

T. UES
1501
M357c
1998
F. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL

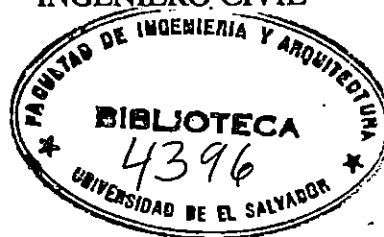


EVALUACION DE APLICACION DE LA ALTERNATIVA DE EMISARIO
SUBMARINO PARA LA DESCARGA DE AGUAS NEGRAS EN LOS
PRINCIPALES PUERTOS DE EL SALVADOR

PRESENTADO POR

VIOLETA GUADALUPE MARQUINA HERNANDEZ
YURI IVAN ZALDIVAR GUEVARA

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

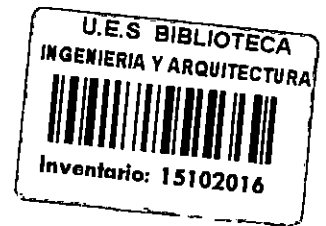


15102016

15102016

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 1998.

Recibido el 26 febrero 1998



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

Dr. José Benjamín López Guillén.

SECRETARIO GENERAL :

Lic. Ennio Arturo Luna

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Joaquín Alberto Vanegas Aguilar

SECRETARIO :

Ing. José Rigoberto Murillo Campos

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán



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

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:
INGENIERO CIVIL

Título

:

EVALUACION DE APLICACION DE LA ALTERNATIVA DE EMISARIO
SUBMARINO PARA LA DESCARGA DE AGUAS NEGRAS EN LOS
PRINCIPALES PUERTOS DE EL SALVADOR

Presentado por

:

Violeta Guadalupe Marquina Hernández
Yuri Ivan Zaldívar Guevara

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador

:

Ing. Miguel Angel Rivas Monterrosa.

Asesores

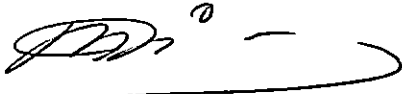
:

Ing. Juan Guillermo Umaña Granados
Ing. Edwin Santiago Escobar Rivas

San Salvador, Febrero de 1998.

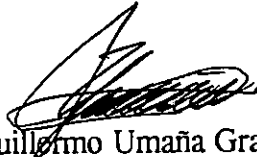
Trabajo de Graduación Aprobado por:

Coordinador :



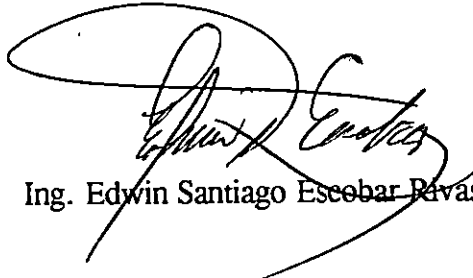
Ing. Miguel Angel Rivas Monterrosa.

Asesor :

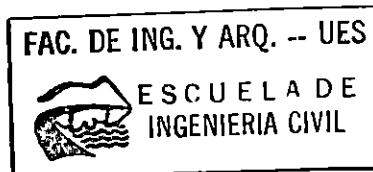


Ing. Juan Guillermo Umaña Granados

Asesor :



Ing. Edwin Santiago Escobar Rivas



AGRADECIMIENTO

A la Organización Panamericana de la Salud (OPS) por su ayuda para la participación en el seminario “ Curso Subregional sobre Emisarios Submarinos de pequeño diámetro” realizado en la ciudad de Panamá, pues con ésto se logró reforzar los conocimientos teóricos necesarios para la culminación del trabajo. También por el financiamiento brindado, para la realización de las pruebas de laboratorio en el agua de mar frente a las ciudades de Acajutla, La Libertad y La Unión, que són parte importante en el contenido de éste trabajo.

A nuestro coordinador y asesores por sus conocimientos y experiencia que sirvieron de guía durante el desarrollo de este trabajo, así como el esfuerzo y dedicación brindados para hacer posible su finalización.

A las Alcaldías de Acajutla, La Libertad y La Unión, su la colaboración en el desarrollo de éste trabajo.

A todas las personas e instituciones que de una u otra manera nos brindaron su ayuda para hacer posible nuestro trabajo.

DEDICATORIA

- A Dios todopoderoso: Por su amor y por su ayuda incondicional.
- A mis padres: Por el apoyo y el amor que me brindan cada día.
- A mi hermana: Por ser la mejor amiga en quien puedo confiar.
- A mi hermano: Por su cariño y ayuda
- A ti: Por comprenderme y apoyarme cuando te necesito.

Gracias,

Violeta

DEDICATORIA

- A Dios: Por haberme apoyado en todo sentido.
- A mi madre Sonia: Por su apoyo y paciencia.
- A mi padre William: A pesar de no conocerlo.
- A mi abuela Mercedes: Por su amor y dedicación.
- A mis tíos: Por su comprensión.
- A mis primos y sobrinos: Con amor.
- A mis amigos: Con mucho afecto.

Gracias,

Yuri Iván

INDICE

	Página
INTRODUCCION	I
CAPITULO I	1
1.0 Generalidades	2
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Definición del problema	3
1.3 Justificación del tema	4
1.4 Delimitación del tema	6
1.4.1 Geográfica	6
1.4.2 Unidades de observación	6
1.4.3 Técnicas	6
1.5 Antecedentes	7
1.6 Metodología	11
CAPITULO II	12
2.0 Emisario Submarino	13
2.1 Definición	13
2.2 Elementos componentes	14
2.2.1 Tubería de conducción	14
2.2.2 Difusor	16
2.3 Diluciones	17
2.3.1 Dilución inicial	17

2.3.2 Dilución debida a la dispersión	17
2.3.3 Dilución debida a la descomposición del residuo	18
2.4 Implicaciones Ambientales	18
2.4.1 Consideraciones ambientales para el diseño del emisario	20
2.4.1.1 Ubicación del emisario submarino	20
2.4.1.1.1 Alternativas de descarga	21
2.4.1.1.2 Ventajas de la alternativa costera	22
2.4.1.2 Profundidad de la descarga	26
2.4.1.3 Corrientes marinas	28
2.4.1.4 Longitud de la tubería de conducción del emisario submarino	29
2.4.1.5 Decaimiento de coliformes	29
2.4.2 Influencia de la construcción del emisario sobre el medio ambiente	32
2.4.2.1 Impactos negativos	32
2.4.2.2 Impactos positivos	32
2.5 Diseño hidráulico	33
2.5.1 Diseño de la tubería de conducción	33
2.5.1.1 Selección del diámetro de la tubería	33
2.5.1.2 Selección de la razón estándar de la dimensión de la tubería (SDR)	37
2.5.1.3 Cálculo de la longitud del emisario submarino	39
2.5.1.4 Cálculo de dilución inicial (DI)	41
2.5.1.5 Cálculo de dilución debido a dispersión horizontal (DH)	46
2.5.1.6 Dilución debida a la descomposición del residuo o desaparición de bacterias (DB)	48
2.5.2 Diseño del difusor	50
2.5.2.1 Cálculo de tamaño y número de orificios del difusor	50
2.5.2.2 Cálculo de la longitud del difusor	53

2.6 Diseño estructural	56
2.6.1 Evaluación de la ruta submarina	56
2.6.2 Consideración de mareas y densidad del agua marina	57
2.6.3 Anclaje de los emisarios submarinos de HDPE	58
2.6.4 Determinación de la distancia entre los bloques de anclaje	58
2.6.5 Determinación del peso del bloque de anclaje	61
2.6.6 Diseño del bloque de anclaje	62

CAPITULO III 67

3.0 Diagnóstico de las principales ciudades de la zona costera de El Salvador . .	68
3.1 Ciudad de Acajutla	68
3.1.1 Generalidades	68
3.1.2 Educación	68
3.1.3 Saneamiento	69
3.1.3.1 Servicios sanitarios	69
3.1.3.2 Desagüe	70
3.1.3.3 Características del alcantarillado de aguas negras	70
3.1.3.4 Desechos sólidos	71
3.1.4 Agua potable	71
3.1.5 Sistema de recolección de aguas lluvias	72
3.1.6 Infraestructura	73
3.1.7 Uso de suelo	73
3.1.8 Población económicamente activa	74
3.1.9 Salud pública	75
3.1.10 Industria	76
3.1.11 Contaminación de las aguas marinas costeras de la Ciudad de Acajutla	78

3.1.11.1 Vertido de aguas residuales provenientes de industrias petroleras, generadoras de energía eléctrica, procesadoras de mariscos y agroindustria	78
3.1.11.2 Descargas provenientes del alcantarillado de aguas negras	81
3.1.11.3 Desagüe de ríos contaminados que desembocan en la playa	82
3.1.11.4 Utilización de la playa como basurero por parte de los pobladores y turistas	82
3.1.11.5 Descarga de aguas negras provenientes de establecimientos de comida situados en la orilla de la playa	83
3.1.12 Valores de contaminación de las aguas marinas costeras	83
3.1.13 Análisis físico y químico de las aguas negras del alcantarillado de la ciudad de Acajutla	86
3.1.14 Fotografías de la ciudad de Acajutla	88
3.2 Ciudad de La Libertad	94
3.2.1 Generalidades	94
3.2.2 Educación	94
3.2.3 Saneamiento	95
3.2.3.1 Servicios sanitarios	95
3.2.3.2 Desagüe	96
3.2.3.3 Características del alcantarillado de aguas negras	96
3.2.3.4 Desechos sólidos	96
3.2.4 Agua potable	97
3.2.5 Sistema de recolección de aguas lluvias	98
3.2.6 Infraestructura	98
3.2.7 Uso de suelo	98
3.2.8 Población económicamente activa	98
3.2.9 Salud pública	99

3.2.10	Industria	100
3.2.11	Contaminación de las aguas marinas costeras	
	de la ciudad de La Libertad	100
3.2.11.1	Descarga proveniente del alcantarillado de aguas negras	101
3.2.11.2	Ríos y quebradas contaminados que desembocan en la playa	101
3.2.11.3	Descarga de aguas negras provenientes de restaurantes y hoteles ubicados en la orilla de la playa	102
3.2.12	Valores de contaminación de las aguas marinas	103
3.2.13	Análisis físico y químico de las aguas negras del alcantarillado de la ciudad de La Libertad	106
3.2.14	Fotografías de la ciudad La Libertad	108
3.3	Ciudad de La Unión	113
3.3.1	Generalidades	113
3.3.2	Educación	113
3.3.3	Saneamiento	114
	3.3.3.1 Servicios sanitarios	114
	3.3.3.2 Desagüe	115
	3.3.3.3 Características del alcantarillado de aguas negras	115
	3.3.3.4 Desechos sólidos	115
3.3.4	Agua potable	116
3.3.5	Sistema de recolección de aguas lluvias	117
3.3.6	Infraestructura	117
3.3.7	Uso de suelo	118
3.3.8	Población económicamente activa	118
3.3.9	Salud pública	118
3.3.10	Industria	119

3.3.11 Contaminación de las aguas marinas costeras de la ciudad	
de La Unión	120
3.3.11.1 Descarga proveniente del alcantarillado de aguas negras	120
3.3.11.2 Quebradas contaminadas que desembocan en la playa . .	120
3.3.11.3 Utilización de la playa como basurero por parte	
de los pobladores y turistas	121
3.3.11.4 Vertido aguas residuales provenientes de industria	
procesadora de mariscos y agroindustria	121
3.3.11.5 Descarga de aguas negras provenientes de establecimientos	
situados en la orilla de la playa	123
3.3.12 Análisis físico de las aguas negras del alcantarillado de la ciudad	
de La Unión	124
3.3.13 Fotografías de la ciudad La Unión	126
3.4 Condiciones del medio marino frente a la costa de El Salvador	131
3.4.1 Generalidades	131
3.4.2 Fondo del mar	133
3.4.2.1 Profundidades	133
3.4.2.2 Suelo marino	133
3.4.3 Corrientes marinas	136
3.4.3.1 Regiones principales de corrientes marinas	136
3.4.4 Temperatura del mar	138
3.4.5 Salinidad del mar	140
3.4.6 Oleaje	142
3.4.7 Areas protegidas	144
3.5 Condiciones del medio marino frente a la costa de la ciudad de Acajutla . .	147
3.5.1 Fondo del mar	148
3.5.1.1 Profundidades	148
3.5.1.2 Suelo marino	150
3.5.2 Mareas	150

3.5.3	Temperatura del agua de mar	152
3.5.4	Densidad del agua de mar	154
3.5.5	Salinidad del agua de mar	155
3.5.6	Pruebas de campo realizadas en el mar frente a la ciudad de Acajutla	157
3.6	Condiciones del medio marino frente a la costa de la ciudad de La Libertad	159
3.6.1	Fondo del mar	159
3.6.1.1	Profundidades	159
3.6.1.2	Suelo marino	161
3.6.2	Mareas	161
3.6.3	Temperatura, densidad y salinidad del agua de mar	162
3.6.4	Pruebas de campo realizadas en el mar frente a la ciudad de La Libertad	162
3.7	Condiciones del medio marino frente a la costa de la ciudad de La Unión .	164
3.7.1	Fondo del mar	165
3.7.1.1	Profundidades	165
3.7.1.2	Suelo marino	167
3.7.2	Mareas	167
3.7.3	Temperatura, densidad y salinidad del agua de mar	168
3.7.4	Pruebas de campo realizadas en el mar frente a la ciudad de La Unión	168
CAPITULO IV	171
4.0	Selección de la ciudad que presenta las mejores condiciones para la aplicación del emisario submarino	172
4.1	Factores de incidencia en el diseño del emisario submarino	172
4.1.1	Proyecto de tratamiento de aguas negras para las ciudades en estudio	172
4.1.2	Lugar de ubicación de la descarga del emisario submarino	173

4.1.3 Existencia de áreas protegidas	175
4.1.4 Profundidad de la descarga	175
4.1.5 Número y distancia entre los puntos de descarga del sistema de alcantarillado	176
4.2 Selección de la ciudad	176
 CAPITULO V	 179
5.0 Diseño hidráulico del sistema de tratamiento previo a la descarga a través del emisario	180
5.1 Cálculo de la cámara de rejas	185
5.2 Militamicas	187
5.3 Cálculo del desarenador	191
5.4 Cálculo del medidor sutro asociado con el desarenador	192
 CAPITULO VI	 196
6.0 Diseño del emisario submarino	197
6.1 Diseño hidráulico y sanitario de la tubería de conducción	197
6.1.1 Selección del diámetro	197
6.1.2 Selección del SDR	199
6.1.3 Cálculo de la longitud de la tubería de conducción del emisario submarino	199
6.1.3.1 Cálculo de la reducción total requerida (R_r)	200
6.1.3.2 Cálculo de dilución inicial (DI)	200
6.1.3.3 Cálculo de la dilución horizontal (DH)	201
6.1.3.4 Cálculo de la desaparición de bacterias (DB)	202
6.2 Diseño del difusor	207
6.2.1 Cálculo del número de orificios del difusor y su diámetro	207

6.2.2 Cálculo de la separación entre los orificios	208
6.3 Diseño estructural del emisario submarino	213
6.3.1 Cálculo del peso de los bloques de anclaje y su separación	213
6.3.1.1 Separación de los bloques de anclaje dentro de la zona rompiente de oleaje	213
6.3.1.2 Cálculo del peso de los bloques de anclaje	214
6.3.1.3 Separación de los bloques de anclaje fuera de la zona rompiente de oleaje	216
6.3.1.4 Diseño del bloque de anclaje	217
6.4 Estación de bombeo	218
6.5 Presupuesto para la construcción del emisario submarino en la ciudad de Acajutla	223
 CAPITULO VII	 228
 7.0 Conclusiones y recomendaciones	 229
7.1 Conclusiones	229
7.2 Recomendaciones	232
 BIBLIOGRAFIA	 234
 ANEXOS	 238
Anexo 1 : Parámetros sobre valores máximos permisibles para desechos líquidos domésticos descargados a un cuerpo receptor	239
Anexo 2: Artículos del código civil de El Salvador	240
Anexo 3: Resultados de pruebas de laboratorio para sólidos totales, sólidos suspendidos y DBO ₅	241
Anexo 4: Resultados de los análisis bacteriológicos	242
Anexo 5: Desglose de costos unitarios	243

INTRODUCCION

El crecimiento de la población de las ciudades costeras de El Salvador genera la necesidad de cubrirlas con los servicios básicos como son: energía eléctrica, agua potable, alcantarillado sanitario, disposición de desechos sólidos, etc.

Es tarea del Ingeniero Civil proporcionar alternativas de solución a estos problemas, de forma económica y al mismo tiempo factibles técnicamente. Dentro de este deseo de proporcionar ayuda a las ciudades costeras de El Salvador, que actualmente no cuentan con sistema de tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas, se pretende evaluar la aplicación del Emisario Submarino como una nueva tecnología para nuestro país.

Las ciudades costeras de mayor crecimiento económico en El Salvador son las que cuentan con un puerto marítimo, ya que este les permite desarrollar sus actividades de pesca y comercio, aumentando así su importancia, por lo cual se les ha tomado en este trabajo para determinar si es factible o no la aplicación de este método en nuestro país, seleccionando las ciudades de: Acajutla, La Libertad y La Unión.

En el capítulo I de este trabajo se plantean: los objetivos generales y específicos que se pretendían alcanzar al inicio del estudio; la justificación para realizar el trabajo, la cual se apoya en hechos de la realidad nacional como lo es la contaminación ambiental de la que se acompaña la carencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en una ciudad; la delimitación del tema, donde se da a conocer el universo dentro del cual se dará la investigación; los antecedentes sobre los emisarios submarinos construidos o en construcción dentro de la zona de América Latina y el Caribe y la metodología a seguir para el desarrollo del tema.

En el capítulo II se detallan las bases teóricas de un emisario submarino considerando aspectos importantes de éstos, como: conceptualización, funcionamiento, elementos constituyentes, diseño hidráulico y estructural. También se presentan las implicaciones ambientales al utilizar dicho sistema y las consideraciones que se deben tomar para el diseño.

Para la elaboración de todo proyecto de ingeniería, es necesario el conocimiento general del área en donde se pretende realizar. Dentro de lo que se refiere a este contexto se trata en el capítulo III la elaboración de un diagnóstico de los municipios de Acajutla, La Libertad, y La Unión, en aspectos tales como: saneamiento, agua potable, infraestructura, usos de suelo, educación, población económicamente activa, etc. Se ha hecho mayor énfasis en los problemas ambientales, específicamente el de la contaminación de las aguas marinas costeras, ya que este trabajo se enfoca hacia la aplicación de una alternativa de solución a dicho problema. Toda la investigación anterior servirá como banco de datos útiles para la selección de la ciudad en la que se realizará el diseño del emisario submarino. En vista que el emisario submarino es una obra marítima, es necesario tener un amplio conocimiento del medio marino; por ello, se ha incluido en el diagnóstico diversos aspectos del mar frente a la costa Salvadoreña, éstos se incluyen: Generalidades, profundidades, suelo marino, dirección y velocidad de corrientes marinas, mareas, densidad, temperatura y salinidad; también se incluye una descripción de las zonas protegidas actuales y de las contempladas en el proyecto Sistema Mínimo de Areas Protegidas, en vista que existen algunas de éstas áreas ubicadas en la costa de Acajutla y La Libertad.

El capítulo IV corresponde a la selección de la ciudad a la cual se le realizará el diseño, para ello se han tomado en cuenta los parámetros técnicos que deben de cumplirse tales como: la ubicación del lugar de descarga, profundidades y áreas protegidas. Además se han considerado aspectos que no corresponden a la parte técnica pero que son de mucha importancia como: proyectos de ANDA para solucionar el

problema de la disposición final de las aguas negras de las ciudades en estudio, número y ubicación de los puntos de descarga actuales, etc.

Antes de la descarga a través del emisario se recomienda que las aguas negras hayan recibido tratamiento, ya sea éste preliminar o primario y por tanto éste diseño se incluye en el capítulo V.

Después de haber diseñado el tratamiento a las aguas negras de la ciudad de Acajutla, se procede al diseño hidráulico, sanitario y estructural del Emisario Submarino (capítulo VI). En la parte hidráulica - sanitaria se diseña la tubería de conducción y el difusor y en la parte estructural se determinan el peso y separación de los bloques de anclaje que mantendrán el emisario en su lugar. Para efectos de tener una referencia del costo de construcción del emisario submarino, se ha elaborado un presupuesto que se incluye en este capítulo.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones en el capítulo VII.

CAPITULO I

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la factibilidad de aplicación de emisarios submarinos en las tres principales ciudades de la zona costera de El Salvador: Acajutla, La Unión y La Libertad.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer criterios para aplicar el sistema de emisario submarino, partiendo de la investigación bibliográfica de las experiencias en América Latina y el Caribe.
- Investigar las características de las ciudades de Acajutla, La Unión y La Libertad, describiendo las condiciones del medio marino.
- Determinar la factibilidad técnica de la aplicación del Emisario Submarino como sistema de tratamiento de aguas negras en las tres ciudades: Acajutla, La Unión y La Libertad.
- Desarrollar un ejemplo de diseño, en la ciudad que presente las mejores condiciones para el desarrollo del sistema.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Las ciudades de Acajutla, La Libertad y La Unión, son consideradas las más importantes a lo largo de la zona costera de El Salvador, por contar con puertos marítimos que sirven de enlace con otros países y contribuyen por lo tanto al progreso de nuestro país. Sin embargo, dichas ciudades presentan una baja cobertura del alcantarillado sanitario y lo más delicado es el hecho de que las aguas negras que son recolectadas no reciben el tratamiento adecuado para su disposición final y son descargadas directamente al mar en varios puntos, atentando contra la salud de las personas que las utilizan como zonas de recreación y pesca artesanal. Otro aspecto importante de mencionar es el daño ecológico de la zona, perjudicando con ello al turismo y disminuyendo por tanto las fuentes de trabajo, lo cual viene a repercutir en el desarrollo normal de las ciudades mencionadas.

1.3 JUSTIFICACION DEL TEMA

Un suministro de agua abundante es primordial y esencial para el desarrollo en general de una comunidad, ya que enormes cantidades de agua son requeridas para las actividades domésticas, de las cuales se considera que un 70% a 80% llega a las alcantarillas.

En nuestro país un gran porcentaje de aguas residuales es vertido a los cuerpos de agua (lagos, ríos, quebradas, océano, etc.) sin antes haber tenido algún grado de tratamiento.

En las zonas costeras de El Salvador es común observar descargas de aguas residuales directamente al mar sin tener ningún tipo de tratamiento, lo que afecta a la comunidad en diferentes aspectos como:

- Daños a la salud pública en general, pues esto condiciona el surgimiento y proliferación de enfermedades infecto - contagiosas.
- Daño ecológico, porque la contaminación de las aguas reduce la existencia normal del oxígeno, perjudicando a especies acuáticas vegetales y/o animales, las que también podrían verse afectadas por productos químicos de alta peligrosidad, desechados por la pequeña industria existente.
- Daño al turismo, pues cada día deteriora más el paisaje natural de las costas.

Los puertos de La Libertad, Acajutla y la Unión son ciudades donde se experimentan los daños mencionados anteriormente ya que sus aguas negras son descargadas exactamente a la playa creando una concentración de desperdicios en el área. Una dispersión más extensa requerirá áreas más amplias donde el proceso natural de

purificación (que comprende: la dilución física y la mortalidad de organismos patógenos en el medio marino hostil) que existe en el océano pueda ser efectivo; este objetivo se puede lograr a través de un EMISARIO SUBMARINO, con pretratamiento del tipo primario el cual es un método de disposición mas atractivo con relación al tratamiento secundario con disposición cercana a la costa en términos de costos y de bajos requerimientos de operación y mantenimiento.

Las ciudades antes mencionadas se encuentran con la necesidad de realizar un proyecto que ayude a solventar tales problemas, con lo que se lograría disminuir los riesgos en salud, contribuiría a recuperar la belleza natural de dichas ciudades, fortaleciendo el turismo y abriendo nuevas fuentes de trabajo; todo esto bajo un nuevo concepto de desarrollo de las localidades.

Otro aspecto importante de mencionar es que, si bien es cierto existen varios emisarios submarinos, 82 en América Latina y el Caribe, de los cuales se está obteniendo buenos resultados, en nuestro país no existe ninguno; por lo tanto, un emisario submarino vendría a ser el principio de la aplicación de esta tecnología de disposición de las aguas negras en nuestro medio.

1.4 DELIMITACION DEL TEMA

1.4.1 GEOGRAFICA

El estudio se enfocará en las principales ciudades costeras de El Salvador: Acajutla, La Libertad y La Unión.

1.4.2 UNIDADES DE OBSERVACION

El estudio se limita al tratamiento de las aguas negras provenientes del sistema de alcantarillado de las ciudades antes mencionadas.

1.4.3 TECNICAS

El alcance del trabajo consistió en la determinación de la factibilidad técnica del sistema del emisario submarino en nuestro país, desarrollando un ejemplo de diseño de emisario submarino en la ciudad que reúna las mejores condiciones para su aplicación.

1.5 ANTECEDENTES

Desde el inicio de la humanidad, los océanos del mundo, que cubren 70% de la superficie de la tierra, han sido utilizados como un receptáculo de desechos humanos, sin embargo, en términos generales no han sufrido mayores cambios, pues la composición química del mar se ha mantenido esencialmente igual por más de un millón de años. Aún más, cuando se compara la enorme cantidad de materia orgánica y sedimentos llevados al mar por los ríos del mundo como resultados de procesos naturales, la contribución de aguas cloacales producidas por el hombre es pequeña. Una observación interesante sobre la poca importancia relativa de la materia orgánica fue hecha por el Dr. John D. Isaacs quien hizo notar que sólo la descarga fecal de las anchoas a las aguas costeras del sur de California era equivalente en contenido orgánico (DBO y sólidos suspendidos) a las aguas cloacales de alrededor de 90 millones de personas, y ésta es sólo una de los cientos de especies de vida marina. Esto parecería refutar un punto de vista prominente - apoyado por algunos ambientalistas respetados y sustentado por algunas decisiones políticas tomadas en países desarrollados - que eliminaría todas las formas de evacuación hacia los océanos.

Es práctica común de las ciudades costeras descargar sus aguas residuales sin tratamiento al cuerpo de agua más cercano o más conveniente y usualmente se dan mínimas consideraciones a las consecuencias ambientales principalmente por la falta de recursos económicos. Frecuentemente, las aguas residuales crudas descargan en o muy cerca de playas para recreo como ocurrió en el caso de la mundialmente famosa playa de Ipanema de Río de Janeiro, y como ocurre actualmente en la mayoría de las playas de otras ciudades costeras de la región Latinoamericana.

Los promedios geométricos de niveles de coliformes totales que exceden los 100.000 NMP/100 ml se han observado frecuentemente en playas públicas de recreo con mediciones individuales que algunas veces llegan a niveles de aguas residuales crudas. Los problemas asociados con las descargas de aguas servidas cerca del litoral pueden

representar riesgos ecológicos y para la salud pública, y que muchas veces traen consecuencias económicas al restringir el turismo.

Un emisario submarino diseñado apropiadamente provee de un mecanismo eficaz para la eliminación de estas aguas servidas. Se pueden alcanzar diluciones inmediatas iniciales del orden de 100 a 1 en forma consistente durante los primeros minutos de descarga, lo que reduce la concentración de materia orgánica y nutrientes, características de aguas negras, a niveles que no tendrían efectos ecológicos adversos en el mar abierto. Muy por el contrario, la introducción de tales sustancias a un ambiente oceánico usualmente deficiente en nutrientes podría probablemente ser beneficioso en muchas situaciones. Basada en la encuesta originalmente conducida por el CEPIS en 1983, y actualizada en 1994, la situación en América Latina y el Caribe en 1993, con respecto a emisarios submarinos de 500 metros o más de longitud, es como se muestra en la tabla 1.1

TABLA 1.1: SITUACION DE EMISARIOS SUBMARINOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.

Emisarios construidos	68
Emisarios en construcción	4
Emisarios en proyecto	10
TOTAL	82

FUENTE: Salas, Henry J., Emisarios submarinos, enfoque general, conceptos básicos de diseño y requerimiento de datos para América Latina y el Caribe, CEPIS/OMS/OPS, Versión revisada 1994, p.5.

Es necesario hacer notar, que a fin de cumplir con los estándares de coliformes comúnmente aplicados a playas de recreo, los procedimientos modernos de diseño requieren una combinación apropiada de la longitud del emisario submarino, de la profundidad de la descarga, la velocidad y dirección de la corriente marina.

Los países de América Latina y el Caribe que cuentan con el uso exitoso de emisarios submarinos son:

Puerto Rico: con una población total de cerca de 3.53 millones de habitantes en 1990, cuenta en 1994 con doce emisarios submarinos construidos. En comparación con el resto de los países Latinoamericanos, Puerto Rico tiene el uso per cápita más alto de este medio para disposición final de aguas negras. La autoridad de Acueductos y Alcantarillado de Puerto Rico es la responsable del diseño y construcción de sistemas de emisarios submarinos y por lo menos utiliza tratamiento primario.

Brasil: Tres de sus cinco ciudades costeras más pobladas (Río de Janeiro, Salvador y Fortaleza) están parcialmente servidas por un emisario submarino mayor. En estos emisarios se ha seguido el ejemplo de Ipanema, aplicando el criterio más moderno en el diseño del difusor para asegurar dilución máxima. Brasil cuenta con doce emisarios submarinos construidos (cinco para descargas industriales).

México: Cuenta con cinco emisario submarinos construidos (dos para descargas industriales). Se han aplicado criterios modernos en su diseño y usualmente se da tratamiento primario a las aguas negras.

Venezuela: Cuenta con 39 y dos de ellos datan del 1949 y, por lo tanto, son los más antiguos de América Latina. Sólo 17 de estos 39 emisarios submarinos tienen 1000 mts o más de longitud. Doce emisarios de menos de 1000 mts de longitud dan servicio a pueblos pequeños y a instalaciones de recreo en el Distrito Federal.

Chile: Tiene cuatro emisarios submarinos en funcionamiento usando plásticos modernos en tres de ellos. Además, había dos en construcción y dos en proyecto para 1993, todos utilizando plásticos modernos. Se aplica tratamiento primario a las aguas

negras.

Uruguay: Después de muchos años de discusión técnica, el emisario submarino de Montevideo, Uruguay, fue construido en 1990.

Además de áreas de estuarios y costeras, los emisarios "submarinos" (subacuáticos) también pueden usarse para la descarga de aguas negras en lagos o ríos grandes de agua dulce. Tal es el caso de Manaus, Brasil, donde las aguas negras se descargan dentro del río Negro, un tributario del río Amazonas, a través de un emisario subacuático de un metro de diámetro y 3,600 metros de longitud. Como en su mayor parte el emisario es construido paralelo a la costa, la descarga ocurre a sólo 300 mts del litoral.

Aún cuando hay un total de 82 emisarios existentes y planeados en América Latina, la población actualmente servida o que será servida es comparativamente pequeña. Sólo 18 (incluyendo Manaus) de estos emisarios sirven a ciudades con poblaciones costeras y descargan cerca de estuarios en o cerca del litoral sin tratamiento alguno, lo que frecuentemente ocasiona problemas estéticos, de salud pública, ecológicos y económicos.

1.6 METODOLOGIA

La metodología utilizada para la realización de este trabajo, comprende una investigación bibliográfica sobre emisarios submarinos, recopilación de datos existentes acerca del medio marino y características generales de las ciudades de Acajutla, La Unión y La Libertad. Partiendo de los datos obtenidos con esta investigación, se realizó una correlación entre ellos para determinar cual de las ciudades era más apta para la aplicación de este sistema, y para la cual se realizaría el diseño de un emisario submarino. Primeramente se realizó la investigación bibliográfica utilizando: libros de texto, trabajos de graduación, revistas técnicas relacionadas con el tema, etc. para obtener los fundamentos teóricos necesarios para la elaboración de este trabajo. A continuación se investigaron las características generales y condiciones del medio marino de las ciudades mencionadas, lo que se llevó a cabo mediante una recopilación de datos existentes realizando visitas a las diferentes entidades encargadas en nuestro país de llevar registros de población, económicos, cobertura de los servicios de agua potable y aguas negras, condiciones y características del medio marino.

Luego se realizó una correlación de las condiciones existentes contra los parámetros de diseño en una matriz de peso y escala creando un instrumento de evaluación para comparar las condiciones de las tres ciudades y determinar cual de ellas presentaba la mejor opción de factibilidad técnica de aplicación del emisario submarino, y para dicha ciudad se realizó el diseño del mismo donde se incluyó una memoria de cálculo y presentación de planos tipo para finalmente dar las recomendaciones y conclusiones del tema.

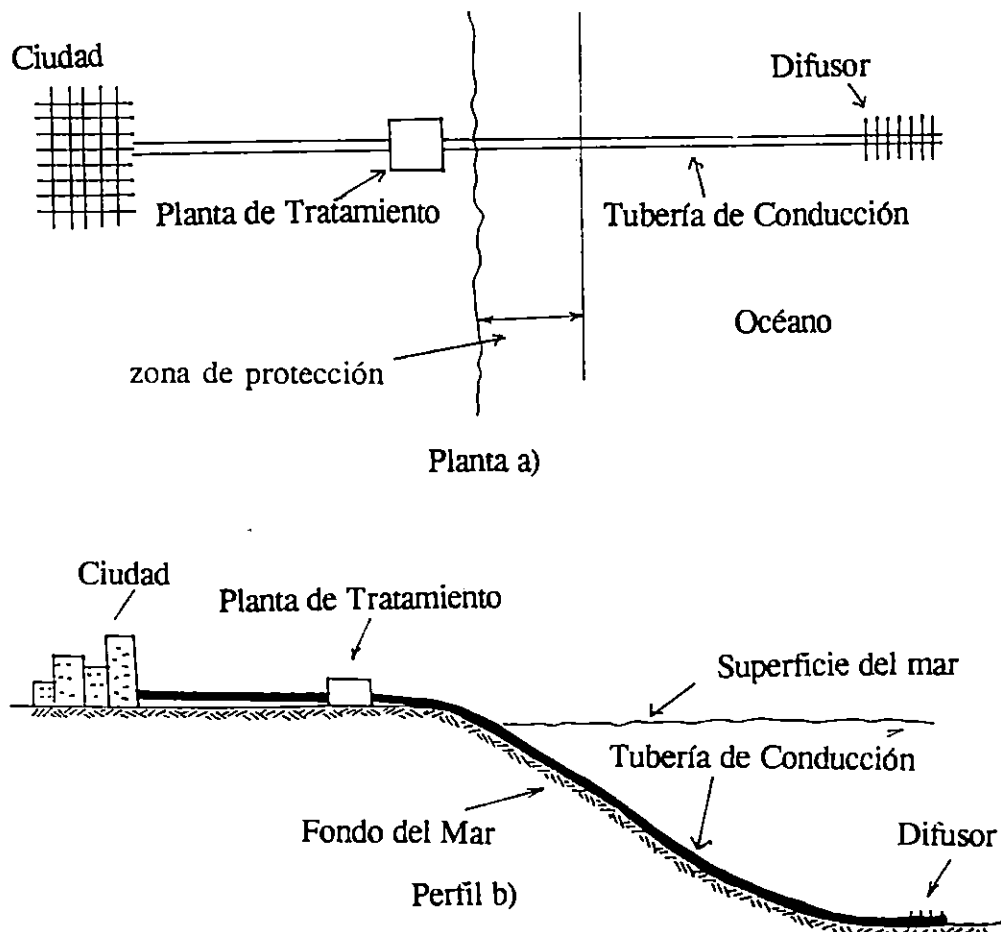
CAPITULO II

2.0 EMISARIO SUBMARINO

2.1 DEFINICION

El emisario submarino es un método para la disposición final de aguas servidas que consiste en una tubería que transporta el efluente a cierta distancia de la playa y a una profundidad adecuada en el mar; además, en su parte final consta de un dispositivo llamado difusor, por el que se realiza la descarga de aguas servidas, para posteriormente mezclarse con el agua marina, obteniéndose una disminución en la concentración de materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos contenidos en las aguas servidas. (Ver Figura 2.1). Es importante hacer notar que, esta reducción se obtiene a través de dilución física y mortalidad por las condiciones adversas del medio marino.

FIGURA 2.1: ESQUEMA GENERAL DE UN EMISARIO SUBMARINO.



2.2 ELEMENTOS COMPONENTES

Los componentes básicos de un emisario submarino son:

- Tubería de conducción
- Difusor

2.2.1 TUBERIA DE CONDUCCION

Su función es la de transportar el agua residual, desde la salida de la planta de tratamiento, hasta una distancia apropiada para su descarga en el fondo del mar. En el fondo del mar la tubería estará sometida a fuerzas hidrodinámicas provocadas por las corrientes marinas; por esta razón en el pasado se utilizaban materiales de alta resistencia como: el hierro fundido, hierro dúctil, acero forrado y revestido, concreto reforzado. La construcción de emisarios submarinos utilizando los materiales mencionados implicaba un proceso constructivo difícil de realizar con su correspondiente costo elevado, por estas razones sólo podía ser utilizado en ciudades que contaban con amplia disponibilidad de recursos económicos. Hoy en día con el avance tecnológico se dispone de materiales plásticos de alta resistencia como el polietileno de alta densidad HDPE y polietileno de peso molecular ultra alto; además, al contar con procesos constructivos modernos, se facilita la aplicación de este sistema de disposición de aguas negras en comunidades con recursos económicos relativamente bajos, razones por las que se hará mayor énfasis en la utilización de este tipo de material.

Las ventajas principales de un sistema de emisario submarino utilizando tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) son:¹

- a. Es ligera de peso y, por lo tanto, no requiere equipo especializado para su manejo (la labor manual es suficiente para tamaños hasta de 12 pulgadas, 30.5 cm);
- b. Puede ser ensamblada fácilmente en la playa por fusión de los extremos.

¹Reiff, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1990, p.1

- c. Las juntas fusionadas correctamente son más fuertes que la tubería misma evitando esencialmente fugas futuras en la unión debido a sedimentación o movimiento;
- d. Es suficientemente flexible como para ser colocada fácilmente en una ruta escabrosa, para evitar la remoción cara de rocas sumergidas, arrecifes, etc.;
- e. El método de fusión de extremos para la unión es suficientemente rápido para permitir la instalación de un emisario submarino de 700 metros en dos o tres días;
- f. El polietileno es esencialmente inmune a los efectos corrosivos del agua marina y a los ataques de los organismos marinos;
- g. La tubería de HDPE es al mismo tiempo suficientemente ligera y fuerte, como para ser halada y colocada en su sitio usando pequeños botes para remolque y alineamiento.
- h. Si es necesario, la tubería puede ser reflatada inyectándole aire comprimido.

La tubería de HDPE es apropiada para fondos de arena, lodo, grava y pequeñas rocas, pero requiere de pesas externas (usualmente concreto) para mantenerla en su lugar e impedir que flote o se mueva debido a las fuerzas hidrodinámicas provocadas por las corrientes marinas. También puede colocarse sobre rocas siempre que la tubería en sí no esté sobre una punta o un escollo cortante.

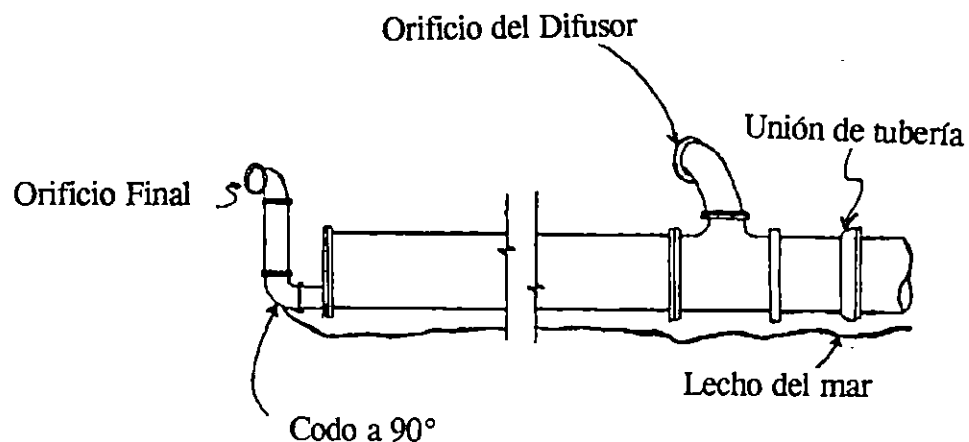
Sus desventajas principales son:

- a. El HDPE es un material relativamente suave que puede ser dañado por las anclas de los grandes barcos que enganchan y halan la tubería. Su resistencia de alto impacto, sin embargo, protege la tubería de astillarse y romperse.
- b. En áreas sujetas a las fuerzas destructivas directas de tormentas en las zonas de oleaje y de mareas, se requiere protección adicional enterrando o encasillando en concreto o piedras sueltas la tubería, como sucede con la mayoría del material para tuberías de emisarios submarinos.

2.2.2 DIFUSOR

El difusor es uno de los elementos más importantes que componen un emisario submarino pues facilita la dilución inicial del residuo, que es la que brinda la máxima protección al medio ambiente receptor. El difusor se encuentra ubicado en el extremo del emisario y es a través de él que se descarga el agua residual habiendo ésta recibido tratamiento preliminar, por lo menos, antes de ingresar a la tubería de conducción. El difusor está constituido por una tubería con múltiples aberturas circulares ubicadas en cada lado del conducto, usualmente justo sobre el centro de la tubería como se puede observar en la Figura 2.2.

FIGURA 2.2: SECCION TIPICA DEL DIFUSOR



FUENTE: Metcalf, *op. cit.*, p.730

Existen varios mecanismos que controlan las características de dilución del agua residual descargada a través de un emisario submarino; estos mecanismos se dividen en tres fases que son:

- Dilución inicial del residuo
- Dilución debida a la dispersión en las aguas circundantes (Dilución horizontal)
- Régimen de descomposición (desaparición de bacterias)

2.3 DILUCIONES

2.3.1 DILUCION INICIAL

Inicialmente, el efluente que será conducido por la tubería deberá haber sido tratado para cumplir con las normas para el vertido de aguas residuales en cuerpos de agua, mediante un tratamiento preliminar, primario o secundario. Cuando el efluente de aguas negras es descargado sale en chorros turbulentos circulares a través de los orificios del difusor (a la zona de mezcla cercana al difusor con frecuencia se le llama "campo cercano") siendo menos denso que el agua de mar, el chorro se elevará en algunos casos hasta la superficie y en otros permanecerá sumergido, (que será la condición más favorable), debido a la estratificación del agua marina que ocurre en los meses cálidos o por la profundidad de descarga, como se verá más adelante.

En el cuerpo de agua receptor, la columna del efluente se diluye debido a su incorporación en las aguas marinas y crece en tamaño a medida que sube. Dependiendo del espacio entre orificios, de la velocidad de salida y de la profundidad del agua, los chorros pueden elevarse hasta la superficie o antes de llegar a ella, lográndose así una altura máxima de ascenso. A la dilución resultante a esta altura se le llama Dilución Inicial.

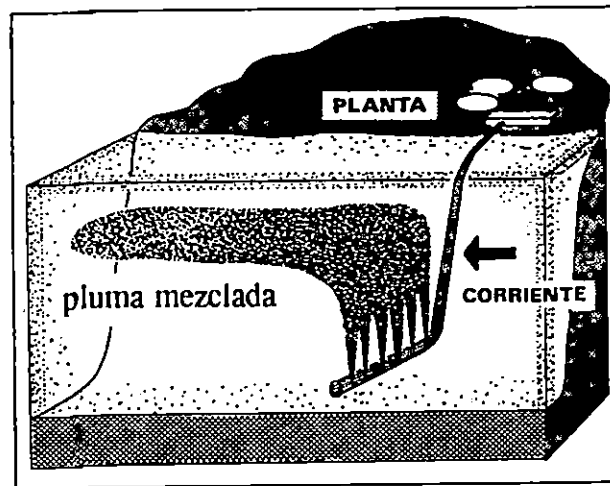
Dos fenómenos afectan la dilución inicial: la mezcla causada por el impulso de las aguas residuales al salir del emisario submarino, la fuerza ascendente causada por la diferencia de densidad entre las aguas residuales y las aguas de mar (diferencia en temperatura y salinidad) que hace que el campo de aguas residuales ascienda en la columna de agua, extendiéndose en el proceso, y por lo tanto, mezclándose con el agua de mar.

2.3.2 DILUCION DEBIDA A LA DISPERSION

Después de efectuada la dilución inicial, se continua el proceso de dilución con la ayuda de las corrientes marinas, quienes arrastran la mezcla de agua residual- agua de mar

por encima del difusor adoptando una forma de penacho (Ver figura 2.3). En este recorrido es incorporada en la mezcla mayor cantidad de agua marina ayudando a disminuir la concentración del efluente. La mezcla causada por las corrientes marinas y que se aleja cada vez más de la zona de descarga se le llama campo lejano.

FIGURA 2.3: EFECTO DE LA CORRIENTE MARINA EN LA PLUMA MEZCLADA DE AGUAS NEGRAS - AGUA DE MAR



2.3.3 DILUCION DEBIDA A LA DESCOMPOSICION DEL RESIDUO

En la lucha por mantener el control de organismos indicadores de contaminación en aguas marinas usadas para recreación y/o pesca, el proceso de mayor importancia es la dilución debida a la descomposición del residuo, lo cual se logra mediante la mortalidad de las bacterias en el mundo marino no favorable para la proliferación de ellas, de la floculación y de la sedimentación.

2.4 IMPLICACIONES AMBIENTALES

La aplicación de este sistema de disposición final de aguas residuales debe realizarse partiendo de un buen diseño para no causar efectos negativos en las aguas

receptoras y el medio ambiente circundante. Los efectos causados por la mala utilización de este sistema pueden clasificarse de la forma siguiente:

- a) Efectos sobre la salud pública.
- b) Efectos ecológicos.
- c) Efectos estéticos.

a) **Efectos sobre la salud pública:** El efecto sobre la salud pública es considerado como el más importante, porque existe una estrecha relación entre las enfermedades gastrointestinales en las personas que utilizan las aguas para actividades recreativas especialmente en niños de 0 a 4 años de edad² y las concentraciones elevadas de organismos patógenos en las aguas marinas que contienen una cantidad representativa de aguas negras. Existe mayor preocupación por la salud pública en aguas en las que se cosecha mariscos, ya que enfermedades como el cólera, tifoidea y hepatitis son transmitidas por ellos cuando provienen de aguas contaminadas debido a que realizan una filtración natural de grandes cantidades de agua de mar y a su vez proporcionan un ambiente favorable para la proliferación de las bacterias, dando como resultado mariscos con concentraciones de organismos patógenos causantes de enfermedades aunque éstos provengan de aguas que contienen relativamente pequeñas concentraciones de microorganismos dañinos.

b) **Efectos ecológicos:** La presencia de aguas negras descargadas en aguas marinas provocan la degradación de esta últimas y por lo tanto se generan efectos adversos en organismos bentónicos cuando las aguas negras contienen sustancias tóxicas tales como hidrocarburos clorados y metales.

²Ludwing, Russell G., Evaluación del impacto ambiental: Ubicación y diseño de emisarios submarinos, Informe No. 43 de MARC., Documento EIA, 1988. p 1

- c) **Efectos estéticos:** El efecto estético negativo provocado por una dilución insuficiente de aguas negras en agua marina consta de sólidos flotantes, grasa y aceite, que resultan en contaminación visual, olfativa y en la decoloración de las aguas marinas.

2.4.1 CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL DISEÑO DEL EMISARIO.

Para el diseño del emisario submarino es muy importante tomar en cuenta diferentes aspectos que contribuyan a minimizar el efecto de la aplicación de este sistema en el medio ambiente, tales aspectos son los siguientes:

- Ubicación del emisario submarino, donde se analizarán las diferentes alternativas de descarga haciendo mayor énfasis de las ventajas que proporcionará la zona costera.
- Profundidad de la descarga.
- Corrientes marinas.
- Longitud del emisario submarino.
- Decaimiento de coliformes.

2.4.1.1 UBICACION DEL EMISARIO SUBMARINO

Dentro de las consideraciones ambientales que se deben tener en cuenta, cuando se aplica un emisario submarino como sistema de disposición final de aguas negras la ubicación del mismo viene a ser la más importante ya que la descarga deberá realizarse en un área de mínima sensibilidad ambiental, evitando que se realice en zonas de recreación, comunidades biológicas naturales (arrecifes de coral) y lugares destinados para la pesca. Cuando se realiza la descarga en un solo punto existe mayor concentración de aguas negras en el lugar y por lo tanto mayor impacto negativo, por lo que se recomienda siempre y cuando exista la factibilidad económica que la descarga se divida en dos o más puntos.

2.4.1.1.1 ALTERNATIVAS DE DESCARGA

En los sistemas de disposición de aguas negras en aguas marinas existen diferentes combinaciones que pueden realizarse con relación al grado de tratamiento del efluente y la localización de la descarga, ya sea en bahías, estuario o en mar abierto.

Anteriormente, la tendencia general de los países con ciudades costeras fue la de invertir en plantas de tratamiento prestándose poca o ninguna atención al lugar de disposición del efluente tratado. Actualmente se plantea si es más adecuado dar un tratamiento secundario o avanzado para descargar el efluente directamente en un estuario, bahía o, si es más efectivo emplear un menor grado de tratamiento (preliminar ó primario) y descargar en mar abierto donde se tenga una mayor capacidad de dilución (150 a 1) lo que compensaría la disminución del costo que se obtenga al utilizar solamente el tratamiento primario con el aumento del costo de transportar el efluente hacia mar abierto a través de un emisario submarino.

Debido a que existe la preocupación por la concentración de contaminantes en el ecosistema marino y sus efectos dañinos, deberá darse especial atención a la localización de la descarga; para lo cual se deberá disponer de datos como caudales de aguas negras, concentración de contaminantes, eficiencia de los procesos de remoción de estos contaminantes, así como también las características físicas, químicas y biológicas de los sitios alternativos para la disposición final; en la práctica estos datos son de difícil obtención, pero esto no tiene que ser justificación para dejar a un lado el análisis de las consecuencias y costos de varias alternativas.

Se presentan variaciones en los valores de dilución inicial dependiendo de la ubicación de la descarga como se muestra en la Tabla 2.1. Sin embargo, la dilución real del efluente en un cuerpo de agua receptora depende de su caudal, de la cantidad de agua disponible para realizar la dilución, y de la remoción efectiva causada por las mareas.

TABLA 2.1: VALORES DE DILUCION INICIAL DEPENDIENDO DE LA LOCALIZACION DE LA DESCARGA.

LOCALIZACION DE LA DESCARGA	DILUCION INICIAL
Periferia de una bahía o estuario	0
Cabecera y medio de bahías o estuarios	20 a 30
En el medio de bahías o estuarios de gran tamaño	30 a 50
En mar abierto	100 a 150

FUENTE: Almeida, Sergio A.S., Planejamiento de sistemas de disposição de esgotos visando o mínimo custo e a máxima proteção ambiental, 10º congreso engenharia sanitaria, Manaus, Janeiro 1979, p. 2

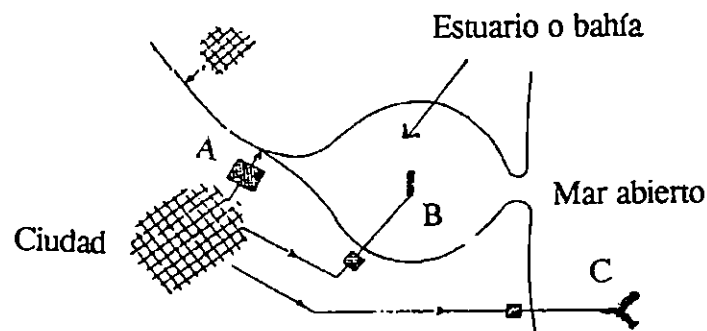
2.4.1.1.2 VENTAJAS DE LA ALTERNATIVA COSTERA

Cuando se realiza la comparación entre un sistema de tratamiento - disposición final típico que efectúa la descarga en el interior de un estuario / bahía y uno descargando en mar abierto, para los cuales el costo es el mismo, existe una clara diferencia en cuanto a los grados de tratamiento siendo mayor para el sistema que descarga en un estuario o bahía y por lo tanto un costo más alto, por lo cual la diferencia puede ser utilizada para construir un emisario en mar abierto. Otra comparación es que la alternativa costera produce menor concentración de contaminantes debido a la dilución física, ya que el cuerpo receptor es mucho más grande logrando con ello menor impacto a la salud pública, a la ecología y la estética. En general bajo ningún concepto se recomienda la descarga de aguas negras directamente al mar sin antes haber recibido tratamiento primario, por lo menos. para la remoción de materiales indeseables como sólidos suspendidos, grasas, aceites. etc. que presentan un aspecto antiestético. En resumen, la descarga en mar abierto presenta ventajas significativas en cuanto a concentraciones de contaminantes se refiere y a su costo de construcción comparado con los otros sistemas de tratamiento con

disposición en estuarios o bahías.

En la Figura 2.4 y Tabla 2.2 se presentan las alternativas posibles en un sistema de estuario y mar abierto, con relación a la localización de la disposición, con probables diluciones iniciales y concentraciones de contaminantes para cada alternativa, dependiendo del grado de tratamiento empleado. Es importante notar que las concentraciones de contaminantes medias en el cuerpo receptor, en el punto de descarga, son menores para el caso con menor grado de tratamiento; de modo similar, el grado de tratamiento necesario en cada una de las alternativas para producir una misma concentración de contaminantes junto a la descarga, es de la forma mostrada en la última fila de la Tabla 2.2. Para obtener una concentración de contaminantes igual a $C_0/150$ en el cuerpo receptor, no es necesario ningún tratamiento si la descarga se fija en el punto C (mar abierto), más será exigido 80% de remoción para poder descargar en el punto B (centro del estuario) y el 93.3 % de remoción para un punto A. (punto de inicio del estuario)

FIGURA 2.4: ALTERNATIVAS DE DESCARGA: A) PUNTO DE INICIO DEL ESTUARIO O BAHIA. B) CENTRO DEL ESTUARIO O BAHIA. C) MAR ABIERTO.



FUENTE: Almeida, Sergio A.S., Planejamento de sistemas de disposiçao de esgotos visando o mínimo custo e a máxima proteção ambiental, 10° congresso engenharia sanitaria, Manaus, Janeiro 1979, p. 2

TABLA 2.2: COMPARACION ENTRE LOS DIFERENTES PUNTOS DE DESCARGA.

LOCALIZACION DE LA DESCARGA	PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C
Dilución inicial, S_0 (con un caudal de río, Q_r , mínimo)	10:1	30:1	150:1
Concentración aproximada de contaminantes junto a la descarga, sin tratamiento, (C_0 = concentración de aguas negras en bruto)	$C_0/10$	$C_0/30$	$C_0/150$
Grado de tratamiento. (Remoción asumida, %)	Secundario 90%	Secundario 75%	Primario 35%
Concentración aproximada de contaminantes junto a la descarga.	$C_0/100$	$C_0/120$	$C_0/230$
Porcentaje de remoción necesario para obtener la misma concentración de contaminantes, $C = C_0 / 150$, en cada punto.	93.3 %	80 %	0 %

Fuente: Almeida, Sergio A.S., Planejamento de sistemas de disposição de esgotos visando o mínimo custo e a máxima proteção ambiental, 10º congreso brasileiro de engenharia sanitaria, Manaus, Janeiro 1979, p.4

Deben enfatizarse dos aspectos: primeramente, excepto para los procesos de desinfección no existe proceso convencional de tratamiento que remueva, en promedio, 93.3 % de DBO , DQO, sólidos en suspensión, tóxicos, u otros contaminantes significativos; en segundo lugar, para la descarga en mar abierto (dilución inicial media mayor 150), no sería necesario tratamiento.

Las ventajas de las alternativas costeras pueden resumirse como sigue:³

³Almeida, Sergio A.S., Planejamento de sistemas de disposicao de esgotos visando o mínimo custo e a máxima protecao ambiental, 10 congreso brasileiro de engenharia sanitaria, Manaus, 26 de Janeiro

1. Para los grados de tratamiento convencionales comúnmente empleados, las alternativas de lanzamiento de aguas negras en el mar abierto producen las menores concentraciones de contaminantes en cuerpos receptores.
 2. Generalmente, la descarga costera puede ser localizada en una área de significado ecológico no crítico o limitado, en cuanto que las regiones de estuario son una de las áreas más importantes y críticas, con relación tanto a la pesca marina, como a la ecología local.
 3. Ocurrendo una descarga costera, se reduce considerablemente la concentración de contaminantes en el estuario, que es una región crítica; por lo tanto, todos los efectos de los contaminantes son minimizados.
 4. Si surgieran contaminantes con características y orígenes desconocidos, para los cuales el proceso de tratamiento puede no ser adecuado, la alternativa costera ofrece reducción substancial de concentración de contaminantes por los efectos de la dilución, proporcionando por tanto una salvaguarda para minimizar los efectos de cualquier daño futuro.
 5. Si el proceso de tratamiento falla parcial o completamente, o con proporción a su deterioro como resultado de diversos factores, sus efectos sobre la ecología y sobre la salud pública podrán ser bastante graves. Por lo tanto, la alternativa costera con bajo grado de tratamiento o cualquier tratamiento, no presenta ese riesgo.
 6. La presente preocupación en cuanto al efecto de materiales tóxicos conservativos como DDT, PCB (Policloruro de benceno), etc. los cuales no son significativamente removidos por las plantas de tratamiento avanzado, pueden controlarse de una manera más efectiva origen. Pero, si estos materiales entraran en el sistema de desechos, el sistema costero presenta acentuadas ventajas. La alta dilución (≥ 150) alcanzada por los sistemas de dispersión en mar abierto, reduce las concentraciones iniciales de los contaminantes en el ambiente acuático. Por lo tanto una concentración inicial de contaminantes menor, favorece su incorporación al ecosistema o a la cadena
-

alimenticia. Así, los efectos biológicos esperados son menores en función del tiempo permitiendo así tiempo suficiente para su corrección, antes que un daño irreversible ocurra.

7. Se debe tener en mente que la descarga en un punto aguas arriba conducirá inevitablemente contaminantes significativos para el estuario o bahía. Observaciones hechas en diversos estuarios han mostrado que a largo plazo, estos contaminantes imponen una carga bastante acentuada en la región del estuario. Así, generalmente, se torna en una necesidad práctica y ecológica transportar todas las aguas negras generadas cerca del estuario hasta un punto donde se obtenga alta dilución (mar abierto). Solamente de este modo se podrá proteger al estuario o bahía de serios daños ecológicos.
8. Los defensores de los procesos de tratamiento avanzado o complejos frecuentemente establecen la hipótesis de que el sistema de transporte-dilución para la disposición en mar abierto no ofrece garantías, pues elimina la posibilidad del reuso del agua. De hecho, los procesos de tratamiento, con miras al reuso del agua, para conseguir ofrecer al consumidor un producto seguro, utilizan productos químicos en exceso, cuyos residuos, en gran parte, deben ser dispuestos en el medio ambiente a través de un sistema transporte - dispersión bien proyectado con alta capacidad de dilución para que el sistema de reuso de agua sea económico y ecológicamente viable.

2.4.1.2 PROFUNDIDAD DE LA DESCARGA

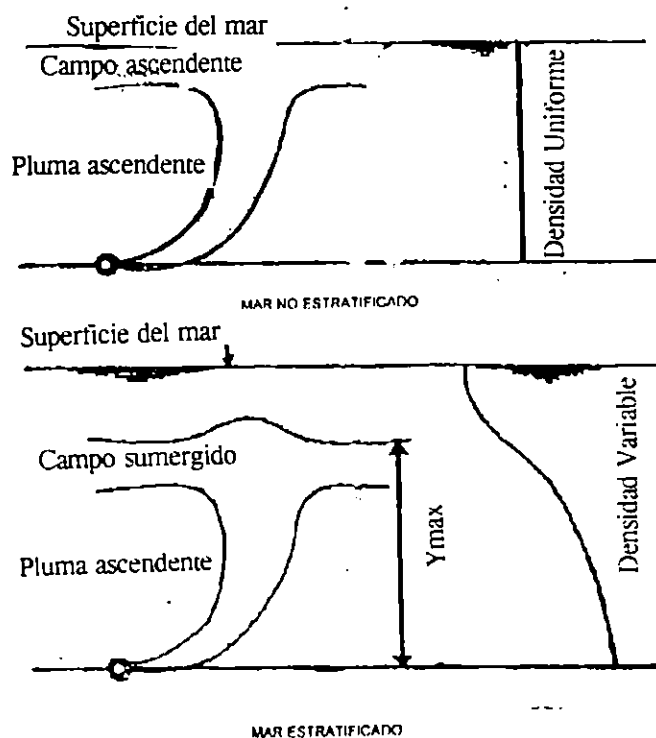
En general cuando se realiza la descarga de aguas negras en agua de mar, por medio de un emisario submarino se recomienda que esta se haga a una profundidad de 20 m o más; por dos razones importantes:

- a) A esta ó a mayor profundidad, existe estratificación en la columna de agua marina, especialmente en los meses de verano, esto es, que la densidad irá aumentando a medida aumenta la profundidad; si esta condición se cumple cuando se realiza la

descarga a través del difusor la mezcla aguas negras - aguas marinas no subirá a la superficie sino que permanecerá sumergida a una cierta profundidad donde la densidad del agua marina sea igual a la densidad de la mezcla efluente - agua marina. En resumen cuando se tiene la condición de estratificación no resultan campos superficiales.

b) Algunos estudios han mostrado (García Agudo et. al, 187; Josa 1994) que si se realiza la descarga a estas profundidades, la presión modifica la materia para que no flote, y de ésta manera se sedimente hacia el fondo del mar, por lo tanto no deben ser de preocupación sustancias flotantes como frutas, heces, etc. que no pueden ser removidas por el sistema de tratamiento preliminar. Las condiciones anteriores se ilustran en la Figura 2.5.

FIGURA 2.5: CAMPOS ASCENDENTES DE AGUAS NEGRAS/AGUA MARINA BAJO CONDICIONES ESTRATIFICADAS Y NO ESTRATIFICADAS.



FUENTE: Ludwig, Russell G., Evaluación del impacto ambiental: Ubicación y diseño de emisarios submarinos, Informe No. 43 de MARC., Documento EIA, 1988, p. 8

2.4.1.3 CORRIENTES MARINAS

Para planificar y diseñar el emisario de la forma más adecuada posible, es necesario tener conocimiento completo de las corrientes marinas en el área destinada para la descarga y las zonas adyacentes. El conocimiento de las corrientes y la ubicación más probable del emisario (que dependerá de la zona a proteger) será de mucha utilidad para realizar las estimaciones de dilución inicial, inmersión y transporte de campo lejano.

