada la Municipalidad intere-

sada para celebrar sin más trámite y por medio del Alcalde o el funcionario que ésta autorice, el respectivo contrato con el representante autorizado del correspondiente Organismo. En este caso no será necesaria la rendición de fianzas, ni de ninguna otra clase de garantías.

También podrá el Concejo, si lo juzga conveniente, autorizar para que se realicen las obras y trabajos o se presten los servicios por el sistema de administración a cargo del mismo Concejo, pero sólo en el caso de que no se presentaren ofertas en la tercera licitación o cuando, los estudios de factibilidad, planos y presupuestos hayan sido elaborados por la Dirección General de Urbanismo y Arquitectura, y la ejecución de tales obras o trabajos, o prestación de servicios, sea dirigida y supervisada por esa Dirección General, con la vigilancia del Ministerio del Interior”.

Art. 2.—El presente Decreto entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

**DAIDO EN EL SALON AZUL DEL PALACIO LEGISLATIVO:** San Salvador, a los nueve días del mes de octubre de mil novecientos ochenta y siete.

*Guillermo Antonio Guevara Lacayo,*  
Presidente.

*Alfonso Aristides Alvarenga,*  
Vicepresidente.

*Hugo Roberto Carrillo Corleto,*  
Vicepresidente.

*Macla Judith Romero de Torres,*  
Secretario.

*Pedro Alberto Hernández Portillo,*  
Secretario.

*José Humberto Posada Sánchez,*  
Secretario.

*Rafael Morán Castaneda,*  
Secretario.

*Rubén Orellana Mendoza,*  
Secretario.

**CASA PRESIDENCIAL:** San Salvador, a los dieciséis días del mes de octubre de mil novecientos ochenta y siete.

**PUBLIQUESE.**

**Rodolfo Antonio Castillo Claramount,**  
Vicepresidente de la República,  
Encargado del Despacho Presidencial.

**Juño Alfredo Samayoa H.,**  
Ministro de Justicia.



## ORGANO EJECUTIVO

## MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

DECRETO Nº 50.

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR,

CONSIDERANDO:

- I.—Que siendo la salud de los habitantes un bien público reconocido por la Constitución de la República, deben dictarse normas reglamentarias que eviten, controlen o reduzcan la contaminación de los recursos hídricos.
- II.—Que es misión del Estado mantener las mejores condiciones de calidad de los recursos hídricos de manera compatible con una política económica adecuada que aproveche, en lo posible, las condiciones de los medios receptores como agentes en los procesos de transporte y autodepuración de residuos.
- III.—Que la Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos promulgada por Decreto-Ley Nº 386 de la Junta Revolucionaria de Gobierno, de fecha 2 de diciembre de 1981, publicada en el Diario Oficial Nº 221, Tomo 273, de aquella misma fecha, y su Reglamento de fecha 23 de marzo de 1982, establecen en sus disposiciones la potestad del Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, en coordinación con los otros Ramos, y en este caso con los de Agricultura y Ganadería, de Salud Pública y Asistencia Social y el de Obras Públicas, todo lo relativo en cuanto a "elaborar Proyectos de normas sobre calidad del agua y sobre el control de los vertidos de aguas negras, desechos fabriles, industriales, mineros y cualquier otro uso activo o pasivo del agua que pueda contaminar dicho recurso"; disposición que armoniza con lo que disponen los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento para dictar un Reglamento en tal sentido;

POR TANTO:

En uso de sus facultades constitucionales, DECRETA, el siguiente

**REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA,  
EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS  
ZONAS DE PROTECCION**

## TITULO I

## Disposiciones Fundamentales

Art. 1.—El presente Reglamento tiene por objeto desarrollar los principios contenidos en la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del agua, el control de vertidos y a las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos.

Art. 2.—Los términos y conceptos empleados en este Reglamento se entenderán en el sentido o significado que se les dé en el glosario de conceptos técnicos que forma parte del mismo, en cuyo texto se usarán las siglas que a continuación se indican con el significado siguiente:

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. MIPLAN:    | Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social; |
| 2. MAG:       | Ministerio de Agricultura y Ganadería;  |
| 3. MSPAS:     | Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social;                              |
| 4. ANDA:      | Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados;                      |
| 5. FLANSABAR: | Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural;                                    |
| 6. OEDA:      | Oficina Especializada del Agua;   |
| 7. AEE:       | Agencias Ejecutoras Especializadas; y   |
| 8. MOP:       | Ministerio de Obras Públicas.   |

Art. 3.—El Estado, a través de los mecanismos establecidos en el presente Reglamento y de la autoridad competente, tomará las medidas adecuadas y oportunas para regular las actividades que lleguen a producir contaminación de las aguas, a fin de armonizar el aprovechamiento racional e integral de los recursos hídricos con la protección de la calidad de los mismos.

El MIPLAN, en coordinación con los demás Ministerios involucrados, tomará las medidas y las acciones que permitan obtener, de acuerdo con lo que indique este Reglamento, un control efectivo sobre la calidad de los recursos hídricos.

Art. 4.—El Organo Ejecutivo en los Ramos de Planificación, Salud Pública y Asistencia Social, de Agricultura y Ganadería y de Obras Públicas podrá establecer regulaciones especialmente sobre:

- Los procesos industriales cuyos efluentes, no obstante el tratamiento a que puedan ser sometidos, hayan de constituir un peligro de contaminación;
- La fabricación, importación, comercio y utilización de productos que constituyan una amenaza para la calidad del agua, tales como fertilizantes, pesticidas, y productos químicos y bioquímicos, según las leyes sobre la materia;
- Las actividades que afecten las zonas de protección de los cauces, los cauces mismos y las captaciones de agua; ;
- Las demás que se consideren necesarias a los fines del presente Reglamento.

Art. 5.—Para los fines de este Reglamento se establecen como objetivos de calidad los niveles físicos y biológicos necesarios para mantener, preservar o recuperar la calidad del recurso hídrico, de manera que no se interfiera con el uso previsto en los Planes Nacionales de desarrollo, aprovechamiento o protección de los recursos hídricos.

Art. 6.—La especificación de los objetivos de calidad la clasificación y reclasificación de las aguas se hará por resolución ministerial conjunta, en los Ramos de MIPLAN, MAG, MOP y MSPAS.

Art. 7.—Las condiciones a que deben sujetarse los vertidos de aguas residuales contaminantes se establecerán de manera que se conserven los objetivos de calidad previamente establecidos, tomando en consideración el destino volumen, caudal, calidad y poder de autodepuración, tanto del vertido como del cuerpo de agua receptor.

Art. 8.—Cuando no exista un objetivo de calidad, los interesados en efectuar un vertido podrán solicitar a cualquiera de las AEE su fijación, de manera que se especifiquen las condiciones bajo las cuales se les permita efectuarlo. El procedimiento para la fijación del objetivo de calidad será el referido en el Artículo 6.

## TITULO II

### De la Autoridad Competente

Art. 9.—En todo lo que se refiere o relacione con la aplicación de las normas sobre calidad del agua a nivel nacional, la Autoridad Competente será el Organismo Ejecutivo en los Ramos de Salud Pública y Asistencia Social, el de Agricultura y Ganadería y el de Obras Públicas, bajo los términos de este Reglamento y los de su propia legislación en materia de contaminación de aguas de acuerdo con las normas y procedimientos que adelante se establecen. Cuando se trate de aplicación de sanciones por infracción al presente Reglamento, se harán por medio del Departamento Jurídico del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo IX de la Ley de Riego y Avenamiento y al Artículo 138 de su Reglamento.

Art. 10.—Las AEE y las instituciones públicas centralizadas y descentralizadas a que se refiere el Artículo 2 del Reglamento de la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, están obligadas a prestar toda la colaboración técnica necesaria para que la Autoridad Competente desempeñe su labor en forma eficiente y, más especialmente, aquellas AEE directamente involucradas con atribuciones específicas en este Reglamento.

La OEDA servirá de organismo técnico consultor del Comité Ejecutivo a que se refiere el artículo siguiente. Los particulares afectados por alguna resolución de la Autoridad Competente, en relación a sus solicitudes, podrán recurrir de ella en la forma que establece la Ley de Riego y Avenamiento.

Art. 11.—Para los fines de coordinar y asesorar lo relativo a solicitudes de vertidos obras de tratamiento para depuración y todo lo relativo al presente Reglamento, se crea una Oficina Conjunta Protectora de los Recursos Hídricos ("Oficina Conjunta"), la cual estará dirigida por un Comité Ejecutivo, integrado por un representante del Departamento Jurídico y un técnico de los Ministerios de Agricultura y Ganadería, de Salud Pública y Asistencia Social, de Obras Públicas, del Interior y además de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Dichos representantes serán nombrados por los titulares de los organismos correspondientes, ante el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y elaborarán de común acuerdo un Reglamento Interno que regule el funcionamiento de la Oficina Conjunta. Este Reglamento será puesto en vigencia en un plazo de 30 días subsiguientes a la fecha de creación de la Oficina Conjunta.

Art. 12.—La Oficina Conjunta deberá ser creada dentro del plazo de 12 meses subsiguientes a la fecha de vigencia del presente Reglamento y su sede estará adscrita al MSPAS, quien facilitará la infraestructura administrativa ne-

cesaria y el personal técnico y de apoyo que el Comité Ejecutivo de la Oficina Conjunta estime conveniente.

Art. 13.—Cuando el estado de la calidad del agua afecte o pueda afectar la salud pública o aspectos relativos al saneamiento, incluyendo vertidos industriales, cloacales descargas urbanas y demás, será el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio de su dependencia ejecutiva correspondiente, quien se encargará de velar por el cumplimiento de las normas de calidad fijadas para cada caso.

Art. 14.—El Ministerio de Agricultura y Ganadería en cumplimiento del Artículo 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, dictará las medidas necesarias para:

- a.—Impedir que se contaminen las aguas;
- b.—Impedir que el uso de aguas reduzca la fertilidad de los suelos, y
- c.—Proteger la fauna y flora acuática.

Art. 15.—Cuando se trate de vertidos que puedan perturbar el equilibrio físico, químico, biológico y ecológico de las aguas, será el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por medio de su dependencia ejecutiva, quien se encargará de velar por el cumplimiento de las normas de calidad fijadas para cada caso.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el Artículo 11, el MAG y el MSPAS podrán actuar en forma conjunta cuando lo requiera uno de estos Ministerios.

Art. 16.—Cuando se trate de descargas de aguas negras o vertidos industriales, el MSPAS deberá establecer sistemas de vigilancia y control para que se cumplan las condiciones fijadas en cada caso. El MAG, por su parte, establecerá sus propios mecanismos de vigilancia y control dentro de su competencia. Ambos Ministerios podrán presentarse mutua colaboración técnica cuando sea requerida.

Art. 17.—Cuando se trate de vertidos que descargan al sistema de alcantarillado sanitario, sistema de conducción de aguas residuales, obras de tratamiento y disposición final de las mismas, de propiedad de ANDA, será esta Institución la que aplicará sus propias normas y regulaciones para asegurar la protección y buen funcionamiento de dichas obras.

ANDA establecerá las condiciones que deben cumplir las aguas residuales domésticas o industriales, previo a la autorización del vertido en las obras sanitarias anteriormente mencionadas.

Art. 18.—Tanto el MAG como el MSPAS y ANDA deberán notificar a las alcaldías correspondientes las decisiones que se tomen sobre el control de la contaminación de las aguas que se ubiquen dentro de sus respectivas jurisdicciones. Dicha notificación se hará por medio de esquila que contenga un extracto de la solicitud y resolución correspondiente a fin de que se controle y vigile su cumplimiento, y denuncie las infracciones ante la Autoridad Competente.

## TITULO III

### Autorización de Vertidos

Art. 19.—Ninguna descarga de residuos sólidos, líquidos o gaseosos a los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento podrá ser efectuada sin la previa autorización de la Autoridad Competente.

Art. 20.—La autorización a que se refiere el artículo anterior, se solicitará por los interesados a la Autoridad Competente en papel sellado del valor correspondiente según modelo que se proporcionará. La solicitud deberá contener:

1. Nombre, profesión y oficio; domicilio y nacionalidad de solicitante; y si se tratare de personas jurídicas, deberá comparecer su representante legal, quien además de acreditar su personería deberá acreditar la de la empresa que representa;
2. Nombre del medio acuático y localización cartográfica del punto en que se pretenda efectuar o se está efectuando el vertido; anexando plano o croquis de su ubicación;
3. La información sobre caudales y volúmenes del vertido, periodos estimados de descarga y duración de los mismos.
4. Características del vertido que se está efectuando o se pretende efectuar, adjuntando plano a escala que detalle la forma cómo se realiza o se realizará dicho vertido;
5. Descripción de:
  - a.—Las obras físicas de depuración que se pretenden construir o se hayan construido;
  - b.—El tratamiento al que se propone someter el vertido o que ya se está tratando;
6. Análisis físico-químico y biológico de los componentes de vertido en el sitio y las condiciones que indique la Autoridad competente en los casos donde se esté efectuando la descarga.

