UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADO

"MEDIDAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACION DE LA LAGUNA DE METAPAN"

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BR. AYALA MOLINA IVAN ALFONSO

BR. MARTINEZ ORDOÑEZ MARICELA DEL CARMEN

BR. RAMOS PINEDA ERIKA PATRICIA

DOCENTE DIRECTOR:

ARQ. MARTA ALEJANDRINA ORELLANA

SEPTIEMBRE DE 2008

SANTA ANA EL SALVADOR CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. Y MÁSTER RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

VICE-RECTOR ACADEMICO:

ARQ. Y MÁSTER MIGUEL ÁNGEL PÉREZ RAMOS

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:

LIC. Y MÁSTER ÓSCAR NOÉ NAVARRETE

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FISCAL GENERAL:

DOCTOR RENÉ MADECADEL PERLA JIMÉNEZ

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO:

LICENCIADO JORGE MAURICIO RIVERA

VICE-DECANO:

LIC. Y MASTER ELADIO EFRAIN ZACARIA ORTEZ

SECRETARIO DE FACULTAD:

LIC. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA:

ING. RAUL ERNESTO MARTINEZ BERMUDEZ

SANTA ANA, SEPTIEMBRE DE 2008

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

ARQ. MARTA ALEJANDRINA ORELLANA
DOCENTE DIRECTOR

INDICE GENERAL

CONTENIDO **PAG**

CAPITULO I: GENERALIDADES.

1.0 INTRODUCCION…… 1

1.1 ANTECEDENTES……... 3

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ……... 6

1.3 JUSTIFICACIONES. ……..…… 10

1.4 OBJETIVOS. ……... 12

1.4.1 OBJETIVO GENERAL. …… 12

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS. ……. 12

1.5 ALCANCES. …… 13

1.6 LIMITACIONES. ……. 14

CAPITULO II: SITUACION ACTUAL DE LA LAGUNA DE METAPAN.

2.0 INTRODUCCION. …….. 15

2.1 GENERALIDADES. ……... 16

2.2 USOS DEL RECURSO. …… 21

2.3 EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BASICO EN LA LAGUNA…… 23

2.3.1 EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA……. 24

2.3.1.1 DELIMITACION DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y EVALUACION DE SU INCIDENCIA EN LA LAGUNA…… 24

2.3.1.2 POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA……. 27

2.3.1.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA……. 32

2.3.2 PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR……... 33

2.3.2.1 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LAS PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR, MEDIANTE LA TECNICA DE LA ENCUESTA……. 35

2.3.3 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LOS CASERIOS ALEDAÑOS A LA LAGUNA…… 35

2.3.3.1 INVENTARIO DE POZOS ARTESANALES EN LOS CACERIOS ALEDAÑOS A LA LAGUNA……. 36

2.3.4 DISPOSICION DE DESECHOS SÓLIDOS. …… 39

2.3.5 INCIDENCIA DEL ÁREA DE INFLUENCIA EN LA SALUD PÚBLICA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN. …….. 39

2.4 EVALUACION DE SANEAMIENTO EN LA LAGUNA. …… 41

2.4.1 ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO REALIZADOS EN LA LAGUNA DE METAPAN Y SUS PARAMETROS…….. 41

2.4.1.1 ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO……. 41

2.4.2 REQUERIMIENTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN DIVERSOS USOS. …… 43

2.4.2.1 AGUA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LA NORMA DE CALIDAD DE VERTIDOS OMS/OPS Y NORMAS TECNICAS DE ANDA……... 44

2.4.2.2 AGUA PARA RIEGO SEGÚN NORMAS CATIE……. 44

2.4.2.3 AGUA PARA USO PECUARIO SEGÚN NORMAS CATIE……..…… 45

2.4.2.4 AGUA PARA USO RECREATIVO SEGÚN NORMAS US EPA……..…… 45

CAPITULO III: INCIDENCIA DEL RÍO SAN JOSE SOBRE LA LAGUNA DE METAPAN.

3.0 INTRODUCCION. …… 46

3.1 GENERALIDADES…….. 47

3.2 USOS DEL RECURSO. ……. 49

3.3 EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL RÍO SAN JOSE…….. 50

3.3.1 EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CIUDAD. ……. 51

3.3.1.1 DELIMITACION DEL AREA DE INFLUENCIA Y EVALUACION DE SU INCIDENCIA EN EL RIO. ……. 51

3.3.1.2 POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA…… 52

3.3.1.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ……. 54

3.4 SISTEMA DE DRENAJE. ……... 55

3.4.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS……... 56

3.4.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS……... 59

3.5 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD……. 61

3.6 DISPOCISION DE DESECHOS SÓLIDOS…….. 65

3.7 ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JOSE……. 70

3.7.1 ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO REALIZADO EN PUNTOS ESTRATEGICOS EN EL RÍO SAN JOSE……. 70

3.7.1.1 ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO…….. 75

3.8 CLASIFICACION DEL AGUA SEGÚN DE SUS USOS……. 76

3.8.1 AGUA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LA NORMA CALIDAD DE AGUAS Y VERTIDOS OMS/OPS (1987)…….. 76

3.8.2 AGUA PARA RIEGO SEGÚN NORMA CATIE…….. 77

3.8.3 AGUA PARA USO PECUARIO SEGÚN NORMA CATIE…… 77

3.8.4 AGUA PARA USO RECREATIVO SEGÚN NORMA US EPA…… 78

CAPITULO IV: ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA DE LAGUNA DE METAPAN Y LOS AFLUENTES QUE ALIMENTAN LA LAGUNA DE METAPAN: RÍO SAN JOSE Y RÍO CHIMALAPA.

4.0 INTRODUCCION. ……... 79

4.1 GENERALIDADES DE LOS AFLUENTES QUE ALIMENTAN LA LAGUNA DE METAPAN: RÍO SAN JOSE Y RÍO CHIMALAPA…… 80

4.1.1 UBICACIÓN……... 80

4.1.2 POBLACIONES…….. 80

4.1.3 GEOLOGIA…… 81

4.1.4 SUELOS……. 82

4.1.5 VEGETACION…… 83

4.1.6 CLIMA…….. 83

4.1.7 CLASIFICACION DE CUENCA HIDROGRAFICA……. 85

4.1.8 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN Y LOS AFLUENTES RÍO SAN JOSE Y RÍO CHIMALAPA……. 86

4.1.8.1 TRAZO DEL PARTE DE AGUA……. 86

4.1.8.2 ÁREA DE LA CUENCA……... 89

4.1.8.3 LONGITUD DEL CAUCE MAS LARGO…… 89

4.1.8.4 PERIMETRO DE LA CUENCA……... 89

4.2 DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO DE LA CUENCA……..…… 89

4.2.1 METODOS PARA LA DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO…….…….. 91

4.2.2 ANALISIS DE PRECIPITACION. ……. 92

4.2.3 TIEMPO DE CONCENTRACION…… 92

4.2.4 PERIODO DE RETORNO…… 93

4.2.5 CURVAS DE INTENSIDAD –DURACION-FRECUENCIA…….. 93

4.2.6 METODO DE LAS ISOCRONAS PARA EL CALCULO DE CAUDAL TOTAL DE ESCORRENTIA. ……..…… 105

4.2.7 CALCULO DEL CAUDAL DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN……..…… 118

4.2.8 CALCULO TOTAL DE LAS CUENCAS…….…….. 118

4.2.9 CALCULO DE NIVEL DE AGUAS MAXIMAS (NAM)…… 119

CAPITULO V: CALCULO DE ARRASTRE DE SEDIMENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN.

5.0 INTRODUCCION. ……..……..…….. 128

5.1 GENERALIDADES……..…….. 129

5.2 ECUACION UNIVERSAL MODIFICADA DE PERDIDA DE SUELO…… 131

5.2.1 DETERMINACION DE PARAMETROS QUE FORMAN PARTE DE LA ECUACION UNIVERSAL MODIFICADA DE PERDIDA DE SUELO (EUMPS). ……..…… 132

5.2.1.1 CALCULO DE VOLUMEN DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL (V). … 132

5.2.1.2 CAUDAL PICO MAXIMO……..…… 135

5.2.2 FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)…….. 136

5.2.3 FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L), Y FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE (S). ……. 139

5.2.4 FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C). …… 142

5.2.5 FACTOR DE METODO DE CONTROL DE EROCION (P). …… 143

5.3 CALCULO DE LA PERDIDA POTENCIAL DEL SUELO QUE LLEGA A LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN. …….. 143

5.4 CALCULO DEL VOLUMEN DE SEDIMENTO DEPOSITADO EN LA LAGUNA DE METAPAN. …….. 150

5.4.1 DISPOSICION DEL SEDIMENTO EN LA LAGUNA DE METAPAN……. 152

CAPITULO VI: PROPUESTAS DE SOLUCION.

6.0 INTRODUCCION. …….. 154

6.1 PROPUESTAS DE SOLUCION PARA EVITAR LA EROSION Y LA CONTAMINACION EN LA LAGUNA DE METAPAN…… 155

6.1.1 ALTERNATIVA 1: LA EROSION DE LOS SUELOS…… 155

6.1.1.1 ZANJAS O ACEQUIAS DE LADERA CON TRACCION ANIMAL…… 162

6.1.1.2 BARRERAS VIVAS……. 165

6.1.1.3 LABRANZA MINIMA Y CONSTRUCCION DE MINITERRAZAS CON TRACCION ANIMAL…… 166

6.1.1.4 MANTENIMIENTO DE OBRAS…… 167

6.1.1.5 PRESUPUESTO DE OBRA DE CONSERVACION DE SUELOS……..…… 169

6.1.2 ALTERNATIVA N° 2 DRAGADO DEL RIO SAN JOSE…… 169

6.1.2.1PRESUPUESTO DE DRAGADO DE RIO SAN JOSE……..... 170

6.1.3 ALTERNATIVA 3: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE METAPAN…….. 171

6.1.3.1GENERALIDADES…… 171

6.1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO……... 174

6.1.3.3 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO……. 185

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1CONCLUSIONES…… 203

7.2RECOMENDACIONES…… 204

7.3BIBLIOGRAFIA……. 206

ANEXOS

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.0 INTRODUCCION

El municipio de Metapán posee ciertas condiciones que lo identifican como una importante zona de desarrollo para la región occidental. Dentro de sus principales condiciones caben destacar el significativo movimiento comercial, que se origina por su proximidad a las fronteras de Guatemala y Honduras, sus recursos minerales, base para el desarrollo de la única industria de producción del cemento en el país; sus recursos forestales como el bosque de Montecristo que es refugio para una gran variedad de fauna e igualmente importantes son sus recursos hídricos como el Lago de Guija, el río Lempa, La Laguna de Metapán y otros que son fuentes de alimentos, trabajo y de energía hidroeléctrica.

Particularmente la Laguna de Metapán es un recurso natural, que representa parte de la población del municipio una fuente de trabajo, alimentos e ingresos adicionales.

La Laguna de Metapán y los demás recursos que se encuentran en su cuenca, no han escapado de la degradación. Así se tiene que, las inadecuadas prácticas agronómicas utilizadas para la producción agrícola, el alto grado de erosión de los suelos en unas áreas y la remoción de la vegetación como la deforestación, han causado la formación de cárcavas profundas. La contaminación de la Laguna constituye otro grave problema que afecta el desarrollo de la zona, dicha contaminación se origina principalmente en el Río San José, ya que en su recorrido por la ciudad de Metapán es utilizado como

deposito de desecho sólidos, excretas y otros residuos que luego son arrastrado hacia la Laguna.

Aunados a los problemas anteriores se encuentran otros de tipo social y económico como el alto grado de analfabetismo, el bajo nivel de ingresos económicos, las viviendas inadecuadas y la falta de los servicios básicos.

El presente documento denominado **MEDIDAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCION Y CONSERVACION DE LA LAGUNA DE METAPAN** contiene parte de la historia de la Laguna de Metapán, la evaluación de las condiciones actuales del saneamiento básico en las proximidades de la Laguna en las riveras del río de San José de la ciudad de Metapán, el estudio hidrológico de las cuencas de los ríos y la Laguna de Metapán, el estudio de arrastre de suelos, así como las medidas de solución para la protección y conservación de este cuerpo.

1.1 ANTECEDENTES

El nombre oficial de este cuerpo de agua es Laguna de Metapán[1], popularmente es conocida como Laguna de Metapán (Ver figura 1.1). El significado de Metapán en lengua Nahuat es "Río del Maguey" proviene de met: maguey; apán: río. Otra forma es "Río de la piedra de moler", proviene de Metat: piedra de moler, apán : río.

La región fue habitada por Tribus Mayas Chorti; que a partir del siglo doce fueron fuertemente influenciados por los Yaquis o Pipiles. Fue tal el grado de fusión de los elementos autóctonos de los Chortis con los Yaquis o Pipiles, que a la llegada de los españoles en la temprana mitad del siglo XVI en Metapán, Angue, Ostúa y otros pueblos comprendidos entre el cerro Brujo y el lago de Güija se utilizaba el dialecto Alajuilak, mezcla de los idiomas Chorti y Nahuat.

Esta laguna no es de origen volcánico, pero yace sobre un valle formado por corrientes de lava y se encuentra bordeada por pequeños volcanes. Moisa *et al.* (1994) Establece que este cuerpo de agua se formó por la inclinación de un trozo terrestre, a partir de lo cual se consolidó el espejo de agua en el lado bajo del trozo, encontrándose limitado por una falla escalonada, por su formación la superficie del bloque ladeado se sumerge bajo el nivel del agua subterránea y se inunda la parte inferior, por eso el nivel de profundidad es bajo.

La Laguna de Metapán esta ubicada al noreste del lago de Güija y a 3 Km. al Suroeste de la ciudad entre los cantones de Las Piedras y Tecomapa, Municipio de Metapán y en el Departamento de Santa Ana entre las coordenadas: 14°17' Latitud Norte 89°27' Longitud Oeste (ver figura 1.2). El espejo de agua alcanza en época lluviosa un área de 4 Km² que se mantiene de junio a noviembre, pudiendo alcanzar la profundidad e 6 metros. Sin embargo en época seca la extensión de la laguna se reduce hasta

[1] Mapa de la República de El Salvador, Centro Nacional de Registro, agosto 2004.

aproximadamente 1 Km² y la profundidad baja a unos 0.60 metros o 1 metro. El nivel del agua experimenta fluctuaciones de carácter estacional, formando unas zonas de tierras fluctuantes que son utilizadas por las comunidades aledañas para la agricultura, pastoreo y turismo.

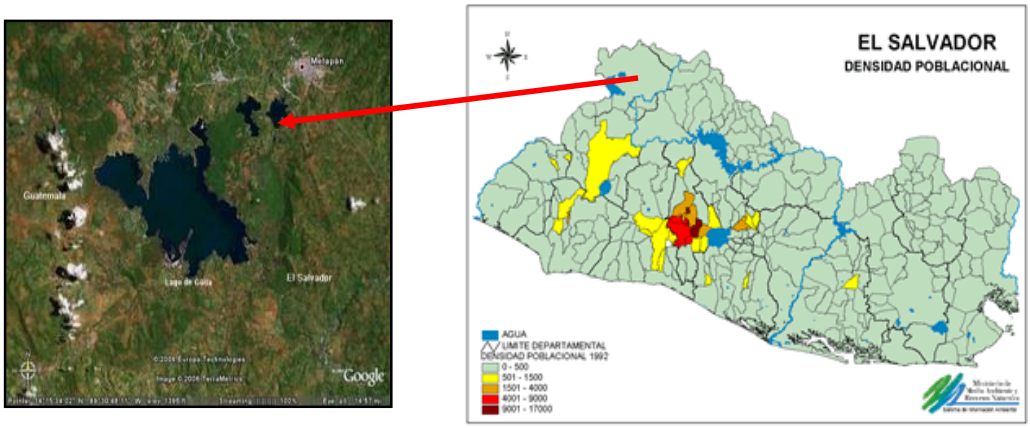
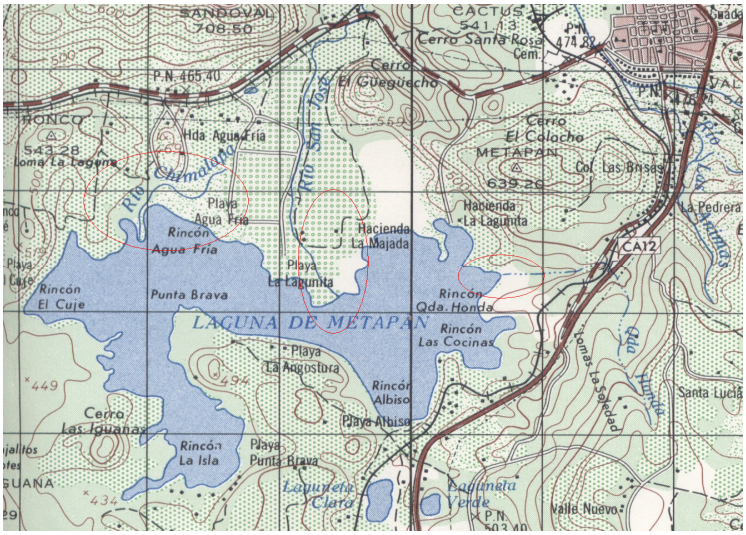


Figura 1.1 Ubicación de La Laguna de Metapán

Los principales afluentes que desembocan a la Laguna de Metapán a este se encuentra la Quebrada Honda, que se origina en lugar conocido como Lomas La Soledad. Al norte de la Laguna desembocan los ríos Chimalapa y San José siendo este último el más importante.

Figura 1.2: Mapa de Ubicación Geográfica



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN -1985)

Alrededor de la Laguna de Metapán existen 5 comunidades pesqueras: El Arbizo, El Zorrial, La Bendición de Dios, El Arenal Pacheco y Las Lomas; las cuales albergan a un total de 178 familias lo que hacen un numero total de 1068 habitantes.

La Laguna de Metapán ha sido objeto de varios estudios dentro de los cuales se pueden mencionar:

- **Documento Base Para Un Proyecto De Desarrollo Sostenible En Un Área Piloto De La Cuenca De La Laguna De Metapán 1994;** este estudio fue realizado en conjunto por las instituciones como: Centro de Desarrollo Pesquero (CENDEPESCA), Asociación de Desarrollo Comunal Pesquero (ADESCOP), Centro de Protección de Desastres (CEPRODE), en donde se pone de manifiesto la contaminación existente en la laguna de Metapán , en dicho trabajo se analiza los focos de infección y los niveles de contaminación de los cauces receptores. Los focos principales de contaminación identificados fue la Quebrada Morales, el Río San José y el Vertido de Aguas Negras llamado La Cloaca.
- **Asistencia Técnica Para El Establecimiento Del Sistema De Monitoreo De Indicadores De Biodiversidad En El Área Natural Protegida San Diego- La Barra Metapán 2006;** donde se tienen registrados aves acuáticas y terrestres asociadas que han sido encontrados en el Lago de Guija, Laguna de Metapán, Los Pajalitos y La Barra, y se tiene documentado las especies de mamíferos encontrados en el área San Diego – La Barra.
- **Propuesta Del Sitio Ramsar, Complejo De Guija, Metapán, Santa Ana, El Salvador, Centroamérica 2001;** en el cual se describen los cuerpos de agua ubicados en el municipio de Metapán, como lo son: Lago de Guija, Laguna de Metapán, Poza de Cuizisapa, Laguneta Clara, Laguneta Verde, Laguneta Teconolá ,etc. En dicho estudio se presenta información de características ecológicas, especie de flora, fauna, actividades de investigación en curso e infraestructura existente, programas de educación ambiental, actividades turísticas y recreativas, jurisdicción y autoridad.

- **Estudio De Flora Y Fauna Vertebrada Del Bosque San Diego, La Barra, Metapán, Santa Ana 2001;** en este documento se tiene inventariado las formaciones vegetales como son los arbustos, árboles, hierbas, epifitas; así como también las especies restantes de flora y fauna y especies importantes para la conservación como mamíferos, aves y reptiles de esta zona.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años la ciudad de Metapán ha tenido un considerable aumento poblacional, urbano e industrial, lo cual ha provocado una gran disminución de las zonas de infiltración, trayendo como consecuencia un aumento en la escorrentía superficial.

Como solución al problema que genera la escorrentía superficial se optó por desalojar esta escorrentía por medio de una quebrada que atraviesa la ciudad subterránea por medio una bóveda, y un sistema de alcantarillado de aguas lluvias que fue construida en el año de 1994 en La Urbanización Las América; las cuales transporta las aguas lluvias hasta el Río San José y éste la transporta directamente a La Laguna de Metapán. (Ver foto 1.1)

Foto 1.1: Sistema de alcantarillado de aguas lluvias conectado al Río San José de la Urbanización Las América construida 1994.

Estos sistema vierte las aguas lluvias sin ningún control a dicha Laguna, arrastrando a su paso gran cantidad de material suelto el cual se deposita en el fondo de la laguna formando capas de sedimento; actualmente esta sedimentación a provocado que la laguna de Metapán sea dividida en dos partes por la gran cantidad de sedimento que se deposita en ella. (Ver foto 1.2)

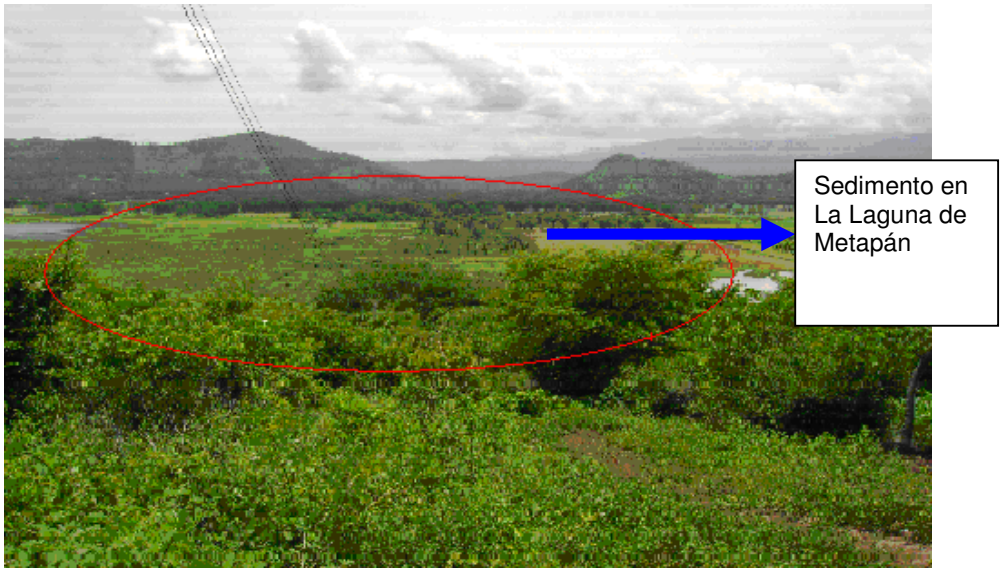


Foto 1.2: Sedimento en la mediación de la laguna.

Otro problema que provoca esta sedimentación es la perdida en la profundidad de la Laguna, esta sedimentación puede causar una elevación del nivel más alto al que normalmente llega a la Laguna, generando inundaciones en las comunidades asentadas alrededor de la laguna.

La ciudad de Metapán no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que dichas aguas son desalojadas también al Río San José para posteriormente llevarlas a La Laguna. Estas aguas residuales provenientes de viviendas y negocios de la ciudad llevan consigo detergentes, aceites y otros. Esta contaminación puede evidenciarse a simple vista como se muestra en la foto 1.3.

Foto 1.3: Río el trapichito, donde se intersectan el Río San José y Chimalapa, se observa la contaminación por aguas residuales en el Ríos San José.

El problema se agrava con los caseríos asentados en los alrededores de la laguna los cuales son: El Arbizo, El Zorrial, La Bendición de Dios, El Arenal Pacheco y Las Lomas; que por no contar con un sistema de alcantarillado de aguas negras hacen uso del sistema de letrina abonera y otros de fosa. (Ver foto 1.4)

Foto 1.4: Sistema de letrina Abonera

Sumado a esto se encuentra el problema de los desechos sólidos que son dispuestos al aire libre alrededor de la laguna, el cual desencadena una

serie de problemas como lo son: el mal olor, proliferación de insectos, epidemias de enfermedades, generación de lixiviados que pueden ser arrastrados al espejo de agua de la laguna; esto puede evidenciarse en la foto 1.5.

Foto 1.5: Desechos sólidos encontrados en los alrededores de la laguna.

Las aguas domesticas generadas en estos caseríos son evacuadas directamente a la laguna contribuyendo a la contaminación de este cuerpo de agua.

En la Laguna existe una depredación de peces por la pesca artesanal realizada por los pescadores de la zona, en algunos casos esta pesca es utilizada para el sustento de las familias de los pescadores o como fuente de ingreso. (Ver foto 1.6)

Foto1.6: Pesca Artesanal Realizada en la Laguna de Metapán

Otra forma de subsistencia por parte de los habitantes alrededor de la laguna es la agricultura y la ganadería, aunque estos últimos en menor escala que la pesca, no dejan de causar un impacto al ecosistema de la laguna, pues en época seca se da lo que es el arrastre de pesticidas y suelo erosionado; y lo que concierne a la ganadería, el excremento producido por esta que en la mediación de la laguna, contaminándola cuando esta se llena.

Por lo anterior expuesto el proyecto de trabajo de graduación consiste en elaborar un documento técnico en donde se planteen las correspondientes medidas de mitigación a los problemas de contaminación y sedimentación que actualmente sufre la laguna de Metapán, para así ayudar a preservar y proteger dicho cuerpo.

1.3 JUSTIFICACION.

Para el municipio de Metapán la laguna es un lugar que además de brindar un hermoso paisaje turístico, representa una fuente de ingreso para los pescadores que se dedican a comercializar la pesca o a utilizarla para consumo propio.

En la actualidad este recurso se está viendo afectado ya que se encuentra contaminado, encontrando como principales focos de contaminación: El sistema agropecuario, sistema agrícola, los caseríos que existe alrededor de la Laguna, y la zona urbana de la ciudad de Metapán.

La falta de agua potable en algunos sectores aledaños perjudica aun más a la laguna ya que la población se ve en la necesidad de ir a lavar ropa y sus utensilios de cocina en la laguna aumentando el grado de contaminación.

Considerando la laguna como un recurso hídrico importante, se hace necesario la búsqueda de alternativas de protección y conservación tales como: medidas de saneamiento.

En la realización del estudio se verá en la necesidad de ponerse de acuerdo con las autoridades interesadas tal como la Alcaldía Municipal de Metapán a través de la Unidad de Medio Ambiente, para brindar soluciones que sean las adecuadas para minimizar los impactos ambientales o en consecuencia la eliminación de éstos.

Los beneficiados al realizar el estudio será la población en general de la ciudad de Metapán, pues son ellos quienes pueden disfrutar diariamente del paisaje ecológico que representa la laguna y en especial los habitantes cercanos a la laguna se verían beneficiados en gran medida, pues son ellos quienes subsisten de la pesca y el turismo.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

- Proponer un documento técnico mediante el cual se mejoren las condiciones generales de vida de los pobladores aledaños a La Laguna de Metapán, a la vez proteger y conservar este recurso hídrico de las actividades humanas que lo perjudican.

1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS:

- Identificar los agentes de contaminación en el área de influencia de la Laguna y el Río San José, y su repercusión en el deterioro del cuerpo de agua, apoyándose de estudios de calidad del agua y saneamiento básico de la zona.

- Realizar el estudio hidrológico para obtener un caudal de escorrentía teórico de las cuencas en estudio.

- Calcular el volumen de sedimento que se deposita en la laguna de Metapán y el efecto que este hace en la laguna.

- Proponer medidas de mitigación que reduzcan los problemas ocasionados por la contaminación y sedimentación, apoyados de los estudios de sedimentos, hidrológicos.

1.5 ALCANCES

Considerando los problemas de contaminación y sedimentación a los que esta expuesta La Laguna de Metapán, se pretende dar alternativas de solución y así contribuir con los siguientes aspectos:

- Trabajar conjuntamente con las entidades interesadas en conservar y proteger La Laguna de Metapán ya que esta es considerada como zona turísca.

- Determinar los impactos ambientales negativos en el cuerpo hídrico en estudio que son generados por el área de influencia que será comprendida desde que el río San José entra en la ciudad de Metapán hasta desembocar en la Laguna y los alrededores de La Laguna.

- Investigar los principales factores de saneamiento básico que contaminan directamente La Laguna de Metapán.

- Diseñar métodos adecuados para disminuir el grado de contaminación que exista en la laguna de Metapán mediante la aplicación de la rama de la ingeniería civil.

- Que la gente de Metapán pueda beneficiarse con la realización de este estudio, logrando disminuir los problemas de la contaminación al darles las soluciones necesarias.

- Obtener datos representativos de la zona de influencia mediante un estudio de muestreo utilizando la Técnica de la encuesta para evaluar las condiciones de saneamiento ambiental de la zona.

1.6 LIMITACIONES

- Nuestro estudio se basara en la contaminación producida por los caseríos aledaños a la laguna, la zona urbana de Metapán.

- Se harán un número limitado de pruebas de calidad de agua debido al costo que representan éstas.

CAPITULO II
SITUACIÓN ACTUAL DE LA LAGUNA DE METAPÁN

2.0 INTRODUCCION

Hoy en día los cuerpos de agua contaminados como ríos, lagos y lagunas es un problema muy común, y más grave es que ni autoridades ni entidades velen realmente por la protección de estos sitios. Siendo Metapán una zona importante para el comercio y zona turística aún cuenta con problemas de contaminación al medio ambiente, la laguna de Metapán representa uno de los lugares que se encuentra con problemas de contaminación, pues la población a sus alrededores la contamina de diferentes formas entre las cuales: por no contar con el servicio de recolección de desechos sólidos se forman promontorios de basura, lavado de ropa y los pesticidas y fertilizantes que son aplicados y luego se lavan y se disponen en la laguna.

En el presente capitulo se identifican las formas de contaminación ya que por medio de visitas al lugar entrevistas y encuestas se pudieron identificar cuales son los problemas de contaminación por parte del área de influencia en la laguna. Además se realizará un inventario de pozos del agua que consumen los pobladores y se realizará el examen bacteriológico a un pozo ubicado en el caserío Arenal Pacheco en Cantón Tecomapa para ver si es apta para consumo humano.

2.1 GENERALIDADES

La Laguna de Metapán esta ubicada en el municipio de Metapán a 3 Km. al Suroeste de la ciudad. La Laguna ha sufrido una serie de cambios principalmente por la contaminación que llega a través del Río Trapichito ya que recoge las aguas del Río San José en el cual son vertidas las aguas residuales de la ciudad de Metapán.

El clima en La Laguna representa por los datos meteorológicos que influyen en forma directa en el área en estudio, los cuales se resumen en el Cuadro No 2. 1.

Cuadro No. 2.1

"*Aspectos meteorológicos que influyen el clima de la Región*"

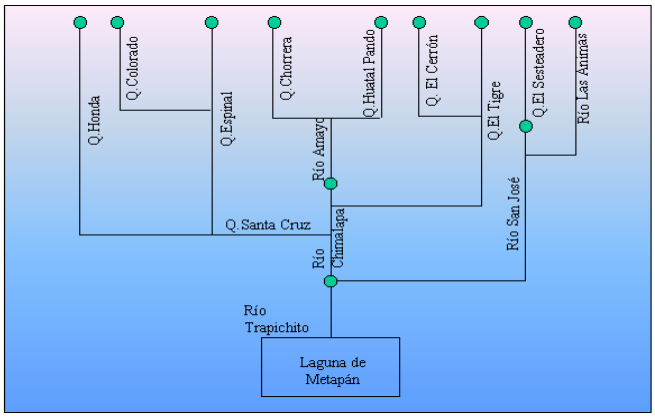
ASPECTOS METEOROLOGICOS DE LA REGION	
Precipitación	1,191 mm. Anual
Temperatura máxima Temperatura mínima, Temperatura promedio	39.9 ºC. Promedio anual 17 ºC. Promedio anual 25.05º C anual
Biotemperatura	23.3 ºC.
Altitud	420-780 m.s.n.m.
Humedad Relativa	75.50% Promedio anual
Vientos	12.60 Km. / HR, noreste

Fuente: Almanaque salvadoreño, 1999, MAG, y SNET

La Laguna es abastecida por el Río Trapichito río que resulta entre la intersección del Río Chimalapa y Río San José. (Ver figura No 2.1)

Figura No. 2.1

Organigrama de la distribución hídrica hacia la Laguna de Metapán



LA FLORA

La flora es muy variada en este cuerpo, presenta diferentes sitios con vegetación acuática de las cuales se divide de la siguiente forma:

1. Vegetación flotante
2. Vegetación sumergida
3. Vegetación de pantano

1. Vegetación Flotante

Este peculiar tipo de vegetación se representa principalmente por el "jacinto de agua, lechuga de agua ó ninfa como le llaman en El Lago" *Eichhornia crassipes* esta planta comparte las grandes colonias flotantes con dos especies de gramíneas conocidas con el nombre de "pasto de agua y zacate de agua" *Leptochloa filiformis* y *Hymenanchne amplexicaulis* ambas de la familia de las gramíneas y de la familia de las Polygoniaceas el *Polygonum segetum*.

2. Vegetación Sumergida[2]

La Laguna de Metapán al parecer no presenta mayor diversidad de plantas sumergidas, en sus márgenes las plantas que se pueden observar son prácticamente plantas de suelo firme o de lugares pantanosos que se encuentran inundadas por las diferentes crecidas de la Laguna.

[2] Estudio De Flora Y Fauna Vertebrada Del Bosque San Diego Y La Barra, Metapán, Santa Ana 2001

La única especie que se reporta como sumergida es la *Hydrilla verticillata* "lama" sin embargo la presencia de esta no es tan distribuida en todo el cuerpo de agua.

3. Vegetación de Pantano[3]

Este tipo de vegetación se manifiesta en algunos rincones de la laguna y en algunas rodeadas que los mismos ríos forman durante las crecidas en el invierno y que después de estos eventos se dan condiciones de pequeños embalses; en la época seca cuando las condiciones de corrientes son muy mínimas y crean sitios aptos para el desarrollo de plantas acuáticas arraigadas al fango lodoso que ha sido depositado por los mismos ríos.

Las colonias de plantas que se encuentran en La Laguna de Metapán son prácticamente las que tienden a ampliar y atraer otras plantas de suelo más firme; este tipo de vegetación es prácticamente la que tiende a reducir el espejo de agua y dar origen a nuevas formaciones vegetales.

Se puede decir que este grupo de plantas acuáticas se subdividen en dos sub-grupos:

a) Las que están en contacto directo con el agua y
b) Las que están en fango lodoso permanentemente húmedo y con tendencia al punto de marchites cuando se baja el nivel de agua.