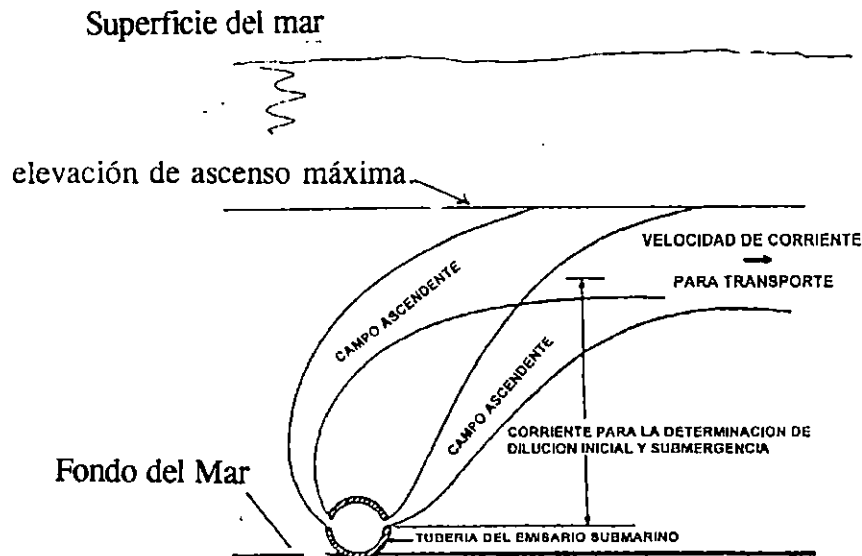
Es necesario conocer las velocidades de las corrientes desde el lecho marino hasta la altura máxima de ascenso, ya que estas corrientes arrastrarán la pluma mezclada de aguas negras aguas marinas en el punto de máximo ascenso hacia el campo lejano (ver Figura 2.6).

La cifra de velocidad de corriente para determinar la longitud del emisario submarino es aquel valor hacia la zona a ser protegida y que no debe exceder del 20% del tiempo de transporte (tiempo que tarda una partícula en llegar del extremo de la tubería sin considerar el difusor hasta la zona a ser protegida). La razón para esto es que el estándar usual para la concentración permitida de coliformes está expresada en los mismos términos, por ejemplo, 1000 NMP/100 ml sin sobrepasar el 20% del tiempo de transporte⁴.

La dirección hacia la costa, de las corrientes es otro punto importante de determinar, sobre todo si está dirigido hacia la zona de protección.

⁴Ludwing, op. cit., p. 10

FIGURA 2.6: EFECTO DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE SOBRE LA PLUMA DE AGUAS NEGRAS - AGUA DE MAR.



FUENTE: Ludwing, Russell G., Evaluación del impacto ambiental: Ubicación y diseño de emisarios submarinos, Informe No. 43 de MARC., Documento EIA, 1988, p. 11

2.4.1.4 LONGITUD DE LA TUBERIA DE CONDUCCION DEL EMISARIO SUBMARINO

La longitud de la tubería de conducción del emisario submarino es la distancia que hay desde la planta de tratamiento hasta el inicio del difusor, (ver numeral 2.5.1.3) y depende de la velocidad de la corriente hacia la costa, del valor del tiempo de transporte que está en función del T_{90} (tiempo necesario para el decaimiento del 90% de los coliformes remanentes, sobre y por encima de la reducción debida a dilución y/o difusión) y de la desaparición de bacterias.

2.4.1.5 DECAIMIENTO DE COLIFORMES

La reducción de organismos indicadores de contaminación se logra a través de la dilución inicial, dispersión horizontal y decaimiento de coliformes, de los cuales este último tiene mayor importancia para el cálculo del emisario submarino, por lo que se recomienda prestar la atención debida. Este valor se expresa como el valor de T_{90} . Estudios

anteriores han demostrado que el decaimiento de las bacterias en el mar obedece a una combinación de varios factores: físico, químico y biológicos interrelacionados, en los cuales se incluyen:⁵

- a) La presencia de sustancias tóxicas en aguas marinas.
- b) La absorción de materias y su floculación y/o sedimentación.
- c) La acción destructiva de la luz solar.
- d) La falta de nutrientes requeridos.
- e) La presencia de bacteriófagos.
- f) La utilización de bacterias por parte de protozoos y otros predadores como alimentos.
- g) Los efectos competitivos y antagónicos de otros microorganismos.

De los factores mencionados anteriormente no se ha logrado determinar cual es el de mayor importancia, ya que el efecto individual de cada uno de ellos es altamente variable, sin embargo, las investigaciones han demostrado que influyen en gran parte en el decaimiento de las bacterias.

En general se recomienda la medición del T_{90} en el lugar más probable de la descarga utilizando las descargas de aguas residuales existentes. El valor de T_{90} es afectado considerablemente por la temperatura del agua marina. Los valores determinados para aguas relativamente cálidas han sido consistentemente menores que para aguas más frías. Para aguas cálidas tropicales tales como las que existen en muchos países en desarrollo, son comunes los valores de T_{90} de 1 a 1.5 horas.⁶ A continuación se muestran algunos valores de T_{90} determinados por mediciones en el lugar de la descarga en aguas tropicales o semitropicales (ver Tabla 2.3).

⁵Ludwing, *op. cit.*, p.24

⁶Ludwing, *op. cit.*, p.24

TABLA 2.3 : VALORES DE T₉₀

UBICACION	VALORES DE T ₉₀ (horas)
Honolulu, Hawai	0.75 o menos
Bahía de Mayagüez, Puerto Rico.	0.7
Río de Janeiro, Brasil	1.0
Niza, Francia	1.1
Accra, Ghana	1.3
Montevideo, Uruguay	1.5
Fortaleza, Brasil	1.1 a 1.5
Maceió, Brasil	1.2 a 1.5
Santos, Brasil	0.8 a 1.7

FUENTE: Salas, Henry J., Emisarios submarinos, enfoque general, conceptos básicos de diseño y requerimiento de datos para América Latina y el Caribe, CEPIS/OMS/OPS, Versión revisada 1994, p. 3.

En la tabla anterior podemos observar que no existe diferencia significativa en los valores de T₉₀ de un país con respecto a otro considerando posiciones geográficas variantes, sin embargo lo más recomendable para el diseño del emisario submarino es que se efectúe la medición del T₉₀ para cada ciudad en la que se pretenda utilizar este sistema de tratamiento.

Las investigaciones de campo han demostrado que la reducción de coliformes (T₉₀) es mucho mayor durante la noche, lo que hace pensar que la luz solar es un factor importante en la reducción de bacterias. Sin embargo, las zonas de protección se han mantenido con una cantidad aceptable de coliformes, para valores de T₉₀ determinados durante el día.

2.4.2 INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCION DEL EMISARIO SUBMARINO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

2.4.2.1 IMPACTOS NEGATIVOS

La implementación del sistema de emisario submarino creará algunos impactos ambientales negativos, como todos los sistemas de tratamiento de aguas negras, como por ejemplo:

- Durante el período de construcción causará un impacto en la playa y en el área contigua a la planta de tratamiento.
- También creará un impacto permanente en la zona de mezcla, pero anticipándose a esta situación deberá realizarse un diseño que sea capaz de garantizar que la pluma efluente-agua marina permanezca sumergida a lo largo de todas las estaciones del año, excepto por algunos períodos donde las corrientes y variaciones de temperatura sean tales que no permitan una estratificación de densidades adecuadas.
- Existe también una preocupación por la contaminación de las aguas marinas a través de sustancias tóxicas solubles en las grasas del cuerpo, como DDT y PCB (bifenilos policlorados); se deberá tener especial cuidado al analizar la procedencia de las aguas negras y detectar a tiempo la presencia de éstos contaminantes, tratando de mantener sus concentraciones por debajo del límite permisible. Por otra parte estudios realizados por Bascon (1982) y Bascon y Brown (1984), han revelado que los metales contenidos en las aguas negras no causarán daño a los animales marinos ni a las personas que consumen tales animales.

2.4.2.2 IMPACTOS POSITIVOS

El impacto positivo se logra basándose en el objetivo principal de la creación del emisario submarino como sistema de disposición final de aguas negras para zonas costeras como son:

- Disminuir los riesgos a la salud pública.
- La protección de las playas consideradas como zonas de recreación y la recuperación

de su belleza natural.

- En la etapa de construcción del emisario submarino se puede obtener impactos positivos como: la creación de fuentes de trabajo, la venta de materiales propios de la zona, si fuera necesaria la habilitación de caminos de acceso hacia el lugar de construcción, además la habilitación o aumento de transporte hacia dicha zona.

2.5 DISEÑO HIDRAULICO

En el diseño hidráulico del emisario submarino, cuyos componentes principales son la tubería de conducción y el difusor, se establecen las dimensiones principales para cada uno de ellos. En el caso de la tubería de conducción: longitud, diámetro, ubicación (trazo de la tubería) y profundidad de descarga. Para el difusor: longitud, diámetro, número y separación de los orificios.

2.5.1 DISEÑO DE LA TUBERIA DE CONDUCCION

2.5.1.1 SELECCION DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA

Para determinar el diámetro de la tubería de HDPE se utiliza el mismo método que para otro material de tubería. Estableciendo un balance entre las pérdidas por fricción contra las velocidades de flujo necesarias para evitar la deposición de residuos o el crecimiento de bacterias. Las tuberías de HDPE poseen paredes sumamente lisas (sin rugosidades) proporcionando con esto excelentes características de flujo, esto permite obtener mayor velocidad para menor diámetro en comparación con tuberías de otros materiales.

El valor utilizado para la fórmula de Hazen Williams es de $C=155$ ⁷, la Tabla 2.4 muestra los rangos de velocidades de flujo en tuberías de HDPE, para evitar que haya depósito de sedimentos que puedan obstruir la tubería.

⁷Reiff, *op. cit.*, p. 4

TABLA 2.4: RANGOS DE VELOCIDAD DE FLUJO EN EMISARIOS SUBMARINOS DE HDPE

TAMAÑO NOMINAL DE LA TUBERÍA (cm)	RANGOS SATISFACTORIOS DE VELOCIDAD (m/s)
10 - 30	0.7 - 2
25 - 50	1.2 - 3
40 - 75	2 - 4

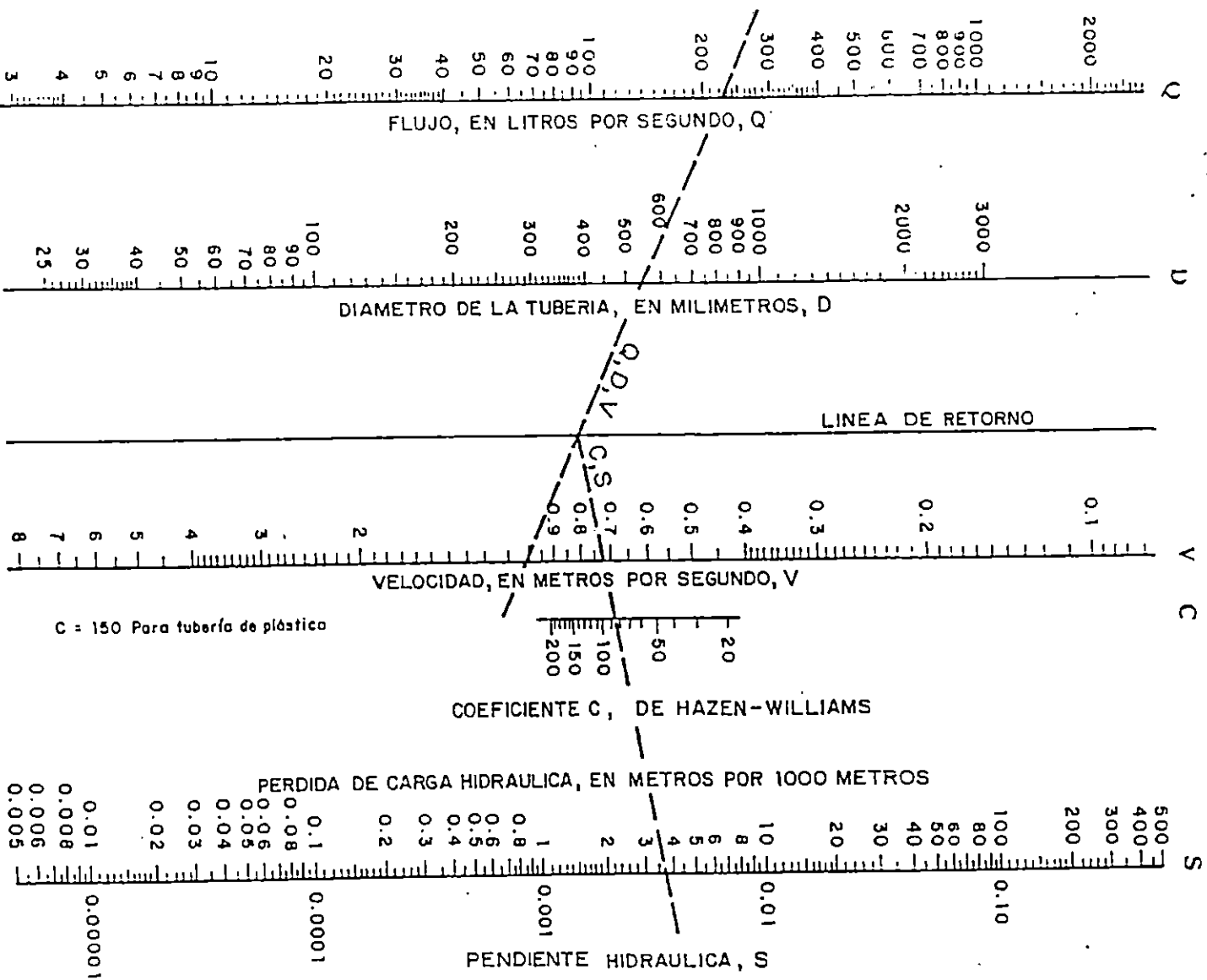
FUENTE: Reif, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1997, p. 4.

Para evitar el uso de dispositivos limpiadores dentro de la tubería es necesario que se mantengan las velocidades mínimas de limpieza por lo menos una vez al día y durante un tiempo suficiente para darle un lavado completo a la tubería, en caso contrario podrían presentarse deposiciones de sólidos y crecimiento de bacterias en las paredes o llegar hasta su constricción o cierre. La utilización de un programa de limpieza usando dispositivos limpiadores será necesaria cuando se ha proyectado un sistema para 25 años, lo que significa que en sus primeros años de operación los flujos no alcanzarán un nivel adecuado para obtener velocidades de limpieza.

Además de proteger la tubería con un sistema de auto limpieza también será necesario efectuar un tratamiento primario a las aguas negras antes de ingresar a la tubería lo que ayudará a evitar problemas posteriores.

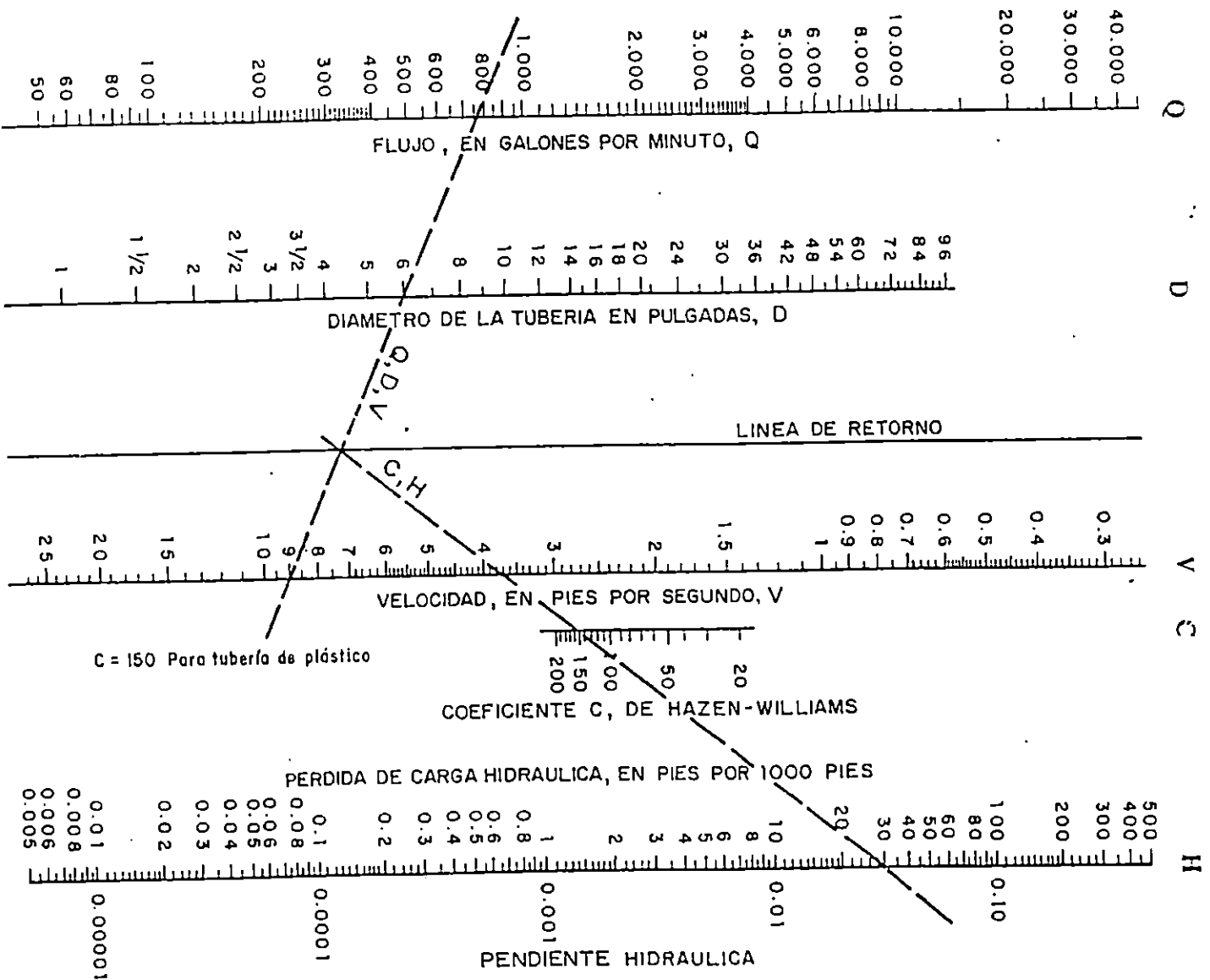
Los nomogramas de las Figuras: 2.7 (Unidades Métricas) y 2.8 (Unidades Inglesas) basadas en la Fórmula de Hazen-Williams, pueden utilizarse para determinar las pérdidas de presión y velocidades para diversas tasas de flujo en diferentes diámetros internos de tubería.

FIGURA 2.7: NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DE PERDIDAS DE PRESION Y VELOCIDADES. (UNIDADES METRICAS)



FUENTE: Reiff, op. cit., p. 6

FIGURA 2.8: NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DE PERDIDAS DE PRESION Y VELOCIDADES. (UNIDADES INGLESAS)



FUENTE: Reiff, op. cit., p. 7

2.5.1.2 SELECCION DE LA RAZON ESTANDAR DE DIMENSION DE LA TUBERIA (SDR)⁸

El valor de SDR para tuberías de plástico puede calcularse utilizando la fórmula siguiente:

$$SDR = \frac{D}{t} \quad (2.1)$$

donde,

D = es el diámetro exterior de la tubería

t = es el grosor mínimo de la pared

La tasa de la presión de la tubería está dada por la fórmula:

$$P = \frac{2P_h}{SDR-1} \quad (2.2)$$

donde,

P_h = presión hidrostática de diseño (56.24 kg/cm² = 800 PSI a 23°C para HDPE)

Las tuberías de plástico que presenten igual SDR tendrán también la misma tasa de presión, para diferentes diámetros. En la Tabla 2.5 se presentan algunos valores de SDR. con su respectiva tasa de presión.

⁸Reiff, *op. cit.*, p. 5

TABLA 2.5: TASA DE PRESION DE TUBERIAS HDPE(*)

SDR	41	32.5	26	21	19	17	11
Tasa de presión de la tubería (PSI)	40	51	64	80	90	100	160
Tasa de presión de la tubería (Kg/cm ²)	2.8	3.6	4.5	5.6	6.3	7.0	11.2

(*) Para resina con fuerza de diseño clasificada en 56.24 kg/cm² a 23 °C.

FUENTE: Reiff, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1997, p. 12.

La selección del SDR apropiado para un emisario submarino depende de un número de factores:⁹

- a) Fuerzas externas en las zonas rompiente de oleaje.
- b) Presiones debidas al manejo y construcción.
- c) Presiones internas de la tubería.
- d) Separación de las anclas.

En la Tabla 2.6 se presentan valores recomendados de SDR (espesores más grandes) para la zona de rompiente de oleaje, ya que en este lugar se presentan las mayores presiones externas originadas por las corrientes marinas y del impacto de objeto (rocas, palos, etc.) arrastrados por la misma y que por tanto es considerada la sección del emisario submarino más susceptible, de experimentar algún daño.

También se recomienda cuando existe lecho rocoso, que la tubería se coloque en una zanja excavada a profundidad suficiente y además deberá rellenarse con una capa de concreto para proporcionar protección a la tubería en períodos de oleaje

⁹Reiff, op. cit., p. 5

intenso. Cuando la zona de oleajes es arenosa la tubería deberá enterrarse por debajo del nivel mínimo esperado en la capa de arena. Fuera de la zona rompiente de oleaje únicamente se recomienda que el lecho del mar sea capaz de soportar el peso de la tubería.

TABLA 2.6: VALORES RECOMENDADOS DE SDR PARA TUBERIAS UTILIZADAS EN EMISARIOS SUBMARINOS.

VALORES DE SDR	ZONA DONDE SE RECOMIENDA	PROFUNDIDAD DE LA ZONA RECOMENDADA
11 a 21	Zona rompiente de oleaje.	- Menor de 15 m, en mar abierto. - Menor de 6 m, en bahía o estuarios.
19 a 32.5	Fuera de la zona rompiente de oleaje	- Mayores de 15 m, en mar abierto. - Mayores de 6 m, en bahía o estuarios.

FUENTE: Reif, *op. cit.* p. 8. Resumen

2.5.1.3 CALCULO DE LA LONGITUD DEL EMISARIO SUBMARINO

La longitud total del emisario submarino (L_T) viene dada por la siguiente fórmula:

$$L_T = L_p + L_d + L \quad (2.3)$$

Donde:

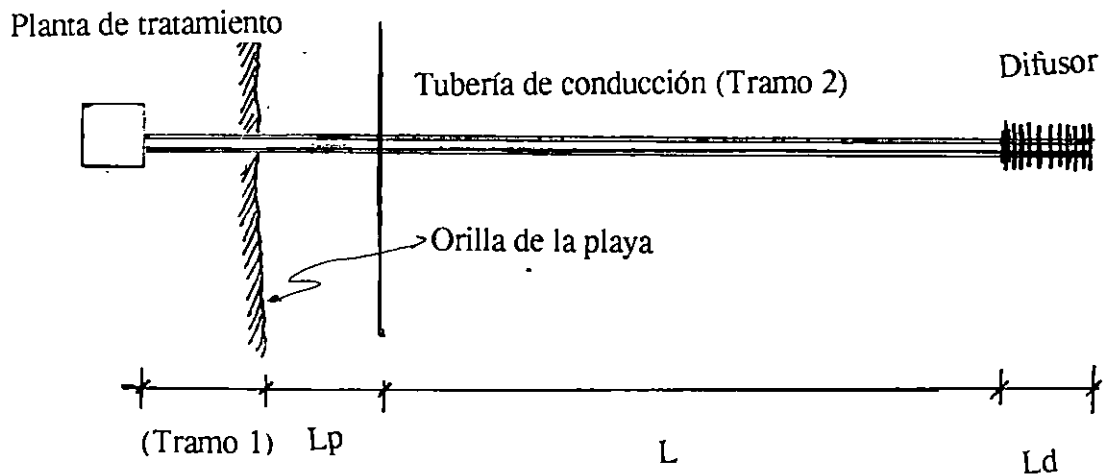
L_p = Zona de Protección ó de recreación

L_d = Longitud del difusor

L = Longitud de la tubería de conducción (Tramo 2)

En la Figura 2.9 se muestra un esquema general del emisario detallando cada una de las longitudes definidas anteriormente. Es de aclarar, que a la longitud expresada por ésta fórmula, deberá incrementarse, para encontrar la longitud de tubería de conducción, el tramo comprendido entre la planta de tratamiento y la playa (Tramo 1).

FIGURA 2.9: LONGITUD TOTAL DEL EMISARIO



Para el cálculo de la longitud de la tubería de conducción (L) es necesario contar con los siguientes datos:

- Datos del fondo marino, obtenidos por un levantamiento topográfico. La zona de protección, definida dependiendo del uso que se pretenda darle a la playa donde esté ubicado el emisario.
- La velocidad y dirección de la corriente marina. La concentración inicial de coliformes en el efluente descargado.
- El valor de T_{90} . Concentración permitida de coliformes en la zona de recreación en base a normas de protección de recursos hídricos de cada país.
- La dilución inicial, la dispersión horizontal y el decaimiento de bacterias.

La longitud de la tubería de conducción se determina mediante el procedimiento siguiente:

Primeramente se determina la reducción total requerida de coliformes (R_R) en la zona a proteger, por la fórmula 2.4:

$$R_R = \frac{C_o}{C} \quad (2.4)$$

donde:

- C_o = Concentración inicial de coliformes en el efluente descargado con tratamiento (NMP/100ml)
- C = Concentración permitida de coliformes (NMP/100 ml)

La reducción total (R_T) que puede obtenerse por medio de las diluciones, viene dada por la siguiente fórmula:

$$R = (DI)(DH)(DB) \quad (2.5)$$

donde:

- DI = Dilución inicial
- DH = Dilución horizontal
- DB = Desaparición de bacterias

El valor de R_T , deberá ser mayor que R_R , para garantizar de esta forma que se cumplirá con la concentración permitida de coliformes en la zona a proteger.

El cálculo de las diluciones puede realizarse como se muestra en los numerales 2.5.1.4, 2.5.1.5 y 2.5.1.6, de éste estudio.

2.5.1.4 CALCULO DE DILUCION INICIAL (DI)

El modelo de Roberts (1979) nos permite la determinación de la elevación de ascenso máxima y de dilución inicial, incluyendo los efectos de estratificación e inmersión.

El modelo de Roberts puede expresarse como sigue:

$$Y_{\max} = \frac{(1,000) \rho^{1/3} \Delta \rho^{2/3} c^2 q^{2/3}}{g^{1/3} \Delta \sigma} \quad (2.6)$$

- Y_{\max} = elevación de ascenso máxima
 c = constante que depende del Número de Froude
 ρ_m = densidad del agua marina: valor normal 1.0258
 $\Delta \rho$ = densidad del agua marina - densidad del efluente
 Valor normal $1.0258 - 0.9995 = 0.0263$
 q = unidad de la descarga del efluente desde el difusor en $m^3/s/m$
 por metro lineal de difusor.
 g = aceleración de la gravedad = 9.806 m/s^2
 $\Delta \sigma$ = variación de densidad en la columna marina de agua expresada
 en unidades marinas, esto es,
 $\Delta \sigma$ = $1000 (1-\rho)$. Cuando $\rho = 1.0258$, $\Delta \sigma = 25.80$

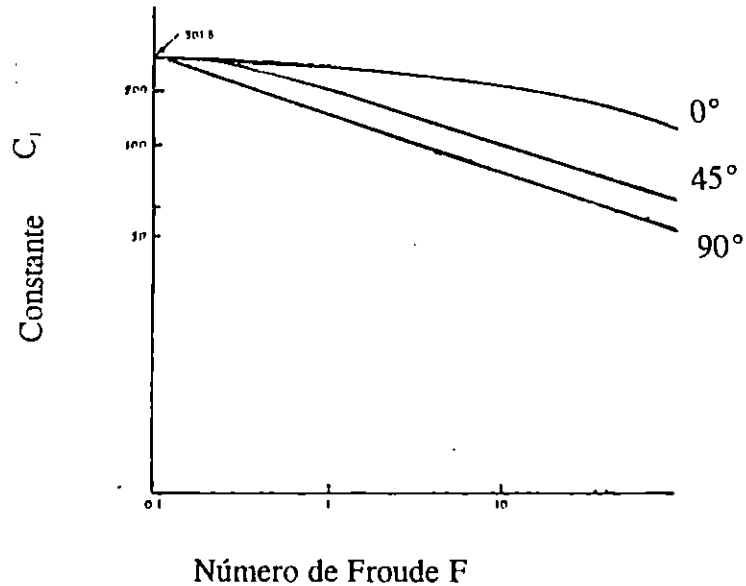
Para los valores normales de " ρ y $\Delta \sigma$ " mencionados, el modelo se convierte en :

$$Y_{\max} = \frac{C_1 q^{2/3}}{\Delta \sigma} \quad (2.7)$$

donde:

$$C_1 = 41.67 C^2$$

Los valores de la constante C_1 , dependen de la orientación que tendrá el difusor con respecto a la corriente del agua marina, y puede determinarse por medio de la gráfica de la figura siguiente:

FIGURA 2.10: GRAFICA PARA OBTENCION DE VALORES DE C_1 

El valor del número de Froude, se utilizará para el cálculo de la dilución inicial utilizando, tanto el método de Roberts (Fórmula 2.8) y el de Rawn, Bowerman y Brooks (Fórmula 2.11).

- Método de Roberts:

$$F = \frac{Vx^3}{g'q} \quad (2.8)$$

Donde:

- g' = aceleración aparente debida a flotación
 = $(\Delta\rho/\rho)g = 0.0263/1.0258 (9.806) = 0.251 \text{ m/s}^2$
- V_x = velocidad de la corriente marina, m/s en la zona de formación de la pluma.

Roberts ha mostrado que, para valores de F menores a 0.1, se tiene $C = 2.69$ y $C_1 = 301.5$. Para tales valores, la dilución inicial es independiente de la velocidad de la corriente y de la orientación del difusor, lo que proporciona una base para los cálculos de dilución inicial mínima. En tales casos el modelo se reduce a:

$$Y_{\max} = \frac{301.5 q^{2.3}}{\Delta\sigma} \quad (2.9)$$

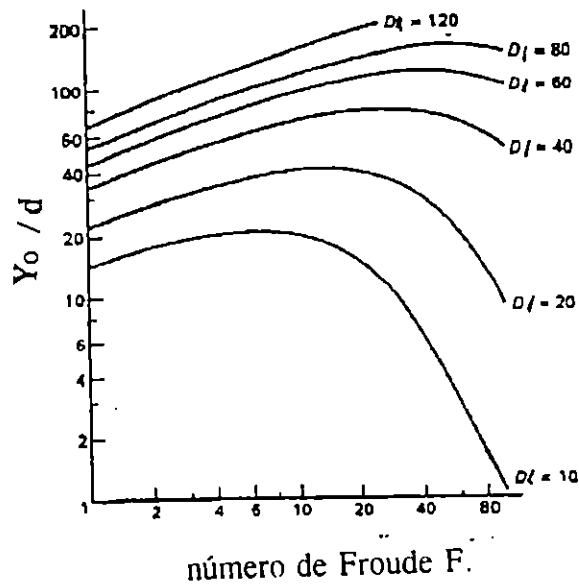
La dilución inicial en la línea central de la pluma mezclada agua marina/efluente en la máxima altura de ascenso, Y_{\max} está expresada como DI y puede determinarse, para todos los casos, como:

$$DI = \frac{1980}{\Delta\sigma} \Delta\rho = \frac{52}{\Delta\sigma} \quad (2.10)$$

- Método de Rawn, Bowerman y Brooks:

Dentro de este modelo se consideró que la dilución inicial depende de la profundidad Y_0 de la abertura de la descarga o profundidad de descarga, del diámetro del orificio de descarga d , y del número de Froude F . Este método consiste en el desarrollo de curvas partiendo de datos experimentales que han sido ampliadas por Abraham para el cálculo de la dilución inicial, tal y como se muestra en la Figura 2.11

FIGURA 2.11: (DI) POR MEZCLADO TURBULENTO DE UN CHORRO



Profundidad del orificio de descarga (Y_0)

El número de Froude se define como:

$$F = \frac{V_j}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_n}\right)gd} \quad (2.11)$$

donde :

- V_j = Velocidad del chorro
- $\Delta\rho$ = Diferencia de peso específico entre el residuo y el agua de mar que lo rodea.
- ρ_n = Peso específico del residuo.
- g = Aceleración debida a la gravedad.
- d = Diámetro del chorro de descarga.

Por lo general, el peso específico del agua de mar oscila entre 1.010 y 1.030, mientras que el del agua residual lo hace entre 0.990 y 1.000.

Cuando se encuentren corrientes moderadamente fuertes, la dilución inicial puede así mismo calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$DI = \frac{V_x L_d h}{Q} \quad (2.12)$$

donde:

- V_x = Velocidad de la corriente en m/s ó m/hora.
- L_d = Anchura efectiva del sistema difusor o longitud del difusor en m
- h = Profundidad media del campo de contaminación en m.
- Q = Caudal de agua residual en m³/s ó m³/ hora.

Esta fórmula es, simplemente, una relación de continuidad entre el caudal de agua residual y el de agua del mar por encima del difusor.

2.5.1.5 CALCULO DE DILUCION DEBIDO A DISPERSION HORIZONTAL (DH)

Brooks tiene dos métodos para el cálculo de la dilución horizontal y se presentan a continuación:

Primer método: utilización de la fórmula 2.13

$$\frac{C_o}{C_r} = \frac{1}{\text{fer} \frac{1.5}{[1 + \frac{8aT}{Ld^{2/3}}]^3 - 1}} \quad (2.13)$$

donde:

- C_o = Concentración inicial de coliformes
- C_r = Concentración de coliformes en tiempo T
- a = Coeficiente de difusividad horizontal = $1.67 \text{ m}^{2/3}/\text{hora}$
= $0.01 \text{ cm}^{2/3}/\text{segundo}$.
- Ld = Anchura efectiva del sistema difusor, metros
- T = Tiempo de transporte del campo de aguas residuales, horas.

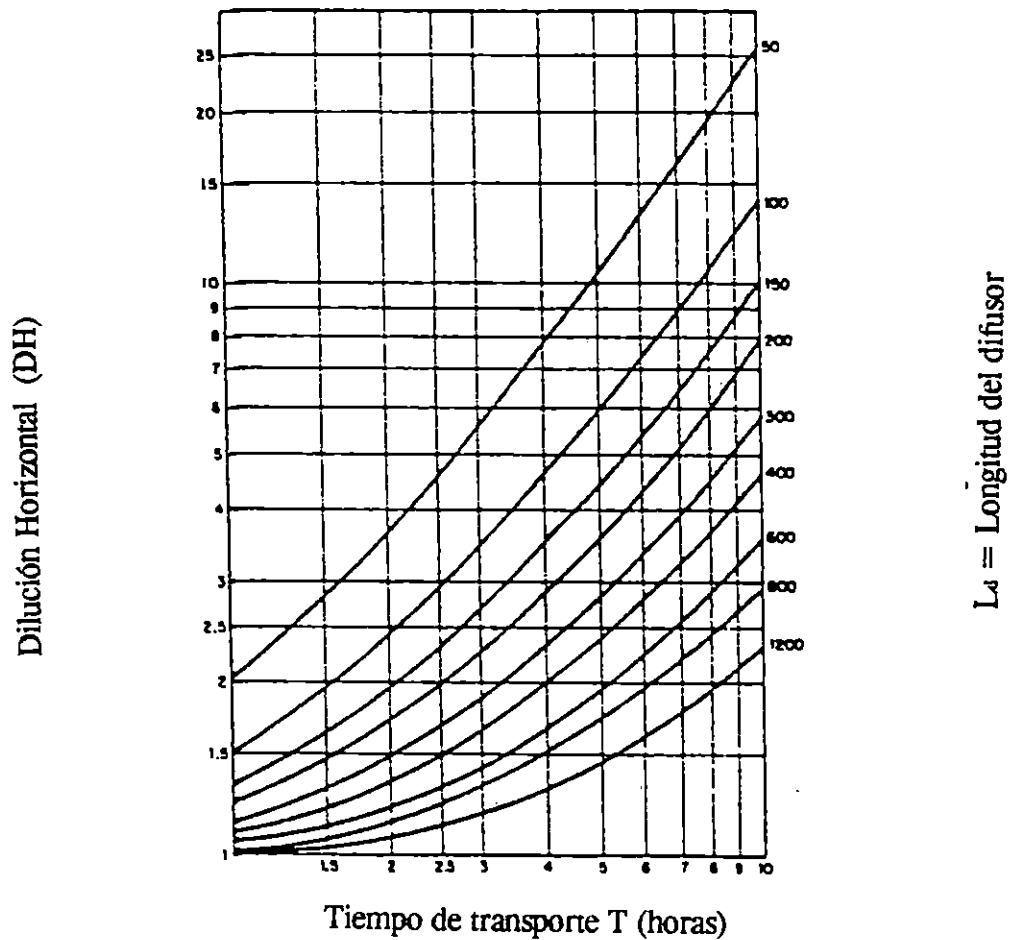
El cálculo de T se puede realizar por medio de la fórmula siguiente:

$$T = T_{90} \log DB \quad (2.14)$$

Donde DB, es la desaparición de bacterias, que puede calcularse según se explica en el numeral 2.5.1.6 de éste estudio.

El uso de la Fórmula 2.13 se simplifica utilizando la Figura 2.12, ya que únicamente se necesitará el ancho efectivo del sistema difusor (Ld) y el tiempo de transporte (T) hacia la zona de protección.

FIGURA 2.12: DILUCION RESULTANTE DE DISPERSION HORIZONTAL



FUENTE: Ludwig, R., *op. cit.*, p. 21

Como se observa en la figura anterior, para un valor dado de T, el valor de DH disminuye a medida que Ld aumenta. Sin embargo, debido a que el valor de DH es relativamente pequeño no tendrá gran influencia en el diseño del emisario.

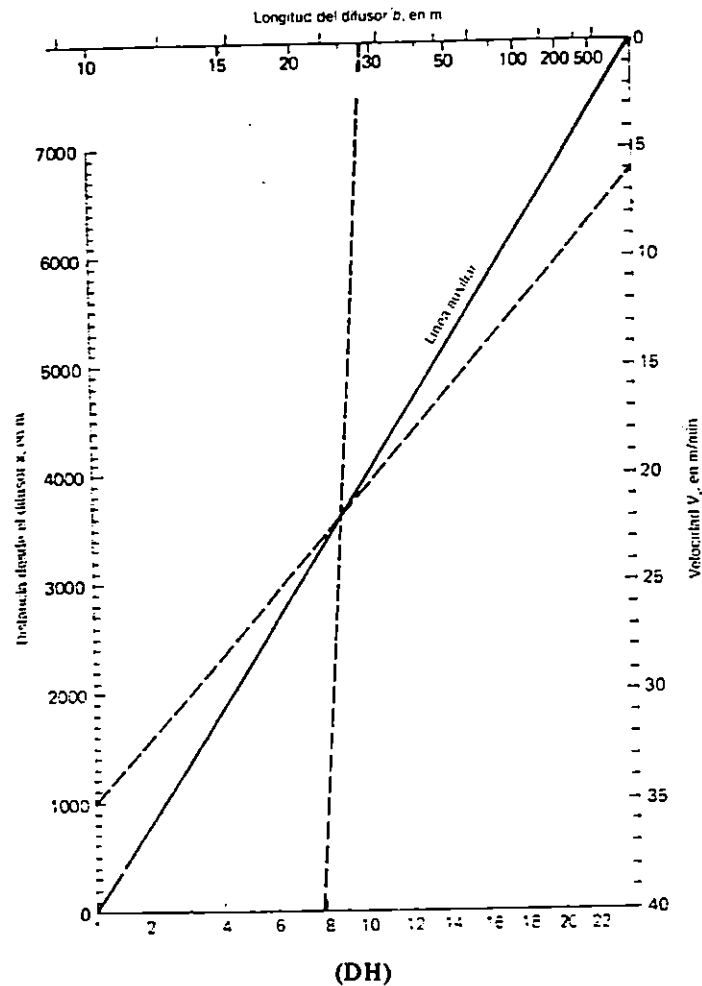
Segundo método: Utilización de la fórmula 2.15:

$$DH = \frac{1}{\text{fer.} \frac{3.2}{1 - 2.3\beta(xLd)^3 - 1}} \quad (2.15)$$

Donde: $\text{fer}(x) =$ función del error (x)
 $\beta = 12 G / V \times Ld$, número adimensional
 $G = 4.53 \times 10^{-4} (Ld)^{4/3}$

La figura 2.13 presenta un nomograma para la solución de la Fórmula (2.15).

FIGURA 2.13: NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DE DILUCION HORIZONTAL



2.5.1.6 DILUCION DEBIDA A LA DESCOMPOSICION DEL RESIDUO O DESAPARICION DE BACTERIAS (DB)

El cálculo de la dilución debida a la descomposición del residuo (DB) se realiza con la fórmula siguiente:

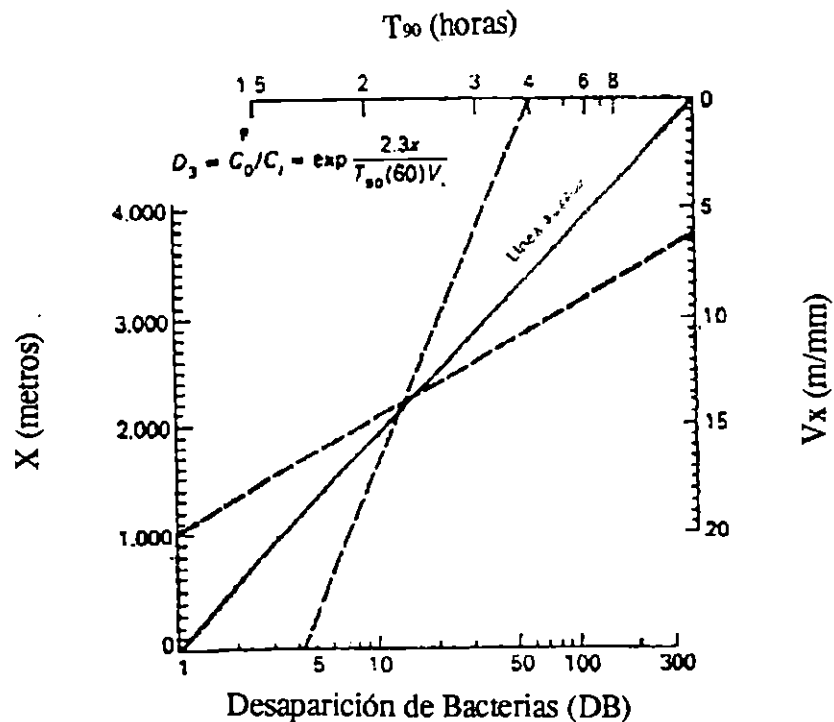
$$DB = \frac{C_B}{C_T} = e^{2.3x/T_{90}60(V_x)} \quad (2.16)$$

donde:

- T_{90} = Tiempo para la reducción del 90% de concentración bacteriana (horas)
 C_B = Concentración bacteriana después de la dilución inicial. (NPM / 100 ml)
 C_T = Concentración bacteriana en el tiempo T. (NMP / 100 ml)
 V_x = Velocidad de la corriente en m/min.
 x = Distancia desde el difusor hasta la zona de protección.

En la figura 2.14, se presenta un nomograma para la resolución de la ecuación 2.16.

FIGURA 2.14: NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DE DB



FUENTE: Metcalf, E., op. cit., p.938

2.5.2 DISEÑO DEL DIFUSOR

Comúnmente, un difusor puede diseñarse para proporcionar un valor mínimo de dilución inicial entre 100 y 150 cuando está funcionando bajo las condiciones marinas y de estratificación más desfavorables.

La sección del difusor debe estar orientada perpendicularmente a la corriente dominante. En la mayoría de los casos, las corrientes no muestran una dirección dominante, por lo que suelen usarse difusores en forma de Y o de V.

2.5.2.1 CALCULO DE TAMAÑO Y NUMERO DE ORIFICIOS DEL DIFUSOR

Para obtener valores altos de dilución inicial es recomendable que el diámetro de los orificios del difusor sea pequeño al igual que el espaciamiento entre ellos para una descarga por unidad de longitud del difusor. Liseth (1976) ha determinado que se obtendrá dilución máxima cuando el espaciamiento de los orificios l , sea tal que Y_{max}/l , este entre 5 y 10, en donde Y es la elevación final de ascenso de la pluma mezclada efluente/agua marina.¹⁰

A continuación en la Tabla 2.7 se dan algunos valores recomendados de diámetros de orificios con el objeto de evitar obstrucciones, según el tipo de tratamiento que se le da a las aguas negras.

¹⁰Ludwin, *op. cit.*, p. A.1.7

TABLA 2.7: VALORES RECOMENDADOS DE DIAMETROS DE ORIFICIOS DEL DIFUSOR SEGUN EL TIPO DE TRATAMIENTO.

DIAMETRO (METROS)	TRATAMIENTO
0.15	Cuando el agua residual solamente pasa por rejas gruesas.
0.05	Primario y secundario
0.075	Cuando se utiliza militamicos o tratamiento por tanque séptico

FUENTE: Ludwing, *op. cit.* p. A.1.8. Resumen.

Por otra parte cuando la profundidad de descarga es significativa, esto es, 20 m ó más, se recomiendan diámetros mayores a 0.08 m por que se incrementa la posibilidad de obstrucción.

Es muy importante asegurar que el área total de los orificios sea significativamente menor al área de la tubería aguas abajo de cualquier sección del difusor por la razón siguiente:

Cuando el área total de los orificios es mayor que el área de la tubería, la velocidad promedio de descarga por los orificios es menor que la velocidad de flujo en la tubería, lo que significa que el flujo tendría que desacelerarse antes de la descarga, lo que físicamente es imposible y por lo mismo algunos orificios no descargarán en su máxima capacidad, o no lo harán y que por tanto los orificios del difusor no cumplirían su propósito.

Por otra parte el movimiento superficial de las olas aumentará significativamente la profundidad del agua ocurriendo perturbaciones hidráulicas como

las describe Grace (1978): "Que la acción de las olas puede perturbar la operación continua de un difusor con multi-orificios ha sido confirmado por observaciones por buzos en dos emisarios submarinos en las aguas Hawaianas. En un emisario submarino una descarga de tinte en la parte opuesta del orificio cuando pasó la cresta de la ola, ingresó directamente al orificio para reaparecer como chorro del efluente y del agua marina en el siguiente seno de ola. Hubo algo de mezcla dentro del difusor, ya que el tinte apareció en otros orificios en ciclos posteriores. En otro emisario submarino, la descarga por los orificios se desaceleró bajo las crestas de las olas pero realmente no se revirtió. Tales situaciones, como se ha mencionado, no sólo causan perturbaciones hidráulicas sino que pueden llevar a que la arena en suspensión ingrese a las tuberías y se asiente en ellas. Debe salir un flujo adecuado de todos los orificios en todo momento".¹¹

Las relaciones de área total de los orificios y del área de la tubería de 70% a 75% son óptimas para altas profundidades de descarga ya que esto asegura una función apropiada del difusor y se necesitará una carga mínima de bombeo; aunque Brooks (1970) recomienda una relación del 90%. Sin embargo varios autores proponen relaciones del 50%, 70% etc., pero ninguno menciona la base de sustentación para tales relaciones.

En resumen la selección del diámetro y cálculo del número de los orificios del difusor se realiza de la siguiente manera:

Se recomienda que la sumatoria de las áreas de los orificios sea igual a un porcentaje del área de la tubería de conducción:

$$\Sigma A_o = \% A_T \quad (2.17)$$

¹¹ Ludwin, *op. cit.*, p.A.1.8

donde:

A_o = Area del orificio del difusor (m^2)

A_T = Area de la tubería de conducción (m^2)

El número de orificios N, será igual a:

$$N = \frac{\Sigma A_o}{A_o} \quad (2.18)$$

2.5.2.2 CALCULO DE LA LONGITUD DEL DIFUSOR

La selección de la longitud del difusor (L_d) se calcula para una dilución mínima de 100 a 1 para las condiciones más adversas de densidad, velocidad mínima de corriente, y que la pluma mezclada de aguas negras - agua marina permanezca sumergida durante todo el año y puede calcularse seleccionando la separación entre los orificios (l), y sustituyendo en la siguiente fórmula:

$$L_d = N \times l \quad (2.19)$$

donde:

N = Número de orificios del difusor (adimensional)

l = Separación entre los orificios del difusor (m)

El valor de l seleccionado debe ser tal que Y_{max} / l este comprendido entre 5 y 10.

- Análisis hidráulico:

La descarga de cada orificio puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$\Delta Q = C_D A_o \sqrt{2g\bar{E}} \quad (2.20)$$

donde:

ΔQ = descarga del orificio (m^3/seg)

C_D = coeficiente de descarga

A_o = Area del orificio del difusor (m^2)

E = carga hidráulica total en el flujo de la tubería principal en el orificio(m)

E se calcula como:

$$E = \frac{V_n^2}{2g} + h_n \quad (2.21)$$

donde:

V_n = velocidad en la tubería principal (m/seg)

h_n = diferencia en la presión de carga hidráulica entre el interior y exterior de la tubería. Esto es sólo un factor cuando el difusor está situado en una pendiente (m).

Brooks (1970), plantea las siguientes fórmulas para el cálculo del coeficiente de descarga:

Para orificios con salidas lisas con boca de campana:

$$C_D = 0.975 \left(1 - \frac{V_n^2}{E}\right)^{\frac{3}{8}} \quad (2.22)$$

Para orificios de filo cortante:

$$C_D = 0.63 - 0.58 \frac{V_n^2}{E} \quad (2.23)$$

El análisis es un proceso iterativo estimando primeramente el flujo en el último orificio del difusor y luego se calcula los flujos en los orificios restantes. La suma de las descargas de los orificios debe ser igual al flujo que entra en la tubería de conducción. En el proceso se recomienda mantener la misma descarga en todos los

orificios lo que se logra cambiando sus diámetros.

Cuando la pendiente del lecho marino donde está apoyado el difusor es cero no ocurren diferencias de presión y por tanto la descarga será igual para todos los orificios. Cuando el lecho marino presenta pendientes, existe carga hidráulica y como lo que se busca es tener un flujo uniforme se puede concluir que los orificios iniciales del difusor serán los más pequeños y los restantes orificios aumentarán de tamaño a lo largo del difusor por lo que se aconseja que los orificios más profundos descarguen más que la descarga promedio de los demás difusores.

Las pérdidas por fricción entre cada orificio puede calcularse por la fórmula de Darcy Weisbach, como se muestra en la ecuación 2.24

$$h_f = f \frac{l}{D} \frac{V_n^2}{2g} \quad (2.24)$$

donde:

h_f = Pérdidas por fricción

D = Diámetro del tubo

l = Distancia entre los orificios

V_n = Velocidad en la tubería

f = Coeficiente de fricción

g = Aceleración de la gravedad

Para un difusor tendido sin pendientes no existe necesidad de modificar el diámetro del orificio, ya que los cálculos sólo muestran una pequeña variación en la descarga de un extremo al otro del difusor. Esta variación sería mucho más pronunciada en un difusor en pendiente, y el tamaño del orificio deberá ajustarse apropiadamente.

2.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural comprende la selección del material de la tubería y además la forma, tamaño y separación de los elementos de anclaje necesarios para lograr sostener la tubería en el fondo del mar sin que ésta llegue a fallar. Por otra parte se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos: evaluación de la ruta submarina, y consideración de mareas y densidad del agua marina.

2.6.1 EVALUACION DE LA RUTA SUBMARINA

El establecimiento de una ruta submarina adecuada para la instalación de la tubería del emisario debe realizarse a través de la obtención de toda la información disponible, en cartas náuticas, mapas oceanográficos, cartas y sondeos SONAR, así como muestras del fondo marino. Sin embargo, es recomendable realizar una evaluación de la posible ruta para la instalación de la tubería, por medio de buzos experimentados, uno de ellos puede ser un ingeniero, ya que existen factores pequeños, para aparecer en mapas o en la pantalla del sonar, pero que pueden representar serios obstáculos como, grandes rocas, arrecifes, escollos, caídas abruptas, que aumenten los costos de instalación con la colocación de codos prefabricados, (para cambiar la dirección de la tubería) lo que a su vez aumenta el tiempo de construcción debido a la dificultad de ubicar el codo en el ángulo correcto, con esto se pretende lograr la máxima explotación de la flexibilidad de la tubería de HDPE que puede doblarse hasta 40 veces el diámetro de la misma.

En esta evaluación es importante que los buzos ubiquen físicamente los obstáculos por medio de boyas marcadoras y que determinen la distancia entre ellos usando cinta medidora. Puede ayudar el uso de fotografías de los lugares críticos.

Después de la ubicación de los obstáculos, se debe explorar en ambos lados de cada uno de ellos para encontrar una ruta satisfactoria. Si se tiene éxito, entonces el buzo deberá marcar usando boyas de otro color la ruta encontrada.

La distancia entre boyas marcadoras se determina a conveniencia, y va desde 5 m hasta 50 m¹², el trabajo de la marcación de la ruta puede facilitarse usando boyas de colores brillantes para aumentar su visibilidad, y ser ancladas con cuerdas seguras para evitar que sean arrastradas por las corrientes, puesto que éstas se utilizarán para establecer dos puntos de control en la orilla por medio de triangulación y así lograr registrar la ruta con exactitud para futuras referencias, es recomendable que la distancia entre la orilla y los puntos de triangulación no sea menor de 1/4¹³ de la longitud del emisario submarino.

2.6.2 CONSIDERACION DE MAREAS Y DENSIDAD DEL AGUA MARINA

Las mareas tienen fluctuaciones diariamente, la magnitud de estas fluctuaciones varía durante el año y el mes lunar, por lo tanto es posible que llegue a coincidir el flujo pico de aguas negras y la marea más alta, por esta razón será necesario considerar en el diseño ésta crítica situación para evitar una sobrecarga en el desagüe.

El hecho que el agua marina tiene una densidad mayor que la del efluente, en un 2.5%¹⁴, agrega al sistema una carga hidráulica estática, por ejemplo: Un emisario submarino que descargue a una profundidad de 60 m, tiene una carga hidráulica de "diferencia de densidad" de uno y medio metros.

Estas dos situaciones deben ser previstas, a la hora del diseño, para usar una carga estática superior, que las anteriormente mencionadas, y evitar así el uso de instalaciones de bombeo en comunidades de escasos recursos.

¹²Reiff, *op. cit.*, p. 2

¹³Reiff, *op. cit.*, p. 2

¹⁴Reiff, *op. cit.*, p. 5

2.6.3 ANCLAJE DE LOS EMISARIOS SUBMARINOS DE HDPE.

A continuación detallaremos las causas más importantes de las fallas de la tubería de emisarios submarinos, las cuales se deben a situaciones en sus puntos de anclaje.

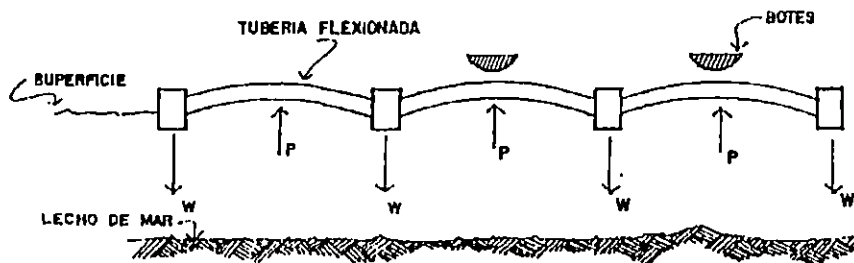
- Una causa común del fracaso de los emisarios submarinos se debe a un anclado inadecuado de la tubería en el fondo del océano. En los emisarios submarinos de pequeño diámetro, el minado de la superficie de apoyo raras veces es problema, debido a que las tuberías pequeñas necesitan bloques de anclaje pequeños lo que produce poco o ningún arrastre; si así fuera, las tuberías y anclas tienden a reposar en la excavación de arrastre sin causar ruptura de la tubería debido a las características flexibles de HDPE.
- Otra falla en los sistemas de emisarios submarinos es el uso de metales no resistentes a la corrosión por el agua salada, para fijar los bloques de anclaje a la tubería, y al fallar éstos, la tubería se suelta y flota hacia la superficie.

2.6.4 DETERMINACION DE LA DISTANCIA ENTRE LOS BLOQUES DE ANCLAJE

La tubería de HDPE estará sujeta a una serie de fuerzas como:

- Las fuerzas ejercidas por el peso de las anclas durante el flotamiento y remolque de la tubería durante su instalación. Ver Figura 2.15. A) y B).
- Las fuerzas hidrodinámicas por corrientes en el fondo del mar, de levantamiento y de arrastre. Ver Figura 2.15. C)
- Las fuerzas provocadas por el hundimiento de las anclas en un lecho suave. Ver Figura 2.15. D)

FIGURA 2.15: FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE LA TUBERÍA DURANTE EL FLOTAMIENTO.
 PERFIL A



PLANTA B

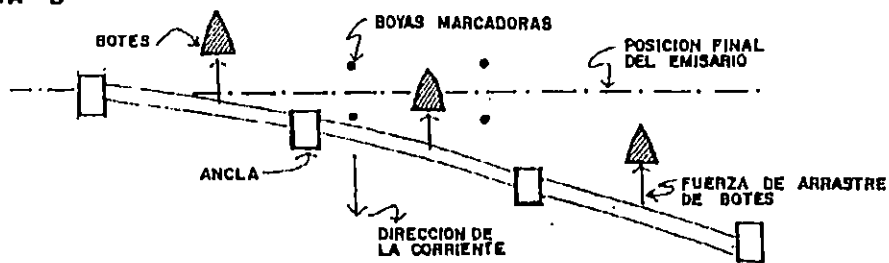
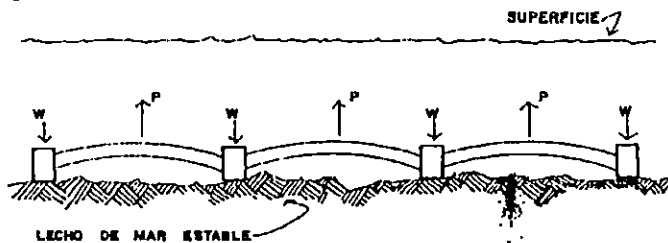
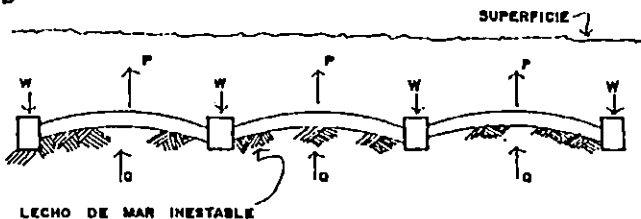


FIGURA 2.15: FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE LA TUBERÍA EN EL FONDO DEL MAR.

PERFIL C



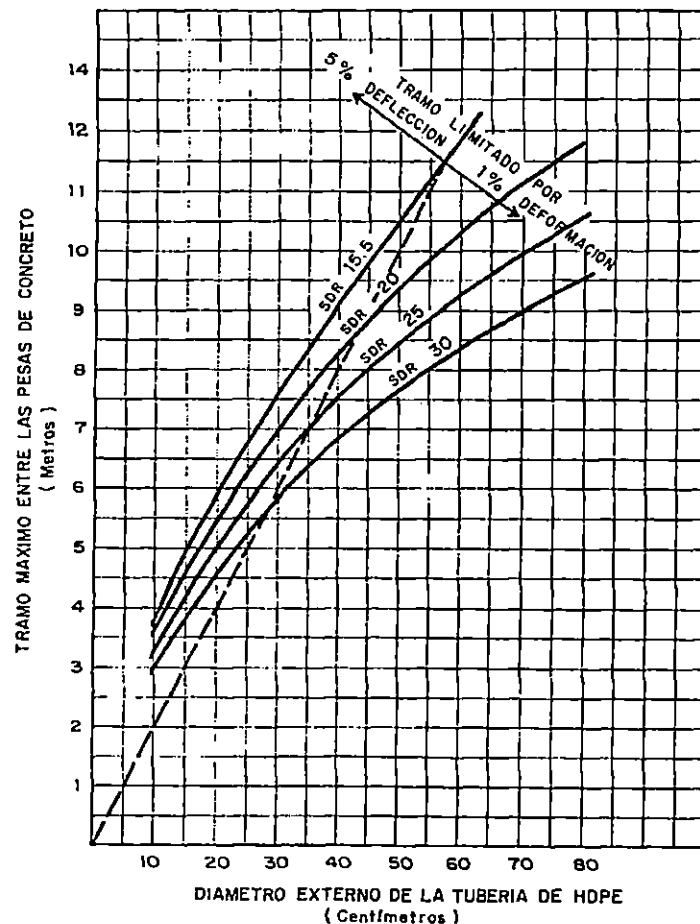
PERFIL D



Para minimizar las desviaciones a menos de 5% y deformaciones en la tubería a menos de 1% durante el período de instalación, que es el más crítico para la tubería se desarrolló gráficas como la de la Figura 2.16, usada para determinar el espaciamiento máximo entre anclas (pesas de concreto).

Usualmente este espaciamiento está limitado a 5 ó 6 metros por obtener mayor facilidad de instalación, pues es más fácil el manejo de anclas más pequeñas. También desde el punto de vista de las fuerzas hidrodinámicas es más favorable tener anclas pequeñas y más juntas, que grandes y con mayor espaciamiento.

FIGURA 2.16: TRAMO MAXIMO ENTRE LAS PESAS DE CONCRETO PARA LAS TUBERÍAS SUBMARINAS DE HDPE.



FUENTE: Reiff, F., *op. cit.*, p.10

2.6.5 DETERMINACION DEL PESO DEL BLOQUE DE ANCLAJE

La función del peso del ancla (lastre) es evitar que la tubería fuera de la zona rompiente de oleaje flote y prevenir que la tubería dentro de la zona rompiente de oleaje se mueva aún en las peores condiciones de tormenta.