En los casos en que no se esté efectuando, se deberá adjuntar un análisis comparativo según otras industrias similares, a reserva de que posteriormente presente el análisis de su propio vertido.

Art. 21.—A las solicitudes que reúnan los requisitos señalados se les abrirá un expediente y serán registradas en libros especiales en los que se anotará: el número del expediente, el nombre del solicitante, y la fecha y hora de presentación. Caso contrario se prevendrá a los interesados para que las corrijan o complementen.

Art. 22.—La Oficina Conjunta llevará un Registro Central de las solicitudes presentadas a la Autoridad Competente y deberá contener:

- a.—Nombre del solicitante;
- b.—Fecha de recepción de la solicitud;
- c.—Número del expediente; y
- d.—Clase de resolución que se ha proveído.

Art. 23.—Las solicitudes de autorización de descarga deberán ser analizadas técnicamente, compatibilizándolas con los objetivos de calidad establecidos, la Autoridad Competente analizará las posibilidades en que tal uso sea compatible y no afecte las diferentes utilidades del medio receptor.

Art. 24.—Recibida y registrada la solicitud, se practicará la inspección de las instalaciones y el lugar del vertido, y se tomarán las muestras necesarias para los análisis correspondientes.

Si durante la inspección se detectaren anomalías que impidan la verificación pericial de los inspectores, o si fuere necesaria una ampliación de la información que se tiene, se notificarán estas circunstancias al interesado, para que las corrija o amplie, en su caso, dentro del plazo que se le señale.

Art. 25.—Verificada la inspección, realizados los análisis de laboratorio y emitido el dictamen técnico por las AEE correspondientes, estas deberán emitir una resolución previa consulta con la Oficina Conjunta, en la cual las AEE condicionarán, autorizarán provisionalmente o denegarán el vertido.

Art. 26.—Si la resolución determina que el vertido solicitado es aceptable, mediante determinadas condiciones, la Autoridad Competente por medio de la Oficina Conjunta, las comunicará al solicitante para la aceptación o rechazo de las condiciones impuestas.

Si tales condiciones fueren aceptadas por el solicitante, éste las deberá cumplir dentro del plazo que se le fije, para que se le autorice provisionalmente el vertido. Si no las acepta, se estará a lo dispuesto en los Arts. 10 inciso 2º de este Reglamento.

Art. 27.—Si la resolución fuere favorable o condicionada, se autorizará provisionalmente el vertido. Dicha autorización se convertirá en definitiva tres años después, contados a partir de la fecha de la autorización provisional, previa comprobación del cumplimiento de las condiciones fijadas por la Autoridad Competente.

Art. 28.—Si en la resolución se determinare que el vertido solicitado es incompatible con los objetivos de calidad o con los restantes usos del medio receptor, la Autoridad Competente denegará la solicitud y la notificará al interesado, por medio de la Oficina Conjunta.

Art. 29.—La Autoridad Competente deberá emitir resolución a más tardar dentro de 30 días hábiles después de presentada la solicitud. Si el interesado no estuviere de acuerdo con la resolución emitida podrá recurrir en la forma que establece la Ley de Riego y Avenamiento.

Art. 30.—Las autorizaciones de los vertidos obligan al usuario a sujetarse a las normas prescritas, bajo pena de declarar revocada la autorización por daño previsible. Asimismo, está obligado a dar aviso por escrito a la Autoridad Competente dentro de un plazo de treinta días antes de:

- a.—No continuar efectuando el vertido;
- b.—Modificar el proceso productivo que pueda repercutir en alteración del vertido; y
- c.—Modificar el proceso depurativo.

En el caso de los literales "b" y "c" anteriores, el responsable de la descarga está obligado a proporcionar a la Autoridad Competente, en el plazo que se le fije, toda la información necesaria para detallar las variaciones y repercusiones de la alteración o modificación, según el caso todo bajo pena de revocar la autorización respectiva.

Art. 31.—Las autorizaciones de vertidos tendrán vigencia por el plazo que se especifique en la resolución correspondiente.

Art. 32.—La Autoridad Competente notificará sus resoluciones a la Oficina Conjunta para su inscripción en los registros correspondientes, dentro de los quince días siguientes a la fecha de aprobación.

Art. 33.—En aquellos casos en los que un solo usuario sea responsable de dos o más descargas, la Autoridad Competente llevará sólo un expediente en el que constará en detalle todo lo relativo a cada vertido.

Art. 34.—Las autorizaciones de vertidos amparan a su titular frente a terceros.

#### TITULO IV

##### NORMAS SOBRE DEPURACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS

Art. 35.—Solamente se podrán efectuar descargas de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, cuando de conformidad a los objetivos de calidad no se perjudiquen las condiciones físico-químicas y biológicas del medio acuático receptor.

Art. 36.—Cuando las condiciones impuestas en una autorización de vertido impliquen la operación de un sistema de tratamiento, el usuario estará obligado a controlar los efluentes en la forma que establezca la Autoridad Competente y a conservar esta información en un registro que podrá ser inspeccionado por la misma, cuando así lo requiera. La Autoridad Competente podrá realizar también los análisis que sean necesarios.

Art. 37.—Los procesos de depuración o tratamiento a que estarán sujetos los vertidos en general, deberán ser los técnicamente necesarios para lograr los objetivos de calidad, tal como se establece en el Art. 5.

Art. 38.—Para la determinación del tratamiento a que se deberá someter un vertido, se fijarán las condiciones particulares para cada descarga. Estas condiciones se fundamentarán en los niveles de calidad que se establecerán en la forma prevista en el Art. 6 de este Reglamento.

Art. 39.—Los responsables de las descargas de aguas residuales industriales que a la fecha de vigencia del presente Reglamento se encuentren efectuando el vertido, deberán presentar dentro del plazo de seis meses su solicitud a la Autoridad competente para obtener la autorización de vertido.

Art. 40.—Los métodos de muestreo y análisis de laboratorio para comprobar que los responsables de las descargas se ajustaran a las normas a que se refiere el Art. 38 de este Reglamento según los métodos estándares universales, adoptados oficialmente por los laboratorios nacionales de país.

Art. 41.—Se podrán combinar los vertidos de varios usuarios y realizar una depuración única. En este caso, la autorización de vertido se otorgará en forma conjunta a favor de la Asociación constituida o al grupo de usuarios que se unan al efecto.

Art. 42.—La Autoridad Competente promoverá la constitución de empresas depuradoras para que se encarguen de la depuración de vertidos procedentes de terceros previo contrato con los mismos en que se especifiquen las condiciones del trabajo a realizar.

En caso que un usuario, autorizado o no, contrate a una empresa depuradora de vertidos, esta última será responsable ante la Autoridad Competente de las condiciones en que se verifica la depuración.

Art. 43.—Si se comprobare que la depuración a que se ha sometido determinado vertido no satisface los niveles de calidad que se pretenden lograr, la Autoridad Competente podrá ordenar al usuario autorizado, a ejecutar el tratamiento complementario que sea necesario para el al-

cance de los niveles fijados. En tal caso, la Autoridad Competente fijará las condiciones al usuario que en deberá cumplirlas en el plazo señalado, bajo pena que se le revoque la autorización.

#### TITULO V

##### NORMAS SOBRE PROTECCION

##### CAPITULO I

##### De las Zonas de Protección contra la Contaminación

Art. 44.—La Oficina Conjunta en coordinación con el MAG, MSPAS y ANDA podrá efectuar los estudios necesarios y elaborar las normas pertinentes a fin de establecer las zonas de protección contra la contaminación en aquellos lugares donde se haya determinado técnicamente que el recurso agua debe ser preservado, en su calidad y cantidad. Tales zonas de protección deberán ser establecidas de conformidad a la Ley Forestal.

Art. 45.—La Autoridad Competente no autorizará ningún uso de aguas cuando ésta signifique incompatibilidad con los fines que persigue determinada zona protectora.

Asimismo, los usuarios autorizados están obligados a ejecutar las obras o trabajos de protección de los recursos hídricos, según se les determine en la autorización respectiva.

Art. 46.—De conformidad a las disposiciones contenidas en la Ley Forestal, Decretos y demás reglamentos sobre la materia, se consideran como zonas críticas protectoras del recurso agua, las siguientes:

- a.—Las partes altas de las cuencas hidrográficas delimitadas al efecto;
- b.—Las zonas adyacentes hasta una distancia de cincuenta metros de los medios soportes de ríos, lagos y lagunas; y
- c.—El medio soporte de las aguas subterráneas.

Art. 47.—En las zonas situadas a menos de trescientos metros de una fuente natural de agua, no podrá hacerse uso de substancias contaminantes de ninguna naturaleza, de acuerdo con las leyes y reglamentos de la materia.

Art. 48.—Corresponde a la Oficina Conjunta coordinar con el MAG, MSPAS y ANDA la realización de los estudios necesarios en las zonas de protección, así como de sus medios soportes y de las obras de tratamiento.

Art. 49.—Las empresas comerciales o industriales por establecerse que deseen funcionar dentro de una zona declarada de protección, se sujetarán a las indicaciones y disposiciones que fije la Autoridad Competente, a fin de que la explotación de la empresa no interfiere en los usos públicos de la zona y no se perjudiquen los medios soportes o se ponga en peligro la estabilidad de las márgenes, las obras construidas en los mismos y el normal desarrollo de los usos establecidos.

Art. 50.—Las zonas de veda para siembra y cultivo de algodón cerca de los cuerpos de agua, se consideran zonas de protección para los fines de este Reglamento.

Art. 51.—Las disposiciones contenidas en la legislación forestal vigente serán aplicables a estas zonas de protección en lo que sea compatible con el recurso agua.

Art. 52.—Las zonas protectoras del suelo gozan de protección especial por parte del Estado, quien deberá tomar medidas eficaces de administración y preservación de los recursos suelo y agua.

Art. 53.—Dentro de los límites de las zonas de protección de los recursos hídricos, queda sujeta su autorización a lo establecido en el presente Reglamento, la construcción de viviendas, edificios, desagües, cisternas, tanques sépticos, fosas, resumideros, agunas de estabilización y redes de alcantarillado, así como de depósitos de basura que puedan poner en peligro el acuífero respectivo o que pueda ser arrastrada por las aguas.

## CAPITULO II

### NORMAS GENERALES

Art. 54.—Nadie podrá variar el régimen, la naturaleza o la calidad de las aguas, ni alterar los cauces, ni el uso público de los medios soportes, salvo en los casos siguientes:

- a.—Para regular los caudales;
- b.—Para hacerlas utilizables; y
- c.—En los casos específicos que determine el Organismo Ejecutivo, y mediante dictamen favorable de la Autoridad Competente.

Art. 55.—Todo establecimiento comercial o industrial que se encuentre ubicado en la zona adyacente al medio acuático, está obligado a mantener en perfecto estado de higiene dicha zona, estando absolutamente prohibido que arrojen en ella aceites, desperdicios, restos de cualquier material putrescente y no degradable.

Art. 56.—Queda estrictamente prohibido el tratamiento de la vegetación con pesticidas o con cualquier otro producto químico o bioquímico capaz de dañar el medio acuático dentro de los límites de la zona de protección.

Art. 57.—Pueden utilizarse para fines de recreación las aguas cuyo uso no interfiera con otros usos prioritarios, o con los objetivos de calidad.

Art. 58.—En ningún caso los usos comunes del agua deberán dañar las zonas de protección o sus medios soportes, ni detener, demorar, acelerar o desviar el curso, captación o afloramiento de las aguas.

## TITULO VI

### De las Aguas Negras o Aguas Residuales Domésticas

Art. 59.—El control de la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos estará sujeto a las disposiciones de la legislación vigente sobre los usos de abastecimiento de agua potable, domésticos, comerciales e industriales, en aquellos núcleos de población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrado por ANDA y organismos afines.

Art. 60.—Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, deberán tomar las medidas necesarias para disminuir los riesgos de deterioro de la red o del cuerpo de agua en la que se descargue.

La Autoridad Competente establecerá los tratamientos a que se deberán someter las aguas negras provenientes de las redes de alcantarillado sanitario con vistas a lograr determinados niveles de calidad.

Art. 61.—Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, están obligadas a sujetarse a las normas sobre control de vertidos a sistemas de alcantarillado sanitario que dicten ANDA y MSPAS.

Art. 62.—En los núcleos poblacionales en que el alcantarillado sanitario no sea administrado por ANDA, el monto de las tarifas por depuración deberá ser el mismo que establezca ANDA para sistemas similares.