En el primer Sub grupo encontramos principalmente las siguientes especies:

Cuadro No. 2.2

"Plantas comunes de pantano"

Nombre común	Nombre científico	FAMILIA
Ninfa ó platillo	*NympHea ampla*	NYMPHAEACEAE
	Polygonum segetum	POLYGONACEAE
Lama	*Lemna minor*	LEMNACEAE
Zacate de agua	Hymenanchne amplexicaulis	GRAMINEAE
Pasto de agua	*Leptochloa filiformis*	GRAMINEAE
Centavito	*Salvinia*	SALVINIACEAE
Dormilona de agua	*Neptunia cf. Plena*	LEGUMINOSAE

FUENTE: Estudio De Flora Y Fauna Vertebrada Del Bosque San Diego Y La Barra, Metapán, Santa Ana 2001

[3] Estudio De Flora Y Fauna Vertebrada Del Bosque San Diego Y La Barra, Metapán, Santa Ana 2001

Las que están en fango lodoso permanentemente húmedo y con tendencia al punto de marchites cuando se reseca el cuerpo de agua.

Perfil de la vegetación del Bosque Seco de San Diego con la vegetación acuática. (Ver Figura 2.2)

Figura No. 2. 2

"Perfiles idealizados en la vegetación acuática de la Laguna de Metapán"

Flotante	Sumergida	De Pantano	Ribereña	Bosque Seco
				Escoria volcánica
flotante	lama	Zacate de agua Zarzo	Zarzo pimientillo	Cuayote, jocote, jocote de invierno, Volador, Ron- ron, Amate, jocotillo, cabo de hacha, cactus, tuna, etc.

FUENTE: Estudio De Flora Y Fauna Vertebrada Del Bosque San Diego Y La Barra, Metapán, Santa Ana 2001

Además se incluye la vegetación en su entorno se encuentra fuertemente fragmentada y en muy pocos relictos de tierra se observa algunos parches con árboles silvestres como: Conacaste negro *Enterolobium cyclocarpum*, conacaste blanco *Albizia caribaea*, zorra *Samanea saman*, jiote *Bursera simaruba*, flor de mayo *Plumeria rubra* y otras especies caducifolias típicas de esta zona como la mencionada en los listados anteriores.

El entorno de la laguna resaltan algunos árboles de "pimientillo ó limoncillo" *Pyllanthus elsiae* como lo llaman localmente.

El único sector de la Laguna de Metapán con vegetación original se encuentra en el la parte que colinda con el predio Baldío, el cual cuenta con vegetación acuática de ribera unida al bosque seco de San Diego. En este sector se da la combinación de vegetación acuática-vegetación ribereña y bosque seco caducifolio.

LA FAUNA

En la fauna acuática se cuenta con las siguientes especies:

Cuadro No. 2.3

"Fauna acuática en la Laguna"

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO
Tilapía	*Oreochromis niloticus*
Guapote Tigre	*Parachromis managuensis*
Sardina	*Roeboides salvadoris*
Mojarra	*AmpHilopHus macracanthus*
Bagre	*Arius guatemalensis*
Cuatro ojos	*Anableps dowi*
Otros peces	

El más consumido por las personas es la Mojarra debido a la contaminación algunos peces se ven afectados por los parásitos y mal olor.

Entre los anfibios más comunes: ranas arborícolas, sapo. Dentro de los mamíferos: ocelote, zorrillo listado, cotuzas, gatos de monte, pezonte, mapache oso labrador, pezote, ardilla parda, etc.

Tanto la flora como la fauna se están extinguiendo por la tala de árboles, pesca no controlada y la falta de una adecuada política de conservación.

2.2 USOS DEL RECURSO

Desde sus inicios la Laguna ha sido utilizada para diferentes finalidades entre las cuales podemos mencionar: La pesca como medio de sustento, el lavado de ropa que realizan las personas que viven en los alrededores de la Laguna y actualmente este cuerpo es utilizado para descargar las aguas residuales provenientes de la ciudad por medio del río San José.

Para la conservación de los recursos naturales existen leyes e instituciones que contemplan la protección de lugares como La Laguna de Metapán[4] entre ellas tenemos:

En 1998 El Órgano Legislativo promulgo la Ley del Medio Ambiente por medio del Decreto Legislativo N 233, el cual establece la competencia del MARN como el ente formador, administrador, coordinador, gestor de Acuerdos y convenios internacionales relativos al manejo de las áreas protegidas y recursos biológicos.

Con la creación del Ministerio de Medio Ambiente, se crea la Dirección de Patrimonio Natural, quien ejecuta los Programas y Políticas Institucionales en materia de áreas naturales.

También, en dicho Proceso Institucional, se ha planteado la visión 2002-2012 de Contar con un Sistema de Áreas Naturales Protegidas, consolidado con la participación de todos los actores involucrados en los diferentes niveles

[4] Asistencia Técnica Para El Establecimiento Del Sistema De Monitoreo De Indicadores De Biodiversidad En El Área Natural Protegida San Diego- La Barra Metapán 2006

de actuación, cuya gestión se basa en una Estrategia, Plan de Acción y Planes de Manejo de áreas específicas**.**

Existen convenios internacionales y, en el contexto nacional, El Salvador cuenta con La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica (MARN PNUD GEF, 2000), en la cual se plantea que las áreas naturales protegidas son muy pequeñas, fragmentadas, vulnerables y desprotegidas, así como sujetas a acciones de deterioro. De ello concluye que la mejor estrategia para la conservación de las áreas naturales más pequeñas, es buscar una administración local, municipal, privada y no diluir sus esfuerzos para poder concentrarse en las áreas más importantes y representativas.

En la actualidad existe una serie de leyes y decretos que dan algunas pautas de aprovechamiento de los recursos naturales, las cuales atañen directa o indirectamente a las áreas naturales.

El Decreto 719 (El Salvador, 1996), en el artículo 30 señala que los inmuebles que contengan bosques o tierras de vocación forestal, técnicamente calificados como tales por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y que pertenecen al ISTA, se transfieren por Ministerio de Ley al Estado de El Salvador, quien lo asignará al referido Ministerio para que los destine a proyectos de conservación, aprovechamiento forestal, protección de cuencas, reforestación, o la constitución de reservas forestales, áreas protegidas o parques naturales, según corresponda.

La Ley del Medio Ambiente, en el artículo 78 crea el Sistema de Áreas Naturales Protegidas, el cual estará constituido por aquellas áreas establecidas como tales con anterioridad a la vigencia de esta Ley y las que se creasen posteriormente (El Salvador, 1998). En los artículos 79, 80 y 81, se plantean los objetivos del sistema, lo relativo a planes de manejo y a la delegación de la gestión de las áreas naturales protegidas, respectivamente (El Salvador, 1998).

Otras leyes que sustentan la base legal son: (L)la Ley de Conservación de Vida Silvestre (El Salvador, 1994a); el Código Municipal (El Salvador, 1986); el Código de Salud (El Salvador, 1988); La Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (El Salvador, 1981), y su Reglamento (El Salvador, 1982); la Ley General de Actividades Pesqueras (El Salvador, 1981b), y (L) la Ley de Riego y Avenamiento (El Salvador, 1970), la cual declara a los recursos hidráulicos, en el artículo 3 literal a) "como bienes nacionales, exceptuando únicamente las aguas lluvias captadas en embalses artificiales construidos por particulares".

De las leyes anteriores ninguna se aplica en la realidad encontrándose desprotegido este cuerpo de agua.

2.3 EVALUACION DE SANEAMIENTO BASICO EN LA LAGUNA

Es de vital importancia el lograr identificar aquellas variables que influyen los problemas de contaminación de un recurso hídrico ya que por medio de esta identificación se puede determinar la magnitud del problema que existe en un cuerpo de agua y determinar el tipo de tratamiento que resultara con más beneficio.

Las variables que se consideraran son aquellas que en una forma directa e indirecta afectan a la Laguna, las cuales son:

- **Delimitación del área de influencia y estudio de la población:** identificar las comunidades aledañas a la Laguna y verificar que actividades realizan que afectan directa e indirectamente a la contaminación de la Laguna por medio de visitas de campos y encuestas dirigidas a la población.

- **Evaluación de las personas que llegan a lavar a la Laguna:** Conocer las causas del porque llegan a lavar la Laguna y verificar de que manera repercute esta actividad para la contaminación de la Laguna.

- **Pozos de Agua Potable:** Verificar cuantos pozos existen en cada comunidad, cuantas personas abastece y la calidad de agua.

- **Desechos Sólidos:** Evaluar las disposición de los desechos sólidos y sus relación con la contaminación a la Laguna.

- **Análisis de Agua que son vertidos en La Laguna:** A través del Río San José en el que son descargadas las aguas residuales de la ciudad, determinar el tipo de contaminación que llega y grado de contaminación con que afecta a la Laguna.

- **Análisis de la calidad de Agua en la Laguna:** Determinar el grado de contaminación y que parámetros son los que mas influyen.

Ya con la identificación de las variables se hará una evaluación para determinar las alternativas de solución óptimas que permitan mitigar el efecto de la contaminación.

2.3.1 EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA

Para la realización del saneamiento básico en La Laguna de Metapan es importante identificar, los caseríos que van a formar parte del área del influencia, además identificar los problemas de contaminación que afectan directamente La Laguna de Metapán.

2.3.1.1 DELIMITACION DEL ÁREA DE INFLUENCIA EVALUACION DE SU INCIDENCIA EN LA LAGUNA

El saneamiento en la Laguna de Metapán depende en gran medida de las condiciones de vida y de las actividades que desarrollan las personas aledañas, con relación a los servicios básicos como: agua potable, desechos sólidos, disposición final de excretas. Por los que es necesario evaluar primero el saneamiento básico en el área de influencia, definiéndose este como la zona

donde las personas que la habitan generan un impacto ambiental negativo al recurso natural afectando la salud de las personas.

Para lograr determinar el área de influencia se realizaron visitas de campo identificando viviendas, pequeños botaderos de basura a cielo abierto en cada vivienda.

Para la evaluación de las condiciones del saneamiento básico en el área de influencia se han tomado las cinco comunidades que viven alrededor de la Laguna. (Ver cuadro 2.4)

Cuadro No. 2.4

"Comunidades del área de influencia en La Laguna"

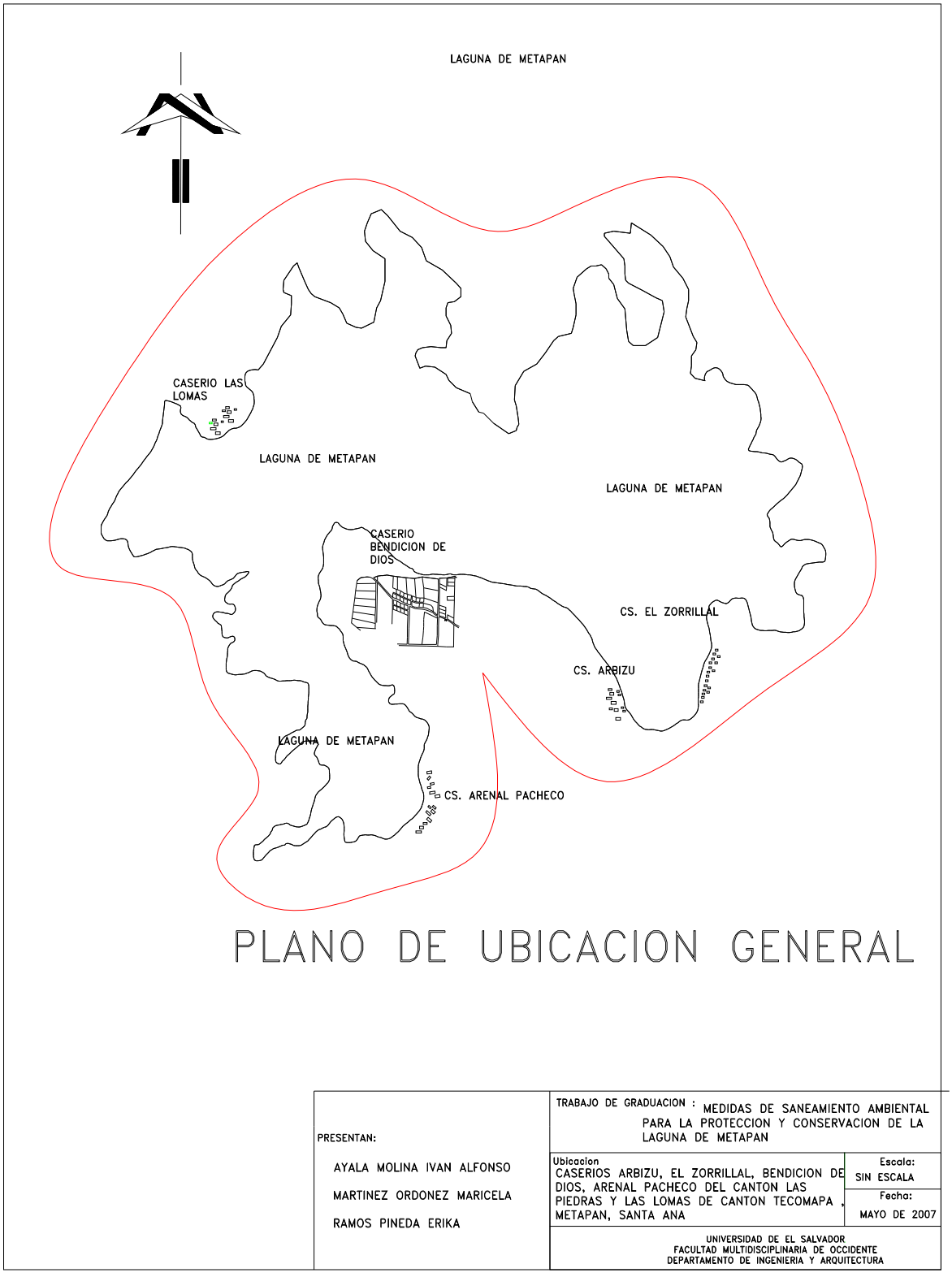
Nombre de la Comunidad	**Numero de Viviendas**	**Número de Personas**
Arbizo	43	258
Zorrial	27	162
Bendición de Dios	50	300
Arenal Pacheco	26	156
Las Lomas	32	192
Total	**178**	**1068**

FUENTE: Información Recopilada De Visita De Campo Realizadas En Las Comunidades

La selección del área de influencia se debió a que las cinco comunidades se encuentran alrededor de la Laguna causando impactos negativos para este cuerpo. (Ver mapa 2.1)

MAPA 2.1

Mapa de Ubicación del área de influencia en la Laguna de Metapán



A continuación se describe la situación actual de las cinco comunidades:

Las comunidades de Arbizo, Zorrial, Bendición de Dios y Arenal Pacheco se ubican en el Cantón Las Piedras y Las Lomas se ubica en el Cantón Tecomapa Estas comunidades albergan un total de 178 familias lo que hacen un total 1068 personas, el tipo de viviendas mas comunes que se encuentran en las comunidades son de ladrillo, lamina, adobe y bahareque, no cuentan con servicios de agua potable y sistema de alcantarillado por lo que las personas se abastecen de agua de la Laguna, por medio de pozos dentro de la comunidad o la compran a comunidades cercanas que cuentan con este servicio; además ninguna comunidad cuenta con un sistema de recolección de desechos sólidos por lo que la disponen en pequeños botaderos de basura a cielo abierto generando contaminación en la Laguna, a esto se suma la contaminación generada por el mal uso de las letrinas y la inadecuada utilización de pesticidas en los cultivos.

2.3.1.2 POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Las comunidades en estudio cuentan con características propias que nos llevaran averiguar cuales son las variables que tienen relación con la contaminación de la Laguna.

Las visitas de campo resultaron indispensables para encontrar las variables que contaminan a la Laguna, ya que hemos utilizado el método de la observación de las actividades que se desarrollan dentro del área de influencia así como también las encuestas que establecen que tipos de servicios básicos existen en la zona y el sentir de la población ante la problemática. (Ver anexos 2.1 Encuesta hecha a cada una de las cinco comunidades que se encuentran en La Laguna de Metapan.)

De cada comunidad se encontraron los índices de las variables que tienen relación con la contaminación de Laguna por medio de las encuestas que se dirigió a cierta parte de la población en general, dando como resumen el siguiente cuadro No 2.5

Cuadro No. 2. 5

INDICADORES DE SANEAMIENTO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Pregunta No	Aspecto a Evaluar	Caserío Arbizo	Caserío Zorrial	Caserío Bendición de Dios	Caserío Arenal Pacheco	Caserío Las Lomas	Área de Influencia
1	Población por Caserío Numero de viviendas	258 43	162 27	300 50	156 26	192 32	1068 178
2	Viviendas con Servicio de Agua Potable	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3	Forma de obtención del agua potable de las Viviendas que no cuentan con este servicio	-Pozo Artesanal 100%a toman de un chorro publico en el Sitio 0% -La compran 0%	-Pozo Artesanal 100% -La toman de un chorro publico en el Sitio 0% -La compran 0%	-Pozo artesanal 50% -La toman de un chorro publico en el Sitio 30% -La compran 20%	-Pozo artesanal 70% --La toman de un chorro publico en el Sitio 20% -La compran 10%	-Pozo artesanal 60% --La toman de un chorro publico en Agua Fría 30% -La compran 10%	-Pozo artesanal 74.2% --La toman de un chorro publico en Agua Fría 16.85% -La compran 8.95%
4	Viviendas con servicio de aguas Negras	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Continuación….							

Pregunta No	Aspecto a Evaluar	Caserío Arbizo	Caserío Zorrial	Caserío Bendición de Dios	Caserío Arenal Pacheco	Caserío Las Lomas	Área de Influencia
5	Viviendas que no cuentan con servicio de aguas negras y su forma de disposición	-Letrina Abonera 81.4% -Fosa Séptica 18.6%	-Letrina Abonera 74.07% -Fosa Séptica 25.93%	-Letrina Abonera 84% -Fosa Séptica 16%	-Letrina Abonera 80.77% -Fosa Séptica 12.23%	-Letrina Abonera 84.38% -Fosa Séptica 15.62%	Letrina Abonera 81.46% -Fosa Séptica 18.54%
6	Existencia de talleres dentro de la zona que contamina con derrames de aceites	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Continuación……..							

Pregunta No	Aspecto a Evaluar	Caserío Arbizo	Caserío Zorrial	Caserío Bendición de Dios	Caserío Arenal Pacheco	Caserío Las Lomas	Área de Influencia
7	Disposición de Aguas Servidas	- Alcantarillado de aguas Negras 0% - En 100% el agua escurre en el suelo.	- Alcantarillado de aguas Negras 0% - En 100% el agua escurre en el suelo.	- Alcantarillado de aguas Negras 0% - En 100% el agua escurre en el suelo.	- Alcantarillado de aguas Negras 0% - En 100% el agua escurre en el suelo.	- Alcantarillado de aguas Negras 0% - En 100% el agua escurre en el suelo.	El 100% de las personas concluyo que por no contar con alcantarillado de aguas negras el agua servida la dejan que escurra en el suelo.
8	Promedio mensual por vivienda de productos utilizados en el lavado de ropa, trastes y letrinas.	- Lejía 1204 bolsas - Jabón 1032 bolas -Detergente 688 sobres	- Lejía 864 bolsas - Jabón 324 bolas -Detergente 432 sobres	- Lejía 2400 bolsas - Jabón 2000 bolas -Detergente 800 sobres	- Lejía 856 bolsas - Jabón 318 bolas -Detergente 424 sobres	- Lejía 876 bolsas - Jabón 369 bolas -Detergente 512 sobres	- Lejía 6200 bolsas - Jabón 4043 bolas -Detergente 2856 sobres
Continuación….							

Pregunta No	Aspecto a Evaluar	Caserío ARBIZO	Caserío Zorrial	Caserío Bendición de Dios	Caserío Arenal Pacheco	Caserío Las Lomas	Área de Influencia
9	Disposición de los desechos Sólidos	-Tren de Aseo 0% -La Queman 100%	-Tren de Aseo 0% -La Queman 100%	-Tren de Aseo 0% -La Queman 100%	-Tren de Aseo 0% -La Queman 100%	-Tren de Aseo 0% -La Queman 100%	El 100% de las personas concluyó que queman la basura

Fuente de Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis a través de entrevistas, observaciones y encuestas

2.3.1.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

El estudio de saneamiento básico se desarrollo para las 5 comunidades que cuentan con diferentes condiciones socioeconómicos, analizando los efectos adversos en el ecosistema de La Laguna. En cada comunidad se entrevisto a diferentes personas obteniéndose los diferentes resultados.

En la Pregunta Nº 1: Se identifican cuantos miembros existen dentro de cada familia entrevistada en cada uno de los caseríos, logrando con esto identificar un promedio de personas por familia e identificar el número de viviendas por caserío, también se contó con la ayuda de censos con los que cuentan los presidentes de las comunidades.

En la Pregunta Nº 2: Se verifica cuantas de las familias entrevistadas cuentan con el servicio de agua potable en sus hogares, dando como resultado que en ninguno los 5 caseríos existe un sistema de alcantarillado de agua potable.

En la Pregunta Nº 3: Dado que en ninguna comunidad existe agua potable se observó que la mayoría de las personas obtienen agua por otros medios dando como resultado que el 74.2% la obtienen de Pozos artesanales, el 16.85% la toman de un chorro publico en Agua Fría y el 8.95% restante la compran a pipas de gente particular que la distribuyen en las zonas.

La pregunta Nº 4: refleja que el 100% de la población de las comunidades no cuenta con el servicio de alcantarillado de aguas negras.

En la pregunta Nº 5 debido a que en el 100% de las comunidades no existe un sistema de aguas negras, se refleja que en las comunidades se utilizan un 81.46% utilizan letrinas Abonera y un 18.54% utilizan Fosa Séptica este ultimo tiene la posibilidad de contaminar el manto acuífero que alimenta la Laguna.

En la pregunta Nº 6: se observa que dentro del área de influencia no existen talleres de mecánica automotriz por lo que no existe derrame de aceites ni líquidos que escurran y contaminen a la laguna.

En la pregunta Nº 7 : define el destino de las aguas servidas en el área de influencia, en los cinco caseríos estas van directamente al suelo aledaño a la vivienda; en algunas viviendas por su cercanía a la laguna escurren las aguas servidas en el suelo y llegan directamente a esta causando un impacto ambiental negativo.

En la pregunta Nº 8: se determinó que la población tiene un gasto considerable de detergente, jabón y lejía, esto da una idea de los altos índices de estas sustancias que existen en la laguna ya que la mayoría de la población por no contar con agua potable lava su ropa en la orilla de la laguna, o transportan el agua de la laguna a sus casas y esta escurre a la laguna.

En la pregunta Nº 9: se refleja que por no contar con un sistema de recolección de desechos sólidos en el área de influencia, la población resuelve el problema quemando la basura; aunque en las visitas de campo se observo ciertos promontorios de basura a cielo abierto.

2.3.2 PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR.

Las personas que llegan a lavar a la laguna constituyen un grupo fundamental de estudio ya que las comunidades que se encuentran en los alrededores de la Laguna no cuentan con sistema de agua potable por lo que estas personas se ven en la necesidad de ir a lavar en La Laguna o de transportar el esta agua a sus casas. Los resultados que se obtuvieron se muestran a continuación en el cuadro No 2.6.

Cuadro No 2.6

RESULTADOS DE LAS ENCUESTA A PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR EN LA LAGUNA

No Pregunta	**Pregunta**	**Respuesta**
1	Lugar de procedencia de las personas que llegan a lavar	- Caserío ARBIZO -Caserío Zorrial -Caserío Bendición de Dios -Caserío Arenal Pacheco -Casorio Las Lomas
2	Por que motivo viene a lavar en Laguna	El 100% de la población no cuenta con Agua Potable
3	Con que frecuencia viene a lavar en La Laguna	- Lavado por semana 56% - Lavado dos veces por semana 34% - Lavado diario 10%
4	Cuanto detergente, jabón y lejía utiliza	Mensualmente - Lejía 30380 bolsas - Jabón 2627 bolas - Detergente 1856 sobres
5	El promedio de personas que llegan a lavar diario es	-El 18 personas llegan a lavar diario

Fuente: Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis

2.3.2.1 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LAS PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR, MEDIANTE LA TECNICA DE LA ENCUESTA.

El resultado de la pregunta No 1: se identificó que la mayoría de las personas que llegan a lavar, provienen de los caseríos que se encuentran alrededores de la Laguna, es decir el área de influencia.

El resultado de la pregunta No 2: se conoció la causa por el que las personas llegan a lavar, que es la falta un sistema de agua potable en los caseríos que se encuentran en los alrededores de la Laguna.

El resultado de la pregunta No 3: Se muestra la frecuencia del lavado de esta forma: El 56% llegan al lavar por semana, el 34% llegan al lavar dos veces por semana y el 10% llegan a lavar diario.

El resultado de la pregunta No 4: Se refleja la cantidad mensual de lejía, detergente y jabón que utiliza las personas para lavar en La Laguna, determinándose que bastante alto, contribuyendo así el deterioro de este cuerpo.

El resultado de la pregunta No 5: Se identifico un promedio de18 personas llegan a lavar a diario en La Laguna.

2.3.3 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LOS CASERIOS ALEDAÑOS A LA LAGUNA.

Los caseríos que se encuentran en los alrededores de La Laguna no cuentan con un sistema de agua potable, por lo que las personas se abastecen de pozos artesanales que se encuentran en la ribera de La Laguna, la ubicación de estos pozos facilita la obtención del agua para consumo y para uso domestico.

Existen personas que no hacen uso de pozos sino que utilizan agua de La Laguna para sus quehaceres domestico y para el consumo humano la van a traer a chorros público mas cercanos o la compran.

2.3.3.1 INVENTARIO DE POZOS ARTESANALES EN LOS CACERIOS ALEDAÑOS A LA LAGUNA

En las visitas de campo realizadas en los caseríos de los alrededores de La Laguna, se observo que existen pocos pozos artesanales, estos son muy superficiales por lo que para determinar cuanto tiene su profundidad, diámetro se realizo un inventario de pozos los cuales se muestran en los cuadros 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11.

Cuadro No 2.7

Identificación de pozos en las Caseríos en los alrededores de la Laguna de Metapán

NOMBRE DE CASERIOS	NUMERO DE POZOS
EL ZORRIAL	3
ARBIZO	1
LA BENDICION DE DIOS	0
ARENAL PACHECO	2
LAS LOMAS	1

Fuente: Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis

Cuadro No 2.8

Inventario de pozo en el Caserío Zorrial

ZORRIAL		
Pozo	**Dist. hasta espejo de agua(mts)**	**Diámetro(mts)**
1	4.00	0.50
2	14.00	1.19
3	1.00	1.00

Fuente: Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis

Cuadro No 2.9

Inventario de pozo en el Caserío Arbizo

ARBIZO		
Pozo	**Dist. hasta espejo de agua(mts)**	**Diámetro(mts)**
1	20.00	0.50

Fuente: Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis

Cuadro No 2.10

Inventario de pozo en el Casero Arenal Pacheco

ARENAL PACHECO		
Pozo	**Dist. hasta espejo de agua(mts)**	**Diámetro(mts)**
1	6.00	0.10
2	7.00	2.50

Fuente: Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis

Cuadro No 2.11

Inventario de pozo en el Caserío Las Lomas

LAS LOMAS		
Pozo	**Dist. Hasta espejo de agua(mts)**	**Diámetro(mts)**
1	12	1.00

Fuente: Estudio de Campo Realizado por grupo de Tesis

Para verificar el agua de consumo del área de influencia en la laguna de Metapán solo se realizo los análisis bacteriológicos a un pozo ubicado en el Caserío Arenal Pacheco a 50 mts de la Laguna, por cuestiones económicas.

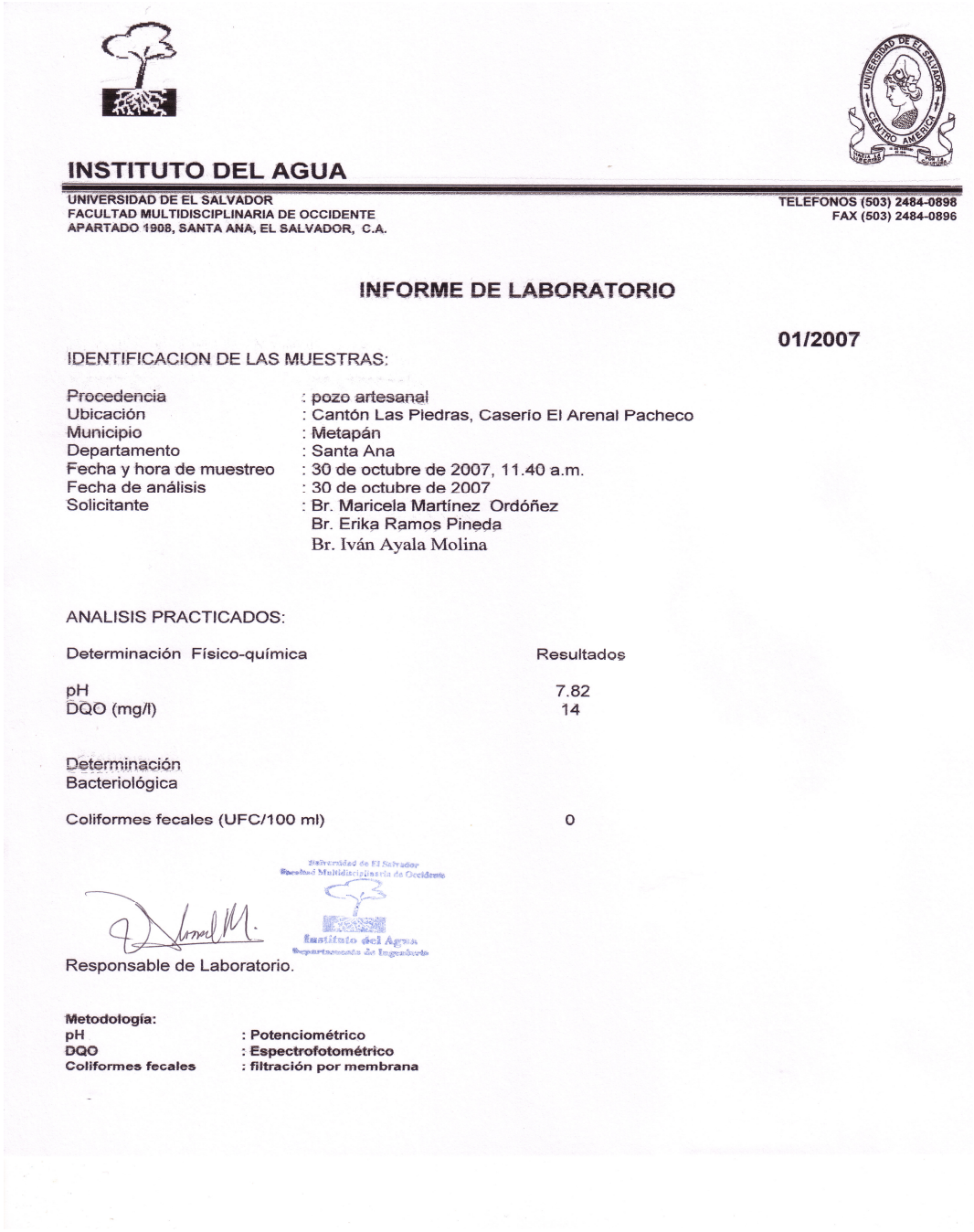
Los resultados de la calidad de agua en el pozo artesanal se muestran en la figura No 2.3., estableciendo como conclusión que es apta para consumo humano ya que no presenta presencia de coliformes fecales, dato comparado con cuadros de normas OPS y OMS[5]. (Ver Anexos 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7)

Los resultados de la calidad de agua en el pozo artesanal se muestran en la figura No 2.3.

[5] Propuestas de Norma de Calidad de Aguas para distintos usos Proyectos OMS/OPS E Informe sobre la consultaría de Normas de Calidad de Agua y Vertidos OMS/OPS (1987)

Figura No 2.3

Resultados de las análisis Físico- químico y bacteriológicos realizado a pozo artesanal



INSTITUTO DEL AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
APARTADO 1908, SANTA ANA, EL SALVADOR, C.A.

TELEFONOS (503) 2484-0898
FAX (503) 2484-0896

INFORME DE LABORATORIO

01/2007

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia	: pozo artesanal
Ubicación	: Cantón Las Piedras, Caserío El Arenal Pacheco
Municipio	: Metapán
Departamento	: Santa Ana
Fecha y hora de muestreo	: 30 de octubre de 2007, 11.40 a.m.
Fecha de análisis	: 30 de octubre de 2007
Solicitante	: Br. Maricela Martínez Ordóñez Br. Erika Ramos Pineda Br. Iván Ayala Molina

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Físico-química	Resultados
pH	7.82
DQO (mg/l)	14
Determinación Bacteriológica	
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	0

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente
Instituto del Agua
Departamento de Ingeniería

Responsable de Laboratorio.

Metodología:

pH	**: Potenciométrico**
DQO	**: Espectrofotométrico**
Coliformes fecales	**: filtración por membrana**

2.3.4 DISPOSICION DE DESECHOS SÓLIDOS

En los caseríos que se encuentran en los alrededores de La Laguna no cuentan con sistema de recolección de desechos sólidos por los que las personas han optado por quemar la basura, pero en las visitas que realizamos en estas comunidades se observo que existen pequeños botaderos de basura a cielo abierto en los alrededores de la laguna como se muestra en la fotografía 2.1, por lo que desencadena una serie de problemas tales como: malos olores, proliferación de insectos, epidemias de enfermedades, generación de lixiviados que pueden se arrastrado al espejo de agua.

Foto 2.1: Disposición de desechos sólidos a cielo abierto en los alrededores de La Laguna.

2.3.5 INCIDENCIA DEL ÁREA DE INFLUENCIA EN LA SALUD PÚBLICA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN.[6]

Los servicios de salud se concentran en el Hospital Nacional de Metapán del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y La Unidad de Salud de Metapan.

Para el año 2007, se tiene que la mayoría de las enfermedades en la población son causadas por infecciones respiratorias (IRAS), diarreicas (EDAS) y amibiasis, entre otras.

En la Cuadro No 2.7 se detalla la información estadística sobre epidemiológica en la zona de la ciudad de Metapán.

[6] Diagnostico situación de salud del área de influencia geográfica de influencia de la unidad de salud Belén Guijat.

Cuadro No.2. 7. PRIMERAS 10 CAUSAS DE MORBILIDAD 2007, EN EL MUNICIPIO DE METAPAN

1.0	IRAS
2.0	EDAS
3.0	NEUMONIAS
4.0	AMIBIASIS
5.0	TRANSTORNOS DE ANSIEDAD
6.0	LUMBAGO
7.0	CONJUTIVITIS BACTERIANA AGUDA
8.0	HIPERTENSION ARTERIAL
9.0	ESCABIOSIS
10.0	DESNUTRICION PROTEICO CALORICO LEVE

Fuente de información: Unidad de Salud de Metapán, agosto de 2007.