El término utilizado para determinar el peso del bloque que sirve de ancla para emisarios submarinos es el factor de hundimiento (K), o gravedad específica del sistema, que se define como: la razón de la fuerza total hacia abajo a la fuerza total hacia arriba del sistema incluyendo la tubería, el contenido de la misma y el peso de los bloques. El valor de K es un indicador de la estabilidad de la tubería y sus diversas fuerzas hidrodinámicas ejercidas por el mar. Los valores apropiados de k oscilan entre 1.1 a 1.5, fuera de la zona de rompiente de oleaje con corrientes menores a 4 nudos (0.72 m/s), sin embargo se debe tener precaución a la hora de usar este valor para la zona rompiente de oleaje si se trata de una descarga en mar abierto.

El valor de K puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$K = \frac{S(W_p + W_s) + W_A}{SVW_m + W_a \frac{W_m}{W_c}} \quad (2.25)$$

Donde:

W_A = Peso total de cada ancla en el aire (kg)

W_s = Peso unitario del contenido de la tubería (kg/m)

W_p = Peso unitario de tubería (kg/m)

W_m = Densidad del agua marina (kg/m^3)

S = Distancia seleccionada entre las pesas (m)

V = Unidad de volumen externo de la tubería por unidad de longitud (m^3/m)

W_c = Densidad del concreto (kg/m^3)

K = Constante sin unidad (razón deseada de la fuerza hacia abajo a la

fuerza hacia arriba a la que se denomina frecuentemente factor de hundimiento)

Despejando W_A obtenemos:

$$W_A = \frac{S(KVW_m - W_p - W_s)}{1 - KW_m/W_c} \quad (2.26)$$

Es recomendable usar el 80% del peso máximo del anclaje en la tubería que se ubica en la zona rompiente de oleaje, para efectos de poder hacerla flotar durante la instalación. Bajo estas condiciones, $K = 1$ y $W_s = 0$ y la Fórmula 2.26 se simplifica a:

$$W_A = \frac{0.8S(W_m V - W_p)}{1 - W_m/W_c} \quad (2.27)$$

2.6.6 DISEÑO DEL BLOQUE DE ANCLAJE

El elemento de anclaje de tubería puede ser diseñado de diferentes formas, tamaños, materiales.

- En cuanto a su forma se recomienda usar la rectangular ya que con esta forma el ancla no rodará cuando reciba fuerzas laterales provocadas por las corrientes o por el efecto del oleaje.
- Es recomendable utilizar anclas de tamaño más pequeño posible para facilitar su manejo al momento de la colocación de la tubería.
- De los materiales se recomienda el concreto reforzado porque su densidad es apropiada y tiene una gran duración en el medio marino.

En general la selección del diseño debe basarse en:

- a) facilidad de sujetar las anclas a la tubería

- b) resistencia de los anclajes a la corrosión del agua salada
- c) facilidad de fabricar el concreto.

A continuación se muestran tres diseños diferentes para anclajes hechos de concreto reforzado con resistencia al agua salada (obtenida usando aditivo o cemento especial para ello) con una resistencia a la compresión igual a 200 Kg/cm^2 a los 28 días.

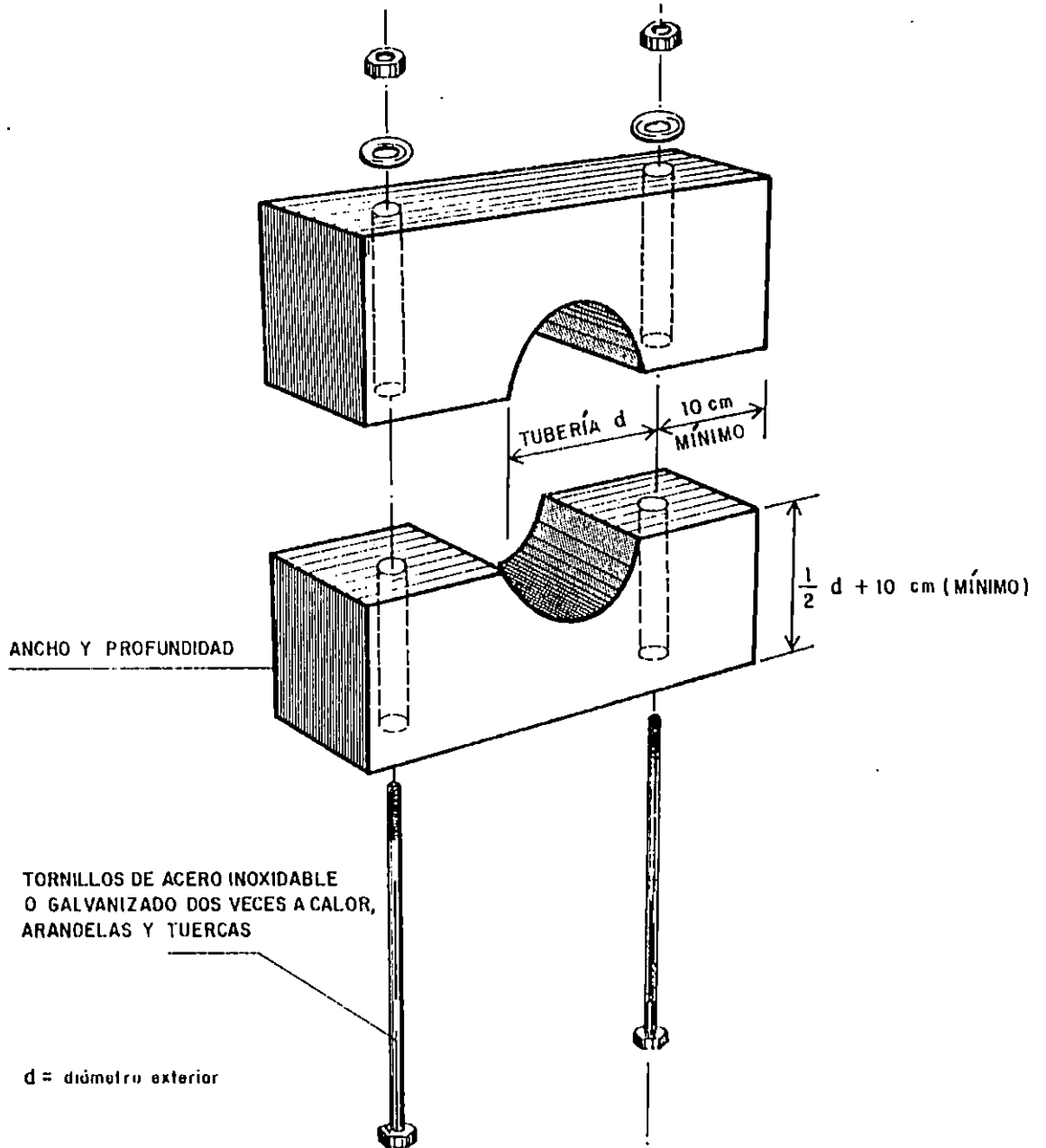
Anclaje tipo A: (ver Figura 2.17) éste tipo de diseño es utilizado comúnmente para tuberías de pequeño diámetro y consta de dos bloques rectangulares de concreto de manera que estos puedan envolver la parte externa de la tubería. La unión de los bloques es por medio de dos pernos hechos de material resistente a la corrosión por agua salada (se puede utilizar fibra de vidrio, polietileno plástico enlazados al calor).

Anclaje tipo B: (ver Figura 2.18) éste diseño es mayormente utilizado cuando el diámetro del emisario submarino es mayor de 20 cm. Este anclaje consta de un bloque rectangular en el cual están insertados cuatro pernos que es donde se acoplan las placas de sosten. Un aspecto importante de mencionar cuando se utiliza este tipo de anclaje es que la distancia de separación entre ellas no depende en gran medida de la deformación o la deflección de la tubería sino del equipo que se disponga para el manejo de las anclas.

Anclaje tipo C: (ver Figura 2.19) éste tipo de anclaje tiene la forma de un bloque trapezoidal y tiene la ventaja de presentar menos problemas provocados por la corrosión y además es el más fácil de instalar ya que se aprovecha la deformación de la tubería de HDPE prensándola con grandes garfios a cada lado en la zona donde irá ubicado el anclaje; luego la tubería deformada temporalmente es insertada a través del cuello delgado de la abertura que mide 0.6 veces el diámetro de la tubería. Una vez colocada la tubería se sueltan los garfios haciendo que la tubería recupere su forma original.

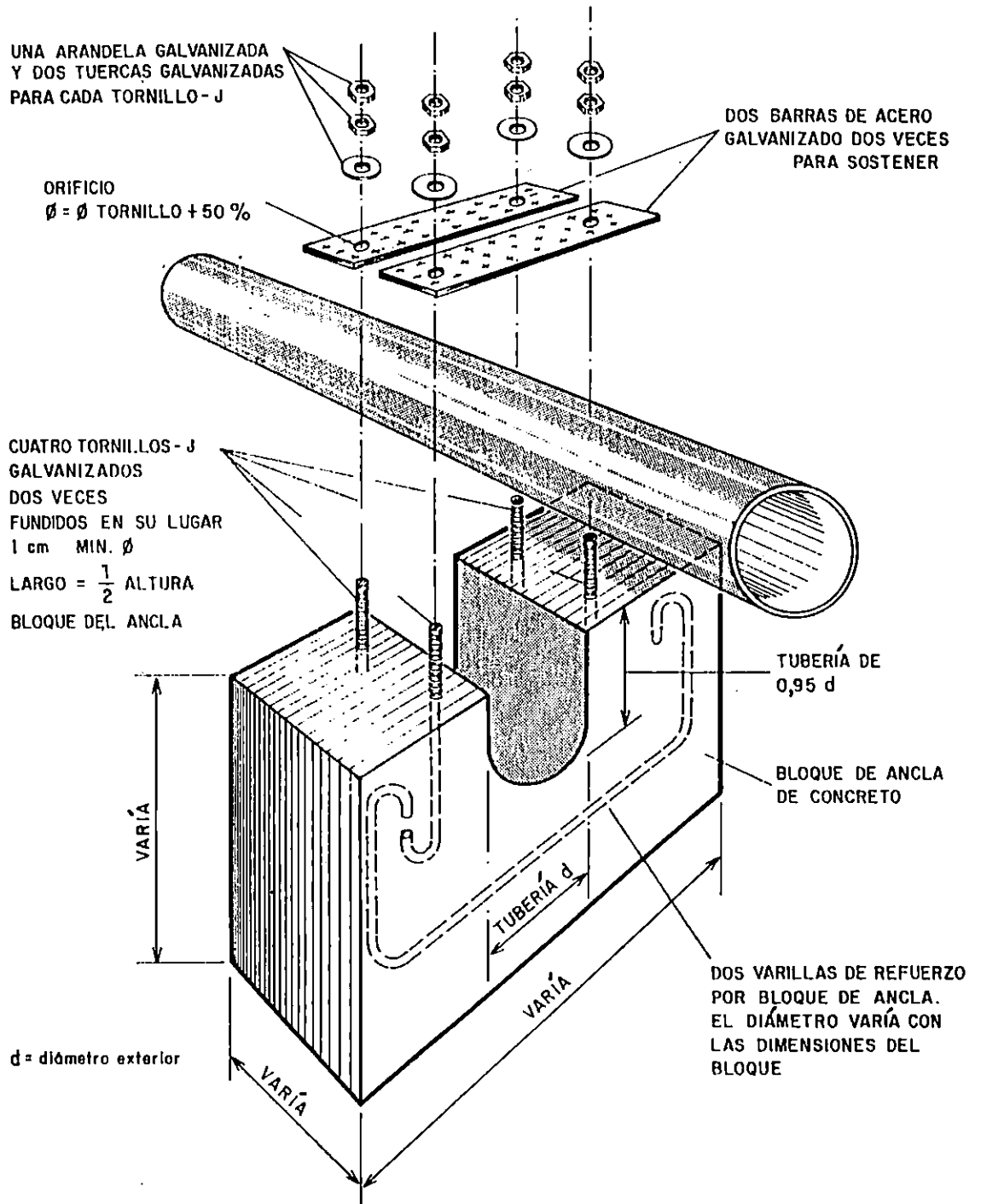
La ventaja que presentan los bloques descritos anteriormente es que estos pueden ser ensamblados en fábrica o pueden hacerlo los trabajadores que instalarán el emisario submarino en el sitio.

FIGURA 2.17: COLLARIN DE ANCLA DE CONCRETO PARA TUBERIAS CON DIAMETROS MENORES A 20 CM. (TIPO A)



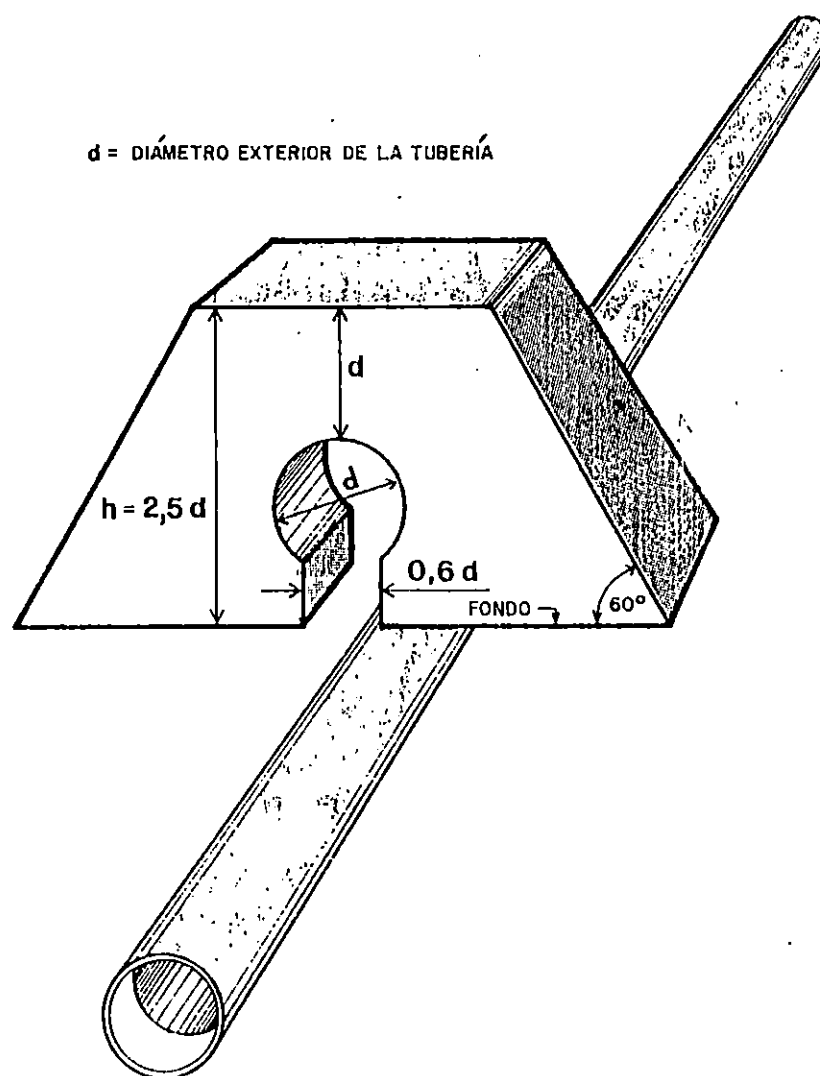
FUENTE: Reiff, F., *op. Cit.*, p. 13

FIGURA 2.18: BLOQUES DE ANCLA DE CONCRETO TIPO "B" PARA EMISARIOS SUBMARINOS DE HDPE



FUENTE: Reiff, F., *op. Cit.*, p.13

FIGURA 2.19: BLOQUES DE ANCLA DE CONCRETO REFORZADO TIPO "C"
PARA EMISARIOS SUBMARINOS DE HDPE



FUENTE: Reiff, F., op. Cit., p.14

CAPITULO III

3.0 DIAGNOSTICO DE LAS PRINCIPALES CIUDADES DE LA ZONA COSTERA DE EL SALVADOR

3.1 CIUDAD DE ACAJUTLA

3.1.1 GENERALIDADES

El Municipio de Acajutla tiene un área total¹⁵ de 166.59 Km², de los cuales 6.15 Km² constituyen el área urbana. Está limitado al Este por el Municipio de Sonsonate, al Norte por los municipios de Santo Domingo, Sonsonate y Guaymango, al Oeste por el municipio de Jujutla departamento de Ahuachapán y al Sur por el Océano Pacífico. La altitud media es de 20 msnm. La distancia desde la ciudad de Acajutla a San Salvador es de 84 Km. El Municipio cuenta con una población urbana de 18,095 habitantes¹⁶, tiene una densidad poblacional de 286 hab/Km², el número total de viviendas es de 10,678 de las cuales 4,239 son urbanas y 6,439 rurales. Los centros turísticos lo constituyen las playas de Acajutla, Las Flores, Metalío, San Pedro y Los Cóbano.

3.1.2 EDUCACION

El índice de analfabetismo alcanza un 62.26% para la población de 15 años y más, como se puede observar en la Tabla 3.1, repercutiendo en la calidad de mano de obra ya que en este grupo se encuentra el mayor porcentaje de la población económicamente activa. El 21% de la población urbana es analfabeta lo que indica que existe mayor oportunidad educativa para dicho sector que para el área rural (45% de analfabetismo).

¹⁵CENSO de población, Dirección General de Estadística y Censo, Ministerio de Economía, 1992.

¹⁶CENSO de población, Dirección General de Estadística y Censo, Ministerio de Economía, 1992.

TABLA 3.1: ANALFABETISMO POR ESTRUCTURA DE EDADES

GRUPO POR EDADES	ANALFABETOS	PORCENTAJES
5 a 9 años	4,152	28.44
10 a 14 años	1,357	9.30
15 y más	9,091	62.26
TOTAL DE ANALFABETOS	14,600	100

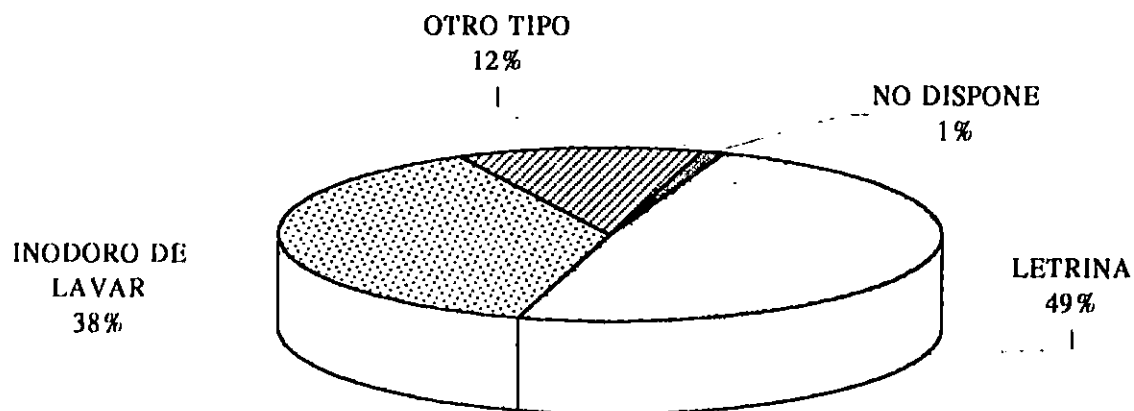
FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de población, 1992. Digestyc-Minec

3.1.3 SANEAMIENTO

3.1.3.1 SERVICIOS SANITARIOS

El tipo de servicios sanitarios más utilizado en la ciudad de Acajutla lo constituyen las letrinas, y es un pequeño porcentaje el que no cuenta con servicios sanitarios como puede observarse en la Figura 3.1

FIGURA 3.1: TIPOS DE SERVICIOS SANITARIOS UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE ACAJUTLA

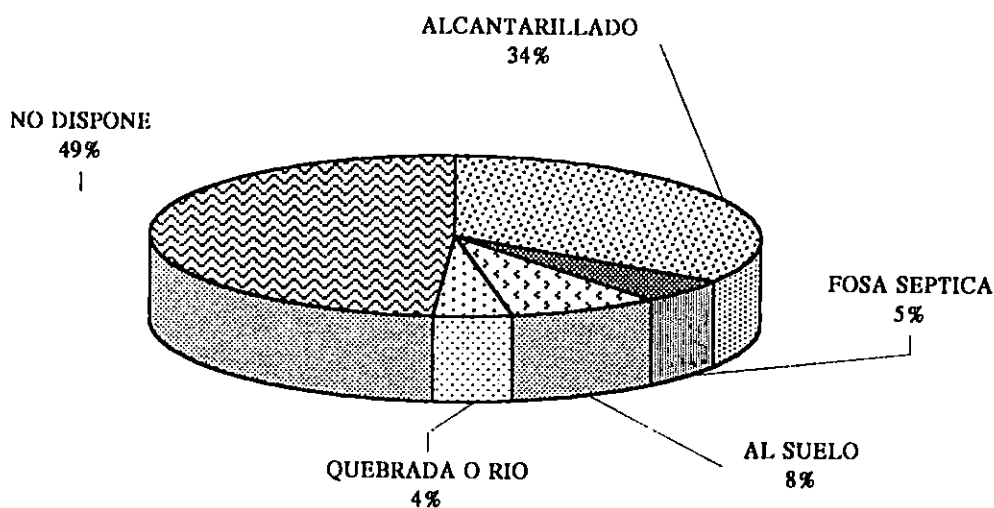


FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.1.3.2 DESAGÜE

Constituye un serio problema el porcentaje tan elevado de la población que no cuenta con un desagüe adecuado, pues como se puede observar en la Figura 3.2 es del 49%; un 34% es drenado por el sistema de alcantarillado sanitario y el resto desagua a ríos, quebradas, fosa séptica o directamente al suelo, las cuales son formas contaminantes para el medio ambiente.

FIGURA 3.2: TIPOS DE DESAGÜES UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE ACAJUTLA



FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.1.3.3 CARACTERISTICAS DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS

La cobertura del sistema de alcantarillado de aguas negras alcanza un valor del 34%, y está formado en su mayoría por tubería de ϕ 8" (37%), y seguida de la tubería de ϕ 10" con un 26%, la tubería de ϕ 20" con un 19%, la tubería de ϕ 15" con un 13% y en menor grado la tubería de ϕ 12" con un 5%, con un total de 31 pozos de registro, y finaliza descargando en el río Sensunapán en un punto, y una segunda descarga en la playa contiguo al muelle artesanal. (ver plano 3.1)

3.1.3.4 DESECHOS SOLIDOS

La cobertura de los servicios de recolección de desechos sólidos se limita a 20%, de la cual un 43% es quemada, el resto es enterrada o depositada en cualquier lugar, lo cual genera contaminación de las aguas subterráneas, aguas superficiales, suelo, aire, y se incentiva la proliferación de insectos y roedores.

La Alcaldía Municipal para prestar el servicio de recolección de basura cuenta con 3 camiones: 2 de volteo y 1 camión con compactadora de basura, los cuales atienden aproximadamente 25 colonias, con visitas cada 2 días. Es importante mencionar que uno de los factores que retrasa la evacuación de la basura es que el botadero está ubicado a 16 Km de distancia de la ciudad, en el cantón Tonalá, donde la basura no recibe ningún tipo de tratamiento.

Según visitas de campo se logró determinar que los lugares más afectados con el problema de la basura son los barrios de La Playa, La Coquera, Los Coquitos, El Barquito y El cementerio, donde se observaron acumulaciones de basura, (ver fotografías 3.1, 3.8 y 3.9, numeral 3.1.14) y plano 3.1, debido a que los camiones recolectores no efectúan recorrido en esas zonas ya que se consideran inaccesibles, por el mal estado en que se encuentran las calles.

3.1.4 AGUA POTABLE

La cobertura de los servicios públicos como el agua potable se pueden diferenciar por las fuentes de abastecimiento de la forma indicada en la Tabla 3.2

TABLA 3.2: FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE ACAJUTLA.

FUENTE	TOTAL VIVIENDAS	PORCENTAJE (%)
CAÑERIA	2,287	23.56
POZO	5,233	53.90
RIO	1,238	12.75
MANANTIAL	667	6.87
OTROS	283	2.92
TOTAL	9,708	100

FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

Las viviendas que cuentan con el vital líquido, pero que lo adquieren de fuentes no seguras, asciende al 76.44%, por lo tanto todos estos habitantes se encuentran a expensas de contraer enfermedades gastrointestinales ó de otra naturaleza.

3.1.5 SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

Siendo el sistema de recolección de aguas lluvias un sistema que trabaja por gravedad, se ve limitado en las zonas donde la topografía del lugar presenta pocas pendientes, sin embargo en la ciudad de Acajutla a pesar de estar situada frente a la costa, cuenta con una zona de una altura de 20 m sobre el nivel del mar, que comprende las colonias de: IVU, Acaxual, CEL, RASA, San Julián y Los Laureles, en las cuales no se presentan problemas de profundidad para la localización de pozos y tuberías, las cuales dirigen el agua proveniente de las lluvias hacia el río Sensunapán. Sin embargo existe una parte de las colonias de la ciudad del Acajutla, que no cuentan con el servicio de recolección de aguas lluvias, como los barrios La Playa, El Campamento y La Coquera; provocandose problemas de estancamiento de agua en lugares inadecuados, convirtiéndolos

en focos de contaminación y proliferación de vectores e inundaciones en los lugares más bajos. (ver fotografía 3.3 y 3.4, numeral 3.1.14).

La falta de éste servicio se debe a dos factores:

- El barrio La Playa se localiza a escasos 2 m sobre el nivel del mar, lo que dificulta la canalización hacia vertederos de la red de alcantarillados que actualmente funciona para la ciudad.
- En los barrios El Campamento, La Coquera y El Barquito, el servicio no puede prestarse por que sus calles no disponen de cordones y cunetas.

3.1.6 INFRAESTRUCTURA

La vivienda tipificada como mesón, rancho, choza y otros constituyen el 19.42% y en ellos no se cumple con los requerimientos básicos para poder ser habitada. La ciudad de Acajutla cuenta con centros de recreación como parques municipales, canchas de baloncesto, piscinas, salas de cine, casa de la cultura. La carretera pavimentada comunica con Sonsonate, las calles de la ciudad son pavimentadas, adoquinadas, empedradas y de tierra, un ramal ferrocarrilero la une con Sonsonate. Cuenta con el principal puerto marítimo internacional y la única refinería de petróleo en el país.

3.1.7 USO DE SUELO

Entre las principales actividades productivas del Municipio de Acajutla se pueden mencionar la agricultura, el cultivo de granos básicos, la ganadería, la pesca industrial, artesanal y el turismo, sin embargo, la actividad económica más sobresaliente es la industrial, que comprende la refinería de petróleo (única en el país) y la planta de generación de energía eléctrica, a base de combustible, más importante a nivel nacional.

En cuanto al uso potencial de los suelos podemos observar que el 11.95%¹⁷ son

¹⁷Rivera Magaña, Rene Antonio, Plan de Gestión Ambiental para el Desarrollo del Municipio de Acajutla, ASCIA/FIAES/ACAJUTLA No (CYA 0009), Noviembre 1996, p.10

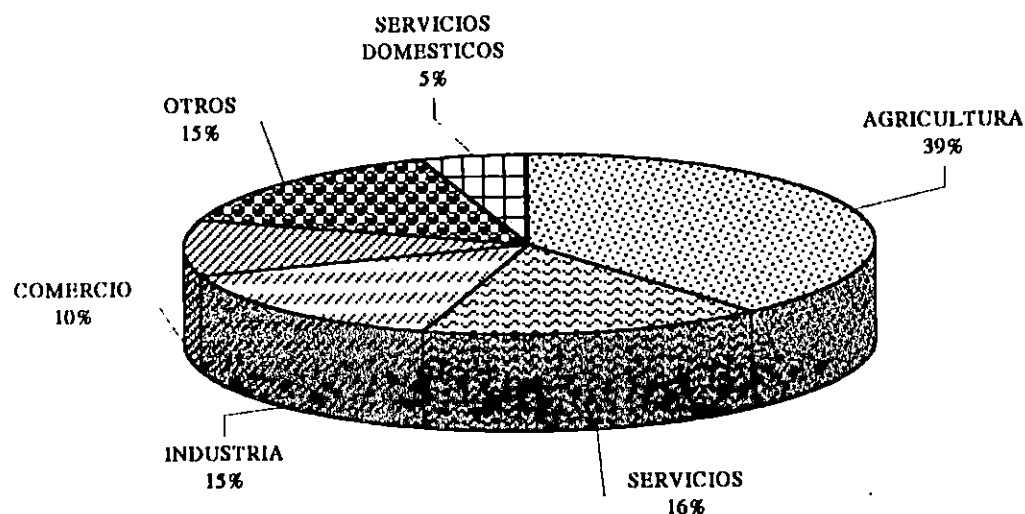
terrenos aptos para cultivos intensivos anuales mecanizados por su poca pendiente, y el 49.28%¹⁸ son tierras con severas limitaciones para cultivos anuales intensivos.

El total de los terrenos con potencial agrícola es de 14,018 Ha. de éstas únicamente se utilizan 11,187 Ha, para la siembra de granos básicos como maíz, maicillo y en menor cantidad la caña de azúcar, hortalizas, frijol, ajonjolí, arroz, yuca, mangos, jocotes y cocoteros; además con el desarrollo de los pastizales se favorece la producción pecuaria en especial la ganadería y en menor escala ovejas, aves de corral y cerdos. Un problema notorio en la agricultura y la ganadería de estas zonas lo es la contaminación de los suelos y el agua, así como prácticas inadecuadas de siembra, enfermedades y plagas, sobre utilización de los productos agroquímicos, etc.

3.1.8 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

La población económicamente activa es de un 29.05%, la cual se distribuye por rama de actividad como se muestra en la Figura 3.3, en donde puede observar que la agricultura absorbe gran parte de la población económicamente activa con un 39%.

FIGURA 3.3: POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR RAMA DE ACTIVIDAD PARA LA CIUDAD DE ACAJUTLA



FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

¹⁸ Rivera, *op. cit.*, p.10

3.1.9 SALUD PUBLICA

Dentro de las primeras diez causas de morbilidad de consulta externa en el departamento de Sonsonate, se encuentran las enfermedades gastrointestinales tanto de origen infeccioso como las causadas por parásitos intestinales, como podemos observar en la tabla siguiente:

TABLA 3.3: PRIMERAS DIEZ CAUSAS DE MORBILIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE SONSONATE

ENFERMEDADES	Nº DE CONSULTAS	PORCENTAJE
Rinofaringitis aguda (resfrío común)	18,168	21%
Infecciones agudas de vías respiratorias	13,200	15%
Control periódico de salud del niño	12,576	14%
Control de embarazo normal	9,408	11%
Exámen búsqueda tumor maligno cuello del útero (PAP)	7,512	9%
Parasitosis intestinal, sin otra especificación	6,960	8%
Infección urinaria sin especificación del sitio	6,024	7%
Faringitis aguda	5,448	6%
Seguimiento periódico durante el puerperio	3,984	5%
Colítis, enteritis, gastroenteritis, presunto origen infeccioso	3,912	4%
TOTAL	87,192	100%

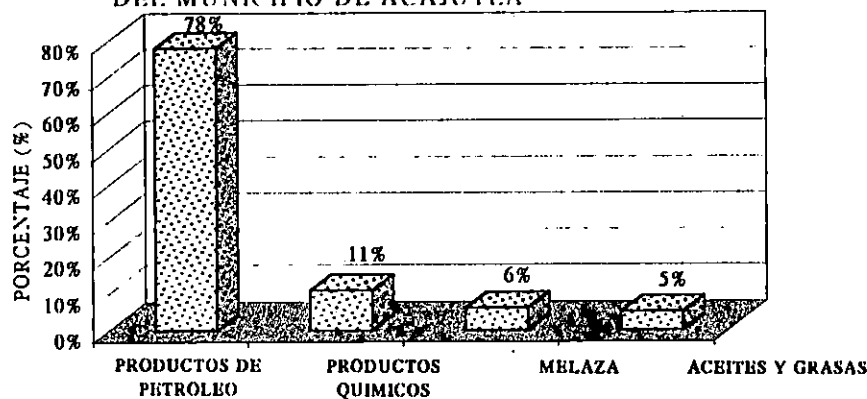
FUENTE: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Estadística, 1996.

La ciudad cuenta con 3 establecimientos de salud privados, 1 del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y 1 unidad de salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

3.1.10 INDUSTRIA

La actividad industrial de la ciudad de Acajutla, se ve favorecida por el puerto mercantil y la mayor cobertura de servicios básicos del municipio. Los principales tipos de industria existente son: petroleras, químicas, fertilizantes, almacenadora de alimentos y granos, productos comestibles (grasas y aceites comestibles), empresas de mariscos (procesadoras y granjas camaroneras), planta de generación térmica de energía eléctrica, puerto pesquero, etc. Sin embargo este desarrollo de la industria en la ciudad de Acajutla no representa un gran beneficio para sus pobladores, pues éstas no consumen materia prima del lugar, por el contrario, realizan un mal uso de los recursos agua, suelo, aire, etc. y la población que emplea este tipo de industria es poca y con un bajo salario. Los productos almacenados por las industrias representan un peligro potencial para el medio ambiente. Diariamente son almacenados 904,000 barriles de productos líquidos, distribuidos de la forma como se indica en la Figura 3.4, donde puede observarse que la mayor cantidad está formada por los productos petroleros.

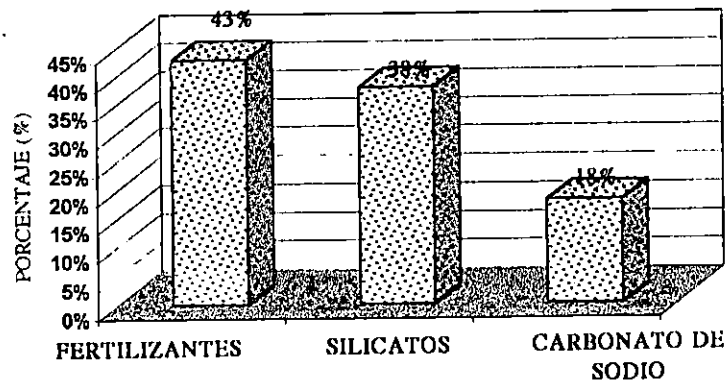
FIGURA 3.4: PRODUCTOS LIQUIDOS ALMACENADOS POR LAS INDUSTRIAS DEL MUNICIPIO DE ACAJUTLA



FUENTE: Elaborado en base a datos obtenidos del, Plan de gestión ambiental para el desarrollo del Municipio de Acajutla, Rivera Magaña, Rene Antonio, ASCIA/FIAES/ACAJUTLA No(CYA 0009), Noviembre 1996, p.14

Los productos químicos de tipo sólido que se almacenan diariamente ascienden a 4,119 toneladas métricas, distribuidas como se muestra en la Figura 3.5, en la cual se puede observar que los productos que representan un mayor peligro potencial al medio ambiente son los fertilizantes.

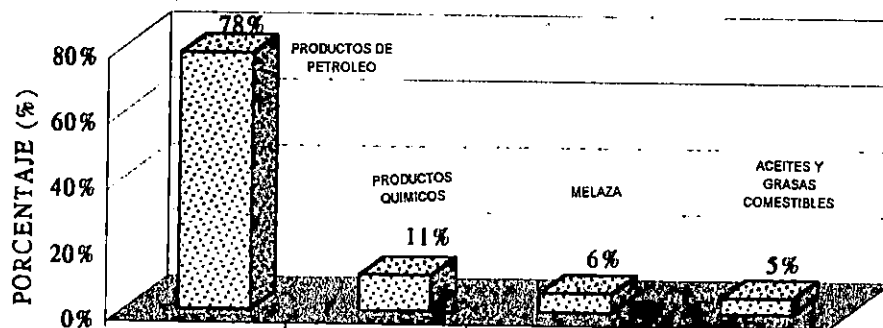
FIGURA 3.5: PRODUCTOS SOLIDOS ALMACENADOS POR LAS INDUSTRIAS DEL MUNICIPIO DE ACAJUTLA



FUENTE: Elaborado en base a datos obtenidos del, Plan de gestión ambiental para el desarrollo del Municipio de Acajutla, Rivera Magaña, Rene Antonio, ASCIA/FIAES/ACAJUTLA No(CYA 0009), Noviembre 1996, p.14

El transporte de productos químicos a través del puerto, es de un tamaño considerable pues anualmente se movilizan unos 13 millones de barriles, los cuales en su mayor parte lo conforman los productos de petróleo, como se puede observar en la Figura 3.6, y en menor proporción los químicos, la melaza y aceites comestibles.

FIGURA 3.6: PRODUCTOS QUIMICOS QUE SE MOVILIZAN A TRAVES DEL PUERTO DE ACAJUTLA



FUENTE: Elaborado en base a datos obtenidos del, Plan de gestión ambiental para el desarrollo del Municipio de Acajutla, Rivera Magaña, Rene Antonio, ASCIA/FIAES/ACAJUTLA No(CYA 0009), Noviembre 1996, p.14

3.1.11 CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS COSTERAS DE LA CIUDAD DE ACAJUTLA

La contaminación de las aguas marinas de la ciudad de Acajutla se debe principalmente a:

- Vertidos de aguas residuales provenientes de industria petrolera, generadoras de energía eléctrica, procesadoras de mariscos y agroindustria.
- Descargas provenientes del alcantarillado de aguas negras.
- Ríos y quebradas contaminados que desembocan en la playa.
- La utilización de la playa como basurero por parte de los pobladores y turistas.
- Descarga de aguas negras provenientes de establecimientos de comida en la orilla de la playa.

3.1.11.1 VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE INDUSTRIAS PETROLERAS, GENERADORAS DE ENERGIA ELECTRICA, PROCESADORAS DE MARISCOS Y AGROINDUSTRIA

En la ciudad de Acajutla se ubica el puerto más importante del país, por ello radican una gran cantidad de industrias, procesadoras de mariscos, fertilizantes, petróleo, etc. En la Tabla 3.4 se muestran algunas de ellas, detallando además su proceso, el sitio de descarga y la existencia de sistemas de tratamiento para aguas residuales.

TABLA 3.4 : INDUSTRIAS Y AGROINDUSTRIAS DE EL MUNICIPIO DE ACAJUTLA

NOMBRE	PROCESO	SITIO DE DESCARGA	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Porqueriza Mario	Engorde de cerdos	Sensunapán	Ninguno

Amaya			
Porqueriza Mireya Escobar	Engorde de cerdos	Sensunapán	Ninguno
Porqueriza Antonio Díaz	Engorde de cerdos	Sensunapán	Con tratamiento(*)
Porqueriza Luis Umaña	Engorde de cerdos	Sensunapán	Ninguno
Porqueriza Roberto Macal	Engorde de cerdos	Sensunapán	Ninguno
Porqueriza Don Victor	Engorde de cerdos	Sensunapán	Ninguno
Fertilizantes de C.A.	Fábrica de fertilizantes y pesticidas	Río Venado	Ninguno
Tanques INHISA	Fábrica de pesticidas	Al mar	Ninguno
CEPA	Productos varios	Al mar	Ninguno
Crustáceos del Pacífico	Granja de camarón	Estero El Flor	Ninguno
Agromarina	Granja de camarón	Estero El Flor	Ninguno
Jorge Jarquín	Procesadora de carne de tiburón	Quebrada y bocana	Ninguno
Pesquinsa S.A. de C.V.	Procesadora de camarón	Quebrada y bocana	Ninguno
Piscis	Procesadora de camarón	Río Alvarado	Ninguno
Promarisal S.A. de C.V.	Procesadora de mariscos	Al mar	Ninguno
RASA	Procesadora de petróleo	Al mar	Ninguno
Establo Hacienda Castabroa	Producción de leche	No tiene vertido	Ninguno
Establo San Pedro	Producción de leche	Río San Pedro	Ninguno

Establo cooperativa Ageda	Producción de leche	Río Asequias	Ninguno
Establo la Atalaya	Producción de leche	Río San Pedro	Ninguno

(*) Se desconoce el tipo de tratamiento.

Fuente: Catastro Nacional de Vertidos Industriales y Agroindustrias, OPS/OMS, 1993.

De la tabla anterior se puede observar que en el municipio de Acajutla existen varias industrias que contribuyen al desarrollo de la comunidad y que además generan fuentes de trabajo. Sin embargo, ninguna de ellas da tratamiento a sus aguas de desecho, éstas son descargadas directamente al mar o a ríos que desembocan en él, provocando contaminación de las aguas marinas. Excepto la porqueriza Antonio Díaz, pero se desconoce el grado de tratamiento

Según el plan de gestión ambiental para el desarrollo del municipio de Acajutla, los desechos que originan las industrias petroleras son las descargas de aguas de enfriamiento y el escurrimiento de las pilas de desechos tóxicos, lo que incide en el deterioro de los suelos, la calidad del aire, el agua del mar, la flora y fauna acuática, como los arrecifes coralinos; además, se menciona la contaminación con hidrocarburos en las ostras, en los sedimentos marinos y un severo deterioro en los corales vivos; también, otra de las industrias contaminantes es la generación de energía eléctrica, ya que esta funciona mediante la combustión de diesel y bunker, lo que produce un fuerte deterioro ambiental mediante las descargas de aguas térmicas de las torres de enfriamiento, infiltraciones y vertidos de sustancias tóxicas, ruidos, vibraciones, etc. La industria camaronera vierte en quebradas y canaletas 790,000 gal/día, conteniendo desechos sólidos, de mariscos, aceites y grasas, generando malos olores y malestar entre los habitantes de sus alrededores.

Un vivo ejemplo del peligro potencial que representan estas industrias son el derrame de petróleo ocurrido el 23 de Junio de 1994, de aproximadamente 400 barriles,

provenientes de la ruptura de una tubería del buque Venezolano RECON. Los lugares más afectados fueron playa El Almendro, Acajutla-Majague y el Muelle Viejo, en donde se afectó la actividad pesquera, en gran medida, incluyendo a las familias que dependen de esta actividad. El turismo también es otro de los rubros más afectados. El 10 de Diciembre de 1994 ocurrió un importante derrame de bunker en las instalaciones de CEL; el cual se dispersó en el mar contaminando el hábitat marino, por lo cual se detectó contaminación con hidrocarburos en los mejillones, ostras y peces en Los Cóbanos, Majagüe y playa El Limón.

3.1.11.2 DESCARGAS PROVENIENTES DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS.

Por visitas de campo se pudo comprobar que las descargas del alcantarillado de aguas negras se realizan directamente al río Sensunapán, sin ningún tratamiento (ver fotografía 3.2, numeral 3.1.14). Otra importante descarga del alcantarillado se realiza en la playa cercana al muelle artesanal de pescadores (ver fotografía 3.5, numeral 3.1.14 y plano 3.1).

Se logró observar también, un sin número de descargas pequeñas de las viviendas y establecimientos asentados en la orilla del estero, especialmente los ubicados al final de la calle Acajutla, lo cual es fuente de contaminación del agua marina cuando las lluvias o la marea arrastran las aguas del estero hacia el mar. Los barrios y colonias ubicados en la parte más baja de la ciudad de Acajutla como La Coquera, La Playa, Los Coquitos, son seriamente afectados con la falta de este servicio de alcantarillado sanitario, pues el agua negra corre libremente por las calles mezclándose con el agua proveniente de las lluvias, formando charcos que se convierten en focos de infección; además en esta zona puede observarse la extrema pobreza que sufren sus pobladores.

Las descargas de aguas negras en Acajutla están compuestas de la forma que se indica en la Tabla 3.5, donde puede observarse que la mayor cantidad de aguas residuales

es proveniente de procesos industriales y en un segundo lugar las aguas negras industriales, la aguas negras domésticas ocupan un cuarto lugar, por lo tanto, tienen un aporte significativo en la composición de las aguas residuales de la ciudad de Acajutla.

TABLA 3.5: TIPOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE ACAJUTLA

TIPO DE DESCARGA	CAUDAL (Gal/día)	PORCENTAJE
Aguas de torre de enfriamiento	189,050	5%
Aguas negras domésticas	195,570	6%
Aguas de granjas camaroneras	796,400	23%
Aguas negras industriales	1,000,000	29%
Aguas de proceso industrial	1,302,000	37%

FUENTE: Rivera Magaña, Rene Antonio, Plan de gestión ambiental para el desarrollo del Municipio de Acajutla, ASCIA/FIAES/ACAJUTLA No(CYA 0009), Noviembre 1996, p.14

3.1.11.3 DESAGÜE DE RIOS CONTAMINADOS QUE DESEMBOCAN EN LA PLAYA

El río Sensunapán que tiene una gran carga contaminante debida a las descargas del alcantarillado sanitario que recibe, aguas arriba, en la ciudad de Sonsonate; luego recibe las descargas provenientes de la ciudad de Acajutla. También este río se ve afectado por los desechos sólidos que son depositados por las personas que habitan en sus orillas. Toda esta contaminación es arrastrada por el río a las aguas marinas al desembocar en el mar. (Ver plano 3.1)

3.1.11.4 UTILIZACION DE LA PLAYA COMO BASURERO POR PARTE DE LOS POBLADORES Y TURISTAS

La playa en el muelle artesanal de pescadores también sufre contaminación pues aquí se arrojan todos los desperdicios del pescado; también puede observarse basura y desperdicios arrojados por los pobladores en el estero y en la orilla de la playa. (Ver fotografías 3.6 y 3.7, numeral 3.1.14)

3.1.11.5 DESCARGA DE AGUAS NEGRAS PROVENIENTES DE ESTABLECIMIENTOS DE COMIDA SITUADOS EN LA ORILLA DE LA PLAYA.

En la visita de campo se observó un gran número de establecimientos informales que radican a la orilla de la playa, sobre todo en lugares cercanos al muelle antiguo, que arrojan sus aguas de uso doméstico en la orilla de la playa, provocando con ellos múltiples problemas.

3.1.12 VALORES DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS COSTERAS

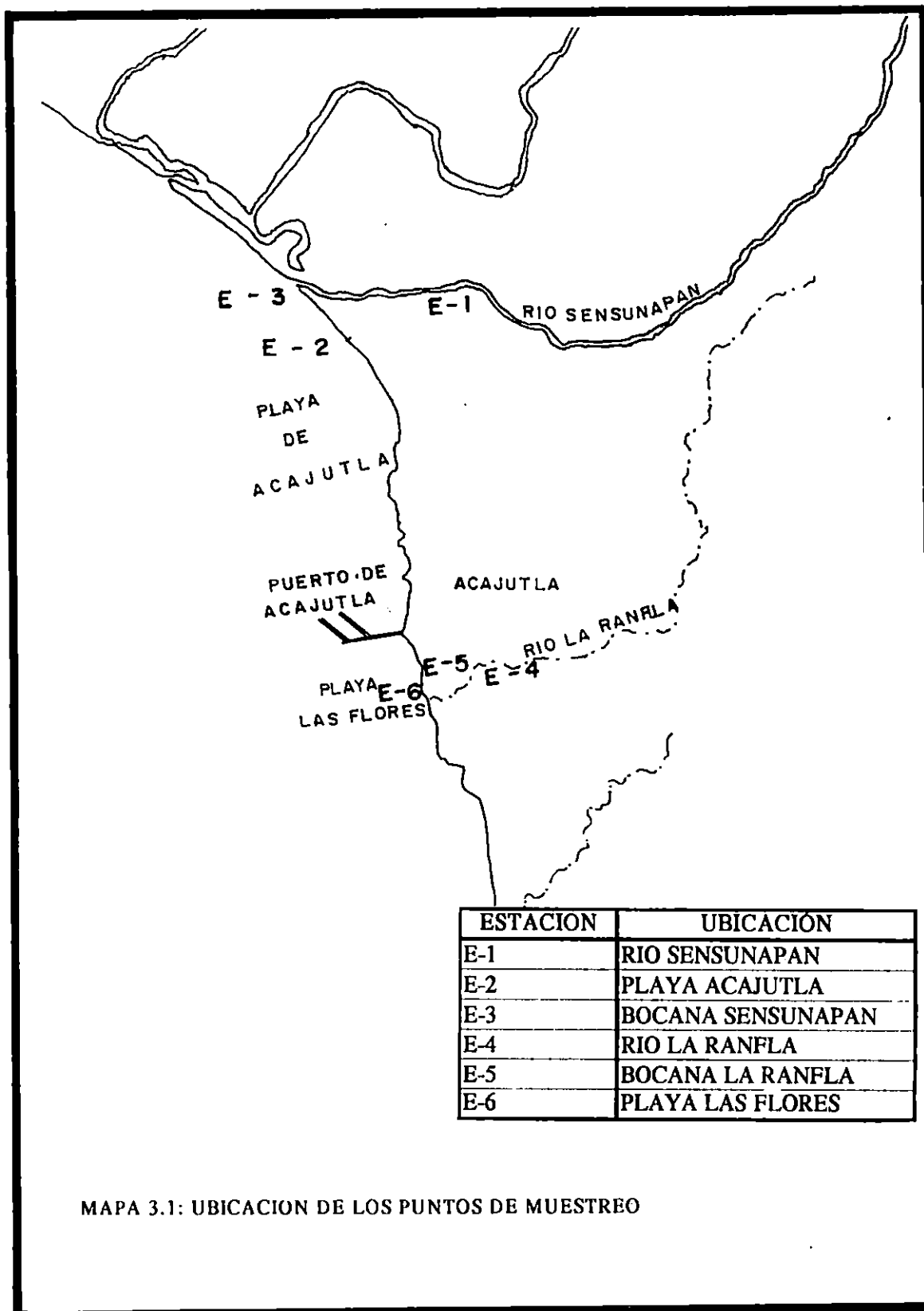
Estudios realizados sobre problemas de contaminación de las aguas marinas costeras para el municipio de Acajutla muestran el grado de contaminación de dicha zona, los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos se muestran en la Tabla 3.6. Los puntos de muestreo se tomaron a lo largo de toda la costa del municipio. (Ver Mapa 3.1)

TABLA 3.6: ANALISIS FISICO QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE LAS AGUAS MARINAS DEL PUERTO DE ACAJUTLA

ESTACION	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
FECHA DE MUESTREO	6/11/83	27/11/83	6/11/83	8/1/84	6/11/83	11/12/83
TEMPERATURA AGUA MARINA (°C)	25.2	25.0	27.0	24.0	26.0	24.8

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	28.0	28.2	27.0	26.0	27.0	26.0
pH (POTENCIAL DE HIDROGENO)	7.1	7.8	6.2	8.0	7.1	7.9
TURBIDEZ	6.5	5.0	29.0	5.0	60.0	70.0
SOLIDOS TOTALES (ppm)	288.0	43,986.0	190.0	41,272.0	3492.0	224.0
SOLIDOS DISUELTOS (ppm)	2488.0	37,896.0	172.0	1548.0	3228.0	188.0
SOLIDOS SUSPENDIDOS (ppm)	40.0	6,090.0	18.0	8.1	264.0	36.0
OD (ppm)	6.6	7.2	8.7	14.4	9.2	4.3
DBO (ppm)	2.0	4.2	1.1	3.6	8.6	1.3
COLIFORMES (NMP)	895.0	3.6	16.3	8.6	574.6	813.3
DILUCION 10 ¹	2,400.0	7.0	33.0	17.0	1,600.0	2,400.0
DILUCION 10 ³	280.0	2.0	14.0	7.0	110.0	33.0
DILUCION 10 ⁶	5.0	2.0	2.0	2.0	14.0	7.0

FUENTE: Parada Meybel Sigrith, Estudio preliminar de la contaminación de la Costa del puerto de Acajutla y su complejo industrial, San Salvador, 1984.



MAPA 3.1: UBICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

3.1.13 ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS DE LA CIUDAD DE ACAJUTLA

Con el objeto de tener un parámetro sobre las condiciones físicas y químicas de las aguas negras del alcantarillado de aguas negras, que se descargan en el río Sensunapán, que a su vez desemboca en el mar frente a la ciudad de Acajutla, convirtiéndose en foco de contaminación, se realizaron análisis de sólidos totales, sólidos suspendidos, y DBO₅, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla¹⁹.

FECHA DE MUESTREO: 17 de Noviembre 1997.

HORA DE MUESTREO: 8:30 a.m.

UBICACION: Descarga del alcantarillado de aguas negras, al río Sensunapán, contiguo al rastro municipal.

POTENCIAL DE HIDROGENO (Ph): 6

TEMPERATURA AMBIENTE: 36 °C

TABLA 3.7: RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO QUIMICO DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE ACAJUTLA.

SOLIDOS TOTALES (mg/lts)	SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/lts)	DBO ₅ (mg/lts)
889	333	Punto medio de descarga: 491
		Punto final de descarga: 609
		Punto de inicio de descarga: 545

¹⁹Resultados entregados por el Laboratorio de Química y Farmacia de la UES. (ver anexo 3)

3.1.14 FOTOGRAFIAS DE LA CIUDAD DE ACAJUTLA



FOTOGRAFIA 3.1: BASURERO UBICADO FRENTE A LAS INSTALACIONES DEL MUELLE ANTIGUO



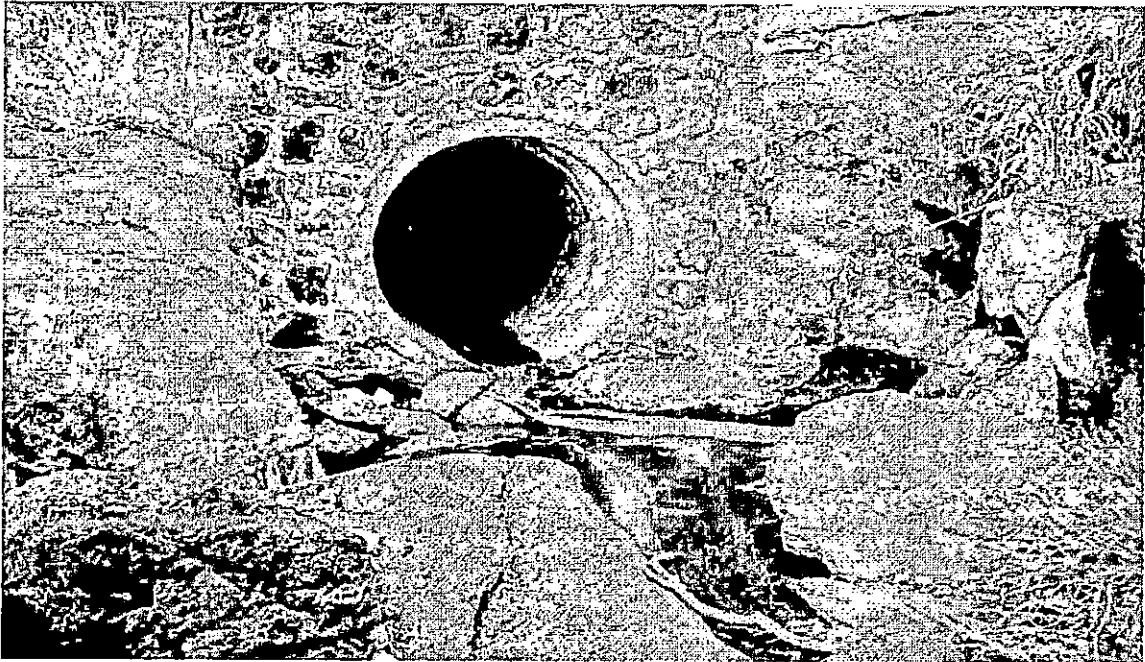
FOTOGRAFIA 3.2: DESCARGA DE AGUAS NEGRAS EN EL RIO SENSUNAPAN



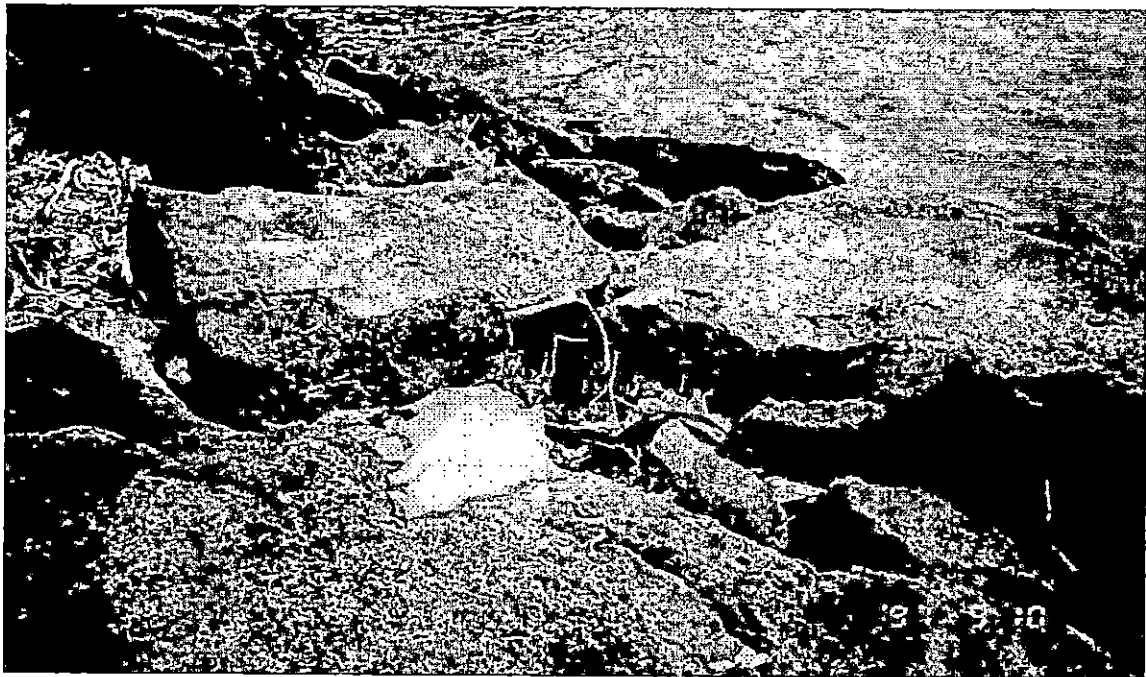
FOTOGRAFIA 3.3: PROBLEMAS DE ESTANCAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN EL BARRIO LA COQUERA



FOTOGRAFIA 3.4: PROBLEMAS DE ESTANCAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN EL BARRIO EL BARQUITO.



FOTOGRAFIA 3.5: DESCARGA DE AGUAS NEGRAS EN LA PLAYA, CONTIGUO A MUELLE ARTESANAL DE PESCADORES



FOTOGRAFIA 3.6: ORILLA DE PLAYA USADA COMO BASURERO POR LOS PESCADORES DEL MUELLE ARTESANAL



FOTOGRAFIA 3.7: ESTERO UTILIZADO COMO BASURERO POR LOS POBLADORES.



FOTOGRAFIA 3.8: BASURERO UBICADO EN CANCHA DEL BARRIO LA COQUERA.



FOTOGRAFIA 3.9: BASURERO UBICADO EN LAS AFUERAS DEL CEMENTERIO DE LA CIUDAD DE ACAJUTLA.

3.2 CIUDAD DE LA LIBERTAD

3.2.1 GENERALIDADES

El municipio de la Libertad tiene un área total²⁰ de 162 Km², de los cuales el área urbana es 2.10 Km². Se encuentra limitado al Este por el departamento de La Paz, al Norte por el departamento de San Salvador y de los municipios de Huizúcar, San José Villanueva, Zaragoza, Nueva San Salvador y Comasagua; al Oeste por el municipio de Tamanique y al Sur por el Océano Pacífico, cuenta con una población urbana de 11,629 habitantes²¹, su altitud media es 10 msnm.

El municipio de La Libertad se encuentra ubicado al Sur Oeste de San Salvador a una distancia de 32 km. Los centros turísticos lo constituyen las playas de El Obispo, San Diego, Conchalfo, Majahual, Peña Partida.

3.2.2 EDUCACION

La población de 15 y más años de edad es la que presenta el mayor grado de analfabetismo siendo este grupo el que integra el mayor porcentaje de la población económicamente activa lo que no les permite tener acceso a trabajos mejor remunerados, ver Tabla 3.8.

²⁰Censo de población, Dirección General de Estadística y Censo, Ministerio de Economía, 1992.

²¹Censo de población, Dirección General de Estadística y Censo, Ministerio de Economía, 1992.

TABLA 3.8: ANALFABETISMO POR ESTRUCTURA DE EDADES

GRUPO POR EDADES	ANALFABETOS	PORCENTAJES (%)
5 a 9 años	2530	26.62
10 a 14 años	856	9.00
15 y más	6119	64.38
TOTAL ANALFABETOS	9505	100

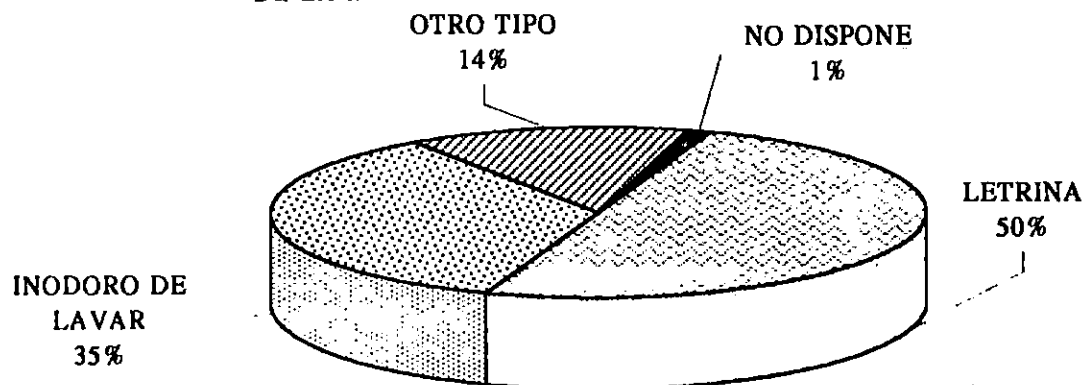
FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de población, 1992. Digestyc-Minec

3.2.3 SANEAMIENTO

3.2.3.1 SERVICIOS SANITARIOS

La ciudad de La Libertad en el área urbana presenta diferentes tipos de servicios sanitarios y sus porcentajes se muestran en la Figura 3.7. De ella se observa que el 1 % de las viviendas no dispone de servicio sanitario para realizar sus necesidades fisiológicas lo que las convierte en fuentes de contaminación y proliferación de enfermedades gastrointestinales que afectan a la salud de la población.