En todos los casos y lugares, el importe total por ese concepto será destinado por ANDA única y exclusivamente a obras o tratamientos del lugar que comprenda.

Art. 63.—Para establecer las tarifas a que se refieren los artículos anteriores, ANDA se basará en los volúmenes y cargas contaminantes a tratar y de conformidad con su Ley de Creación.

Art. 64.—Todas las entidades encargadas de la explotación de una red de alcantarillado, están en la obligación de acatar las normas técnicas y aplicar las tarifas que establezca ANDA, para el vertido de aguas residuales, industriales y domésticas, en redes de alcantarillado sanitario.

Art. 65.—ANDA deberá elaborar los planes o estudio de tratamiento de las aguas residuales, industriales o domésticas que provengan de redes de alcantarillado sanitario y las someterá, para su aprobación al MSPAS, quien velará por el cumplimiento de las normas establecidas por este Reglamento.

Cuando se trate de alcantarillados sanitarios no administrados por ANDA, el encargado de su explotación deberá seguir el mismo procedimiento.

Art. 66.—Cuando ANDA lo considere necesario podrá celebrar los contratos respectivos a fin de que empresas depuradoras de vertidos sean autorizadas para administrar plantas de tratamiento bajo su administración o dominio de conformidad a su Ley de Creación.

## TITULO VII

### De las Aguas Litorales y Marítimas

Art. 67.—La Autoridad Competente autorizará los vertidos de aguas residuales o residuos sólidos que se pretendan efectuar en el mar territorial bajo los términos del TITULO III de este Reglamento y los que ya estuvieren vertiéndose, tendrán que someterse a las normas aquí establecidas.

Art. 68.—La Autoridad Competente deberá emitir opinión sobre la conveniencia cuando se trate de desarrollar explotaciones de hidrocarburos o minerales en el mar territorial, en lo referente a la contaminación de las aguas.

Art. 69.—La Autoridad Competente deberá exigir que las descargas de residuos cloacales que se arrojen cerca de la costa no representen peligro de contaminación de las aguas marítimas, para lo cual deberá realizar o verificar estudios y establecer la distancia en que deberán ser depositados, previa su depuración.

Art. 70.—Toda industria o establecimiento comercial o turístico, cuyas descargas sean depositadas directamente en las aguas marítimas en zonas contiguas o adyacentes a la costa, o a una

zona de protección, deberá cumplir con las normas de calidad que dicte la Autoridad Competente.

Art. 71. En los proyectos que ANDA desarrolle referentes al tratamiento de aguas residuales, antes de ser arrojadas a las aguas del mar, ANDA deberá someterse a las disposiciones de la autoridad competente.

Art. 72. Quedan prohibidas las actividades que pongan en peligro de contaminación las zonas marítimas ecológicamente sensibles, tales como estuarios, esteros, bahías, manglares u otras análogas.

Art. 73. Quienes se dediquen a las actividades pesqueras deberán sujetarse a las normas de protección de los recursos marítimos que establece este Reglamento y las contenidas en la Ley General de Actividades Pesqueras.

## TITULO VIII

### Sancciones y Procedimientos

Art. 74. Las infracciones a lo dispuesto por este Reglamento se castigarán de conformidad al Capítulo IX de la Ley de Riego y Avenamiento.

Art. 75. A efecto de dar cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 100 de la Ley de Riego y Avenamiento las infracciones al presente Reglamento se califican en dos categorías: graves y menos graves.

Art. 76. Son infracciones graves:

- a.—Vertir aguas inficionadas;
- b.—Vertir residuos cloacales y aguas servidas de cualquier clase, que contravengan lo establecido en este Reglamento.
- c.—Entorpecer o encubrir por cualquier medio el cumplimiento de los niveles de calidad del agua que fija este Reglamento;
- d.—Efectuar descargas sin autorización de la Autoridad Competente; y
- e.—Usar medios fraudulentos para obtener autorización de vertidos.

Art. 77. Son infracciones menos graves:

- a.—No llevar el libro de control de la operación del sistema de tratamiento;
- b.—No permitir el acceso de los delegados, empleados o inspectores de la Autoridad Competente en los inmuebles de propiedad privada para el cumplimiento de sus labores;
- c.—El cumplimiento parcial de las condiciones fijadas en la autorización del vertido; y
- d.—Cualquier otra infracción al presente Reglamento no considerada en los literales anteriores.

Art. 78. Por las infracciones graves se impondrán multas desde los mil hasta tres mil colones; y por las menos graves, multas desde cincuenta hasta dos mil colones.

Art. 79. Para imponer y hacer efectivas las sanciones a que se refiere el presente título se procederá de conformidad a lo establecido en el Artículo 9 de este Reglamento.

## TITULO IX

### De la Protección de las Obras Sanitarias

#### CAPITULO I

##### Límites Permisibles

Art. 80. No serán vertidos a la red pública de alcantarillado de aguas negras, aguas que perjudiquen las tuberías y/o alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas, separadamente o en conjunto, de las aguas receptoras de los efluentes del alcantarillado o sean cloacas para las instalaciones de tratamiento de aguas negras.

Art. 81. No serán vertidos a la red de Alcantarillados de aguas negras, ni a algún sistema de alcantarillado, aguas que contengan en exceso a los límites siguientes:

1.—Sustancias tóxicas y venenosas:

a.—Cobre (Cu)	0.20 mg/l
b.—Cromo (Cr)	0.05 mg/l
c.—Niquel (Ni)	0.80 mg/l
d.—Zinc (Zn)	5.00 mg/l
d.—Arsénico (As)	0.05 mg/l
f.—Cianuro	0.10 mg/l
g.—Fenoles	0.005 mg/l

2.—Sustancias explosivas

3.—Agentes bactericidas, fungicidas e insecticidas

entre 0.10 a 10 mg/l

4.—Aceites y grasas

20 mg/l

5.—Materiales radio-activos

entre 2 a 10% pc/l

6.—Otros que se establezcan para casos especiales.

Art. 82. El contenido de sólidos de las aguas residuales industriales que reciban los alcantarillados deberán tener las siguientes características:

- 1.—Sólidos totales inferior a 1000 mg/l; y
- 2.—Sólidos en suspensión inferior a 500 mg/l

Art. 83. El pH de las aguas residuales industriales no deberán ser inferior a 5 ni superior a 9.0

Art. 84.—La temperatura de las aguas residuales industriales no deberá ser superior a 5°C de la temperatura media de la localidad y nunca mayor de 35°C.

Art. 85.—No serán permitidas descargas momentáneas de grandes volúmenes de aguas residuales industriales de alta concentración que altere las características físicas, químicas o bacteriológicas de las aguas receptoras de los alcantarillados, debiendo en estos casos hacer los vertidos con volumen unforme durante el período de funcionamiento de la industria.

En casos especiales, de acuerdo con ANDA, se podrán hacer vertidos de aguas residuales industriales en un período menor o mayor.

Art. 86.—Cuando las aguas residuales industriales sean vertidas a la red de alcantarillado de aguas negras y perjudiquen la red y/o alteren

las características físicas, químicas o bacteriológicas separadamente o en conjunto con las aguas receptoras de los efluentes del alcantarillado, o sean nocivas para las instalaciones de tratamiento de aguas negras, las aguas residuales industriales deberán ser sometidas a un tratamiento previo correctivo.

Art. 87.—Los tratamientos previos correctivos a que se someterán los efluentes industriales serán determinados de acuerdo con el tipo de industria, pudiendo incluir los siguientes procesos:

- 1—rejillas;
- 2—neutralización;
- 3—remoción de aceites;
- 4—remoción de sólidos sedimentables y flotantes;
- 5—precipitación química; y
- 6—otros que se consideren necesarios.

## CAPITULO II

### INDUSTRIAS LOCALIZADAS EN AREAS CON RED PUBLICA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO

Art. 88.—Los propietarios de las industrias que viertan sus aguas residuales a los alcantarillados serán responsables de los deterioros ocasionados a sistema de conformidad a lo establecido en el presente Reglamento.

Art. 89.—Cuando las características de las aguas residuales industriales no satisfagan las normas de este Reglamento deberá ser hecho un tratamiento previo correctivo antes de efectuar el vertido al alcantarillado de la red pública.

## CAPITULO III

### Industrias localizadas en áreas sin red pública de alcantarillado

Art. 90.—No serán vertidas las aguas residuales industriales en condiciones que alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas, separadamente o en conjunto de las aguas receptoras de acuerdo con los reglamentos emitidos por los Ministerios de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social de Agricultura y Ganadería y de Salud Pública y Asistencia Social.

Art. 91.—Cuando las aguas residuales industriales alteren las características de las aguas receptoras, deberán ser sometidas previamente a un tratamiento preliminar, primario o secundario a fin de que satisfaga las normas de este Reglamento y los emitidos por los Ministerios de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, de Agricultura y Ganadería y de Salud Pública y Asistencia Social.

## CAPITULO IV

### Instalaciones Industriales

Art. 92.—Dentro del plazo de tres meses de vigencia de este Reglamento ANDA establecerá el Registro de Industrias para fines de control de los vertidos de aguas residuales industriales.

Art. 93.—Toda industria nueva o existente deberá, dentro de un plazo de seis meses de la vigencia de este Reglamento, proporcionar la información necesaria que permita evaluar su aporte de aguas residuales industriales al alcantarillado en lo referente a cantidad, calidad, sólidos en suspensión, pH, temperatura y presencia de sustancias nocivas, debiendo cumplir con los límites establecidos en los artículos del 80 al 87 de este Reglamento.

Art. 94.—Los proyectos de tratamiento de aguas residuales industriales deberán incluir:

- a.—Estimación de consumo de aguas, volumen de aguas residuales, número total de empleados y cantidades de materia prima a ser utilizadas;
- b.—Descripción de las condiciones locales, mostrando las condiciones del vertido del efluente al alcantarillado de aguas negras o a algún cuerpo de agua superficial o subterránea, para dar un criterio respecto al grado de tratamiento necesario; y
- c.—Justificación de grado de tratamiento adoptado cuando sea necesario.

Art. 95.—El proyecto de las instalaciones destinadas al tratamiento de las aguas residuales industriales deberá ser presentado para su aprobación a ANDA, en tres copias, firmado por un profesional responsable y contendrá:

- a.—Memoria descriptiva y justificación;
- b.—Plano de ubicación de las instalaciones de tratamiento, indicando claramente el punto de vertido que se haga en la red pública o curso de agua;

- c.—Plantas y perfiles generales, detallando las diversas unidades de sus equipamientos;
- d.—Previsión de área para ampliación futura de las instalaciones de tratamiento, de acuerdo con el programa de expansión de la industria; y
- e.—Planos que, deberán ser presentados de acuerdo con las disposiciones emitidas por ANDA al respecto.

Art. 96.—En las instalaciones hidráulicas-sanitarias, deberán ser proyectados y construidos independientemente los alcantarillados para: aguas negras, aguas residuales industriales y aguas lluvias admitiéndose la combinación de los alcantarillados de aguas negras, y aguas residuales industriales fuera de las instalaciones industriales.

Art. 97.—En los establecimientos industriales localizados dentro de las zonas servidas por la red pública de alcantarillado de aguas negras deberá presentarse un tratamiento previo siempre que las aguas residuales industriales sean nocivas a los alcantarillados o a las instalaciones de tratamiento público de acuerdo con lo normado por este Reglamento en los siguientes casos:

- a.—Temperaturas muy elevadas de las aguas residuales industriales que puedan dañar las canalizaciones o las instalaciones de tratamiento público;
- b.—Aguas residuales industriales que contengan materias capaces de sedimentarse o de provocar sedimentaciones;
- c.—Aguas residuales industriales que contengan ácidos capaces de provocar corrosión en las canalizaciones;
- d.—Aguas residuales industriales muy alcalinas que puedan causar corrosión e incrustaciones;
- e.—Aguas residuales industriales que contengan sustancias adversas a los procesos de tratamiento de las aguas negras o a la utilización de los lodos resultantes;
- f.—Aguas residuales industriales que contengan residuos de gasolina o querosina; y
- g.—Aguas residuales industriales con exceso de aceites, gorduras y sustancias grasas.

Art. 98.—En los establecimientos industriales localizados fuera de las zonas servidas por la red pública de alcantarillado, deberá efectuarse un tratamiento previo con el fin de dar cumplimiento a este Reglamento y a las leyes o reglamentos sobre polución emitidos por los Ministerios de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, de Agricultura y Ganadería y de Salud Pública y Asistencia Social.

Art. 99.—ANDA dará permiso de funcionamiento de las obras que se construyan para tratamiento de las aguas residuales industriales de acuerdo con la aprobación previa concedida.

Art. 100.—La operación y mantenimiento de las instalaciones de los sistemas de tratamientos de aguas residuales industriales será responsabilidad de los propietarios de los establecimientos industriales.