Se tiene además las 10 primeras causas de mortalidad para el año 2007. Ver Cuadro No 2.8.

Cuadro No 2.8.

PRIMERAS 10 CAUSAS DE MORTALIDAD DE ENERO A DICIEMBRE DEL 2007

	10-19 Años		20-59 Años		60 a Mas		TOTAL
ENFERMEDAD	**M**	**F**	**M**	**F**	**M**	**F**	
Infarto agudo del Miocardio			4	4	4		12
Trauma Cráneo cefálico	1		4		2	3	7
Insuficiencia cardiaca					2	3	5
Accidente cerebro vascular				1	2	2	5
Diabetes millitus				2		3	5
Muerte Natural					1	2	3
Cáncer de Próstata	1				1		2
Septicemia No Especificada			1			1	2
Bronco neumonía			1			1	2
Insuficiencia Renal			1		1		2
Efecto Toxico, Fósforo		1	1				2

Fuente de información: Unidad de Salud de Metapán, agosto de 2007.

La Unidad de Salud cuenta con el Departamento de Saneamiento Ambiental, que es el responsable de investigar posibles brotes de enfermedades contagiosas o infecciosas, así como identificar aquellos lugares que por sus condiciones de insalubridad pueden afectar la salud de la población, siendo los encargados de realizar dicha labor los Inspectores de Saneamiento Ambiental.

La Laguna de Metapan es considerada por este departamento como una zona propicia para la reproducción de vectores principalmente de zancudos, pero no existen registro de casos de paludismo o dengue en la zona.

2.4 EVALUACION DE SANEAMIENTO EN LA LAGUNA.

2.4.1 ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO REALIZADOS EN LA LAGUNA DE METAPAN Y SUS PARAMETROS.

Los análisis practicados en la Laguna de Metapán fueron: Potencial de Hidrogeno (pH), Demanda Química de Oxigeno (DQO) y Coliformes Fecales, tomamos en cuenta estos análisis por que son los que nos proporcionan mas información en la calidad de agua en esta zona, además no incluimos en cuenta los demás análisis por falta de recursos económico. EL análisis físico-químico y bacteriológico realizado en la Laguna se muestra en la figura No 2.4.

En nuestro país no existe una norma especial para análisis de las aguas de ríos, con parámetros específicos para compararlos, pero se clasificarán en base a la experiencia de laboratorio.

2.4.1.1 ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO

ANÁLISIS FISICO-QUIMICO. El potencial de hidrógeno con 7.92, se encuentra próximo a los límites permisibles, que es de 7 indicando una ligera alcalinidad de 0.92 que es lo que sobrepasa al 7.

Un DQO de 22 mg/l, que se encuentra alejado del permitido que es un 9 para los ríos, demandando mayor cantidad de oxigeno para descomponer la materia orgánica e inorgánica.

ANÁLISIS BACTERIOLOGICO. Los resultados de 4500 UFC/100ml de coliformes fecales que son indicadores de contaminación. Y su presencia se considera por la descarga de aguas residuales en el río San José el cual luego desemboca en la Laguna de Metapán.

Figura No 2.4

Resultados de las análisis Físico- químico y bacteriológico realizado en la desembocadura del Río Trapichito a La Laguna

INSTITUTO DEL AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
APARTADO 1908, SANTA ANA, EL SALVADOR, C.A.

TELEFONOS (503) 2484-0898
FAX (503) 2484-0896

INFORME DE LABORATORIO

01/2007

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia	: Río Trapichito
Ubicación	: Desembocadura a laguna de Metapán
Municipio	: Metapán
Departamento	: Santa Ana
Fecha y hora de muestreo	: 30 de octubre de 2007, 11.15 a.m.
Fecha de análisis	: 30 de octubre de 2007
Solicitante	: Br. Maricela Martínez Ordóñez Br. Erika Ramos Pineda Br. Iván Ayala Molina

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Físico-química	Resultados
pH	7.92
DQO (mg/l)	22
Determinación Bacteriológica	
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	4,500

Responsable de Laboratorio.

Metodología:

pH	**: Potenciométrico**
DQO	**: Espectrofotométrico**
Coliformes fecales	**: filtración por membrana**

2.4.2 REQUERIMIENTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN DIVERSOS USOS.

Las fuentes potencialmente utilizables de agua están constituidas por aguas: superficiales, aguas subterráneas y agua lluvia. La calidad del agua cruda superficial varía dependiendo de su origen y de las condiciones del medio en que se encuentra, y es afectada por fenómenos naturales y artificiales, consecuencia del desarrollo de la población.

Las aguas subterráneas presentan condiciones más uniformes, por regla general son más claras, pero también pueden estar bastante mineralizadas y contaminadas, como resultado del medio en que se conducen y desarrollan.

Por otra parte las aguas lluvias, en su contacto con la atmósfera, pueden contaminarse ocasionalmente debido a las emisiones atmosféricas generadas por la actividad industrial.

Existe un buen número de usos que se le puede dar al agua, entre los que se tiene: consumo humano, riego, recreación, navegación, acuicultura, avicultura, ganadería, industrial, generación eléctrica, y otros. Cada uno de los usos tiene sus requisitos en base a las diferentes normas que existen.

En nuestro país como no existen normas especiales de agua de ríos para clasificarlos según sus uso los análisis realizados se compararan en base a normas extranjera tales como: Informe sobre la consultaría de Normas de Calidad de Agua y Vertidos OMS/OPS (1987), Normas U.S EPA (Enviromental Polution Association) y Normas CATIE (CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA) Y LAS NORMAS TECNICAS DE ANDA[7]

A continuación se dan algunos aspectos sobre los usos, y sus cualidades, que se analizan en el presente documento: consumo humano, riego, avicultura, acuicultura, ganadería y recreativo, dando a demostrar el grado de contaminación en base a los resultados obtenidos en análisis físico-químico y bacteriológico.

[7] Tesis Evaluación Y Propuestas De Solución A La Contaminación De Los Manantiales De Apanteo 1998

2.4.2.1 AGUA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LA NORMA CALIDAD DE AGUA Y VERTIDOS OMS/OPS (1987) Y NORMAS TECNICAS DE ANDA

El agua potable no debe contener ningún microorganismo patógeno, ni bacterias indicadoras de contaminación fecal. Para analizar la calidad del agua para consumo humano se debe de tomar en cuenta las características físicas, químicas y bacteriológicas.

Existen límites máximos permisibles que restringen los contenidos de concentraciones de los compuestos y elementos presentes en el agua potable, para garantizar una calidad sanitariamente segura.

Nuestro país es regido por las normas técnicas de ANDA, en donde se establecen los parámetros máximos permisibles y aceptables de calidad física, química y bacteriológica; en contraste con las normas de la OPS (Organización Panamericana de la Salud) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) que toman todos los parámetros guías para agua potable, guiándonos en nuestro estudio por las normas la OPS y OMS.

Encontrando que esta agua no es apta para consumo humano según las normas, ya que presenta 4500 UFC/100ml de coliformes fecales que son indicadores de contaminación, que según especificaciones de normas tendría que ser cero, aunque el pH este dentro de la norma (6.5-9).Ver anexo 2.2, 2.3.

2.4.2.2 AGUA PARA RIEGO SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

La clasificación y uso de las aguas para fines de riego se juzgan teniendo en cuenta las características químicas, agronómicas y edafológicas. Así entonces, deberá tenerse presente la susceptibilidad o la resistencia de las plantas de cultivo que se vayan a regar, su tolerancia a las sales, las propiedades y composición del suelo, su manejo, conservación y mejoramiento; drenaje del terreno y condiciones meteorológicas.

El agua de la laguna no es apta para riego ya que aunque el pH se encuentra dentro del rango permitido, los coliformes fecales se encuentran ocho veces más de lo permitido, contaminando de tal manera el agua que contaminaría los cultivos que sean regados con ella. Ver anexo 2.4.

2.4.2.3 AGUA PARA USO PECUARIO SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

Cuando se refiere a uso pecuario, se hace con relación al agua que será utilizada en ganadería, avicultura y acuicultura.

En ganadería esta relacionada con la actividad de cría de ganado bovino, porcino, caballar, caprino y otros La avicultura esta relacionada con la cría de aves. La acuicultura se refiere al cultivo de peces y camarones en agua dulce y salobre.

El agua de la laguna no se encuentra apta para uso en ganadería ni avicultura ya que aunque su pH se encuentra dentro del rango los coliformes fecales se encuentran 3.5 veces más de lo permitido. Ver anexo 2.5.

Tampoco se encuentra apta para uso en acuicultura ya que aunque su pH se encuentra dentro del rango los coliformes fecales se encuentran 8 veces más de lo permitido. Ver anexo 2.6.

2.4.2.4 AGUA PARA USO RECREATIVO NORMAS US EPA (Enviromental Polution Association)

Los usos de agua para recreación están relacionados con la utilización de los cuerpos de aguas naturales, como lugares de esparcimiento y descanso de los seres humanos, sobresaliendo la utilización como piscinas y balnearios naturales.

Existe referencia de una serie de trastornos o enfermedades que tienen relación con la utilización de agua para uso recreativo, entre los cuales se menciona con cierto énfasis los trastornos intestinales tales como: tifoidea, paratifoidea, disentería bacilar y amibiana, infecciones de los ojos, oídos, nariz y garganta, incluyendo enfermedades respiratorias, venerias y afecciones de la piel. El agua de la laguna no se encuentra apta para uso recreativo ya que aunque su pH se encuentra dentro del rango, los coliformes fecales se encuentran 3.5 veces más de lo permitido. Ver anexo 2.7.

CAPITULO III

INCIDENCIA DEL RÍO SAN JOSÉ SOBRE LA LAGUNA DE METAPÁN

3.0 INTRODUCCION

Muchas de las actividades generadas por el hombre afectan directamente los recursos ambientales; nuestro país no se salva de esa degradación, con el desarrollo que se esta alcanzando, esta afectando directamente en una forma negativa los pocos recursos naturales con los que contamos.

Particularmente la ciudad de Metapán ha alcanzado un alto grado de industrialización y desarrollo en los últimos años, provocando con esto que sus recursos ambientales como lo son La Laguna de Metapán y Río San José formen parte de la degradación.

Específicamente el Río San José presenta problemas de contaminación, que en el presente capitulo se demostrara con evidencia, el impacto negativo que las actividades generadas por los ciudadanos causan a este cuerpo.

Debido a la magnitud del impacto que genera el río sobre la laguna se ve en la necesidad de tomarlo en cuenta en nuestro estudio y así realizar un estudio de saneamiento para verificar la incidencia de este sobre La Laguna de Metapán.

3.1 GENERALIDADES[8]

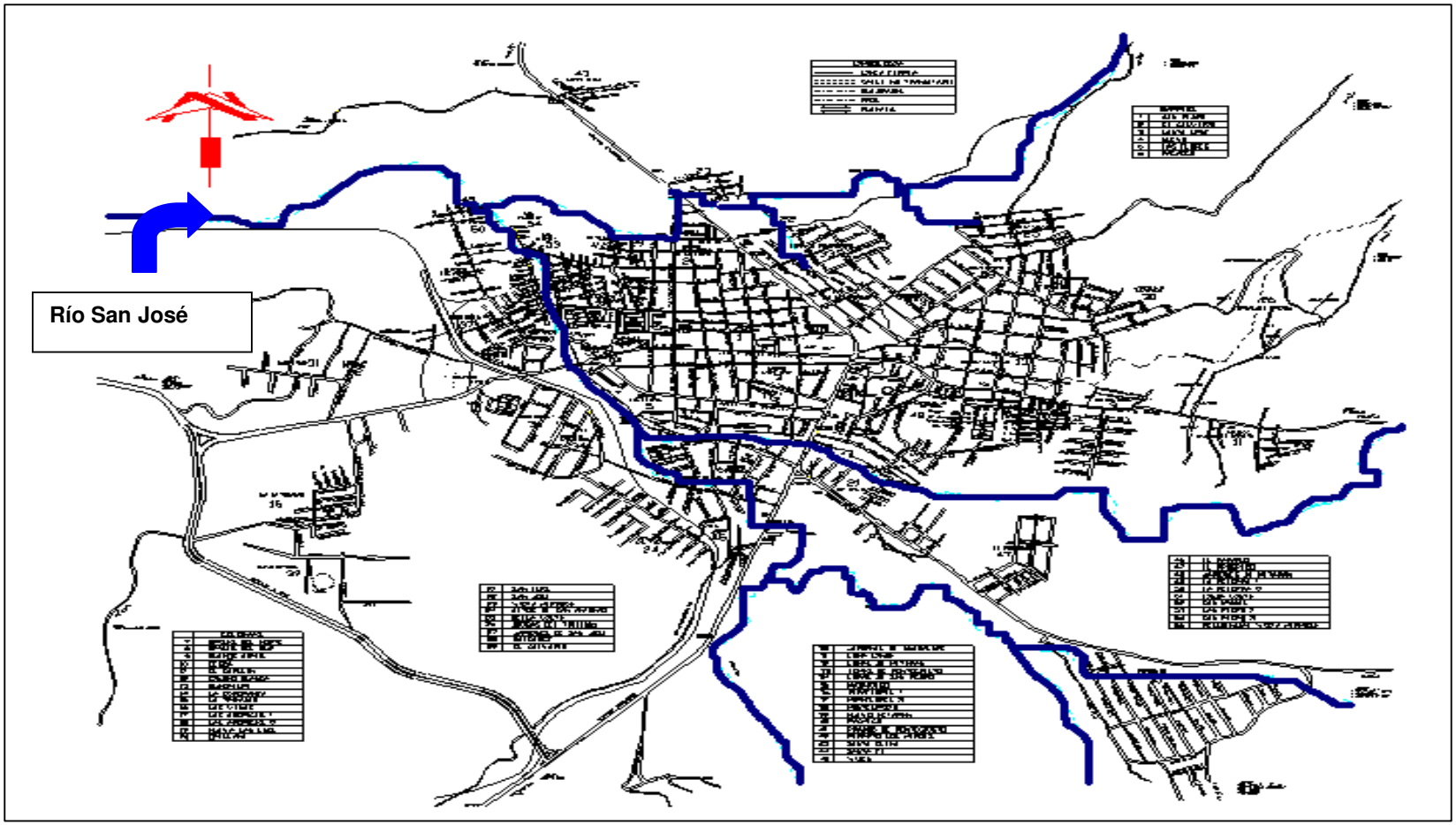
La cuenca del río San José se localiza al norte del departamento de Santa Ana, entre los 14° 18' y 14° 25' latitud norte y los 89° 20' y 89° 25´ longitud oeste, drena permanentemente las aguas de la zona montañosa del cerro Miramundo, y las aguas de la zona baja, aledañas a la ciudad de Metapán que son incorporadas al río en la época lluviosa por los afluentes principales, Quebrada Las Margaritas y Hacienda Vieja.

En la actualidad el río San José ha sufrido una serie de cambios, principalmente por la contaminación que llega a través de las aguas residuales que son depositadas en este cuerpo a lo largo de su travesía a través de la ciudad de Metapán. (Ver mapa 3.1)

[8] Diagnostico de los recursos naturales y propuestas del plan de gestión del Parque de Montecristo

Mapa 3.1

Mapa de Ubicación del Río San José en la Ciudad de Metapán



El clima en la cuenca del Río San José varía de los 1600 mm, valor promedio anual en Metapán y en las zonas aledañas; a menos de 1300 mm en las partes elevadas de la misma.

Los vientos que se registran tienen dirección Nor – Este, aunque también ocurren en ciertas épocas vientos fríos provenientes del norte (Golfo de México).

En la cuenca se presentan lluvias irregulares típicas de las zonas topográficas accidentadas, en las cuales fuertes tormentas cubren áreas pequeñas; en el período seco las lluvias esporádicas que ocurren se originan por las condiciones del clima y topografía muy particulares del área.

La vegetación en el área de la cuenca se identifican especies arbustivas y arbóreas representadas por: Almendro de Río, Madre Cacao, Conacaste, Chupamiel, Siete pellejos, San Andrés, Tambor, Barillo, Sangre de Chucho, Espino Blanco, Izcanal, Tahuilote, Mango, Aceituno, Pito, Cargo, Copinol, Manzana roza, Matazano, Ciprés, pastos naturales, etc. En general puede decirse que la cuenca posee una zona boscosa en la parte alta y cultivos, matorrales en la parte media y baja.

3.2 USOS DEL RECURSO[9]

El uso del suelo se restringe a usos productivos en la parte alta de la cuenca del Río San José, sobresaliendo entre ellos la ganadería, los cereales, cultivos hortícolas, pastos naturales asociados con arbustos y matorrales, cultivos de granos Básicos, Café, entre otros.

Cuando el río atraviesa la ciudad de Metapán, este recibe las aguas residuales provenientes de todos los sectores de la ciudad, y no solo eso si no

[9] Estudio ambiental del área de influencia de la zona protegida del parque Montecristo

que a través del tiempo ha servido de botadero de desechos ya que representa un ahorro para las familias que no cuentan con el servicio del tren de aseo.

Además este recurso es utilizado por un pequeño sector para la explotación de arena que es comercializada y vendida en menor costo en comparación a la que venden en los banco de materiales.

Para la conservación de los recursos naturales, existen leyes que contemplan la protección de la cuencas como el ríos San José, entre ellas tenemos el Articulo Nº 117 de la Constitución Política se declara como interés social la protección de los recursos naturales y considera necesario la creación de leyes especiales para su conservación, además se tiene el decreto Nº 50, en donde se establece las normativas para controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos. De las leyes anteriores, ninguna se aplica en la realidad, encontrándose desprotegido.

3.3 EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL RÍO SAN JOSE

Para la identificación de los factores negativos que vienen a repercutir los problemas de contaminación en el Río San José, se han identificado las variables a tomar en cuenta que son todas aquellas que de una forma directa o indirectamente afectan al río causándole un impacto negativo; entre estas variables podemos mencionar:

- **Delimitación del área de influencia:**
  Se tomara como área de influencia la ciudad de Metapán, pues el río en su recorrido a lo largo por la ciudad es afectado por las actividades realizadas por los ciudadanos, causándole de cierto modo un impacto negativo.

- **Personas que extraen material(Arena) del río:**
  Se verificara el impacto generado al río por esta actividad, así como también el beneficio que les genera a los comerciantes que explotan este recurso

- **Desechos sólidos:**
  Investigar de mano con la alcaldía la disposición de los desechos sólidos en el área de influencia y poder determinar una relación de contaminación río-desecho sólido.

- **Análisis de agua que son vertidos al Río San José:**
  Al río son descargadas las aguas residuales sin tratamiento alguno por lo que se realizaran pruebas de calidad de agua, para poder compararlas con los parámetros establecidos en la norma de aguas residuales descargadas a un cuerpo.

- **Análisis de calidad de agua en el Río San José:**
  Se determinara el grado de contaminación existente en el Río.

3.3.1 EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CIUDAD.

En la evaluación del saneamiento básico se ha tomado como área de Influencia la ciudad de Metapan, ya que esta genera mayor contaminación sobre el río San José ya en este son vertidas las aguas residuales de toda la ciudad.

3.3.1.1 DELIMITACION DEL AREA DE INFLUENCIA Y EVALUACION DE SU INCIDENCIA EN EL RIO.

En gran medida lo que afecta el saneamiento básico en la ciudad de Metapán es el grado de cultura de sus habitantes, las actividades realizadas a diario en esta ciudad, si se cuentan con todos los servicios básicos todos los habitantes de la ciudad y lo referente al manejo y disposición de desechos sólidos. Esto nos obliga a realizar un estudio de saneamiento básico en el área de influencia la ciudad de Metapán, para determinar puntualmente las actividades realizadas por los habitantes que están causando de algún modo un impacto negativo a este cuerpo de agua.

Una manera de determinar el área de influencia es mediante la inspección directa por medio de visitas de campo, mediante la cual se puede tomar ideas de lo que esta pasando en el río en su recorrido por la ciudad, desde que entra aguas arriba, hasta que sale aguas abajo.

Debido que el río atraviesa la ciudad de Metapán en su recorrido, se tomo como área de influencia la ciudad, las actividades como lo son las descargas de aguas residuales son depositadas directamente a este cuerpo de agua, causando un impacto negativo al ecosistema de este río.

Información proporcionada por la alcaldía de Metapán confirman que la ciudad cuenta con un numero 29,059 habitantes, lo que da ha demostrar que muchas actividades realizadas por los habitantes dentro del área de influencia causan un impacto considerable al Río San José.

El tipo de vivienda en el área de influencia en su mayoría es de ladrillo calavera y en menor cantidad de bloque, quedando aquellas comunidades asentadas ilegalmente en las riveras del Rió aguas arriba y aguas abajo con materiales como lo son ladrillo de barro y en algunas construidas con laminas.

La ciudad de Metapán cuenta en toda su área con los servicios básicos como lo son: agua potable, energía eléctrica, sistema de recolección, manejo de desechos sólidos y lo que son unidades de salud publica; excepto aquellas comunidades asentadas aguas arriba y aguas debajo de la laguna que no cuentan con un sistema recolección de desechos sólidos y un sistema de alcantarillado de aguas negras lo que genera que los habitantes hagan uso de letrinas de fosa séptica.

3.3.1.2 POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Dentro del área de influencia se pueden identificar variables que directamente contribuyen a la contaminación del Río San José. Las visitas realizadas al lugar nos han sido de gran ayuda para aplicar el método de observación directa para poder identificar las actividades que están causando

un impacto al río; otro método de investigación utilizado en el estudio de saneamiento básico es el de la encuesta directa a un sector de la población del área de influencia para investigar los usos que se le están dando por parte de los pobladores al río.

Del área de influencia para encontrar los índices de las variables que tienen relación con la contaminación del Río San José se dirigirá las encuestas a un sector de la población en general, dando como resumen el siguiente cuadro No 3.1

Cuadro No. 3.1

INDICADORES DE SANEAMIENTO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

# de Pregunta	Aspecto a evaluar	Área de influencia
1	Población total	29,059 habitantes
2	Servicios de Agua Potable	-El 92 % posee agua potable
3	Obtención de agua de río para consumo personal	-El 5% extraen del Río -El 3% la acarrean de casas vecinas
4	Disposición de desechos sólidos	10 %
5	Contaminación del río san José	95 %
6	Actividades perjudiciales al río	60 %
7	Existe explotación de recursos en río	15 %

Fuente de Estudio Realizado por Grupo de Tesis a Través de Entrevistas, Observaciones y Encuestas.

3.3.1.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA POBLACION DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

El estudio de saneamiento se desarrollo en la ciudad de Metapán tomando un pequeño sector de las diversas comunidades que hagan representativa toda la ciudad. Se desarrollo la encuesta obteniéndose los siguientes resultados:

Pregunta #1:

Se identifica la comunidad donde habita, logrando con esto tomar muestras representativas de las diversas comunidades de la ciudad para hacer más congruente el estudio.

Pregunta #2:

Se verifica que todos los entrevistados la mayoría de las personas encuestadas cuentan con servicios de agua potable, dando como resultado que el 92 % de los encuestados cuentan con agua potable y el 8 % no cuentan con este servicio.

Pregunta #3:

Se obtuvo un porcentaje del 5% de personas que toman el agua del río para consumo personal y el otro 3% la acarrean de casas vecinas en donde cuentan con agua potable o la extraen de pozos artesanales.

Pregunta #4:

El resultado de esta pregunta fue que un 10% deposita directamente los desechos sólidos al Río San José, este porcentaje indica que los habitantes cercanos a la rivera del río, que por no contar con el servicio del tren de aseo se ven en la necesidad de desalojar todos los desechos producidos en sus hogares.

Pregunta #5:

La mayoría de los encuestados están de acuerdo que el río San José esta contaminado, el resultado arrojado en esta pregunta fue de un 95%.

Pregunta #6:

De los sectores entrevistados, los habitantes conocen ciertas actividades que causan un impacto negativo a lo que es el Río San José, en esta pregunta se dio un porcentaje de 60%.

Pregunta #7:

El 15% de los habitantes conocen que se esta explotando algún tipo de recurso en este río.

Pregunta #8:

De las actividades conocidas por los habitantes que están causando contaminación al río, esta en primer lugar las aguas residuales y en segundo lugar los desechos sólidos.

Pregunta #9:

Los recursos explotados y conocidos por los habitantes de zona de influencia son en primer lugar la arena con un 79%, lo que es la pesca con un 10% en este río, el 11% restante como otros.

3.4 SISTEMA DE DRENAJE.[10]

Dentro de los sistemas de drenaje a considerar tenemos el sistema de alcantarillado de aguas lluvias cuya es función de este es recoger todas las agua lluvia de la ciudad para ser evacuadas a un cuerpo receptor y el sistema de alcantarillados de aguas negras consiste en recoger todas las aguas negras provenientes de todos los habitantes de la ciudad por medio de sistema de alcantarillado sanitario que se encuentra construido subterráneo en la ciudad.

[10] Información proporcionada por la unidad de Ingeniería de la alcadia de Metapan

3.4.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS

El sistema de drenaje de aguas lluvias es el conjunto de obras e Instalaciones hidráulicas destinadas a desaguar las aguas generadas por las precipitaciones pluviométricas, que fluyen superficial en un área determinada.

El centro histórico de la ciudad de Metapan no cuenta con este sistema de drenaje por lo que aguas lluvias provenientes de este sector se deposita a una quebrada que atraviesa la ciudad subterránea por medio de una bóveda subterránea (Ver foto 3.1) y un sistema de alcantarillado de aguas lluvias que fue construida en el año de 1994 en La Urbanización Las Américas; las cuales transporta las aguas lluvias hasta el Río San José y éste la transporta directamente a La Laguna de Metapán.

La bóveda recoge las aguas lluvias de todos los sectores que se encuentran en el centro histórico de la ciudad, los cuales son: El barrio Santa Cruz, Barrio Nuevo, Barrio San Pedro y el Barrio El Calvario, esta bóveda se une a una quebrada denominada Agua Zarca y esta se une al Río San José (Ver Mapa 3.2); El sistema que alcantarillado construido en 1994, que se encuentra en la Urbanización Las Américas recoge las aguas lluvias de las colonias de las Américas Uno, Américas Dos y Colonia Linda Vista, este sistema descarga las aguas lluvias directamente en el Río San José.

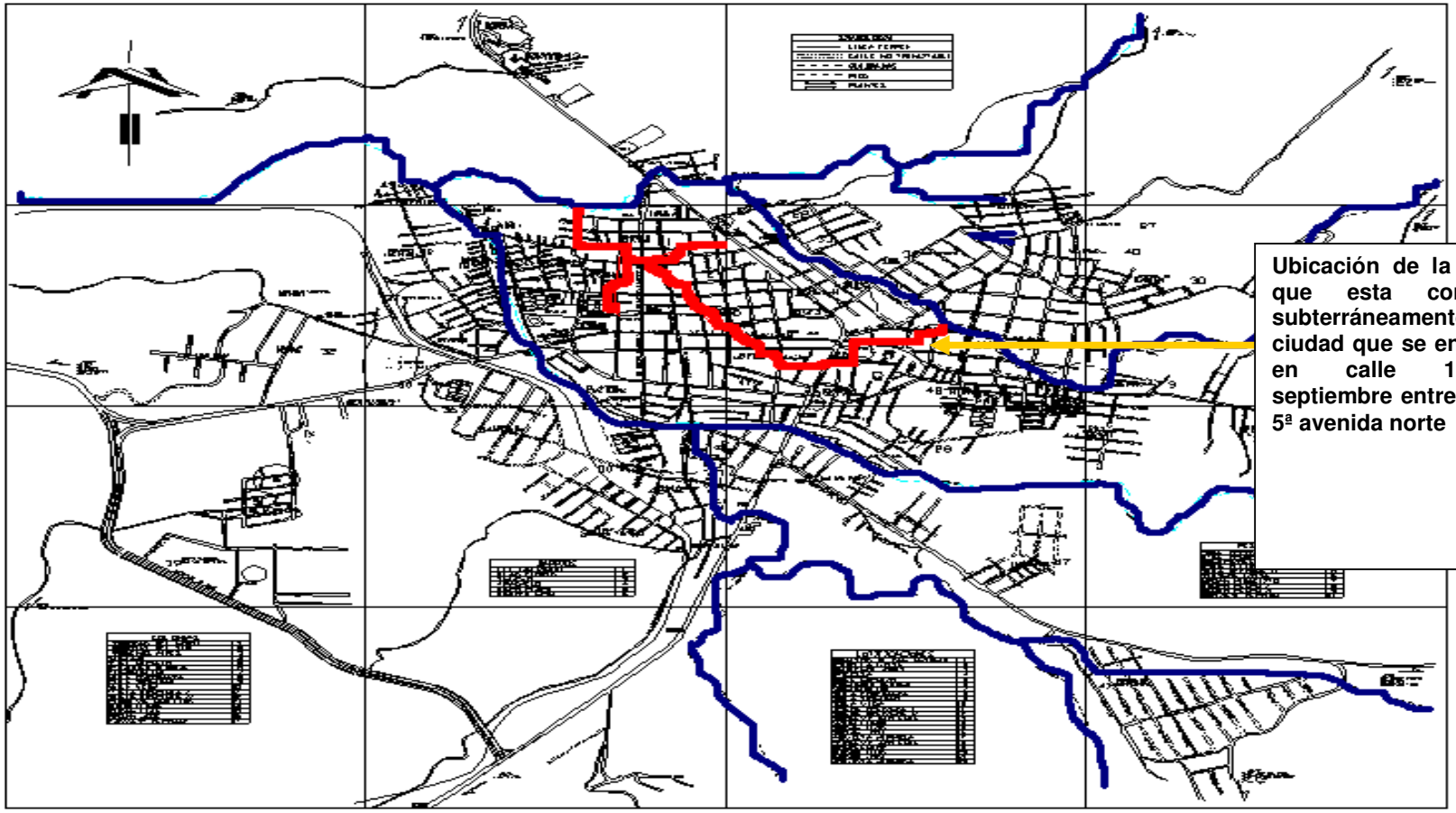
Foto No 3.1

Bóveda que recoge las aguas lluvias de los sectores del Centro Histórico de la Ciudad de Metapan

Fotografía de la bóveda que esta construida subterráneamente en la ciudad

Mapa 3.2

Mapa de Ubicación de la Quebrada que se encuentra subterránea en la Ciudad de Metapán



3.4.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS

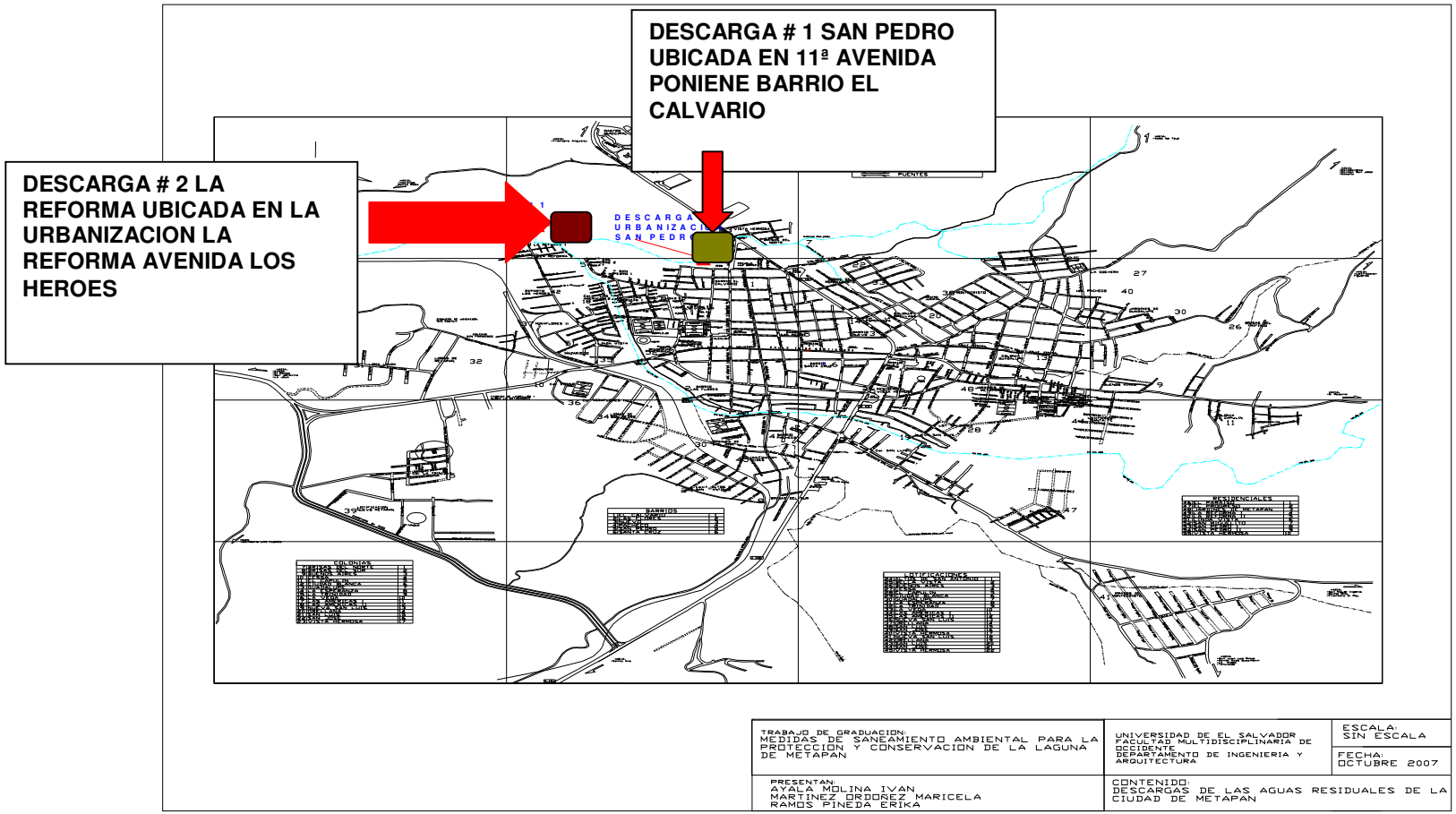
El sistema de alcantarillado de la ciudad de Metapan posee una cobertura 89% de servicio de aguas negras. Actualmente el sistema de alcantarillado sanitario es administrado por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), teniendo un total de 3,329 conexiones al alcantarillado[11].

En la ciudad de Metapan se encuentran letrinas del tipo de fosa de lavar, estas últimas con descargas al alcantarillado sanitario. Se encuentran descargas de aguas residuales, provenientes principalmente, de colonias que han surgido debido al crecimiento urbano de la ciudad, estas son afluentes del Río San José.

Se tiene una descarga principal, por su caudal, que proviene del centro de la ciudad y barrios aledaños, ubicada en el Barrio San Pedro; a esta descarga la denominaremos descarga 1. La segunda de las descargas identificadas se encuentra ubicada en la colonia La Reforma 2, la que denominaremos como Descarga 2 para efectos de identificación, como puede verse en la figura 3.1.