FIGURA 3.7: TIPOS DE SERVICIOS SANITARIOS UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE LA LIBERTAD

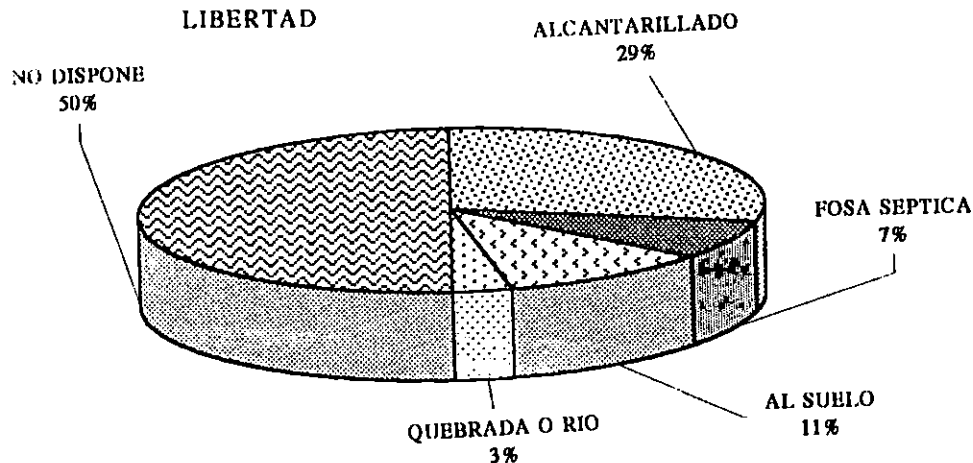


FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.2.3.2 DESAGÜE

La ciudad de La Libertad utiliza diferentes tipos de desagüe para la evacuación final de las aguas residuales (ver Figura 3.8). Como puede observarse existe seria problemática en cuanto a la evacuación final de las aguas residuales, ya que el 50% de las viviendas no cuentan con un lugar adecuado para la disposición final de las aguas negras.

FIGURA 3.8: TIPOS DE DESAGÜE UTILIZADO EN LA CIUDAD DE LA LIBERTAD



FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de vivienda 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.2.3.3 CARACTERISTICAS DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS

El sistema de alcantarillado de aguas negras presenta una cobertura del 28.63%, está constituido en un 90% por tubería de ϕ 8", 0.37% de ϕ 10", 9.63% de ϕ 12". Todas estas tuberías son de concreto y conectan un total de 78 pozos de registro, la red finaliza en la planta de tratamiento de aguas negras conocida como Chilama, que actualmente no se encuentra en funcionamiento y sus aguas son descargadas al río del mismo nombre.

3.2.3.4 DESECHOS SOLIDOS

El servicio de aséo es proporcionado por la Alcaldía Municipal, el cual consiste en el barrido de las calles, recolección de los desechos sólidos y su disposición final en el basurero Municipal. Para llevar a cabo el servicio la alcaldía cuenta con tres camiones recolectores de basura, que no son los adecuados para este tipo de actividades ya que las

unidades son simples caminos abiertos en la parte superior y trasera de su depósito, por lo que se expone la basura recolectada al aire libre, y cuando se hace el recorrido desprenden en algunos casos parte de los desperdicios, produciendo malos olores. La recolección abarca la parte urbana, Conchalío y San Diego. El basurero Municipal tiene un área aproximada de 1 manzana, donde la basura no recibe ningún tipo de tratamiento. También se observan pequeños basureros en la zona urbana, como el ubicado en la terminal de buses de la ruta 102 (Ver plano 3.2), los cuales significan una amenaza para la salud de los pobladores.

3.2.4 AGUA POTABLE

La cobertura del sistema de agua potable es del 35.87%; el resto de la población se abastece por medio de pozos, ríos, manantiales y otros, que se consideran fuentes no confiables debido a que carecen de control sanitario y cloración, por lo que es causa de enfermedades gastrointestinales en los consumidores. El consumo mensual de agua potable según el boletín estadístico No 15 de ANDA, es de 72,200 m³. La Tabla 3.9 muestra las fuentes de suministro de agua potable de la comunidad.

TABLA 3.9: FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD.

FUENTE	TOTAL VIVIENDAS	PORCENTAJE(%)
CAÑERIA	2,523	35.87
POZO	3,212	45.67
RIO	513	7.29
MANANTIAL	471	6.70
OTROS	314	4.47
TOTAL	7,033	100

FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de vivienda 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.2.5 SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

El sistema de recolección de aguas lluvias en la ciudad de La Libertad, abarca gran parte de la ciudad, y consta de ramales que están ubicados paralelamente a las aguas negras; su disposición final es directamente al mar. Recolectan las aguas lluvias de las calles por medio de tragantes, los cuales son constantemente obstruidos debido a grandes corrientes en la parte alta de la ciudad, (colonias La Presa, San José, Santa Adela, Huevo, Los Filtros, Los Angeles.) causando retenciones de agua que constituyen un problema sanitario. El servicio de drenaje se encuentra básicamente en el centro de la ciudad.

3.2.6 INFRAESTRUCTURA

La vivienda tipificada como mesón, rancho, choza y otros constituyen el 15.92% y en los cuales no se cumple con los requerimientos básicos para poder ser habitada. La ciudad de La Libertad cuenta con centros de recreación como parques, canchas, piscina, salas de cine, casa comunal. La carretera pavimentada comunica con Zaragoza y San Luis Talpa. Las calles de la ciudad son pavimentadas, adoquinadas, empedradas y de tierra. Cuenta con un puerto marítimo para la pesca artesanal, el que se encuentra en avanzado estado de deterioro, pues una parte de su extremo ha sido destruido por el oleaje, factores climáticos, el tiempo, etc.

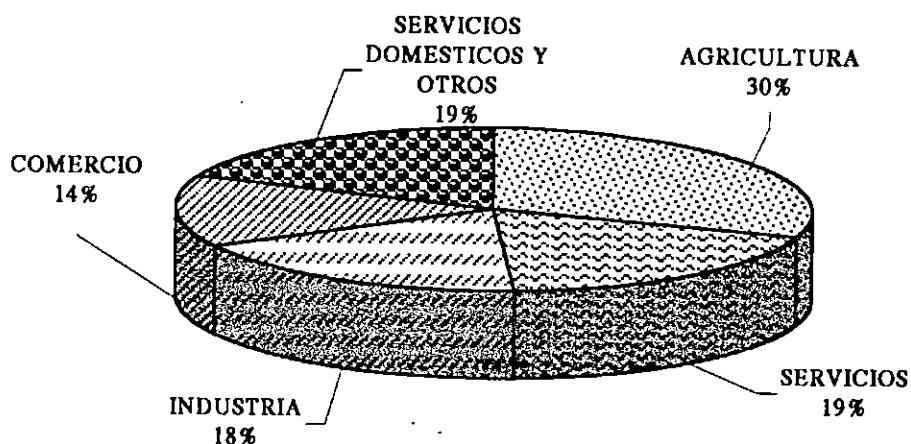
3.2.7 USO DEL SUELO

En el área agrícola, los mayores cultivos son: el maíz, maicillo, frijol, arroz, caña de azúcar, ajonjolí, plátano, algodón, yuca. En el área pecuaria predomina la crianza de ganado, aves y conejos en menor escala.

3.2.8 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

La población económicamente activa es de un 32.10%, y se distribuye según el tipo de actividad como se muestra en la Figura 3.9. Como se observa la agricultura es la actividad económica que absorbe la mayor cantidad de mano de obra, seguida por los servicios, la industria, el comercio, en un menor plano los servicios domésticos y otros.

FIGURA 3.9: POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR RAMA DE ACTIVIDAD PARA LA CIUDAD DE LA LIBERTAD



FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.2.9 SALUD PUBLICA

Entre las principales diez causas de morbilidad de consulta externa para el departamento de La Libertad, se encuentran las enfermedades gastrointestinales tanto de origen infeccioso como las causadas por parásitos intestinales, como podemos observar en la tabla siguiente:

TABLA 3.10: PRIMERAS DIEZ CAUSAS DE MORBILIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

ENFERMEDADES	Nº DE CONSULTAS	PORCENTAJE (%)
Infecciones agudas de vías respiratorias	17,676	20.40
Rinofaringitis agudas (resfrío común)	16.110	18.59
Control del embarazo normal	11.088	12.80
Control periódico de la salud del niño	8.604	9.90
Infección urinaria sin indicación de sitio	7.416	8.58
Parasitosis intestinal, sin otra	6.930	8.20

especificación		
Exámen búsqueda tumor maligno cuello del útero (PAP)	5,562	6.43
Faringitis aguda	4,608	5.33
Diarrea de origen infeccioso	4,338	5.02
Colitis, enteritis, gastroenteritis, de origen infeccioso	4,104	4.75
TOTAL	86,436	100

FUENTE: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Estadística, 1996.

La ciudad cuenta con una unidad de salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, una unidad médica del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, dos establecimientos privados.

3.2.10 INDUSTRIA

La industria en la ciudad de La Libertad no tiene mucho desarrollo, limitándose a una fábrica de hielo, establecimientos de engorde de ganado y producción de leche, lo cual afecta a la población ya que no se generan fuentes de trabajo en el área industrial; en años anteriores, el puerto de La Libertad tuvo mayor importancia, pero actualmente se ve limitado al turismo y a la pesca artesanal.

3.2.11 CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS COSTERAS DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD

La polución de las aguas marinas frente a la ciudad de La Libertad es causado por varias razones y las principales son:

- Descarga proveniente del alcantarillado de aguas negras.
- Ríos y quebradas contaminados que desembocan en las playas.

- Descarga de aguas negras provenientes de restaurantes y hoteles ubicados en la orilla de la playa.

3.2.11.1 DESCARGA PROVENIENTE DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS

Sin lugar a dudas, la disposición final de las aguas residuales constituye uno de los problemas más críticos de la comunidad, ya que todo se descarga en la playa sin tratamiento adecuado de tal manera que pueda ser vertido sin contaminar la playa. En el plano 3.2 se muestran los puntos de descarga del alcantarillado de aguas negras.

La red de alcantarillado se encuentra dividida en dos partes: una que conduce las aguas negras hasta la estación de bombeo "El Obispo", la cual las envía hasta la estación de bombeo "El Cementerio", que a su vez recibe el resto de las aguas negras provenientes de la otra parte del alcantarillado; el volúmen total de éstas aguas es mandado hacia la planta de tratamiento conocida como Chilama, que no se encuentra en funcionamiento y únicamente sirve de paso de las aguas residuales que van a descargar hasta el río Chilama (ver fotografías 3.10 y 3.11, numeral 3.2.14). Cuando las estaciones de bombeo no se encuentran funcionando, ya sea por desperfecto mecánico o falta de energía eléctrica, éstas evacuan las aguas negras de la siguiente manera:

La estación El Obispo en el río Peña Partida y la de El Cementerio lo hace frente a la playa La Paz, (ver fotografía 3.12, numeral 3.2.14)

3.2.11.2 RIOS Y QUEBRADAS CONTAMINADOS QUE DESEMBOCAN EN LA PLAYA

Existen ríos y quebradas que cruzan la ciudad de La Libertad y desembocan en diferentes playas, (ver plano 3.2) y todos se encuentran contaminados, constituyéndose en un verdadero atentado para la salud pública, problemas de mal olor, problemas visuales, daño a la ecología, etc. que entorpecen el desarrollo de la comunidad. El más dañado es el

río Chilama, el cual recibe la descarga de todo el alcantarillado de aguas negras de la ciudad, también recibe los desechos provenientes del rastro Municipal y capta los desperdicios de las viviendas ubicadas en la rivera del mismo, convirtiéndolo en un basurero (ver fotografía 3.13, numeral 3.2.14).

Una situación crítica es que los pobladores que viven en sus riveras lo utilizan para bañarse y lavar ropa. (ver fotografías 3.14 y 3.15, numeral 3.2.14). Este río desemboca en la Playa Conchalfo, que es utilizada como zona de recreación y pesca.

Otro de los ríos afectados es el de Peña Partida que recibe una parte de las aguas negras de la ciudad y que desemboca en la playa El Obispo.

Entre las quebradas podemos mencionar, La Santa Adela y La Presa (ver fotografía 3.16, numeral 3.2.14)

3.2.11.3 DESCARGA DE AGUAS NEGRAS PROVENIENTES DE RESTAURANTES Y HOTELES UBICADOS EN LA ORILLA DE LA PLAYA

Anualmente son miles de turistas los que recibe el puerto de La Libertad especialmente en la época de vacación, de ahí la razón de la existencia de la gran cantidad de restaurantes, hoteles, etc. en el lugar (ver fotografía 3.17, numeral 3.2.14). Lo problemático de esto es que los establecimientos descargan sus aguas negras en la playa convirtiendo la zona en un foco de infección, atentando contra la salud de veraneantes y lugareños. En la Tabla 3.11 se muestra los nombres de algunos establecimientos ubicados en la orilla la playa y si éstos realizan tratamiento de sus aguas negras y de desecho ó no lo hacen.

TABLA 3.11: RESTAURANTES Y HOTELES DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD Y LA EXISTENCIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
Restaurante Vista al Mar	Ninguno
Restaurante Altamar	Ninguno
Restaurante Punta Roca	Ninguno
Restaurante Sandra	Ninguno
Hotel La Hacienda de Don Rodrigo	Ninguno
Hotel Don Lito	Ninguno
Hotel Rick	Ninguno

FUENTE: Investigación de campo.

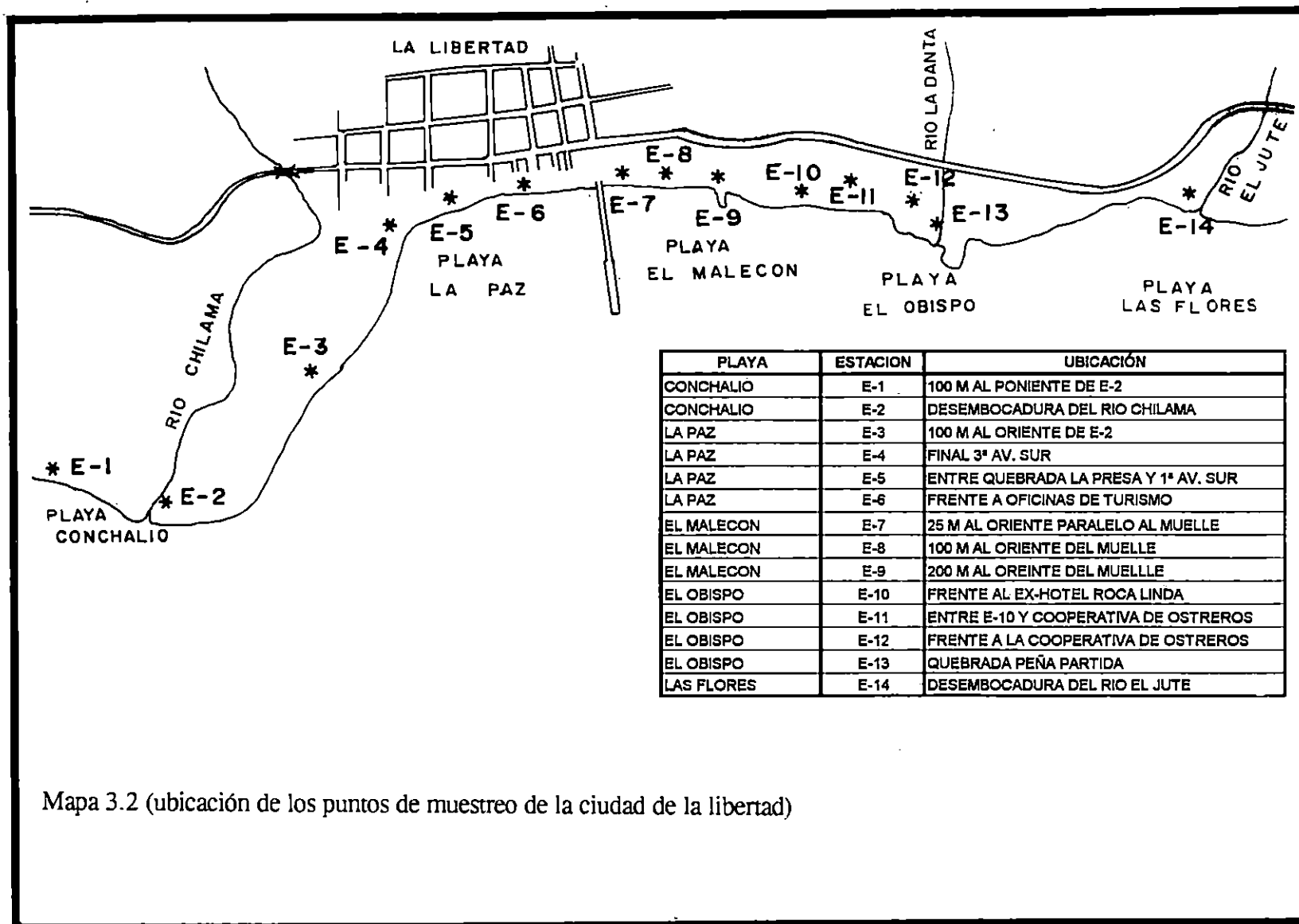
3.2.12 VALORES DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS COSTERAS

Estudios realizados sobre problemas de contaminación de las aguas marinas costeras para la ciudad de La Libertad muestran el grado de contaminación de dicha zona, el resultado de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos se muestran en la Tabla 3.12. Los puntos de muestreo se tomaron a lo largo de toda la costa del municipio ver Mapa 3.2

TABLA 3.12: RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO, QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE LAS AGUAS MARINAS DEL PUERTO DE LA LIBERTAD

ESTACION	FECHA	T °C	T °C	pH	TURBIDEZ JTU	SOLIDOS			SALINIDAD %	OD ppm	DBO ppm	COLIFORMES NMP
		AGUA	AMBIENTE			TOTALES ppm	DISUELTOS ppm	SUSPENDIDOS				
N° 1	7/12/80	30.5	32.0	8.0	10.0	36,200.0	33,140.0	3,060.0	32.0	6.4	0.6	18,800.0
	9/11/80	31.5	33.5	8.1	14.0	33,200.0	28,300.0	4,900.0	30.1	5.8	0.9	1,500.0
N° 2	9/11/80	31.0	33.5	8.2	36.0	54,200.0	31,100.0	23,100.0	28.6	7.8	0.7	30,000.0
	21/9/80	28.5	30.0	8.4	20.0	33,900.0	11,664.0	22,236.0	27.0	7.8	0.6	18,000.0
N° 3	1/2/81	29.0	30.5	8.1	19.0	34,940.0	31,000.0	3,940.0	31.8	5.8	0.2	16,000.0
	14/12/80	29.5	31.0	8.1	5.0	45,500.0	41,600.0	3,900.0	28.4	6.0	0.8	1,600.0
N° 4	8/3/81	31.0	33.0	8.1	11.0	40,912.0	26,752.0	14,160.0	31.5	6.0	0.6	18,000.0
	12/10/80	30.0	32.0	8.0	6.0	56,240.0	44,200.0	12,040.0	31.9	6.7	1.7	1,800.0
N° 5	1/2/81	29.0	31.0	8.1	11.0	45,788.0	33,949.0	11,844.0	28.5	5.8	0.4	18,000.0
	14/1/81	29.0	31.0	8.1	10.0	67,088.0	31,000.0	36,088.0	27.3	6.1	0.4	3,500.0
N° 6	14/12/80	29.7	31.0	8.1	15.0	49,549.0	23,628.0	25,921.0	32.0	6.6	0.3	24,000.0
	21/9/80	28.9	29.6	8.2	12.0	48,540.0	11,564.0	36,976.0	30.4	6.0	1.2	1,600.0
N° 7	3/9/80	29.8	31.5	8.0	26.0	53,780.0	34,424.0	19,356.0	30.8	7.0	1.4	26,000.0
	10/11/80	29.6	31.0	8.0	17.0	31,840.0	17,400.0	14,440.0	28.0	6.0	1.6	3,500.0
N° 8	7/9/80	29.8	31.5	8.0	20.0	55,392.0	47,400.0	7,992.0	31.4	5.8	1.2	16,000.0
	7/10/80	29.8	31.2	8.0	5.0	54,188.0	39,892.0	14,296.0	32.0	5.5	0.8	1,500.0
N° 9	10/11/80	29.8	31.0	8.0	23.0	28,100.0	21,900.0	6,200.0	30.4	6.0	0.9	15,000.0
	8/10/80	30.0	32.0	8.2	20.0	34,296.0	21,400.0	12,896.0	32.0	6.1	0.8	1,300.0
N° 10	21/9/80	27.2	29.2	8.2	24.0	51,412.0	30,100.0	21,312.0	28.4	6.7	0.2	10,000.0
	7/12/80	32.0	34.0	8.1	13.0	40,128.0	38,960.0	1,168.0	31.9	6.6	0.4	1,350.0
N° 11	1/2/81	30.0	32.0	8.0	10.0	39,860.0	35,932.0	3,928.0	31.9	6.1	0.2	10,400.0
	4/12/80	30.0	32.0	8.1	6.0	49,852.0	48,564.0	1,288.0	30.8	6.0	0.2	1,350.0
N° 12	7/9/80	27.2	29.2	8.2	13.0	39,948.0	28,232.0	11,716.0	30.9	5.8	0.2	35,000.0
	12/10/80	30.0	31.2	8.1	14.0	41,588.0	33,944.0	7,644.0	31.9	5.5	0.3	1,800.0
N° 13	2/2/81	29.0	31.0	8.5	40.0	54,153.0	31,400.0	23,021.0	28.5	7.9	4.0	31,000.0
	2/10/80	29.0	31.0	8.4	15.0	54,153.0	34,221.0	19,932.0	27.4	6.9	3.2	18,000.0
N° 14	18/9/80	30.0	32.0	8.2	12.0	41,800.0	29,884.0	11,916.0	29.0	6.5	1.9	18,000.0
	1/10/80	27.0	28.0	8.2	10.0	43,920.0	34,840.0	9,080.0	28.0	5.6	0.8	1,500.0

FUENTE: Estudio de la contaminación de las aguas marinas del puerto de La Libertad. Ríos Pacheco, Darío Eduardo, 1981.



Mapa 3.2 (ubicación de los puntos de muestreo de la ciudad de la libertad)

3.2.13 ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD

Con el objeto de tener un parámetro sobre las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas negras del alcantarillado, que se descargan en el río Chilama, que a su vez desemboca en la playa Conchalfo, frente a la ciudad de La Libertad, convirtiéndose en foco de contaminación, se realizaron análisis de sólidos totales, sólidos suspendidos, y DBO₅, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla²².

FECHA: 20 de Noviembre 1997.

HORA: 10:00 a.m.

UBICACION: Descarga del alcantarillado de aguas negras, al río Chilama, proveniente de la planta de tratamiento del mismo nombre, contiguo al rastro municipal.

TEMPERATURA AMBIENTE: 36 °C

TABLA 3.13: RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD

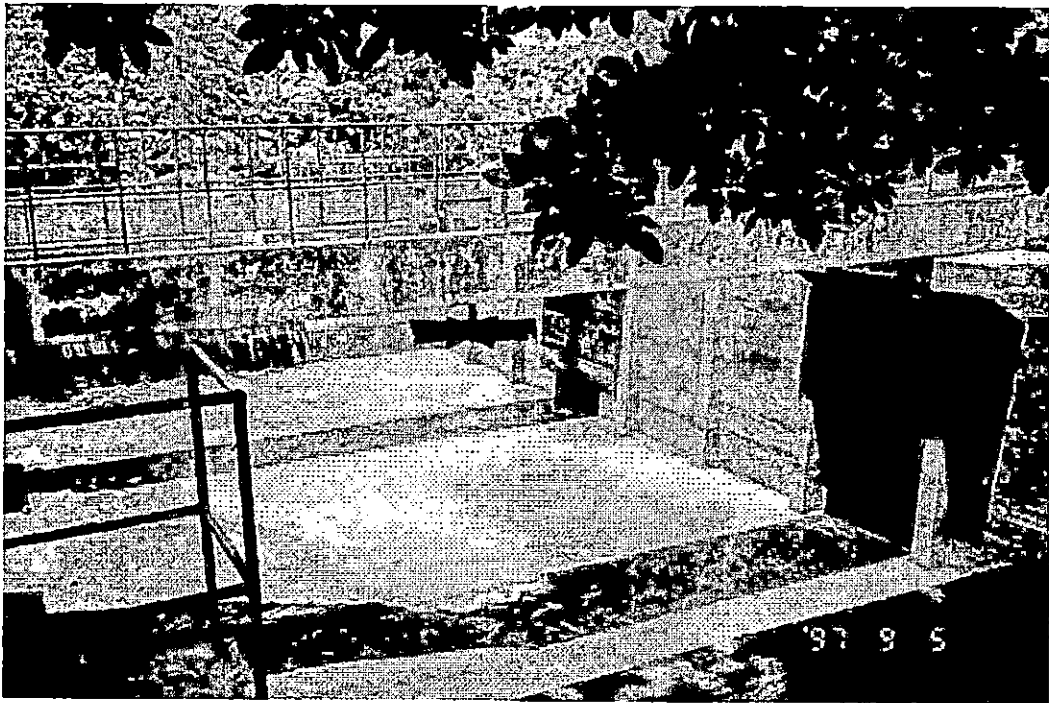
SOLIDOS TOTALES (mg/lts)	SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/lts)	DBO ₅ (mg/lts)
1237	147	Punto medio de descarga: 136
		Punto final de Descarga: 118
		Punto de inicio de descarga: 109

²²Resultados entregados por el Laboratorio de Química y Farmacia de la UES. (ver anexo 3)

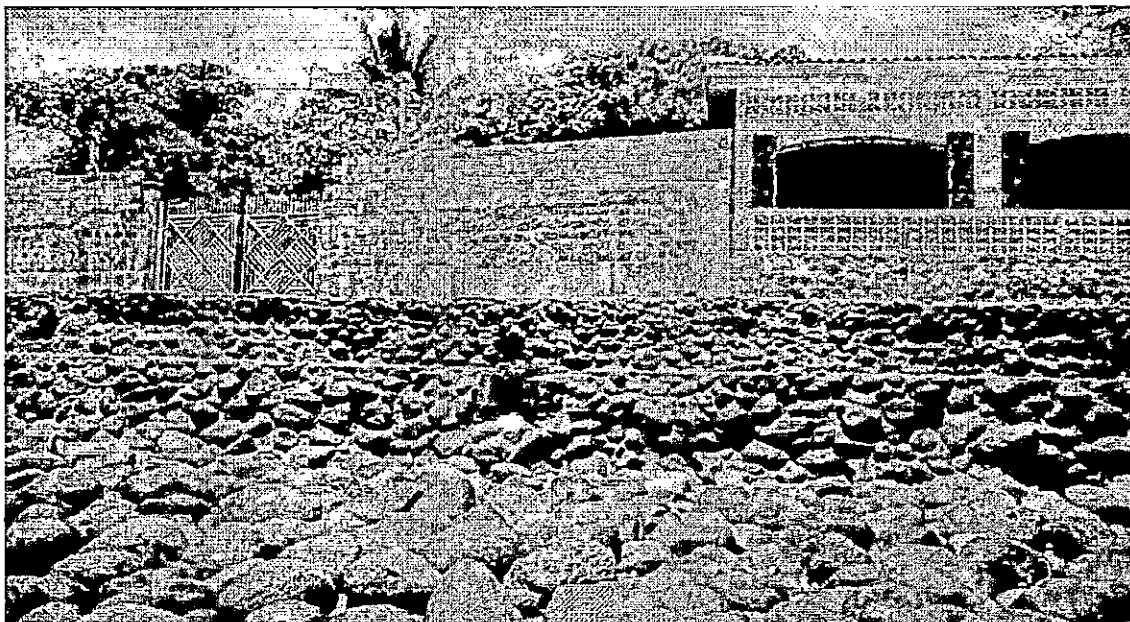
3.2.14 FOTOGRAFIAS DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD



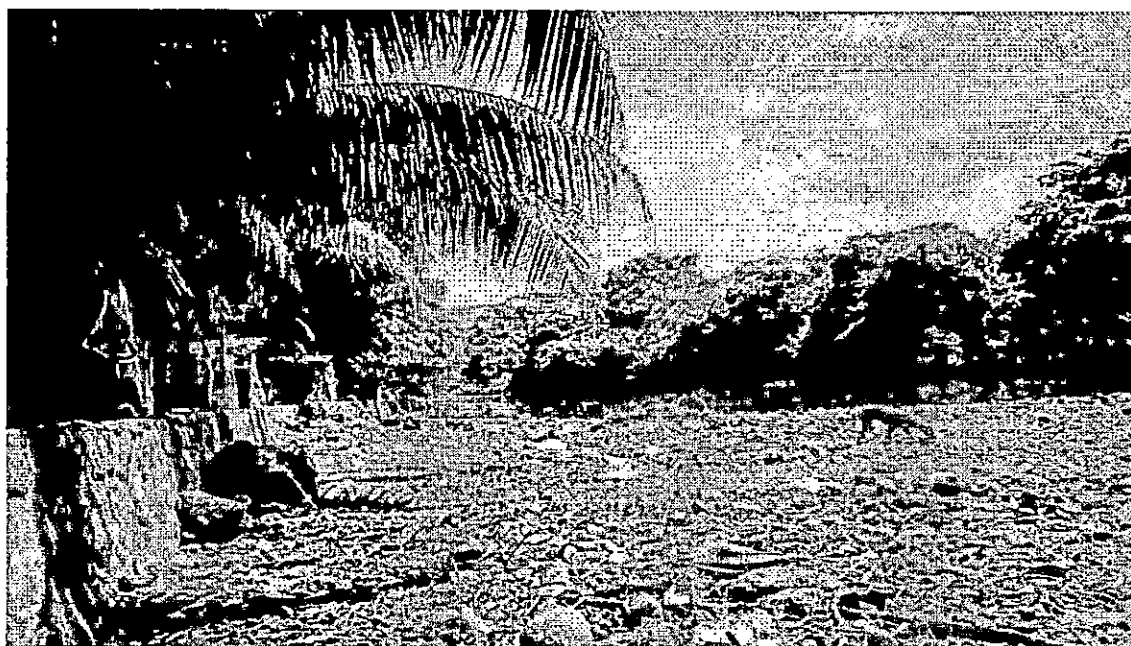
**FOTOGRAFIA 3.10: DESCARGA DE AGUAS NEGRAS HACIA EL RIO
CHILAMA DESDE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**



**FOTOGRAFIA 3.11: VISTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
NEGRAS CONOCIDA COMO CHILAMA ACTUALMENTE FUERA DE
FUNCIONAMIENTO**



FOTOGRAFIA 3.12: DESCARGA DE AGUAS NEGRAS DE LA ESTACION DE BOMBEO EL CEMENTERIO HACIA LA PLAYA LA PAZ



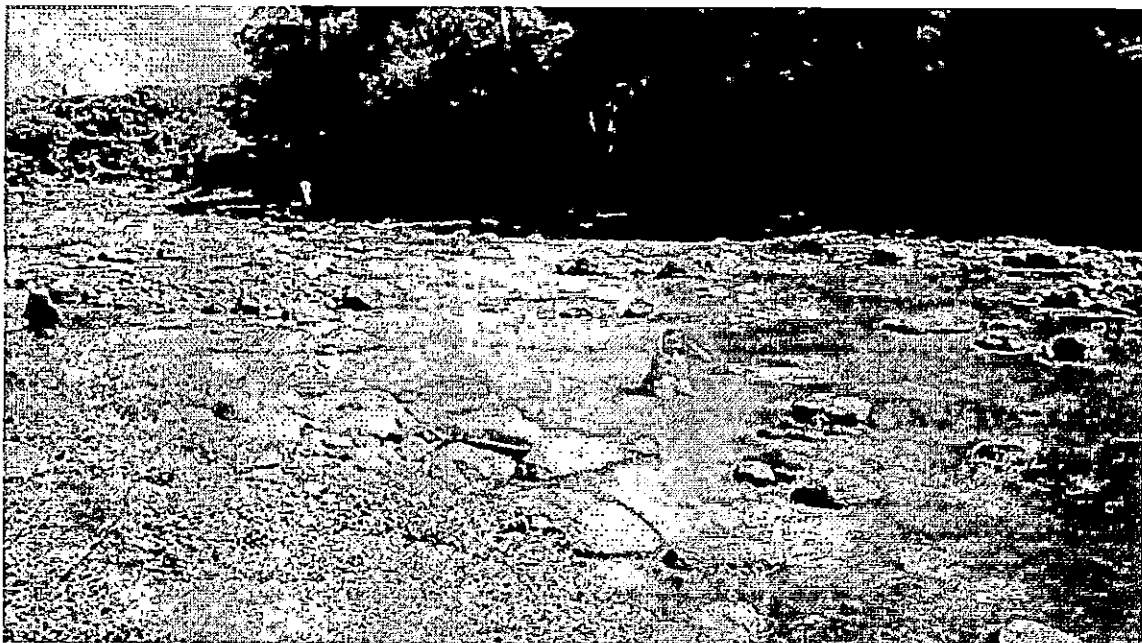
FOTOGRAFIA 3.13: RIO CHILAMA CONVERTIDO EN BASURERO

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11



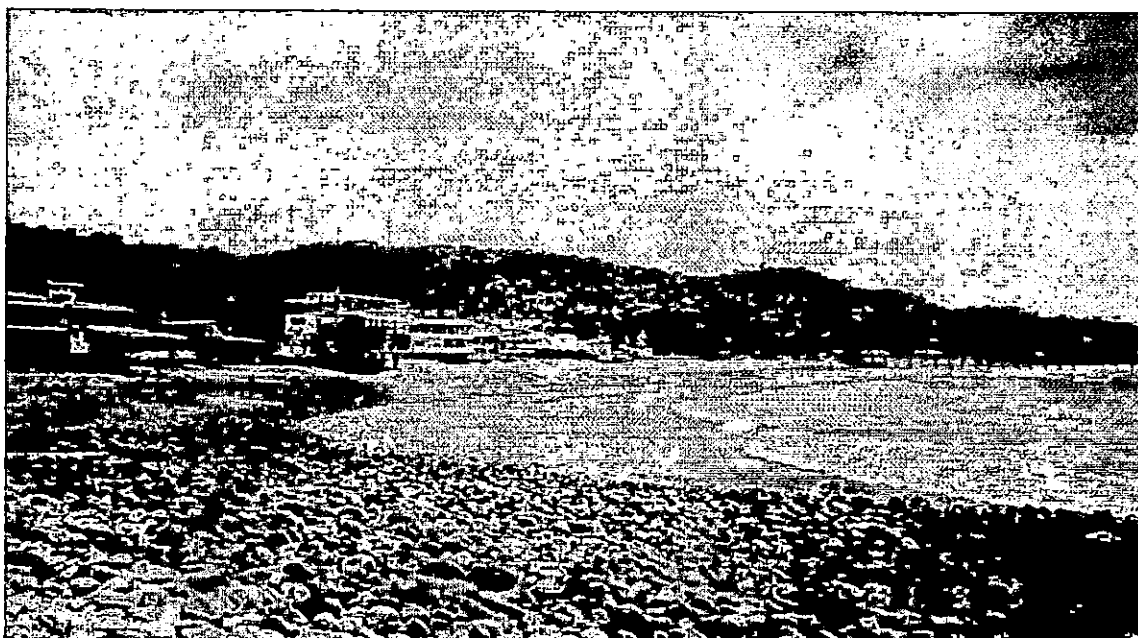
**FOTOGRAFIA 3.14: AGUAS DEL RIO CHILAMA UTILIZADAS PARA EL BAÑO DIARIO
POR LOS POBLADORES DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD**



**FOTOGRAFIA 3.15: AGUAS DEL RIO CHILAMA UTILIZADAS PARA EL LAVADO DE
ROPA POR LOS POBLADORES DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD**



FOTOGRAFIA 3.16: DESEMBOCADURA DE LA QUEBRADA LA PRESA A LA PLAYA LA PAZ



FOTOGRAFIA 3.17: VISTA PANORAMICA DE LA PLAYA LA PAZ DONDE SE OBSERVAN RESTAURANTES

3.3 CIUDAD DE LA UNION

3.3.1 GENERALIDADES

El municipio de La Unión se encuentra ubicado al Oriente del país a 184 Km de San Salvador, tiene una extensión²³ de 144.38 Km², de los cuales el área urbana es de 5.6 km². Se encuentra limitado al Este por el Golfo de Fonseca, al Sur por el municipio de Conchagua, al Oeste por El Carmen y al Norte por San Alejo, su elevación media es de 10 msnm, su clima es cálido y templado.

El municipio tiene una población urbana de 26,491 habitantes²⁴. La densidad de población para todo el municipio es de 256 hab / Km². El gobierno local lo ejerce un gobernador para todo el departamento con sede en el municipio de La Unión y por un Concejo Municipal. Entre las principales actividades económicas podemos mencionar la agricultura (maíz, melón, sandía, caña de azúcar, algodón), la industria, el comercio, la pesca y el turismo. Las playas del municipio son Punta de La Rábida, Chiquirín, Punta Gorda, El Tamarindo, Playitas, Playas Negras, Torola.

3.3.2 EDUCACION

El porcentaje más alto de analfabetismo se encuentra en las personas que oscilan entre 15 y más años de edad alcanzando el 68.44%, lo que indica que estas personas siendo parte del grupo potencial productivo del municipio, no tienen acceso a trabajos mejor remunerados por su falta de educación (Ver Tabla 3.14). En el área urbana el 23.78% es analfabeta, ya que existe mayor oportunidad de educación que en el área rural donde se da un 50.38% de analfabetismo.

²³CENSO de población, Dirección General de Estadísticas y Censo, Ministerio de Economía, 1992.

²⁴CENSO de población, Dirección General de Estadísticas y Censo, Ministerio de Economía, 1992.

TABLA 3.14: ANALFABETISMO POR ESTRUCTURA DE EDADES.

GRUPO DE EDADES	ANALFABETOS	PORCENTAJES
5 a 9 años	2,460	21.64
10 a 14 años	1,127	9.92
15 y más	7,778	68.44
TOTAL ANALFABETOS	11,365	100

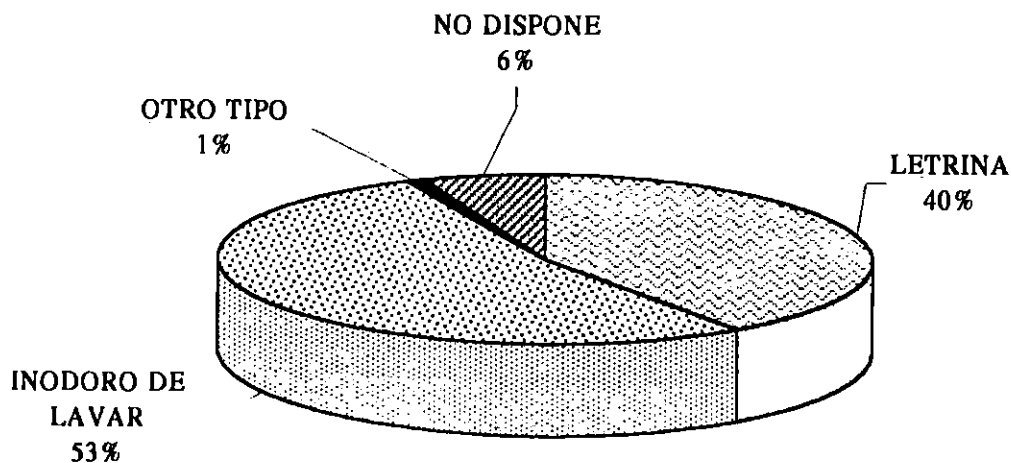
FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de población, 1992. Digestyc-Minec

3.3.3 SANEAMIENTO

3.3.3.1 SERVICIOS SANITARIOS

Los tipos de servicios sanitarios utilizados son varios y sus porcentajes se presentan en la Figura 3.10, en la que se puede observar que el 6% de las viviendas carece de este servicio, constituyéndose en focos de contaminación para la proliferación de enfermedades que pueden afectar a la salud pública.

FIGURA 3.10: TIPOS DE SERVICIOS SANITARIOS UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE LA UNION

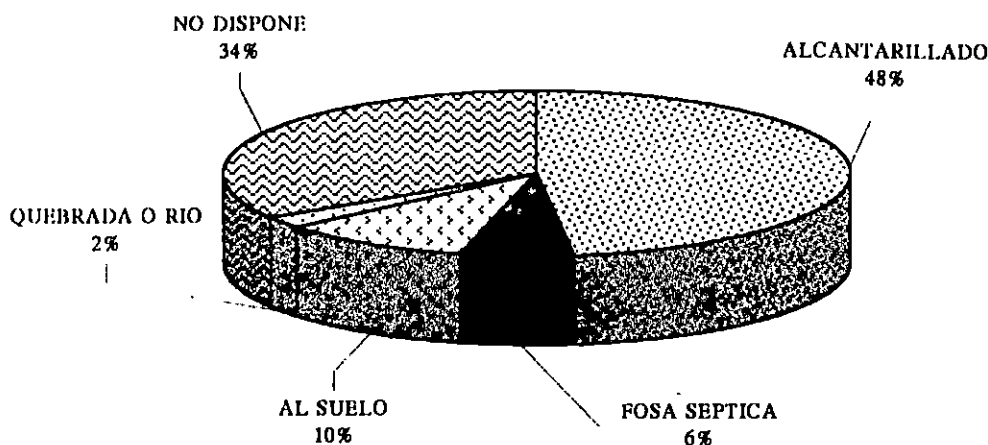


FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de población, 1992. Digestyc-Minec

3.3.3.2 DESAGÜE

La problemática de la evacuación final de las aguas residuales contaminantes viene a representar un efecto nocivo para la salud de la población ya que el 34% de las viviendas en el área urbana no cuentan con un lugar apropiado para la disposición final de estas aguas. Los demás tipos de desagüe son quebradas o ríos, al suelo, fosa séptica y alcantarillado como se puede observar en la Figura 3.11

FIGURA 3.11: TIPOS DE DESAGÜE UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE LA UNION



FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de población, 1992. Digestyc-Minec

3.3.3.3 CARACTERISTICAS DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS

El sistema de alcantarillado sanitario presenta una cobertura del 48%. Está constituido en un 71.96% por tuberías de concreto de ϕ 8"; 13.47% de ϕ 10"; 7.7% de ϕ 12"; 1.27% de ϕ 15" y 5.6% de ϕ 18". Todas estas tuberías conectan un total de 98 pozos de visita y finaliza en dos colectores uno de ϕ 24" y otro de ϕ 18", que descargan al final de la 5ª av. norte y 6ª av. norte respectivamente, en la bahía de la ciudad.

3.3.3.4 DESECHOS SOLIDOS

El servicio de aseo es proporcionado por la Alcaldía, el cual consiste en el barrido de las calles, recolección de los desechos sólidos y su disposición final en el basurero Municipal. Para llevar a cabo el servicio, la Alcaldía cuenta con tres camiones recolectores

de basura, que no son los adecuados para este tipo de actividades ya que las unidades son simples caminos de volteo abiertos en la parte superior y trasera de su depósito por lo que se expone la basura recolectada al aire libre y cuando se hace el recorrido desprenden en algunos casos parte de los desperdicios, produciendo malos olores; la recolección abarca el centro de la ciudad y sus barrios adyacentes dejando sin el servicio zonas que se consideran como inaccesibles, por el mal estado en que se encuentran las calles, por ejemplo en, El sector Poniente del barrio Las Flores, Lado Oriente de la colonia Beltrán, y algunas zonas del barrio San Antonio, mientras que La fuerza carece de acceso vehicular. El basurero Municipal de un área aproximada de 20 manzanas, se encuentra ubicado al oriente de la ciudad a una distancia de 2 Kilómetros en el camino que conduce al balneario de Playitas, una vez en el lugar la basura es quemada.

Es común observar pequeños basureros que no son permanentes en la zona urbana (ver fotografías 3.18 y 3.19, numeral 3.3.13) los cuales no dejan de significar una amenaza a la comunidad. En el plano 3.3 se ubican algunos de ellos.

3.3.4 AGUA POTABLE

El abastecimiento de agua en condiciones mínimas de potabilidad para uso y consumo doméstico presenta una cobertura del 43.18%. La población se abastece de agua potable de diversas formas como las mostradas en la Tabla 3.15.

TABLA 3.15: FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE LA UNION.

FUENTE	TOTAL VIVIENDAS	PORCENTAJE (%)
CAÑERIA	3,549	43.18
POZO ARTESANAL	3,532	42.97
RIO	134	1.64

MANANTIAL	538	6.54
OTROS	467	5.68
TOTAL	8,220	100

FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO DE VIVIENDA 1992, DIGESTYC - MINEC.

3.3.5 SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

El sistema de recolección de aguas lluvias en la ciudad de La Unión, abarca gran parte de la ciudad, y consta de ramales que están ubicados paralelamente a las aguas negras; su disposición final es directamente al mar. Recolectan las aguas lluvias de las calles por medio de tragantes, algunos de los cuales están obstruidos por acumulación de basura, ripio, etc. provocando pequeñas inundaciones en las calles, interrumpiendo brevemente el paso peatonal en algunos lugares, por ejemplo, en los barrios: Concepción, El Centro, San Carlos.

El servicio de drenaje se encuentra básicamente en el centro de la ciudad y está constituido en su totalidad por tubería de concreto.

3.3.6 INFRAESTRUCTURA

El tipo de vivienda clasificado como mesón, rancho, choza y otros no cumplen con los requerimientos básicos para poder ser habitadas, los centros de recreación son parques, canchas de fútbol, baloncensto, casa comunal. Cuenta con una carretera primaria que comunica con El Carmen y camino rural que comunica con Conchagua. Las calles de la ciudad son pavimentadas, adoquinadas, empedradas y de tierra. Entre los sitios turísticos podemos mencionar el puerto de Cutuco, Muelles de la antigua Marina Nacional y el antiguo destacamento militar.

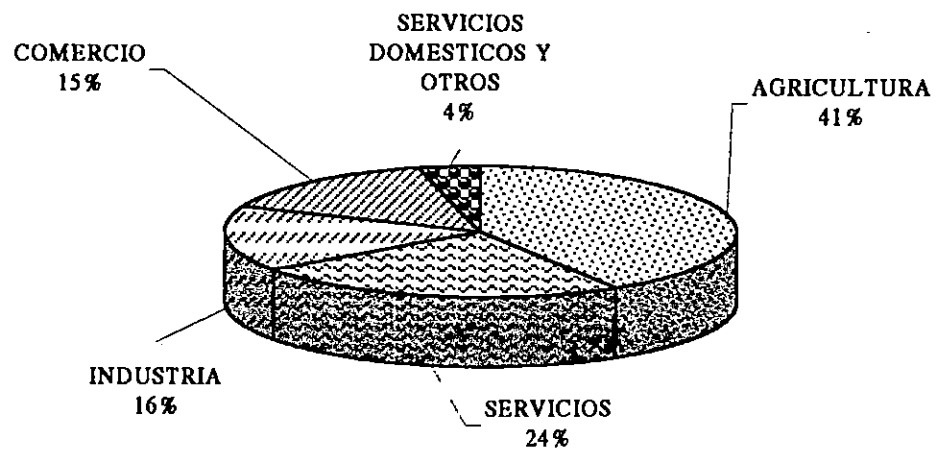
3.3.7 USO DE SUELO

Los mayores cultivos del municipio son el maíz y el maicillo. en menor escala el frijol, tomate, ajonjolí, papaya, melón, algodón, verduras y arroz. En el área pecuaria domina la crianza de ganado; se crían también aves y cerdos.

3.3.8 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

La población económicamente activa la constituye el 33.56% de la población. De las actividades económicas la agricultura es la que absorbe la gran cantidad de mano de obra, seguida de los servicios, el comercio y la industria, como se muestra en la Figura 3.12

FIGURA 3.12: POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR RAMA DE ACTIVIDAD PARA LA CIUDAD DE LA UNION



FUENTE: Elaborado en base a datos del CENSO de vivienda 1992. DIGESTYC - MINEC.

3.3.9 SALUD PUBLICA

Las diez principales causas de morbilidad de consulta externa en el departamento de La Unión comprenden enfermedades intestinales como de origen infeccioso y en un alto porcentaje los parásitos intestinales (ver Tabla 3.16). lo cual refleja como afecta a la población la contaminación ambiental.

TABLA 3.16: DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE LA UNION

ENFERMEDAD	Nº DE CONSULTAS	PORCENTAJE(%)
Rinofaringitis aguda (catarro común)	6,052	27.87
Faringo amigdalitis aguda	4,994	21.18
Parasitosis intestinal	3,545	15.74
Infecciones intestinales mal definidas	2,855	12.68
Bronconeumonias	1,887	8.34
Transtornos de ansiedad	855	3.79
Tricomoniasis urogenital	699	3.10
Amibiasis sin absceso	578	2.57
Desnutrición leve	572	2.54
Candidiasis vulva/vagina	491	2.18
TOTAL	22,518	100

FUENTE: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Estadística, 1996.

La Unión cuenta con un hospital del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, una unidad médica del seguro social y un centro hospitalario privado.

3.3.10 INDUSTRIA

La industria en la ciudad de La Unión tiene poco desarrollo, limitándose a plantas procesadoras de mariscos, almacenamiento de gas propano, fertilizantes, crianza de aves. La ciudad de La Unión en años anteriores tuvo mayor importancia, por la existencia del puerto, pero actualmente se encuentra inhabilitado y únicamente recibe pequeñas embarcaciones. Gran cantidad de los pobladores se dedican a la pesca artesanal y otro sector se dedica al comercio.

3.3.11 CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS COSTERAS DE LA CIUDAD DE LA UNION

La contaminación en la bahía de La Unión se da en varias formas, entre las cuales se puede mencionar:

- Descargas provenientes del alcantarillado de aguas negras.
- Quebradas contaminadas que desembocan en la playa.
- La utilización de la playa como basurero por parte de los pobladores y turistas.
- Vertido de aguas residuales provenientes de industrias procesadoras de mariscos y agroindustrias.
- Descarga de aguas negras provenientes de establecimientos como restaurantes y hoteles, situados en la orilla de la playa.

3.3.11.1 DESCARGAS PROVENIENTES DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS

El problema de la disposición final de aguas negras representa un serio problema para la comunidad, y es que todo el alcantarillado descarga directamente a la bahía sin el tratamiento debido, contaminando de esta forma el agua marina. El plano 3.3 muestra la ubicación de las descargas de aguas negras provenientes del alcantarillado de aguas negras.

Las fotografías 3.20 y 3.21 (numeral 3.3.13) muestran algunos lugares de descarga, según visitas de campo se pudo comprobar la existencia de gran cantidad de ellos provenientes de las viviendas ubicadas a la orilla de la playa y que no tienen acceso a la red.

3.3.11.2 QUEBRADAS CONTAMINADAS QUE DESEMBOCAN EN LA PLAYA

Existen varias quebradas que se originan en el cerro de Conchagua y que atraviesan la ciudad de La Unión; según observaciones de campo todas ellas se encuentran contaminadas, ya que los pobladores arrojan sus desperdicios en ella convirtiéndolas en

basureros permanentes ya que existe una mala cobertura en la recolección de la basura, así como malos hábitos de higiene de los pobladores que viven en las riberas de las quebradas.

Los sectores de La Fuerza ubicada en el barrio Concepción y el barrio de Honduras son los lugares que presentan los mayores problemas; debido a que existen quebradas con alto grado de contaminación que desembocan cerca de ellos (ver fotografías 3.22 y 3.23, numeral 3.3.13) un ejemplo de esto es la quebrada que pasa por la intersección de las calles Circunvalación y 3ª Calle Poniente, que recibe los desechos provenientes del rastro municipal. Se pudo constatar los elevados índices de pobreza y hacinamiento en los pobladores de esos sectores; algo importante de mencionar es que en algunas casas, específicamente de La Fuerza, se verificó la existencia de pozos cercanos a las quebradas, los cuales abastecen de agua a los lugareños, constituyendo un verdadero atentado contra la salud pública. Por otra parte también se observa que las quebradas experimentan problemas de erosión provocando sedimentación en la Bahía.

3.3.11.3 UTILIZACION DE LA PLAYA COMO BASURERO POR PARTE DE LOS POBLADORES Y TURISTAS

En vista de la mala cobertura del servicio de recolección de los desechos sólidos y la falta de higiene de la población se han convertido varios puntos de la ciudad en auténticos basureros (ver fotografía 3.24, numeral 3.3.13) constituyéndose no sólo en focos de infección sino en problemas desagradables a la vista y al olfato.

3.3.11.4 VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE INDUSTRIA PROCESADORA DE MARISCOS Y AGROINDUSTRIA

Por razones económicas es común la existencia de industrias procesadoras de mariscos en ciudades costeras que cuentan con puerto marítimo; la ciudad de La Unión es una de ellas y en la Tabla 3.17 se detallan los nombres de las industrias, el producto que procesan y el grado de tratamiento de las aguas residuales:

TABLA 3.17: INDUSTRIA PESQUERA DE LA CIUDAD DE LA UNION Y LA EXISTENCIA DE TRATAMIENTO DE SUS AGUAS RESIDUALES.

NOMBRE DE LA INDUSTRIA	MARISCO QUE PROCESA	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Complejo Pesquero Industrial CORSAIN	Camarón y Chacalín	Ninguno
Veralmar S.A. de C. V.	Camarón y Chacalín	Se desconoce
Multipesca*	Camarón y Chacalín	Se desconoce

* Actualmente fuera de funcionamiento.

FUENTE: Investigación de campo.

De las industrias anteriores sólo en el Complejo Pesquero Industrial (CORSAIN) se pudo comprobar que sus aguas residuales son vertidas a la bahía sin ningún grado de tratamiento y también se observó que cuenta con una planta de tratamiento que no está funcionando; de las dos restantes se desconoce si sus aguas residuales son tratadas adecuadamente. En el año 1993 la OPS/OMS realizó un catastro nacional de vertidos industriales y agroindustrias a nivel nacional, es así como en la Tabla 3.18 se puede observar el nombre del establecimiento, proceso, sitio de descarga y la existencia de tratamiento de sus aguas residuales, ubicados en la ciudad de La Unión.

TABLA 3.18: AGROINDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LA UNION Y LA EXISTENCIA DE TRATAMIENTO DE SUS AGUAS RESIDUALES

NOMBRE	PROCESO	SITIO DE DESCARGA	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Los García	Engorde ganado y/o leche	En el mismo terreno	Ninguno
Los Benitez	Engorde ganado y/o leche	En el mismo terreno	Ninguno
Los Alvarez	Engorde ganado y/o leche	Quebrada de invierno	Ninguno
Los Mendoza	Engorde ganado y/o leche	En el mismo terreno	Ninguno

Los Fernan	Engorde ganado y/o leche	En el mismo terreno	Ninguno
Los Canales	Engorde ganado y/o leche	En el mismo terreno	Ninguno
Fam. Osorto	Engorde de cerdos	Quebrada de aguas lluvias	Ninguno
Fam. Asmitia	Engorde de cerdos	En el mismo terreno	Ninguno
Fam. Gavidia	Engorde de cerdos	En el mismo terreno	Ninguno
Fam. Amaya	Engorde de cerdos	Quebrada aguas lluvias	Ninguno

Fuente: Catastro Nacional de Vertidos Industriales y Agroindustrias, OPS/OMS, 1993.

Según el cuadro anterior se puede observar que ningún establecimiento proporciona tratamiento a sus aguas residuales y en algunos casos sus descargas se hacen hacia las quebradas, las cuales arrastran los contaminantes hasta la bahía.

3.3.11.5 DESCARGA DE AGUAS NEGRAS PROVENIENTES DE ESTABLECIMIENTOS SITUADOS EN LA ORILLA DE LA PLAYA

Es común la existencia de establecimientos como restaurantes en lugares turísticos, es así como en la ciudad de La Unión existen algunos y con el tiempo va aumentando su número. lo problemático de esto es que sus aguas de desecho caen directamente a la bahía contaminando la zona (ver fotografía 3.25, numeral 3.3.13). En la Tabla 3.19 se observan algunos nombres de restaurantes ubicados en la orilla del mar.

TABLA 3.19: RESTAURANTES EXISTENTES EN LA ORILLA DEL MAR DE LA CIUDAD DE LA UNION Y LA EXISTENCIA DE TRATAMIENTO DE SUS AGUAS NEGRAS.

NOMBRE DEL RESTAURANTE	TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
Amanecer Marino	Ninguno
Clalet Miramar	Ninguno

El Pelicano	Ninguno
La Gaviota	Ninguno
Oasis Beer	Ninguno

FUENTE: Investigación de campo.

Los establecimientos mencionados son los más importantes aunque se observan más de ellos de menor envergadura y que también contribuyen a la polución de la bahía.

3.3.12 ANALISIS FISICO DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE LA UNION

Con el objeto de tener un parámetro sobre las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas negras del alcantarillado, que se descargan en la bahía, convirtiéndose en foco de contaminación, se realizaron análisis de sólidos totales y sólidos suspendidos, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla²⁵.

FECHA: 24 de Noviembre 1997.

HORA: 10:30 a.m.

UBICACION: Descarga del alcantarillado de aguas negras, en la 3^{er}a calle oriente, 7^{ma} y 9^a avenida Norte, hacia la bahía.