## CAPITULO V

### *Disposiciones Generales*

Art. 101.—ANDA establecerá dentro del plazo de tres meses de la fecha de vigencia de este Reglamento la Oficina de Control de Registro de Vertidos Industriales, la cual deberá estar funcionando con los recursos técnicos de equipo y de personal especializado necesario que permita controlar las industrias en el cumplimiento de este Reglamento, y asimismo, establecer las violaciones y las sanciones respectivas.

## CAPITULO VI

### *Disposiciones Transitorias*

Art. 102.—Con el fin de que los establecimientos industriales existentes sometan a aprobación de ANDA el sistema de disposición de sus aguas residuales industriales, se establece el plazo de un año, contado a partir de la fecha de vigencia de este Reglamento.

## TITULO X

### *Disposiciones Generales*

Art. 103.—Las unidades de medición, para efectos de este Reglamento son las del Sistema Internacional de Medidas:

- a.—Como unidad de volumen será el metro cúbico o el litro.



b.—Como unidad de caudal será el metro cúbico por segundo o el litro por segundo.

c.—Como unidad de concentraciones serán los miligramos por litro y los miliequivalentes por litro.

Art. 104.—Los delegados, empleados e inspectores de la Autoridad Competente están facultados a constituirse en los inmuebles de propiedad privada cuando ello sea necesario, para el debido cumplimiento de las labores debiendo para ello, acreditar su calidad de tales y guardando el debido respeto a los bienes e instalaciones del inmueble de que se trate.

Por su parte, los propietarios quedan obligados a permitir el ingreso de tales personas a los inmuebles de su propiedad pudiendo denunciar ante la Autoridad Competente cualquier abuso por parte de sus funcionarios o empleados.

Art. 105.—La Oficina Conjunta llevará un registro de las empresas o sociedades de cualquier tipo que se dediquen a efectuar comercialmente tratamientos o depuraciones de aguas residuales. La Autoridad Competente calificará a las empresas o sociedades legalmente constituidas que estén técnicamente aptas para ser inscritas en el registro anterior.

Art. 106.—Asimismo, ANDA y la Oficina Conjunta llevarán un registro correspondiente a los nombres y firmas de los profesionales autorizados para el diseño de plantas de tratamiento o de las obras de depuración de que trata este Reglamento. La Autoridad Competente establecerá los requisitos que deben cumplir, previo a su inscripción en este registro.

Art. 107.—En todo lo que no esté previsto en el presente Reglamento se aplicarán las disposiciones contenidas en las leyes vigentes sobre calidad o contaminación de aguas y, en su defecto, la legislación común.

Art. 108.—Para los efectos de este Reglamento y de acuerdo con su Art. 2, se adoptan las definiciones contenidas en el glosario siguiente:

#### GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

- 1.—**CUERPOS DE AGUA:** Masa de agua estática o en movimiento tales como ríos, lagos, lagunas, fuentes, acuíferos, mares, embalses.
- 2.—**DEPURACION:** Modificación de la naturaleza contaminante de un vertido.

3.—**OBJETIVOS DE CALIDAD:** Metas que se desean alcanzar o mantener en la calidad de los cuerpos de agua.

4.—**DESCARGA O VERTIDO:** Efluente que proviene de un establecimiento doméstico, industrial, comercial, agrícola o de una red de alcantarillado.

5.—**ZONA DE PROTECCION:** Delimitación geográfica sometida a un régimen especial de protección.

6.—**INFICIONAR:** Hechar a perder, contaminar las aguas.

7.—**INDUSTRIA:** Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para obtener, transformar, perfeccionar o transportar uno o varios productos naturales o sometidos ya a otro proceso industrial preparatorio.

8. **AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES:** Son aquellos desechos líquidos resultantes de cualquier proceso industrial pudiendo contener, residuos orgánicos, minerales, y tóxicos.

9. **AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS O AGUAS NEGRAS:** Es la combinación de los líquidos y residuos, arrastrados por el agua procedentes de casas, edificios comerciales, fábricas e instalaciones, resultante del uso humano del agua.

10. **AGUAS LLUVIAS:** Son aquellas resultantes como consecuencia del ciclo hidrológico que se producen por el fenómeno de la evaporación y transpiración en la atmósfera pasando del estado gaseoso al estado líquido y precipitándose en forma de lluvia a la superficie terrestre, de donde vuelve a evaporarse y transpirarse, para continuar el ciclo.

11. **ALCANTARILLADO:** Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales. Tal conjunto o sistema comprende las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita, los colectores maestros y de descarga, las plantas de tratamiento, el suelo en el cual se encuentran ubicados las obras, las instalaciones y servicios arriba indicados y las servidumbres necesarias.

12. **POLUCION:** Es la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que puedan constituir un perjuicio a la salud, a la seguridad y al bienestar de la población que ponga en peligro o altere la fauna ictiológica, los usos agrícolas, comerciales industriales o recreativos del agua.

13. **CONTAMINACION:** Es la polución del agua por bacterias y organismos patógenos o sustancias tóxicas que la hacen o transforman en impropias para el consumo humano, para los usos domésticos, agrícolas e industriales, interfiriendo con los objetivos de calidad.

14. **ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS:** Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas lluvias.

15. **ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS:** Es el conjunto de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales domésticas o aguas negras.

16. **TRATAMIENTOS PRELIMINARES:** Son Aquéllos que se efectúan como preparación de las aguas residuales para un tratamiento o disposición posterior, pudiendo ser;

- (a) rejillas o desintegradores;
- (b) cajas de arena;
- (c) tanque de remoción de aceites y grasas; y
- (d) aereación preliminar.

17. **TRATAMIENTOS PRIMARIOS:** son aquellos que comprenden además de los tratamientos preliminares, los siguientes:

- (a) sedimentación simple (primaria);
- (b) precipitación química y sedimentación completa;
- (c) digestión de lodos;

(d) secado, disposición sobre terreno o incineración de los lodos resultantes;

(e) desinfección; y

(f) filtros gruesos.

18. **TRATAMIENTOS SECUNDARIOS:** Son aquéllos que además de los tratamientos preliminares y primarios incluyen un proceso biológico conveniente y una sedimentación final secundaria, seguida o no de un proceso de desinfección.

19. **TRATAMIENTO TERCARIO O AFINADO:** Son aquéllos que se efectúan para complementar los procesos anteriores, siempre que las condiciones locales exijan eventualmente un grado más elevado de depuración con el fin de mejorar su calidad, apariencia y presentación de los efluentes, pudiendo ser:

- (a) filtros de arena;
- (b) lodos activados;
- (c) lagunas de oxidación; y
- (d) procesos de oxidación total.

Art. 109.—El presente Reglamento entrará en vigencia el día de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los dieciséis días del mes de octubre de mil novecientos ochenta y siete.

RODOLFO ANTONIO CASTILLO CLARAMOUNT,

Vicepresidente de la República, Encargado del Despacho Presidencial.

*Roberto Suárez Suay,*

Secretario Particular y Encargado del Ministerio de la Presidencia.

ANEXO 2

## MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DECRETO N° 30.

EL ORGANISMO EJECUTIVO DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR.

CONSIDERANDO:

- I Que el intensivo crecimiento de los asentamientos humanos en el Area Metropolitana de San Salvador, ha invadido zonas rurales inclusive masas boscosas, trayendo como consecuencia la contaminación ambiental, aumento de escorrentia y erosión de los suelos, disminuyendo la capacidad de infiltración de los mismos.
- II Que el desarrollo desordenado de tales asentamientos, especialmente del Area Metropolitana de San Salvador y sus alrededores, requiere de una acción coordinada del Gobierno Central y local, a fin de lograr una estrecha relación con los Municipios que la rodean y conformar una Región planificada.
- III Que deben planificarse nuevas áreas físicas para el desarrollo de los asentamientos humanos y dictarse las disposiciones legales correspondientes.
- IV Que de conformidad a las facultades que la Ley confiere al Ministerio de Obras Públicas, en lo relativo a los asentamientos humanos para crear y ordenar los desarrollos regionales en todo el territorio.

POR TANTO,

En uso de sus facultades legales  
DECRETA, e' siguiente:

### REGIMEN DE ORDENAMIENTO PARA LA REGION METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

#### Art. 1 OBJETO

El presente Decreto tiene por objeto la creación de la Región Metropolitana de San Salvador, a fin de que el Ministerio de Obras Públicas como organismo rector de los asentamientos humanos, elabore el correspondiente plan regional de ordenamiento físico.

Para efectos de este Decreto, se entenderá por Asentamientos Humanos; las concentraciones de población no importando su tamaño, desarrolladas en un espacio determinado del territorio nacional, y en el cual se desean edificar o se han edificado construcciones para la realización de actividades colectivas o individuales propias del ser humano.

#### Art. 2 PLAN REGIONAL

El Plan de la Región Metropolitana de San Salvador contendrá: Límite de crecimiento locales y del Area Metropolitana de San Salvador, zonas de protección y conservación de suelos, zonas de desarrollo prioritario, así como las zonas restringidas al desarrollo de asentamientos humanos.

#### Art. 3 GESTION DEL PLAN

El Ministerio de Obras Públicas para su gestión deberá contar, en las materias de su competencia, con la colaboración de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Salud Pública y Asistencia

de cualquier otro Ministerio o Institución que sea necesario.

#### Art. 4 REGION METROPOLITANA

Establécese la Región Metropolitana de San Salvador, que comprenderá el Area Metropolitana de San Salvador y los doce Municipios siguientes: Apopa, Colón, Guazapa, Nejapa, Nuevo Cuscatlán, San Juan Opico, Quezaltepeque, San José Guayabal, Santo Tomás, Santiago Texacuangos, San Matías y Tonacatepeque.

La Región Metropolitana de San Salvador se denominará en el presente Decreto "RMSS".

#### Art. 5 AREA METROPOLITANA

Establécese el Area Metropolitana de San Salvador, que comprenderá los once Municipios siguientes: Antiguo Cuscatlán, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, Ilopango, Mejicanos, Nueva San Salvador, San Marcos, San Salvador, San Martín y Soyapango.

El Area Metropolitana de San Salvador, se denominará en el presente Decreto "AMSS".

#### Art. 6 ZONAS DE CONSERVACION Y PROTECCION

Decláranse zonas de conservación y protección las siguientes:

A) Zona del Volcán de San Salvador, la comprendida dentro de los Municipios siguientes: Apopa, Antiguo Cuscatlán, Ayutuxtepeque, Colón, Cuscatancingo, Delgado, Mejicanos, Nejapa, Nueva San Salvador, San Juan Opico, Quezaltepeque y San Salvador, cuyos límites son los siguientes: Partiendo de la intersección del eje de la carretera CA-1 que conduce a Santa Ana con el eje del tramo de la carretera Sitio del Niño-Apopa, en el lugar conocido como desvío al Sitio del Niño, con rumbo Nor-Este sobre el tramo de esta carretera se llega hasta la intersección con el eje de la carretera que conduce a Mariona; de este punto y sobre este eje con rumbo Sur-Este se llega hasta intersectar la Quebrada Barranca Honda; siguiendo este eje se continúa con el eje de la Quebrada Chacahuasta, hasta intersectar con el camino vecinal que de Ayutuxtepeque conduce al Cantón El Zapote; de este punto y con rumbo Sur-Oeste, se llega a la intersección del eje de calle al Volcán con el eje del proyecto de 75ª Avenida Norte; recorriendo el eje de este proyecto y atravesando el límite municipal Mejicanos-San Salvador se llega a intersectar con Calle San Antonio Abad; de este punto y con rumbo Oeste se continúa dicho eje empalmado con 87ª Avenida Norte hasta llegar a la intersección de Avenida Masferrer con Calle Los Cojos; siguiendo el eje de esta calle hasta empalmar con el proyecto Boulevard Merliot; de este punto y sobre el eje de éste se llega a la Quebrada La Mascota; de este punto y recorriendo el cauce de ésta se llega al esquinero Sur-Oeste de la Urbanización Maquillshuat; a partir de este punto se recorre el lindero Sur de dicha urbanización hacia el este hasta llegar al esquinero Nor-Este donde se intersecta con el lindero Nor-Este de la Finca El Espino; de este punto y sobre dicho lindero se llega a la intersección de la Calle Mediterráneo con la carretera CA-1; a partir de este punto y sobre el eje de ésta hacia el Sur-Oeste se llega a intersectar la Quebrada La Lechuga; recorriendo este cauce con rumbo Nor-Oeste se llega a intersectar el Proyecto de la prolongación del Boulevard El Hipódromo; saliendo de este punto sobre este eje y hacia el Oeste se llega a la Avenida Manuel Gallardo; de este punto girando hacia el Norte y sobre este eje se llega al esquinero

al linderio Oriente de terrenos del Fideicomiso Soundy; recorriendo este linderio hacia el Norte se llega a Intersectar la coordenada cuya latitud es 286.150; saliendo de este punto hacia el Oeste se Intersecta la Quebrada Barranca Las Palomas; de esta Intersección y recorriendo este cauce hacia el Sur se continúa hasta llegar a punto que es convergencia del linderio de la Urbanización Europa llegando a un punto donde se Intersecta con la carretera CA-1 de este punto recorriendo el eje de ésta y con rumbo Oeste se llega hasta la Intersección con el tramo de la carretera Sitio del Niño-Apopa punto donde se origina la presente descripción.