[11] Tomado de Boletín Estadístico 2007, ANDA

Figura 3.1 Ubicación de Descargas de Aguas Residuales en la Ciudad de Metapán.



3.5 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD.[12]

La cobertura actual del servicio es del 92% correspondiente a 5,421 acometidas domiciliares. Administra el sistema la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), quien es la responsable de las labores de operación y mantenimiento del mismo.

El recurso hídrico explotado son fuentes subterráneas; en el 2005 se ejecutó un proyecto de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable, con la incorporación de dos pozos perforados, construcción de tanque de almacenamiento y la instalación de tubería de distribución, para la ciudad de Metapán y sectores urbanos, para el mejoramiento del mismo.

El 22 de marzo de 2007 y el 27 de septiembre de 2007, el Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social obtuvo una muestra de agua potable para realizarle análisis y determinar la calidad de la misma, concluyendo que por su calidad físico química y bacteriológica el agua es adecuada para fines de consumo humano al comparar los resultados de los análisis efectuados contra los limites admisibles de la norma propuesta de CONACYT de agua potable. Los parámetros analizados fueron Bacterias coliformes fecales y totales, Escherichia Coli, pH, sólidos totales disueltos, contenido de metales, entre otros (ver resultados en Figura 3.2 y 3.3).

[12] Información Proporcionada Por La Unidad De Salud De Metapan boletines de análisis de calidad de agua en la Ciudad de Metapan

Figura 3.2

Análisis Físico-Químico del Agua Potable

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Y AGUAS
Alameda Roosevelt frente al parque Cuscatlán Telefax 271-1316

VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

FISICO-QUIMICO DE AGUA POTABLE (F-REP-22)

Número de Referencia: 63
Nombre del Solicitante U. DE S. METAPAN
Nombre del Remitente: NELSON A. ZETINO
Dirección de Toma de Muestra: PLANTA PURIFICADORA EL ROSARIO

Origen del Agua: PLANTA PURIFICADORA
Fecha de Recolección: 22/03/07
Fecha de Recepción: 22/03/07
Hora de Recolección: 8:10 A.M
Fecha de Análisis: 23-30/03/07

DETERMINACION	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	RESULTADO		NORMA*
pH	Standard methods 19 Edition 4500-H B	6.86	--------	6.0-8.50
Olor	Standard methods 19 Edition 2150 B	Aceptable	------	NR
Color (escala Platino Cobalto)	Standard methods 19 Edition 2120 B	Aceptable	mg/L	15.00
Turbiedad	Standard methods 19 Edition 2130 B	0.32	UNT	5.00
Temperatura	Standard methods 19 Edition 2550 B	25.00	°C	NR
Solidos Totales Disueltos	Standard methods 19 Edition 2540 C	143.50	mg/L	1000.00
Hierro (Fe)	Standard methods 19 Edition 3500-Fe B	<0.020	mg/L	0.30
Manganeso (Mn)	Standard methods 19 Edition 3500-Mn B	< 0.019	mg/L	0.10
Dureza Total (CaCo3)	Standard methods 19 Edition 2340 C	64.64	mg/L	500.00
Sulfatos (SO4)	Standard methods 19 Edition 4500-SO4 C	20.64	mg/L	400.00
Nitratos (N-NO3)	Standard methods 19 Edition 4500-NO3 B	< 0.09	mg/L	45.00
Fluoruros (F)	Standard methods 19 Edition 4500-F D	0.20	mg/L	1.00
Cloro residual Libre	Standard methods 19 Edition 4500-Cl G	1.00	mg/L	0.3-1.10

*NSO 13.07.01:04

Licda. Margarita Ayala
Coordinadora del Area de Aguas

[SELLO]

Licda. Mayra García de Vela
Jefe de Laboratorio

Figura 3.3

Análisis Bacteriológico del Agua Potable

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Y AGUAS
Alameda Roosevelt frente al parque Cuscatlán Telefax 271-1316
VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

BACTERIOLOGICO DE AGUA POTABLE (F-REP-24)

No DE MUESTRA: 4111
NOMBRE DEL SOLICITANTE: U. de S. Metapan
FECHA DE RECOLECCION: 27/09/07
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA: 27/09/07
FECHA DE ANALISIS: 27/09/07-01/10/07
FECHA DE REPORTE: 01/10/07
NOMBRE DE QUIEN TOMO LA MUESTRA: Carlos René Martínez
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA: Tanque Distribucion, Planta El Rosario

DEPARTAMENTO: Santa Ana
HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08:30
ADMINISTRACION: ANDA

DETERMINACIONES	RESULTADOS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE*
Bacterias Coliformes Totales: Standard Methods 19 th Edition 9221-B	<1.1NMP/100 ml	<1.1 NMP/100ml
Bacterias Coliformes Fecales: Standard Methods 19 th Edition 9221-E	<1.1NMP/100 ml	<1.1 NMP/100ml
Escherichia coli: Standard Methods 19 th Edition 9225-D	Ausencia	AUSENCIA

*Valor Máximo Admisible de Acuerdo a la Norma NSO 13.07.01:04

Licda. Margarita Ayala
Coordinadora del Area de Aguas

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Y AGUAS MINISTERIO DE SALUD
[SELLO]

Licda. Mayra García de Vela
Jefe de Laboratorio

Los análisis de calidad de agua que se realizan cumplen con una doble finalidad:

- Evaluar las características organolépticas, los análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua suministrada y comprobar que estén dentro de los rangos establecidos por el Ministerio de Salud.
- Darle un mantenimiento preventivo a la red y controlar los efectos de corrosión o incrustación en las tuberías, siendo el mejor indicador de estos efectos, el índice de Langelier, que es un parámetro de la formación de una capa protectora de carbonatote calcio en la superficie de la tubería. El índice de Langelier consiste en la diferencia entre el pH efectivo de la muestra y su pH de saturación, que es aquel, para el que un agua idéntica alcalinidad y dureza (calcio) estará en equilibrio con el carbonato de calcio sólido. Reflejando un índice de Langelier positivo una saturación de carbonato de calcio en el agua, que genera un recubrimiento protector en la tubería, y un índice de Langelier negativo considera que el agua tiene tendencias corrosivas.

De los análisis exigidos por el Ministerio de Salud, ANDA Región Occidental no realiza cinco de los cuales se detallan: Aluminio, Bario, Zinc, Cobre y Níquel.

Para su mejor compresión, los análisis se dividieron en tres grupos en base a su finalidad, detallándose a continuación cada uno de ellos:

1. Formado por aquellos que determinan características organolépticas del agua, que son análisis primarios y no específicos que dan la pauta para determinar que análisis se harán posteriormente, siendo estos: color, olor, temperatura y turbiedad. Además los físico-químicos, donde se evalúan elementos o componentes presentes en el agua que al exceder ciertos valores de concentración, causan problemas de sabor y olor desagradables, o que no tienen un efecto considerable sobre la salud humana, entre ellos: sólidos totales, sólidos disueltos, calcio, sodio, hierro disuelto, hierro total, manganeso disuelto, manganeso total, cloro residual y sulfatos.

2. Son aquellos que se realizan para tener un control sobre los diferentes elementos que están presentes en el agua, y que combinados generan problemas de corrosión o incrustación en la red, incrementando así el costo de mantenimiento de esta, entre ellos: Magnesio, manganeso total, alcalinidad al bicarbonato de Na y K, alcalinidad total, dureza carbonatada, dureza no carbonatada, dureza total, bióxido de carbono, conductividad, índice la Langelier, carbonatos, cloruros, silicio e hidróxidos
3. Compuestos por aquellos elementos altamente tóxicos y que a corto, mediano o largo plazo afectan considerablemente la salud humana, dependiendo de su concentración, entre estos tenemos: potasio, arsénico, boro, nitrato y flúor.

Al comparar los diferentes valores de los análisis de la red obtenidos durante los últimos cinco años con las normas establecidas por el Ministerio de Salud, se observa que los resultados cumplen con dicha norma y por lo tanto el agua es apta para consumo humano. Referente al mantenimiento de la red, los análisis físico-químicos y bacteriológicos cumplen con las Normas del Ministerio de Salud.

DISPOCISION DE DESECHOS SÓLIDOS.[13]

El servicio de aseo es propiedad de la municipalidad y se desarrolla las actividades de recolección, transporte y disposición final; es administrado por el encargado de servicio que distribuye las diferentes rutas dividido en 3 sectores (Ver mapa 3.3), así como del mantenimiento de las unidades y de la atención del usuario. En el cuadro No 3.2 se detallan las actividades que se desarrollan en la recolección de basura.

[13] Información proporcionada por La Unidad de Medio Ambiente de La Alcaldía Municipal de Metapan

Cuadro No 3. 2

Actividades en la recolección de basura

Barrido en las calles	En el área urbana, la alcaldía brinda el servicio de barrido de calles de Lunes a Domingo
Recolección y Transporte	Los desechos sólidos provenientes de las viviendas de Metapan, suman un total de aproximadamente 23 toneladas diarias, las cuales están siendo recolectadas en la acera por el equipo de recolección y transporte, el cual brinda el servicio de recolección de 6 días por semana y esta conformado por un supervisor de aseo y limpieza y un equipo de 16 barrenderos y recolectores, se cuenta con 3 camiones recolectores de 6 toneladas cada uno, así como con 2 pick-ups de los cuales 2 son alquilados y el resto es de propiedad municipal.
Disposición Final	Actualmente la basura esta siendo depositada en contenedores que están en el botadero a cielo abierto propiedad de la municipalidad, para luego ser transportada a MIDES (Manejo Integral de Desecho Sólidos)
Ubicación de Botadero	El botadero municipal se ubica al sur poniente de la ciudad de Metapán en el cantón Tecomapa a 7 Km. sobre la carretera pavimentada que de la ciudad de Metapán conduce hacia San Jerónimo, desvío a 500 mts antes de la Planta Cementera Cessa a lado izquierdo por calle de tierra transitable todo el año.

Fuente: Información proporcionada por la Unidad de Medio Ambiente de la Alcaldía de Metapan

En la actualidad la Municipalidad realiza evaluaciones para determinar la producción percápita de los desechos domiciliares urbanos como se muestra en el siguiente cuadro No 3.3

Cuadro No. 3.3

Generación Percápita de Desechos Sólidos Domiciliares Urbanos en la Ciudad de Metapan

Municipio	Peso Promedio en Kg.	Nº de viviendas Muestreadas	Nº Promedio de Habitantes Atendidas por Vivienda	Producción Percápita Promedio en Kg.
Metapán	**188.83**	**52**	**4**	**1.04325967**

Fuente: Caracterización de Desechos Sólidos desarrollado por PRECOSAL (Programas Comunitarios para El Salvador), el 04-09-07

Además la alcaldía de la Ciudad de Metapan realiza una identificación de los desechos sólidos que son recolectados en la ciudad como se muestra en el siguiente cuadro No. 3.4

Cuadro No 3.4

Caracterización de Desechos Sólidos Urbanos

	Composición %							
Municipio	**Orgánicos**	**Plástico**	**Papel y Cartón**	**Vidrio**	**Metales**	**Textiles**	**Otros**	**Total %**
Metapán	84.33	3.85	7.79	0.85	0.79	1.62	0.77	100

Fuente: Caracterización de Desechos Sólidos desarrollado por PRECOSAL (Programas Comunitarios para El Salvador), el 04-09-07

En el cuadro 3.5 se muestra la caracterización de Desechos sólidos que son recolectados por día en la ciudad.

Cuadro No 3.5

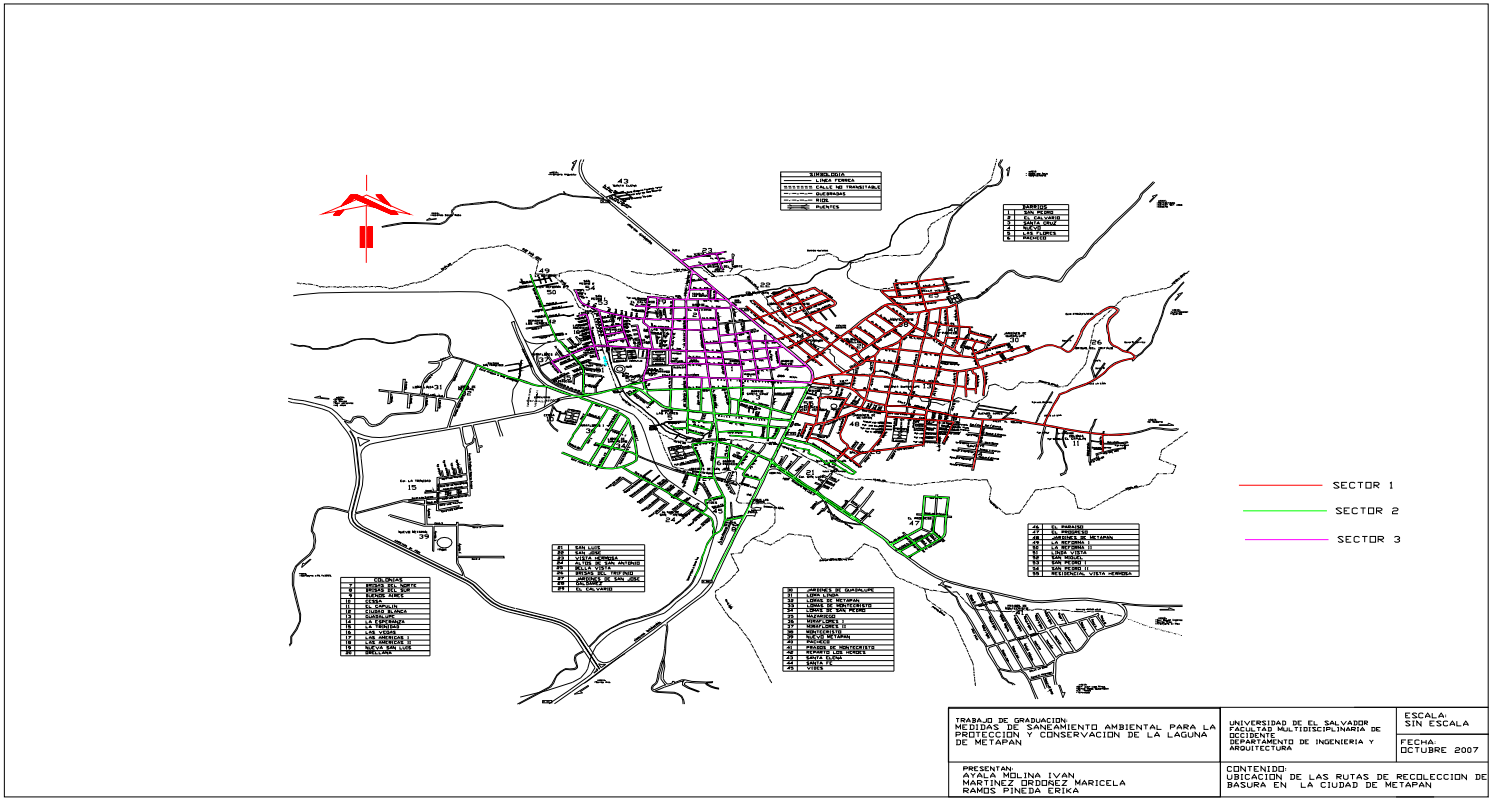
Resumen de Caracterización de Desechos Sólidos, en Kg. Por Día

Alcaldía de la Mancomunidad	Población Urbana	Producción Percápita	Total Kg. por día	Orgánico	Plástico	Papel y Cartón	Vidrio	Metales	Textiles	Otros
Metapán	**29,059**	**1.04325967**	**22,067.0318**	**18,609.13**	**849.58**	**1,719.02**	**187.57**	**174.33**	**357.49**	**169.92**

Fuente: Caracterización de Desechos Sólidos desarrollado por PRECOSAL (Programas Comunitarios para El Salvador), el 04-09-07

Mapa 3.3

Mapa de Rutas Divididos en Tres Sectores que Circulan los Camiones Recolectores de Basura en la Ciudad de Metapán



Fuente: Información proporcionada por las personas encargadas de la de Recolección de Basura en La Ciudad de Metapan

ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JOSE

ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO REALIZADO EN PUNTOS ESTRATEGICOS EN EL RÍO SAN JOSE

En el Río San José se tomaron tres muestras en diferentes puntos como se muetra en el Mapa 3.4, los cuales son:

- **Muestra # 1** Antes del paso de la ciudad en El Barrio San Luís

- **Muestra # 2** 100 mts abajo de descarga de aguas residuales de tipo ordinario de la ciudad de Metapan

- **Muestra # 3** 100 mts arriba de aguas residuales de tipo ordinario de la ciudad de Metapan

Los análisis practicados en el Río San José fueron: Potencial de Hidrogeno (pH), Demanda Química de Oxigeno (DQO) y Coliformes Fecales, tomamos en cuenta estos análisis por que son los que nos proporcionan mas información en la calidad de agua de este cuerpo. Los análisis físico-químicos y bacteriológicos realizados en el Río San José se muestran en la figura No 3.4, 3.5 y 3.6

Mapa 3.4

Lugares donde se Extrajeron Las Muestras

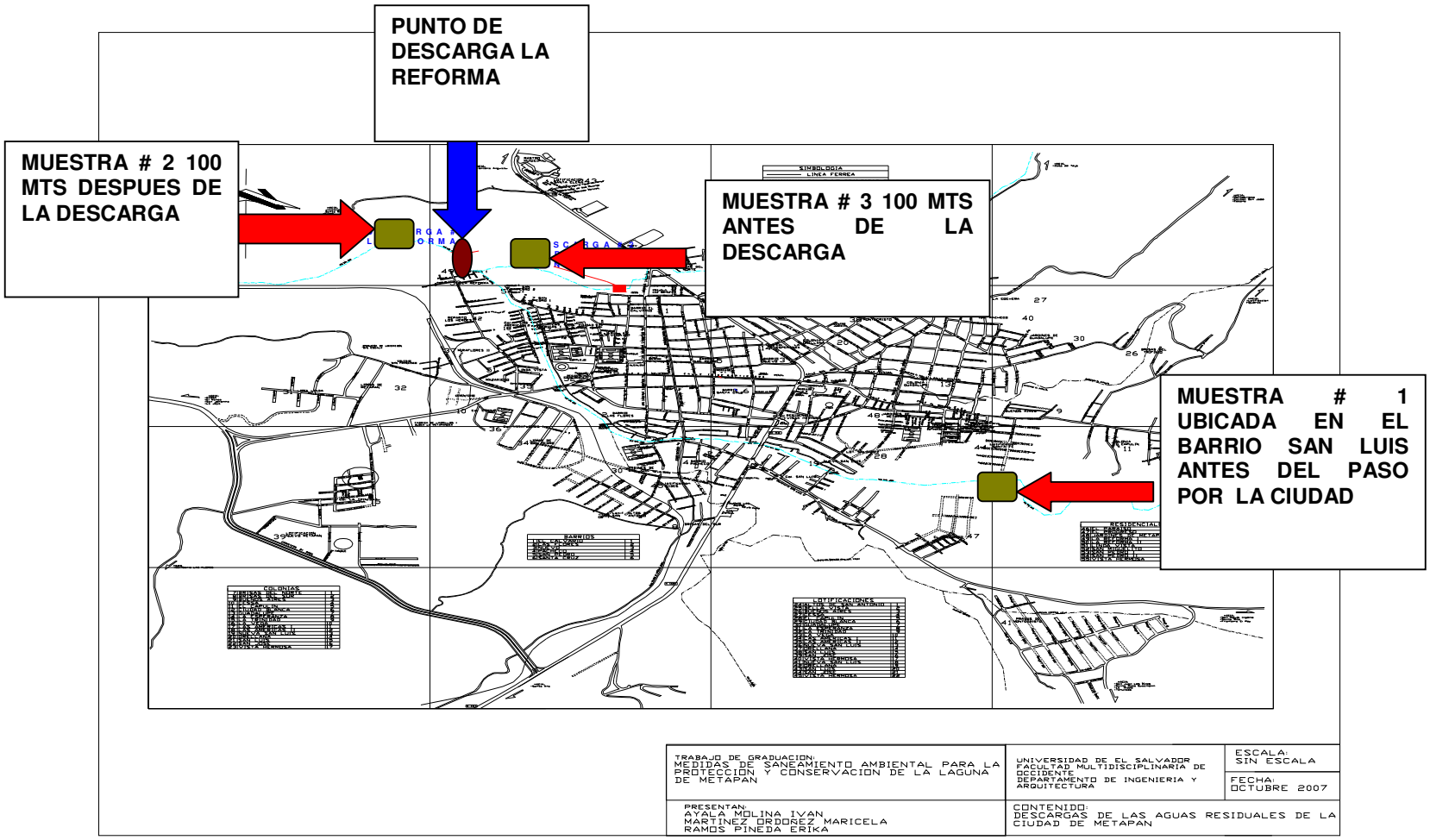


Figura 3.4 Análisis Físico-Químico de la Muestra # 1

INSTITUTO DEL AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
APARTADO 1908, SANTA ANA, EL SALVADOR, C.A.

TELEFONOS (503) 2484-0898
FAX (503) 2484-0896

INFORME DE LABORATORIO

01/2007

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia	: Río San José
Ubicación	: Barrio San Luis, Metapán (antes del paso por la ciudad)
Municipio	: Metapán
Departamento	: Santa Ana
Fecha y hora de muestreo	: 30 de octubre de 2007, 12.40 p.m.
Fecha de análisis	: 30 de octubre de 2007
Solicitante	: Br. Maricela Martínez Ordóñez Br. Erika Ramos Pineda Br. Iván Ayala Molina

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Físico-química	Resultados
pH	8.29
DQO (mg/l)	20
Determinación Bacteriológica	
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	1,100

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente
Instituto del Agua
Departamento de Ingeniería

Responsable de Laboratorio.

Metodología:

pH	**: Potenciométrico**
DQO	**: Espectrofotométrico**
Coliformes fecales	**: filtración por membrana**

Figura 3.5 Análisis Físico-Químico de la Muestra # 2

INSTITUTO DEL AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
APARTADO 1908, SANTA ANA, EL SALVADOR, C.A.

TELEFONOS (503) 2484-0898
FAX (503) 2484-0896

INFORME DE LABORATORIO

01/2007

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia	: Río San José
Ubicación	: 100 m abajo de descarga de aguas residuales de tipo ordinario de la ciudad de Metapán
Municipio	: Metapán
Departamento	: Santa Ana
Fecha y hora de muestreo	: 30 de octubre de 2007, 12.20 p.m.
Fecha de análisis	: 30 de octubre de 2007
Solicitante	: Br. Maricela Martínez Ordóñez Br. Erika Ramos Pineda Br. Iván Ayala Molina

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Físico-química	Resultados
pH	7.54
DQO (mg/l)	42
Determinación Bacteriológica	
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	107,400

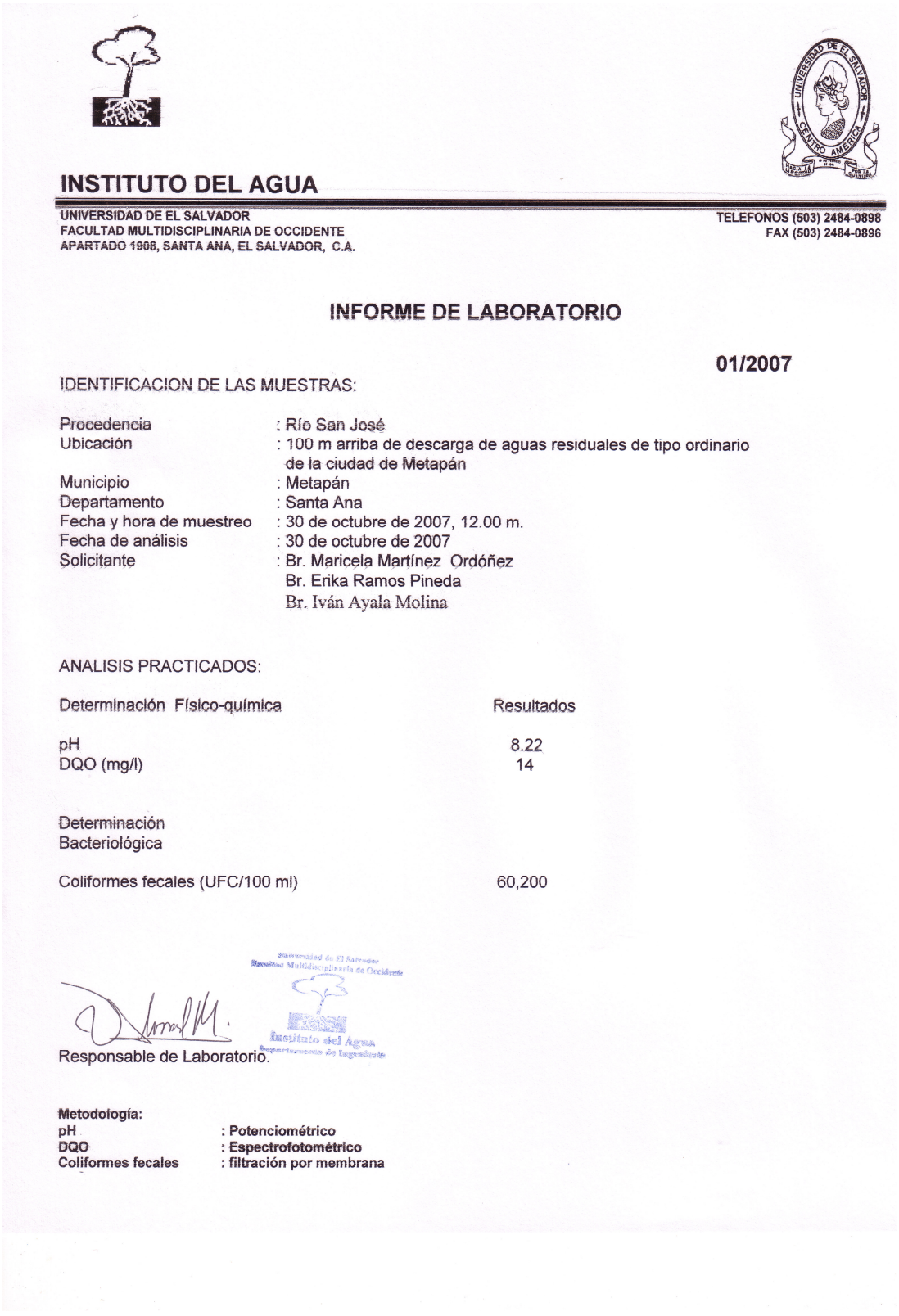
Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente
Instituto del Agua
Departamento de Ingeniería

Responsable de Laboratorio.

Metodología:

pH	**: Potenciométrico**
DQO	**: Espectrofotométrico**
Coliformes fecales	**: filtración por membrana**

Figura 3.6 Análisis Físico-Químico de la Muestra # 3



INSTITUTO DEL AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
APARTADO 1908, SANTA ANA, EL SALVADOR, C.A.

TELEFONOS (503) 2484-0898
FAX (503) 2484-0896

INFORME DE LABORATORIO

01/2007

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia	: Río San José
Ubicación	: 100 m arriba de descarga de aguas residuales de tipo ordinario de la ciudad de Metapán
Municipio	: Metapán
Departamento	: Santa Ana
Fecha y hora de muestreo	: 30 de octubre de 2007, 12.00 m.
Fecha de análisis	: 30 de octubre de 2007
Solicitante	: Br. Maricela Martínez Ordóñez Br. Erika Ramos Pineda Br. Iván Ayala Molina

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Físico-química	Resultados
pH	8.22
DQO (mg/l)	14
Determinación Bacteriológica	
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	60,200

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente
Instituto del Agua
Departamento de Ingeniería

Responsable de Laboratorio.

Metodología:

pH	**: Potenciométrico**
DQO	**: Espectrofotométrico**
Coliformes fecales	**: filtración por membrana**

ANALISIS FISO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICO

ANÁLISIS FISICO-QUIMICO.

El potencial de hidrógeno en la muestra # 1 (antes del paso por la ciudad) es de 8.29, lo que indica que posee moderada alcalinidad, ya que sobre pasa del valor de 7 que es el limite permisible de alcalinidad y un DQO de 20 mg/l, que se encuentra muy alejado del limite permitido que es un 9 para los ríos, demandando mayor cantidad de oxigeno para descomponer la materia orgánica e inorgánica.

El potencial de hidrógeno en la muestra # 2 (100 mts debajo de descarga de aguas residuales de tipo ordinario) es de 7.54, lo que indica que posee ligera o poca alcalinidad, ya que sobre pasa del limite permisible de alcalinidad y un DQO de 42 mg/l, que se encuentra muy alejado del limite permitido que es un 9 para los ríos, lo que provoca mayor demanda de cantidad de oxigeno para descomponer la materia orgánica e inorgánica.

El potencial de hidrógeno en la muestra # 3 (100 mts arriba de la descarga de agua residuales de tipo ordinario) es de 8.22, lo que indica que posee alcalinidad, ya que sobre pasa del limite permisible de alcalinidad y un DQO de 14 mg/l, que se encuentra fuera del limite permitido que es un 9 para los ríos, lo que provoca mayor demanda de cantidad de oxigeno para descomponer la materia orgánica e inorgánica.

ANÁLISIS BACTERIOLOGICO.

Los resultados de la muestra #1 es de 1,100 UFC/100ml de coliformes fecales es indicador de poca contaminación ya que en esta zona no se identificaron descargas de aguas residuales. En la muestra # 2, es de 107,400 UFC/100ml de coliformes fecales que indica un alto grado de contaminación por el vertido aguas residuales provenientes de la ciudad. En la muestra # 3, es de 60,200 UFC/100ml de coliformes fecales indica contaminación ya que en el trayecto del río en la ciudad existen tuberías de aguas negras que descargan estas agua directamente sobre este cuerpo.

Tanto los valores de la muestra #1, muestra #2 y muestra # 3 de los análisis físico-químico y bacteriológico, se han comparado con los valores permisibles según la norma Calidad de Agua y Vertidos OMS/OPS (1987), datos extraídos de la Tesis de Evaluación y Propuestas de Solución de La Contaminación de Los Manantiales De Apanteo 1998 e información Proporcionada por el Instituto de Agua de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

3.8 CLASIFICACION DEL AGUA SEGÚN DE SUS USOS

3.8.1 AGUA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LA NORMA CALIDAD DE AGUA Y VERTIDOS OMS/OPS (1987) Y NORMAS TECNICAS DE ANDA

Los límites máximos permisibles que restringen los contenidos de concentraciones de los compuestos y elementos presentes en el agua potable, para garantizar una calidad, se encuentra regido por las normas técnicas de ANDA, en donde se establecen los parámetros máximos permisibles y aceptables de calidad física, química y bacteriológica; en contraste con las normas de la OPS (Organización Panamericana de la Salud) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) que toman todos los parámetros guías para agua potable, guiándonos en nuestro estudio por las normas la OPS y OMS.

Encontrándose en la muestras del cuadro No 3.6, que esta agua no es apta para consumo humano según las normas, ya que en todas las muestras presentan coliformes fecales que son indicadores de contaminación, que según especificaciones de normas tendría que ser cero, aunque el pH este dentro de los rangos de 6.5-9.0 según la norma. Ver anexo 2.2, 2.3.

Cuadro No 3.6

Valores de Coliformes Fecales

DESCRIPCION	VALORES UFC/100 Ml
Muestra # 1	1,100
Muestra # 2	107,400
Muestra # 3	60,200

AGUA PARA RIEGO SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

La clasificación y uso de las aguas para fines de riego se juzgan teniendo en cuenta las características químicas, agronómicas y edafológicas. Así entonces, deberá tenerse presente la susceptibilidad o la resistencia de las plantas de cultivo que se vayan a regar, su tolerancia a las sales, las propiedades y composición del suelo, su manejo, conservación y mejoramiento; drenaje del terreno y condiciones meteorológicas.

En las muestras del cuadro No 3.7, el agua del río San José no es apta para riego ya que el pH de las muestras # 1 y 3 se encuentra fuera del rango permitido; aunque el pH de la muestra # 2 se encuentra dentro del rango permitido. Pero los coliformes fecales se encuentran mucho mayor de lo permitido, contaminando de tal manera el agua que contaminaría los cultivos que sean regados con ella. Ver anexo 2.4

Cuadro 3.7

Valores de Coliformes Fecales y PH de las muestras de agua

DESCRIPCION	VALORES UFC/100 Ml	pH
Muestra # 1	1,100	8.29
Muestra # 2	107,400	7.54
Muestra # 3	60,200	8.22

AGUA PARA USO PECUARIO SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

Cuando se refiere a uso pecuario, se hace con relación al agua que será utilizada en ganadería, avicultura y acuicultura.

En ganadería esta relacionada con la actividad de cría de ganado bovino, porcino, caballar, caprino y otros. La avicultura esta relacionada con la cría de aves. La acuicultura se refiere al cultivo de peces y camarones en agua dulce y salobre.

El agua del Río San José no se encuentra apta para uso en ganadería ni avicultura ya que aunque los pH de las muestras # 1, 2 y 3 del cuadro No 3.7 se

encuentra dentro del rango, pero los valores coliformes fecales de las muestras se encuentran muy superior de lo permitido. Ver anexo 2.5.

Tampoco se encuentra apta para uso en acuicultura ya que aunque su pH se encuentra dentro del rango, pero los coliformes fecales se encuentras mucho mas elevados según los limites permisibles. Ver anexo 2.6.

3.8.4 AGUA PARA USO RECREATIVO SEGÚN NORMAS US EPA (Enviromental Polution Association)

Los usos de agua para recreación están relacionados con la utilización de los cuerpos de aguas naturales, como lugares de esparcimiento y descanso de los seres humanos, sobresaliendo la utilización como piscinas y balnearios naturales.

Existe referencia de una serie de trastornos o enfermedades que tienen relación con la utilización de agua para uso recreativo, entre los cuales se menciona con cierto énfasis los trastornos intestinales tales como: tifoidea, paratifoidea, disentería bacilar y amibiana, infecciones de los ojos, oídos, nariz y garganta, incluyendo enfermedades respiratorias, venerias y afecciones de la piel. El agua del río San José según las muestras # 1, 2 y 3 realizadas a este cuerpo no se encuentra apta para uso recreativo aunque su pH se encuentra dentro del rango, los coliformes fecales se encuentran muy elevados en comparación de los limites permisibles según la norma US EPA. Ver anexo 2.7.

CAPITULO IV
ESTUDIO HIDROLÓGICO
DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPÁN
Y LOS AFLUENTES QUE ALIMENTAN LA LAGUNA:
RÍO SAN JOSÉ Y RÍO CHIMALAPA

4.0 INTRODUCCION

A través del tiempo se han realizado diferentes estudios para determinar la cantidad de agua que circula en un río. De lo anterior el presente capitulo analiza y determina todas las variables que se utilizan para realizar un estudio hidrológico.