POTENCIAL DE HIDROGENO (Ph): 7

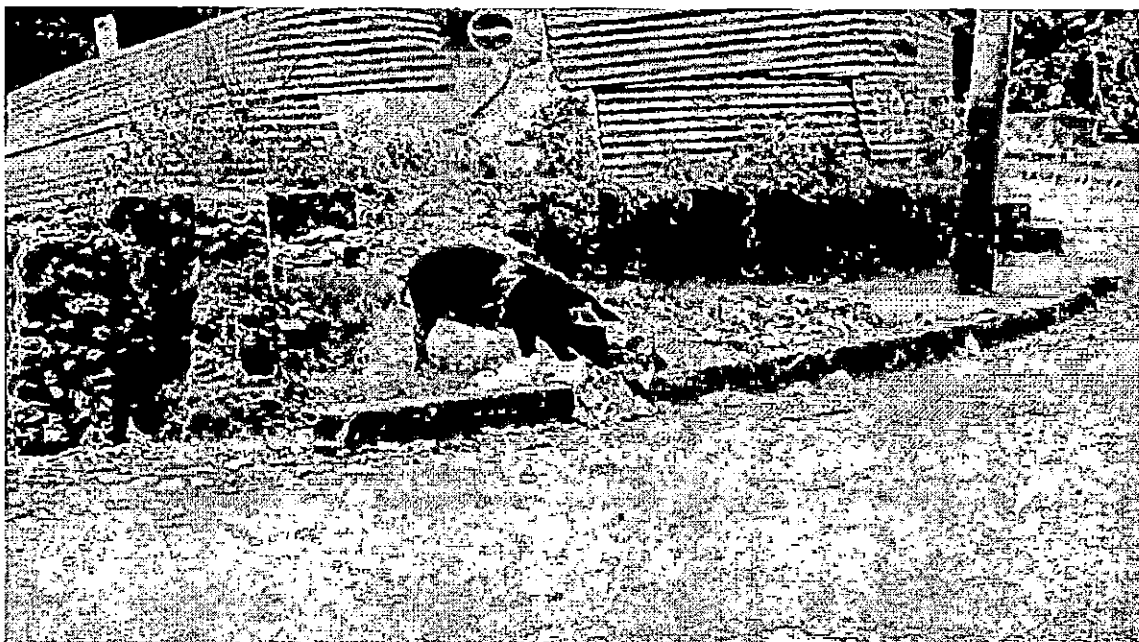
TEMPERATURA AMBIENTE: 36 °C

TABLA 3.19: RESULTADOS DE ANALISIS FISICO DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE LA UNION

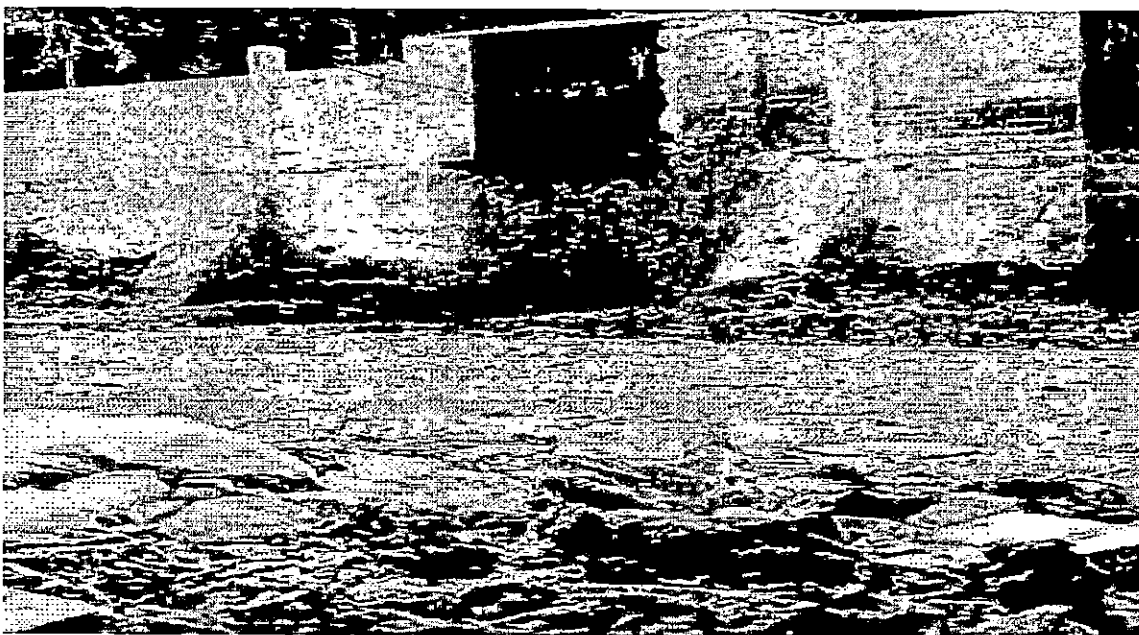
SOLIDOS TOTALES (mg/lts)	SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/lts)
608	68

²⁵Resultados entregados por el Laboratorio de Química y Farmacia de la UES. (ver anexo 3)

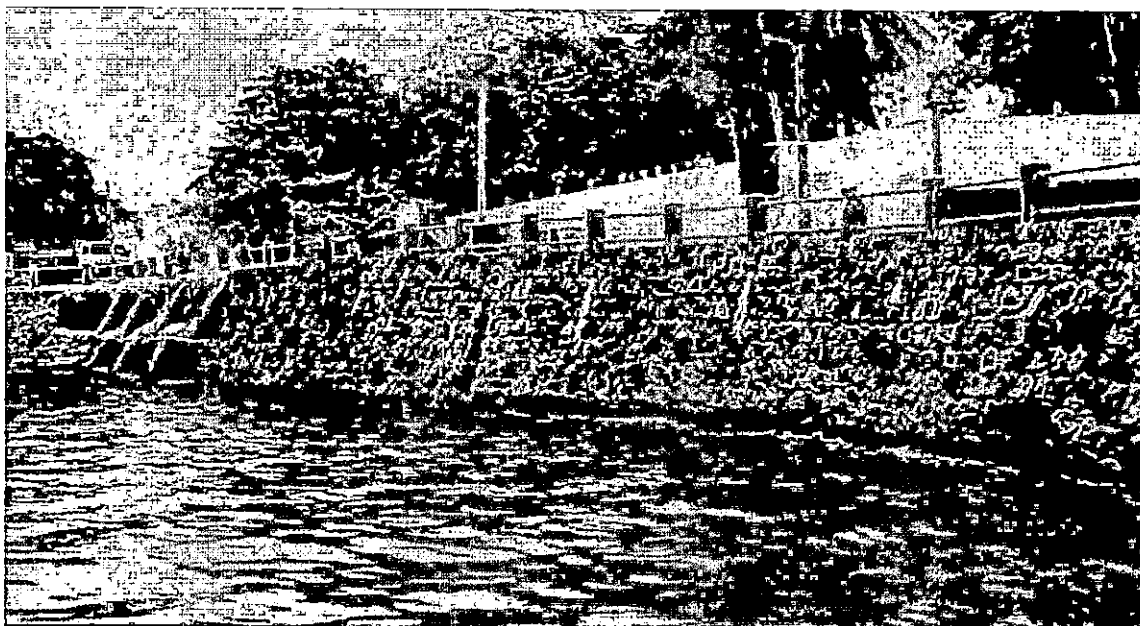
3.3.13 FOTOGRAFIAS DE LA CIUDAD DE LA UNION



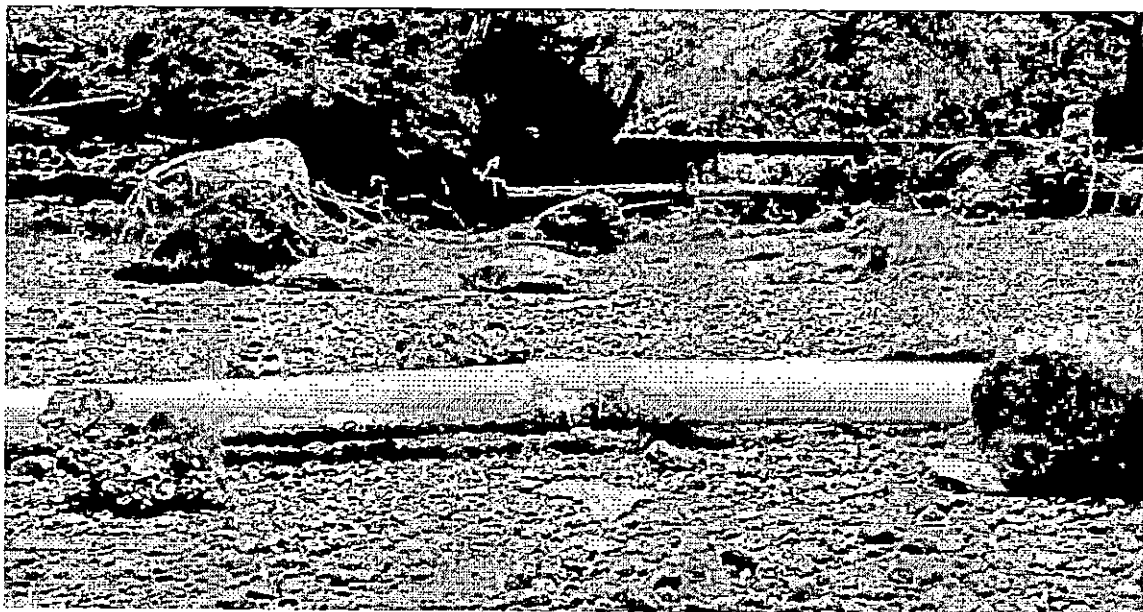
FOTOGRAFIA 3.18: BASURERO PERMANENTE EN LA INTERSECCION DE LA CALLE CIRCUNVALACION Y CALLE GENERAL MENENDEZ (CONTIGUO A LA FUENTE LUMINOSA)



FOTOGRAFIA 3.19: BASURERO FRENTE A HOSPITAL (FINAL DE LA 9ª AV. NORTE)



FOTOGRAFIA 3.20: DIFERENTES PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS AL FINAL DE LA 9ª A.V. NORTE



FOTOGRAFIA 3.21: TUBERIA DE AGUAS NEGRAS PROVENIENTE DE LA BASE NAVAL EN EL SECTOR DE LA FUERTEZA (UBICADA AL FONDO DE LA FOTOGRAFIA)



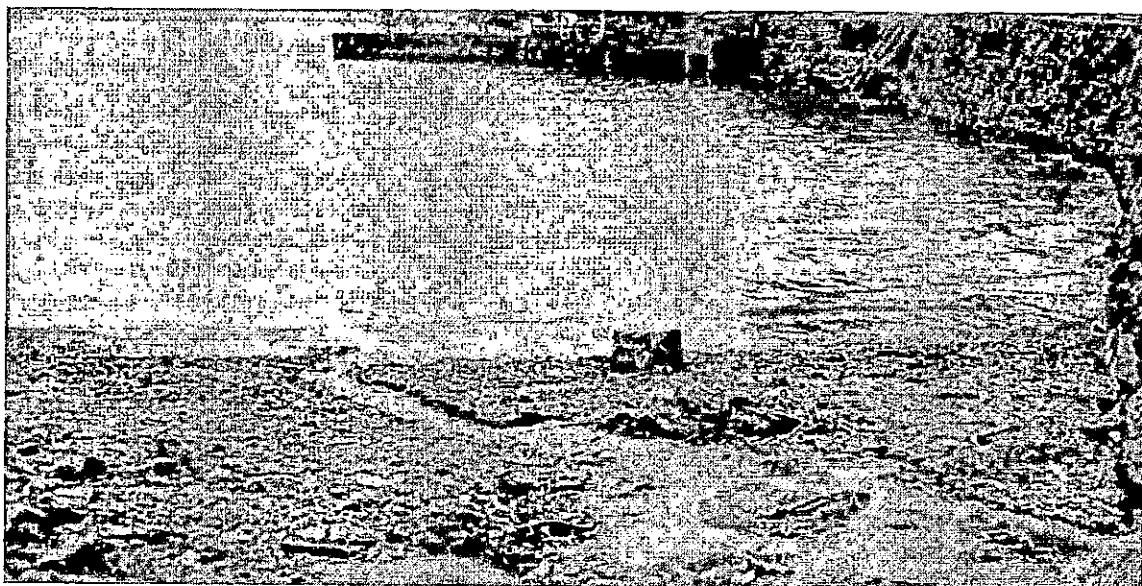
FOTOGRAFIA 3.22 : QUEBRADA QUE DESEMBOCA EN EL BARRIO DE HONDURAS AL FINAL DE LA 4ª A.V. NORTE



FOTOGRAFIA 3.3.6: QUEBRADA QUE DESEMBOCA EN EL MAR (SECTOR DE LA FUERTEZA BARRIO CONCEPCION)



FOTOGRAFIA 3.24: BASURERO A LA ORILLA DEL MAR AL FINAL DE LA 11ª A.V. NORTE



FOTOGRAFIA 3.25: RESTAURANTES A LA ORILLA DEL MAR , ENTRE ELLOS EL AMANECER MARINO Y EL CHALET MIRAMAR

3.4 CONDICIONES DEL MEDIO MARINO FRENTE A LA COSTA DE EL SALVADOR

3.4.1 GENERALIDADES

El agua marina perteneciente a El Salvador forma parte del Océano Pacífico y se extiende desde la línea de la más baja marea, en forma perpendicular a su costa, hasta una distancia de 200 millas náuticas (370.64 km); esto también abarca el espacio aéreo y el subsuelo. Si consideramos a la zona costera como una línea recta, esta tendría una longitud aproximada de 275 km y por lo tanto el área de las aguas territoriales sería de 101,926 km².

Sin embargo, la costa de Nicaragua tiene una orientación diferente a la que posee la costa de El Salvador lo que da como resultado un traslape de aguas territoriales de aproximadamente 27,800 km², de los cuales pertenecen a cada país un área de 13,900 km². Por lo tanto el área marítima perteneciente sólo a El Salvador es de 88,026 km².

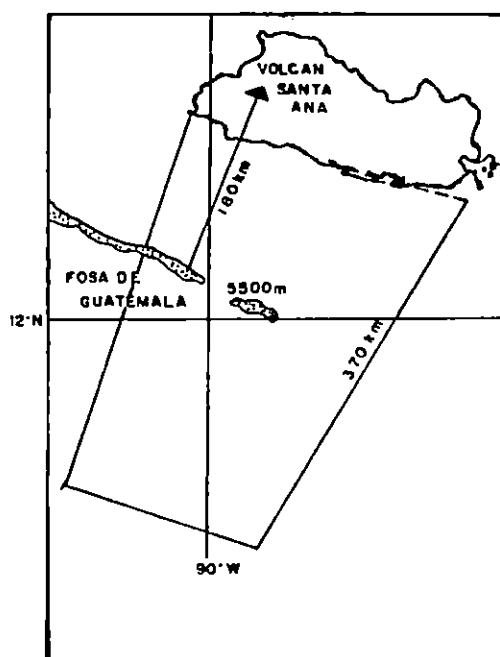
La costa salvadoreña tiene una longitud aproximada de 321 kms y se extiende desde la desembocadura del río Paz, que sirve de límite con Guatemala, hasta donde desemboca el río Goascorán, haciendo a su vez frontera con Honduras.

En todo lo largo de la zona costera se encuentran playas arenosas, costa rocosa acantilada y manglares.

Dentro de las aguas territoriales se encuentra una parte de la fosa Mesoamericana o de Guatemala. La Figura 3.13 muestra la ubicación del territorio marítimo, así como la distancia desde el volcán de Santa Ana hasta la fosa, sus elevaciones y la profundidad respectiva.

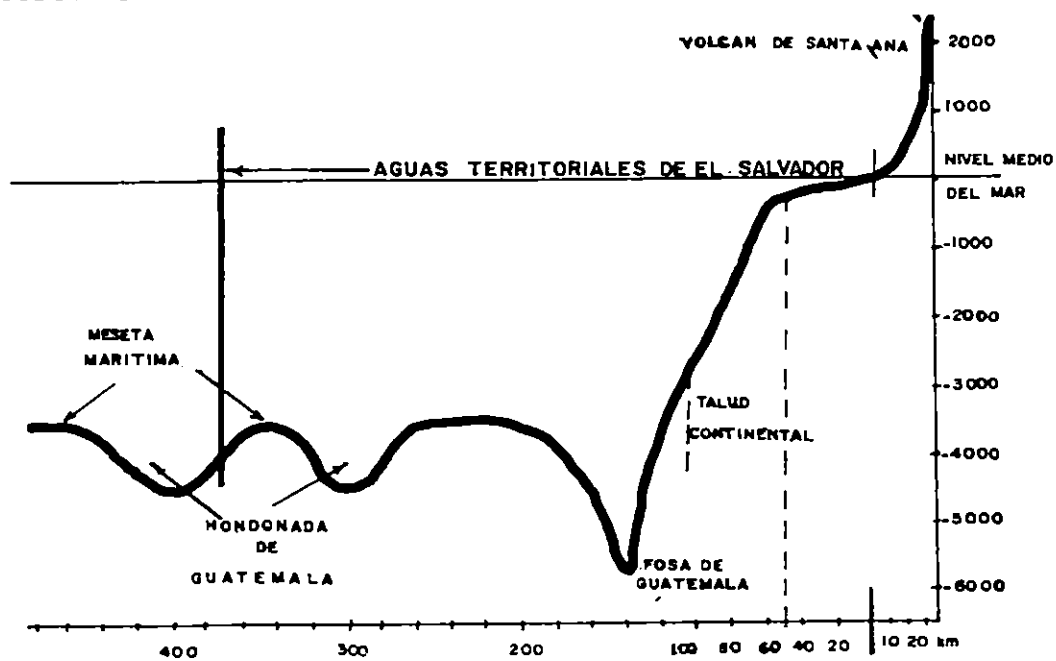
Un perfil de la región que incluye la zona adyacente y tierra firme hasta el volcán mencionado se puede observar en la Figura 3.14

FIGURA 3.13 : UBICACION DEL TERRITORIO MARITIMO DE EL SALVADOR.



FUENTE: Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de Publicaciones Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986, pag. 130.

FIGURA 3.14: PERFIL DEL TERRITORIO MARITIMO DE EL SALVADOR



FUENTE: Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de Publicaciones Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986, pag. 131.

3.4.2 FONDO DEL MAR

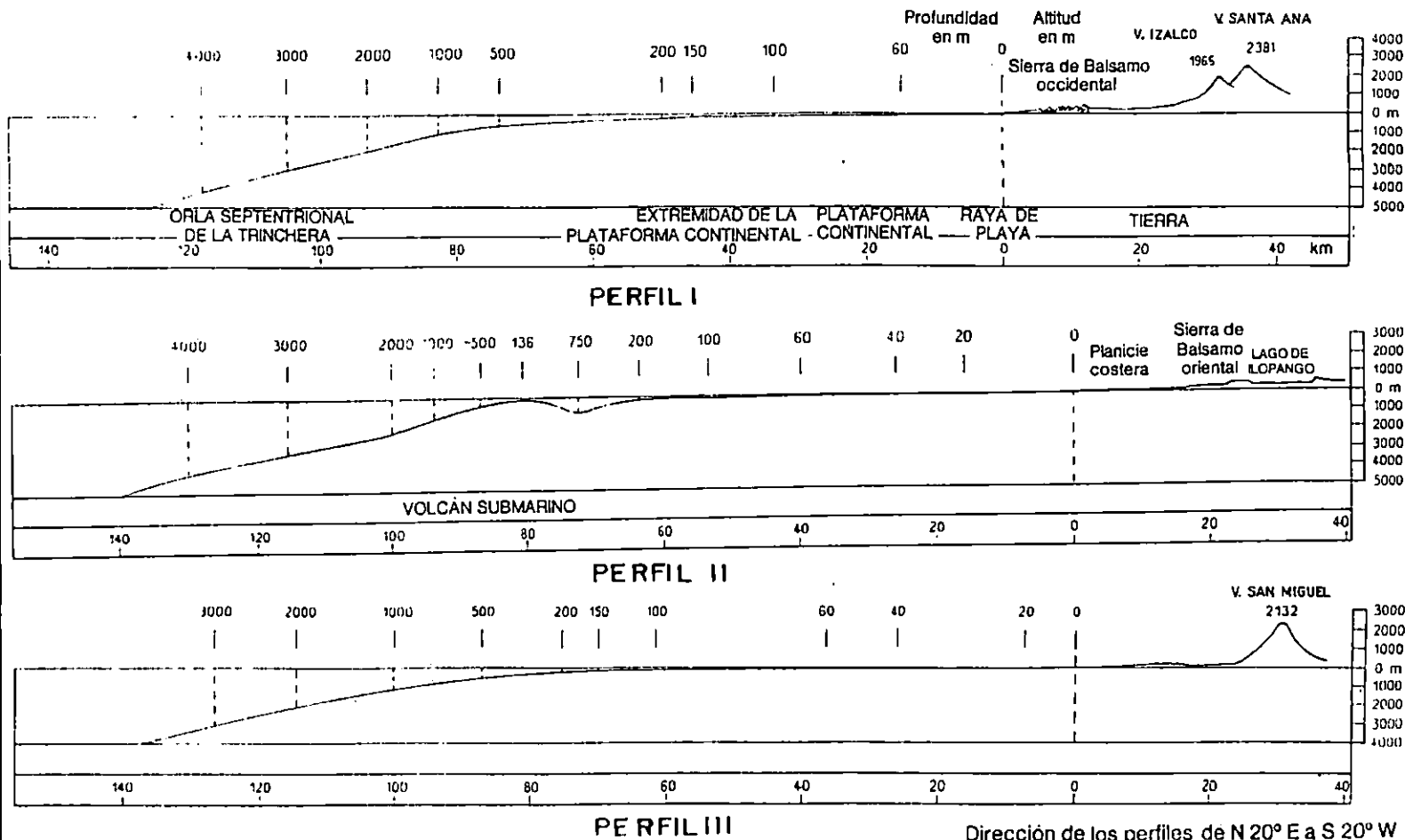
3.4.2.1 PROFUNDIDADES

En general el fondo del mar frente a la costa es bastante llano, conservando una pendiente suave desde la orilla hasta una distancia aproximada de 50 km, luego su pendiente empieza a crecer rápidamente ya que en esta zona se encuentra la fosa mencionada anteriormente. Las profundidades de 10 mts se encuentran aproximadamente a una distancia promedio de la costa de 1 km y la de 20 m entre los 4 y 6 km. Frente a la costa rocosa de la Sierra del Bálsamo se pueden encontrar profundidades de 20 m a 2 km de la orilla, mientras que frente a la costa llana central entre La Libertad y El Espino dicha profundidad se encuentra de 5 a 10 km, lo que hace suponer que el declive es menor en esta última debido al elevado arrastre de sedimentos hacia el mar a través de ríos (especialmente el río Lempa), quebradas y esteros. La costa Oriental también presenta las mismas condiciones de orientación que la anterior, aunque en la zona del Golfo de Fonseca se observan pequeños canales con profundidades mayores de 10 m que es por donde transitan las embarcaciones relativamente grandes como por ejemplo los guardacostas; las profundidades a lo largo de toda la costa de El Salvador pueden observarse en la Figura 3.15. La Figura 3.16 muestra tres perfiles de la región costera que incluye la plataforma continental y el declive hasta la fosa de Guatemala, construidos a partir de la Figura 3.15.

3.4.2.2 SUELO MARINO

En lo que respecta al suelo marino se sabe muy poco: hasta la fecha no se conoce el espesor de la capa sedimentada que proviene del litoral, ni el material de los estratos que se encuentran más bajos. Sin embargo frente a las costas llanas, los materiales sedimentados son arenas y fangos fluviales, también sedimentos calizos de origen orgánico. En la costa rocosa la arena se mezcla con cantos rodados y grava. Donde desemboca el río Lempa, en el fondo del Golfo de Fonseca y posiblemente en la bocana del estero de Jiquilisco se presume el depósito de fango. A lo largo de la costa no se conoce sedimentos de origen de coral y únicamente existen en un área muy pequeña abarcando comunidades ubicadas al sureste de Acajutla como Salinitas, Punta Remedios y Los Cóbanos.

FIGURA 3.16: PERFILES DE LA REGION COSTERA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL Y DEL DECLIVE HASTA LA TRINCHERA DE GUATEMALA



FUENTE: La Costa de El Salvador, Primera edición en español, dirección de publicaciones ministerio de educación, San Salvador 1976, pag. 68.

Peraltados 2,5 veces

3.4.3 CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marítimas cerca de la superficie del mar están relacionadas con las condiciones atmosféricas cercanas y además resultan influenciadas por los fenómenos físicos, químicos y biológicos en el mar. Las corrientes se encuentran limitadas en su mayoría desde la superficie hasta profundidades de 100 a 200 mts y las velocidades de las mismas generalmente son menores a los 20 cm/s (720 mts/hora).

3.4.3.1 REGIONES PRINCIPALES DE CORRIENTES MARINAS

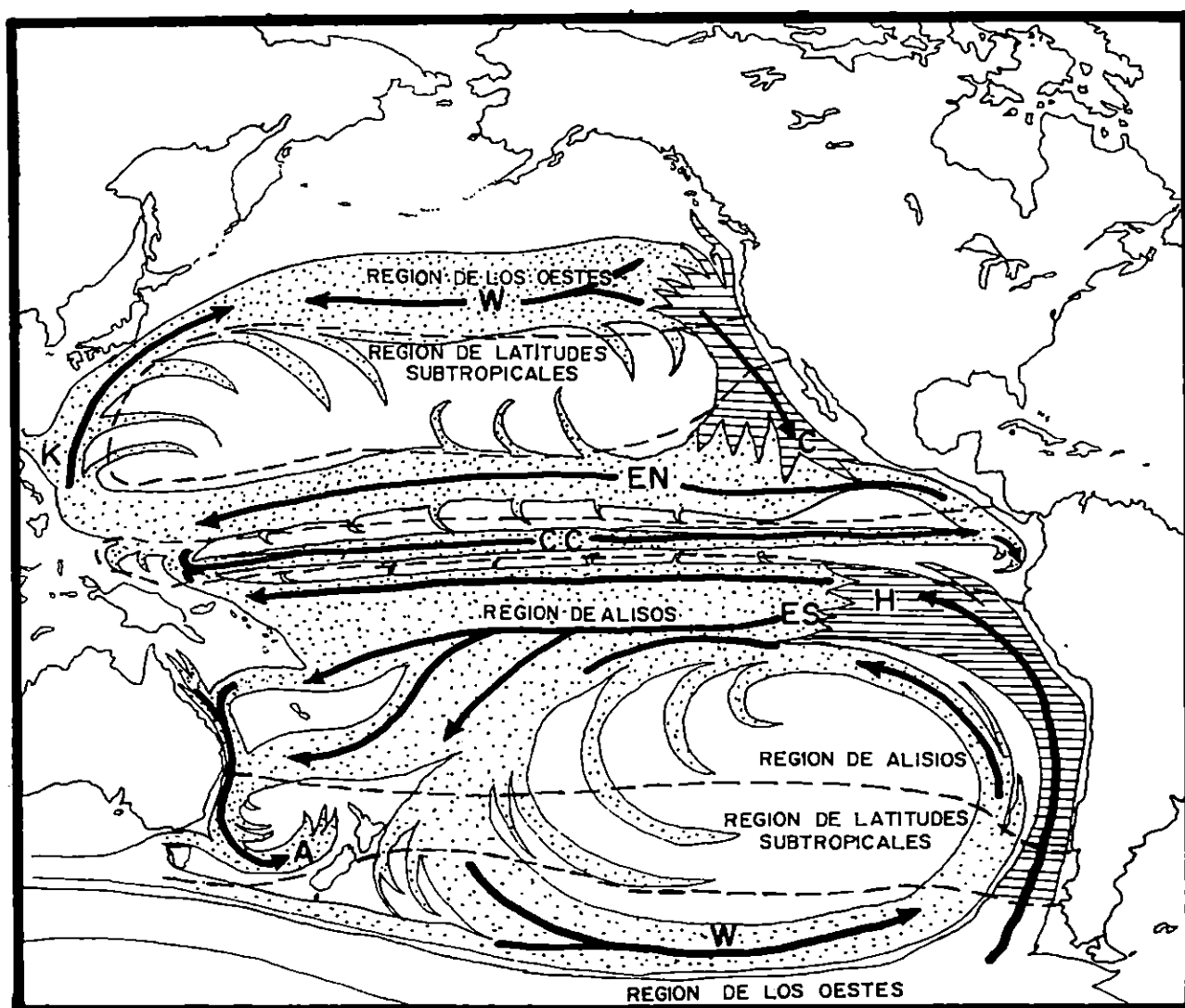
En el Océano Pacífico se distinguen varias regiones principales de corrientes, como:

- Ecuatorial del Norte (EN)
- Ecuatorial del Sur (ES)
- Corriente Ecuatorial (CC)
- Corrientes de California (C)
- Corrientes del Perú (H)

Estas corrientes se muestran en la Figura 3.17. A la región principal de corrientes Alisios pertenecen las corrientes Ecuatoriales del Norte (EN) y la del Sur (ES) que fluyen hacia el Oeste y corresponden a la región de vientos Alisios permanentes. Entre la EN y ES se encuentra la contra corriente Ecuatorial (CC), la cual en época de invierno del hemisferio norte no es muy constante y en algunos casos desaparece ya que en esta época se dan fuertes vientos Alisios contrarios es decir del noroeste. En verano el límite sur de la EN se localiza a 10° N, pero en invierno con los vientos Alisios, el movimiento de las aguas hacia el oeste predomina entre los 5° y 10° Norte. La corriente ES pertenece al hemisferio sur pero su invierno se desplaza a los 5° Norte. Las corrientes de California (C) en el hemisferio norte y la de Perú (H) en el hemisferio sur también pertenecen a las corrientes de Alisios y están dirigidas hacia el Ecuador y se ubican en el Oriente en el Océano Pacífico; ambas corrientes arrastran aguas relativamente frías hacia las aguas tropicales. De la Figura 3.17 se observa que las aguas territoriales pertenecen a la región de la corriente Ecuatorial del Norte y probablemente se alcanza durante el verano (Junio -

Agosto) a más de 150 km mar afuera entre los 10° y 12° Norte, por las circulaciones transversales que se ubican al lado norte de la CC. También, ramales de la corriente de California procedentes del Norte, que fluyen a lo largo de la costa mejicana hacia el Sur Este, pueden llegar a las aguas territoriales en invierno y sus velocidades son menores de 0.25 nudos (463.3 m/ hora).

FIGURA 3.17: MAPA DEL SISTEMA DE CORRIENTES MARINAS DE SUPERFICIE PARA EL OCEANO PACIFICO.



FUENTE: Geografía de El Salvador. Primera Edición. Dirección de Publicaciones. Ministerio de Cultura y Comunicaciones. San Salvador 1986. pag. 134.

3.4.4 TEMPERATURA DEL MAR

Registros de las temperaturas mensuales medias de la superficie del mar y el aire vecino para la zona marítima frente a la costa Salvadoreña se pueden obtener del Atlas de cartas climáticas de los Océanos como los de la Tabla 3.21

TABLA 3.21: TEMPERATURAS DEL AGUA DE MAR MEDIDAS EN SUPERFICIE.

	TEMPERATURA DEL AIRE SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR (T_{aire})	TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR (T_{mar})	DIFERENCIA DE $T_{\text{aire}} - T_{\text{mar}}$
ENERO	25.8	26.1	0.3
FEBRERO	25.8	25.8	0.0
MARZO	26.1	26.5	0.4
ABRIL	27.1	27.2	0.1
MAYO	27.3	28.1	0.8
JUNIO	26.9	27.8	0.9
JULIO	27.0	27.7	0.7
AGOSTO	26.9	27.7	0.8
SEPTIEMBRE	26.6	27.6	1.0
OCTUBRE	26.3	27.3	1.0
NOVIEMBRE	26.5	27.1	0.6
DICIEMBRE	26.3	27.3	1.0
AÑO	26.6	27.2	0.6
AMPLITUD	1.5	2.3	1.0

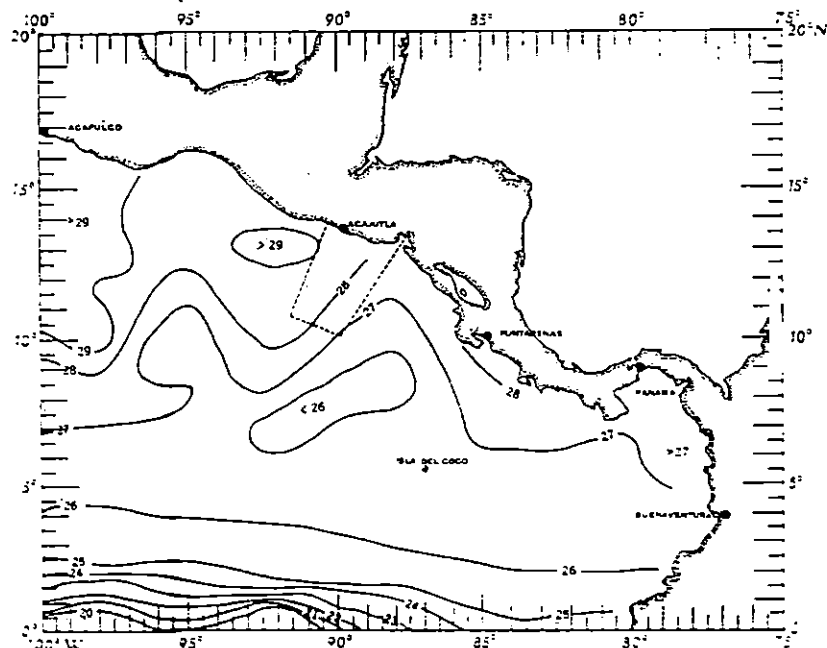
FUENTE: Geografía de El Salvador. Primera Edición. Dirección de Publicaciones, Ministerio de Cultura y Comunicaciones. San Salvador 1986, pag. 136.

Del cuadro anterior se observa que la temperatura del mar presenta variaciones aproximadas a los 2.3 °C, el aire de 1.5 °C, durante todo el año y que las diferencias de temperatura entre ambos es muy pequeña y apenas alcanza un grado centígrado; esto en cuanto a mediciones en la su superficie del mar.

Por otro lado la expedición oceanográfica EASTROPAC (1967-1968) realizó estudios en nuestras aguas territoriales en lo que respecta a temperatura tanto en superficie (ver Figura 3.18) como en profundidad (ver Figura 3.19).

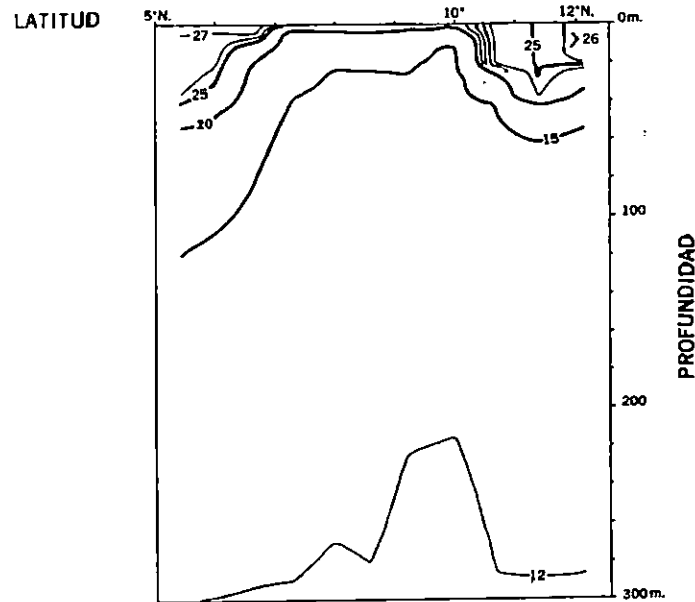
De las figuras anteriores se puede observar que las temperaturas en los meses de Febrero y Marzo de 1967 presentaban diferencias de temperatura superficiales de 1°C (26° y 27°), y en cuanto a profundidad las variaciones de temperatura presentan mayores variaciones en los primeros 50 m manteniéndose un tanto invariables desde esta última profundidad hasta los 300 m.

FIGURA 3.18: TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DEL MAR
(AGOSTO - SEPTIEMBRE 1967) EN °C



FUENTE: Geografía de El Salvador. Primera Edición. Dirección de Publicaciones, Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986. pag. 228.

FIGURA 3.19: DISTRIBUCION VERTICAL DE LA TEMPERATURA DEL MAR A LO LARGO DE LONG 88° W Y LAT 5°N, 12°N. (FEBRERO 1967)



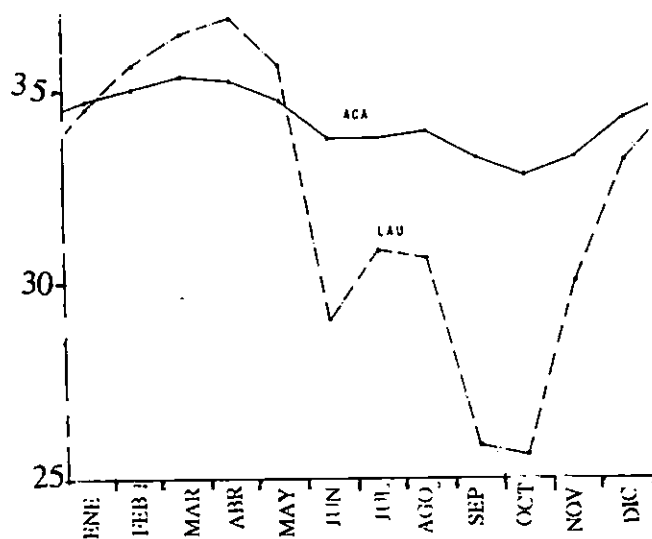
FUENTE: Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de Publicaciones Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986, pag. 228.

3.4.5 SALINIDAD DEL MAR

La salinidad de las capas superficiales de las aguas territoriales tienen un promedio de 32.5 por mil. La Figura 3.20 muestra los valores de salinidad mensual media registrado durante 1970 - 1976 para los puertos de Acajutla y La Unión, donde se observa la existencia de grandes cambios de salinidad que se dan en mayor grado para La Unión. El grado mayor de concentración salina se presenta en la época seca es decir, de Marzo a Mayo; esto se debe a que en estos días se da la evaporación máxima, caso contrario ocurre en los meses de Septiembre y Octubre después que las lluvias han diluido el agua de mar.

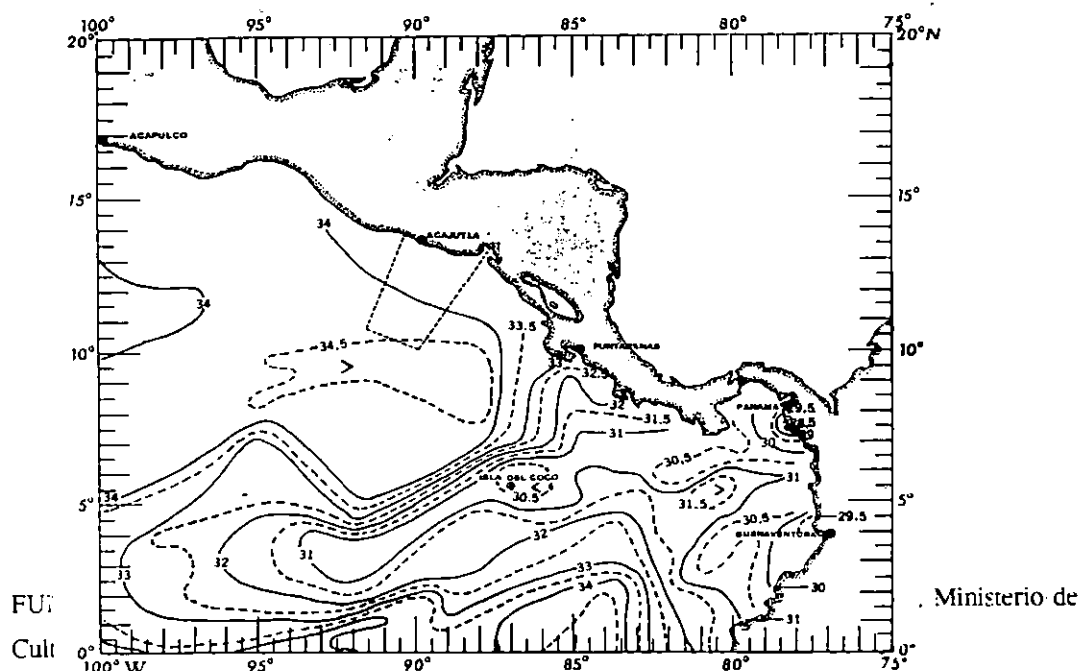
La expedición EASTROPAC obtuvo los siguientes resultados de salinidad tanto en la superficie (ver Figura 3.21) como en profundidad (ver Figura 3.22). De la Figura 3.21 se detecta una poca variación de valores de salinidad.

FIGURA 3.20: VALORES DE SALINIDAD PARA LOS PUERTOS DE ACAJUTLA Y LA UNION



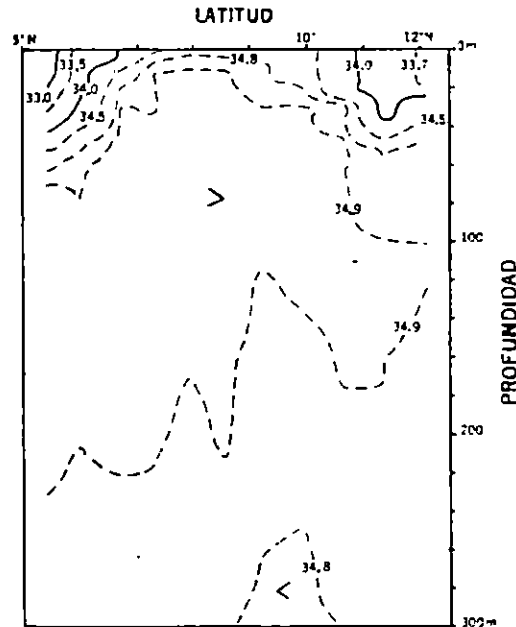
FUENTE: Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de Publicaciones, Ministerio de Cultura y Comunicaciones. San Salvador 1986, pag. 139.

FIGURA 3.21: VALORES DE SALINIDAD EN LA SUPERFICIE MARINA DEL ISTMO CENTRO AMERICANO (FEBRERO - MARZO 1967).



Ministerio de

FIGURA 3.22: DISTRIBUCION VERTICAL DE LA SALINIDAD DEL MAR A LO LARGO DE LONG 88° W Y LAT 5°N, 12°N (FEB 1967)



FUENTE: Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de Publicaciones. Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986, pag. 229.

3.4.6 OLEAJE

Las olas son fenómenos que se encuentran en parte bajo la acción del viento que las origina. Cuando la velocidad del viento crece las olas aumentan su longitud de onda y altura sin que la proporción altura:longitud sobrepase el valor de 1:8; con el crecimiento se forma espuma en las crestas y las olas rompen dando lugar a la resaca que consiste en varias líneas de rompientes a diferentes distancias de la orilla y varios estados de desarrollo (ver Fotografías 3.26). La región marítima frente a la costa de El Salvador pertenece a las más tranquilas de la tierra, en lo que se refiere al oleaje; el fenómeno de la resaca se observa durante todo el año y se manifiesta mayormente en verano (Junio - Agosto) y al final de la estación lluviosa (Septiembre - Octubre) cuando se presentan depresiones tipo temporales, huracanes, etc. La resaca más violenta se encuentra frente a la costa llana por que en esta zona las rompientes pueden alcanzar los tres metros de altura, aunque son muy frecuentes alturas entre 1.5 m y 1.8 m que rompen uniformemente sobre longitudes de 200 a 1,000 m.

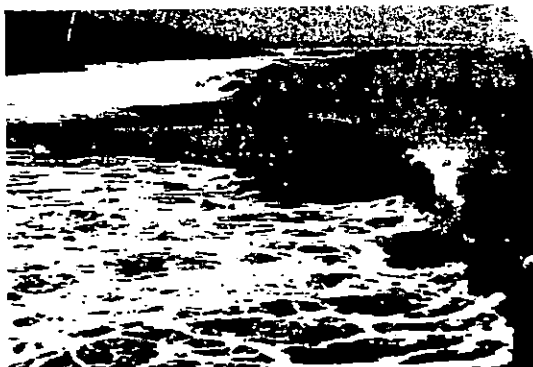
FOTOGRAFIA 3.26: FORMACION DE OLAS



Desarrollo de la Resaca desde ...



... la formación de los rompientes ...



que se vuelcan



en forma turbulenta ...



hacia adelante ...



... hasta que el último derrame ...



del agua baña la playa



regresa al mar hasta que este cubierta por la próxima

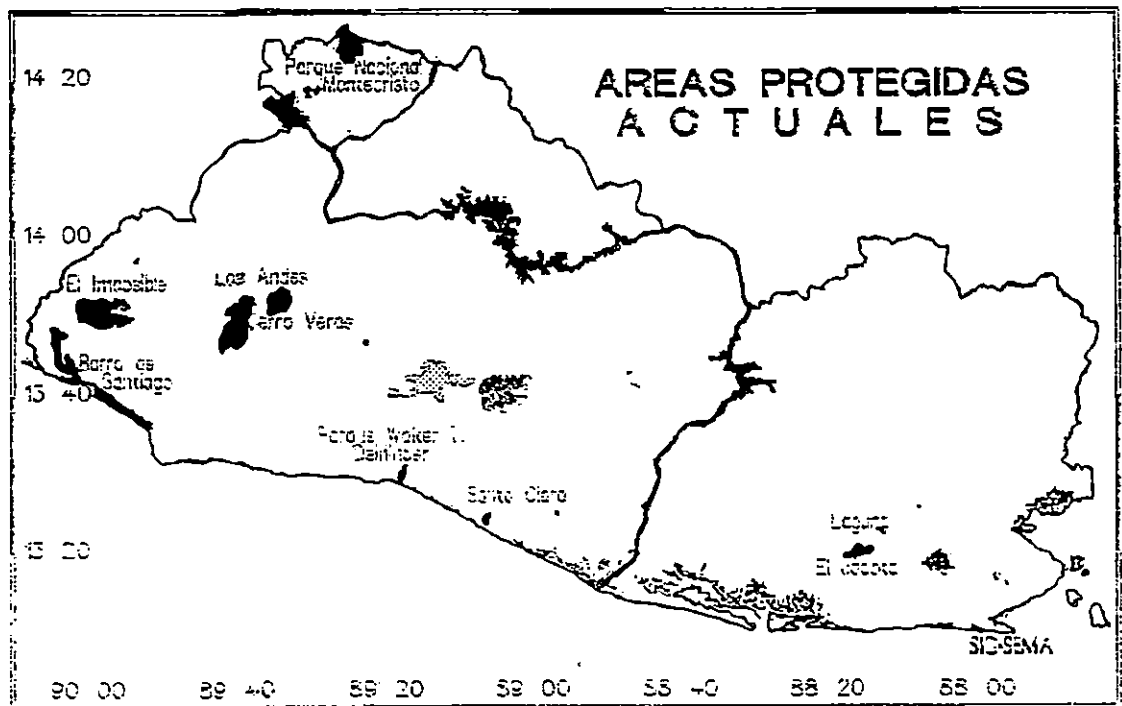
3.4.7 AREAS PROTEGIDAS

El Salvador cuenta actualmente con un sistema de áreas naturales reconocidas como protegidas, siendo estas un total de ocho tales como:

- Parque Regional del Bosque Los Pericos
- Parque Nacional de Montecristo
- Parque Nacional El Imposible
- Parque Reginal Santa Clara
- La Laguna El Jocotal
- Parque Deininger
- Cerro Verde
- Barra de Santiago

Se puede observar su ubicación en la Figura 3.23

FIGURA 3.23 : UBICACION DE AREAS PROTEGIDAS ACTUALES



FUENTE: Plan del Sistema de Areas Protegidas, Zonas de Amortiguamiento y Corredores Biológicos. María Luisa R. de Aguilar. DGRNR/SEMA. San Salvador, Julio 1996. anexo 3.

En la gráfica podemos observar que a lo largo de toda la zona costera solamente se contempla la Barra de Santiago como zona de protección natural. Sin embargo instituciones encargadas de velar por nuestro medio ambiente han planteado un proyecto denominado "Plan del sistema de áreas protegidas, zonas de amortiguamiento y corredores biológicos."

Este proyecto contempla 125 áreas de protección, los cuales representan casi la totalidad de bosques naturales del país, que estarían complementándose y uniéndose mediante corredores biológicos, abarcando un área total de 49,236 Ha.

Las entidades del medio ambiente han elaborado una propuesta, donde se plantean que en El Salvador deberán protegerse por lo menos 24 áreas, esto constituye el "Sistema Mínimo de Areas Protegidas (SIMAP)", de las cuales 7 se encuentran en la costa de nuestro país, y se detallan a continuación:

UNIDAD DE CONSERVACION No. 8: Complejo Barra de Santiago (Barra de Santiago, El Chino, Cara Sucia y Santa Rita). Se encuentra ubicada en los cantones Barra de Santiago, Cara Sucia, La Ceiba y Garita Palmera, jurisdicciones de Jujutla y San Francisco Menéndez, departamento de Ahuachapán; tiene una altitud que oscila entre los 0 y 20 msnm, y un área de 269 Ha. Le corresponde el paisaje de planicies costeras y posee especies de fauna en peligro de extinción local tales como la concha negra, curil, casco de burro, cangrejo azul, punche, pez lagarto, tortugas marinas, cocodrilo, iguana, cotorras y loras.

UNIDAD DE CONSERVACION No. 10: Complejo Los Cóbano (El Zope, playa Los Cóbano). Se ubica en el cantón San Julián, jurisdicción de Acajutla, departamento de Sonsonate. El régimen de tenencia es de Reserva Nacional Estatal; tiene una extensión de proyecto de 1.000.0 ha que se encuentran entre 0 - 13 msnm e incluye la plataforma continental bajo aguas marinas. Incluye Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical. La vegetación existente son morrales, vegetación de playa, algas marinas y fitoplancton marino; dentro de ésta área se encuentra la más grande formación coralina en el Océano Pacífico de El Salvador; posee una playa rocosa y playa formada por fragmentos coralíneos.

UNIDAD DE CONSERVACION No. 14: Santa Clara. Se ubica en el cantón Nuevo Edén, jurisdicción de San Luis Talpa, departamento de La Paz y su extensión es de 602 ha su elevación se da entre los 2 y 10 msnm, está contenida en la Zona de Bosque Húmedo Subtropical (caliente); corresponde al Gran Paisaje de Planicie Costera, posee un bosque representativo de la planicie costera fuertemente degradado y una zona de transición de bosque dulce - bosque salado; contiene poblaciones viables de especies en peligro de extinción local, como la iguana verde.

UNIDAD DE CONSERVACION No. 18: Isla San Sebastián, está ubicada en el cantón Bahía de Jiquilisco, jurisdicción San Dionisio, departamento de Usulután. Su extensión es de 228 ha y su elevación está entre 4 y 8 msnm; corresponde al Gran Paisaje de la Planicie Costera y contiene diversidad de gramíneas de playa y sucesión de matorrales inundables, especies de fauna en peligro de extinción local como concha negra, curil, casco de burro, punche, tortugas marinas, cocodrilo cotorra, lora venado.

UNIDAD DE CONSERVACION No. 22: Complejo Conchagua (El Ciprés o Maquigue, El Faro Yologualo, Suravaya). Se ubica en los cantones El Faro y El Ciprés, jurisdicción de Conchagua, departamento de La Unión. Posee una extensión de 667 ha, con un rango altitudinal de 0 hasta los 1196 msnm. Corresponde al gran paisaje de la cadena volcánica reciente; contiene una ecosistema de acantilados y es el único representante a nivel nacional de la transición playa rocosa-bosque dulce; constituye uno de los pocos hábitats del "mono araña" que es una especie en peligro de extinción local.

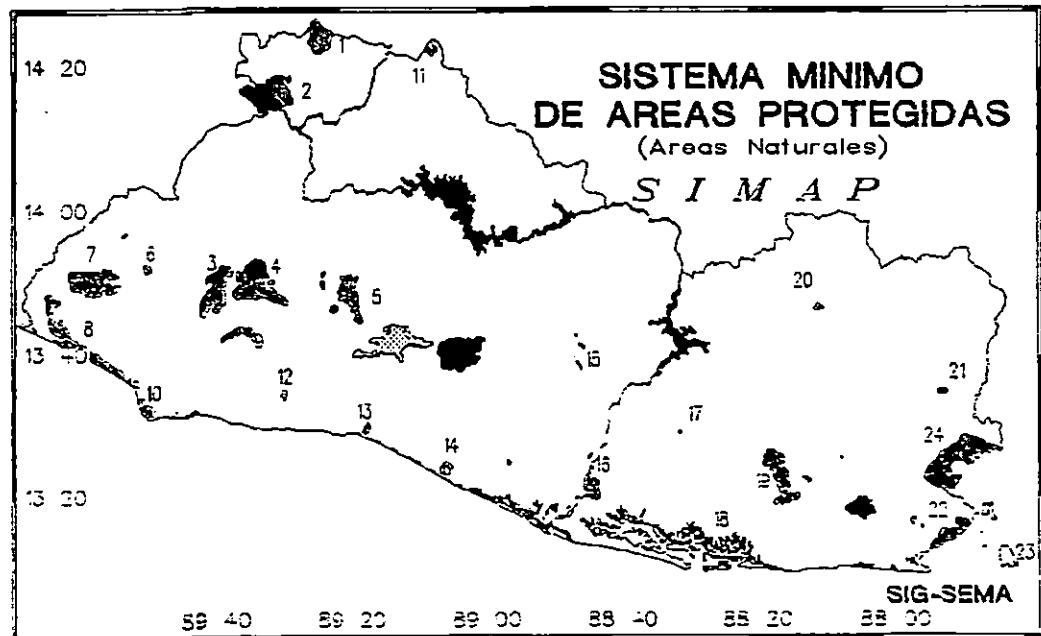
UNIDAD DE CONSERVACION No. 23: Pirigallo. Se ubica en el cantón Islas de Conchaguita, jurisdicción de Meanguera del Golfo, departamento de La Unión, con una extensión de 2 ha, dentro de un rango altitudinal entre 0 y 30 msnm. Está incluida en la zona de vida de bosque húmedo subtropical. Corresponde al gran paisaje de la cadena volcánica reciente y constituye un refugio para aves migratorias y residentes, proveyendo además de sitios de anidación para las residentes; tiene cierta diversidad de reptiles

(culebras, lagartijas), y ofrece paisaje marino.

UNIDAD DE CONSERVACION No. 24: Bahía de La Unión. Es un área recientemente definida que se ubica en las jurisdicciones de Pasaquina, San Alejo y La Unión. La tenencia es Estatal y el área proyectada tiene una extensión de 6000 ha (incluye aguas de la Bahía), dentro de un rango altitudinal que oscila entre 0 - 10 msnm. Está incluida en la zona de vida de bosque húmedo subtropical y la vegetación dominante es manglar. Paisaje marino.

Se puede observar la ubicación de estas áreas en la Figura 3.24

FIGURA 3.24: UBICACION DE AREAS DEL SISTEMA MINIMO DE AREAS PROTEGIDAS



FUENTE: Plan del Sistema de Áreas Protegidas, Zonas de Amortiguamiento y Corredores Biológicos. María Luisa R. de Aguilar, DGRNR/SEMA. San Salvador. Julio 1996, anexo 3.

3.5 CONDICIONES DEL MEDIO MARINO FRENTE A LA COSTA DE LA CIUDAD DE ACAJUTLA

El mar frente al puerto de Acajutla pertenece a las aguas territoriales occidentales Salvadoreñas y se encuentran ubicadas aproximadamente entre las Latitudes Norte $89^{\circ} 47'$ y $89^{\circ} 55'$, y desde la orilla hasta la distancia de 200 millas náuticas.

3.5.1 FONDO DEL MAR

3.5.1.1 PROFUNDIDADES

El fondo del mar es llano y con pendientes suaves. Las profundidades de 10 m se encuentran aproximadamente a 800 m de la orilla, la de 20 m cerca de los 3.5 km, y la de 30 m próximos a los 9 km. La Figura 3.25 muestra las aguas marítimas frente al puerto con sus isóbatas. La Figura 3.26 muestra un perfil del fondo marino elaborado en base al mapa de la figura anterior.

FIGURA 3.25: MAPA DE LA ZONA DEL PUERTO DE ACAJUTLA

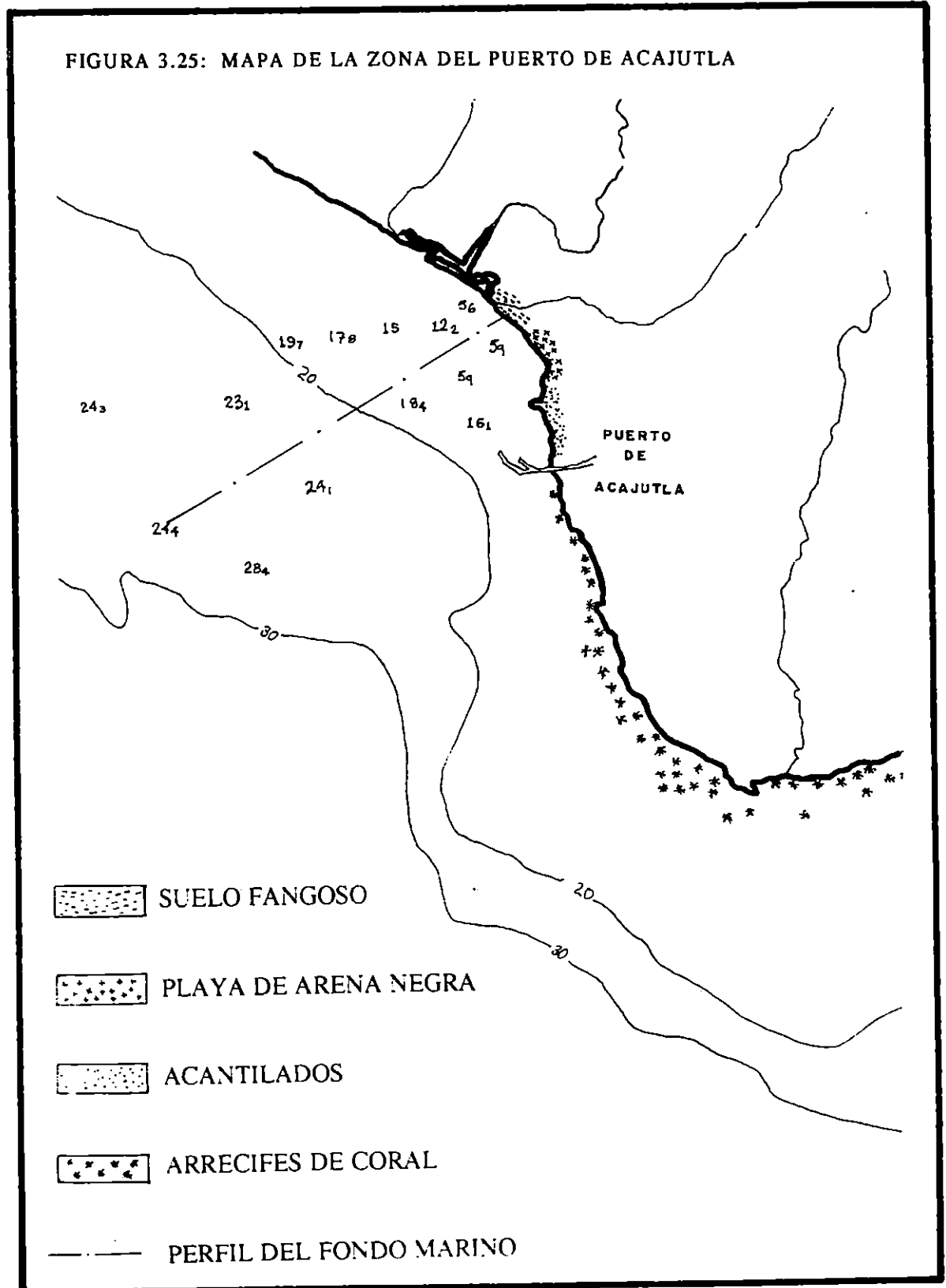
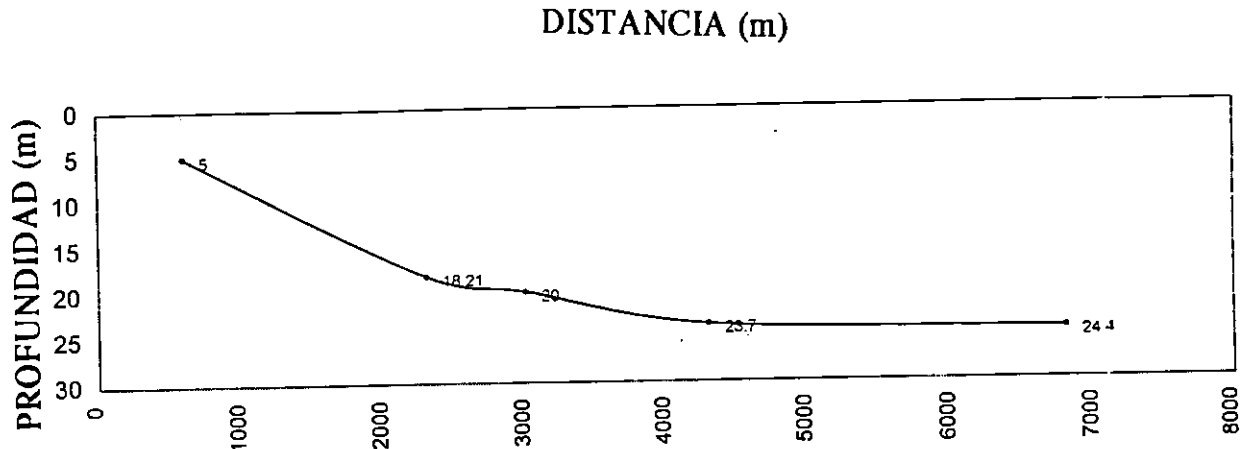


FIGURA 3.26: PERFIL DE LA COSTA DEL PUERTO DE ACAJUTLA



3.5.1.2 SUELO MARINO

En la orilla cercana al muelle antiguo pueden observarse playas de arena negra. En la zona de la desembocadura del río Sensunapán existe fango lodoso debido al arrastre de sedimento que se produce por el cauce del río, y en la costa cercana al puerto actual se pueden observar acantilados. Hacia el oriente, aproximadamente a 5 km frente a Punta Remedios y Los Cóbano se pueden apreciar durante la marea baja numerosos arrecifes de coral, como se puede observar en el mapa de la Figura 3.25.

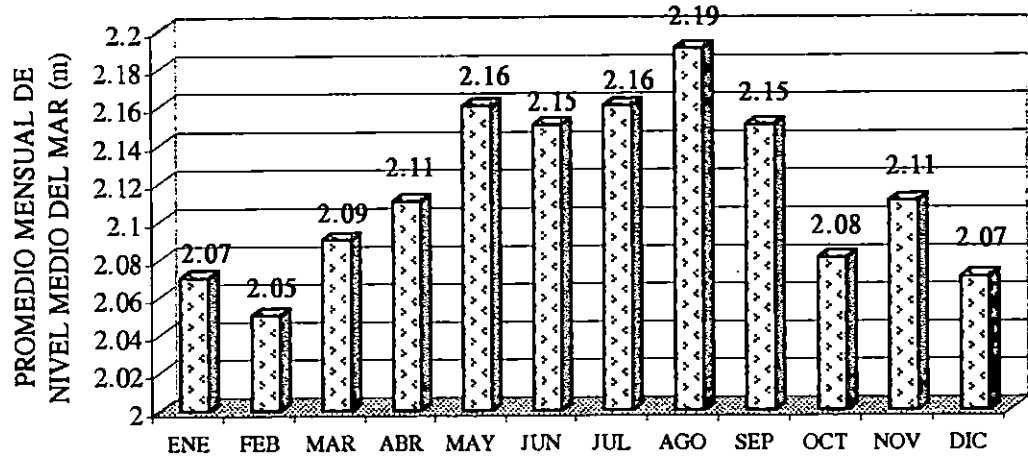
En las aguas profundas se encuentra fango lodoso, conchas, arena color negra, rocas²⁶.

3.5.2 MAREAS

El nivel medio del mar casi se mantiene constante durante un año, y es que su diferencia es apenas unos pocos centímetros de un mes con respecto a otro. La Figura 3.27 muestra los valores promedios mensuales del nivel medio del mar para el año de 1996.

²⁶ Carta Hidrográfica SAL. CH - 100. Instituto Geográfico Nacional.

FIGURA 3.27: VALORES PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR PARA EL PUERTO DE ACAJUTLA (1996)



FUENTE: Instituto Geográfico Nacional, Departamento de Hidrografía.

La marea cambia de nivel constantemente pero éstas no alcanzan los 1.8 m de diferencia entre las mareas alta-alta y baja-baja. La Tabla 3.22 muestra los registros desde el año de 1987 hasta 1996 y la Figura 3.28 muestra los promedios mensuales para 1996

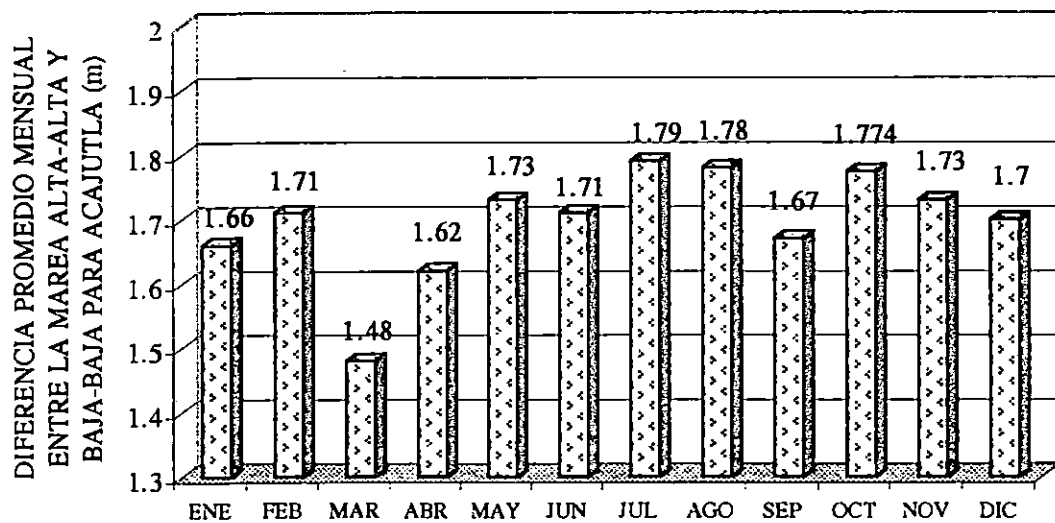
TABLA 3.22: DIFERENCIA PROMEDIO ANUAL ENTRE LA MAREA ALTA-ALTA Y BAJA-BAJA DEL PUERTO DE ACAJUTLA

AÑO	DIFERENCIA (METROS)
1987	1.64
1988	1.66
1989	1.66
1990	1.63
1991	1.65
1992	1.65
1993	1.69
1994	1.70

1995	1.72
1996	1.69

FUENTE: Instituto Geográfico Nacional. Departamento de Hidrografía.

FIGURA 3.28: DIFERENCIA PROMEDIO MENSUAL ENTRE LA MAREA ALTA-ALTA Y BAJA-BAJA PARA ACAJUTLA



FUENTE: Instituto Geográfico Nacional. Departamento de Hidrografía.