B) Zona del Cozaplejo de San Jacinto y Subcuena del Lago de Ilopango, comprendida en los Municipios siguientes: Candelaria, Cojutepeque, Santa Cruz Michlapa, Ilopango, San Emigdio, San Francisco Chinameca, San Martín, San Marcos, San Miguel Tepezontes, San Pedro Perulapán, Santiago Texcuangos, Santo Tomás y Soyapango contenida en la descripción siguiente: Partiendo de la Intersección de los ejes de la Autopista a Comalapa con la Carretera Santo Tomás-San Salvador, en línea recta con rumbo Nor-Oeste y atravesando el límite municipal San Marcos-San Salvador se llega a un punto del eje del proyecto Boulevard Sur, ubicado a 300 mts. al Este del eje de la carretera San Marcos-Santo Tomás; siguiendo dicho eje y con rumbo noreste, se Intersecta el límite municipal San Salvador-Soyapango hasta empalmar con el proyecto paralelo al Boulevard del Ejército; siguiendo sobre dicho proyecto, se Intersecta con la Calle El Marazano; de este punto y con rumbo Suroeste se llega a la Calle Principal de Colonia San Rafael; luego con rumbo Este franco se llega al final Sur-Este del Pasaje N° 7 del Reparto Valle Nuevo; de este punto con rumbo Noreste, se llega hasta un punto ubicado a 300 mts. al Sur del extremo Oeste de la pista del Aeropuerto Internacional de Ilopango; a partir de este punto y manteniendo la misma separación se recorre una paralela a dicha pista hasta Interceptar la Calle a Asino; de aquí en línea recta y con rumbo Noreste, se llega a Interceptar el límite municipal Ilopango-San Martín a 300 mts. de la Carretera Panamericana; manteniendo esta separación con dicha carretera hasta el punto donde ésta se Intercepta con la vía férrea de los Ferrocarriles de El Salvador; a partir de este punto dicha separación de 300 mts., se mantiene para ella a la vía férrea hasta Interceptar el límite departamental San Salvador-Cuscatlán; de este punto, se continúa hacia el Este con dicha paralela a la vía férrea hasta el límite municipal San Pedro Perulapán-Santa Cruz Michlapa; partiendo de este punto y con la misma separación se llega a un punto ubicado a 300 mts. de la Intersección de la vía férrea con la Carretera Panamericana; de este punto dicha paralela se mantiene a la carretera hasta llegar a un punto ubicado a 300 mts. de la Intersección de dicha carretera con la vía férrea; de este punto se mantiene los 300 mts. paralelos a esta vía atravesando el límite municipal Santa Cruz Michlapa-Cojutepeque se llega a Interceptar el Río Los Amates; siguiendo el cauce de este río con rumbo Sur-Oeste se llega a Interceptar el camino vecinal que conduce a Cojutepeque; de este punto con rumbo Sur franco y atravesando los límites municipales Cojutepeque-Candelaria, Candelaria-Santa Cruz Amiquito, y Santa Cruz Amiquito-San Emigdio (límite departamental Cuscatlán-La Paz) hasta Interceptar con la carretera Santa Cruz Amiquito-San Miguel Tepezontes; continuado sobre el eje de ésta y atravesando los municipios de San Emigdio, San Miguel Te-

pezontes, San Juan Tepezontes, San Francisco Chinameca se llega al límite municipal con Santiago Texcuangos. (límite departamental La Paz San Salvador); se continúa sobre el eje de dicha carretera y pasando por los municipios de Santiago Texcuangos, Santo Tomás y San Marcos se llega a Interceptar con la Autopista a Comalapa en las proximidades de San Marcos, punto que dió origen a esta descripción.

#### Art. 7 LIMITES DE CRECIMIENTO DEL AREA METROPOLITANA DE

#### SAN SALVADOR.

Declárase como límites de crecimiento urbano del Area Metropolitana de San Salvador los contenidos en la descripción siguiente:

Partiendo de la Intersección de la Autopista Este-Oeste proyectada con la Carretera CA-1 y sobre este eje con rumbo Oeste se llega a un punto de convergencia con el linderio de la Urbanización Europa, y se continúa en línea curva hasta Interceptar con la Quebrada Barranca Las Palomas; siguiendo sobre el eje de ésta hacia el Norte se Intercepta la coordenada cuya latitud es 286.150; partiendo de este punto con rumbo Este franco se llega al linderio Oriente de terreno del Fideicomiso Soundy; partiendo de este punto con rumbo Sur-Oeste y se Intercepta el linderio Norte de la Urbanización San José; partiendo de este punto y sobre dicho linderio hacia el Este se llega a la prolongación de Avenida Manuel Gallardo; saliendo de este punto hacia el Sur sobre el eje de ésta se Intercepta la prolongación del proyecto del Boulevard El Hipódromo; continuando sobre el eje de éste se llega a Interceptar la Quebrada La Lechuza; continuando sobre el eje de ésta con rumbo Sur-Este se llega a la carretera CA-1; saliendo de este punto sobre el eje de ésta hacia el Este se Intersecta con Calle del Mediterráneo; de este punto se continúa sobre el linderio Nor-Este de la Finca El Espino, hasta Interceptar con el esquinero Sur-Este de la Urbanización Miquilishuat; en este punto se gira con rumbo Norte hasta Interceptar con Quebrada La Mascota; recorriendo el cauce de ésta se llega a la Intersección con proyecto de prolongación del Paseo General Escalón hasta Interceptar con proyecto Boulevard Merlot para luego empalmar con Calle Los Cojos; recorriendo el eje de esta calle se llega a empalmar con el proyecto de Avenida Alberto Masferrer; se continúa hacia el Este hasta conectar el eje del proyecto de 87ª Avenida Norte, se gira hacia el rumbo Nor-Este hasta el eje de la 75ª Avenida Norte con Calle San Antonio Abad, girando hacia el Norte sobre el eje de la 75ª Avenida hasta Interceptar con el límite municipal San Salvador-Mejicanos; partiendo de este punto y siguiendo el eje de la 75ª Avenida, se llega a empalmar con el eje de Calle al Volcán; de este punto se parte con línea recta y con rumbo Nor-Este hasta la Intersección con el camino vecinal que de Ayutuxtepeque conduce al cantón El Zapote pasando por el lugar denominado Plan del Pito; partiendo de este punto y con rumbo Este franco, se llega al límite municipal Mejicanos-Ayutuxtepeque a la altura de la Colonia San Francisco; partiendo del punto anterior y continuando en la misma dirección, se llega al límite municipal Ayutuxtepeque-Mejicanos; desde este punto y continuando en la misma dirección, se llega al límite municipal Mejicanos-Delegado; de este punto continuando en la misma dirección se llega a la Intersección de la carretera CA-4 (Troncal del Norte) con la vía férrea de los Ferrocarriles de El Salvador a la altura del cantón Milingo; de aquí se continúa en línea recta hasta encontrar la esquina Nor-Oeste del límite municipal Delegado-Soyapango; partiendo de este punto, siguiendo dicho límite hasta llegar al punto donde convergen el límite municipal To-

tonacatepeque-Soyapango hasta donde convergen el límite municipal Soyapango-Ilopango; de este punto se recorre el límite municipal Ilopango-Tonacatepeque hasta intersectar con el proyecto de la Autopista San Salvador-San Miguel; de este punto con rumbo Nor-Este se recorre el eje de la Autopista hasta conectar con el límite municipal Tonacatepeque-San Martín; con rumbo Norte sobre este límite, se llega a intersectar con la Calle a Tonacatepeque; de este punto y con rumbo Este se llega al inicio de la Quebrada Los Chorros, siguiendo el eje de la Quebrada y luego con rumbo Norte, se llega hasta la coordenada 292,200; desde aquí con rumbo Este franco se llega en línea recta hasta el límite municipal San Martín-San Bartolomé Perulapúa (límite departamental San Salvador-Cuscatlán); sobre este límite y con rumbo Sur-Este atravesando la carretera Panamericana se intersecta la vía férrea hasta un punto a 300 mts., sobre dicho límite; a partir de este punto se mantiene una paralela a la vía férrea con la misma distancia hasta llegar a un punto paralelo a la intersección de esta con la Carretera Panamericana; a partir del cual y con la misma distancia se continúa paralela a la carretera hasta llegar al límite municipal San Martín-Ilopango; a partir de este punto manteniendo una línea recta con rumbo Sur-Oeste, se llega a un punto donde se intersecta la calle a Asilo con una paralela a 300 mts. de la pista del Aeropuerto Internacional de Ilopango, la cual se recorre hasta un punto ubicado a la misma distancia del extremo Oeste de dicha pista; de este punto y con rumbo Sur-Oeste se llega al final Sur-Este del Pasaje Nº 7 del Reparto Vial Nuevo; a partir de este punto y con rumbo Este franco se intersecta la Calle Principal de Colonia San Rafael; a partir de este punto y hacia el Nor-Este se llega a la intersección de Calle el Matuzano con el proyecto paralelo al Boulevard del Ejército empalmado con el proyecto del Boulevard Sur y sobre este eje el cual atraviesa el límite municipal Soyapango-San Salvador se llega a un punto ubicado a 300 mts., antes de llegar a la carretera San Salvador-San Marcos; partiendo de este punto en línea recta, con rumbo Sur-Este y atravesando el límite municipal San Salvador-San Marcos, se llega a las Bombas de Agua ubicadas al final de la Avenida Norte de la Colonia El Milagro; partiendo de este punto en línea recta y con rumbo Sur-Este se llega a la intersección de la carretera San Salvador-San Marcos con la Autopista a Comalapa; siguiendo el eje de esta autopista hacia el Oeste, se llega a intersectar con el límite municipal San Marcos-San Salvador; siguiendo hacia el Norte y sobre el eje de esta autopista se intersecta con prolongación de Calle Principal de Urbanización Jardines de San Marcos; con giro hacia el Oeste hasta intersectar con calle Granada y Avenida Cádiz de Colonia Bel'o San Juan de donde en línea recta hacia el Nor-Oeste se llega a la unión de la Calle a Colonia Las Lomas y proyecto del Boulevard Sur; siguiendo el eje del proyecto de este Boulevard hacia el Oeste y atravesando el límite municipal San Salvador-Antiguo Cuscatlán se llega a la intersección del Boulevard Sur con proyecto de Calle a Nuevo Cuscatlán, de este punto con rumbo Sur-Este se continúa sobre el eje de este proyecto hasta intersectar con lindero Sur de Urbanización Santa Elena, sobre este lindero siguiendo con rumbo Oeste se llega a un punto ubicado a 200 mts., antes de la Carretera al Puerto La Libertad, de donde se dirige con línea paralela hacia el Sur hasta la altura del kilómetro 12 de esta carretera, de donde se gira con rumbo Nor-Oeste atravesando dicha carretera y con el mismo rumbo se llega a un punto ubicado a 200 mts. al Oeste de la misma; se gira con rumbo Norte sobre línea curva hasta llegar a un punto ubicado a 200 mts. antes de 14ª Calle Oriente, se gira con

rumbo Nor-Oeste hasta llegar a la prolongación de Avenida San Martín donde girando hacia el Norte y recorriendo 200 mts., sobre el eje de esta se llega al eje del proyecto Boulevard Sur, el cual se recorre hacia el Oeste hasta intersectar con 8ª Calle Poniente, a través de la cual y hacia el Oeste se circunda la Colonia Las Delicias hasta llegar a la intersección de la Carretera Panamericana CA-1 con la Autopista Este-Oeste, punto inicial de la presente descripción.