El estudio hidrológico se analizo en dos partes, la primera es para la cuenca de los afluentes de la Laguna de Metapán los cuales son el Río San José y Río Chimalapa y la segunda comprende el estudio hidrológico de La Laguna de Metapán.

Para evaluar la cantidad de agua que se deposita en La Laguna, se hará por medio del Método de Isócronas para obtener el Caudal de Aguas Máxima y el Nivel de Aguas Máximas, este análisis servirá para el cálculo de la cantidad de sedimento que se deposita en la Laguna de Metapán y en el análisis de Propuestas de Solución el cual se detallara en el Capitulo 5 y Capitulo 6.

4.1 GENERALIDADES DE LOS AFLUENTES QUE ALIMENTAN LA LAGUNA DE METAPAN: RÍO SAN JOSE Y RÍO CHIMALAPA

4.1.1 UBICACIÓN

La cuenca del río San José y El Río Chimalapa se localiza al norte del departamento de Santa Ana, entre los 14° 18' y 14° 25' latitud norte y los 89° 20' y 89° 25´ longitud oeste, drena permanentemente las aguas de la zona montañosa del cerro Miramundo, y las aguas de la zona baja, aledañas a la ciudad de Metapán son incorporadas al río San José los afluentes principales como: La Quebrada El Sesteadero y El Río Las Animas. En el río Chimalapa son fusionadas: La Quebrada Honda, Colorado, Espinal Chorrera Huatal Pando, El Cerrón, El Tigre, Santa Cruz y El Río Amayo.

La Laguna de Metapán esta ubicada al noreste del lago de Güija y a 3 Km. al Suroeste de la ciudad entre los cantones de Las Piedras y Tecomapa, Municipio de Metapán y en el Departamento de Santa Ana entre las coordenadas: 14°17' Latitud Norte 89°27' Longitud Oeste en esta cuenca se drenan los afluentes de Río Chimalapa y Río San José por medio del Río Trapichito.

4.1.2 POBLACIONES

Entre las poblaciones más importantes que encierra la cuenca del Río San José se encuentran: Caserío Majaditas, Hacienda San José Ingenio, Caserío El Cubano, Caserío El Casas de Tejas, Cantón y Caserío El Capulín y Metapán. En la cuenca del Río Chimalapa tenemos: Caseríos Las Mesas, El Limo y Chimalapa.
En la Laguna de Metapán se encuentran los caseríos cuyos nombres son: El Zorrial, El Arbizú, La Bendición de Dios y El Arenal Pacheco ubicados en el cantón Las Piedras y el Caserío Las Lomas ubicado en el Cantón Tecomapa.

4.1.3 GEOLOGIA[27]:

En la Laguna de Metapán la geología de la zona suroeste de la Laguna de Metapan es caracterizada por depósitos holocenos volcánicos de lava basáltica, escorea carbonilla y ceniza y en menor grado pleistoceno lacustrico y depósitos de cenizas.

De acuerdo al Mapa Geológico, el Cerro San Diego, localizado en los limites de la parte sur de la Laguna de Metapán, es el que muestra un mayor rasgo de holocenitos volcánicos, que asociados con las fallas, ha contribuido a la expansión de la lava basáltica en el área, con excepción de la parte noroeste y noreste.

Depósitos pleistocenos lacustricos derivados de materiales piroclasticos se encuentran en forma aislada a orillas de la Laguna, los depósitos mas antiguos son cenizas pleistocenicas y piroclasticas expuestas en la mayor parte del noroeste de la cuenca.

En los Ríos Chimalapa y San José presenta formaciones geológicas de las mas antiguas del país (Jurásico y Cretácico) donde sobresalen las rocas calizas, caracterizadas por la presencia de conglomerados de cuarzo, areniscas, siltitas, y lutitas con vulcanitas básicas intermedias subordinadas, así como calizas rojas, calizas oscuras densas y calizas margosas con súper posiciones de calcilutitas.

La sucesión de tipos litológicos es la siguiente:

A) Cuarcita en alternancia con greda cuarcitica. Se presenta en espesores variables. En las partes meteorizadas predomina la cuarcita de grano fino y fractura rugosa con tonos verdes por la dispersión de la corita. Tiene estratificación regular. En la parte sana se encuentran cuarcitas blancas de fractura concoide. Estos materiales son sedimentos marinos con gel sálico en arena.
B) Areniscas finas de color rojo violeta: Este tipo presenta poca variación litológica, estando constituido por nódulos de cuarzo y agrupados en capas de espesor aproximado de 100 mts. El origen es de mar poco profundo.

[14] Instituto Geográfico Nacional de El Salvador

C) Caliza de color gris en blancos gruesos y caliza oscura laminada: Tiene un espesor aproximado de 100 mts. El origen del material son bancos de ostras y foramíneos de bajo fondo.
D) Conglomerados monomictos de caliza de color rojo violeta: Tiene un espesor aproximado de 100 mts en las áreas de deposición y se encuentra en la parte superior de las calizas. Forma rocallas oscuras o grises. El material es de origen marino con buen cemento calcáreo limonítico
E) Areniscas rojas de grano fino: En este tipo la concentración de mineral en la broza es elevado (80 – 90 %), encontrándose en ella la mineralización de la pirita. Tiene un espesor aproximado de 80 mts. El origen del material es marino de sedimentación escollera.

4.1.4 SUELOS[28].

Uno de los aspectos importantes del suelo de la cuenca del río San José y el Río Chimalapa es su comportamiento con respecto a la escorrentía. En un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería se utilizó la guía de clasificación de suelos hidrológicos de la publicación "determinación de los escurrimientos con los datos de suelo y vegetación" del servicio de conservación de suelos de EE.UU.

El resultado de la categorización es el siguiente♦:

Grupo B: Con infiltración media superior, después de haberse mojado completamente.

Grupo C: Grupo que tiene infiltración inferior al promedio después de la saturación. Suelos poco profundos con mucha arcilla y coloides.

Grupo D: Suelos poco profundos con sub – horizontes casi impermeables cerca de la superficie.

La distribución de los suelos hidrológicos en la cuenca del río San José y Chimalapa sobresale la clasificación "D" en la parte alta de la cuenca y la clasificación "C" en la parte media y baja de la cuenca.

[28] El problema torrencial de la cuenca del Río San José, Tage Michaelsen, Luis Edgar Heymans
♦ El grupo A no se encuentra en la cuenca del Río San José.

En la cuenca de los ríos San José y Chimalapa de acuerdo con su clasificación pertenece a Suelos Latosoles Arcillo Rojizos; Clase de Uso del Suelo: Desarrollo Agrícola Marginal, Clase de Tierra: VII que consiste en Tierras con limitaciones muy severas que las hacen inadecuadas para cultivos. Restringen su uso para la vegetación permanente como bosques y praderas los cuales requieren un manejo muy cuidadoso. Estas tierras tienen limitaciones permanentes que en general son pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales.

4.1.5 VEGETACION[29]

Principalmente en la cuenca del Río San José y el Río Chimalapa se identifican especies arbustivas y arbóreas representadas localmente por: Almendro de río, Madrecacao, Conacaste, Chupamiel, Siete pellejos, San Andrés, Tambor, barillo, Sangre de chucho, Espino blanco, Izcanal, Tihuilote, Carao, Manzana rosa, Pito, Copinol, Matazano, Ciprés, Mango llano, Aceituno, y otros.

En los alrededores de la Laguna de Metapan la vegetación en su entorno se encuentra fuertemente fragmentada y en muy pocos relictos de tierra se observa algunos parches con árboles silvestres como: Conacaste negro *Enterolobium cyclocarpum*, conacaste blanco *Albizia caribaea*, zorra *Samanea saman*, jiote *Bursera simaruba*, flor de mayo *Plumeria rubra* y otras especies caducifolias típicas de esta zona En el entorno de la laguna resaltan algunos árboles de “pimientillo ó limoncillo” *Pyllanthus elsiae* como lo llaman localmente. El único sector de la Laguna de Metapán con vegetación original se encuentra en el la parte que colinda con el predio Baldío, el cual cuenta con vegetación acuática de ribera unida al bosque seco de San Diego. En este sector se da la combinación de vegetación acuática-vegetación ribereña y bosque seco caducifolio.

4.1.6 CLIMA

El clima en la zona de la Laguna, según la clasificación de Köpeen, pertenece a las Sabanas Tropicales Calientes. La estación seca comprende los meses entre Noviembre y Abril, las temperaturas varían entre 22 ºC y 27 ºC, según la altura. En las

[29] Estudio De Flora Y Fauna Vertebrada Del Bosque San Diego Y La Barra, Metapán, Santa Ana 2001

zonas próximas al Lago de Güija, las precipitaciones presentan un promedio anual de 1,606 mm, aunque en el área que se extienden hacia el Este, se registran sumas anuales promedio que no sobrepasan los 1,300 mm; esta zona se supone es la mas seca del país. La humedad Relativa presenta un valor anual de 69.5%. En las planicies alcanza valores de 30% y 50%, y en las montañas hasta 80%. Anualmente la menor humedad relativa ocurre durante los meses de Febrero y Marzo, la mayor temperatura se presenta en Agosto y Septiembre.

La evaporación en la cuenca del Río Chimalapa y Río San José, varía de los 1600 mm, valor promedio anual en Metapán y en las zonas aledañas; a menos de 1300 mm en las partes elevadas de la misma.

La precipitación se distribuye cubriendo áreas no muy grandes estableciéndose cierta homogeneidad lluviosa (1200 msnm) hacia el cerro Miramundo, y en el área restante el foco principal de concentración de lluvia se encuentra en Metapán y sus alrededores.

Los vientos que se registran tienen dirección Nor – Este, aunque también ocurren en ciertas épocas vientos fríos provenientes del norte (Golfo de México).

En la cuenca se presentan lluvias irregulares típicas de las zonas topográficas accidentadas, en las cuales fuertes tormentas cubren áreas pequeñas; en el período seco las lluvias esporádicas que ocurren se originan por las condiciones del clima y topografía muy particulares del área.

Las variaciones climáticas de la cuenca del río San José, considerando una zona baja, a menos de 900 msnm y una zona alta, por encima de esa elevación son:

La Temperatura media anual en la zona baja es de 24°C, mientras que en la zona alta la temperatura es de 16°C; la Humedad relativa del aire en la zona alta es de 86% y en la zona baja es de 70%; el promedio anual de luz solar es de 8 horas por día en la zona baja, y de 6.5 horas por día en zona alta; la dirección del viento en la zona alta es Norte mientras que en la zona baja es Nor – Este.

Esta serie de parámetros indican claramente el origen del escurrimiento continuo en la parte más elevada de la cuenca, pudiéndose sintetizar en:

- Temperaturas bajas.
- Bajo promedio diario de brillo solar.
- Bajos valores de Evapotranspiración.

Estos fenómenos producen fuertes escorrentías cuando no existen áreas boscosas que retengan suelos orgánicos, grandes áreas están deforestadas, permitiendo escurrimientos rápidos, los suelos son poco profundos y la roca madre es impermeable, la topografía es muy accidentada.

4.1.7 CLASIFICACION DE CUENCA HIDROGRAFICA

Una cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre tal que si fuera impermeable, las gotas de lluvia que caen sobre ella, tienden a ser drenada por un sistema de corriente hacia un mismo punto de salida. Desde el punto de vista de su salida existen fundamentalmente dos tipos de cuencas hidrográficas:

- *Cuenca Endorreica:* en donde las corrientes o causes drenan hacia un punto dentro de la cuenca.
- *Cuenca Exorreica*: en donde las corrientes drenan hacia un punto ubicado en los límites de la cuenca.

Para nuestro estudio se analizaran dos cuencas por separado, ya que la cuenca de la Laguna de Metapán es de tipo endorreica ya que su punto de recogimiento es la propia Laguna, y la cuenca de los afluentes que alimentan a la Laguna: El río Chimalapa y El río San José es de tipo exorreica ya que su punto de recogimiento esta ubicado en los limites de la cuenca.

4.1.8 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN Y LOS AFLUENTES RÍO SAN JOSE Y RÍO CHIMALAPA

La cuenca actuando como un sistema natural de drenaje de las agua lluvias posee características que definen y establecen el comportamiento y la forma de cómo se realiza dicho drenaje.
Dentro de la cuenca existen varios fenómenos, estos fenómenos en gran parte están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca.

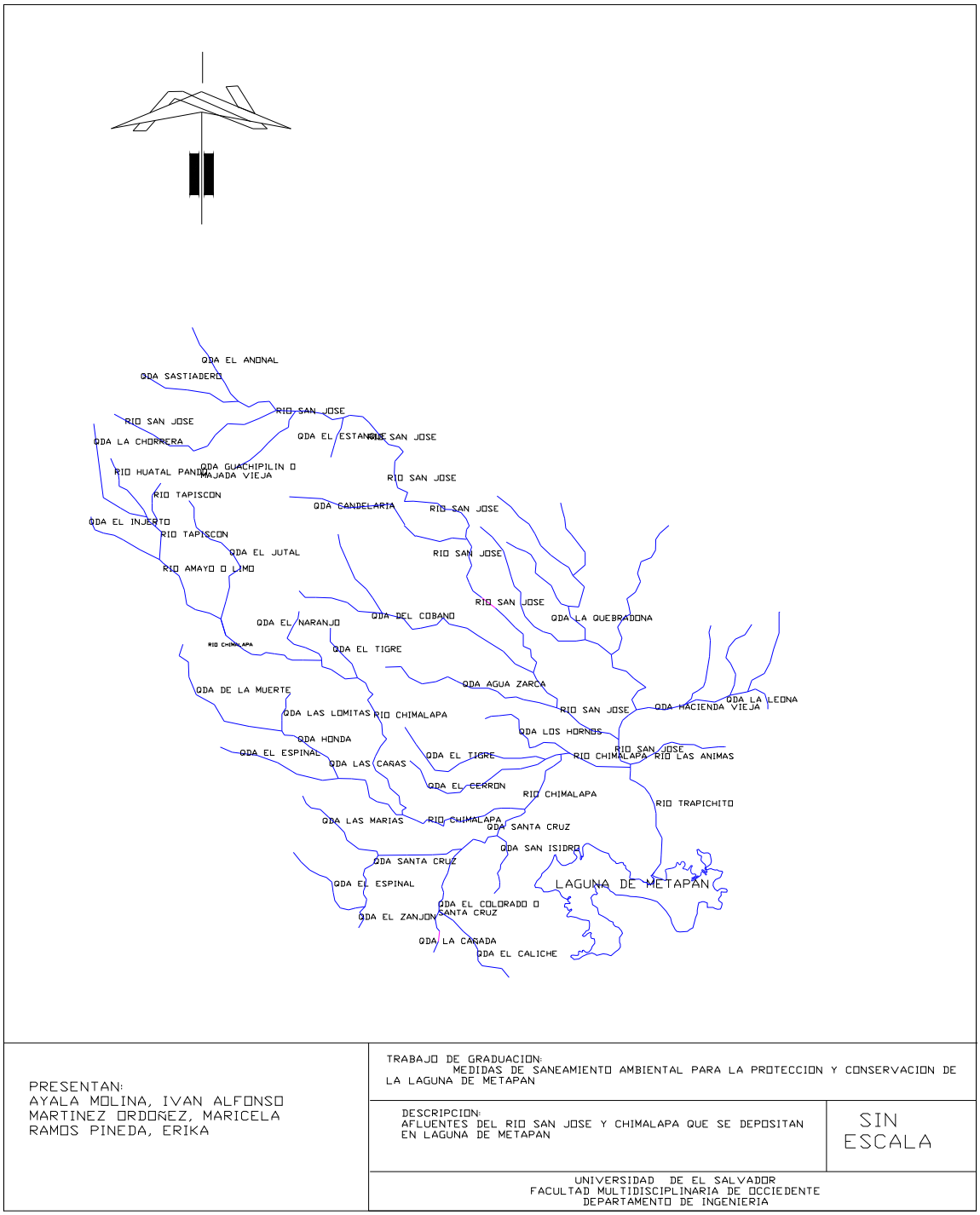
4.1.8.1 TRAZO DEL PARTE DE AGUA

El parte aguas de la cuenca esta perfectamente identificado en casi todo su perímetro a excepción de toda la zona sur – este; en la cual se observan drenajes de dirección caprichosa y no muy bien definidos. Ver Mapa 4.1

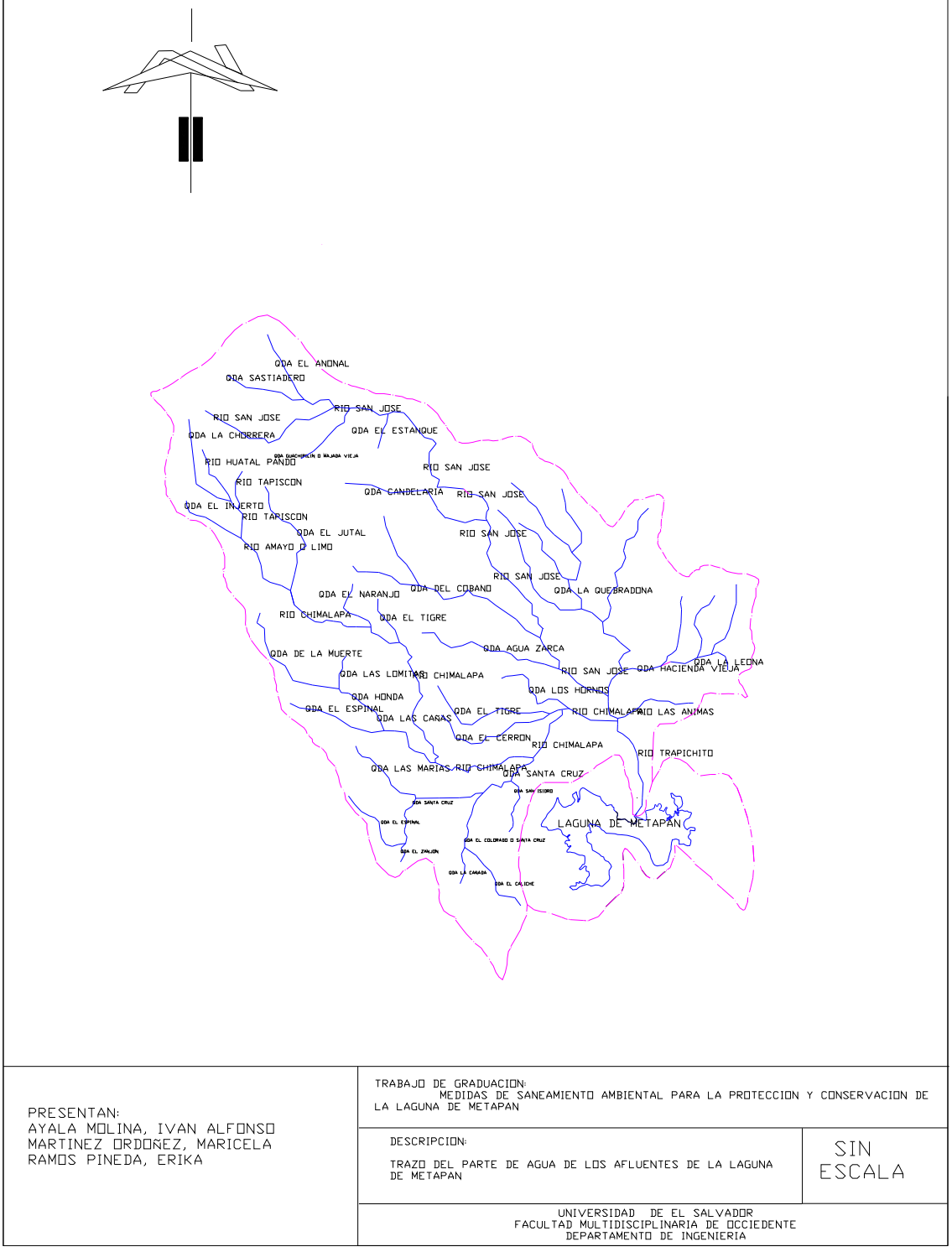
El contorno que define la superficie de la cuenca se le conoce como Parte Aguas entendiéndose como tal una línea imaginaria, la que es definida como una serie de puntos de mayor elevación. Ver Mapa 4.2. Para la definición del parte aguas se hace uso de mapas topográficos en escala 1: 250000 y tomando en cuenta las practicas siguientes:

1. La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
2. Cuando la divisoria va aumentando su altitud, esta corta a la curva de nivel por su parte convexa.
3. Si se corta el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección, con esta ha de ser el punto de mayor elevación del terreno.
4. La línea divisoria nunca debe cortar a un arroyo o río excepto al punto de interés.

Mapa 4.1 Esquema de los Afluentes Del Río San José y Río Chimalapa que Se Depositan en La Laguna de Metapan



Mapa 4.2 Trazo del Parte de Agua



PRESENTAN:
AYALA MOLINA, IVAN ALFONSO
MARTINEZ ORDOÑEZ, MARICELA
RAMOS PINEDA, ERIKA

TRABAJO DE GRADUACION:
MEDIDAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCION Y CONSERVACION DE LA LAGUNA DE METAPAN

DESCRIPCION:

TRAZO DEL PARTE DE AGUA DE LOS AFLUENTES DE LA LAGUNA DE METAPAN

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIEDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

4.1.8.2 ÁREA DE LA CUENCA

Utilizando los cuadrantes cartográficos en la escala 1: 250000 y haciendo uso del planímetro se determinó:

AREA DE CUENCA DE LOS AFLUENTES QUE DESEMBOCAN A LA LAGUNA DE METAPAN = 117.06 KM^2

4.1.8.3 LONGITUD DEL CAUCE MAS LARGO (Lc)

Haciendo uso de técnicas aprendidas el curso de hidrología se determino la longitud del cauce mas largo que resulto ser de ***Lc=20.2 km***. El cual está formado por el Río Chimalapa y la quebrada La Chorrera. Ver mapa 4.3

4.1.8.4 PERIMETRO DE LA CUENCA

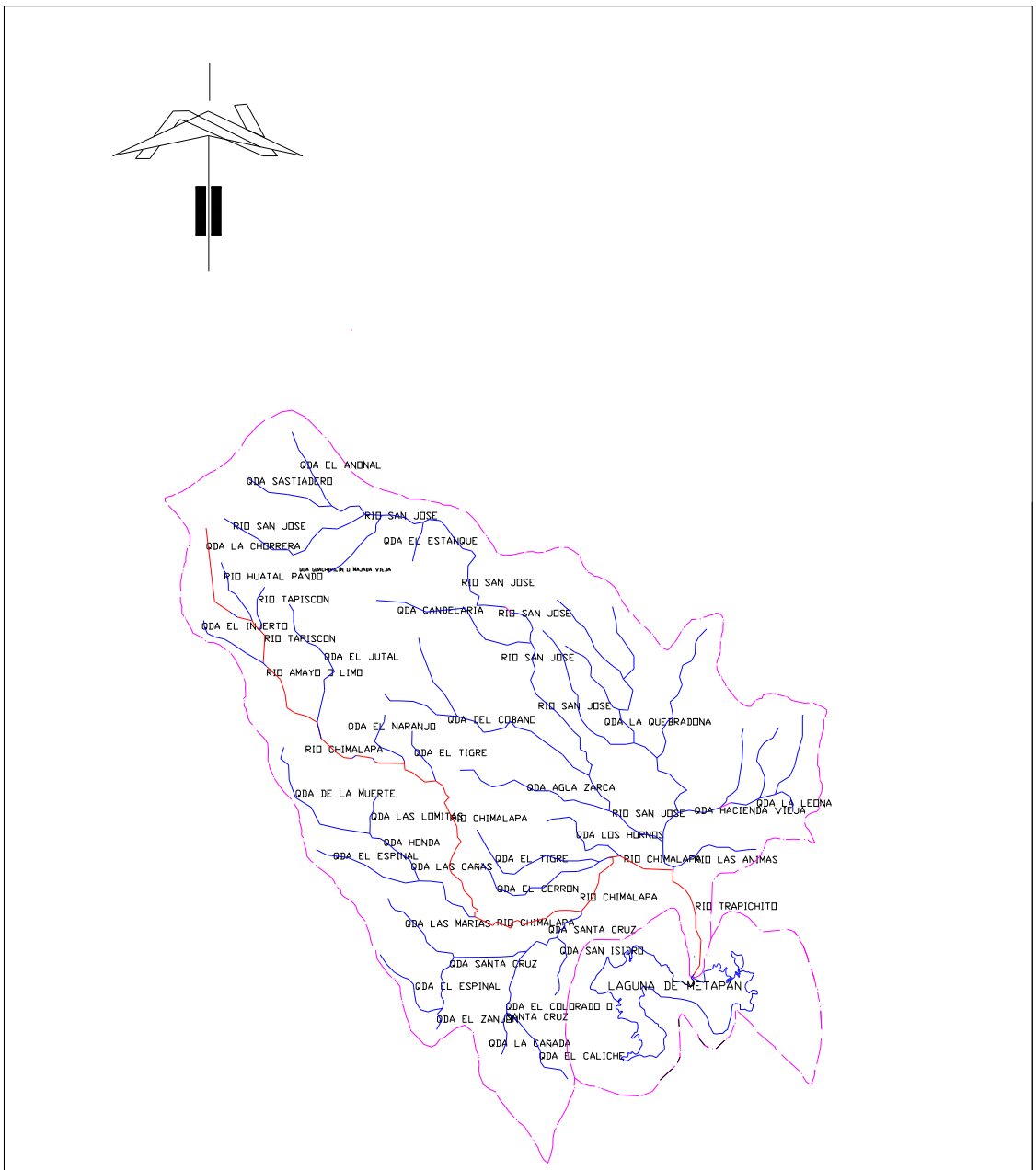
En base a métodos del hilómetro se obtuvo un valor del perímetro de la cuenca es de ***55.32 Km.***

4.2 DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO DE LA CUENCA.

Existe una gran cantidad de metodología encaminadas a la determinación de crecidas máximas, las cuales han sido desarrolladas en base a observaciones realizadas en varias regiones del mundo.

El cálculo de nivel de agua de una corriente es necesario porque este delimita la planicie de inundación y delimita la altura requerida para estructuras, el cálculo de los caudales de crecientes también es importante, porque el caudal determina el nivel del agua.

Mapa 4.3 Longitud del Cauce Mas Largo



4.2.1 METODOS PARA LA DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO

Entre los métodos para estimar caudales tenemos**:**

- Métodos directos
  - Aforo
  - correlación con otras cuencas
  - Métodos utilizados por el cuerpo de ingenieros
- Métodos empíricos
  - Formula de Fuller
  - Formula de Rafael Laras
- Métodos hidrometeológicos
  - Formula Racional
  - Isócronas
  - Hidrograma unitario
  - Hidrograma Triangular
- Métodos Estadísticos
  - Ajuste de caudales máximos, instantáneos por Gumbel

El método por el cual se obtendrá el valor del Caudal Máximo es el Método de las Isócronas a través de la Ecuación Racional que se expresa por la formula:

$$Q = 16.667\ C.I.A \qquad \text{(ecuación 4.1)}$$

Donde:

Q: Caudal (m^3 / seg.)
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad de diseño (mm /min.)
A: Área de la cuenca (Km^2)

4.2.2 ANALISIS DE PRECIPITACION

Se deben analizar todos los registros de precipitación que sobre la cuenca se dispongan; de preferencia aquellos que tengan registros de más larga duración. Se debe considerar una o mas estaciones en que se supongan registros confiables.

Para el estudio hidrológico de la cuenca del río san José se obtuvieron registros de precipitación e intensidades máximas de lluvia de las siguientes estaciones pluviográficas: Planes de Montecristo, Guija, Hacienda San Ingenio

Las estaciones se ubican en los cuadrantes cartográficos mediante las coordenadas geográficas proporcionadas para tal efecto, luego se definen las áreas de influencia para cada estación mediante el método de los polígonos de Thiessen (ver fig3.8).

Dichas estaciones pluviográficas deben encontrarse dentro o cerca del área de la cuenca, no deberán estar alejadas a mas de 20 Km. del parte aguas.

4.2.3 TIEMPO DE CONCENTRACION

Se define como el tiempo que tarda el agua precipitada en pasar del punto mas alejado hasta la salida de la cuenca.

En función de varias características físicas de la cuenca se determina el tiempo de concentración (TC) utilizando la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{\sqrt{Ac} + 1.5L}{0.80\sqrt{Em}} \qquad \text{(ecuación 4.2)}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (hrs.)

Ac: Área de la cuenca ($Km^{2)}$

Lc: Longitud del cauce mas largo (Km.)

Em= Elevación Máxima+ Elevación Mínima = Elevación Media. (msnm)

2

Los datos obtenidos para el cálculo de Tc de los afluentes de la Laguna de Metapán son los siguientes:

Tc = 81.8 min.

Con Tc se define un rango de intensidades para un tiempo próximo menor y un tiempo próximo mayor al valor de tiempo de concentración obtenido; para el caso Tc=81.8 min. Se selecciona un rango de intensidades entre 60 – 120 min.

4.2.4 PERIODO DE RETORNO

En nuestro caso se ha utilizado un periodo de retorno de ***50 años***, previendo con esto cualquier tipo de variaciones en el caudal.

4.2.5 CURVAS DE INTENSIDAD –DURACION-FRECUENCIA

Para determinar la intensidad de diseño se obtuvo la información de la precipitación en las estaciones pluviográficas: Guija, Planes de Montecristo y Hacienda San José Ingenio. Cada estación cuenta con 22, 14, 10 años de información respectivamente. Ver cuadros No 4.1, No 4.2 y No 4.3

Cuadro No. 4.1

INTENSIDAD DE PRECIPITACION ANUAL MAXIMA ANUAL EN MM/MIN

ESTACION GUIJA

UBICACIÓN 14º 13,7N 89º28,7W

ELEVACION 485 MSNM

DURACION MIN	5	10	15	20	30	45	60	90	120
	2,34	2,14	1,86	1,84	1,63	1,43	1,18	0,8	0,6
	1,88	1,86	1,8	1,76	1,34	0,94	0,71	0,61	0,3
	2,2	2,15	1,84	1,7	1,33	1,01	0,79	0,53	0,41
	2,66	2,05	1,75	1,58	1,11	0,87	0,61	0,34	0,27
	2,4	1,79	1,75	1,54	1,21	0,93	0,62	0,53	0,27
	2	1,85	1,85	1,78	1,5	1,18	0,98	0,7	0,53
	1,7	1,34	1,21	1,19	0,93	0,65	0,5	0,42	0,36
	1,8	1,6	1,57	1,42	0,98	0,81	0,66	0,47	0,36
	1,88	1,73	2,36	1,26	1,19	0,97	0,83	0,61	0,46
	2,3	2,09	2,07	1,8	1,45	1,23	1,12	0,89	0,77
	1,4	1,16	1,2	1,14	0,98	0,81	0,73	0,89	0,5
	2,26	1,93	1,59	1,42	1,13	0,83	0,72	0,58	0,36
	2,62	1,84	1,47	1,26	0,98	0,82	0,64	0,46	0,34
	2	1,55	1,25	1,11	0,98	0,72	0,58	0,45	0,3
	1,92	1,46	1,31	1,18	1,17	0,72	0,62	0,43	0,51
	2,46	1,95	1,63	1,46	1,17	0,82	0,54	0,5	0,36
	2,02	2,02	2,02	1,87	1,58	0,22	1,01	0,36	0,52
	2	1,5	1,33	1,22	0,96	0,7	0,62	0,69	0,54
	1,98	1,97	1,83	1,61	1,61	1,3	1,11	0,64	0,7
	2,74	1,68	1,41	1,28	1,16	0,94	0,76	0,8	0,53
	2,82	1,94	1,33	1,01	0,67	0,48	0,37	0,62	0,22
	2,1	2,03	2	1,85	1,32	0,92	0,78	0,28	0,48
	2,82	2,15	2,07	1,87	1,63	1,43	1,18	0,62	0,77

Cuadro 4.2

INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL EN MM/MIN

ESTACION PLANES DE MONTECRISTO

UBICACIÓN 14º23,9´N 89º21,6´W

ELEVACION 1851MSNM

DURACION MIN	5	10	15	20	30	45	60	90	120
	2,64	2,4	2,28	1,98	1,67	1,24	0,94	0,63	0,56
	1,92	1,89	1,74	1,62	1,36	1,04	0,81	0,57	0,44
	1,6	1,56	1,51	1,38	0,96	0,96	0,81	0,59	0,47
	2,28	1,96	1,88	1,79	1,46	1,22	1,01	0,76	0,63
	3,2	2,29	1,77	1,5	1,22	0,92	0,8	0,56	0,47
	2,26	1,96	1,69	1,54	1,19	0,84	0,63	0,42	0,36
	2,68	2,3	2,17	2,03	1,55	1,17	0,89	0,76	0,33
	2,58	1,89	1,61	1,4	1,16	0,91	0,74	0,55	0,45
	3,02	2,41	2,27	2,06	1,55	1,26	1,05	0,76	0,62
	2,8	1,96	1,66	1,54	1,2	0,81	0,72	0,54	0,42
	2,6	2,2	2,67	1,825	1,49	1,1	0,84	0,58	0,434
	3	2,7	2,6	2,2	1,8	1,46	1,17	0,83	0,75
	3	2,73	2,42	2,36	2,04	1,74	1,56	1,08	0,82
	2,1	1,55	1,37	1,16	1,01	0,72	0,69	0,63	0,57

Cuadro 4.3

INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL EN MM/MIN

ESTACION SAN JOSE INGENIO

UBICACIÓN 14º 21,8´N 89º24,1´W

ELEVACION 863 MSNM

DURACION MIN	5	10	15	20	30	45	60	90	120
	2,06	1,95	1,69	1,47	1,24	0,91	0,72	0,64	0,43
	2,08	2,05	2,03	1,86	1,52	1,18	1	0,75	0,66
	5,44	1,97	1,89	1,62	1,24	0,96	0,78	0,58	0,49
	2,24	1,98	1,68	1,51	1,22	1,02	0,86	0,59	0,46
	2,4	1,94	1,77	1,51	1,27	0,99	0,8	0,59	0,43
	3,16	2,35	2,03	1,86	1,52	1,24	1	0,7	0,58
	1,94	1,6	1,51	1,4	1,24	1	0,82	0,57	0,44
	2,3	2,29	2,16	2,07	1,64	1,57	1,27	0,86	0,65
	2	1,8	1,53	1,4	1,17	0,95	0,81	0,63	0,48
	2,1	1,74	1,6	1,46	1,5	1,1	0,86	0,68	0,47

Teniendo los registros de intensidad de lluvia para una duración determinada con un tiempo de concentración (Tc = 81.8 min.), y un periodo de retorno igual a 50 años, se realiza el proceso siguiente.