3.5.3 TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR

Actualmente el Instituto Geográfico Nacional, a través del Departamento de Hidrografía, lleva registros de temperatura del agua de mar, para el puerto de Acajutla. La Tabla 3.23 muestra los valores promedio de temperatura anual registrado en el período de 1987 a 1996

TABLA 3.23: VALORES PROMEDIO DE TEMPERATURA ANUAL REGISTRADOS ENTRE LOS AÑOS 1987-1996

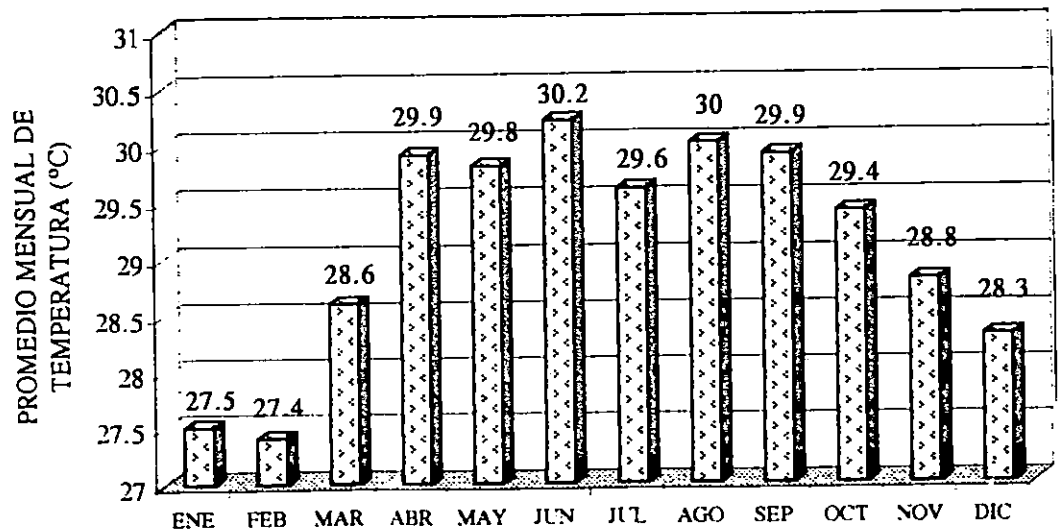
AÑO	PROMEDIO DE TEMPERATURA (°C)
1987	29.67
1988	29.32

1989	29.36
1990	29.68
1991	29.58
1992	29.80
1993	29.52
1994	29.61
1995	29.32
1996	29.12

FUENTE: Instituto Geográfico Nacional, Departamento de Hidrografía.

Como puede observarse, los valores no han sido muy variables en ese lapso de tiempo ya que la máxima diferencia entre el mayor valor y el menor es apenas 0.78 °C. La temperatura varía a lo largo de un año; la Figura 3.29 muestra los valores obtenidos durante 1996.

FIGURA 3.29: PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR PARA EL PUERTO DE ACAJUTLA (1996)



FUENTE: Instituto Geográfico Nacional, Departamento de Hidrografía.

De la figura anterior se observa el aumento de temperatura en los meses más cálidos en El Salvador.

3.5.4 DENSIDAD DEL AGUA DE MAR

Los valores de densidad del agua de mar, en Acajutla prácticamente se han mantenido invariables en los últimos años. A continuación se presentan los resultados obtenidos entre 1987 y 1996. (ver Tabla 3.24)

TABLA 3.24: PROMEDIOS ANUALES DE DENSIDAD DEL AGUA MARINA PARA EL PUERTO DE ACAJUTLA (1987-1996)

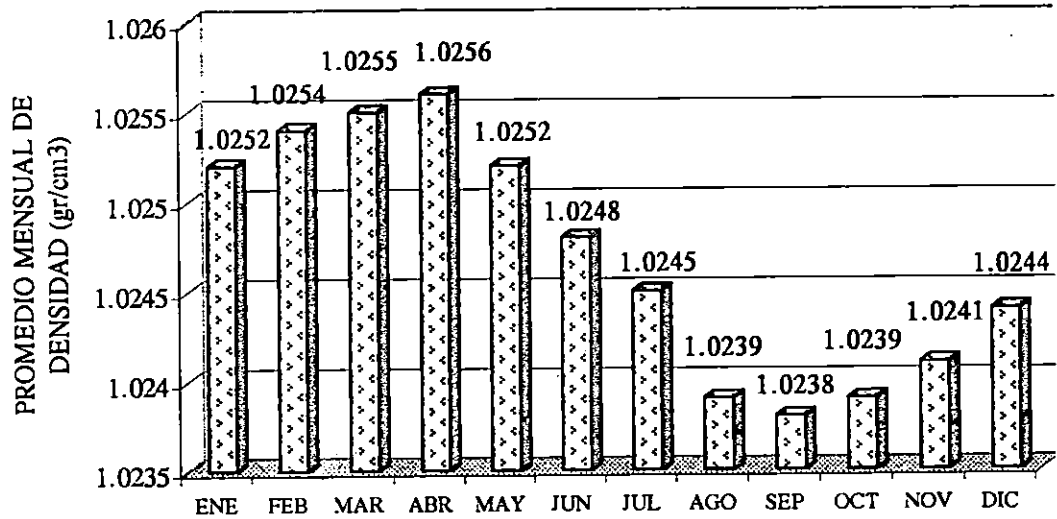
AÑO	PROMEDIO DE DENSIDAD (gr/cm ³)
1987	1.025
1988	1.0248
1989	1.0249
1990	1.0248
1991	1.0249
1992	1.025
1993	1.0242
1994	1.0249
1995	1.025
1996	1.0247

FUENTE: Instituto Geográfico Nacional. Departamento de Hidrografía.

Según el cuadro anterior la diferencia entre el mayor y el menor valor registrado es 0.0018 gr/cm³ lo que indica que la densidad se mantiene invariable.

La densidad presenta variaciones pequeñas en un año. La Figura 3.30 muestra los valores promedios mensuales registrados durante 1996.

FIGURA 3.30: VALORES PROMEDIOS MENSUALES DE DENSIDAD DEL AGUA DE MAR PARA EL PUERTO DE ACAJUTLA (1996)



FUENTE: Instituto Geográfico Nacional, Departamento de Hidrografía

En la figura anterior se observa que la densidad del agua del mar aumenta en los días más calurosos esto es debido al aumento de salinidad provocado por el aumento de temperatura en esa época.

3.5.5 SALINIDAD DEL AGUA DE MAR

La salinidad del agua de mar no es muy variable con el paso de los años y los registros del período comprendido entre los años 1987 y 1996 se presentan en la Tabla 3.25

TABLA 3.25: PROMEDIO ANUAL DE SALINIDAD DEL AGUA DE MAR PARA EL PUERTO DE ACAJUTLA (1987 - 1996)

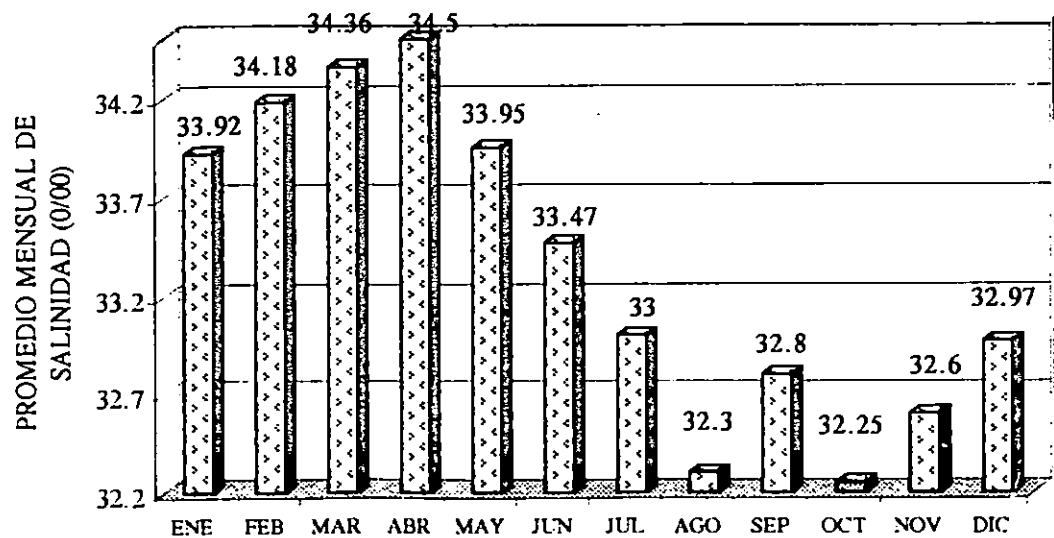
AÑO	PROMEDIO DE SALINIDAD 0/00
1987	33.68
1988	33.52

1989	33.54
1990	33.97
1991	33.55
1992	33.64
1993	33.44
1994	33.61
1995	33.74
1996	33.37

FUENTE: Instituto Geográfico Nacional, Departamento de Hidrografía.

Los valores de salinidad máxima ocurren en la época de verano específicamente en los meses de febrero a mayo donde se da la mayor evaporación del agua de mar por aumento de temperatura. (Ver Figura 3.31)

FIGURA 3.31: PROMEDIO DE SALINIDAD MENSUAL PARA EL PUERTO DE ACAJUTLA EN EL AÑO 1996



FUENTE: Instituto Geográfico Nacional, Departamento de Hidrografía.

3.5.6 PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS EN EL MAR FRENTE A LA CIUDAD DE ACAJUTLA

Con el fin de verificar los datos obtenidos en el Instituto Geográfico Nacional, se realizaron pruebas de campo en el mar frente a la ciudad de Acajutla. Los resultados se presentan a continuación:

- FECHA: 20 de Noviembre de 1997.
- HORA: 10 a.m.
- UBICACION DEL PUNTO DE MUESTREO: 2.5 Km al sur del muelle artesanal
- MAREA: Creciente
- TEMPERATURA AMBIENTE: 34 °C
- TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR EN LA SUPERFICIE: 30 °C
- TEMPERATURA DEL AIRE SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR: 32 °C
- DENSIDAD DEL AGUA DEL MAR: 1.023 gr/cm³ (*)
- POTENCIAL DE HIDROGENO DEL AGUA DE MAR EN LA SUPERFICIE (pH): 7

(*) La densidad del agua de mar fué medida en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, a una temperatura ambiente de 27 °C.

La temperatura y salinidad del agua del mar fueron registradas con un salinómetro YSI modelo 33, hasta una profundidad de 15 m. para obtener los perfiles mostrados en las Figuras 3.32 y 3.33:

En la Figura de temperatura se observa que ésta se mantiene invariable hasta la profundidad de 15 m.

FIGURA 3.32: PERFIL DE TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR PARA LA CIUDAD DE ACAJUTLA.

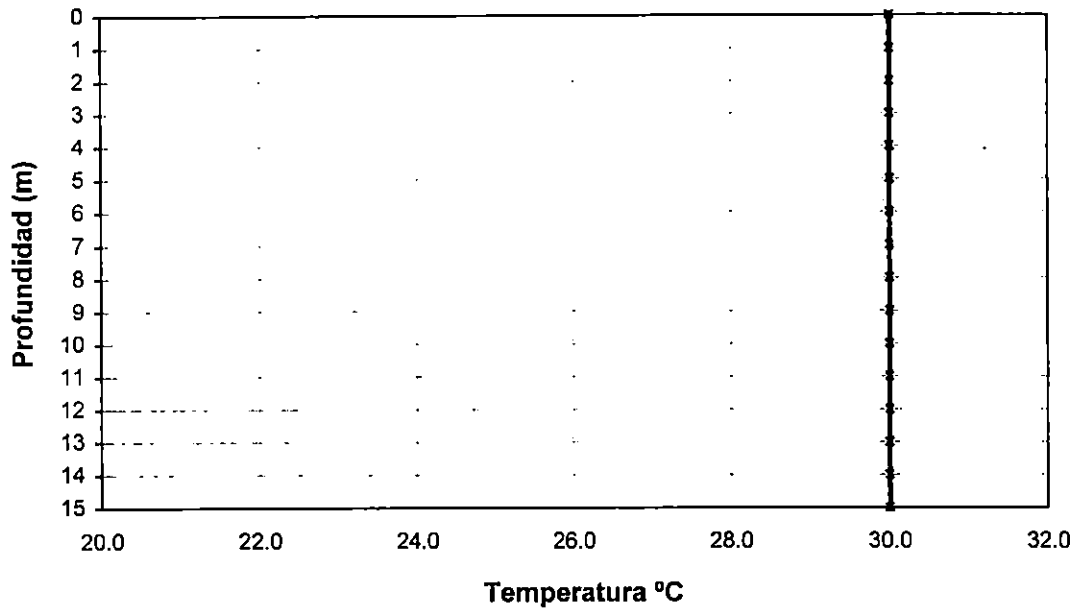
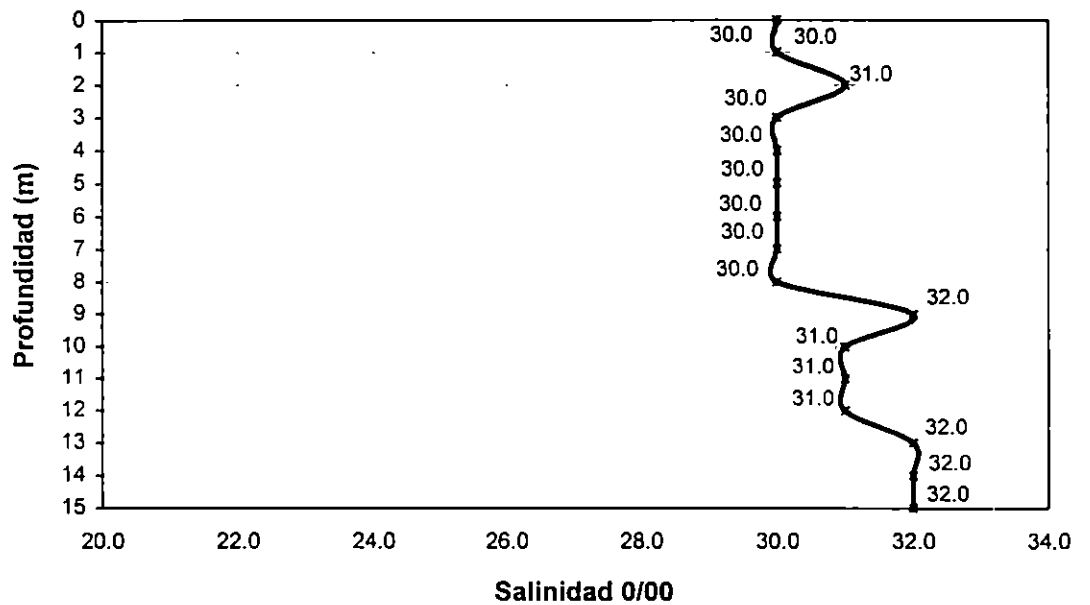


FIGURA 3.33: PERFIL DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR PARA LA CIUDAD DE ACAJUTLA.



De la figura anterior se puede observar que la salinidad crece a medida aumenta la profundidad.

3.6 CONDICIONES DEL MEDIO MARINO FRENTE A LA COSTA DE LA CIUDAD DE LA LIBERTAD

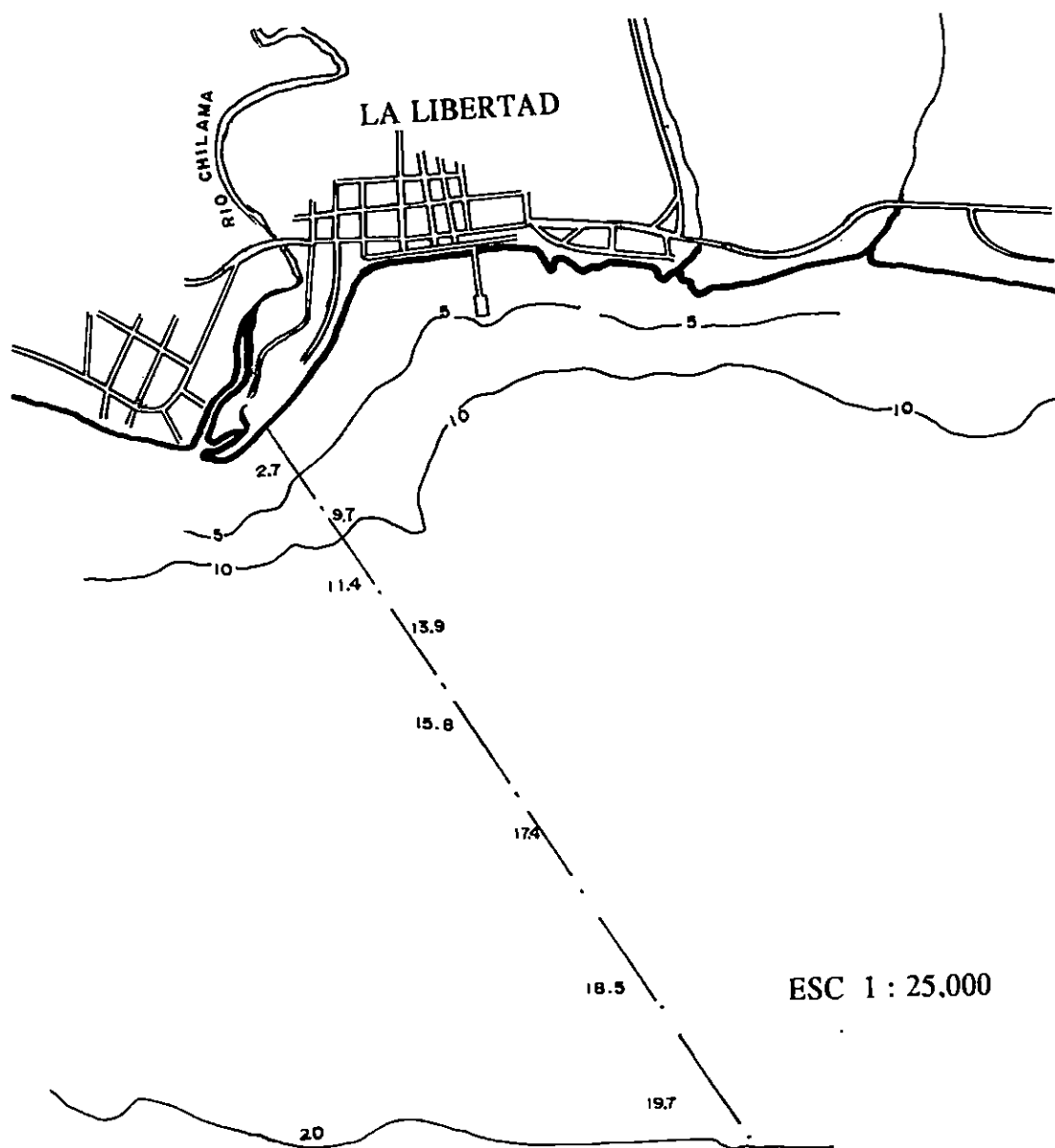
El mar frente al puerto de La Libertad pertenece a las aguas territoriales centrales Salvadoreñas y se encuentra ubicado aproximadamente entre las latitudes norte de $89^{\circ} 18'$ y $89^{\circ} 21'$, medida desde la orilla del mar hasta la distancia de 200 millas náuticas.

3.6.1 FONDO DEL MAR

3.6.1.1 PROFUNDIDADES

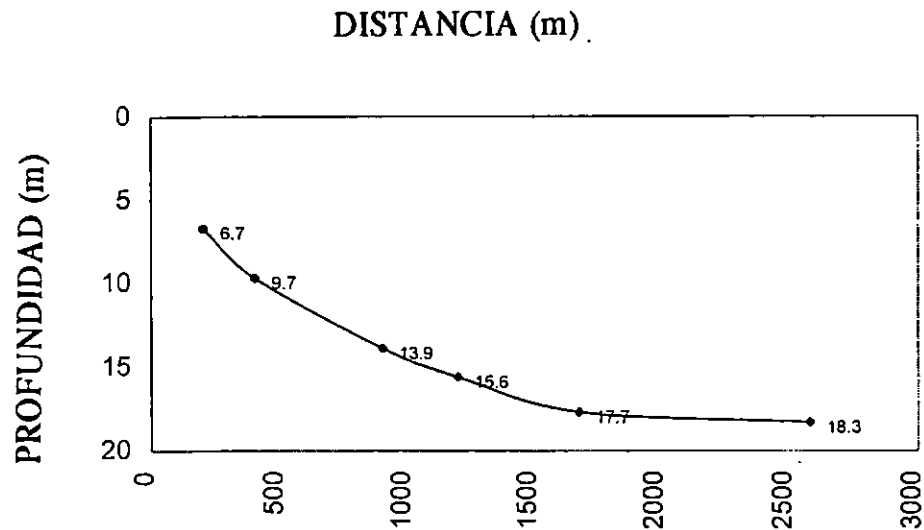
En general el fondo del mar frente a La Libertad presenta pendiente suave hasta llegar a la fosa de Guatemala ubicada a unos 200 km de la orilla. El fondo no es muy profundo ya que a una distancia de aproximadamente 500 m de la orilla se tienen profundidades de 10 m, y la isóbata de 20 m se tiene cerca de los 3 km. La Figura 3.34 muestra el mapa de las aguas frente a La Libertad y los datos de profundidades. La Figura 3.35 muestra un perfil elaborado en base al mapa anterior

FIGURA 3.34: MAPA DE LA ZONA DEL PUERTO DE LA LIBERTAD



PERFIL DEL FONDO MARINO

FIGURA 3.35: PERFIL DEL FONDO DEL MAR DEL PUERTO DE LA LIBERTAD



3.6.1.2 SUELO MARINO

Un kilómetro al Este de la ciudad se observan una costa de acantilada con depresiones en la orilla con piedras del tamaño de un puño, grava gruesa, y finas arenas estratificadas entre sí; al Oeste del puerto, se encuentra en la orilla una playa de 20 m de ancho que consiste en grandes cantos rodados de aproximadamente 50 cm de diámetro. También la playa del puerto está cubierta con rocas sueltas que varían su tamaño entre los 5 y 50 cm de diámetro. Ver fotografía 3.27

3.6.2 MAREAS

Actualmente en el Instituto Geográfico Nacional no se tienen los niveles de las mareas y solamente se tienen las horas en las que estas se presentan. Sin embargo, registros formados por la misma entidad para el año de 1969, indican que el nivel medio del mar (nmm) es de 1.01 m y la diferencia entre bajamar y pleamar es de 1.65 m. Existe un fuerte oleaje que se forma delante del muelle y se derrama sobre la playa con una fuerte resaca. La zona de rompiente abarca aproximadamente los primeros 150 mts medidos desde la orilla, como se indicó en la Figura 3.34

FOTOGRAFIA 3.27: SUELO MARINO DEL PUERTO DE LA LIBERTAD



FUENTE: Geografía de El Salvador. Primera edición, Dirección de Publicaciones Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986.

3.6.3 TEMPERATURA, DENSIDAD Y SALINIDAD DEL AGUA DE MAR

Actualmente no se lleva ningún registro de estos datos para el departamento de La Libertad. por parte de la institución competente, por lo cual fué necesario realizar pruebas de campo para determinar las condiciones existentes de temperatura, densidad y salinidad.

3.6.4 PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS EN EL MAR FRENTE A LA CIUDAD DE LA LIBERTAD

De la misma manera que se realizaron pruebas en el mar frente a la ciudad de Acajutla. también se efectuaron para la ciudad de La Libertad. Los resultados se presentan a continuación:

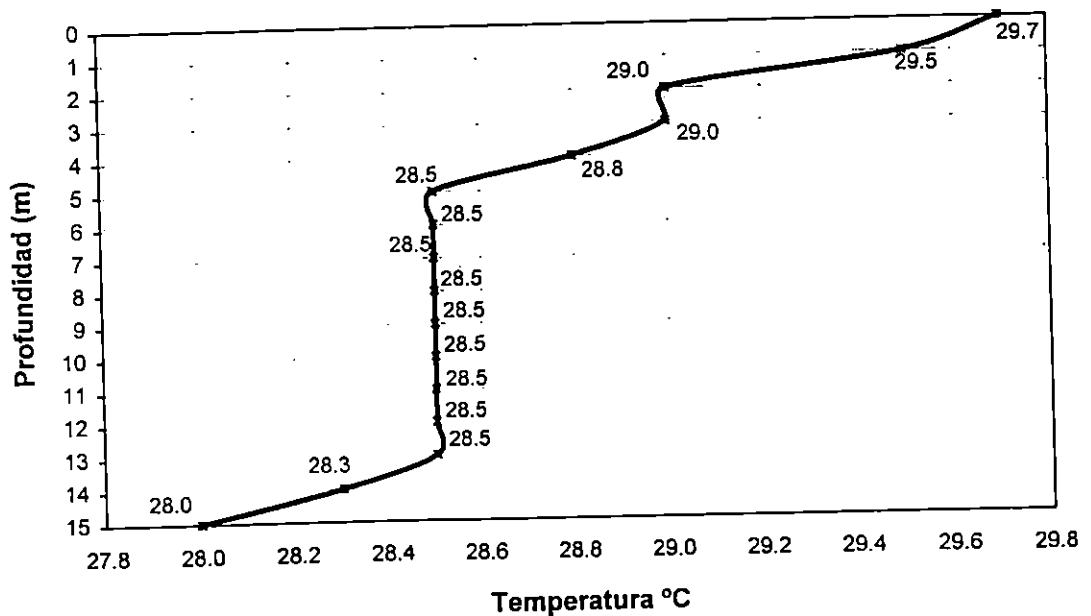
- FECHA: 17 de Noviembre de 1997.
- HORA: 4:00 p.m.
- UBICACION DEL PUNTO DE MUESTREO: 2.5 Km al sur del muelle artesanal
- MAREA: Creciente
- TEMPERATURA AMBIENTE: 36 °C

- TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR EN LA SUPERFICIE: 29.7 °C
- TEMPERATURA DEL AIRE SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR: 32 °C
- DENSIDAD DEL AGUA DEL MAR: 1.024 gr/cm³(*)
- POTENCIAL DE HIDROGENO DEL AGUA DE MAR EN LA SUPERFICIE (pH): 7

* La densidad del agua de mar fué medida en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, a una temperatura ambiente de 27 °C.

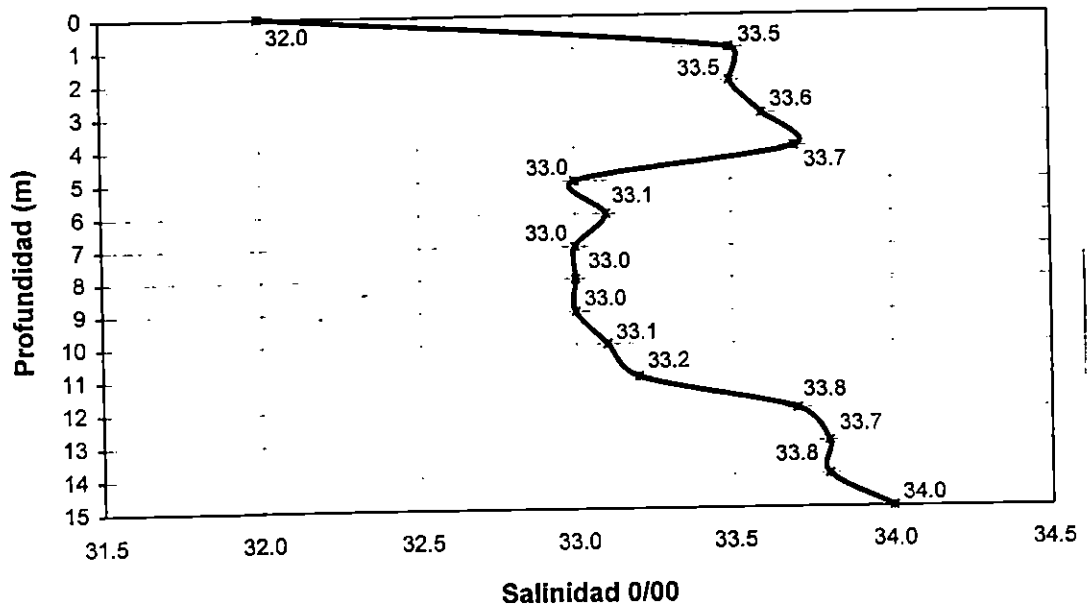
La temperatura y salinidad del agua del mar fueron registradas con un salinómetro YSI modelo 33, hasta una profundidad de 15 m, para obtener los perfiles mostrados en las Figura 3.36 y 3.37.

FIGURA 3.36: PERFIL DE TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR PARA LA CIUDAD DE LA LIBERTAD.



De la figura anterior se observa que la temperatura disminuye a medida aumenta la profundidad.

FIGURA 3.37: PERFIL DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR PARA LA CIUDAD DE LA LIBERTAD.



De la figura anterior se puede observar que la salinidad crece a medida aumenta la profundidad.

3.7 CONDICIONES DEL MEDIO MARINO FRENTE A LA COSTA DE LA CIUDAD DE LA UNIÓN

El límite costero oriental de las aguas territoriales es la Bahía de La Unión, la cual también forma parte del golfo de Fonseca, que se encuentra ubicado aproximadamente entre las latitudes Norte 88° y $88^{\circ} 45'$ y longitudes Oeste $12^{\circ} 5'$ y $13^{\circ} 30'$; el área del Golfo es aproximadamente 3.200 km^2 y tiene una longitud costera de 261 km. El Golfo es

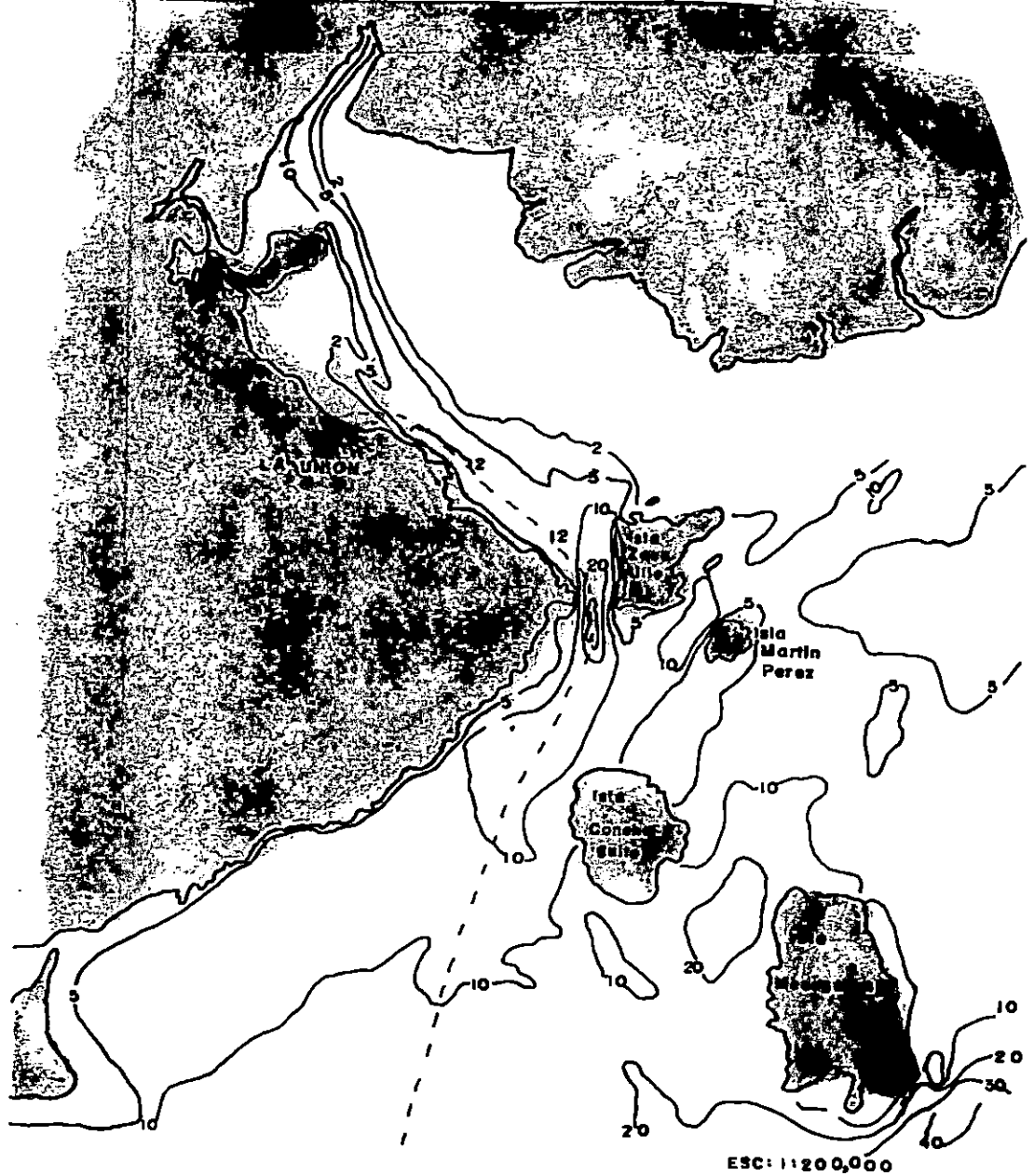
compartido con Nicaragua al que le pertenece la entrada Sur- Este y el interior central a Honduras. su anchura más grande es de 70 km y un fondo máximo de 50 m. Adentrándose al Océano Pacífico se encuentran además islas de origen volcánico entre las cuales podemos mencionar Meanguera, Conchagueta, Martín Pérez y Zacatillo; también existen islotes como Meanguerita, Conejo, Chuchito y Periquito.

3.7.1 FONDO DEL MAR

3.7.1.1 PROFUNDIDADES

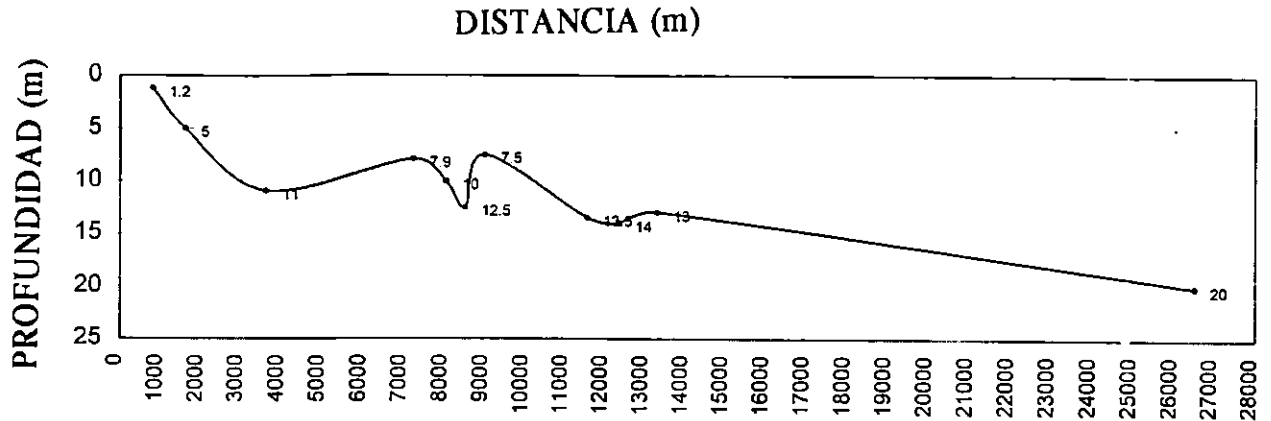
En general la aguas del Golfo no son muy profundas ya que la isóbata de 20 m se encuentra aproximadamente a partir de la línea que une la península de Amapala y la isla de Meanguera, aunque existen algunos puntos entre la isla Chiquirín y la isla Zacatillo que sobrepasan dicha profundidad. En la bahía se tienen profundidades muy pequeñas de hecho se observan marismas (área descubierta cuando baja la marea). Sin embargo, existe un pequeño canal en la bahía que es por donde generalmente transitan los barcos hasta llegar ya sea al puerto Cutuco o al muelle de la base naval donde en algunos puntos se obtienen profundidades cercanas a los 9 metros. A partir del mapa de la Figura 3.38 se ha construido un perfil que muestra la topografía del fondo marino, mostrado en la Figura 3.39.

FIGURA 3.38: MAPA DE LA ZONA DEL GOLFO DE FONSECA



--- PERFIL DEL FONDO DEL MAR

FIGURA 3.39: PERFIL DEL FONDO MARINO EN EL GOLFO DE FONSECA



3.7.1.2 SUELO MARINO

En la bahía se observan extensas áreas de suelo fangoso blando y en algunos casos arenosos lo cual se debe al alto grado de arrastre de sedimentos orgánicos e inorgánicos ya sea por el viento o por la escorrentía pluvial. Abajo de la capa mencionada resaltan en algunos casos aglomerados cementados y cenizas endurecidas que presentan pequeñas cavidades llenas de agua.

3.7.2 MAREAS

Actualmente no se tienen registros de niveles de mareas para el puerto de La Unión y únicamente se tienen las horas a las que ocurren los pleamares (nivel máximo alcanzado por una marea creciente) y bajamares (nivel mínimo alcanzado por una marea decreciente). En la Tabla 3.26 se muestran valores publicados en las cartas hidrográficas del Instituto Geográfico Nacional en el año 1969.

TABLA 3.2: ALTURAS MEDIAS DE MAREAS PARA LA UNION (MTS)

PLEAMAR VIVA	BAJAMAR VIVA	PLEAMAR MUERTA	BAJAMAR MUERTA
3.05	0.03	2.44	0.61

FUENTE: Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de Publicaciones, Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1986, pag 141.

3.7.3 TEMPERATURA, DENSIDAD Y SALINIDAD DEL AGUA DE MAR

Actualmente no se lleva ningún registro de estos datos para el departamento de La Unión, por parte de la institución competente, por lo cual fué necesario realizar pruebas de campo para determinar las condiciones existentes de temperatura, densidad y salinidad.

3.7.4 PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS EN EL MAR FRENTE A LA CIUDAD DE LA UNION

Al igual que en las ciudades de Acajutla y La Libertad, también se realizaron pruebas de campo en el mar frente a la ciudad de La Unión. Los resultados se presentan a continuación:

- FECHA: 24 de Noviembre de 1997.
- HORA: 10:15 a.m.
- UBICACION DEL PUNTO DE MUESTREO: hondonada entre la isla Zacatillo y Punta Chiquirin.
- MAREA: Creciente
- TEMPERATURA AMBIENTE: 36 °C
- TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR EN LA SUPERFICIE: 28 °C
- TEMPERATURA DEL AIRE SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR: 32 °C
- DENSIDAD DEL AGUA DEL MAR: 1.0235 gr/cm³ (*)

- POTENCIAL DE HIDROGENO DEL AGUA DE MAR EN LA SUPERFICIE (pH): 7

* La densidad del agua de mar fué medida en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia, a una temperatura ambiente de 27 °C.

La temperatura y salinidad del agua del mar fueron registradas con un salinómetro YSI modelo 33, hasta una profundidad de 15 m, para obtener los perfiles mostrados en las Figura 3.40 y 3.41:

En la figura de la temperatura podemos observar que ésta disminuye a medida se incrementa la profundidad, mientras que en la salinidad se mantiene invariable presentando un leve incremento entre los 10 y 12 m.

FIGURA 3.40: PERFIL DE TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR PARA LA CIUDAD DE LA UNION.

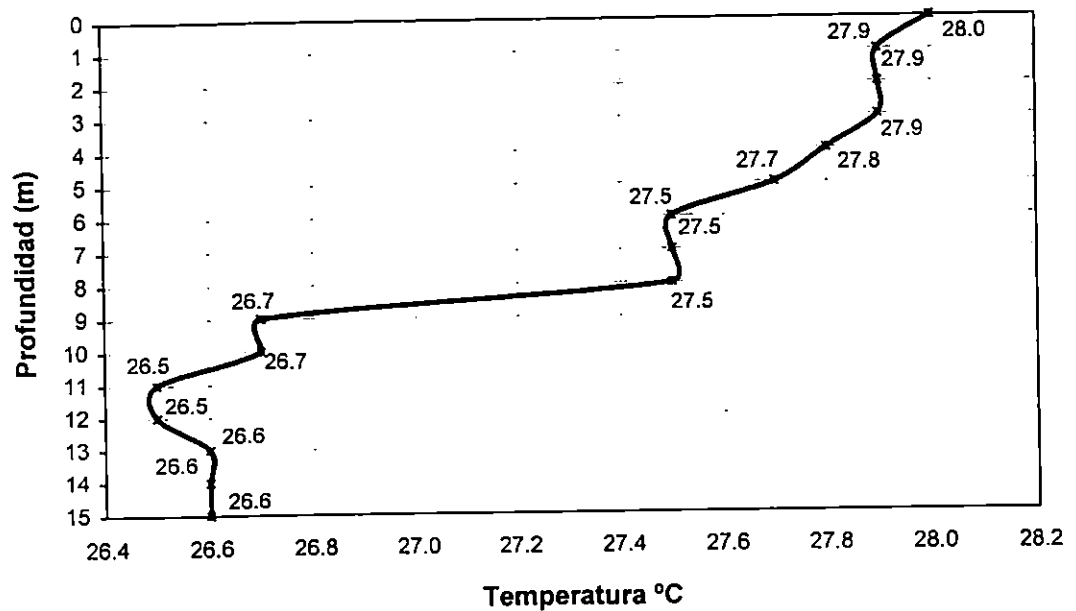
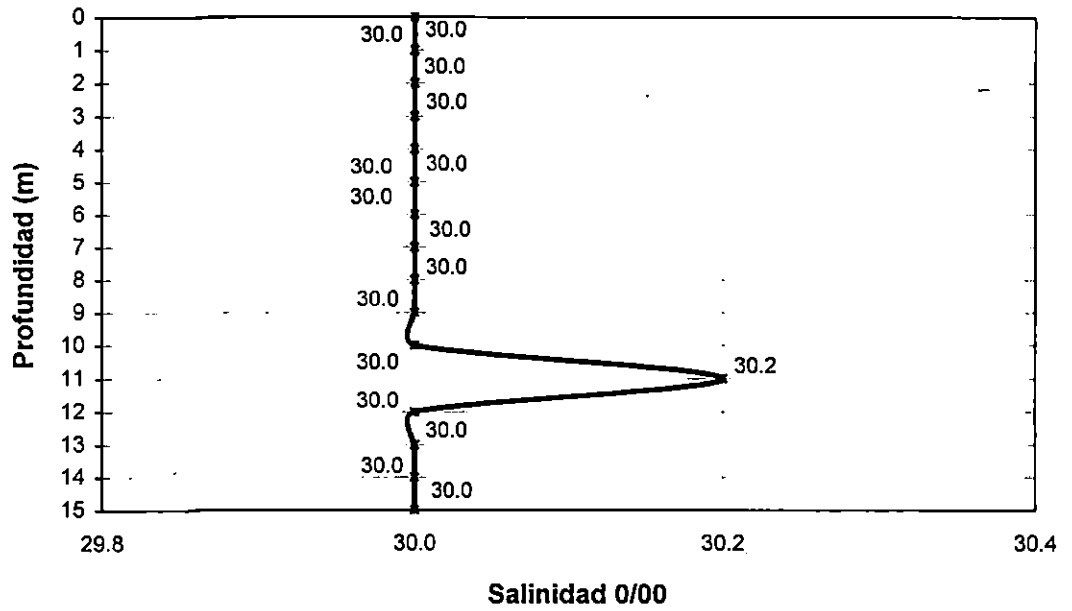


FIGURA 3.41: PERFIL DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR PARA LA CIUDAD DE LA UNION.



CAPITULO IV

4.0 SELECCION DE LA CIUDAD QUE PRESENTA LAS MEJORES CONDICIONES PARA LA APLICACION DEL EMISARIO SUBMARINO

4.1 FACTORES DE INCIDENCIA EN EL DISEÑO DEL EMISARIO SUBMARINO

Son varios los factores que deben tomarse en cuenta para la selección de la ciudad donde se realizará el diseño del emisario submarino, los cuales se detallan en orden de prioridad como sigue:

- Proyectos de tratamiento de aguas negras para las ciudades en estudio
- Lugar de ubicación de la descarga del emisario submarino
- Existencia de Areas Protegidas
- Profundidad de la descarga
- Número y distancia entre los puntos de descarga del sistema de alcantarillado

4.1.1 PROYECTOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS PARA LAS CIUDADES EN ESTUDIO

La existencia de proyectos para el tratamiento de aguas negras por parte de las autoridades competentes, para las ciudades en estudio, hace que la realización del diseño del emisario submarino, no sea necesario ya que se cuenta con otras soluciones.

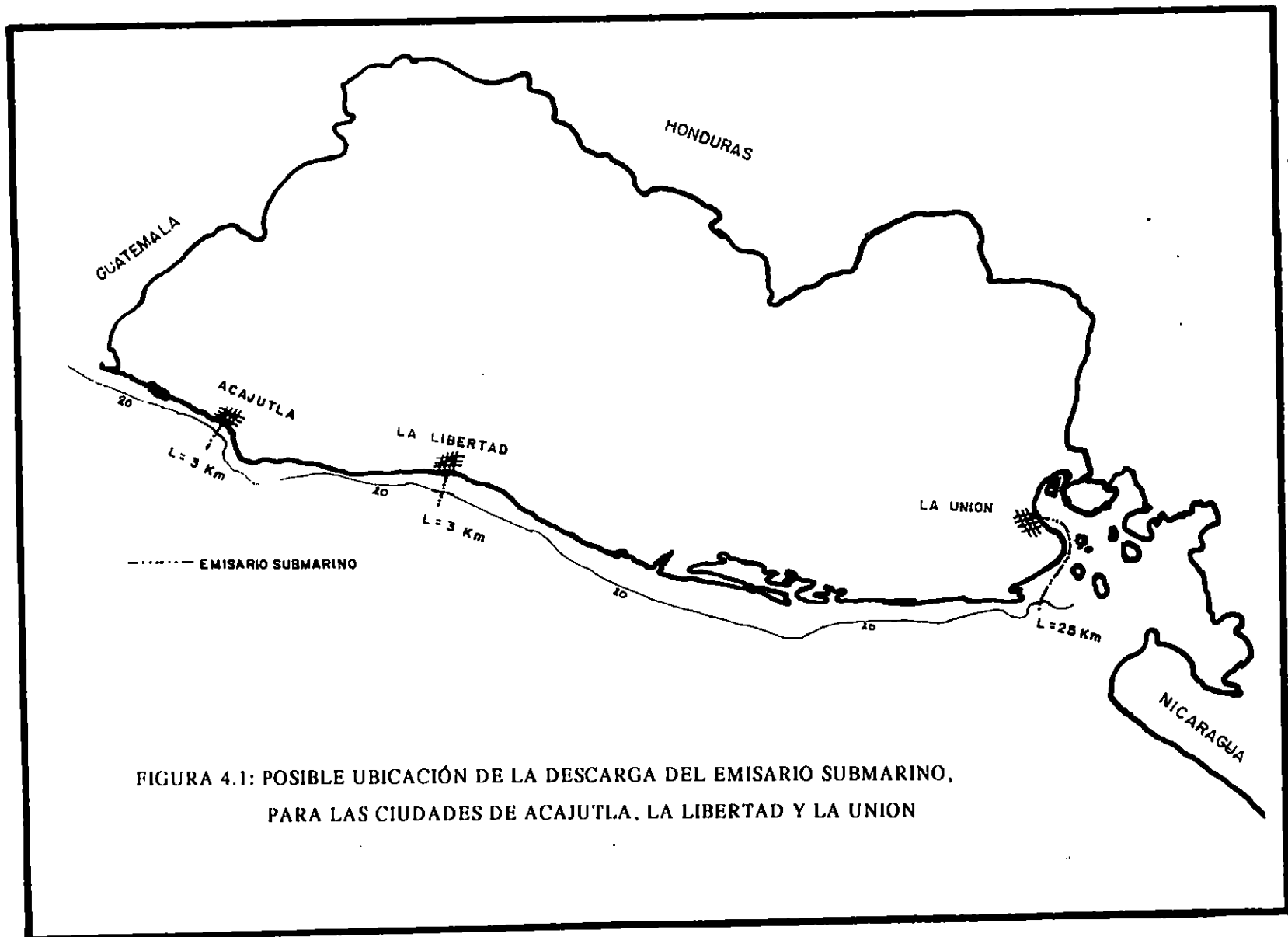
Actualmente existe una planta de tratamiento en el puerto de La Libertad, que no se encuentra en funcionamiento, sin embargo, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) tiene en proyecto la rehabilitación de ésta, con lo que se estaría alcanzando el grado de tratamiento secundario (Lodos Activados), por lo tanto ya no sería necesaria la utilización del emisario submarino.

Para las ciudades de Acajutla y de La Unión, ANDA no tiene en proyecto sistemas de tratamiento de aguas negras, y por lo tanto el emisario submarino podría ser una solución para el problema.

4.1.2 LUGAR DE UBICACION DE LA DESCARGA DEL EMISARIO SUBMARINO

Se ha tomado en cuenta la ubicación del punto de descarga, pues se recomienda que ésta se realice en mar abierto, no así en un estuario o bahía, por la siguiente razón: la descarga de aguas negras en un cuerpo de agua, es necesario que se realice donde se pueda garantizar diluciones altas, con el objetivo de utilizar el menor grado de tratamiento en el efluente (Tratamiento preliminar o primario). Esta condición se obtiene únicamente en mar abierto, donde se dispone de cantidades suficientes de agua marina en continuo movimiento, para realizar la dilución.

Las ciudades de Acajutla y La Libertad se encuentran ubicadas frente a mar abierto por lo tanto cumplen con lo expuesto anteriormente (ver Figura 4.1). No así en la ciudad de La Unión donde se requerirá un grado mayor de tratamiento en el efluente (Tratamiento secundario), si éste es descargado en la bahía, debido a que las profundidades son relativamente pequeñas (1 a 12 m) teniendo con ello pequeños volúmenes de agua. Además, el movimiento y agitación de las aguas no es considerable. Si se quiere descargar en mar abierto se requieren aproximadamente 25 km de tubería submarina para salir de la bahía.(ver Figura 4.1) siendo por ende no viables económicamente ninguna de las dos opciones.



4.1.3 EXISTENCIA DE AREAS PROTEGIDAS

Es recomendable no realizar descargas de aguas negras a través de un emisario submarino cerca de zonas protegidas (arrecifes de coral, zonas de cultivo de peces) por la razón siguiente: la descarga tendría como implicación directa la existencia de una zona de mezcla, en la cual, se afecta la calidad del agua de mar; esta zona puede ser arrastrada por las corrientes hacia las áreas que se desea proteger, por lo cual debe alejarse de ellas.

En mar abierto, frente a las ciudades de Acajutla y La Libertad, aproximadamente de 3 a 5 km de la orilla, (posible zona de descarga) no existen áreas a proteger como cultivos de peces y arrecifes; estos últimos se encuentran únicamente en la orilla y están ubicados aproximadamente a 5 km al sur-oriente de la ciudad de Acajutla. Esta formación coralina se encuentra contemplada dentro del proyecto de sistema mínimo de áreas protegidas, por lo tanto, la construcción de un emisario en esta ciudad se deberá ubicar lejano a esta zona.

En las playa correspondiente a la ciudad de La Libertad no existen áreas sensibles, por lo tanto la aplicación del emisario submarino no se vería limitada en este sentido.

La ciudad de La Unión se encuentra ubicada frente a la bahía del mismo nombre. Dicha bahía se contempla también en el proyecto de sistema mínimo de áreas protegidas, por lo tanto, lo más recomendable para la utilización de un emisario submarino en la ciudad de La Unión es realizar la descarga mar abierto, para lo cual se requiere un emisario cuya longitud no sea menor de 25 km.

4.1.4 PROFUNDIDAD DE LA DESCARGA

Para evitar la aparición de una mezcla de agua de mar - aguas negras, en la superficie del mar, es necesario que la descarga de aguas negras se realice a una profundidad adecuada, esto es a los 20 m. Esta profundidad se obtiene en la ciudad de Acajutla y La Libertad a una distancia aproximada de 3 km de la orilla, no así para la

ciudad de La Unión, donde se encuentra esta profundidad fuera de la bahía, es decir aproximadamente a 25 km desde la ciudad.

4.1.5 NUMERO Y DISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS DE DESCARGA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Las descargas actuales del sistema de alcantarillado sanitario se hacen en puntos diferentes en las tres ciudades analizadas.

En la ciudad de Acajutla se ubican dos descargas, de las cuales una se encuentra en las orillas del río Sensunapán y otra cercana al muelle de pescadores, lo cual implica la construcción de dos colectores para reunir éstas dos descargas en una sola, con una longitud aproximada de 1.200m.

En la ciudad de La libertad se ubican tres descargas, una en la quebrada Peña Partida, otra cercana al cementerio y otra en el río Chilama. Sin embargo con la construcción de la planta de tratamiento que actualmente se encuentra fuera de funcionamiento el sistema se modificó de tal forma que en el momento que se requiere se cierran dos de las descargas existentes quedando únicamente la que proviene de la planta de tratamiento hacia el río Chilama, por lo cual ya no sería necesaria la construcción de colectores, para la obtención de una sola descarga.

En la ciudad de La Unión se realizan cuatro descargas ubicadas a lo largo de la orilla de la ciudad, por lo que se hace necesaria la construcción de un colector de aproximadamente 1 km de longitud, para la obtención de una sola descarga.

4.2 SELECCION DE LA CIUDAD

Para la selección de la ciudad que presenta las mejores condiciones para la aplicación del emisario submarino, se han tomado en cuenta los factores establecidos en el

numeral 4.1 de éste capítulo, dándole un valor a cada factor dependiendo de su grado de importancia, que será tomado como base, para calificar cada ciudad dependiendo de las condiciones que estas presentan. Lo descrito anteriormente se resume en la siguiente matriz.

MATRIZ PARA SELECCION DE CIUDAD

FACTOR DE INCIDENCIA	VALOR ASIGNADO A CADA FACTOR	ACAJUTLA	LA LIBERTAD	LA UNION	OBSERVACIONES
Proyectos de tratamiento de aguas negras por parte de (ANDA)	27	27	0	27	- Acajutla y La Unión: No existe proyecto de tratamiento de aguas negras. - La Libertad: La existencia de un proyecto para el tratamiento de aguas negras.
Lugar de ubicación de la descarga del emisario submarino	23	23	23	2	- Acajutla y La Libertad: Estas ciudades tienen la facilidad de poder realizar la descarga en mar abierto. - La Unión: No se recomienda la descarga de aguas negras en una bahía, debido a esto, para realizar la descarga en mar abierto se necesitarán 25 km. De tubería para salir de la bahía.
Existencia de áreas protegidas	20	10	20	0	- Acajutla: Existencia de arrecifes de coral en la orilla del mar, aproximadamente a 5 km. sur-orientado de esta ciudad, por lo cual la descarga por el emisario deberá alejarse de esta zona. - La Libertad: No existen áreas

					<p>protegidas en el mar frente a esta ciudad.</p> <p>- La Unión: La bahía de La Unión es considerada en su totalidad como zona de protección.</p>
Profundidad de la descarga	15	15	15	3	<p>- Acajutla y La Libertad: Estas alcanzan las profundidades de 20 m, aproximadamente a 3 km. de la orilla.</p> <p>- La Unión: Se necesitan 25 km. desde la orilla, para lograr obtener las profundidades de 20 m.</p>
Número y distancia entre los puntos de descarga del sistema de alcantarillado	15	5	15	5	<p>- Acajutla y La Unión: Presentan la desventaja de tener varios puntos de descarga, por lo cual será necesario la implementación de un colector que una las descargas.</p> <p>- La Libertad: Presenta un sólo punto de descarga.</p>
TOTAL	100	80	73	37	

Según la matriz anterior se puede observar que la ciudad de Acajutla cumple en mejor grado con las condiciones impuestas para la aplicación del emisario submarino.

CAPITULO V

5.0 DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PREVIO A LA DESCARGA A TRAVES DEL EMISARIO.

La planta de tratamiento para las aguas negras a verter por el emisario submarino estará constituida por los siguientes elementos:

- Cámara de rejás
- Militamices
- Desarenador
- Medidor Sutro

INFORMACION BASICA REQUERIDA

Ciudad: Acajutla

Ubicación de la planta de tratamiento: Estará ubicada contiguo al rastro municipal, en la ribera del río Sensunapán, se seleccionó éste punto debido a que en ese lugar se da la principal descarga de aguas negras proveniente del alcantarillado. por otra parte, esta zona es propiedad de la Alcaldía Municipal, por lo tanto no se tienen limitaciones en cuanto a la extensión del terreno a utilizar. Es de mencionar que en dicho lugar existen pequeñas viviendas, y será necesario reubicar a sus habitantes. El nivel del terreno en esta zona es de aproximadamente 5 m s.n.m. (ver plano 5.1)

Extensión: El área de la ciudad de Acajutla que podrá ser cubierta por la red de alcantarillado es de 178.4 ha, que fue calculada apartir del plano 5.1, obtenido en el Instituto Geográfico Nacional. En este plano también se puede observar el área que no podrá ser cubierta por la red de alcantarillado, ya que ésta zona presenta niveles de terreno bajos lo que genera inundaciones en época lluviosa, y cuando se dan mareas crecientes máximas, lo que dificulta la instalación de una planta de tratamiento en esa zona así como de la red de alcantarillado.

Dotación (Dot): Se obtuvo apartir de las normas de ANDA (vigente 1967). donde se especifica que para ciudades importantes, podrá utilizarse una dotación comprendida entre 100 - 175 lts/p/d. La ciudad de Acajutla cuenta con el puerto marítimo más importante del país en la actualidad, por esta razón se adoptará una dotación de 175 lts/p/d.

Tasa de crecimiento (i): La tasa de crecimiento que corresponde a la ciudad de Acajutla ha sido obtenida en base a las poblaciones registradas según censo, para el año de 1971 y 1992, las cuales son respectivamente 10,255 y 18,008 hab.; para lo cual se utilizó la fórmula de crecimiento geométrico de la siguiente manera:

$$P_{1992} = P_{1971} (1+i)^n$$

despejando la tasa de crecimiento i, se obtiene:

$$i = \left[\left(\frac{P_{1992}}{P_{1971}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100$$

donde:

P_{1992} = población registrada en la ciudad de Acajutla en el año 1992

P_{1971} = población registrada en la ciudad de Acajutla en el año 1971

n = período intercensal = (1992 - 1971) = 21 años

sustituyendo estos valores se obtiene:

$$i = \left[\left(\frac{18,008}{10,255} \right)^{\frac{1}{21}} - 1 \right] \times 100$$

$$i = 2.72 \%$$

Por otra parte la tasa de crecimiento del Municipio de Acajutla según el censo de 1992, es de 2.43 %. Se adoptará ésta última debido a la siguiente razón: durante el conflicto armado ocurrido en nuestro país entre los años de 1979 a 1991, la población ubicada en zonas rurales, se vió en la necesidad de emigrar a las zonas urbanas, incrementándose de esta manera la población en esta última, pero en vista de la finalización de dicho conflicto, la emigración cesó y parte de la población pudo retornar a su lugar de origen.

Población actual (Pa): Esta será obtenida en base a la población registrada en el censo de 1992 ($P_{1992} = 18,008$ hab), la tasa de crecimiento definida anteriormente ($i = 2.43\%$) y el período de 1992 a 1998 ($n = 6$).

$$Pa = P_{1992} (1+i)^n$$

$$Pa = 18,008 (1+0.0243)^6$$

$$Pa = 20,798 \text{ hab}$$

Período de diseño (n): En vista de ser un proyecto de gran envergadura es conveniente tomar un período de diseño relativamente largo, esto es de 20 años.

Población futura (Pf): Para el cálculo de ésta se utilizará la fórmula de crecimiento geométrico:

$$Pf = Pa (1+i)^n$$

$$Pf = 20.798 (1+0.0243)^{20}$$

$$Pf = 33.617 \text{ hab}$$

Consumo medio diario actual (Qmda):

$$Qmda = (\text{Dot} \times Pa) / 86,400 = (175 \times 20,798) / 86,400$$

$$Qmda = 42.1 \text{ lt/seg}$$

Consumo máximo horario actual (Qmha):

$$Qmha = Qmda \times K_1$$

El valor de K_1 puede adoptarse entre 1.8 y 2.4, (norma vigente de ANDA 1967). Para nuestro caso se adoptará el valor de 1.8 por razones económicas. Sustituyendo valores en la fórmula se tiene:

$$Qmha = 42.1 \times 1.8 \text{ lt/seg}$$

$$Qmha = 75.8 \text{ lt/seg}$$

Caudal de aguas negras actual (Qana): Para su cálculo se considera que el 80% del agua suministrada llega a las alcantarillas más la infiltración pluvial. es decir:

$$Qana = 0.8 Qmha + 0.2 \text{ lts/seg/ha}$$

$$Qana = (0.8 \times 75.86) + (0.2 \times 178.4) = 96.3 \text{ lt/seg}$$

Consumo medio diario futuro (Qmdf):

$$Qmdf = (\text{Dot} \times Pf) / 86,400$$

$$Qmdf = (175 \times 33.617) / 86,400$$

$$Qmdf = 68.1 \text{ lt/seg}$$

Consumo máximo horario futuro (Qmhf):

$$Qmhf = Qmdf \times K_1$$

$$Qmhf = 68.1 \times 1.8$$

$$Q_{mhf} = 122.6 \text{ lt/seg}$$

Caudal de aguas negras futuro (Q_{anf}):

$$Q_{anf} = 0.8 Q_{mhf} + 0.2 \text{ lts/seg/ha}$$

$$Q_{anf} = (0.8 \times 122.6) + (0.2 \times 178.4)$$

$$Q_{anf} = 133.8 \text{ lt/seg}$$

5.1 CALCULO DE LA CAMARA DE REJAS

La cámara de rejillas será utilizada para separar sólidos flotantes y material grueso que podrían dificultar la operación de la planta de tratamiento. Entre los materiales removidos se encuentran: ramas de árboles, pedazos de madera, animales muertos, restos de comidas, trapos, cartones, envases, y otros que por sus características interfieren en el sistema. Siempre que se traten aguas residuales es obligatorio que el material grueso sea removido.

Características de la rejilla:

El tipo de rejilla utilizado en este caso será para retener material fino cuyo espaciamiento libre es de 10 a 25 milímetros. La dimensión de las barras será de 3/8" x 3/4", las cuales tienen una eficiencia (E) del 0.677, la inclinación de las barras será de $x = 45^\circ$.

La velocidad mínima (V_{min}) antes de la rejilla, debe ser por lo menos 0.6 m/s, para evitar que la arena se deposite.