#### Art. 8º ZONA NORTE DE LA REGION

Declárase Zona Norte de Desarrollo Urbano y Rural de la Región Metropolitana de San Salvador la comprendida dentro de los municipios siguientes: Apopa, Quezaltepeque, Guazapa, Nejapa, San José Guayabal y Tonacatepeque; cuyos límites son los siguientes: Tomando como punto de partida la intersección de la Carretera Apopa-Sitio del Niño con el límite municipal Quezaltepeque-San Juan Opico; partiendo de este punto y siguiendo el límite municipal con rumbo Norte se intersecta con el límite municipal Quezaltepeque-San Matías, continuándose sobre dicho límite hasta intersectar el Río Tacachico; de este punto y siguiendo el cauce de este río y con rumbo Sureste, se continúa hasta encontrarse con la Quebrada Agua Tibia, recorriéndose ésta hasta el límite departamental La Libertad-San Salvador, de este punto se continúa con el camino que va al Cantón y Caserío Tutultepeque; de este punto se continúa con el camino que conduce a Guazapa intersectando el límite municipal Nejapa-Guazapa; de este punto se continúa hasta intersectar con la Quebrada Amachilla y siguiendo su cauce se llega hasta empalmar con el Río Guazapa; partiendo de este punto y recorriendo su cauce hacia el rumbo Sureste se intersecta con el límite departamental San Salvador-Cuscatlán; continuándose sobre el mismo cauce se intersecta con el camino que conduce de San José Guayabal al Cantón y Caserío Montepeque hasta llegar al límite municipal San José Guayabal-Suchitoto; siguiendo dicho límite hacia el rumbo Sureste se llega al camino que conduce al Oratorio de Concepción intersectando el límite municipal San José Guayabal-Oratorio de Concepción; siguiendo este límite hasta intersectar el límite departamental Cuscatlán-San Salvador; de este punto con rumbo Oeste franco se llega a la carretera que conduce de San José Guayabal a Tonacatepeque que siguiendo el eje de esta carretera hasta intersectar con el Río Las Chorros, a partir de este punto y sobre su cauce se empalma con el Río Las Casas; siguiendo el cauce de este río con rumbo Noroeste se intersecta con la carretera que conduce de Tonacatepeque a Soyapango; de este punto con rumbo Oeste franco pasando por los municipios de Tonacatepeque, Delgado, Cuscatlaningo, se llega a intersectar la carretera que conduce de Mariona a la de Apopa-Quezaltepeque; siguiendo dicho eje hasta la carretera últimamente mencionada; continuando este eje con rumbo Oeste y pasando el límite departamental San Salvador-La Libertad se llega al límite municipal Quezaltepeque-San Juan Opico punto de inicio de esta descripción.

#### Art. 9º AGUAS DE RESERVA

Mantléncense aguas de reserva de la Región Metropolitana de San Salvador las zonas

siete de julio de mil novecientos ochenta y tres publicado en el Diario Oficial, Tomo 280 de fecha diecinueve de agosto de mil novecientos ochenta y tres.

#### Art. 10 ZONAS RESTRINGIDAS

Se consideran zonas restringidas al desarrollo de asentamientos humanos dentro de la Región Metropolitana de San Salvador las ubicadas fuera de los límites de crecimiento de los planes locales de desarrollo urbano así como las ubicadas fuera de las descritas en los artículos 6, 7 y 8 de este Decreto.

#### Art. 11 REGULACIONES

El Ministerio de Obras Públicas, dictará las normas que permitan la aplicación de este decreto, para el desarrollo y control de los usos del suelo en las zonas descritas.

En las zonas descritas en el artículo 6 de este Decreto se permitirán únicamente aquellos usos agrícolas previamente calificados por el Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Agricultura y Ganadería y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. En este caso cualquier vía de comunicación mayor que se proyecte en dichas zonas, será de carácter restringido y no se permitirá ningún tipo de desarrollo adyacente a la vía.

#### Art. 12 OFICINA CONJUNTA

Para el cumplimiento del artículo 10 de este Decreto, establecerse una Oficina Conjunta, a fin de conocer, conceder o denegar las solicitudes de uso de terrenos comprendidos dentro de las zonas restringidas, la cual estará integrada por: un delegado del Ministerio de Obras Públicas, quien será el coordinador, un delegado de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, un delegado del Ministerio de Agricultura y Ganadería, un delegado del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y un delegado de la Alcaldía Municipal correspondiente.

Los permisos a que se refiere este artículo deberán ser concedidos por lo menos por cuatro votos de sus delegados, quienes deberán ser Arquitectos o Ingenieros Civiles, legalmente autorizados.

#### Art. 13 RECURSO

De la resolución pronunciada por la oficina conjunta se admitirá recurso de revisión, el cual deberá interponerse dentro de los tres días siguientes al de la notificación respectiva, en esta oficina para ante el Ministerio de Obras Públicas, quien para resolver conocerá conjuntamente con el Presidente de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, los Ministros de Salud Pública y Asistencia Social y de Agricultura y Ganadería, así como del Alcalde Municipal correspondiente y el fallo que al respecto pronuncien deberá ser por lo menos de cuatro votos y no admitirá recurso alguno.

#### Art. 14 SANCIONES

La infracción a este Decreto o a los instructivos dictados por el Ministerio de Obras Públicas será sancionada:

a) En lo relativo a fraccionamiento, lotificaciones y urbanizaciones hará incurrir al responsable en una sanción equivalente al cien por ciento del precio de los inmuebles fraccionados establecidos en el instrumento correspondiente y en su defecto al valor catastral de los mismos.

b) En lo relativo a edificaciones dará lugar:

1. A la suspensión de la obra y/o sus servicios de agua, energía eléctrica y comunicaciones si los hubiere, concediéndose un plazo de treinta días a partir de la fecha de suspensión para que el infractor cumpla con los requisitos establecidos por este Decreto; caso de que transcurra este plazo y el infractor no proceda a legalizar su situación, será sancionado con una multa del quince por ciento del valor de la obra, sin perjuicio de procederse a su demolición.

Si dentro del plazo antes estipulado el infractor no procediera a cumplir con los requisitos establecidos por este Decreto, pero no obtuviere la aprobación correspondiente, se procederá a su demolición.

2. Si la obra no fuese legalizable se procederá a su inmediata demolición.

Art. 15 Para la aplicación de las multas, el Ministro de Obras Públicas seguirá el procedimiento Gubernativo establecido en la Ley Única del Régimen Político.

Las resoluciones pronunciadas por el Ministro de Obras Públicas, únicamente admitirán el recurso de revisión para ante el mismo, el cual deberá interponerse dentro de los tres días siguientes a la notificación del fallo.

Interpuesto el recurso de revisión, el Ministro del Interior, señalará día y hora para que el interesado ocurra a alegar sus derechos y compareciendo o no, el Ministro fallará dentro de tercero día sin más trámite ni diligencia.

Art. 16 En los casos de demolición de la obra, ésta será realizada por la Alcaldía Municipal respectiva, o en su defecto por el Ministerio de Obras Públicas y a costa del infractor quedando ésta facultada para repetir lo gastado en la demolición, a través de Juicio Ejecutivo correspondiente.

#### Art. 17 DEROGATORIA

Derógase el Decreto Ejecutivo N° 22, del 7 de febrero de 1974, publicado en el Diario Oficial N° 29, Tomo 242, del 12 de febrero de 1974.

#### Art. 18 VIGENCIA

El presente Decreto entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN OASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los nueve días del mes de agosto de mil novecientos ochenta y ocho.

RODOLFO ANTONIO CASTILLO CLARAMOUNT,  
Vicepresidente de la República, Encargado del Despacho Presidencial.

Luis López Cerón,  
Ministro de Obras Públicas.

ANEXO 3



PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

RIO ACELUATE (Final Urbanizacion El Tikal)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)										PROMEDIO
	12/2/92	27/2/92	13/3/92	9/4/92	14/5/92	16/6/92	10/6/92	30/10/92	13/11/92	14/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	25	24	27	25	35	22	26	25	25	27	26.1
TEMPERATURA AMBIENTE	26	26	29	26	23	23	25	25	27	29	25
COLOR								670	378	343	463.7
CONDUCTIVIDAD	900	900	900	1000	900	800	700	470	740	701	801.1
SOLIDOS SEDIMENTABLES	2.5	1.5	2.5	0.6	2	0.5	1.5	2.8	2	2	1.79
SOLIDOS TOTALES	619	710	694	726	752	580	722	854	692	608	695.4
SOLIDOS TOTALES FIJOS											
SOLIDOS TOTALES VOLATILES											
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	56	132	74	132	102	50	166	745	174	258	188.7
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS											
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES											
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	562	578	620	594	650	530	556	109	518	250	496.7
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS											
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES											
TURBIDEZ	278	359	82.8	293	342	77	350	271	119	67	223.88
OXIGENO DISUELTO									0.5	0.3	0.4
P. H.	7.42	7.4	7.2	7.2	8.15	7.44	7.69	7.1	7.4	8	7.5
CLORUROS	60	62	184		62	54	52	13	25	48	62.8
DBO. TOTAL	40	40	60		58	48	90		21		51
DBD. TOTAL											
CAUDAL											

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

RIO URBINA (Final Urbanizacion El Tikal)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)										PROMEDIO
	12/2/92	27/2/92	13/3/92	9/4/92	14/5/92	10/6/92	10/6/92	30/10/92	13/11/92	14/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	25	26	27	25	24	22	26	25	25	26	24.9
TEMPERATURA AMBIENTE	26	26	29	26	25	23	25	25	28	26	25.9
COLOR								780	147	426	451.0
CONDUCTIVIDAD	900	900	700	1000	800	700	700	380	699	698	745.8
SOLIDOS SEDIMENTABLES	15	5	8	1.5	2	0.5	2	2.3	1.5	4	3.98
SOLIDOS TOTALES	874	752	872	678	714	514	758	20992	502	578	2723.4
SOLIDOS TOTALES FIJOS											
SOLIDOS TOTALES VOLATILES											
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	326	560	342	92	112	48	242	725	50	229	272.8
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS											
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES											
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	548	192	530	586	602	466	516	20267	452	349	2450.8
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS											
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES											
TURBIDIDAD	319	318	294	310	334	85	374	353	29	61	247.3
OXIGENO DISUELTTO									3	0.1	1.55
P. H.	5.8	5.65	6.6	7.16	8.07	7.7	7.46	6.9	7.1	6.7	6.914
CLORUROS	16	57	69		52	40	53	17	27	43	41.6
DBO. TOTAL	460				240	20	210		18		189.6
DBD. TOTAL											
CAUDAL											

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

RIO URRINA-ACELHUATE (Confluencia)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)										PROMEDIO
	12/2/92	27/2/92	13/3/92	9/4/92	14/5/92	10/6/92	10/6/92	30/10/92	13/11/92	14/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	24	24	27	25	25	22	26	25	25	27	25
TEMPERATURA AMBIENTE	26	26	30	27	23	23	25	25	27	26	25.8
COLOR								900	98	235	411.6
CONDUCTIVIDAD	1000	1000	800	1000	900	800	700	400	700	742	804.2
SOLIDOS SEDIMENTABLES	9	4.5	4	1	2	0.5	1.5	2.5	1	1	2.7
SOLIDOS TOTALES	758	744	648	634	716	552	708	18996	476	572	2480.4
SOLIDOS TOTALES FIJOS											
SOLIDOS TOTALES VOLATILES											
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	190	176	76	74	80	60	176	513	38	201	150.4
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS											
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES											
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	568	568	572	560	636	492	532	18996	438	371	2373.3
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS											
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES											
TURBIDIDAD	342	302	359	294	350	77	334	175	29	32	229.4
OXIGENO DISUELTO									1.4	0.7	1.05
P. H.	6.41	6.29	6.84	7.26	8.16	7.43	7.68	7.2	7	7.3	7.2
CLORUROS	14	56	125		59	46	42	17	23	50	48.0
DBO. TOTAL	200	160	10		52	32	70		22		109.2
DBO. TOTAL											
CAUDAL											

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

RIO LAS CASAS (Arenal Popollen)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)										PROMEDIO
	12/2/92	27/2/92	13/3/92	9/4/92	14/5/92	10/6/92	10/6/92	30/10/92	13/11/92	14/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	25	25	29	30	28	27	26	30	29	26	27.5
TEMPERATURA AMBIENTE	28	28	30	28	26	24	27	27	27	27	27.2
COLOR								987	499	600	692.0
CONDUCTIVIDAD	900	1000	800	900	860	800	800	640	760	793	819.3
SOLIDOS SEDIMENTABLES	7.5	5	6.5	4.5	6	6.5	11.2	3.5	4.5	2.5	5.77
SOLIDOS TOTALES	630	1594	1130	744	1522	962	4672	3416	1492	960	1533.2
SOLIDOS TOTALES FIJOS											
SOLIDOS TOTALES VOLATILES											
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	84	974	554	152	944	675	3504	2944	504	564	1096.5
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS											
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES											
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	546	620	576	606	578	287	568	472	972	396	562.7
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS											
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES											
TURBIEDAD	359	350	359	359	375	272	650	236	299	131	339.6
OXIGENO DISUELTO									1.5	0.8	1.15
P. H.	7.46	7.46	7.21	6.55	8	7.03	7.85	7.1	7.2	7.1	7.3
CLORUROS	37	52	196		38	36	43	19		38	57.4
DBO. TOTAL	100	50	80		137	300	135		20		117.4
DBD. TOTAL											
CAUDAL											