- Se toman los valores de intensidades máximas anuales de lluvia de las estaciones pluviográficas, en el rango de valores de duración de la lluvia del tiempo de concentración. (de 60 min. a120 min.).
- Se ordenan los datos de intensidad de lluvia de cada estación en orden de magnitud decreciente (de mayor a menor).
- Calcular la probabilidad de ocurrencia en porcentaje a partir de la siguiente ecuación:

$$F = m / (n+1) \qquad \text{(ecuación 4.3)}$$

Donde:

F: Probabilidad de ocurrencia.

m: Posición que ocupa una determinada intensidad

n: Numero de datos.

Todo esto se tabula como lo muestran los cuadros No 4.4, 4.5, 4.6; luego se procede a graficar los datos en papel GUMBEL (Fig. 4.1, 4.2, 4.3).

En base a la nube de puntos se traza una tendencia que casi siempre es una línea recta de tal manera que con esta tendencia interpolamos los valores de intensidad de lluvia para el periodo de retorno deseado (T = 50 años), ya que el papel cuenta con esa variable en la parte superior del mismo.

Cuadro 4.4

ESTACION GUIJA

	INTENSIDADES			
POSICION	60 MIN	90MIN	120 MIN	F=M/(n+1)X100
1	0,37	0,28	0,22	4,17
2	0,5	0,34	0,27	8,33
3	0,54	0,36	0,27	12,50
4	0,58	0,42	0,3	16,67
5	0,61	0,43	0,3	20,83
6	0,62	0,45	0,34	25,00
7	0,62	0,46	0,36	29,17
8	0,62	0,47	0,36	33,33
9	0,64	0,5	0,36	37,50
10	0,66	0,53	0,36	41,67
11	0,71	0,53	0,41	45,83
12	0,72	0,58	0,46	50,00
13	0,73	0,61	0,48	54,17
14	0,76	0,61	0,5	58,33
15	0,78	0,62	0,51	62,50
16	0,79	0,62	0,52	66,67
17	0,83	0,64	0,53	70,83
18	0,98	0,69	0,53	75,00
19	1,01	0,7	0,54	79,17
20	1,11	0,8	0,6	83,33
21	1,12	0,8	0,7	87,50
22	1,18	0,89	0,77	91,67
23	1,18	0,89	0,77	95,83

Cuadro 4.5

ESTACION PLANES DE MONTECRISTO

POSICION	INTENSIDADES			F=M/(n+1)X100
	60 MIN	90MIN	120 MIN	
1	0,63	0,42	0,33	6,67
2	0,69	0,54	0,36	13,33
3	0,72	0,55	0,42	20,00
4	0,74	0,56	0,43	26,67
5	0,8	0,57	0,44	33,33
6	0,81	0,58	0,45	40,00
7	0,81	0,59	0,47	46,67
8	0,84	0,63	0,47	53,33
9	0,89	0,63	0,56	60,00
10	0,94	0,76	0,57	66,67
11	1,01	0,76	0,62	73,33
12	1,05	0,76	0,63	80,00
13	1,17	0,83	0,75	86,67
14	1,56	1,08	0,82	93,33

Cuadro 4.6

ESTACION SAN JOSE INGENIO

POSICION	INTENSIDADES			F=M/(n+1)X100
	60 MIN	90MIN	120 MIN	
1	0.72	0,57	0,43	9,09
2	0.78	0,58	0,43	18,18
3	0.8	0,59	0,44	27,27
4	0.81	0,59	0,46	36,36
5	0.82	0,63	0,47	45,45
6	0.86	0,64	0,48	54,55
7	0.86	0,68	0,49	63,64
8	1	0,7	0,58	72,73
9	1	0,75	0,65	81,82
10	1.27	0,86	0,66	90,91

Figura 4.1 GRAFICA GUMBEL ESTACION GUIJA

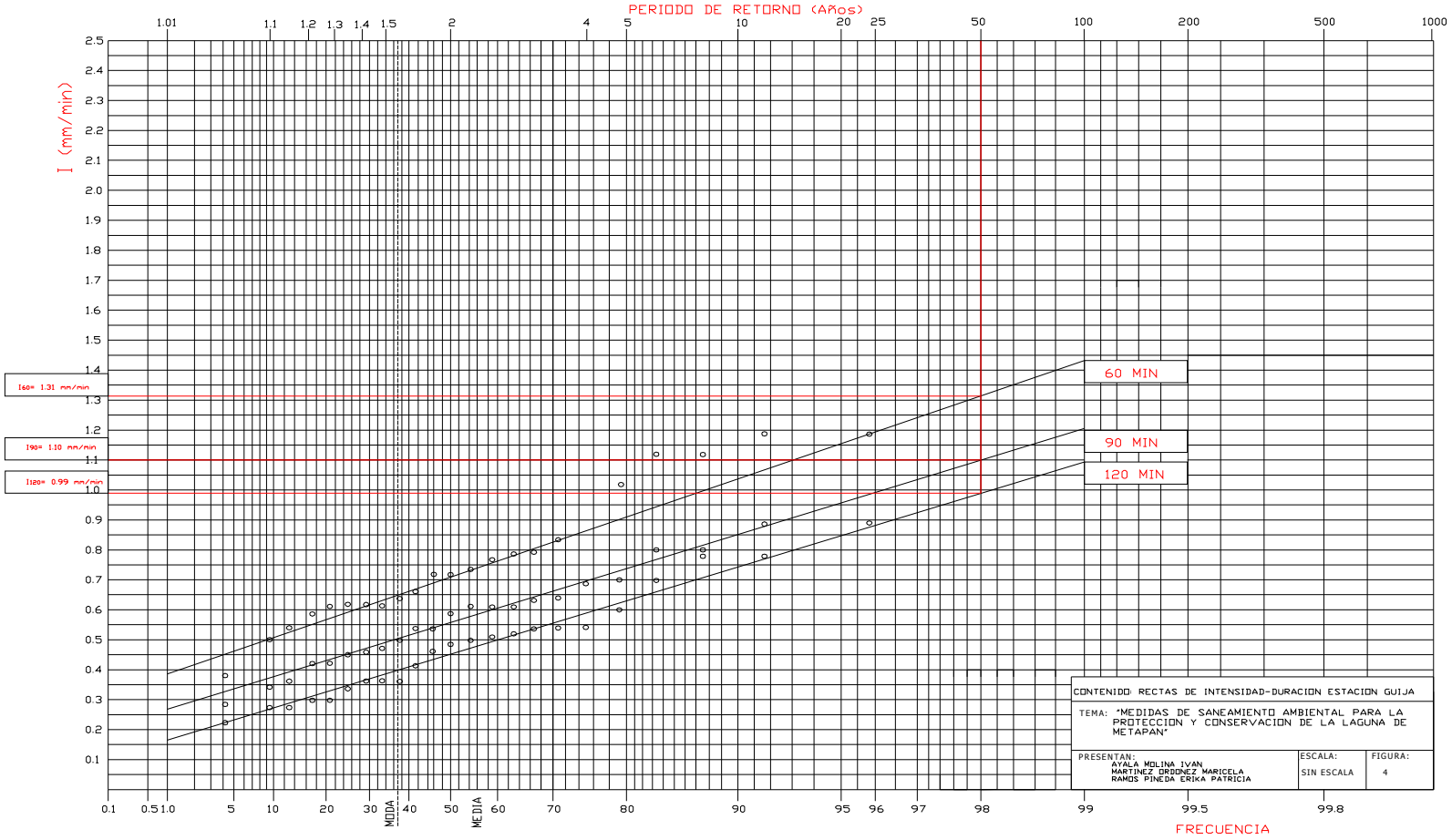


Fig. 4.2 GRAFICA GUMBEL ESTACION PLANES DE MONTECRISTO

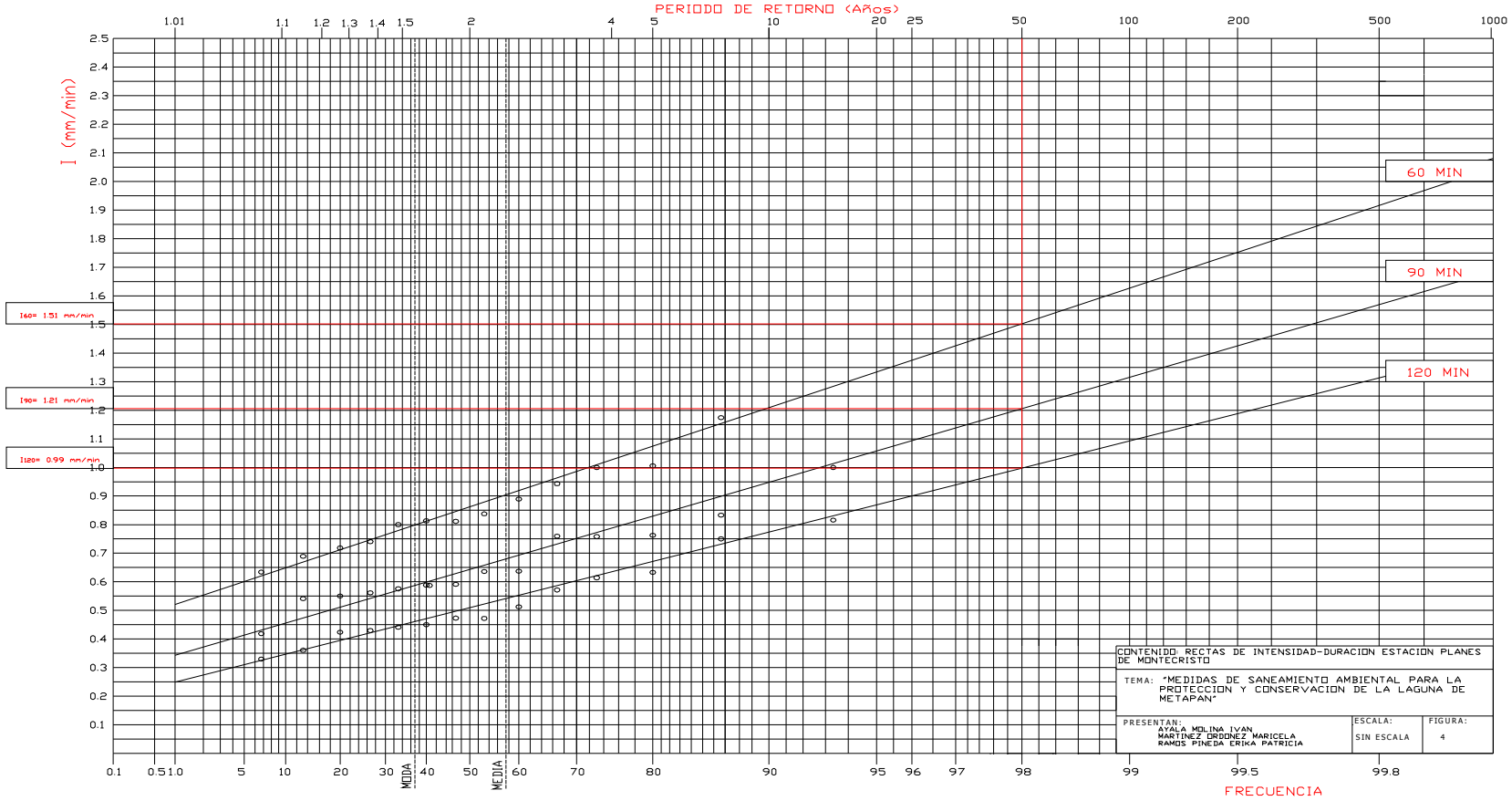
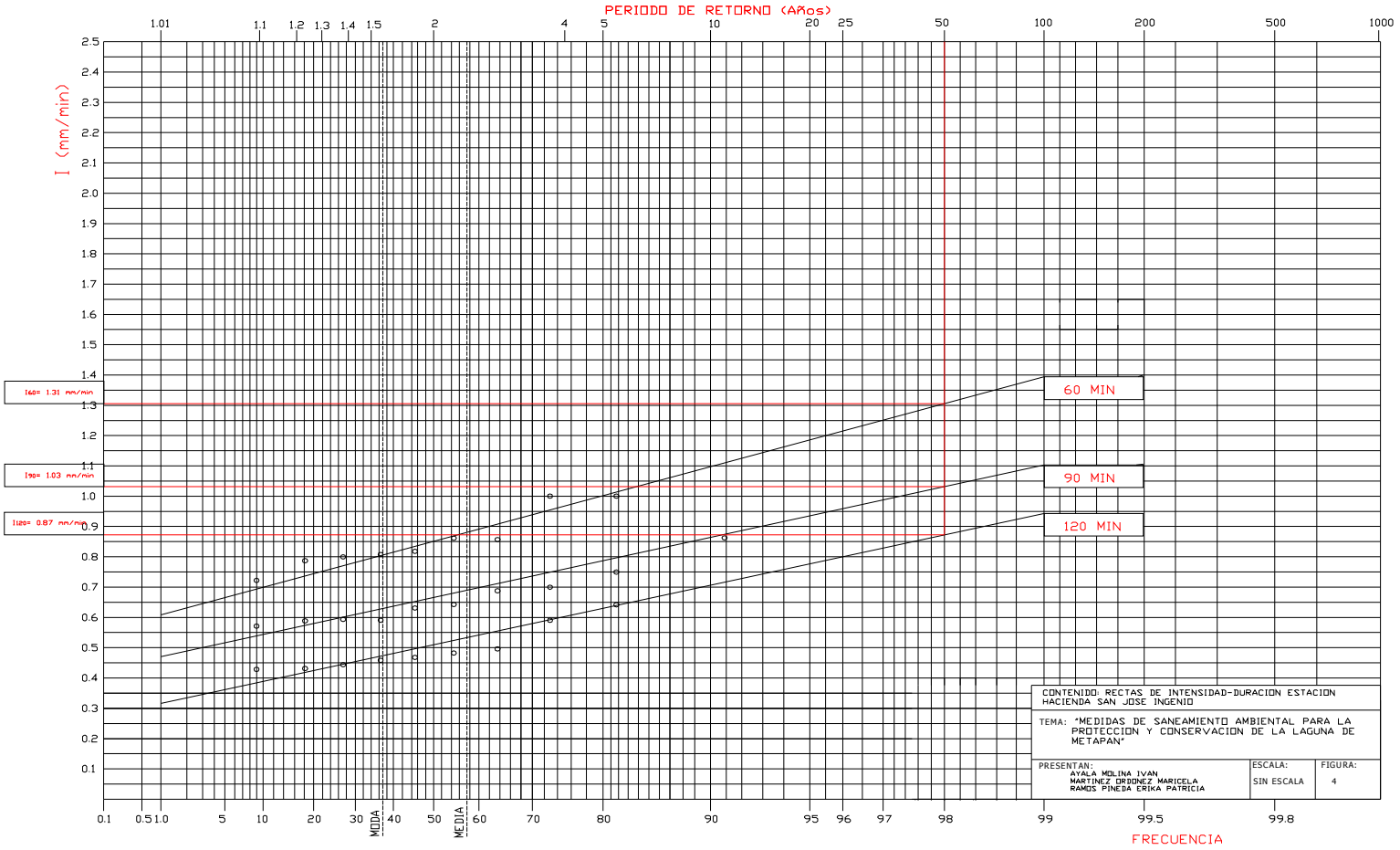


Fig. 4.3 GRAFICA GUMBEL ESTACION HACIENDA SAN JOSE INGENIO



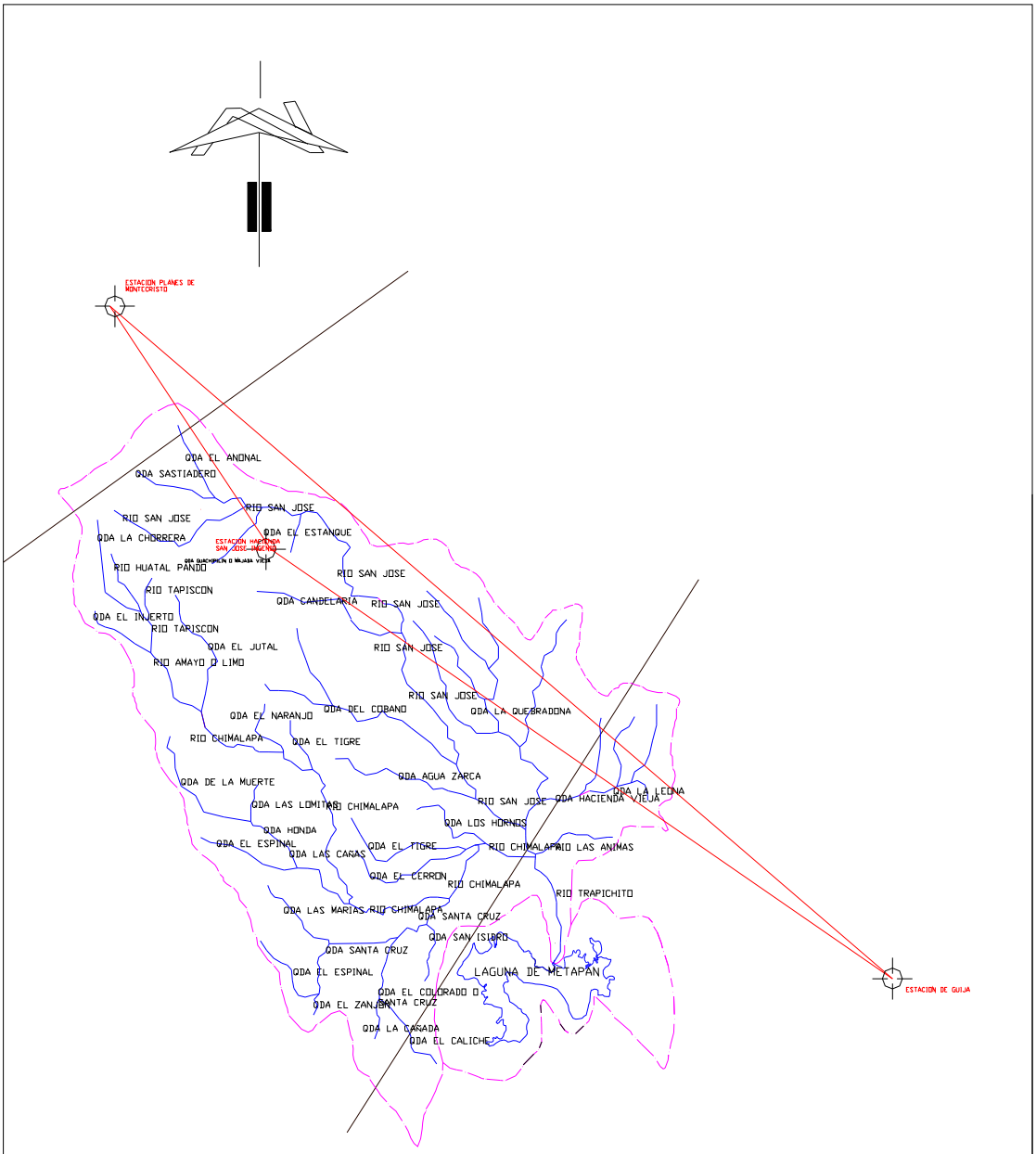
Obteniendo para cada estación tres valores de intensidad de Diseño que corresponden al rango de valores de duración de lluvia (cuadro No. 4.7), seguidamente estos datos se plotean en papel semilogarítmico, teniendo en el eje de las abscisas los tiempos de duración en minutos y en el eje de las ordenadas las intensidades en mm/min. (fig. No. 4.4); luego, con el tiempo de concentración (Tc = 81.8) se plotea en la curva correspondiente a cada estación y se lee en las ordenadas la intensidad de diseño para el área de influencia de cada sector la cual fue calculada mediante los polígonos de Thiessen (mapa. No 4.4). Los datos calculados se presentan en el cuadro No 4.8

Cuadro No 4.7

INTENSIDADES DE DISEÑO

ESTACION	DURACION (min)	INTENSIDAD
PLANES DE MONTECRISTO	60 90 120	1.51 1.21 0.99
GUIJA	60 90 120	1.31 1.10 0.99
HDA. SAN JOSE INGENIO	60 90 120	1.31 1.03 0.87

Mapa 4.4 Polígonos de Thiessen



PRESENTAN:
AYALA MOLINA, IVAN ALFONSO
MARTINEZ ORDOÑEZ, MARICELA
RAMOS PINEDA, ERIKA

TRABAJO DE GRADUACION:
MEDIDAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCION Y CONSERVACION DE LA LAGUNA DE METAPAN

DESCRIPCION:
TRAZO DEL POLIGONO DE THISSEN

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

Figura 4.4 Grafico de la curvas IDF

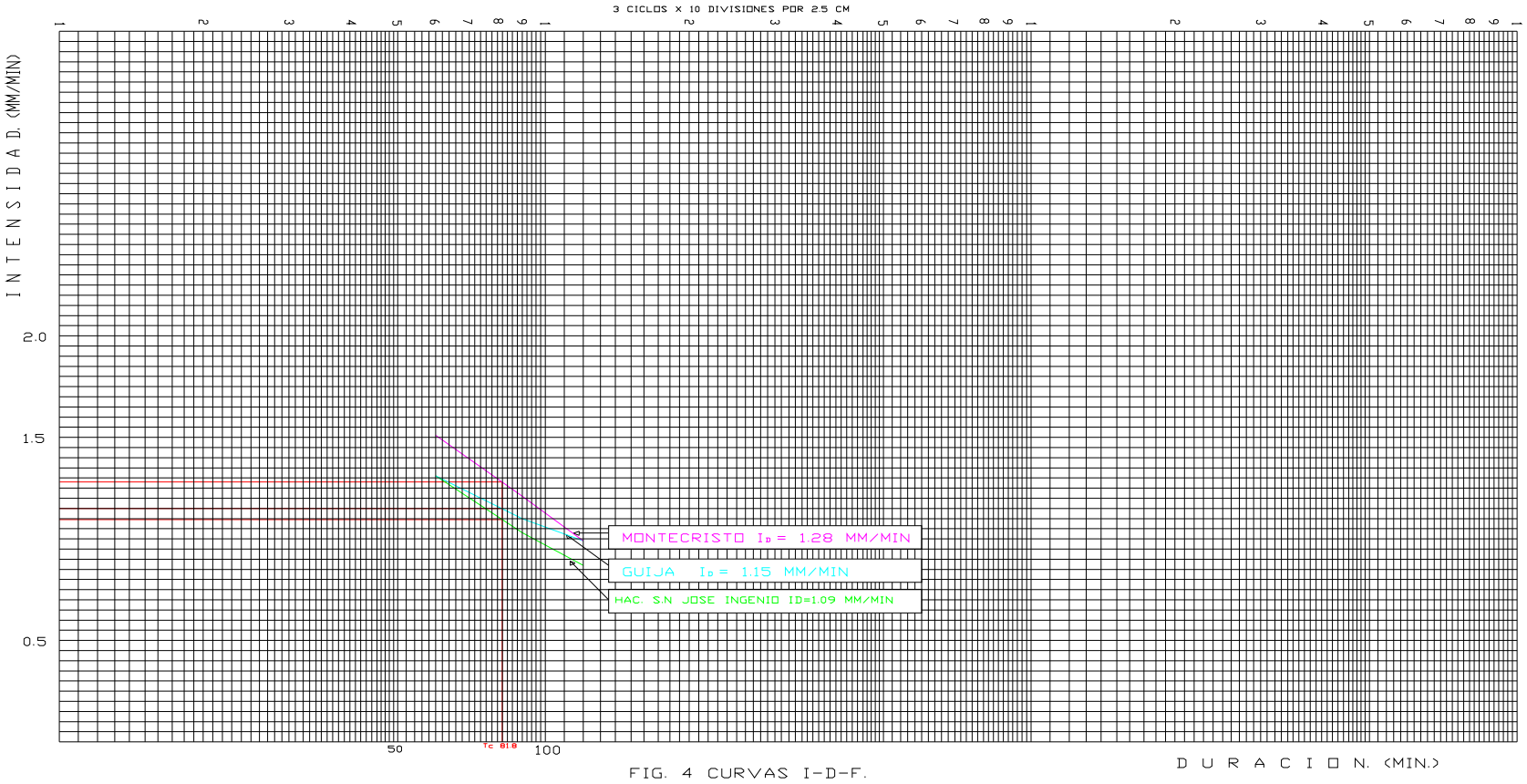


FIG. 4 CURVAS I-D-F.

Cuadro 4.8 Determinación de los Intensidades de Diseño

INTENSIDADES DE DISEÑO
Para cada estación. (Tc=81.8 min.)

ESTACION	INTENSIDAD mm/min.
PLANES DE MONTECRISTO	1.28
GUIJA	1.15
HDA. SAN JOSE INGENIO	1.09

4.2.6 METODO DE LAS ISOCRONAS PARA EL CÁLCULO DE CAUDAL TOTAL DE ESCORRENTIA.

Isócrona significa curvas de igual tiempo y velocidad, ósea que el método pretende aplicar y calcular caudal por áreas que pueden ser definidas por curvas que utilizan el mismo tiempo para recorrer el cauce.

PRICIPIO DE LAS ISOCRONAS:

i. La sumatoria de los caudales parciales de cada isócrona, es igual al caudal total.

ii. Cada isócrona se comporta como una unidad homogénea, por lo consiguiente, en cada isócrona es aplicable la ecuación racional

$$Q=16,667CIA. \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

iii. El 5% del total de isócronas puede ser mayor de 2,5 km2.

TRAZO DE LAS ISOCRONAS

1. Ubicar el punto de interés a fin de poder establecer hasta donde se debe evaluar la generación de la escorrentía superficial, en nuestro estudio se ubicara el punto de interés en la desembocadura de los afluentes en La Laguna de Metapán
2. Se calcula las características físicas principales de la cuenca (Área, longitud del cauce más largo, diferencia de alturas) para obtener el tiempo de concentración.

Área de la cuenca = 117.06 Km^2

Longitud del cauce mas largo Quebrada Chorrera= 20.2 Km.

Elevación máxima =2384 msnm

Elevación mínima = 449 msnm

Tiempo de Concentración (Tc) = 81.8 min.

3. Ubicar las estaciones pluviográfica en el área de interés, las cuales son La estación de Güija, Estación Planes de Montecristo y Estación Hacienda San José Ingenio
4. Con las estaciones ubicadas trazar el polígono de thissen para ubicar el área de influencia de cada estación. Se realiza el siguiente proceso:
   - Se unen las estaciones entre si procurando que las líneas de unión no se crucen.
   - Se traza una mediatriz entre cada estación
   - Se prolonga la mediatriz o punto medio hasta que se corta con otras mediatrices formando un polígono cerrado o abierto.
5. Calcular las curvas IDF para cada una de las estaciones, se siguen los siguientes pasos:
   - Definir el punto de interés
   - Definir una estación pluviográfica representativa, significa que se debe tener un mínimo de una estación metereológica.
   - Obtener los datos de las intensidades máximas anuales absolutas de cada estación. Ver cuadros No 4.1, No 4.2 y No 4.3
   - Se tiene que revisar un ajuste estadístico de los datos de lluvia por medio de la Ley de Gumbel, para esto se siguen los siguientes pasos:
   - Ordenar los datos de menor a mayor, los cuales se pueden repetir
   - Se calcular la frecuencia empírica que viene dada por la siguiente formula: f=(m/n+1)*100 , donde m= posición del dato y n= numero total de datos, f=

frecuencia. (Ver cuadros No 4.4, 4.5,4.6)

- Plotear los datos ordenados en papel gumbel (Fig. 4.1, 4.2, 4.3).
- Una vez tabulados los datos para todos los periodos de retorno que se deseen, se procede al trazo de la curva IDF en papel doble logarítmico en donde se grafica intensidad contra duración. (fig. No. 4.4).

6. Definición de las unidades hidrogeológicas. Esto se hace a partir del conocimiento del tipo de material que conforma la cuenca en sus diferentes formas, en nuestro análisis se determino que son suelos permeables y semipermeables.

7. Definición de áreas de igual pendiente. Para cálculo de la pendiente media de la zona generalmente se define en función de las diferencias de nivel entre las zonas de unidades hidrológicas, dividida entre la longitud del cauce.

8. Determinación de las áreas de igual cobertura vegetal, se clasificaron en Arboleda, Cultivo, Pastos. Ver figura 4.5

9. Calculo del coeficiente de escorrentía, esta en función de tres variables: tipo de suelo, cobertura vegetal y pendiente del terreno Para obtener valores del coeficiente de escorrentía, que no es más que la relación entre lluvia escurrida y lluvia caída, se hace uso del nomograma de Ven-Te-Chow (Ver figura 4.6)

Figura 4.5 Cobertura Vegetal

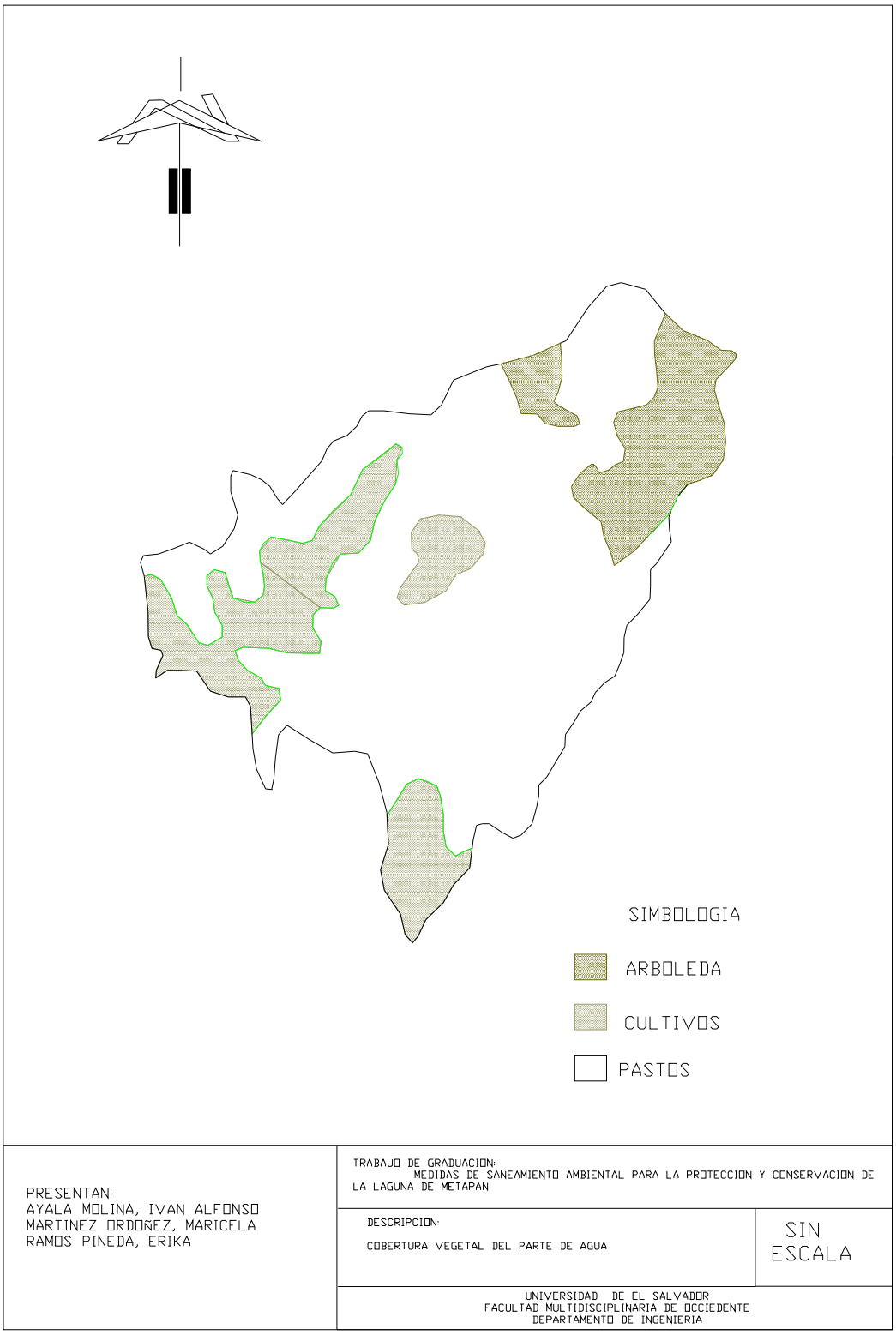
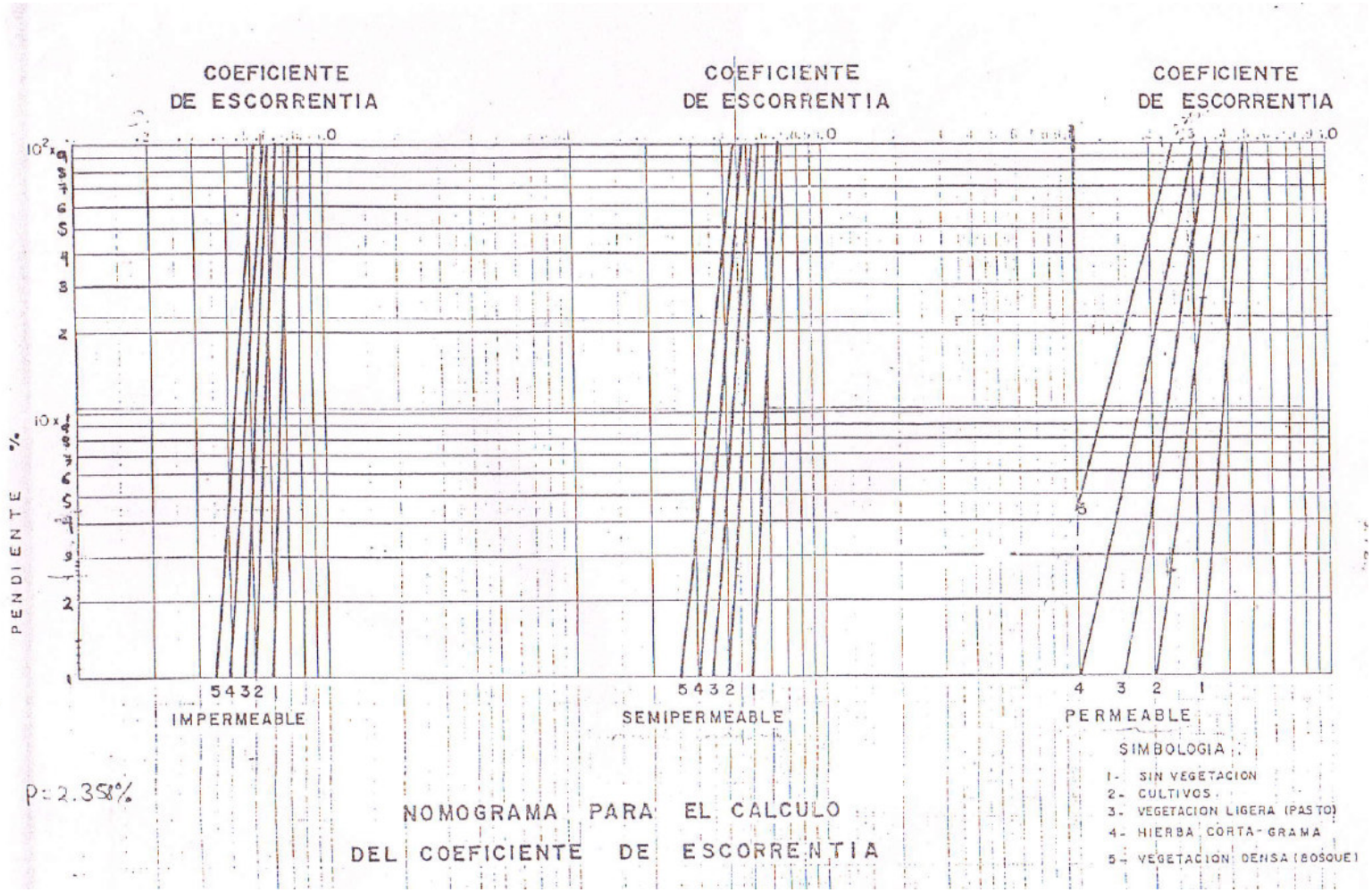


Figura 4.6 Nomograma de Ven-Te-Chow



10. Luego se procede con el trazo de las isócronas:
    - Para conocer el numero tentativo de isócronas, se divide el área total de la cuenca entre el área máxima de isócrona es de 2.5km^2

$$\textbf{No de Isócronas} = \frac{117.06}{2.5} = \textbf{46.8 =47 Isócronas}$$

    - Con el número aproximado de isócronas, se calcula la distancia entre ellas la cual será igual a la longitud del cauce más largo entre el número de isócronas.