- Area útil = $A = Q_{anf} / V_{min} = 0.1338 / 0.6$
 $A = 0.22 \text{ m}^2$
- Sección transversal = $S = A / E = 0.22 / 0.677 = 0.32 \text{ m}^2$
- La separación entre las barras será = 10 mm
- Tirante del canal = h: asumiendo un ancho = $a = 1.0 \text{ m}$
 $h = S/a = 0.32 \text{ m}$
- Pérdida de carga a través de la reja = h_f

$$h_f = [(V_{min}^2 - V_o^2) / 2g] \times 1.43$$

donde:

$$V_o = \text{velocidad aguas arriba de la reja} = 0.6 E = 0.6 \times 0.677 = 0.41$$

$$g = 9.86 \text{ m/seg}^2$$

Sustituyendo valores:

$$h_f = [(0.6^2 - 0.41^2) / 2 \times 9.86] \times 1.43$$

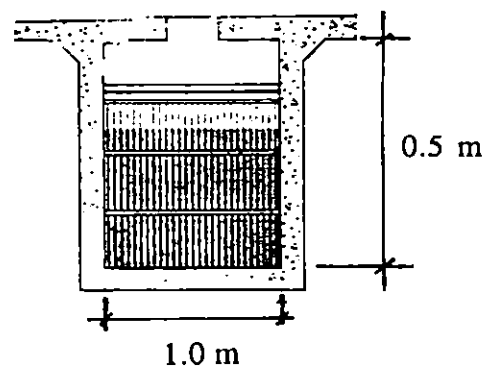
$$h_f = 0.014 \text{ m}$$

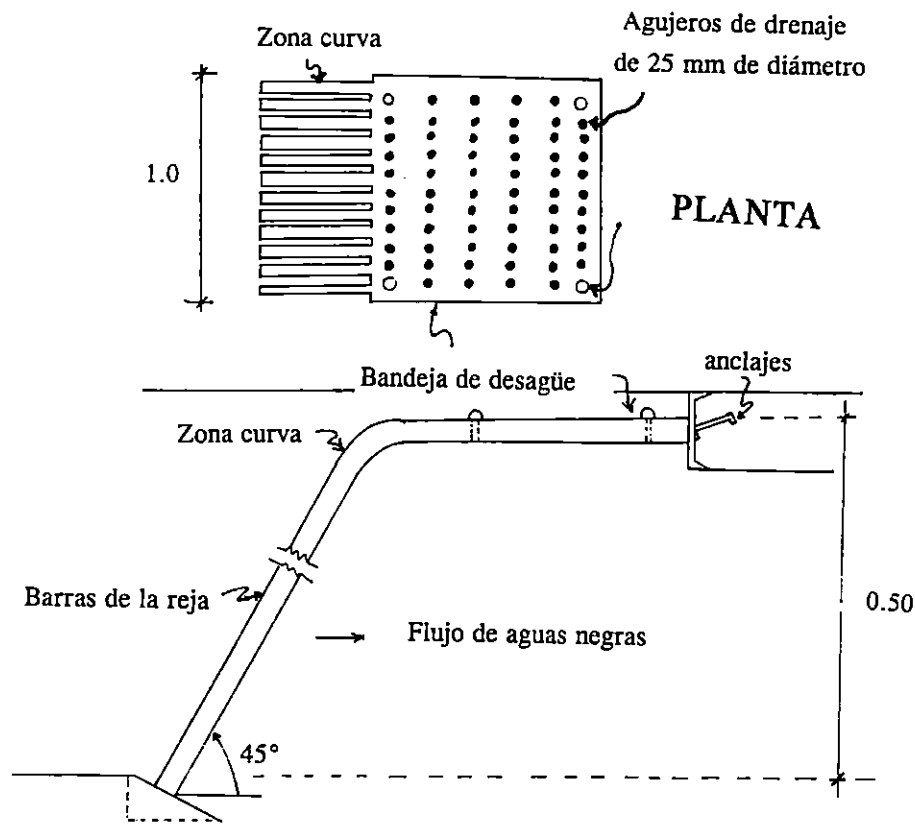
La pérdida de carga h_f calculada se refiere a las rejas cuando están limpias, pero en realidad las rejas ofrecen mucho más resistencia al paso de las aguas servidas. Por tal razón Metcalf y Eddy recomiendan una pérdida de carga de 0.15 m

- Pared libre = $h + h_f = 0.32 + 0.15 = 0.47 \text{ m}$, por lo que se usará 0.5 m como pared libre
- Longitud de las rejas = $L_r = \text{Pared libre} / \text{sen } x$
 $L_r = 0.5 / \text{sen } 45^\circ = 0.71 \text{ m}$

En la Figura 5.1 se muestra la plante y sección de la cámara de rejas

FIGURA 5.1: PLANTA Y SECCION DE LA CAMARA DE REJAS





5.2 MILITAMICES

Los militamices se utilizan para la separación de material fino que oscila entre 0.25 y 2.5 mm. Existen tres tipos de tamices:

- Tamices en forma de discos
- Tamices rotativos de bandejas
- Tamices rotativos cilíndricos

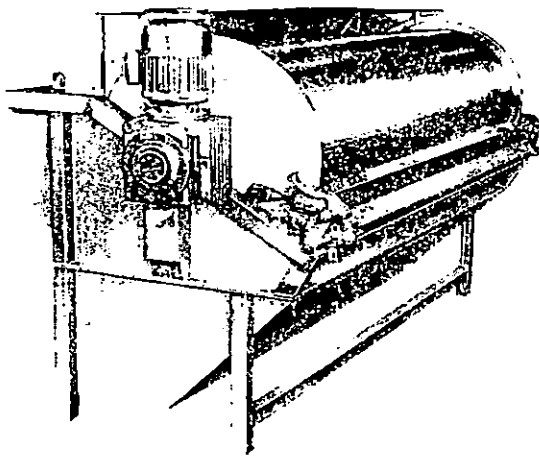
De estos, los tamices rotativos cilíndricos son los más importantes por su simple operación, fácil limpieza y pueden manejar mayores caudales que los otros: estos son fabricados con alambre de acero inoxidable, con corte rectangular o trapezoidal el cual es colocado en una estructura cilíndrica: el tamaño de la abertura de los tamices está determinado por la separación entre dichos alambres. Los tamices van girando despacio, a velocidad constante, y a la vez se van retirando las partículas presentes las aguas negras que los atraviesa.

Las aberturas con las que se fabrican oscilan entre 0.25 y 2.5 mm: aunque para aguas negras se recomiendan entre 0.5 y 1.5 mm.

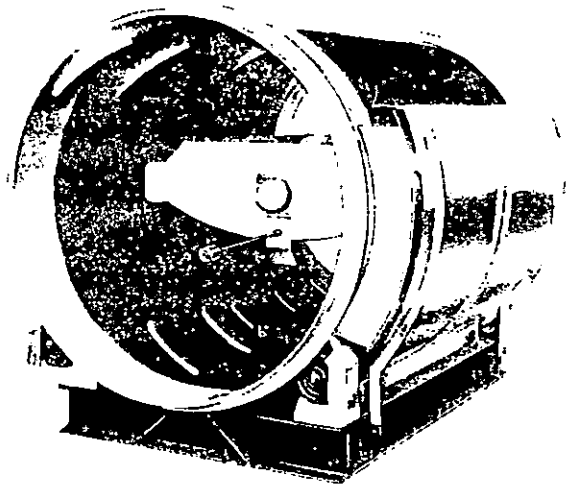
Cuando el líquido tratado pasa a través de las aberturas, los sólidos de mayor tamaño que ésta son retenidos. La remoción de los sólidos es mecánica y continua

Los tamices rotativos cilíndricos pueden agruparse en dos categorías: Los tamices de pase simple y los tamices de pase doble. Ver Figura 5.2

FIGURA 5.2: DIFERENTES TIPOS DE TAMICES ROTATIVOS



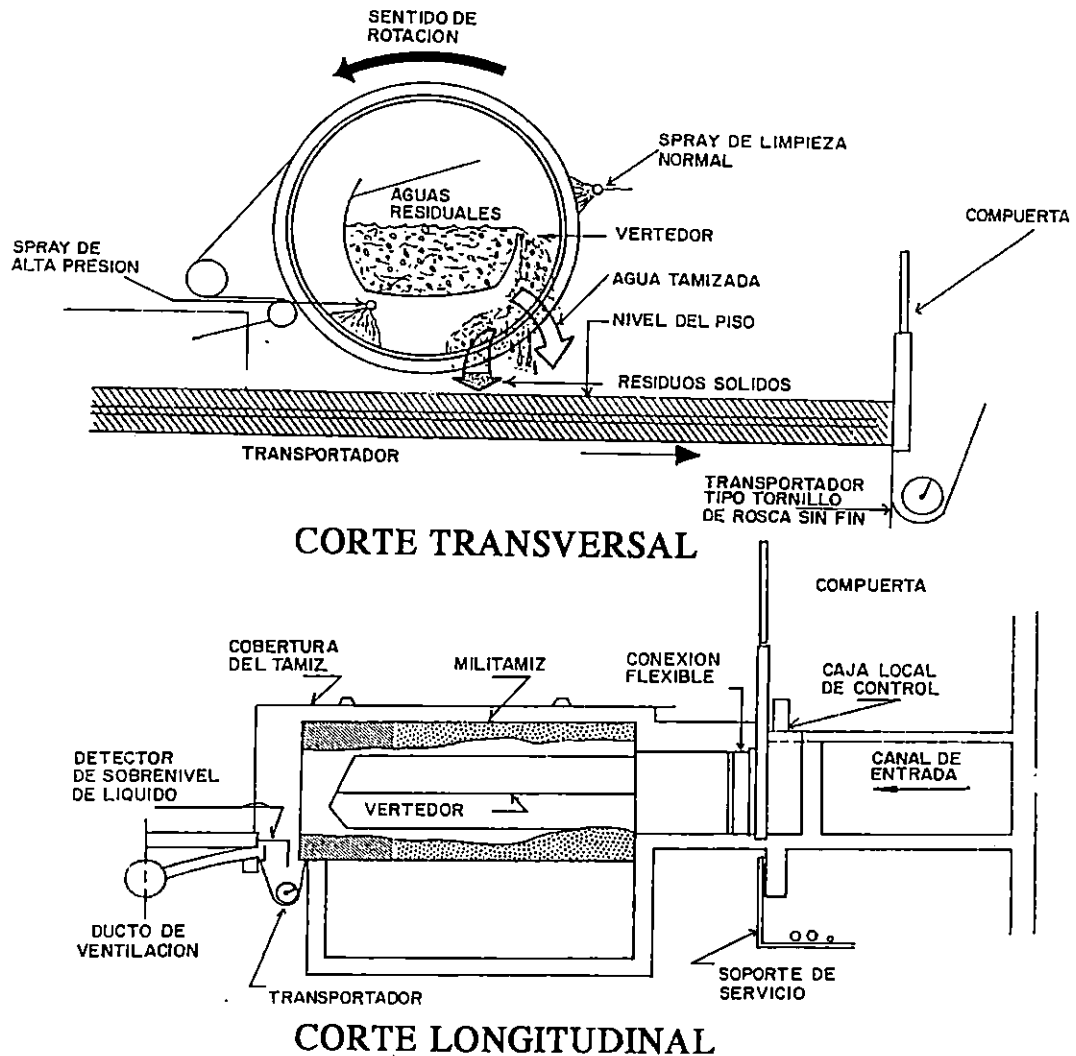
**TAMIZ CILINDRICO
DE PASO DOBLE**



**TAMIZ CILINDRICO
DE PASO SIMPLE**

Para el tamiz de pase simple de operación horizontal el agua residual se introduce en el dispositivo a lo largo de su eje de rotación, por medio de una canaleta horizontal en el cual el agua rebosa por vertederos laterales las cuales tienen un largo casi igual a la longitud del cilindro. De esta manera, cuando el agua cae atraviesa la pared del tamiz y quedan retenidos en el interior del cilindro los sólidos de mayor tamaño. Debido al movimiento rotatorio del cilindro y con la ayuda de una serie de paletas colocadas en espiral en su pared interior, los sólidos retenidos se van desplazando, saliendo por los laterales para luego caer en recipientes recolectores o en correas transportadoras: en vista que el líquido atraviesa una vez la pared del cilindro se le llama de pase simple. (Ver Figura 5.3)

FIGURA 5.3: SECCIONES DEL MILITAMIZ DE PASE SIMPLE



Para el caso del tamiz de pase doble las aguas negras se vierten sobre la superficie externa del tamiz entrando en el cilindro por la parte superior y saliendo por la parte inferior de tal manera que el líquido atraviesa dos veces las paredes del tamiz quedando los sólidos retenidos en la cara exterior: los sólidos son retirados por una lámina raspadora a medida que el militamiz va rotando y caen en los recipientes de recolección con correas transportadoras.

La siguiente tabla muestra las capacidades hidráulicas de los tamices de pase simple y doble.

TABLA 5.1: CAPACIDADES HIDRAULICAS DE LOS TAMICES DE HYCOR, EN (lts/seg) PARA DIFERENTES ABERTURAS DE MALLAS

MARCA	MODELO	DIAM TAMBOR (mm)	LON. TAM BOR (mm)	ABERTURAS (mm)						
				0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	2.5
ROTO- SHEAR (PASE DOBLE)	HRS-6072	1800	2280	-	176	190	197	-	205	220
	HRS-60096	1800	2900	-	240	252	268	-	283	315
	HRS-60120	1800	3500	-	303	315	331	-	346	378
ROTOS- TRAI- NER (PASE SIMPLE)	RAS-2512	770	365	8	14	19	23	26	30	35
	RSA-2524	770	670	16	28	38	47	54	60	75
	RSA-2548	770	1280	32	57	76	95	107	120	126
	RSA-2575	770	1890	50	84	117	142	163	183	192
	RSA-36120	1110	-	91	161	221	281	328	379	492

FUENTE: García Agudo, Edmundo, Militamices como Sistema de Pretratamiento. Febrero 1992, reimpresión Noviembre 1995. División de Salud y Ambiente OPS/OMS/CEPIS. pag 9.

Para el cálculo del número de militamices a utilizar en el sistema de pretratamiento se hará uso de la tabla anterior y los caudales de aguas negras actual y futuro.

$$Q_{ana} = 96.3 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{anf} = 133.8 \text{ lts/seg}$$

Se recomienda la utilización de militamices de pase simple ya que éstos presentan mayor eficiencia en la remoción de las partículas; la abertura seleccionada será de 0.50 mm. con el objeto de facilitar el funcionamiento del equipo de bombeo.

Para cubrir el Q_{an} , se utilizarán dos unidades de militamices marca Rotostrainer modelo RSA-2548, que tiene una capacidad hidráulica de 57 lts/seg cada uno, dando una capacidad hidráulica total de 114 lts/seg, que es mayor de 96.3 lts/seg. Estas unidades podrán cubrir el caudal de aguas negras para el medio período de diseño, es decir hasta los primeros 10 años, donde se tendrá un caudal de aguas negras $Q_{an} = 112.9$ lts/seg (dato calculado siguiendo el procedimiento anterior para un período de 10 años). Una vez finalizados los primeros 10 años será necesaria la instalación de otro militamiz marca Rotosher modelo RSA-2524, que tiene una capacidad de 28 lts/seg, obteniéndose así una capacidad hidráulica total de los tres militamices de 142 lts/seg, con lo cual se cubre el caudal de aguas negras al final del período de diseño, $Q_{anf} = 133.8$ lts/seg.

5.3 CALCULO DEL DESARENADOR

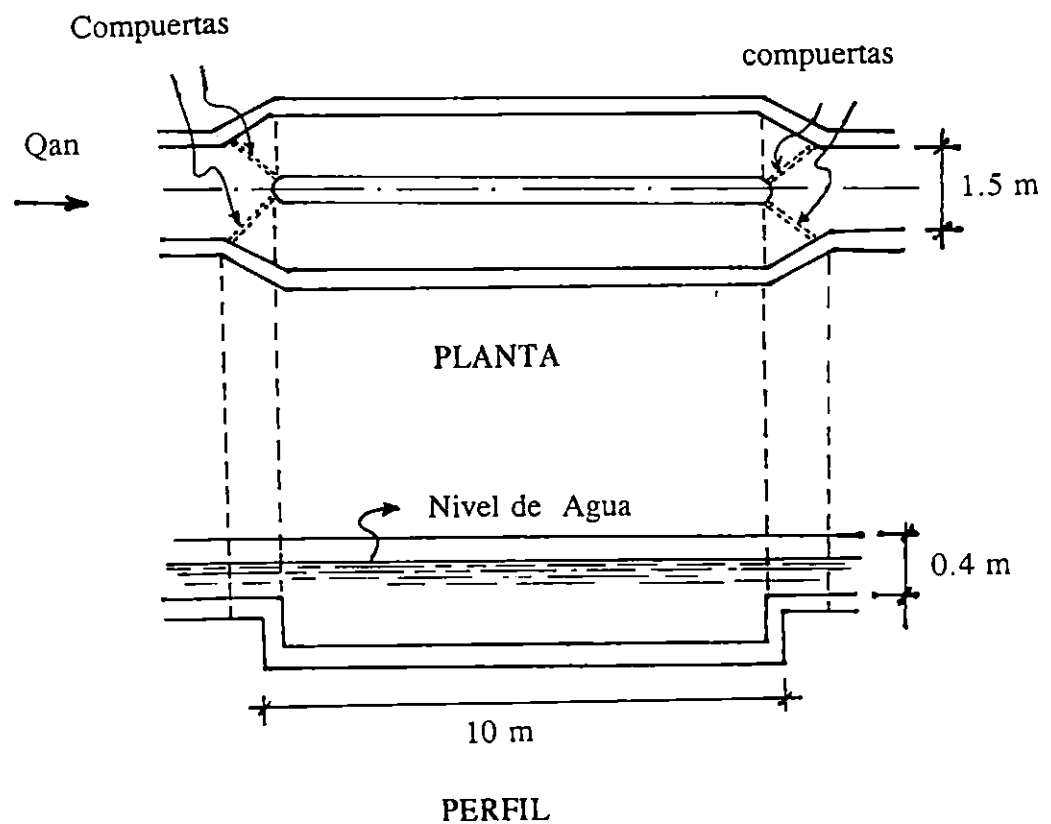
Estos son estanques para sedimentar partículas cuyo tamaño varía entre 0.2 y 2 mm y están presentes en las aguas residuales. Su función es separar aquellos componentes que tienen efectos negativos en los procesos biológicos y que podrían representar una carga inútil. Las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales también se sedimentan y por lo tanto también son removidas.

El tipo de desarenador utilizado tendrá una zona recolectora de arena en la parte inferior. Las partículas presentes en las aguas negras y que se sedimentan pueden ir en una dirección opuesta a la dirección de sedimentación ideal y en otra: ya que el flujo real en el desarenador no es laminar sino turbulento; para evitar esto, la velocidad que llevan las aguas negras en los desarenadores se fija en aproximadamente $V_{max} = 30$ cm/seg. A continuación se presenta el desarrollo para el cálculo del desarenador:

- $Q_{anf} = 0.1338$ m³/seg
- $V_{max} = 0.3$ m/seg
- Sección transversal = $S = Q_{anf}/V_{max} = 0.1338/0.3 = 0.45$ m²
- Asumiendo un ancho = $b = 1.5$ m, se obtiene la altura del desarenador por la siguiente fórmula:

- Altura = $h = S/b = 0.45/1.5 = 0.3$ m, se tomará una con el valor de 0.4 m por razones de seguridad.
- El largo del desarenador para retener partículas de 0.2 mm será igual a
Largo = $L = 25 h = 25 \times 0.4 = 10$ m
- Se considerará colocar dos unidades en paralelo (ver Figura 5.4)

FIGURA 5.4: PLANTA Y ELEVACION DEL DESARENADOR

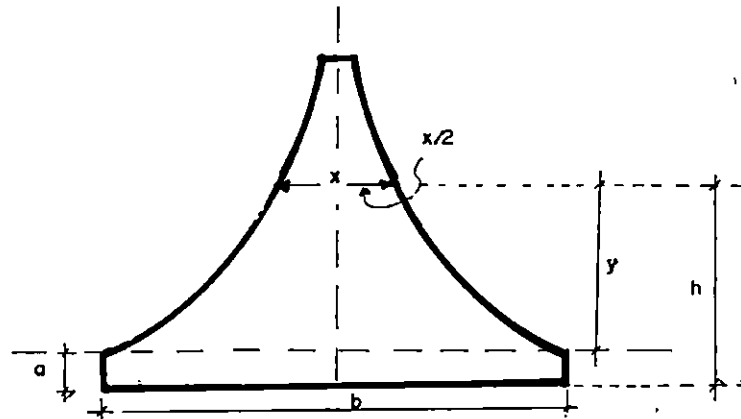


5.4 CALCULO DEL MEDIDOR SUTRO ASOCIADO CON EL DESARENADOR

Para el cálculo de la sección del medidor sutro, se utilizará la fórmula del vertedero

$$\frac{x}{b} = 1 - \left(\frac{2}{\pi} \arctang \frac{y}{a} \right)$$

donde:



La siguiente tabla muestra los valores de x/a , y y/b .

TABLA 5.2: VALORES DE y/a y x/a PARA LA CONSTRUCCION DEL MEDIDOR SUTRO

y/a	x/b	y/a	x/b
0.1	0.805	4.0	0.295
0.2	0.732	5.0	0.268
0.3	0.6681	6.0	0.247
0.4	0.641	7.0	0.230
0.5	0.608	8.0	0.216
0.6	0.580	9.0	0.205
0.7	0.556	10.0	0.195
0.8	0.536	12.0	0.179
0.9	0.517	14.0	0.166
1.0	0.500	16.0	0.156
2.0	0.392	18.0	0.147
3.0	0.333	20.0	0.140

Para nuestro caso se calculará el valor de "a" por medio de la fórmula siguiente:

$$Qanf = 2.74 a^{1/2} b (h - a/3)$$

Donde los valores de "b" y "h" corresponden a las dimensiones del desarenador, esto es.

$b=1.5$ m y $h=0.4$ m. Sustituyendo estos valores se obtiene el valor de "a" así:

$$0.1338 = 2.74 a^{1/2} 1.5 (0.4 - a/3)$$

resolviendo para "a" tenemos

$$a = 0.007 \text{ m} = 0.7 \text{ cm}$$

se tomará el valor de $a = 5 \text{ cm}$, por razones constructivas.

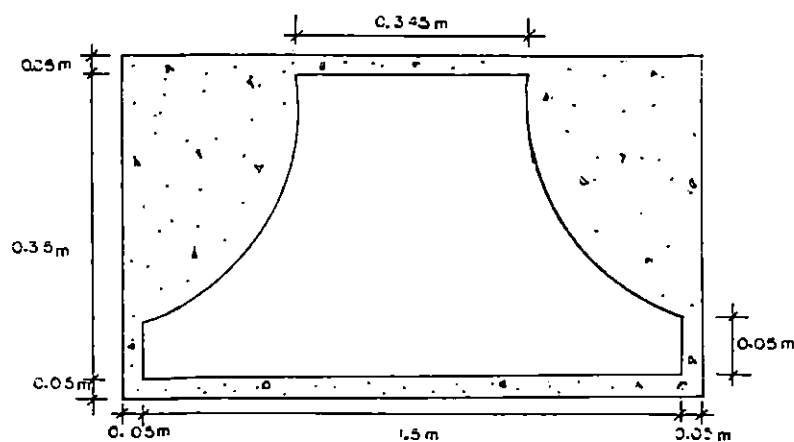
La sección del vertedero se construirá en base a los valores que se muestran en la Tabla 5.3.

TABLA 5.3: VALORES PARA LA CONSTRUCCION DE LA SECCION DEL VERTEDERO.

y/a	y	x/b	x	x/2
0.1	0.005	0.805	1.21	0.60
0.2	0.01	0.732	1.1	0.55
1.0	0.05	0.500	0.75	0.375
2.0	0.1	0.396	0.59	0.294
7.0	0.35	0.230	0.345	0.172

La Figura 5.5 muestra la sección del medidor sutro.

FIGURA 5.5: SECCION DEL VERTEDERO PROPORCIONAL SUTRO



La Figura 5.6 muestra la distribución en planta y perfil de los elementos componentes del sistema de tratamiento previo a la descarga a través del emisario.

CAPITULO VI

6.0 DISEÑO DEL EMISARIO SUBMARINO

6.1 DISEÑO HIDRAULICO Y SANITARIO DE LA TUBERIA DE CONDUCCION

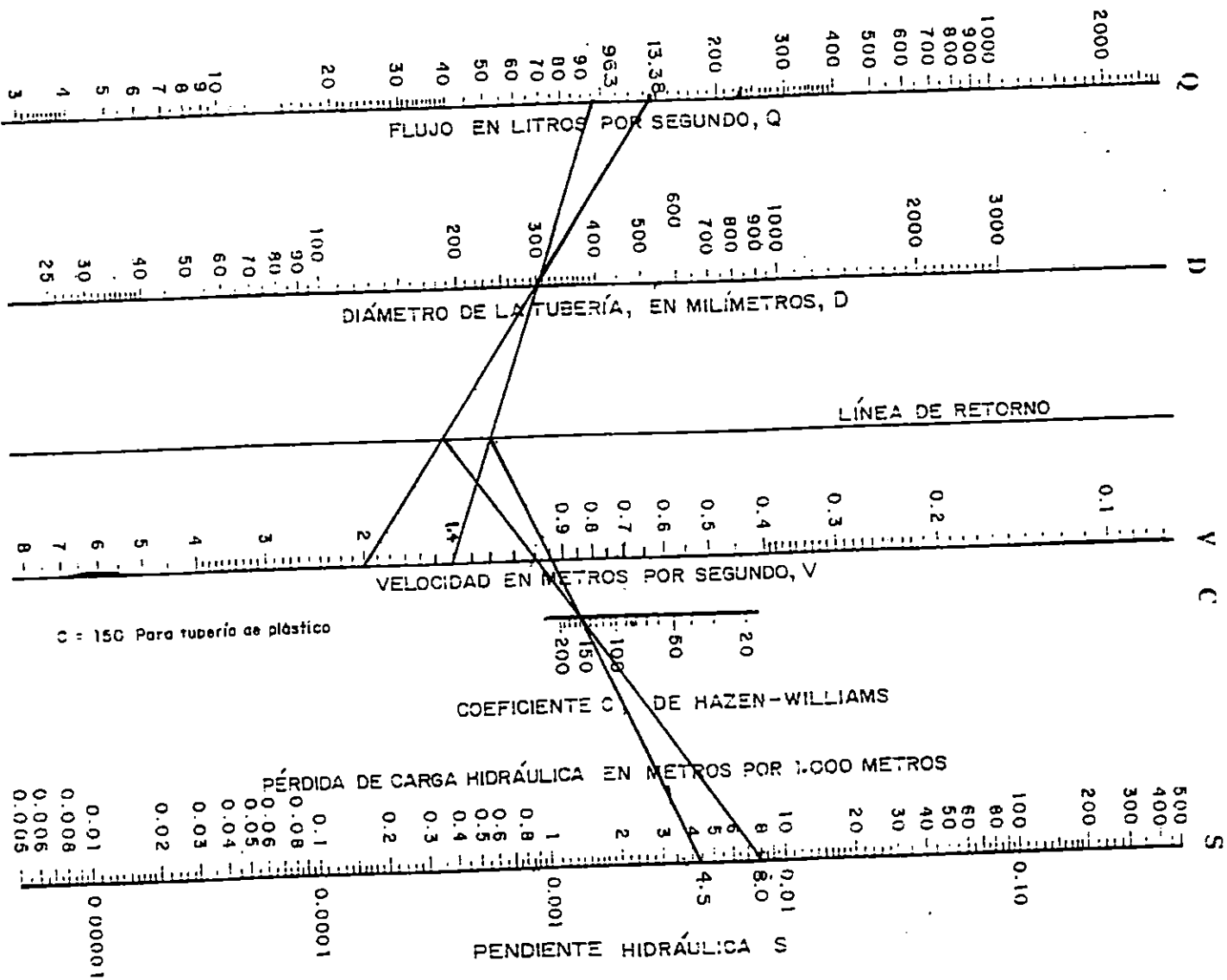
6.1.1 SELECCION DEL DIAMETRO

Lo apropiado para diseñar un emisario submarino es obtener las velocidades de limpieza por lo menos una vez al día, en las condiciones actuales y que las cargas hidráulicas al final del período de diseño no sean excesivamente altas (en éste caso el período de diseño será 20 años).

En este diseño se pretende obtener velocidades de limpieza adecuadas para diversos diámetros de tubería, cuando se tenga el nivel de marea alta que es la condición más desfavorable, ya que cuando ésta ocurre se dan las mayores presiones a lo largo de la tubería, disminuyendo la velocidad de la descarga a través del difusor; además, si no se cumplen las velocidades de limpieza, será necesaria la instalación de un dispositivo limpiador dentro del emisario para prevenir la disminución del diámetro o cierre completo de la tubería.

La selección del diámetro se hará en función de los caudales de aguas negras $Q_{anf} = 133.8$ lts/seg (ver numeral 5.0, capítulo V) y una velocidad de limpieza de $V = 2.0$ m/seg, utilizando el nomograma de Hazen Williams, y adoptando un coeficiente, para tubería de HDPE, $C = 155$, se obtiene un diámetro de 300 mm. y una pérdida de carga hidráulica por cada mil metros de tubería, $h_f = 8.0$ m/1,000 m, (ver Figura 6.1). Luego, utilizando el caudal de aguas negras actual, $Q_{ana} = 96.3$ lts/seg (ver numeral 5.0, capítulo V) y un diámetro de 300 mm; se obtiene una velocidad de limpieza de $V = 1.4$ m/seg, y una pérdida de carga $h_f = 4.5$ m/1,000 m (ver Figura 6.1).

FIGURA 6.1: UTILIZACION DEL NOMOGRAMA PARA LA SELECCION DEL DIAMETRO



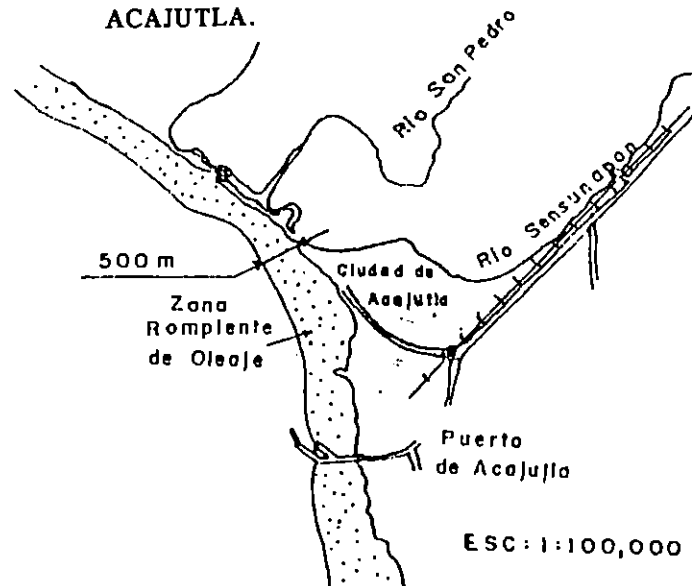
FUENTE: Reiff, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1997, p. 5.

Según los resultados anteriores, las velocidades $V=2.0$ m/seg y $V=1.4$ m/seg, se encuentran dentro de los rangos satisfactorios de velocidades de limpieza establecidas en la Tabla 2.4, del numeral 2.5.1.1, capítulo II.

6.1.2 SELECCION DEL SDR

Para la selección del SDR, será necesaria la determinación de la zona rompiente de oleaje en la costa frente a la ciudad de Acajutla, la cual tiene una longitud de 500 m, según la carta náutica, SAL. CH-100, obtenida en el Instituto Geográfico Nacional. Ver Figura 6.2.

FIGURA 6.2: ZONA ROMPIENTE DE OLAJE FRENTE A LA CIUDAD DE ACAJUTLA.



Los valores seleccionados de SDR, para la zona rompiente de oleaje y fuera de ésta, son respectivamente, 21 y 32.5, según Tabla 2.6, del numeral 2.5.1.2 del capítulo II.

6.1.3 CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA DE CONDUCCION DEL EMISARIO SUBMARINO

Para el cálculo de la longitud de la tubería de conducción del emisario es necesario determinar la reducción total requerida (R), la dilución inicial (DI), la dilución horizontal (DH) y la desaparición de bacterias (DB).

6.1.3.1 CALCULO DE LA REDUCCION TOTAL REQUERIDA (R_R)

El valor de la reducción total requerida puede calcularse por la fórmula 2.4. (ver numeral 2.5.1.3, capítulo II)

$$R_R = C_0 / C$$

donde:

$$C_0 = \text{Concentración inicial de coliformes} = 11 \times 10^7 \text{ NMP/100 ml}$$

Valor obtenido de las pruebas realizadas en la descarga de aguas negras del sistema de alcantarillado, ubicado contiguo al rastro municipal de la ciudad de Acajutla. (ver anexo 4)

$$C = \text{Concentración permitida de coliformes} = 1000 \text{ NMP/100 ml}$$

(ver anexo 1)

Sustituyendo tenemos:

$$R_R = 11 \times 10^7 / 1000 = 1.1 \times 10^5$$

6.1.3.2 CALCULO DE DILUCION INICIAL (DI)

Para esto se hará uso de la fórmula 2.12 (ver numeral 2.5.1.4, capítulo II):

$$DI = \frac{V_x b d}{Q_{anf}}$$

Donde:

$$V_x = \text{Velocidad de la corriente marina} = 0.129 \text{ m/s} = 463.3 \text{ m/h (numeral 3.4.3.1, capítulo III)}$$

$$b = \text{Longitud del sistema difusor} = 22 \text{ m (ver diseño del difusor en numeral 6.2.2, capítulo VI)}$$

$$d = \text{Profundidad media del campo de contaminación} = 20 \text{ m (ver numeral 2.4.1.2, capítulo II)}$$

$$Q_{anf} = \text{Caudal de aguas negras futuro} = 0.1338 \text{ m}^3/\text{s (ver numeral 5.0, capítulo V)}$$

Sustituyendo tenemos:

$$DI = (0.129 \times 22 \times 20) / (0.1338) = 424.2$$

6.1.3.3 CALCULO DE LA DILUCION HORIZONTAL (DH)

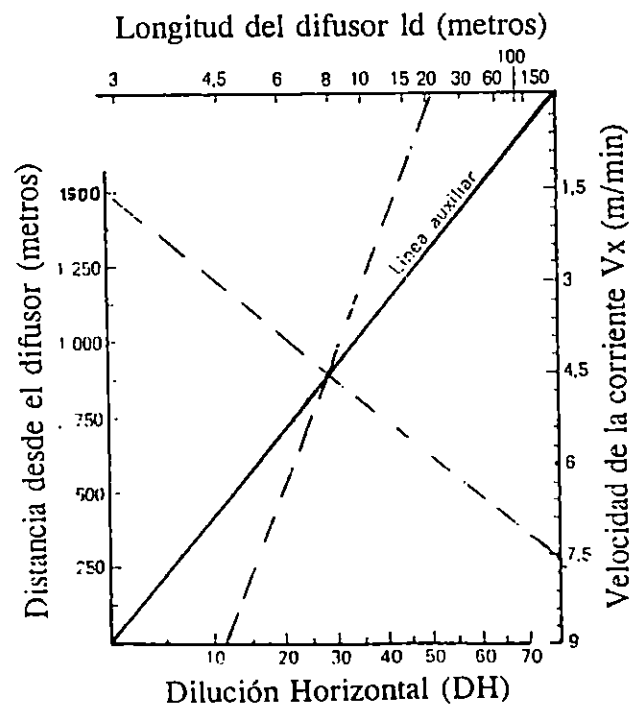
En la determinación de la dilución horizontal se utilizará la gráfica de la Figura 6.3, y para hacer uso de ella se necesitan los siguientes valores de entrada:

V_x = Velocidad de la corriente marina = 7.72 m/min = 463.3 m/h (numeral 3.4.3.1, capítulo III)

b = Longitud del sistema difusor = 22 m (ver diseño del difusor en numeral 6.2.2, capítulo VI)

Introduciendo estos valores en la gráfica mostrada en la Figura 6.3 se obtiene un valor $DH = 12$

FIGURA 6.3: CALCULO DE DILUCION HORIZONTAL (DH)



FUENTE: Metcalf E. *op. cit.*, p.735

6.1.3.4 CALCULO DE LA DESAPARICION DE BACTERIAS (DB)

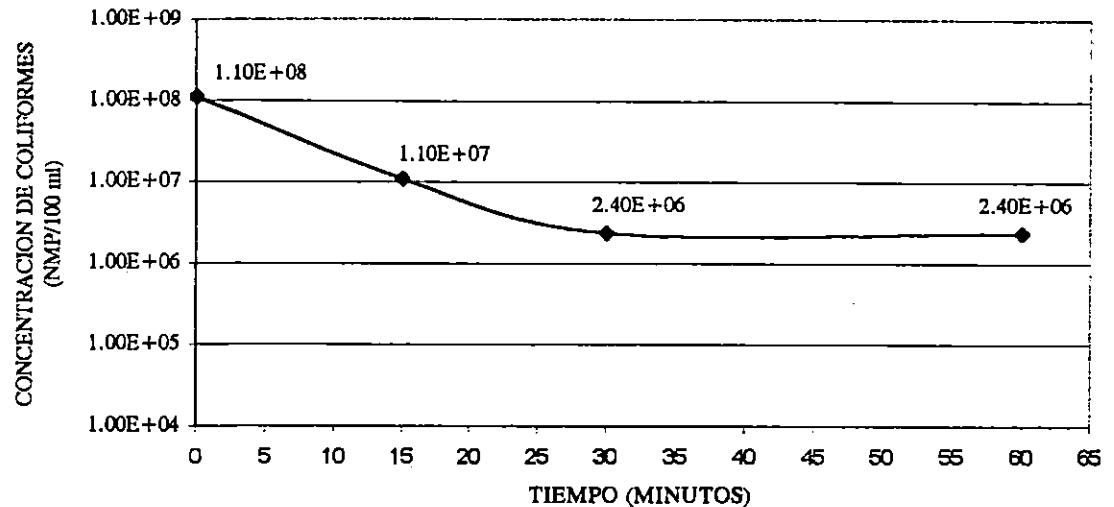
Para el cálculo de la desaparición de bacterias se hace necesario contar con el valor de T_{90} . Debido a esto se realizó la medición de éste utilizando el método de los botellones²⁷, que consiste en la dilución de aguas negras con aguas de mar dentro de botellones o bolsas transparentes, en razones esperadas de la dilución inicial, por ejemplo, 1:100. Estos botellones son fijados en el medio marino justo debajo de la superficie, cerca del litoral para mantener condiciones ambientales de temperatura y luz. Se extraen muestras cada 15 minutos, para ser analizadas para coliformes totales, los cuales se grafican contra el tiempo.

Con los datos obtenidos en estas mediciones se ha construido la gráfica de la Figura 6.4. donde se ha utilizado escala logarítmica para la concentración bacteriana y una escala natural para los tiempos. A partir de ella se puede observar que la concentración inicial de coliformes en las aguas negras (1.1×10^8 NMP / 100ml) alcanza la reducción del 90% (1.1×10^7 NMP /100 ml), a las 0.25 horas (15 minutos). Los resultados de los análisis bacteriológicos pueden verse en el anexo 4.

Puesto que el diseño del emisario corresponde a la ciudad de Acajutla, fue necesario la realización de este procedimiento en un lugar cercano a la ubicación de la descarga de aguas negras, a través del emisario, esto es, 20 m de profundidad.

²⁷FUENTE: Salas, Henry J., Emisarios submarinos, enfoque general, conceptos básicos de diseño y requerimiento de datos para América Latina y el Caribe, CEPIS/OMS/OPS, Versión revisada 1997, p. 6.

FIGURA 6.4: DISMINUCION DE LA CONCETRACION BACTERIANA EN FUNCION DEL TIEMPO



El T_{90} obtenido (0.25 hora), no se encuentra dentro de los valores especificados en la Tabla 2.3, (Ver numeral 2.4.1.5 capítulo II), sin embargo debido a:

- La poca experiencia que se tiene para realizar este tipo de mediciones.
- Que la magnitud de la ciudad de Acajutla no es igual a la de las ciudades mostrada en la Tabla 2.3; se adoptará un valor de $T_{90} = 1.5$ horas que es similar a los valores obtenidos en otros países, siendo de esta manera conservador con respecto al valor asumido.

Finalmente para obtener DB se utilizará el gráfico de la Figura 6.5. Para hacer uso de éste se necesitan los siguientes valores:

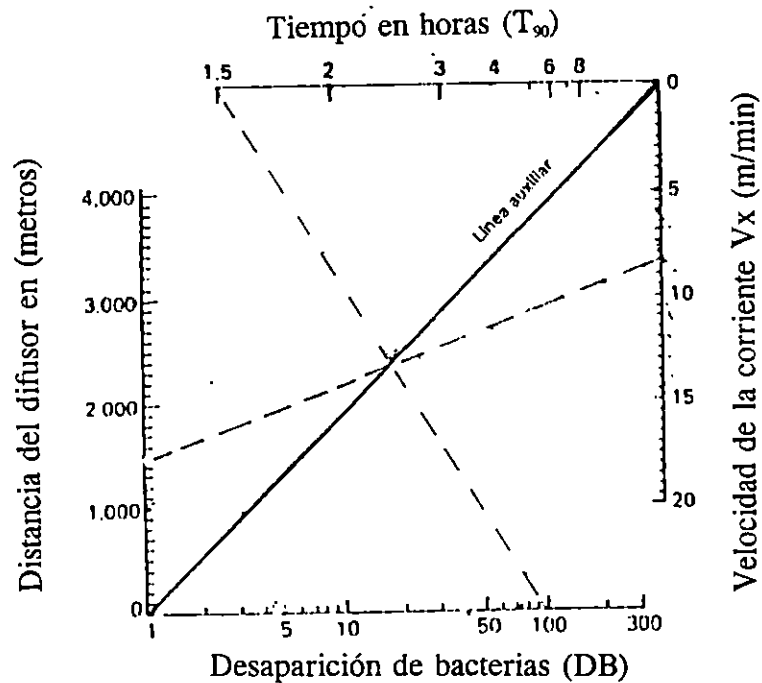
V_x = Velocidad de la corriente = 7.72 m/min = 463.3 m/h (numeral 3.4.3.1, capítulo III)

T_{90} = Tiempo el que se alcanza la reducción del 90% de coliformes = 1.5 horas.

L = Longitud de la tubería = 1,500 m. Valor asumido, que se tendrá que verificar si con ésta se alcanza la reducción total requerida hasta llegar a la zona de protección.

Zona de protección: en nuestro país no se tiene definida la extensión desde la orilla hacia mar adentro, que deberá considerarse como zona de protección y únicamente se define en el código civil, Art 574 (ver anexo 2) el concepto de playa, de mar a la extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan en las más altas mareas. Sin embargo existen actividades recreativas que hacen uso de las olas (Surf, etc.) por lo que se considerará como zona de protección a la zona rompiente de oleaje, es decir 500 m. Introduciendo estos valores en la gráfica de la Figura 6.5 se obtiene un valor de $DB = 100$

FIGURA 6.5: CALCULO DE DESAPARICION DE BACTERIAS (DB)



FUENTE: Metcalf E. op. cit., p.738

Luego, la reducción R_T que se obtiene utilizando las diluciones encontradas anteriormente, se puede calcular mediante la fórmula 2.5 (ver numeral 2.5.1.3, capítulo II):

$$R_T = DI \times DH \times DB$$

Sustituyendo tenemos:

$$R_T = (424.2) \times (12) \times (100)$$

$$R_T = 5.09 \times 10^5$$

Como puede observarse éste último valor es mayor que la reducción total requerida, (1.1×10^5) por lo tanto, un emisario submarino con una longitud de 1,500 m es suficiente para cumplir con la concentración permitida de coliformes de 1000 NMP/100 ml requerido en la zona de protección; tal como se vió en el numeral 6.1.3.1 de este estudio. La longitud del tramo 2 de la tubería de conducción del emisario (ver Figura 2.9 numeral 2.5.1.3, capítulo II) L sería entonces:

$$L = 1,500 + 500 = 2,000 \text{ m}$$

La profundidad que se logra alcanzar con una longitud de 2,000 m es de 17.39 m (ver plano 6.1). Como puede observarse este último valor es menor que las profundidades requeridas para efectuar descargas a través de emisarios submarinos, esto es 20 m, por lo cual es necesario que se alargue la longitud del emisario hasta 3,000 m para alcanzar las profundidades requeridas. Finalmente la longitud total del emisario, incluyendo el tramo de tubería que irá en tierra firme será de 3,780 m (ver plano 6.1)

6.2 DISEÑO DEL DIFUSOR

6.2.1 CALCULO DEL NUMERO DE ORIFICIOS DEL DIFUSOR Y SU DIAMETRO

Se recomienda que la sumatoria de las áreas de los orificios sea igual a un porcentaje del área de la tubería de conducción, (ver fórmula 2.17 del numeral 2.5.2.1, capítulo II) éste oscila entre 70% y 75%²⁸, es decir:

$$\Sigma A_o = \% A_T$$

donde:

A_o = Área del orificio del difusor

A_T = Área de la tubería de conducción = $\pi \times 0.3^2/4 = 0.071 \text{ m}^2$

definiendo éste porcentaje igual al 75%, y sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$\Sigma A_o = 0.75 \times 0.071 = 0.0532 \text{ m}^2$$

tomando un diámetro para el orificio de 0.08 m²⁹, se tiene un área de:

$$A_o = \pi \times 0.08^2 / 4 = 0.00503 \text{ m}^2$$

por lo que el número de orificios N, (ver fórmula 2.18 del numeral 2.5.2.1, capítulo II) será igual a:

$$N = \frac{\Sigma A_o}{A_o}$$

$$N = 0.0532 / 0.00503 = 10.57$$

por lo tanto se tomarán 11 orificios de diámetro 0.08 m, despreciando la poca diferencia de niveles en el lecho marino, entre el inicio y el final del difusor.

²⁸Ludwing, *op. cit.*, p.A.1.9

²⁹Ludwing, *op. cit.*, p. A.1.8

6.2.2 CALCULO DE LA SEPARACION ENTRE LOS ORIFICIOS

Para este caso se recomienda que Y_{max} / l , esté comprendido entre 5 y 10, (ver 2.5.2.1, del capítulo II), donde Y_{max} , es la altura máxima de elevación de la pluma aguas negras - agua marina, y l , es la separación entre los orificios. Seleccionando $l = 2$ m, se tiene una longitud del difusor:

$$l_d = N \times l = 11 \times 2 = 22 \text{ m.}$$

El promedio de los caudales (Q_p) de los orificios es:

$$Q_p = Q_{anf} / N = 0.1338 / 11 = 0.121 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El caudal por metro lineal de difusor:

$$q = Q_p / l_d = 0.121 / 22 = 0.00055 \text{ m}^3/\text{seg/m}$$

Utilizaremos el número de Froude para el cálculo de la Y_{max} , que se calcula por la fórmula 2.8 (ver sección 2.5.1.4, capítulo II):

$$F = \frac{V_x^3}{g'q}$$

donde:

g' = aceleración aparente debida a flotación

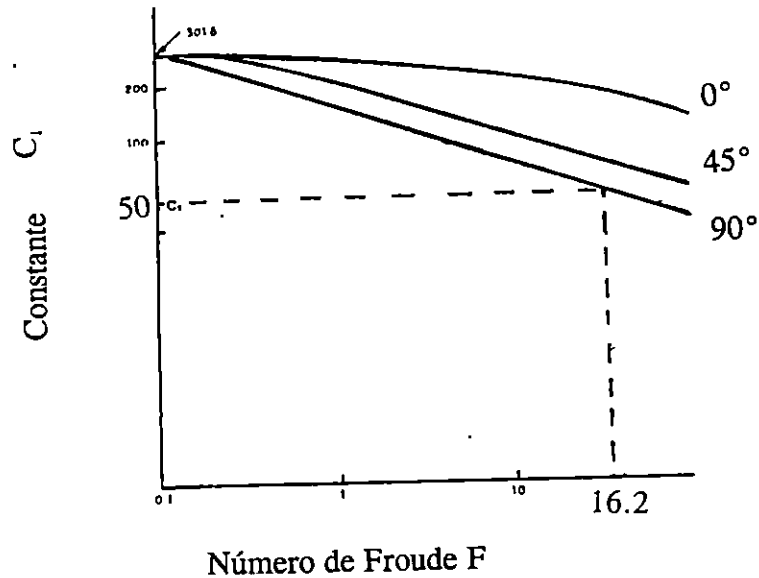
$$= (\Delta\rho/\rho)g = 0.0252/1.0247 (9.806) = 0.241 \text{ m/s}^2$$

V_x = velocidad de la corriente marina, m/s en la zona de formación de la pluma = 0.129 m/seg = 463.3 m/h (numeral 3.4.3.1, capítulo III)

Sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$F = 0.129^3 / (0.241 \times 0.00055) = 16.2$$

Utilizando este valor en la gráfica de la Figura 6.5 se obtiene el valor de $C_1 = 50$, considerando que el difusor tendrá una orientación de 90° con respecto a la dirección de la corriente.

FIGURA 6.5: DETERMINACION DEL VALOR DE C_1 

Ludwin, Russell G., Evaluación del impacto ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos, Informe No. 43 de MARC, Documento de EIA, p.

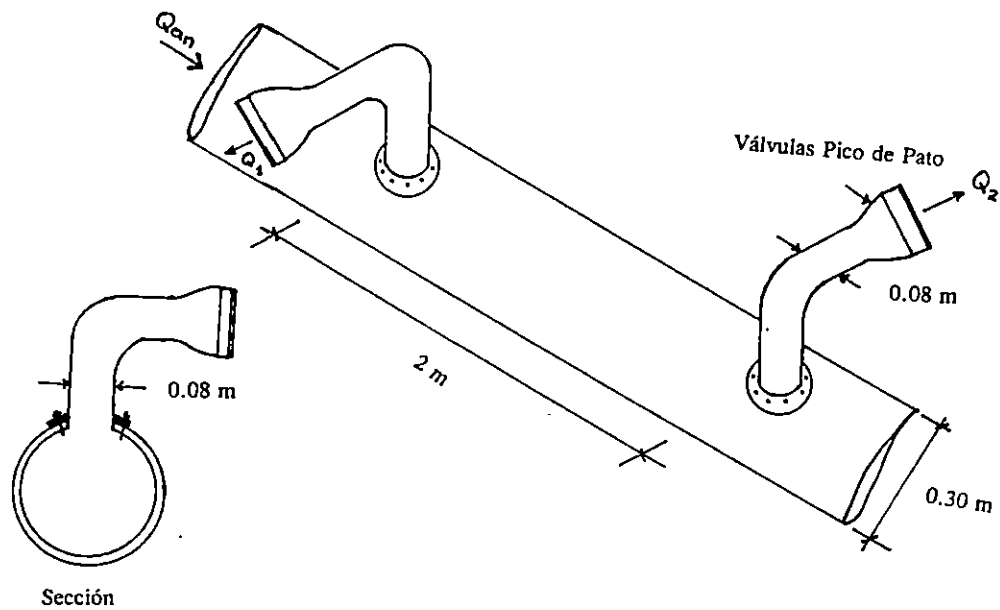
Sustituyendo valores en la fórmula 2.7 (ver numeral 2.1.5.4, capítulo II):

$$Y_{\max} = \frac{C_1 q^{2/3}}{\Delta\sigma}$$

$$Y_{\max} = 50 \times (0.00055)^{2/3} / 0.0252 = 13.3$$

Luego $Y_{\max} / l = 13.3/2 = 6.7$, este valor está dentro del rango 5 - 10 definido anteriormente. Por tanto se tomará una separación entre los orificios $l=2$ m. En la Figura 6.6 se muestra un esquema general del difusor, en donde se puede observar que en cada orificio se colocará una válvula tipo "pico de pato" orientadas hacia cada lado del tubo y colocadas en la parte superior del mismo, con el objeto de evitar que los orificios del difusor puedan obstruirse debido a la acumulación de sedimento en el lecho del difusor.

FIGURA 6.6: ESQUEMA GENERAL DEL DIFUSOR



Se utilizará este dispositivo por las siguientes razones, al utilizar orificios normales como el que se observa en la Figura, 6.7 (a), existe la posibilidad de que partículas de arena u otros elementos similares, se introduzcan en la tubería obstaculizando la salida normal de las aguas negras por los orificios del difusor; este problema puede evitarse con la colocación de válvulas pico de pato, (check valves), como las distribuidas por la compañía Red Valve Compani Inc. Ver figura 6.7 (b). Existen varios tipos de válvulas con diferentes ángulos de inclinación, como los que se observan en la Figura 6.8.

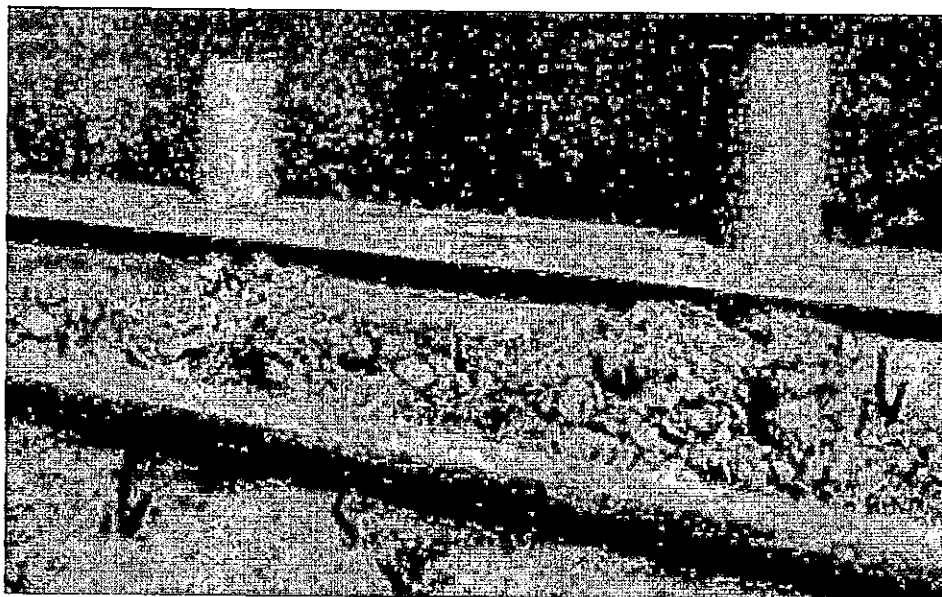
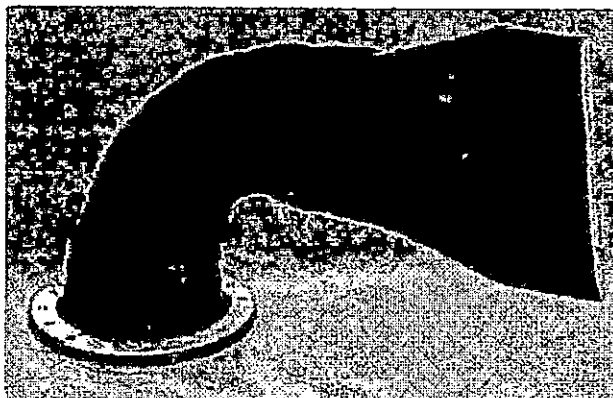


FIGURA 6.7 a): ELEMENTOS MARINOS QUE OBSTRUYEN LA TUBERIA

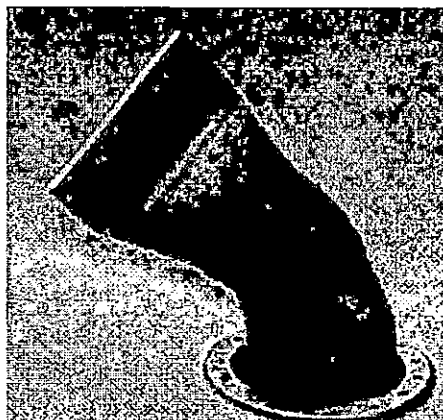


FIGURA 6.7 b): TUBERIA DESPEJADA DEBIDO A LAS VALVULAS PICO DE PATO.

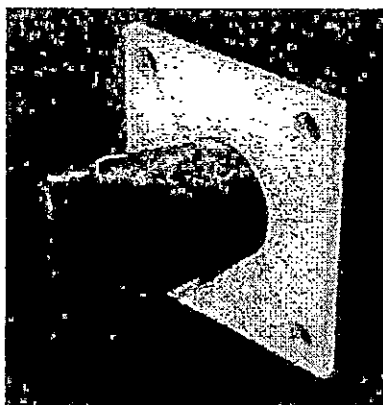
FIGURA 6.8: DIFERENTES TIPO DE VALVULAS PICO DE PATO



VALVULA PICO DE PATO CON CODO 90°



VALVULA PICO DE PATO CON CODO 45°



VALVULA PICO DE PATO

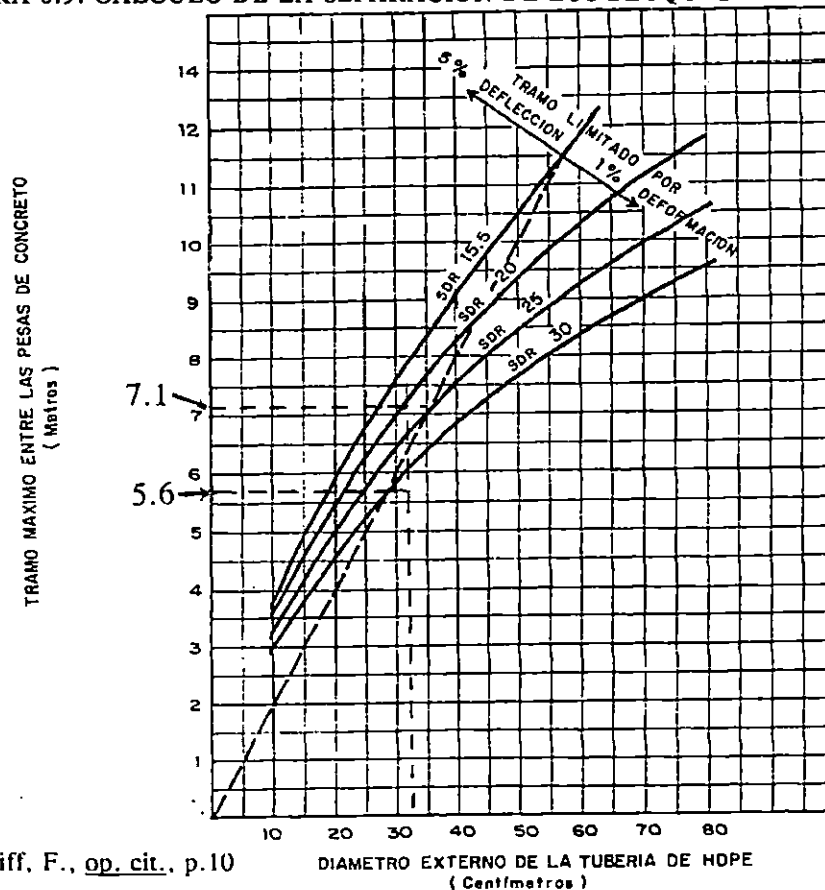
6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EMISARIO SUBMARINO

6.3.1 CALCULO DEL PESO DE LOS BLOQUES DE ANCLAJE Y SU SEPARACION.

6.3.1.1 SEPARACION DE LOS BLOQUES DE ANCLAJE DENTRO DE LA ZONA ROMPIENTE DE OLEAJE

Usando $SDR = 21$, diámetro externo de la tubería, $D=32.4$ cm y el gráfico de la Figura 6.7, para la selección del tramo máximo entre las pesas del ancla, se obtiene un valor de $S = 7.1$ m. Sin embargo se recomienda la utilización de distancias menores a 5 m^{30} . Por lo tanto se selecciona una separación $S = 2.5$ m, pues con esto se logrará disminuir el peso de los bloques de anclaje, para facilitar su manejo durante la construcción.

FIGURA 6.9: CALCULO DE LA SEPARACION DE LOS BLOQUES DE ANCLAJE



FUENTE: Reiff, F., *op. cit.*, p.10

³⁰ Reiff, F., *op. cit.*, p. 14

6.3.1.2 CALCULO DEL PESO DE LOS BLOQUES DE ANCLAJE

Para el cálculo del peso de los bloques de anclaje se utilizará la Tabla 6.4, de la cual se selecciona una tubería con diámetro nominal de 12" que tiene diámetro interior de 291 mm y exterior de 324 mm. El peso de la tubería por unidad de longitud es 15.07 kg/m.

TABLA 6.4: DIMENSION Y PESO DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

DIAMETRO NOMINAL (pulgadas)	DIAMETRO EXTERIOR (milímetros)	PRESION DE TRABAJO EN KG/CM2 (PSI) [SDR]							
		2.68 (40) [41]		3.35 (50) [32.5]		4.36 (65) [26]		5.37 (80) [21]	
		DIAM. INT. PROMEDIO (mm)	PESO PROMEDIO (kg/cm)	DIAM. INT. PROMEDIO (mm)	PESO PROMEDIO (kg/cm)	DIAM. INT. PROMEDIO (mm)	PESO PROMEDIO (kg/cm)	DIAM. INT. PROMEDIO (mm)	PESO PROMEDIO (kg/cm)
8	218			205	4.54	201	5.64	197	6.90
10	273			255	6.99	251	8.73	245	10.73
12	324			303	9.82	297	12.30	291	15.07
14	356			332	11.98	327	18.73	320	18.18
16	406			380	15.55	373	19.37	365	23.76
18	457			427	19.78	420	24.52	411	30.04
20	508			475	24.42	467	30.21	457	37.08
22	559			522	29.57	513	36.63	502	44.92
24	635			570	35.15	560	43.58	548	53.45
26	660			617	41.28	607	51.17	594	62.69
28	711			665	47.91	653	59.36	639	72.70
30	762	723	43.90	712	54.94	700	68.12	685	83.52
32	813	771	49.89	760	62.56	747	77.52	731	94.98
34	864	819	56.35	807	70.59	793	87.48	776	107.23
36	914	867	63.20	855	79.13	840	98.10	822	120.22
42	1.067	1012	85.92	997	107.73	980	133.49	959	163.64
48	1.219	1156	11.31	1.140	140.74	1.120	174.39	1.096	213.74
54	1.372	1301	142.13	1.282	178.14	1.260	220.74	1.233	270.43

FUENTE: Reiff, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1997, p. 9.