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

RTO ACELHUATE (Aguilares)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)										PROMEDIO
	12/2/92	27/2/92	13/3/92	9/4/92	14/5/92	10/6/92	10/6/92	30/10/92	13/11/92	14/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	28	24	30	31	28	27	27	28	27	26	28
TEMPERATURA AMBIENTE	30	29	32	30	28	27	28	29	30	28	29
COLOR								43	430	124	205.7
CONDUCTIVIDAD	1000	900	900	800	800	800	500	400	720	711	753.1
SOLIDOS SEDIMENTABLES	5.5	4.5	6	2	4	1.5	7.5	4	2.5	0.5	3.8
SOLIDOS TOTALES	684	950	1090	768	976	620	2000	2414	874	566	1174.6
SOLIDOS TOTALES FIJOS											
SOLIDOS TOTALES VOLATILES											
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	112	326	496	112	270	98	2356	2130	149	211	628
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS											
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES											
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	572	624	592	656	706	522	450	284	705	355	546.6
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS											
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES											
TURBIDEZ	334	334	318	334	294	278	411	110	164	23	260
OXIGENO DISUELTUO									0.6	5.3	2.95
P. H.	7.27	7.1	7.8	7.18	8	7.08	7.62	7.1	7.2	7.4	7.4
CLORUROS	53	57	46		55	36	34	6	5	110	44.9
DBO. TOTAL	80	100	80		125	105	115				89.4
DBD. TOTAL											
CAUDAL											

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

( K ) COMPARACION DE NIVELES DE CONTAMINACION EN COLECTORES PRIMARIOS DEL AMSS  
PERIODO : 1991 - 1992

INDICADORES	COLECTOR # 1 ENERO A DICIEMBRE 1991			COLECTOR # 2 ENERO A DICIEMBRE 1991			COLECTOR # 3 ENERO A DICIEMBRE 1991			COLECTOR # 4 ENERO A DICIEMBRE 1991			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D
	OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	99	223	103	192	60	141	39	288	196	177	370	206	
SOLIDOS SUSPENDIDOS	369	239	352	297	120	180	126	151	142	165	320	341	
COLIFORMES FECALES	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	

INDICADORES	COLECTOR # 1 ENERO A DICIEMBRE 1992			COLECTOR # 2 ENERO A DICIEMBRE 1992			COLECTOR # 3 ENERO A DICIEMBRE 1992			COLECTOR # 4 ENERO A DICIEMBRE 1992			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D
	OXIGENO DISUELTO	0.9	1.1	1.1	0.5	0.8	0.9	0.9	1.6	0.9	1.8	0.9	2.5
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	164	170	144	223	79	154	73	189	83	267	509	261	281
SOLIDOS SUSPENDIDOS	221	212	370	227	229	135	92	263	209	269	365	498	487
COLIFORMES FECALES	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	INFINITO	

FUENTE : Division de Evacuacion de la Gerencia de Operaciones de AMBA.

A, B, C y D = Puntos de muestreo, especificados en cuadros siguientes.

NOTA : La variacion en los indicadores se explica por los diferentes tipos de descarga y por la estacion vigente (Invierno o verano)

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS PROMEDIOS EN PUNTOS DE MUESTREO POR COLECTORES EN EL AMSS.  
1992.

DETERMINACION	RESULTADOS													
	CP1			CP2			CP3			CP4				
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	
TEMPERATURA AGUA	24	24	24	28	26	27	24	25	24					
TEMPERATURA AMBIENTE	26	26	26	27	26	27	28	28	28		26	26	28	
COLOR	500	690	552	593	241	360	171	574	694	27	27	28	29	
CONDUCTIVIDAD	1054	916	1031	1109	1023	1014	784	990	918		903	1356	1217	1116
SOLIDOS SEDIMENTABLES	4	6	6	4	2.7	4	1	7	7		6	14	14	10
SOLIDOS TOTALES	819	745	966	1620	808	2192	563	824	779		823	1151	1391	1206
SOLIDOS TOTALES FIJOS														
SOLIDOS TOTALES VOLATILES														
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	221	212	370	2	229	135	92	283	209		269	365	498	467
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS														
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES														
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	598	535	596	1345	585	2058	472	585	570		555	777	894	719
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS														
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES														
TURBIDEZ	224	248	239	248	225	233	212	289	243		291	384	444	319
OXIGENO DISUELTO	1	1	1	0.5	0.8	0.9	0.9	1.6	0.9		1.8	0.9	2.5	0.9
P. H.	7	7	185	7.2	7.4	7.2	7	7	7		7	7	7	7
CLORUROS	54	79	49	148	71	52	49	127	49		62	53	39	58
DBO. TOTAL	104	170	144	223	79	154	73	189	83		267	509	261	281
DOC. TOTAL														
CAUDAL								7.4						
								67						

FUENTE : Division de Evacuacion de la Gerencia de Operaciones de ANDA.

A, B, C y D = Puntos de muestreo, especificados en cuadros siguientes.

NOTA : La variacion en los indicadores se explica por los diferentes tipos de descarga y por la estacion vigente (Invierno o verano)

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 1 (PUNTO DE MUESTREO "A" Km 3 1/2 Tronca del Norte Rio Arriba)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)								PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	11/03/92	25/03/92	08/04/92	26/11/92	3/12/92	17/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	22	23	25	24	25	24	24	24	24
TEMPERATURA AMBIENTE	24	24	25	25	25	28	27	27	26
COLOR	-	-	-	-	-	270	310	920	500
CONDUCTIVIDAD	1000	1100	1000	1200	1300	1040	896	896	1054
SOLIDOS SEDIMENTABLES	6	2.2	4.5	7	4	0.9	2.0	2.0	4
SOLIDOS TOTALES	930	820	806	958	788	810	702	954	819
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	266	192	40	290	154	75	254	506	221
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	664	628	566	678	614	735	448	448	598
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDIDAD	294	342	294	294	302	50	56	183	224
OXIGENO DISUELT0	-	-	-	-	-	0.8	1.1	0.7	1
P. H.	7.15	7.47	6.94	7.36	7.34	7.6	7.6	7.6	7
CLORUROS	60	62	52	55	56	53	46	51	54
DBD. TOTAL	150	80	180	-	-	32	-	80	104
DBD. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.



PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 1 (PUNTO DE MUESTREO "B" Km 3 1/2 C. Troncal del Norte Descarga)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)								PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	11/03/92	25/03/92	08/04/92	26/11/92	3/12/92	17/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	22	23	25	24	25	26	25	25	24
TEMPERATURA AMBIENTE	25	27	24	-	25	28	27	27	26
COLOR	-	-	-	-	-	801	349	920	690
CONDUCTIVIDAD	900	900	1000	900	1000	900	857	869	916
SOLIDOS SEDIMENTABLES	4.5	5	5.5	7	7	6.5	4.8	4.5	6
SOLIDOS TOTALES	672	708	690	730	584	980	804	830	745
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	96	134	122	158	64	350	376	396	212
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	536	574	568	572	520	630	428	434	533
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDIDAD	310	326	255	374	302	132	118	168	248
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	1.5	1.3	0.5	1
P. H.	7.15	7.43	7.31	7.25	7.2	7.5	7.5	7.7	7
CLORUROS	45	10	40	36	340	-	37	46	79
DBO. TOTAL	90	230	190	-	-	90	-	252	170
DBD. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de Tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 1 (PUNTO DE MUESTREO "C" Km 3 1/2 C. Troncal del Norte Rio Abajo)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)								PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	11/03/92	25/03/92	08/04/92	26/11/92	3/12/92	17/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	22	25	22	24	25	24	24	24	24
TEMPERATURA AMBIENTE	25	28	24	25	25	28	27	27	26
COLOR	-	-	-	-	-	136	826	700	552
CONDUCTIVIDAD	1000	1100	1100	1000	1200	1000	921	927	1031
SOLIDOS SEDIMENTABLES	5.6	8.5	10	7	5	3.1	4	3.5	6
SOLIDOS TOTALES	976	1124	1170	914	798	898	828	1018	966
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	268	662	558	156	200	198	368	555	370
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	710	462	612	764	598	700	460	463	596
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDIDAD	288	342	334	374	326	53	69	125	239
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	1	1.7	0.6	1
P. H.	7.18	7.5	7.39	7.25	7.14	7.5	7.5	7.6	185
CLORUROS	66	57	60	50	49	48	13	48	49
DBD. TOTAL	96	-	220	-	-	108	-	152	144
DBD. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 2 (PUNTO DE MUESTREO "A" Co). Guatemala Pje E.C. 5 de Nov. Pozo de aguas negras)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)														PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	11/03/92	25/03/92	08/04/92	14/05/92	28/05/92	24/05/92	9/9/92	15/10/92	12/11/92	26/11/92	3/12/92	17/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	23	27	27	28	28	25	29	29	29	29	28	28	28	28	
TEMPERATURA AMBIENTE	25	29	25	24	26	28	24	26	31	32	26	26	26	26	
COLOR											300	852	570	650	
CONDUCTIVIDAD	1100	1100	1100	1000	1300	1200	1100	1000	1100	1200	1100	1120	1020	1092	
SOLIDOS SEDIMENTABLES	6	4	7	6.5	7.5	6	7	6	5	3.5	7.0	7	5.5	6.0	
SOLIDOS TOTALES	906	818	802	842	816	1536	894	890	924	826	10236	1086	806	906	
SOLIDOS TOTALES FIJOS															
SOLIDOS TOTALES VOLATILES															
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	192	708	80	102	76	718	176	128	150	132	78	232	50	360	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS															
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES															
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	714	110	722	740	740	812	718	762	100	694	10758	854	556	546	
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS															
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES															
TURBIDIDAD	326	326	294	374	334	359	413	367	100	119	45	179	144	98	
OXIGENO DISUELTO															
P. H.	7.04	7.27	7.47	7.12	6.55	6.4	7.26	7.29	7.7	7.0	7.0	7.3	7.4	7.5	
CLORUROS	360	81	77	5	760	367	75	68	7	35	34	68	65	64	
DBO TOTAL	60		200			470	340	380	170	150	155	84			
DBO. TOTAL															
CAUDAL															

FUENTE : Departamento de Plantas de Tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO 1 2 (PUNTO DE MUESTREO "B" Elev. Rep. Fecl. de Alemania Quebrada aguas arriba)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)														PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	11/03/92	25/03/92	08/04/92	14/05/92	28/05/92	24/06/92	9/9/92	15/10/92	12/11/92	26/11/92	3/12/92	17/12/92	
TEMPERATURA DEL AGUA	23	28	23	26	25	23	27	27	30	30	24	26	24	24	26
TEMPERATURA AMBIENTE	25	29	26	24	20	26	24	26	31	32	26	28	26	24	26
COLOR											335	278	165	186	241
CONDUCTIVIDAD	1100	1300	1200	1300	1290	1300	1000	800	780	1200	530	1240	1071	954	1063
SOLIDOS SEDIMENTABLES	6.5	4.2	5	5	6	2.2	1.2	0.4	0.9	1.0	1.0	2.1	1.0	1.0	1.7
SOLIDOS TOTALES	1088	988	942	1116	874	874	892	476	544	768	410	878	748	712	108
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	334	762	248	380	490	182	8	6	45	60	163	86	213	233	229
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	754	226	694	736	684	692	684	470	499	708	247	792	535	479	586
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDEZ	319	318	334	359	294	374	367	334	36	128	123	82	29	46	225
OXIGENO DISUELTO										1.4	0.2	1.2	0.6	0.4	0.8
P.H.	7.23	7.71	7.32	7.34	7.18	7.07	7.32	7.53	7.5	7.4	7.3	7.5	7.5	7.6	7.4
CLORUROS	117	82	89	91	20	91	85	60	58	48	27	101	74	71	71
DQO. TOTAL	120	-	140	-	-	160	93	70	10	30	43	70	-	52	79
DQO. TOTAL															
CAUDAL															