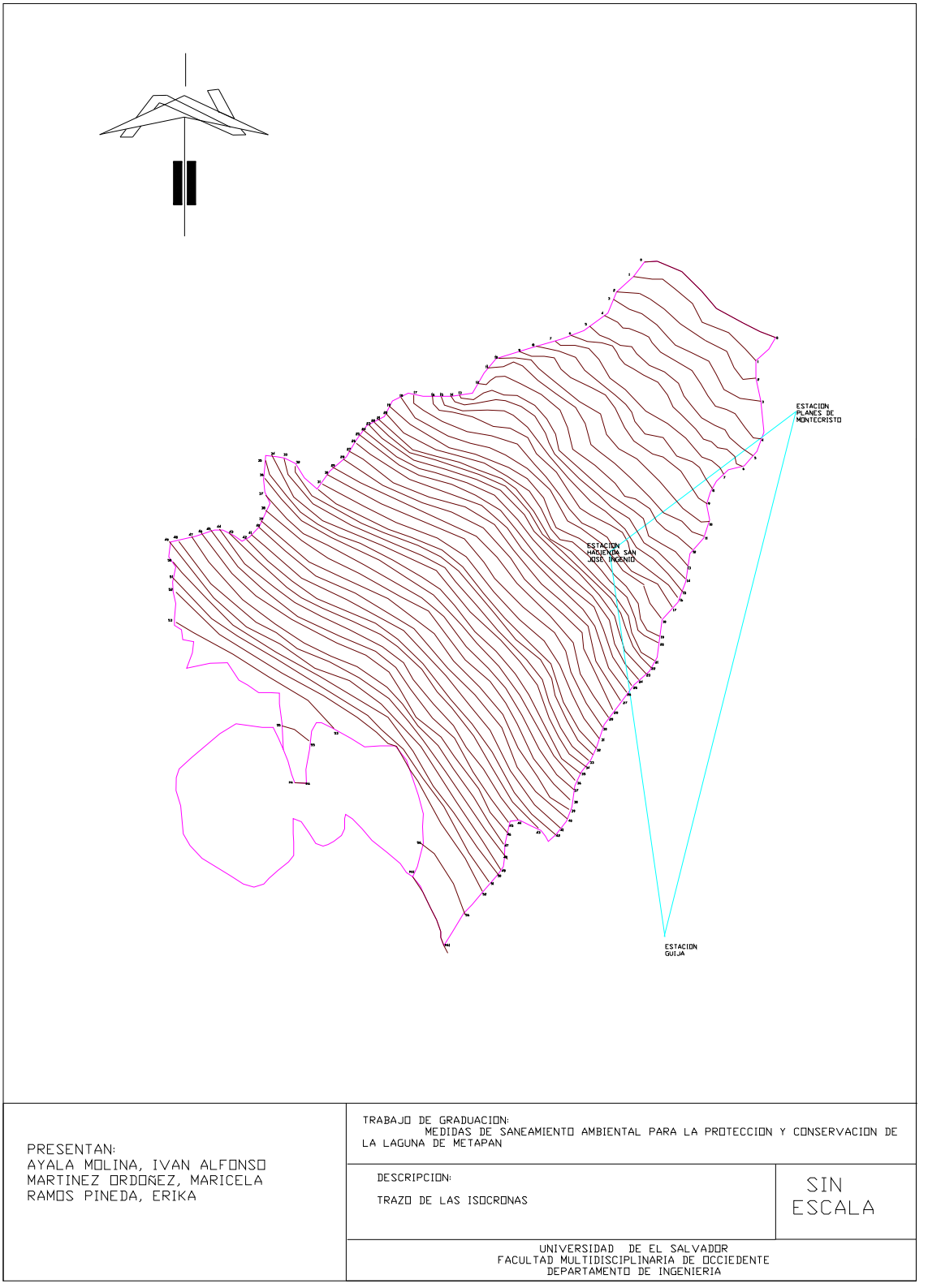
$$\textbf{Longitud entre Isócrona} = \frac{20.2}{47} = \textbf{0.43 Km.}$$

    - Se plotea sobre todos los cauces, iniciando el ploteo desde el parte agua hasta el punto de interés.
    - Unir por medio de curvas aquellos puntos que tienen igual distancia, a partir de la desembocadura hacia el parte agua. Ver figura 4.7

11. Calculo del caudal máximo por medio de la ecuación racional Q=16,67CIA para cada isócrona. Ver Cuadro 4.9

Caudal de la cuenca de los Afluentes de La Laguna de Metapán = <u>959.34 m^3/s</u>

Figura 4.7 Trazo de Las Isócronas



PRESENTAN:
AYALA MOLINA, IVAN ALFONSO
MARTINEZ ORDOÑEZ, MARICELA
RAMOS PINEDA, ERIKA

TRABAJO DE GRADUACION:
MEDIDAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCION Y CONSERVACION DE LA LAGUNA DE METAPAN

DESCRIPCION:
TRAZO DE LAS ISOCRONAS

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIEDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

Cuadro 4.9 Calculo del caudal de los Afluentes de La Laguna de Metapán

CALCULO DE AREA		% DE AREA DE INFLUENCIA DE CADA ESTACION					
ISOCRONA	AREA(KM2)	EST. GUIJA ID =1,15	EST. PLANES DE MONTECRISTO ID = 1,28	EST. SAN JOSE INGENIO ID = 1,09	INTENSIDAD PONDERADA I (MM/MIN)	C PONDERADO	Q (M3/S) 16,667 CIA
PARTE AGUA							
	1,88	0,00	1,00	0,00	1,28	0,47	18,85
1							
	2,16	0,00	1,00	0,00	1,28	0,58	26,73
2							
	2,14	0,00	1,00	0,00	1,28	0,53	24,20
3							
	2,33	0,00	1,00	0,00	1,28	0,59	29,33
4							
	2,22	0,00	1,00	0,00	1,28	0,62	29,36
5							
	2,25	0,00	1,00	0,00	1,28	0,45	21,60
6							
	2,2	0,00	0,99	0,01	1,28	0,56	26,25
7							
	2,1	0,00	0,30	0,70	1,15	0,46	18,45
8							
	2,11	0,00	0,04	0,96	1,10	0,41	15,83
9							
	2,19	0,00	0,00	1,00	1,09	0,41	16,31
10							
	2,36	0,00	0,00	1,00	1,09	0,76	32,58

CALCULO DE AREA		% DE AREA DE INFLUENCIA DE CADA ESTACION					
ISOCRONA	AREA(KM2)	EST. GUIJA ID =1,15	EST. PLANES DE MONTECRISTO ID = 1,28	EST. SAN JOSE INGENIO ID = 1,09	INTENSIDAD PONDERADA I (MM/MIN)	C PONDERADO	Q (M3/S) 16,667 CIA
11							
	2,18	0,00	0,00	1,00	1,09	0,68	26,93
12							
	2,2	0,00	0,00	1,00	1,09	0,88	35,17
13							
	1,55	0,00	0,00	1,00	1,09	0,67	18,87
14							
	1,59	0,00	0,00	1,00	1,09	0,76	21,95
15							
	1,79	0,00	0,00	1,00	1,09	0,86	27,97
16							
	2,25	0,00	0,00	1,00	1,09	1,08	44,15
17							
	2,12	0,00	0,00	1,00	1,09	1,02	39,28
18							
	2,34	0,00	0,00	1,00	1,09	0,21	8,93
19							
	1,94	0,00	0,00	1,00	1,09	0,18	6,34
20							
	2,19	0,00	0,00	1,00	1,09	0,21	8,36
21							
	1,15	0,00	0,00	1,00	1,09	0,12	2,51

CALCULO DE AREA		% DE AREA DE INFLUENCIA DE CADA ESTACION					
ISOCRONA	AREA(KM2)	EST. GUIJA ID =1,15	EST. PLANES DE MONTECRISTO ID = 1,28	EST. SAN JOSE INGENIO ID = 1,09	INTENSIDAD PONDERADA I (MM/MIN)	C PONDERADO	Q (M3/S) 16,667 CIA
22							
	1,3	0,00	0,00	1,00	1,09	0,14	3,31
23							
	1,89	0,00	0,00	1,00	1,09	0,2	6,87
24							
	1,74	0,00	0,00	1,00	1,09	0,21	6,64
25							
	1,73	0,00	0,00	1,00	1,09	0,28	8,80
26							
	2,07	0,00	0,00	1,00	1,09	0,34	12,79
27							
	2,18	0,00	0,00	1,00	1,09	0,37	14,65
28							
	2,35	0,00	0,00	1,00	1,09	0,43	18,36
29							
	2,2	0,00	0,00	1,00	1,09	0,42	16,79
30							
	2,3	0,00	0,00	1,00	1,09	0,41	17,13
31							
	2,29	0,00	0,00	1,00	1,09	0,4	16,64
32							

CALCULO DE AREA		% DE AREA DE INFLUENCIA DE CADA ESTACION					
ISOCRONA	AREA(KM2)	EST. GUIJA ID =1,15	EST. PLANES DE MONTECRISTO ID = 1,28	EST. SAN JOSE INGENIO ID = 1,09	INTENSIDAD PONDERADA I (MM/MIN)	C PONDERADO	Q (M3/S) 16,667 CIA
	1,46	0,00	0,00	1,00	1,09	0,23	6,10
33							
	2,02	0,00	0,00	1,00	1,09	0,29	10,64
34							
	1,72	0,00	0,00	1,00	1,09	0,27	8,44
35							
	2,35	0,00	0,00	1,00	1,09	0,33	14,09
36							
	2,14	0,00	0,00	1,00	1,09	0,27	10,50
37							
	2,39	0,00	0,00	1,00	1,09	0,29	12,59
38							
	2,2	0,00	0,00	1,00	1,09	0,29	11,59
39							
	2,28	0,00	0,00	1,00	1,09	0,38	15,74
40							
	2,33	0,00	0,00	1,00	1,09	0,37	15,66
41							
	2,38	0,00	0,00	1,00	1,09	0,34	14,70
42							
	2,31	0,00	0,00	1,00	1,09	0,35	14,69
43							

CALCULO DE AREA		% DE AREA DE INFLUENCIA DE CADA ESTACION					
ISOCRONA	AREA(KM2)	EST. GUIJA ID =1,15	EST. PLANES DE MONTECRISTO ID = 1,28	EST. SAN JOSE INGENIO ID = 1,09	INTENSIDAD PONDERADA I (MM/MIN)	C PONDERADO	Q (M3/S) 16,667 CIA
	2,06	0,00	0,00	1,00	1,09	0,23	8,61
44							
	2,08	0,00	0,00	1,00	1,09	0,3	11,34
45							
	2,4	0,00	0,00	1,00	1,09	0,42	18,31
46							
	1,39	0,00	0,00	1,00	1,09	0,32	8,08
47							
	2,45	0,00	0,00	1,00	1,09	0,42	18,69
48							
	2,44	0,00	0,00	1,00	1,09	0,34	15,07
49							
	2,03	0,00	0,00	1,00	1,09	0,3	11,06
50							
	2,25	0,00	0,00	1,00	1,09	0,41	16,76
51							
	1,9	0,04	0,00	0,96	1,09	0,54	18,68
52							
	2,2	0,04	0,00	0,96	1,09	0,59	23,63
53							
	1,87	1,00	0,00	0,00	1,15	0,65	23,30
54							

CALCULO DE AREA		% DE AREA DE INFLUENCIA DE CADA ESTACION					
ISOCRONA	AREA(KM2)	EST. GUIJA ID =1,15	EST. PLANES DE MONTECRISTO ID = 1,28	EST. SAN JOSE INGENIO ID = 1,09	INTENSIDAD PONDERADA I (MM/MIN)	C PONDERADO	Q (M3/S) 16,667 CIA
	1,62	1,00	0,00	0,00	1,15	0,66	20,49
55							
	0,67	1,00	0,00	0,00	1,15	0,06	0,77
PARTE AGUA 1							
53							
	1,5	0,65	0,35	0,00	1,20	0,17	5,08
56							
	1,33	1,00	0,00	0,00	1,15	0,11	2,80
PARTE AGUA1							
Área Total	**117,06 m^2**		**Caudal Total**				**959,34 m^3/seg.**

4.2.7 CALCULO DE CAUDAL DE LA CUENCA DE LAGUNA DE METAPAN

Como nuestro estudio toma en cuenta la cuenca de la Laguna de Metapán se hace necesario calcular el caudal que llega a este cuerpo de agua, para esto haremos uso de la Formula Burkli-Ziegler.

$$Qlaguna = 0.22EAP\sqrt{\frac{S}{A}} \quad \text{(Ecuación 4.4)}$$

En donde:

Q= caudal en m3/s

E=coeficiente de escorrentía = 0.38

A= área drenada en hectárea = 1552 ha

P= precipitación media cm /hora= 135.4cm/h

S= pendiente media en m/1000m = 0.235%

$$Qlaguna = 0.22(0.38)(1552)(135.4)\sqrt{\frac{0.235}{1552}} = 216.17\frac{m3}{s}$$

Sustituyendo valores en ecuación se obtiene el caudal que llega a la Laguna de Metapán, siendo el valor de Q laguna=216.17 m^3/s

4.2.8 CALCULO TOTAL DE LAS CUENCAS

Por lo tanto se el caudal total que llega a la laguna de Metapán será igual al caudal de la cuenca de los afluentes de la Laguna de Metapán mas el caudal de la cuenca de la Laguna de Metapán.

Q total= Q afluentes de la laguna + Q cuenca de la laguna

Q total = 959.34+216.17

Q total=1175.51 m^3/s

4.2.9 CALCULO DE NIVEL DE AGUAS MAXIMAS

Teniendo la información como las características hidráulicas del punto de interés se procede a calcular el nivel de aguas máximas, tomando en cuenta lo siguiente:

- ✓ Se utilizara la formula de Manning para el calculo del caudal hidráulico:

$$Q_H = 1/n\ R^{2/3} S^{1/2} A_H \quad \text{(ecuación 4.5)}$$

- ✓ El caudal total sea igual al caudal hidrológico que depende de las características de la cuenca y de las lluvias precipitadas en ellas

En la ecuación de de Manning hay que toman en cuenta las características geométricas e hidráulicas de la sección del punto de interés, por lo que dicha ecuación se replantea de la siguiente forma:

$$\frac{Q_h n}{S^{1/2}} = AR^{2/3} \qquad \text{(Ecuación 4.6)}$$

En donde:

$AR^{2/3}$ = Factor geométrico.

$\frac{Q_h n}{S^{1/2}}$ = Factor hidráulico.

CALCULO DE LA CURVA DE DESCARGA

Para este apartado se calculara el área mediante la variación del tirante y la sección del punto de interés en estudio, para ello se hará uso del cuadro No. 4.10

Cuadro No 4.10 Calculo del Factor Geométrico

TIRANTE MT	AREA M2	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	(RH)^2/3	(ARH)^2/3
h1	a1	p1	RH1	(RH1)^2/3	a1(RH1)^2/3
h2	a2	p2	RH2	(RH2)^2/3	a2(RH2)^2/3
h3	a3	p3	RH3	(RH3)^2/3	a3(RH3)^2/3
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
Hn	An	Pn	RHn	(RHn)^2/3	an(RHn)^2/3

Con los datos del tirante, el cual se toma a partir del fondo del cauce y los valores $A(RH)^{2/3}$ se plotea la curva de descarga, ver figura 4.7

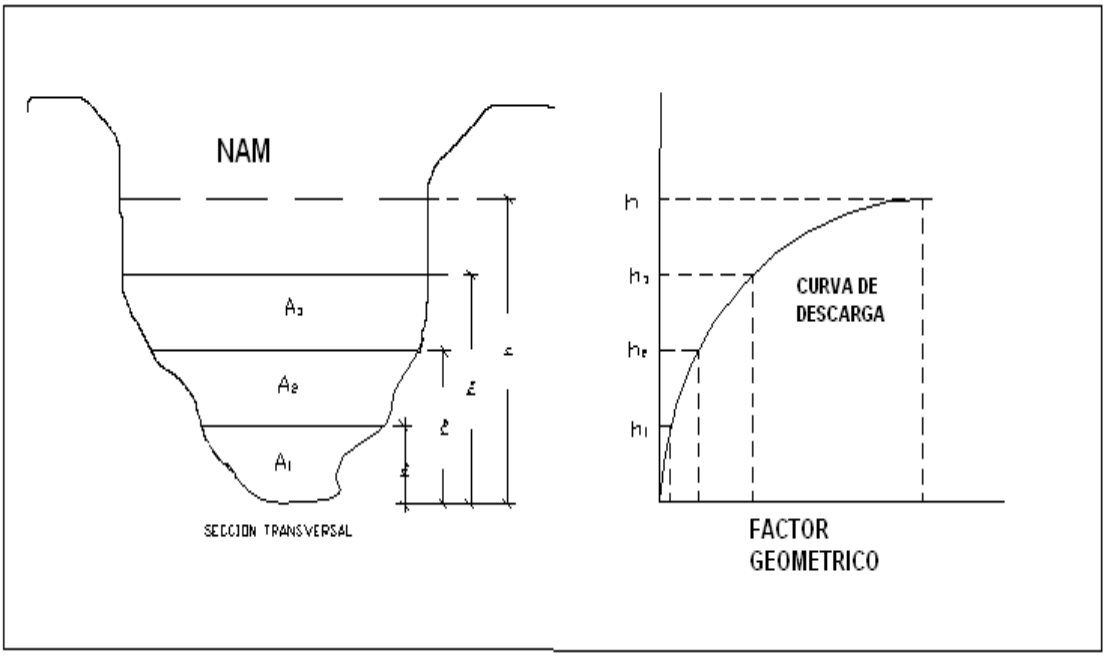


Figura 4.7. Nivel de Aguas Máximas y Curva de Descarga.

Para el cálculo de “n” se hará uso de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{0.38 S^{0.58}}{f} \qquad \text{(Ecuación 4.7)}$$

Donde:

f = Numero de freud (para condiciones futuras f = 1).

S = Pendiente longitudinal.

n = Rugosidad de Manning

CALCULO DE FACTOR HIDRAULICO **=** $\frac{Q_h n}{S^{1/2}}$

Nuestro punto de interés para partir en el estudio del NAM, será tomado de una sección del río San José en la entrada de ciudad, que corresponde al Barrio Pacheco, en dicho punto el caudal para calcular el factor hidráulico es de 184.117 m3/seg como puede comprobarse en el cuadro 4.11 y fig. 4.8:

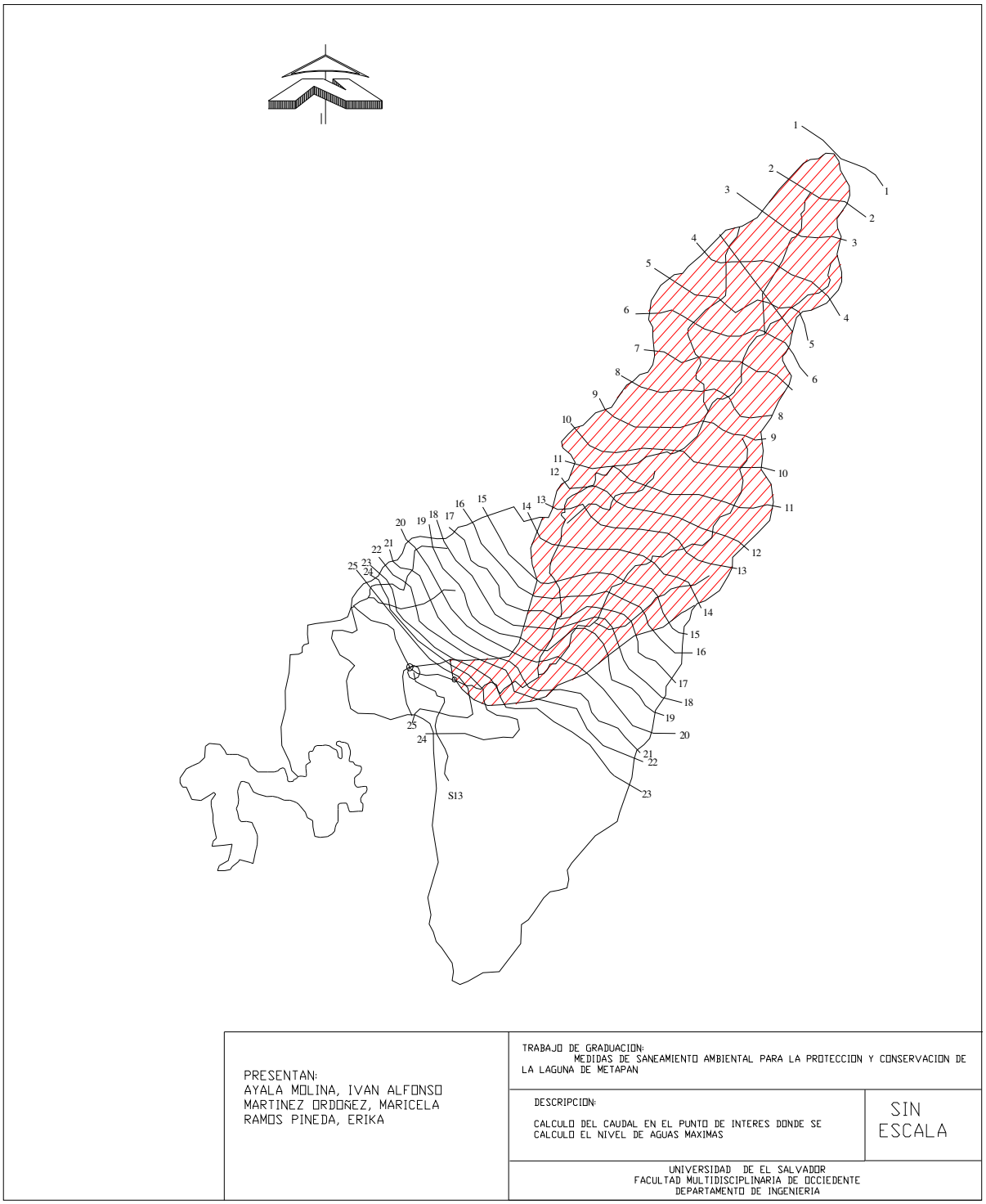
CUADRO 4.11 CALCULO DE CAUDAL DE BARRIO PACHECO

ISOCRONA		SECTOR	C	%	cp	I	%	Ip	A Km2	K	Q m3/S
1	2	S1	0,36	100	0,36	I1	100	1,14	0,6412	16,667	4,386
2	3	S1	0,36	100	0,36	I1	100	1,14	0,9857	16,667	6,742
3	4	S1	0,36	100	0,36	I1	80	1,11	1,8359	16,667	12,227
						I2	20				
4	5	S1	0,36	95	0,3655	I1	60	1,08	1,8138	16,667	11,933
		S2	0,47	5		I2	40				
5	6	S1	0,36	75	0,3875	I1	10	0,906	1,4423	16,667	8,439
		S2	0,47	25		I2	90				
6	7	S1	0,36	60	0,404	I2	100	0,99	1,602	16,667	10,679
		S2	0,47	40							
7	8	S1	0,36	45	0,4216	I2	100	0,99	1,7544	16,667	12,205
		S2	0,47	50							
		S3	0,42	2							
		S4	0,54	3							
8	9	S1	0,36	20	0,4575	I2	100	0,99	1,6373	16,667	12,360
		S2	0,47	40							
		S3	0,42	10							
		S4	0,54	10							
		S5	0,47	5							
		S6	0,52	15							
9	10	S1	0,36	5	0,495	I2	100	0,99	1,88	16,667	15,355
		S2	0,47	15							
		S4	0,54	15							
		S5	0,47	25							
		S6	0,52	40							
10	11	S2	0,47	5	0,325	I2	100	0,99	2,2452	16,67	12,042
		S5	0,47	30							
		S6	0,52	65							
11	12	S6	0,52	100	0,52	I2	100	0,99	1,8524	16,67	15,897
12	13	S6	0,52	15	0,588	I2	100	0,99	1,5654	16,67	15,191
		S7	0,6	85							
13	14	S6	0,52	85	0,518	I2	100	0,99	2,0108	16,67	17,190
		S7	0,6	12							
		S9	0,145	3							

CUADRO 4.11 CALCULO DE CAUDAL DE BARRIO PACHECO

ISOCRONA		SECTOR	C	%	cp	I	%	Ip	A Km2	K	Q m3/S
14	15	S6	0,52	45	0,399	I2	100	0,99	1,7528	16,67	11,54
		S7	0,6	5							
		S8	0,47	10							
		S9	0,145	10							
		S10	0,245	30							
15	16	S8	0,47	20	0,354	I2	100	0,99	0,9246	16,67	5,402
		S9	0,145	30							
		S10	0,245	50							
16	17	S8	0,47	20	0,2625	I2	100	0,99	0,659	16,67	2,855
		S9	0,145	30							
		S10	0,245	50							
17	18	S9	0,145	25	0,17	I2	100	0,99	0,5294	16,67	1,485
		S10	0,245	75							
18	19	S9	0,145	30	0,175	I2	100	0,99	0,5059	16,67	1,461
		S10	0,245	70							
19	20	S9	0,145	40	0,185	I2	100	0,99	0,7	16,67	2,137
		S10	0,245	60							
20	21	S9	0,145	50	0,195	I2	100	0,99	0,5582	16,67	1,796
		S10	0,245	50							
21	22	S9	0,145	80	0,225	I2	100	0,99	0,25	16,67	0,928
		S10	0,245	20							
22	23	S9	0,145	100	0,145	I2	100	0,99	0,342	16,67	0,818
23	24	S9	0,145	100	0,145	I2	100	0,99	0,2475	16,67	0,590
24	25	S9	0,145	100	0,145	I2	100	0,99	0,193	16,67	0,46
										QT=184.117 M3/SEG	

Figura 4.8 Calculo del Caudal en el punto de Interés donde se analizara el Nivel de Aguas Máximas



NOTA: DATOS OBTENIDOS DE TESIS PLANIFICACION DE OBRAS DE PROTECCION A LAS INUNDACIONES DEL RÍO SAN JOSE DE LA CIUDAD DE METAPÁN, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA, CAP 4.

Datos para el Cálculo de Pendiente:

$$S = \left(\frac{ElevacionMaxima - ElevacionMinima}{Lc} \right)$$

$$S = \left(\frac{2384 - 449}{20200} \right)$$

$$S = 9.57\%$$

F =1

Para el cálculo del coeficiente de rugosidad “n”

$$n = 0.38\ (0.0957)^{0.58}$$

$$n = 0.097$$

Para el cálculo de factor hidráulico:

$$FH = \frac{Q_h n}{S^{1/2}}$$

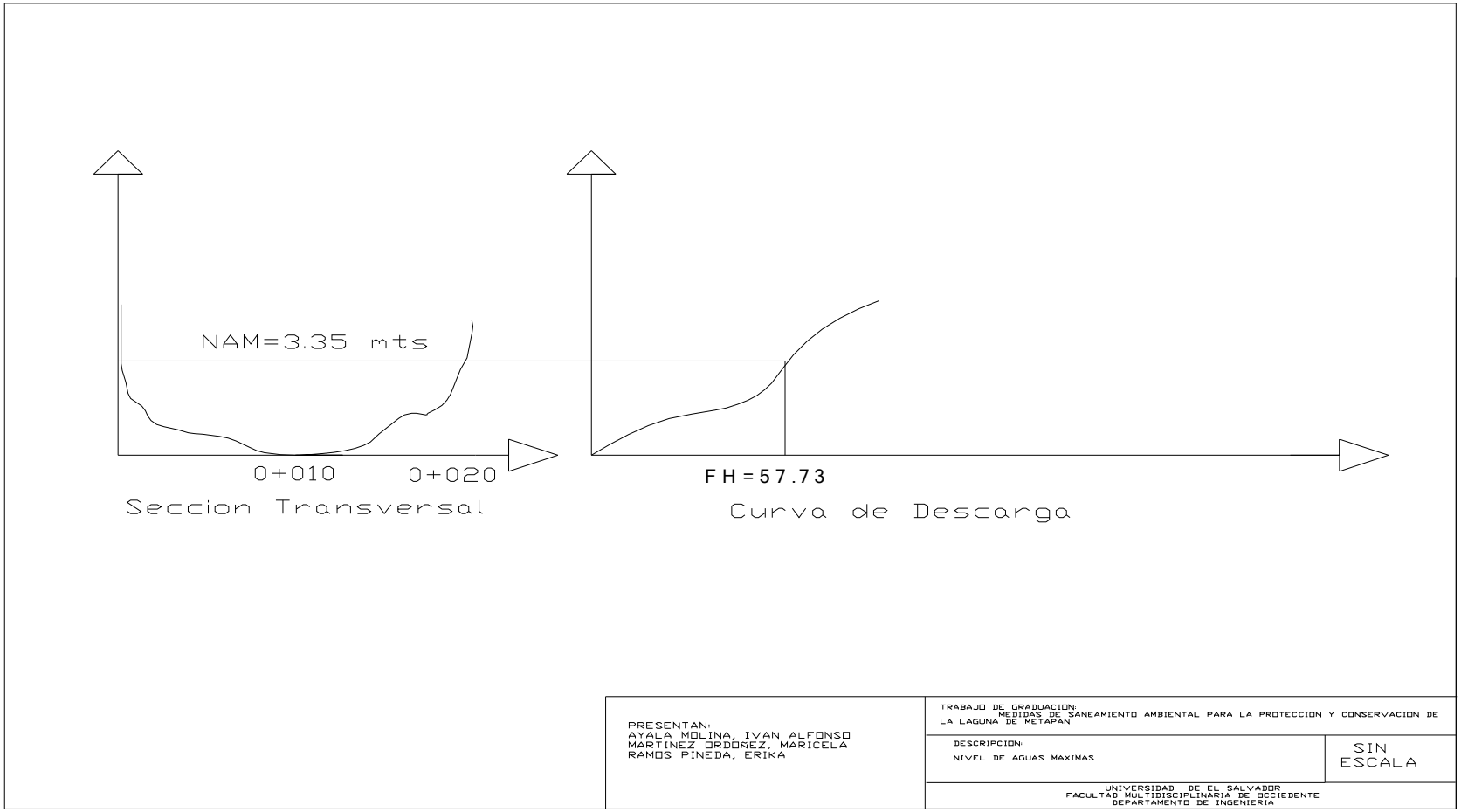
$$FH = \frac{184.117(0.097)}{0.0957^{1/2}}$$

$$FH = 57.73$$

Cuadro No 4.12 Cálculo del Factor Geométrico de la sección

TIRANTE Mts	AREA M^2	PERIMETRO MOJADO Mts	RADIO HIDRAULICO	(RH)^2/3	A(RH)^2/3
0					
	17	16	1,06	1,04	17,70
1					
.	35,4	25	1,42	1,26	44,64
2					
	42	27,2	1,54	1,34	56,11
3					
	47	29,8	1,58	1,35	63,68
4					
	52	30,3	1,72	1,43	74,54
5					

Figura 4.13 Curva de Descarga



CAPÍTULO V
CÁLCULO DEL ARRASTRE DE SEDIMENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPÁN

5.0 INTRODUCCION.

Este capitulo comprende el análisis y determinación de la cantidad teórica de suelo que pierde la cuenca de los afluentes de la Laguna de Metapán y la cuenca de la Laguna de Metapán, así como la cuantificación aproximada de sedimento que se ha depositada en la laguna.

Para determinar la cantidad de suelo que se pierde año con año se utiliza la Ecuación universal modificada de perdida de suelo, la cual relaciona las diferentes variables que intervienen en el proceso, determinando con este parámetro la cantidad de sedimento depositado en la laguna,

5.1 GENERALIDADES

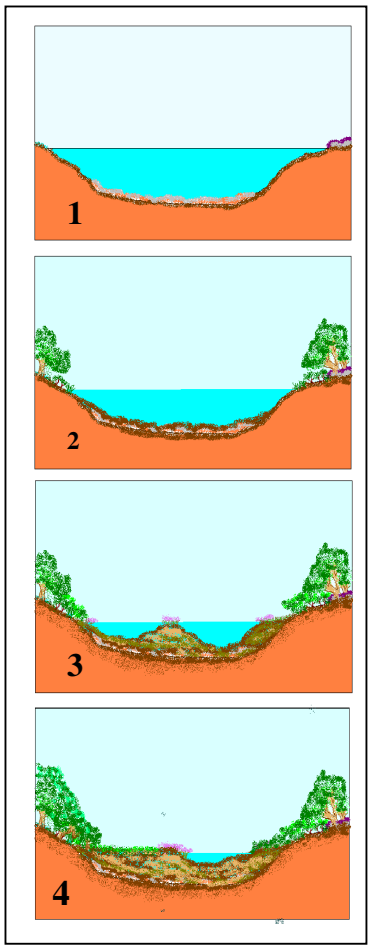
El arrastre de sedimentos a provocado que La Laguna de Metapán se encuentre divida en dos porciones, el cual ha provocado asolvamiento y una reducción del espejo de agua tiende a disminuir este recurso hídrico. (Ver foto 5.1)

Foto 5.1 Asolvamiento de la Laguna de Metapán

El proceso de sedimentación se encuentra en un ritmo acelerado ya que en La Laguna de Metapán desembocan los afluentes de Río Chimalapa y El Río San José los cuales provocan mayor arrastre de sedimento que son depositados este cuerpo, si este proceso continua va en camino a una posible desaparición de la cuenca y que la garantía que pueda soportar un siglo más es bastante incierta

En los esquemas mostrados de la figura No. 5.1 muestran como ha sido la tendencia del asolvamiento en la laguna de Metapán y hacia donde se dirige su espejo de agua.