El volumen externo de la tubería por metro de longitud (V) se calcula así:

$$V = A \times L$$

$$A = \pi \times D^2/4$$

donde;

$$A = \text{área externa de la tubería (m}^2\text{)}$$

$$L = \text{Longitud de tubería} = 1 \text{ m}$$

$$D = 324 \text{ mm} = 0.324 \text{ m}$$

$$V = (3.1416 \times 0.324^2 / 4) \times 1 = 0.0824 \text{ m}^3/\text{m}$$

El peso del ancla de concreto se calcula con la fórmula 2.27 (ver numeral 2.6.5 capítulo II):

$$W_A = \frac{0.8S(W_m V - W_p)}{1 - W_m / W_c}$$

donde:

$$W_A = \text{Peso total de cada ancla en el aire (kg)}$$

$$W_p = \text{Peso unitario de tubería} = 15.07 \text{ kg/m}$$

$$W_m = \text{Densidad del agua marina} = 1024.7 \text{ kg/m}^3$$

$$S = \text{Distancia seleccionada entre las pesas} = 2.5 \text{ m}$$

$$V = \text{Unidad de volumen externo de la tubería por unidad de longitud} \\ = 0.0824 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$W_c = \text{Densidad del concreto} 2400 \text{ kg/m}^3$$

sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$W_A = \frac{(0.8 \times 2.5) [(1024.7 \times 0.0824) - 15.07]}{1 - \frac{1024.7}{2400}}$$

$$W_A = 242 \text{ kg}$$

6.3.1.3 SEPARACION DE LOS BLOQUES DE ANCLAJE FUERA DE LA ZONA ROMPIENTE DE OLEAJE

Utilizando la gráfica de la gráfica de la Figura 6.9, se obtiene una separación máxima de 5.6 m, para una tubería de diámetro exterior de 324 mm y SDR de 32.5 (ver numeral 6.1.2, capítulo VI)

Luego se realiza el mismo cálculo haciendo uso de la fórmula 2.26 (ver numeral 2.6.5, capítulo II):

$$W_A = \frac{S(KVW_m - W_p - W_s)}{1 - KW_m/W_c}$$

El factor de hundimiento K oscila entre 1.1 y 1.5, (numeral 2.6.5, capítulo II) en este caso se utilizará un valor de 1.3, el SDR = 32.5 utilizado fuera de la zona rompiente de oleaje (ver numeral 6.1.2, capítulo VI) $W_p = 9.82$ kg/m (ver Tabla 6.4, numeral 6.3.1.2 capítulo VI), $W_A = 242$ kg (ver numeral 6.3.1.2, capítulo VI). El peso de las aguas negras por metro lineal de tubería (W_s) utilizando el diámetro interior (291 mm) se calcula de la siguiente manera:

$W_s =$ peso específico del agua negra x volumen del agua negra dentro de tubería

$$W_s = 999.5 \times (\pi \times 0.291^2/4) = 67 \text{ kg/m}$$

el peso del bloque será el mismo para la zona rompiente de oleaje que fuera de esta, para facilitar los procesos constructivos, utilizando un mismo tipo de molde para su fabricación, por tanto, $W_A = 242$ kg

Despejando la variable S de la ecuación y sustituyendo valores tenemos:

$$S = \frac{W_A(1 - \frac{KW_m}{W_c})}{KVW_m - W_p - W_s}$$

$$S = \frac{242 \times \frac{[1 - 1.3 \times 1024.7]}{2400}}{(1.3 \times 0.0824 \times 1024.7) - 9.82 - 67}$$

$$S = 3.27 \text{ m}$$

En vista de que es conveniente que la separación entre los bloques de anclaje sea la menor posible, se tomará este último valor encontrado ($S = 3.27 \text{ m}$) ya que es menor que el obtenido por medio de la gráfica de la Figura 6.9 ($S = 5.6 \text{ m}$).

6.3.1.4 DISEÑO DEL BLOQUE DE ANCLAJE

Se utilizará un bloque de anclaje tipo C, (ver Figura 2.19 numeral 2.6.6, capítulo II) debido a la alta resistencia a la corrosión que poseen estos bloques, pues no utilizan pernos o placas de acero para sostener la tubería en el fondo del mar.

A continuación se calcularán sus dimensiones:

$$W_A = 242 \text{ kg}$$

$$\text{Vol}_{\text{bloque}} = \text{peso del bloque} / \text{peso específico del bloque} = W_A / \gamma_{\text{bloque}}$$

$$\text{Vol}_{\text{bloque}} = 242 \text{ kg} / 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Vol}_{\text{bloque}} = 0.1008 \text{ m}^3$$

donde:

$$B = \text{base mayor del bloque de anclaje} = 1.0 \text{ m}$$

$$b = \text{base menor del bloque de anclaje} = 0.4 \text{ m}$$

Estos dos últimos valores han sido asumidos convenientemente, tomando en consideración aspectos constructivos y de funcionamiento.

$$h_b = \text{altura del bloque de anclaje} = 2.5 d$$

$$d = \text{diámetro externo de la tubería} = 0.324 \text{ m}$$

$A_t =$ área de la sección del bloque

$e =$ espesor del bloque de anclaje

$A_h =$ área del hueco para la tubería

$$h_b = 2.5 \times d = 2.5 \times 0.324 = 0.81 \text{ m, se tomará } 0.80 \text{ m, por razones constructivas.}$$

$$A_h = [d^2 \times \pi / 4] + (0.5d \times 0.6d)$$

$$A_h = [0.1049 \times 3.1416 / 4] + [(0.5 \times 0.324) \times (0.6 \times 0.324)]$$

$$A_h = 0.113 \text{ m}^2$$

$$A_t = [[(B+b)/2] \times h_b] - A_h$$

$$A_t = [[(1.0 + 0.4)/2] \times 0.80] - 0.113$$

$$A_t = 0.447 \text{ m}^2$$

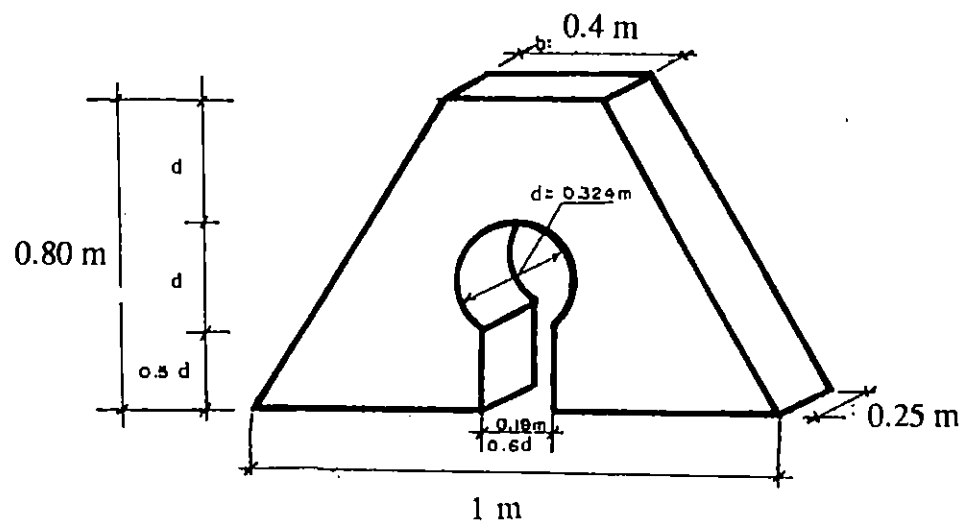
$$e = V_{\text{bloque}} / A_t$$

$$e = 0.1008 / 0.447$$

$$e = 0.225, \text{ se tomará } 0.25 \text{ m, por razones constructivas}$$

En la Figura 6.10 se puede observar la forma y dimensiones del bloque de anclaje.

FIGURA 6.10: BLOQUE DE ANCLAJE



6.4 ESTACION DE BOMBEO

Las estaciones de bombeo se usan generalmente cuando es necesario bombear las aguas negras a un nivel más alto, para nuestro caso se utilizará porque las presiones que se necesitan para que el agua fluya a través del difusor son mayores que las presiones que se tienen disponibles por la fuerza de gravedad, según se puede observar en el siguiente cálculo:

- Nivel de salida de las aguas negras en la planta de tratamiento

$$h = 3.89 \text{ m (ver plano 6.1)}$$

- Carga hidráulica disponible

$$hd = (h - h_{\text{mar}}) \times (\rho_{\text{mar}} - \rho_{\text{agua negra}})$$

$$hd = (3.89 - 20) \times (1.0247 - 0.9995)$$

$$hd = 3.39 \text{ m}$$

- La pérdida de carga hidráulica es 8m / 1000 m (ver diseño del diámetro de la tubería numeral 6.1.1 capítulo VI)

La pérdida de carga hidráulica a lo largo de toda la tubería (hl) será de:

$$hl = 3780 \times 8 = 30.24 \text{ m}$$

- La carga requerida del equipo de bombeo será de:

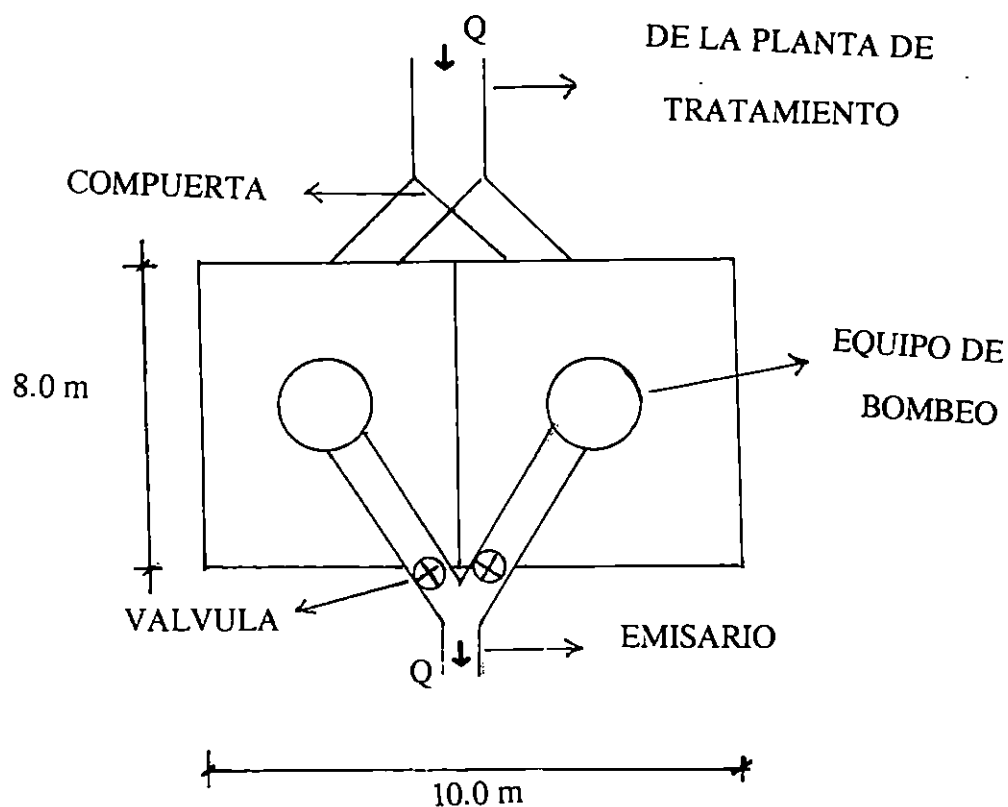
$$H_b = 30.24 - 3.39 = 26.85 \text{ m}$$

En vista de que la estación de bombeo es de gran capacidad, las aguas fluyen a un tanque de almacenamiento, el cual será de pequeñas dimensiones para impedir la acción séptica de las aguas negras. Este tanque debe tener un respiradero al exterior, para evitar la acumulación de olores.

- Dimensionamiento del tanque de succión.

Las dimensiones del tanque serán de 8 m x 10 m x 2 m, que estará dividido en dos compartimientos iguales interconectados que pueden aislarse con el objeto de reparación de la bomba correspondiente y para propósitos de limpieza. (Ver figura 6.11)

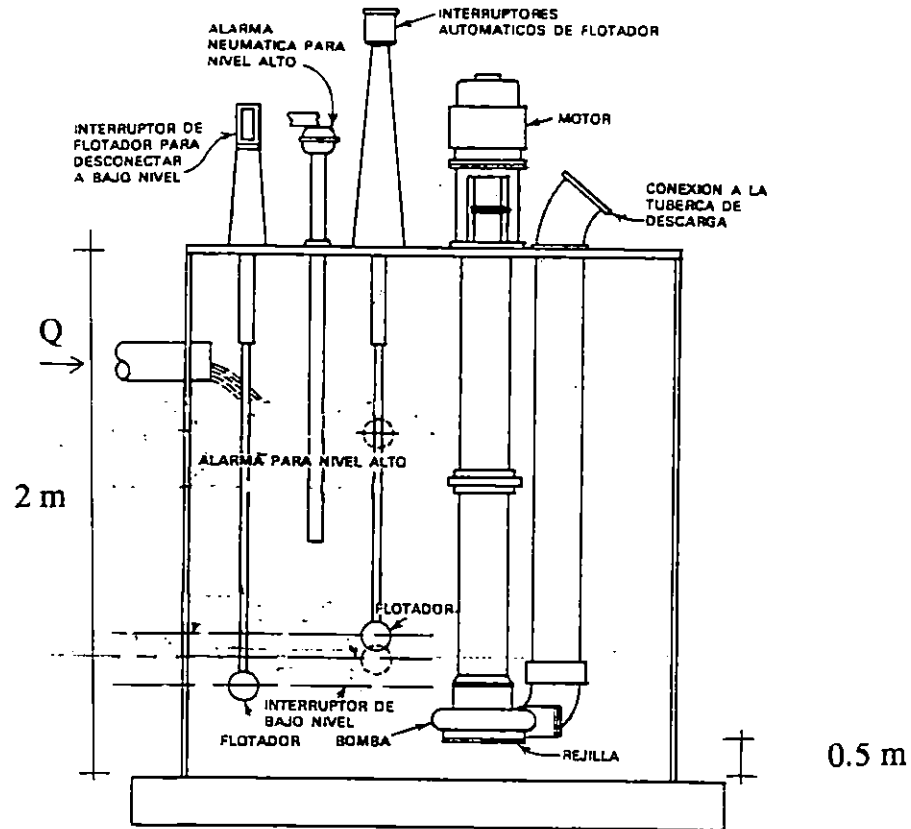
FIGURA 6.11: VISTA EN PLANTA DE LA ESTACION DE BOMBEO



Cada compartimento podrá almacenar un volumen de $8 \times 5 \times 2 = 80 \text{ m}^3$ de agua negra, el cual será alcanzado en un tiempo relativamente corto de 10 minutos (con el objeto de evitar la acción séptica) cuando se tenga el flujo de diseño ($Q_{anf} = 0.1338 \text{ m}^3/\text{seg}$).

La Figura 6.12 muestra la sección de la estación en donde se observa el equipo de bombeo y las dimensiones del tanque; la estación será dotada de dos fuentes de energía eléctrica con la finalidad de asegurar la continuidad de operación.

FIGURA 6.12: SECCION DE LA ESTACION DE BOMBEO



- Selección de la bomba.

Las bombas que comúnmente se utilizan para bombear aguas residuales son las centrífugas, dentro de ellas se encuentran tres tipos, las de tipo radial y mixto (para aguas negras) y las de flujo axial (para aguas pluviales). Se utilizará para nuestro caso una bomba de eje vertical (por limitación de espacio), de flujo radial con rodete inatascable para evitar que partículas presentes en las aguas residuales impidan el buen funcionamiento de la bomba.

- Potencia de la bomba.

El equipo de bombeo tiene generalmente una vida útil de 10 años; por lo que su diseño se hará en base a ese período.

La potencia requerida de la bomba para los primeros 10 años (medio período de diseño) será calculada por la siguiente fórmula:

$$P = \gamma Q H_b / 76 e$$

donde:

$$\gamma = \text{Peso específico del agua negra} = 0.9995 \text{ gr/cm}^3$$

$Q = \text{Caudal de aguas negras para los primeros 10 años} = 112.9 \text{ lt/seg}$ (ver numeral 5.2, capítulo V)

$$H_b = \text{carga requerida de la bomba} = 26.85 \text{ m}$$
 (ver numeral 6.4 capítulo VI)

$$e = \text{eficiencia de la bomba, esta oscila entre 60\% y 85\%}^{31}$$

Sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$P = (0.9995 \times 112.9 \times 26.85) / (76 \times 0.7) = 56.95 \text{ HP}$$

Se usarán dos bombas con capacidad de 60 HP.

La potencia requerida para los últimos 10 años será calculada siguiendo el procedimiento anterior y utilizando los mismos valores, excepto el caudal de aguas negras, que será el que se tendrá al final del período de diseño, es decir, $Q_{anf} = 133.8 \text{ lts/seg}$ (ver numeral 5.0 capítulo V). Sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$P = (0.9995 \times 133.8 \times 26.85) / (76 \times 0.7) = 67.49 \text{ HP}$$

Se usarán dos bombas con una capacidad de 75 HP.

La subestación eléctrica incluirá dos transformadores de 37.5 KVA c/u para los primeros 10 años y para los últimos 10 años tendrá que ser sustituida por dos transformadores de 50 KVA c/u

³¹Metcalf y Eddy, Ingeniería sanitaria, redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales, segunda edición 1994, p.284

6.5 PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DEL EMISARIO SUBMARINO EN LA CIUDAD DE ACAJUTLA

Para la construcción de cualquier proyecto de ingeniería, en este caso el emisario submarino, es necesario tener conocimiento de la inversión que se requiere, por lo que en éste trabajo se incluye también un presupuesto para la construcción del emisario submarino, elaborado en base a las dimensiones obtenidas en el diseño.

Se estima que el tiempo para la construcción del emisario submarino incluyendo también la construcción de la planta de pretratamiento será de 7 meses, el cual incluye el requerido para la importación de materiales y equipo. Dentro de las partidas que tiene mayor influencia en el costo del emisario podemos mencionar:

- Las obras de terracería relacionadas con el zanjeado para la instalación de la parte del emisario que deberá colocarse en tierra firme (aproximadamente 780 m) lo que implica una cantidad fuerte de horas hombres (para el acarreo de material), así como también de equipo adecuado para las excavaciones (retroexcavadoras, palas mecánicas, etc.).
- El concreto estructural para los bloques de anclaje y para los demás elementos de la planta de pretratamiento, ya que para la construcción de los cuales será necesario el acarreo de material granular adecuado.
- Los quipos de bombeo (2) de aguas residuales, los cuales se tienen que importar del exterior.
- La subestación eléctrica y equipos de control.
- La tubería de HDPE. Esta es una de las partidas más altas del presupuesto, ya que éste material tiene un costo elevado, debido a que no se fabrica en nuestro país lo que hace necesaria su importación. Además de esto para la instalación en el fondo marino se hace necesario contar con pequeñas embarcaciones y con buzos experimentados. Para el lanzamiento de la tubería al mar se ha considerado un tiempo de 15 días, de manera conservadora.

- La señalización durante y después de la construcción del emisario es un aspecto muy importante de considerar, pues ésta ayudará a prevenir accidentes con embarcaciones que puedan dañar la tubería, por esta razón se necesitará hacer uso de boyas marcadoras de colores luminosos, rótulos y señales luminosas, etc.
- Los militarnices por ser equipo importado tiene un alto costo.

A continuación se presenta el presupuesto para la construcción del emisario, cuyo desglose de costos unitarios pueden observarse en el anexo 5.

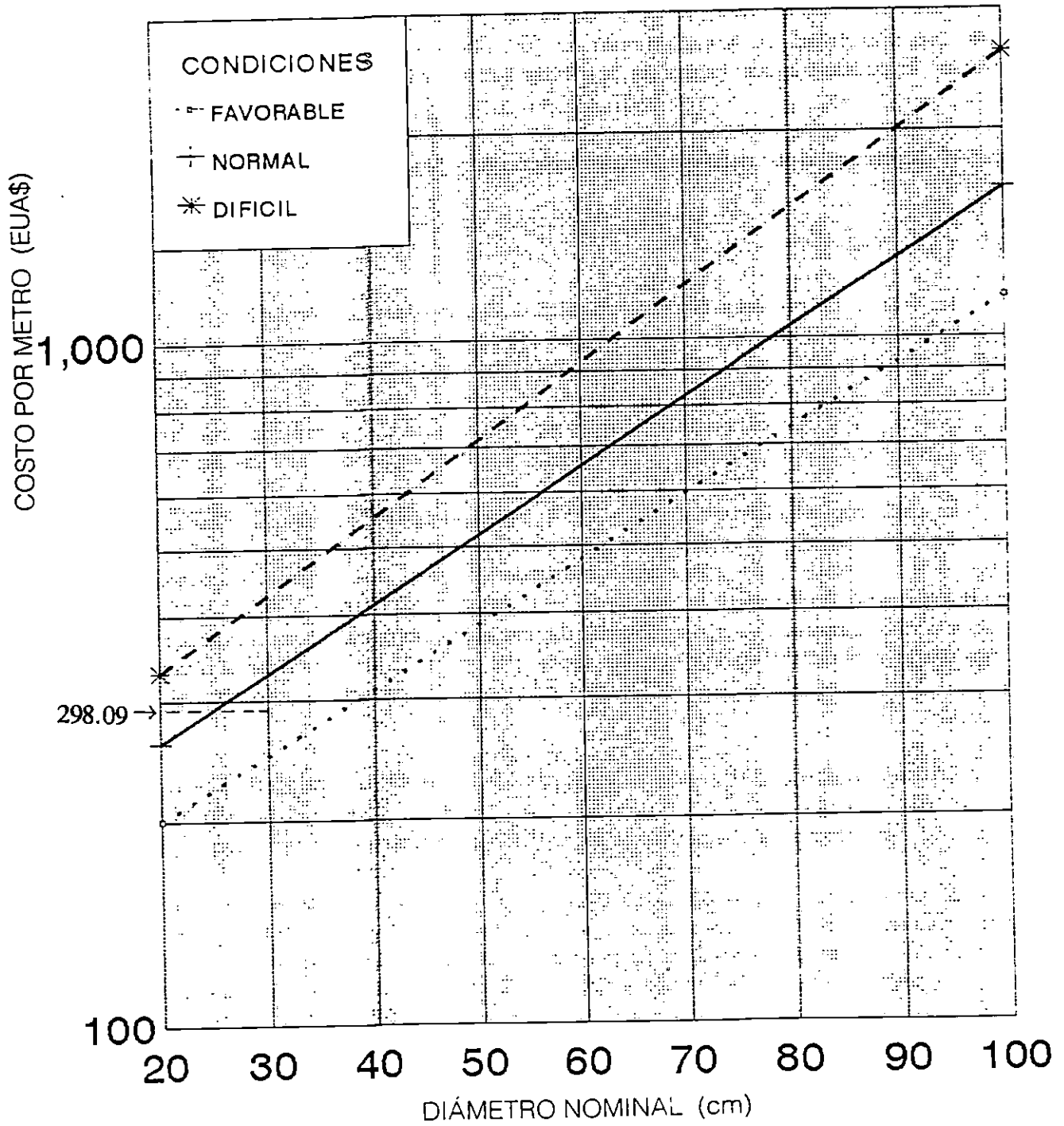
**PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DEL
EMISARIO SUBMARINO EN LA CIUDAD DE ACAJUTLA**

PARTIDA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Bodega, incluye oficina, taller, comedor empleados	1.00	SG	¢30,994.22	¢30,994.22
1.02	Instalaciones Eléctricas y consumo	1.00	SG	¢47,940.64	¢47,940.64
1.03	Instalaciones Hidráulicas Provisionales	1.00	SG	¢12,525.00	¢12,525.00
1.04	Trazo y Nivelación	1.00	SG	¢15,960.66	¢15,960.66
1.05	Trazo de ruta en tubería submarina	1.00	SG	¢151,861.00	¢151,861.00
2.00	TERRACERIA MASIVA				
2.01	Descapote	432.00	M3	¢20.00	¢8,640.00
2.02	Corte	200.00	M3	¢45.00	¢9,000.00
3.00	TERRACERIA PARA FUNDACIONES Y DRENAJES				
3.01	Excavación	2,000.00	M3	¢45.00	¢90,000.00
3.02	Relleno compactado suelo natural	1,580.00	M3	¢52.51	¢82,965.80
3.03	Relleno compactado suelo cemento	20.00	M3	¢132.46	¢2,649.20
4.00	CONCRETO ESTRUCTURAL				
4.01	Zapata Z-1	0.84	M3	¢2,408.76	¢2,023.36
4.02	Columna C-1	0.36	M3	8,148.19	¢2,933.35
4.03	Pared de concreto espesor 15 cms	20.46	M3	¢2,125.34	¢43,484.46
4.04	Viga V-1	0.75	M3	¢4,912.49	¢3,684.37
4.05	Bloques de anclaje	1,209.00	u	¢356.58	¢431,105.22
4.06	Pared de concreto en tanque de succión	14.40	M3	¢2,828.53	¢40,730.63
5.00	TUBERIA				
5.01	Tubería de HDPE 12"	3,804.00	ML	¢1,252.58	¢4,764,814.32
5.02	Válvulas pico de pato para difusor	22.00	u	¢4,500.00	¢99,000.00
6.00	ESTRUCTURA METALICA				
6.01	Rejas(incluye plataforma)	1.00	SG	¢1,944.81	¢1,944.81
6.02	Compuertas para desarenador	4.00	u	¢1,500.72	¢6,002.88
6.03	Estructura y cubierta de techo para planta de tratamiento	175.00	M2	¢535.35	¢93,686.25
6.04	Compuertas para tanque de succión	2.00	u	¢1,632.85	¢3,265.70
7.00	MISCELANEOS				
7.01	Muelle provisional	1.00	SG	¢200,000.02	¢200,000.02
7.02	Señalización provisional y permanente	1.00	SG	¢100,000.00	¢100,000.00
7.03	Verja malla ciclón para protección planta de tratamiento	110.00	ML	¢338.80	¢37,268.00
7.04	Militamices	3.00	U	¢76,032.00	¢228,096.00
7.50	Equipo de bombeo (incluye subestación eléctrica, equipos de control, caseta de controles y vigilancia)	1.00	SG	¢400,000.00	¢400,000.00
7.60	Válvulas de compuerta para sistema de bombeo 12"	2.00	u	¢15,500.00	¢31,000.00
7.70	Tubería de HoFo 12"	8.00	ml	¢3,150.00	¢25,200.00
A	TOTAL DIRECTO				¢6,966,776.09
B	TOTAL INDIRECTO				¢2,778,504.13
C	IVA (13%)				¢1,266,886.43
D	GRAN TOTAL				¢11,012,166.65

Del presupuesto anterior se obtiene un costo por metro lineal de construcción de emisario submarino es de $\text{¢}2.23.17/\text{m}$ ($\$ 298.09/\text{m}$), sin incluir el pretratamiento y el equipo de bombeo, el cual es un valor razonable ya que se encuentra dentro del rango de costos que se obtienen utilizando la gráfica de la Figura 6.13, para condiciones favorables $\text{¢}2,200/\text{m}$ ($\$ 250.00$) y en condiciones normales $\text{¢}2,860/\text{m}$ ($\$325.00$) para una tubería de 30 cm de diámetro.

Es importante mencionar que la Figura 6.13 está basada en los costos reales de los emisarios submarinos y tuberías de HDPE instalados en los Estados Unidos y América Latina y ajustado a los costos para 1997.

FIGURA 6.13: COSTO UNITARIO DE CONSTRUCCION DE UN EMISARIO SUBMARINO DE HDPE.



FUENTE: Reiff, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1997, p. 30.

CAPITULO VII

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el presente estudio, se puede concluir lo siguiente:

- 1- Al analizar diversos parámetros encontrados en el diagnóstico de las principales ciudades portuarias de El Salvador, como lo son: Acajutla, La Libertad y La Unión, en el cual se incluyen las condiciones del medio marino frente a ellas y relacionarlas con los criterios de diseño establecidos en el marco teórico, se logró determinar, que efectivamente es posible la aplicación de Emisarios Submarinos desde el punto de vista técnico para la disposición final de aguas negras y solventar el problema de la contaminación del mar.
- 2- La ciudad de Acajutla cumple con los criterios técnicos de diseño más importantes para la aplicación del Emisario Submarino (profundidad del mar, ubicación de la descarga, áreas protegidas) por lo tanto si puede utilizarse éste sistema para la disposición final de las aguas negras.
- 3- La ciudad de La Libertad al igual que Acajutla, cumple con los criterios técnicos de diseño. Sin embargo, resulta innecesaria la aplicación de este sistema, ya que en esta ciudad se tiene en proyecto la rehabilitación de la planta de tratamiento existente.
- 4- La Unión en su mayor parte no cumple con los aspectos técnicos que se requieren para la aplicación del emisario submarino, por lo tanto no es posible su utilización. Sin embargo, si se desea aplicar esta solución, el proyecto se torna demasiado grande (Emisario Submarino de 25 Km de longitud) elevándose los costos resultando ésta alternativa no viable financieramente.
- 5- Según el diagnóstico para las tres ciudades se pueden observar los siguientes aspectos:

- Con respecto a la educación se tiene que más del 20% de la población es analfabeta y su mayor porcentaje 60% se da en las personas de 15 años y más, lo que repercute en la calidad de mano de obra ya que en éste grupo se encuentra el mayor porcentaje de la población económicamente activa.

- En cuanto al saneamiento se tiene la necesidad de servicios sanitarios en las viviendas, ya que el 1% en Acajutla, el 14% en La Libertad y el 6% en La Unión no disponen de éste servicio, lo que las convierte en focos de contaminación. Por otro lado se tiene que más del 45% de las viviendas no tienen acceso a algún tipo de desagüe adecuado (alcantarillado, fosa séptica), por lo cual, sus aguas de desecho son descargadas a ríos, quebradas y al suelo, creando formas de contaminación del medio ambiente. En cuanto a la recolección de desechos sólidos, se tiene falta de cobertura ya que se suelen observar promontorios de basura en diferentes puntos de cada ciudad y por si eso fuera poco los desechos que son recolectados son depositados en lugares donde no reciben el tratamiento adecuado.

- En lo concerniente al servicio de agua potable, se determinó, que se tiene un máximo de cobertura de casi un 45%, por lo que la población que no tiene acceso a éste servicio se tiene que abastecer de otras fuentes no confiables (pozo, río, manantiales, etc.) que carecen de un control sanitario y de cloración, lo que es causa de enfermedades gastrointestinales.

- Las principales fuentes de contaminación de las aguas marinas son cinco, y se detallan a continuación:
 - a) Desagües provenientes del alcantarillado de aguas negras
 - b) Desagüe de ríos y quebradas contaminados en su totalidad y que desembocan en el mar.
 - c) Utilización de la orilla del mar como basurero por parte de los pobladores.

- d) Vertido de aguas negras industriales, por ejemplo; industria petrolera, generadoras de energía eléctrica, industrias procesadoras de mariscos y agroindustria.
 - e) Descarga de aguas de desecho provenientes de establecimientos (restaurantes, hoteles) ubicados a la orilla del mar.
- 6- Según estudios realizados sobre la contaminación de las aguas marinas costeras de nuestro país, así como visitas de campo, se pudo determinar que las condiciones ambientales son desfavorables para los pobladores, flora y fauna marina debido a la constante contaminación.
- 7- Es notable la falta de instituciones que se encarguen de llevar registros a lo largo de toda la costa de El Salvador, sobre las condiciones del medio marino, entre ellas se puede mencionar: suelo marino, dirección y velocidad de la corriente marina, temperatura, densidad, salinidad, así como un monitoreo de la calidad del agua de mar.
- 8- Según la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA), La Barra de Santiago es la única área protegida ubicada a lo largo de la costa Salvadoreña; y en la propuesta que hacen solamente se contemplan siete:
- Complejo barra de Santiago
 - Complejo los Cóbano
 - Parque regional Santa Clara, en el departamento de La Paz
 - Isla San Sebastián
 - Complejo Conchagua
 - Isla Pirigallo, jurisdicción de Meanguera del Golfo.
 - La bahía de La Unión

- 9- Actualmente no se cuenta con leyes que regulen los vertidos de aguas residuales hacia un cuerpo receptor. Tampoco se tienen definidos los valores máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que deberán tener los cuerpos de agua utilizados como áreas de recreo.

7.2 RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado diferentes aspectos que fueron encontrados durante la realización de éste trabajo en su mayoría correspondiente a la investigación de campo (diagnóstico) e información bibliográfica, de las principales ciudades que cuentan con puerto marítimo en nuestro país se pueden dar las siguientes recomendaciones:

- 1- Es evidente la necesidad de crear proyectos que vengán a solucionar el problema de contaminación del medio marino, provocada en su mayoría por las descargas de aguas negras directamente al mar sin haber sido tratadas apropiadamente. Estos proyectos podrían estudiar alternativas en centros turísticos, como por ejemplo: Costa del Sol, El Cuco, El Zunzal, etc.
- 2- Es importante que otras entidades como: El Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Salud, ONG's , Universidades, etc. se interesen por este tipo de investigaciones.
- 3- Es prioritario que entidades de Gobierno local (Alcaldías) den mayor cobertura y mejoramiento en lo que se refiere a saneamiento básico, (alcantarillado y recolección de desechos sólidos) con lo que se disminuiría el deplorable estado en que se encuentra el medio ambiente. A organismos estatales como ANDA ampliar la cobertura del abastecimiento de agua potable ya que un gran porcentaje (55%), se tiene que abastecer de otras fuentes inseguras de agua.
- 4- Es menester del Estado, en éste caso a través del Ministerio del Medio Ambiente, la creación de una normativa que regule el control de vertidos de aguas residuales hacia un cuerpo receptor (ríos, lagos, mar, etc.) y que también se establezcan los valores

máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos asegurando la calidad de cuerpos de agua, que son utilizados para la recreación.

- 5- Es recomendable la creación de entidades de gobierno que lleven registro de diversas variables del medio marino suelo marino, dirección y velocidad de la corriente marina, temperatura, densidad, salinidad; así como un constante monitoreo de la contaminación de las aguas marinas.
- 6- Es necesaria la creación de leyes ambientales donde se establezcan un mayor número de áreas protegidas a lo largo de la costa de El Salvador.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, Sergio A., planejamiento de sistemas de disposición de esgotos visando o minimo custo e a máxima protecao ambiental., 10 Congresso Brasileiro de Engenharia sanitaria, Manaus, 1979.
- Calderón R. Gloria, Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Propuesta de normas de calidad del agua y control de vertidos, PROAGUA/MASICA/OPS/OMS, Noviembre 1994
- CENSO de población, Dirección General de Estadística y Censo, Ministerio de Economía, 1992.
- Geografía de El Salvador, Primera Edición, Dirección de publicaciones Ministerio de Cultura y Comunicaciones, San Salvador 1998.
- H.G. Gierloff - Emden, La Costa de El Salvador, Primera Edición en Español, dirección de publicaciones Ministerio de Educación, San Salvador, 1976.
- Ludwin, Russell G., Militamices como sistema de Pre - tratamiento, ENCIBRA/CEPIS/OPS/OMS, Febrero 1992.
- Ludwin, Russell G., Evaluación del impacto ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos, Informe No. 43 de MARC, Documento de EIA.
- Manual de disposición de aguas residuales, Tomo II, GTZ, CEPIS/OMS/OPS, Lima. 1991.

- Metcalf – Eddy, Redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales, Editorial Labor Barcelona 1985.
- Metcalf – Eddy, Tratamiento y depuración de las aguas residuales, Editorial Labor Barcelona 1977.
- Parada , Meybel Sigrith, Estudio de la contaminación de la costa del puerto de Acajutla y su complejo industrial, Universidad de El Salvador, San Salvador, 1984.
- Reif, Fred M., Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (HDPE), CEPIS/HPE/OPS, 1990.
- R. de Aguilar, María Luisa, Plan del sistema de Areas Protegidas, Zonas de Amortiguamiento y corredores biológicos, DGRNR/SEMA, San Salvador, Julio 1996.
- Ríos Pacheco, Darío Eduardo, Estudio de la contaminación de las aguas marinas de el puerto de La Libertad, Universidad de El Salvador, San Salvador, 1981.
- Rivera Magaña, Rene Antonio, Plan de gestión ambiental para el desarrollo del municipio de Acajutla, Convenio para la cooperación técnica ASCIA/FUNDE/ACAJUTA, San Salvador, 1996.
- Rodríguez Chavez, Doris Elizabeth, Plan de desarrollo urbano de la ciudad del puerto de La Libertad, Universidad Politécnica, San Salvador, 1986.

- Salas, Henry J., Emisarios submarinos, enfoque general, conceptos básicos de diseño y requerimiento de datos para América Latina y el Caribe, CEPIS/OMS/OPS, Versión revisada 1994.
- Salas, Henry J., Emisarios submarinos, alternativa viable para disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe, CEPIS/OMS/OPS, Actualizado Septiembre 1995.
- Salas, Henry J., Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad del agua en el medio marino. CEPIS/OMS/OPS, Versión actualizada 1994.
- Turcios Granillo, Olga Eugenia, Plan de desarrollo urbano de la ciudad puerto de Acajutla, Universidad Politécnica, San Salvador, 1986.

ANEXOS

ANEXO 1

Parámetros sobre valores máximos permisibles para desechos líquidos domésticos descargados a un cuerpo receptor.

PARAMETROS FISICOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES:

- Materia flotante	Nada debe ser visible
- Temperatura	35°C
- Color	50 Unidades de color verdadero
- Turbiedad	100 UTN
- pH	5 - 9
- Sólidos suspendidos	50 mg/l

PARAMETROS QUIMICOS:

- Aceites y grasas	20 mg/l
- DBO	30 mg/l
-DQO	60 mg/l

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS:

- Coliformes totales 1000 NMP/100 ml el promedio mensual no excederá a 24/100 ml en ningún día.

FUENTE: Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Dra. Gloria R. Calderón, Ing. Roberto Cruz Monge, Propuesta de: Normas de calidad del agua y control de vertidos PROAGUA/MASICA/OPS/OMS, noviembre 1994, p. 47.

ANEXO 2

ARTICULOS DEL CODIGO CIVIL DE EL SALVADOR:

Art. 574. El mar adyacente, hasta la distancia de 1 legua marina (3 millas), medidas desde al línea de más baja marea, es mar territorial y de dominio nacional, pero el derecho de policia para seguridad del país se extiende hasta 4 leguas marinas.

Art. 575. Se considerará como playa de mar la extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan en las más altas mareas.

Art. 592. Se podrá pescar libremente en los mares, pero en el mar territorial.

Art. 594. Los pescadores podrán hacer uso de las tierras contiguas a la playa hasta una distancia de 10 varas de la playa.

Art. 595. Los dueños de lotes frente a la playa respetaran las mencionadas 10 varas, sin poner cercas, ni hacer edificaciones que obstaculicen la pesca.

ANEXO 3

En este anexo se incluyen los resultados de las pruebas de laboratorio para sólidos totales, sólidos suspendidos y DBO₅, realizados por el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la UES.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA
 DEPARTAMENTO DE ANALISIS QUIMICO E INSTRUMENTAL
 RESULTADO DE ANALISIS

Lugar de Procedencia	Fecha	Sólidos Totales	Sólidos Suspendedos	DBO ₅
Río Sensonapán Acajutla	17/11/97	889 mg/lt	333 mg/lt	Punto 61 Medio 491 mg/lt
				Punto 62 Final 609 mg/lt
				Punto 64 Inicio 545 mg/lt
La Libertad	20/11/97	1237 mg/lt	147 mg/lt	Punto 63 Final 118 mg/lt
				Punto 59 Medio 136 mg/lt
				Punto 70 Inicial 109 mg/lt
La Unión	24/11/97	608 mg/lt	68 mg/lt	

LIC. ODETTE RAUDA ACEVEDO
 ANALISTA



Nancy Zuleima
 LIC. NANCY ZULEIMA GONZALEZ SOSA
 ANALISTA

ANEXO 4

En este anexo se incluyen los resultados de los análisis bacteriológicos realizados.



S. A. de C. V.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES. S. A. de C. V.
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS - CONSULTORIA

Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504
San Salvador, 03 de Febrero de 1998

Señor
YURI IVAN ZALDIVAR
Presente

Estimado Sr. Saldivar:

Por este medio estamos remitiendole los resultados de los análisis bacteriológicos efectuados en muestras según detalle:

Tipo de muestras : Aguas
Recibidas laboratorio : 31 Enero 1998
Hora : 12 M.

Muestra	Análisis
	Bacterias coliformes, totales, NMP/100mL
Agua negra sin tratamiento	11×10^7
Mezcla agua negra-agua de mar, 15 min.	11×10^6
Mezcla agua negra-agua de mar, 30 min.	2.4×10^6
Mezcla agua negra-agua de mar, 60 min.	2.4×10^6

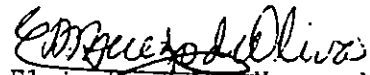
Notas:

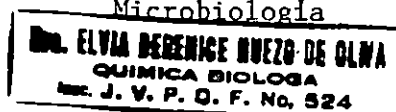
NMP: Número Mas Probable.

Metodología de análisis: APHA (American Public Health Association).

Atentamente,

ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.


Dra. Elvia Berenice Huevo de Oliva
Laboratorio de Investigación en
Microbiología



CONDOMINIO CENTRO COMERCIAL 29

29 CALLE PONIENTE Y 11 AVENIDA NORTE N° 3-1, SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A. TEL/FAX 226-1242

ANEXO 5

En este anexo se incluyen el desglose de costos unitarios del presupuesto del emisorio.

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 1.01 - BODEGA, INCLUYE OFICINA, TALLER,
COMEDOR EMPLEADOS

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c4,149.00
Cuartón	vrs	34.00	c8.50	c289.00	
Lámina	plg	68.00	c55.00	c3,740.00	
Clavos	lbs	40.00	c3.00	c120.00	
MANO DE OBRA					c4,845.22
Carpintero	SG	1.00	c2,500.00	c2,500.00	
Prestaciones 73%				c1,825.00	
Auxiliar	hh	40.00	c7.03	c281.20	
Prestaciones 85%				c239.02	
EQUIPO					c22,000.00
Furgón oficina	mes	4.00	c5,500.00	c22,000.00	
TOTAL DIRECTO					c30,994.22
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR SUMA GLOBAL					c30,994.22

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 1.02 - INSTALACIONES ELECTRICAS Y CONSUMO

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c23,000.00
Tablero provisional	u	3.00	c2,000.00	c6,000.00	
luminarias provisionales	u	30.00	c100.00	c3,000.00	
Canalización	ml	200.00	c70.00	c14,000.00	
MANO DE OBRA					c8,940.64
Instalación de tablero provisional	u	3.00	c120.00	c360.00	
Instalación de luminarias provisionales	u	30.00	c30.00	c900.00	
Canalización	ml	200.00	c19.54	c3,908.00	
Prestaciones 73%				c3,772.64	
Prestaciones 85%					
CONSUMO					c16,000.00
Consumo	mes	4.00	c4,000.00	c16,000.00	
TOTAL DIRECTO					c47,940.64
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR SUMA GLOBAL					c47,940.64

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 1.03 - INSTALACIONES HIDRAULICAS PROVISIONALES

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c6,525.00
Tubería de 3 4" (2 usos)	ml	40.00	c12.00	c480.00	
Tubería de 1 2" (2 usos)	ml	350.00	c8.70	c3,045.00	
Accesorios de P.V.C.	SG	1.00	c3,000.00	c3,000.00	
MANO DE OBRA					
Prestaciones 73%					
Prestaciones 85%					
CONSUMO					c6,000.00
Consumo	mes	4.00	c1,500.00	c6,000.00	
TOTAL DIRECTO					c12,525.00
COSTO DIRECTO-UNITARIO					
POR SUMA GLOBAL					c12,525.00

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 1.04 - TRAZO Y NIVELACION

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c1,736.00
Cuartón	SG	1.00	c800.00	c800.00	
Clavos	SG	1.00	c586.00	c586.00	
Nylón	SG	1.00	c350.00	c350.00	
MANO DE OBRA					c4,224.66
Prestaciones 73%					
Cadeneros	hh	120.00	c12.00	c1,440.00	
Marreros	hh	120.00	c7.03	c843.60	
Prestaciones 85%					c1,941.06
EQUIPO					c10,000.00
Equipo topográfico	SG	1.00	c10,000.00	c10,000.00	
TOTAL DIRECTO					c15,950.66
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR SUMA GLOBAL					c15,960.66

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 1.05 - TRAZO DE RUTA EN TUBERIA SUBMARINA

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c4,736.00
Cuartón	SG	1.00	c800.00	c800.00	
Clavos	SG	1.00	c586.00	c586.00	
Nylón	SG	1.00	c350.00	c350.00	
Boyas marcadoras	SG	1.00	c3,000.00	c3,000.00	
MANO DE OBRA					c97,125.00
Prestaciones 73%					
Buzos	hh	210.00	c250.00	c52,500.00	
Prestaciones 85%				c44,625.00	
EQUIPO					c50,000.00
Equipo topográfico	SG	1.00	c10,000.00	c10,000.00	
Botes	SG	1.00	c40,000.00	c40,000.00	
TOTAL DIRECTO					c151,861.00
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR SUMA GLOBAL					c151,861.00

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 3.01 - EXCAVACION (CON EQUIPO MECANICO)

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 m3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					
MANO DE OBRA					c3.00
Prestaciones 73%					
Auxiliares	hh	0.231	c7.03	c1.62	
Prestaciones 85%				c1.38	
EQUIPO					c42.00
Retroexcavadora CAT 426	h	0.084	c500.00	c42.00	
TOTAL DIRECTO					c45.00
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR M3					c45.00

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 3.02 - RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 m³

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c9.09
Tierra blanca	m ³	0.25	c36.36	c9.09	
MANO DE OBRA					c17.12
Prestaciones 73%					
Auxiliares	hh	1.32	c7.03	c9.25	
Prestaciones 85%				c7.86	
EQUIPO					c26.30
Balarina	h	1.32	c20.00	c26.30	
TOTAL DIRECTO					c52.51
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR M3					c52.51

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 3.03 - RELLENO COMPACTADO CON SUELO CEMENTO

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 m3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c70.69
Tierra blanca	m3	0.25	c36.36	c9.09	
Cemento	bls	1.76	c35.00	c61.60	
MANO DE OBRA					c35.77
Prestaciones 73%					
Mezcla	hh	1.19	c7.03	c8.37	
Auxiliares	hh	0.51	c7.03	c3.59	
Acarreo	hh	1.05	c7.03	c7.38	
Prestaciones 85%				c16.43	
EQUIPO					c26.00
Bailarina	h	1.30	c20.00	c26.00	
TOTAL DIRECTO					c132.46
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR M3					c132.46

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 4.01 - ZAPATA Z-1

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 0.14 m³

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c234.45
Concreto	m ³	0.15	c1,082.50	c162.38	
Acero # 3	qq	0.19	c190.00	c36.10	
Molde	m ²	0.90	c33.63	c30.27	
Alambre	lbs	1.90	c3.00	c5.70	
MANO DE OBRA					c89.78
Molde	m ²	0.90	c36.35	c32.72	
Acero # 3	qq	0.19	c49.45	c9.40	
Prestaciones 73 %					c30.75
Acarreo	hh	0.65	c7.03	c4.57	
Colocación	hh	0.65	c7.03	c4.57	
Prestaciones 85 %					c7.77
EQUIPO					c13.00
Vibrador	h	0.65	c20.00	c13.00	
TOTAL DIRECTO					c337.23
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR M³					c2,408.76

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 4.02 - COLUMNA C-1

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 0.04 m3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c140.37
Concreto	m3	0.04	c1,082.50	c43.30	
Acero # 3	qq	0.12	c190.00	c22.80	
Acero # 4	qq	0.11	c190.00	c20.90	
Molde	m2	0.80	c58.09	c46.47	
Alambre	lbs	2.30	c3.00	c6.90	
MANO DE OBRA					c175.56
Molde	m2	0.80	c104.35	c83.48	
Acero # 3	qq	0.12	c49.45	c5.93	
Acero # 4	qq	0.11	c41.25	c4.54	
Prestaciones 73%					c68.58
Acarreo	hh	0.50	c7.03	c3.52	
Colocación	hh	0.50	c7.03	c3.52	
Prestaciones 85%					c5.98
EQUIPO					c10.00
Vibrador	h	0.50	c20.00	c10.00	
TOTAL DIRECTO					c325.93
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR M3					c8,148.19

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 4.03 - PARED DE CONCRETO ESPESOR 15 cm

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 0.35 m3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c527.23
Concreto	m3	0.37	c1,082.50	c400.53	
Acero # 3	qq	0.23	c190.00	c43.70	
Molde metálico	m2	2.30	c30.00	c69.00	
Cuartón	vrs	4.00	c0.50	c2.00	
Clavos	lbs	2.00	c3.00	c6.00	
Alambre	lbs	2.00	c3.00	c6.00	
MANO DE OBRA					c205.64
Molde	m2	2.30	c43.14	c99.22	
Acero # 3	qq	0.23	c49.45	c11.37	
Prestaciones 73%				c80.73	
Acarreo	hh	0.55	c7.03	c3.87	
Colocación	hh	0.55	c7.03	c3.87	
Prestaciones 85%				c6.58	
EQUIPO					c11.00
Vibrador	h	0.55	c20.00	c11.00	
TOTAL DIRECTO					c743.87
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR M3					c2,125.54

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 4.04 - VIGA DE CONCRETO

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 0.05 m³

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c130.94
Concreto	m3	0.05	c1,082.50	c54.13	
Acero # 3	qq	0.12	c190.00	c22.80	
Acero # 4	m2	0.11	c190.00	c20.90	
Molde	m2	0.50	c52.42	c26.21	
Alambre	lbs	2.30	c3.00	c6.90	
MANO DE OBRA					c99.68
Molde	m2	0.50	c71.76	c35.88	
Acero # 3	qq	0.12	c49.45	c5.93	
Acero # 4	qq	0.11	c41.25	c4.54	
Prestaciones 73%				c33.84	
Acarreo	hh	0.75	c7.03	c5.27	
Colocación	hh	0.75	c7.03	c5.27	
Prestaciones 85%				c8.96	
EQUIPO					c15.00
Vibrador	h	0.75	c20.00	c15.00	
TOTAL DIRECTO					c245.62
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR M3					c4,912.49

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 4.05 - BLOQUE DE ANCLAJE

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 u

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c310.34
Concreto	m3	0.15	c1,082.50	c162.38	
Acero # 3	qq	0.18	c190.00	c34.96	
Molde metálico (10 usos)	SG	1.00	c110.00	c110.00	
Alambre	lbs	1.00	c3.00	c3.00	
MANO DE OBRA					c35.24
Acero # 3	qq	0.10	c49.45	c4.95	
Prestaciones 73 %				c3.61	
Acarreo	hh	1.50	c7.03	c10.55	
Colocación	hh	0.55	c7.03	c3.87	
Prestaciones 85 %				c12.26	
EQUIPO					c11.00
Vibrador	h	0.55	c20.00	c11.00	
TOTAL DIRECTO					c356.58
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR UNIDAD					c356.58

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 4.06 - PARED DE CONCRETO EN TANQUE DE SUCCION

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 3.20 m3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c6,161.50
Concreto	m3	3.36	c1,082.50	c3,637.20	
Acero # 5	qq	3.70	c190.00	c703.00	
Acero # 4	qq	2.84	c190.00	c539.60	
Molde metálico	m2	32.00	c30.00	c960.00	
Cuartón	vrs	13.00	c8.50	c110.50	
Clavos	lbs	5.00	c3.00	c15.00	
Alambre	lbs	65.40	c3.00	c196.20	
MANO DE OBRA					c2,829.80
Molde	m2	32.00	c43.14	c1,380.48	
Acero # 5	qq	3.70	c37.08	c137.20	
Acero # 4	qq	2.84	c29.65	c84.21	
Prestaciones 73 %					c1,169.38
Acarreo	hh	1.50	c7.03	c10.55	
Colocación	hh	3.00	c7.03	c21.09	
Prestaciones 85 %					c26.89
EQUIPO					c60.00
Vibrador	h	3.00	c20.00	c60.00	
TOTAL DIRECTO					c9,051.30
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR M3					c2,828.53

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 5.01 - TUBERIA DE HDPE 12"

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 3804.00 ml

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c4,156,899.32
Tubería de HDPE	ml	3804.00	c961.33	c3,656,899.32	
Accesorios de HDPE	SG	1.00	c500,000.00	c500,000.00	
MANO DE OBRA					c367,900.00
Buzos (4 hombres)	hh	420.00	c250.00	c105,000.00	
Unión de tubería en tierra	u	640.00	c250.00	c160,000.00	
Colocación de bloques de anclaje	u	1029.00	c100.00	c102,900.00	
Prestaciones 73%					
Prestaciones 85%					
EQUIPO					c240,000.00
Compresor de aire	dfa	15.00	c1,000.00	c15,000.00	
Botes (10 unidades)	día	150.00	c1,500.00	c225,000.00	
TOTAL DIRECTO					c4,764,799.32
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR ML					c1,252.58

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 5.02 - VALVULAS PICO DE PATO PARA DIFUSOR

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 u

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c4,000.00
Válvulas	u	1.00	c4,000.00	c4,000.00	
MANO DE OBRA					c500.00
Instalación	u	1.00	c500.00	c500.00	
Prestaciones 73%					
Prestaciones 85%					
EQUIPO					
TOTAL DIRECTO					c4,500.00
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR UNIDAD					c4,500.00

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 6.01 - REJAS (INCLUYE PLATAFORMA)

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c1,068.30
Pletina 3/4" x 38"	u	12.00	c50.00	c600.00	
Lámina 3/8"	u	0.25	c1,237.50	c309.38	
Electrôdo	lbs	5.00	c9.50	c47.50	
Anticorrosivo	gal	1.00	c111.42	c111.42	
MANO DE OBRA					c756.51
Hechura de parrilla	SG	1.00	c500.00	c500.00	
Colocación de lámina	SG	1.00	c250.00	c250.00	
Prestaciones 73%					
Acarreo de materiales	hh	0.50	c7.03	c3.52	
Prestaciones 85%				c2.99	
EQUIPO					c120.00
Equipo de soldadura	h	6.00	c20.00	c120.00	
TOTAL DIRECTO					c1,944.81
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR UNIDAD					c1,944.81

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 6.02 - COMPUETAS PARA DESARENADOR

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c741.20
Angulo 1 1/2" x 1/4"	u	0.90	c135.00	c121.50	
Lámina 3/8"	u	0.40	c1,237.50	c495.00	
Bisagras	u	3.00	c25.00	c75.00	
Electrodo	lbs	0.50	c9.50	c4.75	
Anticorrosivo	gal	0.25	c111.42	c27.86	
Solvente	gal	0.20	c37.97	c7.59	
Waype	lbs	1.00	c9.50	c9.50	
MANO DE OBRA					c569.52
Hechura de compuerta	SG	1.00	c550.00	c550.00	
Prestaciones 73 %					
Acarreo de materiales	hh	1.50	c7.03	c10.55	
Prestaciones 85 %				c8.97	
EQUIPO					c190.00
Equipo de soldadura	h	9.50	c20.00	c190.00	
TOTAL DIRECTO					c1,500.72
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR UNIDAD					c1,500.72

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 6.03 - ESTRUCTURA Y CUBIERTA DE TECHO
PARA PLANTA DE TRATAMIENTO

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 50.00 m2

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c14,444.98
Lámina duralúm Cal. 26	m2	50.00	c80.00	c4,000.00	
Polín C8"	u	10.00	c223.00	c2,230.00	
Polín C6"	u	27.00	c115.00	c3,105.00	
Electrodo	lbs	320.00	c9.50	c3,040.00	
Anticorrosivo	gal	15.00	c111.42	c1,671.30	
Solvente	gal	8.00	c37.96	c303.68	
Waype	lbs	10.00	c9.50	c95.00	
MANO DE OBRA					c7,409.95
Polín C8" (encajuelado)	ml	50.40	c18.00	c907.20	
Polín C6" (encajuelado)	ml	60.00	c15.00		
Polín C6" (sencillo)	ml	40.00	c12.00		
Prestaciones 73%					
Auxiliares					c3,515.00
Prestaciones 85%					c2,987.75
EQUIPO					c4,912.80
Equipo de soldadura	h	245.64	c20.00	c4,912.80	
TOTAL DIRECTO					c26,767.73
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR M2					c535.35

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 6.04 - COMPUERTAS PARA TANQUE DE SUCCION

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c823.33
Angulo 1 1/2" x 1/4"	u	1.05	c135.00	c141.75	
Lámina 3/8"	u	0.45	c1,237.50	c556.88	
Bisagras	u	3.00	c25.00	c75.00	
Electrodo	lbs	0.50	c9.50	c4.75	
Anticorrosivo	gal	0.25	c111.42	c27.86	
Solvente	gal	0.20	c37.97	c7.59	
Waype	lbs	1.00	c9.50	c9.50	
MANO DE OBRA					c619.52
Hechura de compuerta	SG	1.00	c600.00	c600.00	
Prestaciones 73%					
Acarreo de materiales	hh	1.50	c7.03	c10.55	
Prestaciones 85%					c8.97
EQUIPO					c190.00
Equipo de soldadura	h	9.50	c20.00	c190.00	
TOTAL DIRECTO					c1,632.85
COSTO DIRECTO UNITARIO					
FOR UNIDAD					c1,632.85

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 7.01 - MUELLE PROVISIONAL

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 1.00 SG

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c119,799.05
Cuartón	vrs	585.00	c8.50	c4,972.50	
Tabla	vrs	1234.57	c12.90	c15,925.95	
Tablestacas (instalado)	m2	384.00	c250.00	c96,000.00	
Polínes C6"	u	20.00	c115.03	c2,300.60	
Clavos	lbs	200.00	c3.00	c600.00	
MANO DE OBRA					c50,200.97
Carpinteros	hh	1690.41	c9.18	c15,517.93	
Instalación de polines	ml	60.00	c12.00	c720.00	
Prestaciones 73%				c11,853.69	
Auxiliares	hh	1700.00	c7.03	c11,951.00	
Prestaciones 85%				c10,158.35	
EQUIPO					c30,000.00
Bomba achicadora	h	600.00	c50.00	c30,000.00	
TOTAL DIRECTO					c200,000.02
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR SUMA GLOBAL					c200,000.02

DESGLOSE DE COSTO UNITARIO

PARTIDA: 7.03 - VERJA MALLA CICLON PARA PROTECCION
DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PROYECTO: EMISARIO SUBMARINO

Unidad analizada: 175.00 ml

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TOTAL
MATERIALES					c42,235.43
Caños galvanizados 2"	u	112.00	c219.45	c24,578.40	
Acero # 2	qq	0.54	c190.00	c102.60	
Malla ciclon 72"	yds	193.00	c31.77	c6,131.61	
Sierras	u	30.00	c7.06	c211.80	
Electrodo	lbs	30.00	c9.50	c285.00	
Concreto	m3	0.10	c1,082.50	c107.17	
Solera de fundación	m3	5.00	c2,163.77	c10,818.85	
MANO DE OBRA					c16,075.14
Mecánico	ml	175.00	c90.00	c15,750.00	
Prestaciones 73%					
Auxiliares					
	hh	25.00	c7.03	c175.75	
Prestaciones 85%					c149.39
EQUIPO					c980.00
Equipo de soldadura	h	49.00	c20.00	c980.00	
TOTAL DIRECTO					c59,290.57
COSTO DIRECTO UNITARIO					
POR ML					c338.80

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS

Nº	DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	NUMERO MESES	P.U. POR MES	SUBTOTAL	TOTAL
1.0	LICITACION Y CONSTRUCCION					¢86,000.00
1.1	Costo de Notariado				¢1,000.00	
1.2	Costo de Elaboración de propuesta				¢25,000.00	
1.3	Costo de inicio de obra				¢50,000.00	
1.4	Costo de fianza de oferta				¢10,000.00	
2.0	ADMINISTRACION GENERAL DE LA OBRA					¢1,472,504.13
2.1	ADMINISTRACION DEL PROYECTO					
2.1.1	Coordinador del proyecto	0.3	7	¢25,000.00	¢52,500.00	
2.1.2	Coordinador de Subcontratos	1	7	¢20,000.00	¢140,000.00	
2.1.3	Ingeniero Residente	1	4	¢12,000.00	¢48,000.00	
2.1.4	Auxiliar Ingeniero Subcontratos	1	7	¢4,000.00	¢28,000.00	
2.1.5	Auxiliar Ingeniero Residente	2	4	¢6,000.00	¢48,000.00	
2.1.6	Auxiliar de dibujo	1	4	¢3,500.00	¢14,000.00	
2.1.7	Topógrafo	1	4	¢5,000.00	¢20,000.00	
2.1.8	Secretaria	1	4	¢2,500.00	¢10,000.00	
2.1.9	Motorista	1	4	¢2,000.00	¢8,000.00	
2.1.10	Prestaciones				¢92,125.00	
2.1.11	Seguro Social				¢74,529.13	
2.2	PERSONAL AUXILIAR DE ADMINISTRACION					
2.2.1	Receptor de Obra	1	4	¢3,500.00	¢14,000.00	
2.2.2	Maestros de Obra	2	4	¢5,000.00	¢40,000.00	
2.2.3	Caporales	3	4	¢2,500.00	¢30,000.00	
2.2.4	Vigilantes	3	4	¢2,500.00	¢30,000.00	
2.2.5	Mecánico	0.5	4	¢3,500.00	¢7,000.00	
2.2.6	Electrico	1	4	¢3,000.00	¢12,000.00	
2.2.7	Operadores de Equipo	4	4	¢2,500.00	¢40,000.00	

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS

Nº	DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	NUMERO MESES	P.U. POR MES	SUBTOTAL	TOTAL
2.2.8	Cadeneros	2	4	¢2,500.00	¢20,000.00	
2.2.9	Obreros por día	6	4	¢2,500.00	¢60,000.00	
2.2.10	Peones al día	30	4	¢1,750.00	¢210,000.00	
2.2.11	Prestaciones				¢208,350.00	
2.3	OTROS GASTOS GENERALES DE LA OBRA					
2.3.1	Utilería	1	4	¢1,500.00	¢6,000.00	
2.3.2	Viáticos	1	4	¢2,500.00	¢10,000.00	
2.3.3	Alquiler de Equipo	1	4	¢60,000.00	¢240,000.00	
2.3.4	Vehículo liviano	1	4	¢2,500.00	¢10,000.00	
3.0	ADMINISTRATIVOS Y GENERALES DE OFICINA					¢60,000.00
4.0	GASTOS FINANCIEROS					¢160,000.00
4.1	Interes sobre prestamo	1	4	¢15,000.00	¢60,000.00	
4.2	Fianza de Anticipo y buena obra	1	1	¢100,000.00	¢100,000.00	
5.0	UTILIDAD					¢1,000,000.00
	TOTAL INDIRECTOS					¢2,778,504.13