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 2 (PUNTO DE MUESTREO "C" Costado Norte ex-Guardia Nacional Quebrada aguas abajo.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)														PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	4/3/92	25/03/92	08/04/92	14/05/92	28/05/92	24/06/92	9/9/92	15/10/92	12/11/92	26/11/92	3/12/92	17/12/92	
TEMPERATURA AGUA	26	27	26	27	27	25	27	27	29	28	26	27	26	26	27
TEMPERATURA AMBIENTE	25	29	27	26	26	27	24	26	31	32	26	28	28	26	27
COLOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	435	477	362	355	360
CONDUCTIVIDAD	1000	1100	1000	1100	1200	1100	1100	1000	880	1200	740	1000	1017	761	1014
SOLIDOS SEDIMENTABLES	5	6	3.5	6	5.5	5	3.5	2.1	3.0	3.0	3.0	3.9	3	1.3	4
SOLIDOS TOTALES	818	856	726	878	730	898	764	770	636	820	20628	870	712	586	2192
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	142	78	124	254	70	222	80	85	62	126	90	143	204	206	135
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	676	778	602	624	660	676	684	685	574	694	20538	727	508	380	2058
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDIDAD	302	342	294	374	350	374	413	367	37	131	78	90	77	29	233
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	0.6	0.9	0.8	0.5	0.9
P. H.	7.07	7.51	7.25	7.18	7.16	6.94	6.82	7.48	7.3	7.2	7.1	7.3	7.4	7.5	7.2
CLORUROS	67	42	62	61	60	72	76	56	49	17	15	53	54	43	52
DBO. TOTAL	108	-	140	-	-	220	220	300	130	110	143	88	-	76	154
DBO. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE: Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 3 (PUNTO DE MUESTREO "A" Col. La Chacra Pje A. Rio arriba.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)						PROMEDIO
	5/2/92	19/2/92	25/03/92	08/04/92	27/11/92	11/12/92	
TEMPERATURA AGUA	22	25	27	25	25	22	24
TEMPERATURA AMBIENTE	27	32	27	28	26	26	28
COLOR	-	-	-	-	179	162	171
CONDUCTIVIDAD	700	800	800	800	780	823	784
SOLIDOS SEDIMENTABLES	0.8	1.4	1.0	1.5	0.7	1.6	1
SOLIDOS TOTALES	532	506	526	634	602	578	563
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	86	16	70	154	56	167	92
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	446	490	456	480	546	411	472
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDIDAD	151	318	367	374	32	32	212
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	0.9	-	0.9
pH	7.27	7.54	7.27	7.19	7.2	7.1	7
CLORUROS	43	54	44	45	57	53	49
NO. TOTAL	146	28	-	-	44	-	73
NO. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO N 3 (PUNTO DE MUESTREO "P" Col. La Chacra Pje A. Descarga de aguas negras.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)					PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	25/03/92	27/11/92	11/12/92	
TEMPERATURA AGUA	22	25	25	26	26	25
TEMPERATURA AMBIENTE	27	32	29	26	26	28
COLOR	-	-	-	387	760	574
CONDUCTIVIDAD	1000	1000	700	1140	1110	990
SOLIDOS SEDIMENTABLES	6	8	1.5	9.5	11.0	7
SOLIDOS TOTALES	892	852	518	898	960	824
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	234	58	518	100	405	263
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	658	794	122	798	555	585
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-
TURBIDEDAD	359	342	396	187	157	288
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	1.2	1.9	1.6
P. H.	7.05	7.51	-	7.2	6.8	7
CLOROFOS	53	-	359	42	52	127
DRO. TOTAL	180	280	-	108	-	189
PDO. TOTAL	-	-	7.4	-	-	7.4
CAUDAL	-	-	47	-	-	47

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 3 (PUNTO DE MUESTREO "C" Col. La Chacra Pje.A Rio abajo)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)				PROMEDIO
	05/02/92	19/02/92	27/11/92	11/12/92	
TEMPERATURA AGUA	22	25	25	24	24
TEMPERATURA AMBIENTE	27	32	26	26	28
COLOR	-	-	197	1190	694
CONDUCTIVIDAD	800	900	900	1070	918
SOLIDOS SEDIMENTABLES	2.5	6	10.8	8.3	7
SOLIDOS TOTALES	594	786	878	856	779
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	100	164	249	321	209
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	494	622	629	535	570
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-
TURBIEDAD	334	294	154	198	243
OXIGENO DISUELTTO	-	-	0.3	1.5	0.9
F. H.	7.15	7.62	7.3	6.8	7
CLORUROS	47	42	52	56	49
DBD. TOTAL	60	-	106	-	83
DBD. TOTAL	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.



PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 4 (PUNTO DE MUESTREO "A" Blvd. Ejercito por Cajas y Bolsas Descarga de aguas negras.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)													PROMEDIO
	06/02/92	20/02/92	11/3/92	25/3/92	8/4/92	13/5/92	28/5/92	24/6/92	9/9/92	15/10/92	12/11/92	27/11/92	11/12/92	
TEMPERATURA AGUA	24	23	24	26	25	26	27	26	24	24	25	25	26	25
TEMPERATURA AMBIENTE	26	23	24	28	28	27	29	27	26	26	27	26	28	27
COLOUR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONDUCTIVIDAD	1100	900	800	1000	900	1000	1000	800	680	760	729	1020	1052	903
SOLIDOS SEDIMENTABLES	2.3	2.5	5	2	7	8	5.5	1.0	8.0	9.0	3.1	8.9	10.0	6
SOLIDOS TOTALES	698	778	566	762	1080	1120	592	610	1194	662	556	1088	996	823
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	70	260	48	192	396	440	8	54	758	130	96	374	465	269
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	628	518	518	570	684	680	584	556	436	532	460	714	531	555
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDEZ	334	359	334	359	374	367	413	413	116	91	97	250	273	291
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4	1.5	1.2	3	0.9	1.8
P. H.	7.17	7.5	6.82	7.5	6.62	6.32	6.68	7.6	7.5	6.8	7.2	7.9	6.7	7
CLOREDO	99	53	102.5	73	31.5	98	61	65	56	22	19	62	70	62
DBO. TOTAL	20	-	147	-	-	213	355	280	40	610	623	112	-	267
DBD. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 4 (PUNTO DE MUESTREO "B" Municipio de Ilopango 4 Av. Sur Pozo de aguas negras.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)													PROMEDIO
	06/02/92	20/02/92	11/3/92	25/3/92	8/4/92	13/5/92	28/5/92	24/6/92	9/9/92	15/10/92	12/11/92	27/11/92	11/12/92	
TEMPERATURA AGUA	25	25	25	26	27	23	27	26	28	26	25	25	26	26
TEMPERATURA AMBIENTE	24	27	26	25	28	28	29	28	28	28	27	27	29	27
COLOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONDUCTIVIDAD	1000	1400	1600	1100	1900	1500	1700	1100	1100	1000	1400	1200	1553	1356
SOLIDOS SEDIMENTABLES	15	13	19	12	19.0	13.0	29	11.0	9	10.5	12.0	11.5	13.0	14
SOLIDOS TOTALES	1490	986	1108	994	1262	1462	1196	1112	920	952	1026	1210	1210	1151
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	632	228	240	266	384	514	296	416	284	302	387	314	403	365
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	848	758	868	728	878	948	900	696	636	650	639	-	777	777
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIEDAD	314	334	319	366	362	413	733	413	529	113	344	296	454	384
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. H.	7.2	7.28	6.52	6.66	6.8	6.75	6.84	7.12	7.3	6.9	7.2	7.4	6.7	7
CLORUROS	11	16	167	16	51	97	104	53	8	15	17	62	70	53
DBO. TOTAL	-	420	640	-	-	400	710	750	380	580	588	116	-	509
DBO. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUBAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO N° 4 (PUNTO DE MUESTREO "C" Calle Sn. Bartolo Frente Aduana Pozo aguas negras.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)												PROMEDIO	
	06/02/92	20/02/92	11/3/92	25/3/92	8/4/92	13/5/92	28/5/92	24/6/92	9/9/92	15/10/92	12/11/92	27/11/92		11/12/92
TEMPERATURA AGUA	25	25	26	26	26	24	27	26	26	26	25	25	25	26
TEMPERATURA AMBIENTE	26	28	26	26	29	29	29	28	28	29	28	27	29	28
COLOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONDUCTIVIDAD	700	800	800	1100	1200	700	700	1100	1100	1000	2700	3228	688	1217
SOLIDOS SEDIMENTABLES	4	3.5	1	6	33.0	6.5	1	0.4	0.4	11.0	88.6	33.7	0.6	14
SOLIDOS TOTALES	612	592	522	1192	1714	524	519	1030	1030	1306	4036	4442	560	1391
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	48	24	20	310	928	8	6	218	218	592	1690	2202	216	498
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	564	568	520	882	786	516	512	812	812	714	2356	2240	344	894
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIEDAD	288	293	334	359	430	72	88	530	530	188	935	1745	72	444
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	-	-	5.6	5.6	1.3	0.5	1.1	0.8	2.5
P. H.	7.3	7.04	7.13	7.16	6.69	7.36	7.27	7.9	7.9	6.6	6.1	6.8	7.1	7
CLORURDS	2.35	16	171	5	14	4	7	80	80	26	43	-	20	39
PBO. TOTAL	160	420	-	-	-	55	50	230	230	470	476	-	-	261
PBO. TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

PROGRAMA DE MUESTREO DE AGUAS NEGRAS  
DIVISION DE EVACUACION

COLECTOR PRIMARIO # 4 (PUNTO DE MUESTREO "B" Final C. Ppal. Urb Bosques del Rio, Soyapango Rio.)

DETERMINACION	RESULTADOS (POR FECHAS)												PROMEDIO	
	06/02/92	20/02/92	11/3/92	25/3/92	8/4/92	13/5/92	28/5/92	24/6/92	9/7/92	15/10/92	12/11/92	27/11/92		11/12/92
TEMPERATURA AGUA	25	26	27	29	30	29		30	30	25	27	27	29	28
TEMPERATURA AMBIENTE	27	29	28	29	31	31		30	29	29	28	28	31	29
COLOR	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
CONDUCTIVIDAD	1100	1300	1100	1200	1300	1300		900	900	1000	1000	1200	1091	1116
SOLIDOS SEDIIMENTABLES	14	10	13	12	12.0	9.0		5.0	5.4	10.0	3.0	11.5	9.5	10
SOLIDOS TOTALES	1334	1018	1142	1288	964	1256		1436	1444	882	908	1268	1532	1296
SOLIDOS TOTALES FIJOS	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	554	138	394	502	190	340		778	900	174	465	428	985	487
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	780	880	748	786	774	916		658	544	708	443	840	547	719
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
TURBIDIDAD	334	359	359	359	375	334		367	231	101	315	253	443	319
OXIGENO DISUELTU	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
P. H.	7.39	7.17	6.6	7.14	6.94	6.77		7.42	7.5	7	6.8	7.4	7.1	7
CLORUROS	30.5	27	99	62	68	101		61	53	29	27	74	68	58
DBO. TOTAL	270	360	-	-	-	390		460	180	240	248	98	-	281
DBD. TOTAL	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
CAUDAL	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-

FUENTE : Departamento de Plantas de tratamiento de la Division de Evacuacion.

ANEXO 4

ANEXO 5

ANEXO 6

## BIBLIOGRAFIA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DEL  
PROYECTO: SISTEMAS PARA DEFURACION DE AGUAS  
RESIDUALES DE ORIGEN DOMESTICO EN DOCE  
LOCALIDADES DEL PAIS.

FREDERIC R. HARRIS INC.

INGENIEROS CONSULTORES

FONDO SALVADOREÑO PARA ESTUDIOS DE PRE-INVERSION

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

SEPTIEMBRE 1990.

FEASIBILITY STUDY FOR WATER SUPPLY, SEWERAGE AND  
SEWERAGE TREATMENT FOR THE CITY OF SAN SALVADOR  
AND STUDY OF GENERAL RIVER POLLUTION.

TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

1981.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECARGA ARTIFICIAL DE  
LAS FORMACIONES ACUIFERAS DEL AMSS UTILIZANDO  
POZOS DE INFILTRACION (TESIS).

RAUL RODRIGUEZ CHOTO

UNIVERSIDAD ALBERT EINSTEIN

1991.



ELABORACION DE LOS DISEÑOS Y DOCUMENTACION DE  
LICITACION PARA LAS OBRAS DE REPARACION DE  
COLECTORES FRACTURADOS DEL AMSS.

UEP, ANDA.

OBRAS DE MEJORAMIENTO Y REPARACION DEL SISTEMA  
DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL AMSS.

UEP, ANDA.

TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS  
RESIDUALES.

METCALF-EDDY

EDITORIAL LABOR S.A.

SEGUNDA EDICION, 1981.

MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.

DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO

DE NUEVA YORK.

RAUL GUERRERO (ING. QUIMICO)

PRIMERA EDICION (1964)

EDITORIAL LIMUSA, 1989.

ALTERNATIVAS DE DISPOSICION DE EFLUENTE CLOACAL  
EN URBANIZACIONES, EN TERRENOS BAJOS (TESIS)

JULIO ROMERO RODAS

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CASAS

(UCA)

1986.

TECNOLOGIA APLICADA PARA SISTEMAS NO MECANIZADOS  
EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES (TESIS)

JOSE ANIBAL HENRIQUEZ.

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

MEMORIA DE LABORES

ANDA, 1991.