Figura No 5.1



EL esquema muestra el proceso de eutroficación de la Laguna de Metapán, las diferentes fases muestran como la laguna ha venido asolvándose desde inicios del siglo XX como lo muestra la escena 1; La escena 2 muestra la llegada de la otras formas de vida vegetal poco a poco se acentúan cuando encuentran suelo que ha sido arrastrado por los diferentes ríos , La escena 3 tipifica el estado actual de la laguna en la cual se ha dividido por el exceso de sedimentación, en donde las plantas acuáticas como el jacinto de agua invade las orillas donde encuentra condiciones adecuadas para compactar y atraer a otras especies. Finalmente la grafica 3 representa el futuro de La Laguna de Metapán en donde muy posiblemente llegue a contener una pequeña lámina de agua, cuando las aguas de los ríos tiendan a orientarse a otro espejo de agua[17].

Directamente este impacto repercute directamente en la población de su entorno, los cuales son El Caseríos Avisó, El Zorrial, Bendición de Dios, Arenal Pacheco y Las Lomas, desmejorando más la salud de sus habitantes, en la actualidad este cuerpo de agua sufraga la necesidad de alimentación con la poca producción de peces y por otra parte el agua es utilizada para fines domésticos.

Por todo lo mencionado es necesario realizar un estudio de sedimento para identificar cuanto sedimento se deposita en la laguna para poder plantear soluciones que disminuya este impacto.

[17] Adaptación para El Salvador de la Revista Forestal Centroamericana Nº 18/1997

5.2 ECUACION UNIVERSAL MODIFICADA DE PERDIDA DE SUELO[18]

La ecuación Universal de Perdida de Suelo (EUPS), fue modificada por Willians y Berndt en 1976, para predecir la producción de sedimentos en las cuencas acuíferas, ya que la EUPS se limitaba principalmente a medir la erosión laminar y consideraba que el suelo en los lugares de pruebas estaba sin vegetación alguna

El uso de la EUPS se amplio de tal manera, que se pudo estimar la erosión de una cuenca, mediante la evaluación del sedimento que pierde anualmente para la cual se introdujeron modificaciones al factor de índice de erosión (R), que es una mediada de la fuerza de la lluvia, su calculo en la EUPS se realizaba como promedio anual de la suma de los productos de la energía cinética de cada tormenta, multiplicada por la intensidad máxima de la misma, para una duración de la lluvia de 30 minutos; pero la aplicación de este factor requiere un periodo mínimo de 22 años de datos meteorológicos, así como realizar evoluciones para cada tormenta, siendo este inconveniente la razón principal para sustituir el factor de escorrentía, dando lugar a una Ecuación Universal Modificada de Perdida de Suelo EUMP.

$$\mathbf{A= 11.8\ (V*Qp)^{0.56}\ K*C*P*LS} \qquad \text{(Ecuación5.1)}$$

Donde:

A=perdida de suelo promedio por evento en ton/evento

V= volumen de escorrentía superficial de la cuenca en mm

Qp= Caudal pico máximo de la cuenca en m^3/seg.

K= factor de erodabilidad del suelo

C= factor de ordenación de los cultivos (adimensional)

P=Factor de practicas de conservación de la estructura del suelo (adimensional)

LS= factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente)

[18] Tesis Estudio de Saneamiento y Sedimentación para la protección y conservación de la Laguna de Cuzcachapa

Esta ecuación es la que se utilizara para encontrar la perdida potencial de sedimento que aporta la cuenca en estudio, para lo cual se evaluara puntos extremos, comenzando desde la parte mas alta hasta llegar al punto de análisis, que para nuestro estudio es La laguna de Metapán.

5.2.1 DETERMINACION DE PARAMETROS QUE FORMAN PARTE DE LA ECUACION UNIVERSAL MODIFICADA DE PERDIDA DE SUELO (EUMPS).

La ecuación universal modificada de perdida de suelo se conforma de factores que se interrelacionan entre si; estos factores están sujetos a restricciones locales, por lo que se hará una descripción de los métodos de calculo que se utilizaran.

5.2.1.1 CALCULO DE VOLUMEN DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL (V).

El volumen de escorrentía depende del volumen de precipitación y del volumen de retención (almacenamiento) disponible. La retención no es mas que la diferencia del volumen de precipitación y la escorrentía.

El servicio de conservación de suelos de Estados Unidos (SCS) a través de estudios empíricos plantea la siguiente ecuación para calcular el volumen de escorrentía superficial:

$$V = \left(\left(\frac{Pb - 0.2Rm}{Pb + 0.8Rm} \right) \right) \quad \text{(Ecuación 5.2)}$$

El volumen de precipitación (Pb) se obtiene de datos de precipitación proporcionados por el SNET, de la estación ubicada en CEL GUAJOYO “Estación Guija”, por lo que solo tenemos la incógnita de retención máxima (Rm), para lo cual nos apoyaremos de la siguiente relación empírica:

$$Rm = \left(\frac{1000}{CN - 10} \right)(25.4) \qquad \text{(Ecuación 5.3)}$$

En donde, CN es el numero de curvas de escorrentía, el cual esta en función del uso de la tierra, antecedentes sobre la humedad del suelo y otros factores que afectan la retención y la escorrentía.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), ha desarrollado un índice CN, en base al uso de tierra, clase de tratamiento agrícola, condiciones hidrológicas; por lo que clasifica al suelo en cuatro grupos de acuerdo a sus características A, B, C y D.

A: sedimentos aglomerados y arenas profundas
B: arena margosa
C: arcilla margosa, arena superficial, suelo de bajo contenido orgánico y suelo con altos contenidos de arcilla
D: arena con alta plasticidad y ciertos suelos salinos.

Esta clasificación se complementa con tres factores más uso de la tierra, prácticas agrícolas y condiciones hidrológicas, las cuales se identifican en el cuadro 5.1; los valores de CN se obtienen tomando como base las áreas de los usos de la tierra del mapa vegetativo, aplicando a cada área su respectivo CN.
Ver Cuadro 5.1

Cuadro 5.1

Numero de Curvas de Escorrentía (CN), Para Suelo Hidrológico

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA, TRATAMIENTO, CONDICION HIDROLOGICA		GRUPO HIDROLOGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
TAMAÑOS PROMEDIO	% PROMEDIO DE IMPERMEABILIDAD				
1/8 ACRE o MENOS	65	77	85	90	92
1/4 ACRE	38	61	75	83	87

1/3 ACRE		30	57	72	81	86
1/2 ACRE		25	54	70	80	85
1 ACRE		20	51	68	79	84
PARQUEO PAVIMENTADOS, TECHOS Y CAMINOS DE ACCESO			98	98	98	98
CARRETERAS Y CAMINOS		PAVIMENTADOS	98	98	98	98
		BALASTRADOS	76	85	89	91
		DE TIERRA	72	82	87	89
AREA COMENRCIALES (85% DE IMPERMEABILIDAD			89	92	94	95
DISTRITOS INDUSTRIALES (72% DE IMPERMEABILIDAD			81	88	91	93
ESPACIOS ABIERTOS, ENGRAMADOS, PARQUES, CEMENTERIOS, ETC						
CONDICION BUENA: HIERBA CUBRE 75% o MAS DEL ÁREA			39	61	74	80
CONDICION REGULAR: HIERBA CUBRE 50% o MAS DEL ÁREA			49	69	79	84
USO DE TIERRA	**PRACTICAS AGRICOLAS**	**CONDICION HIDROLOGICA**				
BARBECHO	LINEAS NIVELADAS		77	86	91	94
LINEAS DE CULTIVO	LINEAS NIVELADAS	POBRE	72	81	88	91
		BUENA	67	78	85	89
	CONTORNOS	POBRE	70	79	84	88
		BUENA	65	75	82	86
	CONTORNOS Y TERRAZAS	POBRE	66	74	80	82
		BUENA	62	71	78	81
GRANOS PEQUEÑOS	LINEAS NIVELADAS	POBRE	65	76	84	88
		BUENA	63	75	83	87
	CONTORNOS	POBRE	63	74	82	85
		BUENA	61	73	81	84
	CONTORNOS Y TERRAZAS	POBRE	61	72	79	82
		BUENA	59	70	78	81
SEMBRADOS CERRADOS DE LEGUNBRES O ROTACION DE SEMBRADO	LINEAS NIVELADAS	POBRE	66	77	85	89
		BUENA	58	72	81	85
	CONTORNOS	POBRE	64	75	83	85
		BUENA	55	69	78	83
PRADOS	CONTORNOS Y TERRAZAS	POBRE	63	73	80	83
		BUENA	51	67	76	80
PASTOS EXTERIORES		POBRE	68	79	86	89
		REGULAR	47	69	79	84
		BUENOS	39	61	74	80
	CONTORNOS	POBRE	47	67	81	88
		REGULAR	25	59	75	83
		BUENOS	6	35	70	79
PRADOS			30	58	71	78
BOSQUES O TIERRA FORESTAL		POBRE	45	66	77	83
		REGULAR	36	60	73	79
		BUENOS	25	55	70	77
GRANJAS O HACIENDAS			59	74	82	86

Fuente: Servicio de Conservación de Suelos de Los Estados Unidos

5.2.1.2 CAUDAL PICO MAXIMO

El caudal pico máximo (Qp) será calculado con el Método de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), por medio de la siguiente ecuación:

$$Qp = \frac{0.21VA}{Tp} \quad \text{(Ecuación 5.4)}$$

En donde:

Qp= caudal pico máx. en m^3/seg.

V= volumen de escorrentía en mm

Tp= tiempo pico en horas (tiempo desde el inicio de la tormenta hasta caudal máximo)

A= área de la cuenca en km^2

Si sabemos que:

$$Tp = D + TI \quad \text{(Ecuación 5.5)}$$

Para Tc ≥ 4horas, se usara:

$$D = 2Tc \quad \text{(Ecuación 5.6)}$$

Para Tc ≤ 4 horas, se usara:

$$D = Tc \quad \text{(Ecuación 5.7)}$$

La relación existente entre TI y Tc

$$TI = 0.60Tc \quad \text{(Ecuación 5.8)}$$

Obtenemos las ecuaciones de Qp para Tc ≥ 4horas; Tc ≤ 4 horas:

Para Tc ≥ 4horas

$$Qp = \frac{0.13VA}{Tc} \qquad \text{(Ecuación 5.9)}$$

Para Tc ≤ 4 horas

$$Qp = \frac{1.19VA}{Tc} \qquad \text{(Ecuación 5.10)}$$

En donde:

Qp= m3/seg.

V= mm

A= km2

Tc= en horas (se retomara el tiempo de concertación del estudio hidrológico)

5.2.2 FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K).

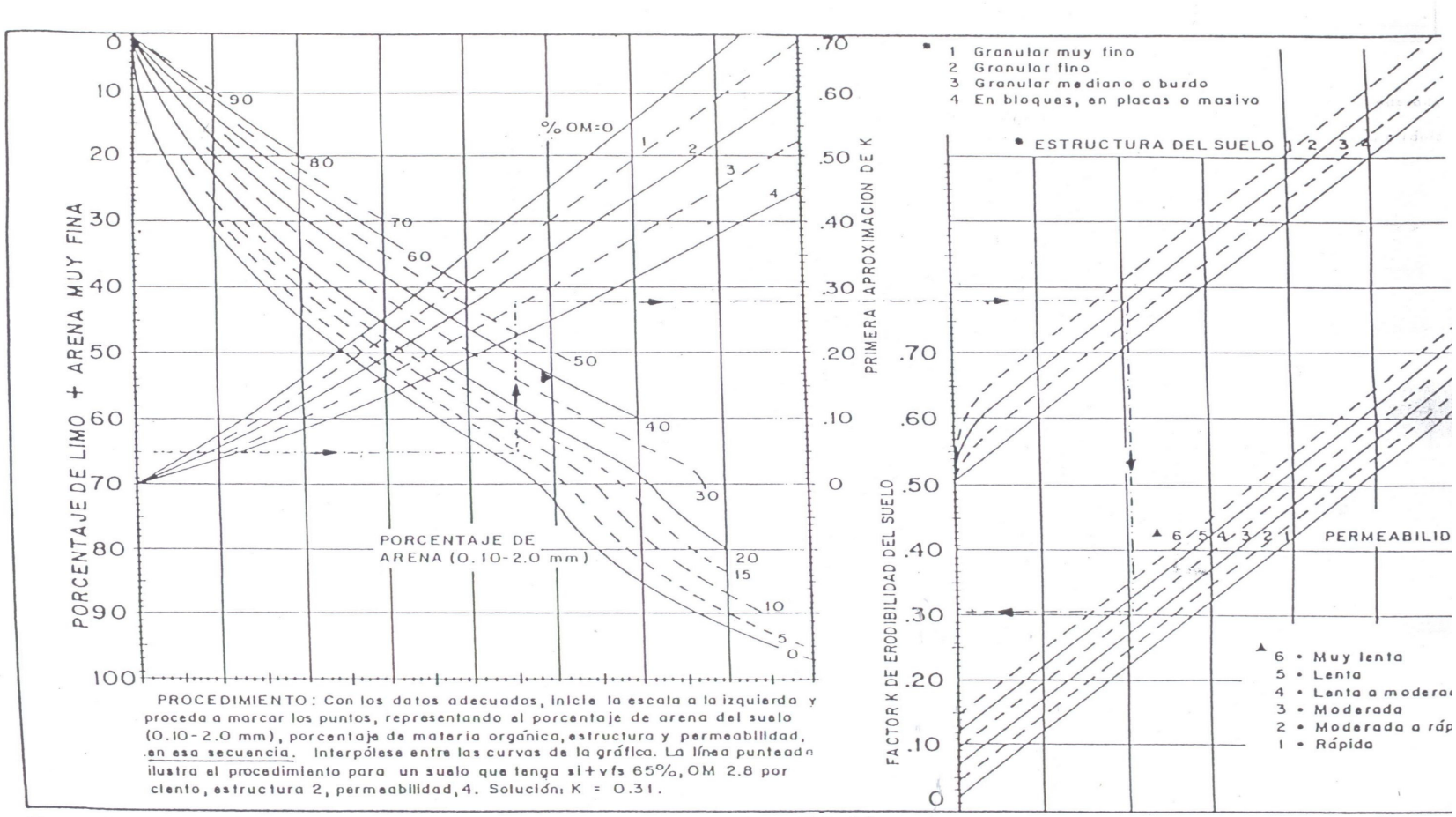
Es una compleja propiedad que se la entiende como la facilidad con la cual el suelo es desprendido por el salpicamiento, durante una lluvia o un flujo superficial. Esta propiedad del suelo esta relacionada con el efecto integrado de la lluvia, escurrimiento e infiltración.

Los suelos generalmente llegan a ser menos erosivos con la reducción en la fracción de arcilla o arena.

El factor K representa el efecto de las propiedades del suelo y de las características del perfil de este, en la perdida del suelo. Los valores de K son asignados usando el nomograma de erodabilidad del suelo (Ver figura 5.2), que combina del efecto del tamaño del tamaño de las partículas, % materia orgánica MO, código de estructura del suelo y la clase de permeabilidad del perfil. Los parámetros que se utilizan para utilizar el nomograma son:

- Porcentaje de Limos (0.002-0.005) mm.
- Porcentaje de arena (0.10-2.0) mm.
- .Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo
- Permeabilidad del Suelo.

Figura No 5.2 Nomograma de la Erodabilidad del Suelo



Fuente: Erosión de suelos, M. J. Kirkby, y R.P.C. Morgan, editorial Limusa 1984. FIG. 4.1

Suelos de textura fina con alto contenido de arcilla tienen bajos valores de K (0.05-0.5), por que ellos son resistentes al desprendimiento.

Suelos de textura gruesa, tales como suelos arenosos, tienen valores de k(0.05-0.2), debido al bajo escurrimiento, aunque estos suelos son fácilmente desprendibles.

Suelos de textura mediana (franco limoso) tienen valores de K moderados K (0.25-0.4), porque son moderadamente susceptibles al desprendimiento y producen moderados escurrimientos.

El factor de erodabilidad del suelo existe otro método que se calcula con la ecuación del nomograma de Wischmeier citado por Mannaerts:

$$K=\frac{(1/7.594)*[(2.1*10^{-4}*(12-OM)*M^{1.14}+3.25(s-2)+2.5(p-3)]}{100} \quad \text{(Ecuación 5.11)}$$

Donde:

K= factor de erodabilidad del suelo
OM = % de materia orgánica
S= código de estructura del suelo
P= código de permeabilidad
M= producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias o (% limo+ % arena muy fina)*(100- % arcilla)

Para determinar (K) en este trabajo se hizo un estudio minucioso del tipo de suelo de la cuenca, realizando pruebas de clasificación visual granulometría, Limites de Atemberg detallando los resultados en los anexos 5.1, 5.2 y 5.3, para ser aplicados al nomograma de la figura 5.2

5.2.3 FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L), Y FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE (S).

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores longitud (L) y gradiente de pendiente (S), estos factores inciden directamente en el aumento o disminución de la erosión.

FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE

El factor de inclinación de la pendiente refleja la influencia de la gradiente de la pendiente en la erosión. El potencial de erosión se incrementa con la inclinación de la pendiente.

Estudios realizados en 1957 por Wishmeir y smith determinaron que la perdida de suelo se relaciona con una descripción parabólica del efecto de inclinación de la pendiente, determinando así la ecuación con una pendiente estándar del 9%, dando como resultado la siguiente expresión:

$$S = \frac{0.43+0.35s+0.43s^2}{6.613} \qquad \text{(Ecuación 5.12)}$$

Donde:

S: factor de Gradiente de pendiente

S: Gradiente en porcentaje

FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L)

La longitud de pendiente es definida como la distancia horizontal desde el origen de un flujo hasta el punto, donde:

- El gradiente de la pendiente reduce lo suficiente para que la deposición comience.
- El escurrimiento llega a ser concentrado en un canal definido.

  Para el desarrollo de EUPS se baso en la longitud de una parcela estándar de 22.13 metros que Wischmeir y Smith definieron. Para su cálculo su utiliza la siguiente fórmula:

$$L = \left(\frac{X}{22 \ .13} \right)^{m} \qquad \text{(Ecuación 5.13)}$$

En donde:

L: Factor de longitud de pendiente expresado en porcentaje

X: Longitud de la pendiente en Metros

m: Exponente

Las recomendaciones actuales de Wischmeir y Smith para el exponente son:

m = 0.5 si la pendiente ≥ 5%

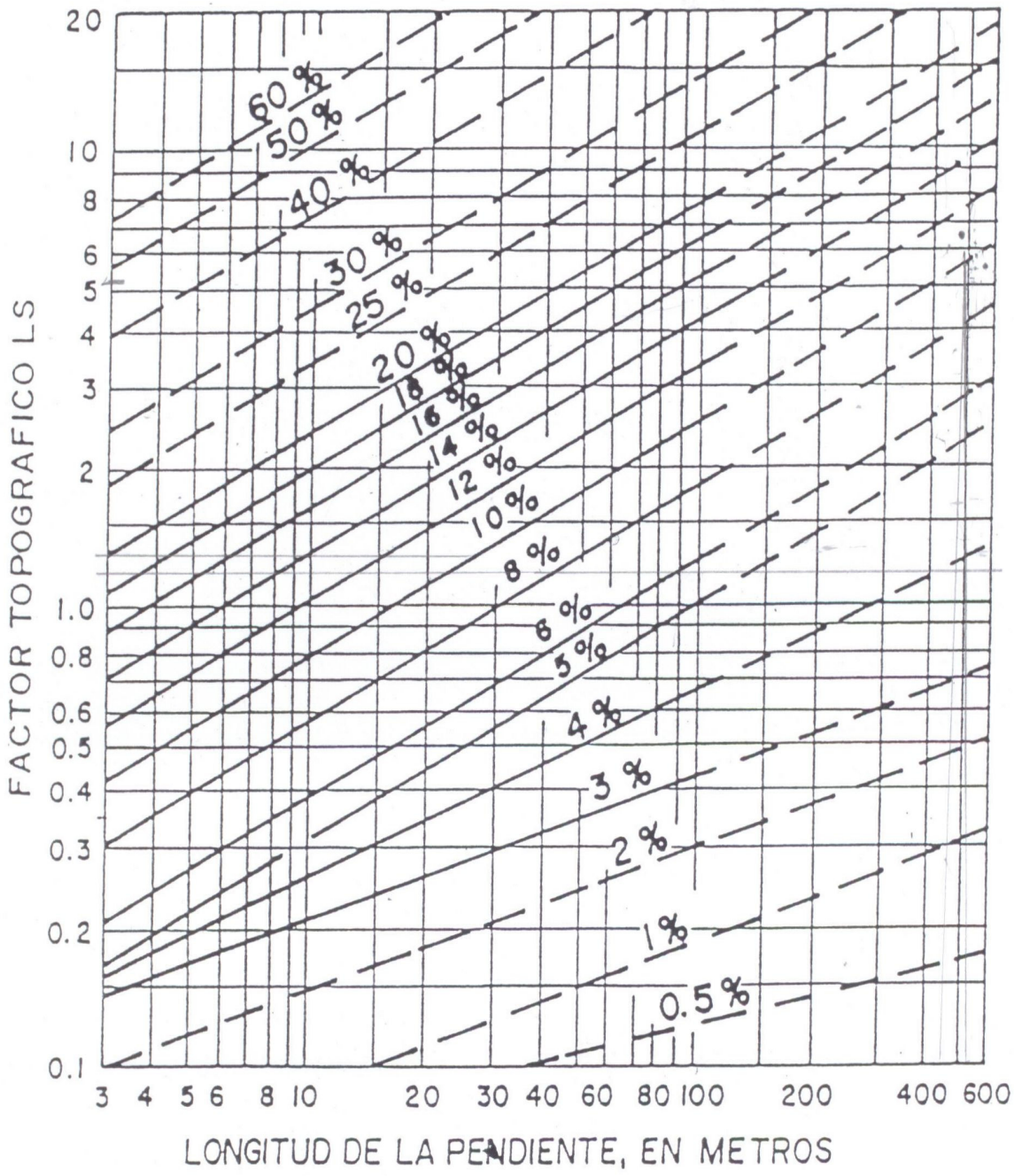
m = 0.4 si la pendiente< 5% y > 3%

m = 0.3 si la pendiente < 3% y ≥ 1%

m = 0.2 si la pendiente > 1%

Estas recomendaciones se refleja en la construcción del nomograma (Ver figura 5.3) que relaciona la longitud de pendiente, gradiente y el factor topográfico, con la limitante que su aplicación no puede hacerse a tramos mayores de 600 metros.

Figura 5.3 Nomograma de Longitud de Pendiente Vrs. Factor Topográfico



Factor de longitud y grado de pendiente, LS, para usarse con la Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo

5.2.4 FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C).

Este factor incluye los efectos interrelacionados de la cubierta, secuencia de cultivos, duración de la estación de crecimiento, practicas de cultivos y la distribución de precipitación. La evaluación del factor C es difícil debido a los múltiples cambios en los sistemas de cultivo, manejo y ciclo vegetativo.

Estudios realizados por Roose en 1977 propuso valores anuales del factor C (ver cuadro 5.2), para la cubierta vegetal y técnica de cultivos de la zona de África Occidental. Encontrándose gran similitud con las condiciones de cultivo y vegetación existente en nuestro país, se hará uso del cuadro como referencia para determinar el factor de cultivo.

Cuadro 5.2

Factor de Cobertura Vegetal y Técnica de Cultivo (C)

PRACTICAS	FACTOR C PROMEDIO ANUAL
Suelo Desnudo	1
Bosque o matorral denso, cultivo con capa gruesa de materia orgánica	0.001
Sabana, pradera en buenas condiciones	0.01
Sabana o pradera sobre pastoreada	0.1
Cobertura de cultivo de desarrollo lento o siembra tardía: primer año	0.3 a 0.8
Cobertura de cultivo de desarrollo lento o siembra tardía: segundo año	0.01 a 0.1
Maíz, sorgo, mijo (en función de producción	0.4 a 0.9
Arroz (fertilizantes intensiva)	0.1 a 0.2
Cacahuate (en función de producción y de fecha de plantación)	0.4 a 0.8
Algodón, tabaco (segundo ciclo)	0.5 a 0.7
Primer año de casave y name (en función de la fecha de plantación)	0.01
Palma, café, cacao con cobertura de cultivo	0.1 a 0.3
Piña en contorno (en función de pendiente); residuo quemado	0.2 a 0.5
Residuo enterrado	0.1 a 0.3
Residuo superficial	0.2 a 0.5
Piña y siembra de relleno (pendiente del 7%)	0.1

Fuente: Erosión de Suelos M. J Kirkby y R. P. C Morgan, editorial Limusa 1994

5.2.5 FACTOR DE METODO DE CONTROL DE EROSION (P).

Los métodos de control de erosión representa la acción que los distintos tipos de obras de protección ejercen sobre la erosión. En los métodos de control se incluyen la delineación de los contornos, el cultivo en franjas y el terraceo.

Los factores de método de control de erosión para las para las tres principales practicas mecánicas propuestas por Wischmeir y Smith se representa en el cuadro 5.3.

Cuadro 5.3

Factores De Método De Control De La Erosión (P)

PENDIENTE DEL TERRENO	CULTIVO EN CONTORNO	CULTIVO EN PAJAS DE CONTORNO Y SURCOS IRRIGADO	TERRECEO
1-2	0.6	0.3	0.12
3-8	0.5	0.25	0.10
9-12	0.6	0.3	0.12
13-16	0.7	0.35	0.14
17-20	0.8	0.40	0.16
21-25	0.9	0.45	0.18

5.3 CALCULO DE LA PERDIDA POTENCIAL DEL SUELO QUE LLEGA A LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN

Para el calcular la cantidad de suelo que se deposita en La Laguna de Metapán, el análisis se hará a través de la Ecuación Universal Modifica de Pérdida de Suelo (EUMPS), de la que se describe el proceso de cálculo de cada uno de los factores a considerar.

FACTOR DE ESCORRENTIA $\left[11.8\left(VQp\right)^{0.56}\right]$ (Ecuación 5.14)

Volumen de escorrentía (V):

$$V = \frac{(Pb - 0.2Rm)^2}{Pb + 0.8Rm}$$

Determinando el valor de retención máxima (Rm)

$$Rm = \left(\frac{1000}{CN} - 10\right) X\, 25.4$$

$$CN = \sum AiCNi \quad \text{(Ecuación 5.15)}$$

Donde:

CN: es el factor de número de curvas escorrentía ponderado, obtenido del capitulo 4

Ai: Área evaluada expresada en porcentaje

CNi: Factor de número de curvas de escorrentía de un área especifica

Al Aplicar la ecuación 5.15 se obtiene:

Cuadro 5.4

Determinación Del Número De Curvas De Escorrentía (Cn)

DESCRIPCION	CN	% DE AREA	CN
Bosque Forestal	73	15.06	10.99
Cultivos	84	31.79	26.70
Pastos	71	53.15	37.74
			CN= 75.43

De la ecuación de retención máxima (Rm) se obtiene:

$$Rm = \left(\frac{1000}{CN} - 10\right) X\, 25.4$$

Rm = [(1000/75.43)-10] x 25.4

Rm = 82.736

Pb= 1,354 mm (Dato de precipitación promedio anual, proporcionado por SNET)
Sustituyendo en la ecuación de Volumen de escorrentía (V) se tiene

$$V = \frac{(Pb - 0.2Rm)^2}{Pb + 0.8Rm}$$

$$V = \left(\frac{(1354 - 0.2(82.736))^2}{1354 + 0.8(82.736)} \right)$$

V = 1259.54 mm

CAUDAL DE ESCORRENTIA (Qp)

Los Valores de tiempo de concentración y área de la cuenca son:
A= 117.06 KM^2 + 15.52 KM^2 = 132.58 Km^2
Tc = 81.8 min.= 1.36 horas

Nota: Datos obtenido del capitulo IV de Estudio hidrológico se tiene

Qt= Qp =1175.51 m^3/s

FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)

En la prueba de laboratorio se obtuvo los siguientes valores (ver anexo 5.1, 5.2 y 5.3):

Cuadro 5.5 Factor de Erodabilidad del Suelo en Las Cuencas

	% Porcentaje			
tipo de suelo	Rio Arriba	Rio Trapichito	Desembocadura	Promedio
Limo	11	69	64	48
Arena fina	1	18	22	13,7
Limo + arena fina	12	87	86	61,7
Arena	40	1	4	15
Materia Organica	2,8	3,5	3	3,1

Permeabilidad: Moderada rápida (de estudio hidrológico)

De la Figura No 5.2 Nomograma de la Erodabilidad del Suelo se obtiene:

K = 0.14

FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L) Y FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE (S)

Pare evaluar LS se considero tramos no mayores de 600 metros, en dirección del cauce más largo evaluando para cada tramo su factor topográfico en base a la figura y aplicando una ponderación:

Cuadro 5.6

DATOS DEL FACTOR TOPOGRÁFICO (LS)

CURVA	AREA ENTRE CURVA KM2	LONGITUD	PENDIENTE EN %	FACTOR TOPOGRAFICO	FACTOR TOPOGRAFICO X AREA
1700					
	4,497	600	8,33	4,5	202,365
1650					
	5,295	500	10	5,7	301,815
1600					
	2,383	470	10,64	5,5	131,065
1550					
	4,271	550	9,09	5,8	247,718
1500					
	3,156	502	9,96	5,2	164,112
1450					
	6,558	590	8,47	5	32,79
1400					
	3,463	565	8,85	5,7	197,391

CURVA	AREA ENTRE CURVA KM2	LONGITUD	PENDIENTE EN %	FACTOR TOPOGRAFICO	FACTOR TOPOGRAFICO X AREA
	4,339	500	10	5,5	238,645
1300					
	5,214	480	10,42	5,9	307,626
1250					
	2,492	570	8,77	4,9	122,108
1200					
	4,571	520	9,62	5,6	255,976
1150					
	3,603	590	8,47	5,1	183,753
1100					
	1,375	510	9,8	5,3	72,875
1050					
	3,527	525	9,52	5,4	190,458
1000					
	2,419	470	10,63	6	14,514
950					
	4,382	530	9,43	5,2	227,864
900					
	3,539	590	8,47	5	17,695
850					
	1,487	480	10,42	5,9	87,733
800					
	2,612	550	9,09	5,8	151,496
750					
	3,574	535	9,34	5,3	189,422
700					
	5,496	460	10,87	5,8	318,768
650					
	4,389	450	11,11	6,5	285,285
600					
	2,589	490	8,47	5	12,945
550					
	4,536	585	8,55	5,4	244,944
500					
	5,657	550	9,09	5,8	328,106
449					
TOTAL	95,245				5,228,965

LS= 5.49

FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C)

De cuadro 5.2 y datos del cuadro del factor topográfico (cuadro 5.6) y realizando una ponderación tenemos:

Cuadro 5.7

FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS C

DESCRIPCION	C	% DE AREA	C
Bosque Forestal	0.001	15.06	0.000151
Cultivos	0.6	31.79	0.19
Pastos	0.1	53.15	0.05315
			ΣC=0.244

FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONTROL DE EROSION (P)

Del cuadro 5.3, el cuadro 5.6 y ponderando P se tiene el siguiente dato:

CUADRO

PRACTICAS DE CONTROL DE EROSION

CURVA	PENDIENTE EN %	P	% DE AREA	P
1700				
	8,33	0,60	4,72	0,03
1650				
	10,00	0,60	5,56	0,03
1600				
	10,64	0,60	2,50	0,02
1550				
	9,09	0,60	4,48	0,03
1500				
	9,96	0,60	3,31	0,02
1450				
	8,47	0,60	6,89	0,04
1400				
	8,85	0,60	3,64	0,02
1350				
	10,00	0,60	4,56	0,03
1300				

CURVA	PENDIENTE EN %	P	% DE AREA	P
	10,42	0,60	5,47	0,03
1250				
	8,77	0,60	2,62	0,02
1200				
	9,62	0,60	4,80	0,03
1150				
	8,47	0,60	3,78	0,02
1100				
	9,80	0,60	1,44	0,01
1050				
	9,52	0,60	3,70	0,02
1000				
	10,63	0,60	2,54	0,02
950				
	9,43	0,60	4,60	0,03
900				
	8,47	0,60	3,72	0,02
850				
	10,42	0,60	1,56	0,01
800				
	9,09	0,60	2,74	0,02
750				
	9,34	0,60	3,75	0,02
700				
	10,87	0,60	5,77	0,03
650				
	11,11	0,60	4,61	0,03
600				
	8,47	0,60	2,72	0,02
550				
	8,55	0,60	4,76	0,03
500				
	9,09	0,60	5,94	0,04
449				
TOTAL				0,60

ΣP=0.6

CALCULO DE LA ECUACION UNIVERSAL MODIFICADA DE PERDIDA DE SUELO (EUMPS)

$A= 11.8 (V*Qp)^{0.56} K*C*P*LS$

Conociendo los valores:

$Qp = 1175.51\ m^3/s$

V = 1259.54 mm

K = 0.14

LS= 5.49

C=0.244

P=0.6

$$A= 11.8[(1259.54)\ (1175.51)]^{0.56}\ (0.14)\ (0.244)(0.6)(5.49)$$

A= 3789.3865 ton/ anual

5.4 CALCULO DEL VOLUMEN DE SEDIMENTO DEPOSITADO EN LA LAGUNA DE METAPAN.

Por naturaleza todos los lagos o lagunas tienden a desaparecer, después de pasar por sus etapas limnológicas debido a la presencia de nutrientes, en este proceso interviene el sedimento que se acumula en la laguna, es por ello que es necesario determinar la cantidad de sedimento que se ha depositado en un año, y hacer una estimación de la pérdida de la capacidad de almacenamiento del cuerpo de agua y de los efectos que causa la deposición del sedimento en el cuerpo de agua.

Para la sedimentación se deben considerar aspectos, tales como:

- El transporte de sedimento.
- La deposición del sedimento que llega al cuerpo de agua.

La sedimentación inicia con el desprendimiento de las partículas, producido por la energía cinética al impacto de las gotas de lluvia o por las fuerzas generadas por el escurrimiento de agua. Luego que se desprende la partícula, se arrastra hacia los cursos de agua, para luego ser transportada. La forma, tamaño y peso son los factores que determinan el arrastre y transporte de las partículas, así como también las fuerzas hidrodinámicas que se ejercen sobre ellas y si estas disminuyen, la etapa de transporte termina y se da la deposición.

Existen factores que intervienen en el proceso de generar sedimento en una cuenca entre los cuales están:

- Clima: Precipitación (intensidad, duración y frecuencia), temperatura, viento, humedad y la radiación solar,
- El suelo:
  Características físicas: estructuras, textura, porosidad y densidad.
  Características químicas: salinidad y pH
  Características Hidráulicas: velocidad de infiltración, capacidad de almacenamiento y conducción hidráulica.
    - Vegetación: densidad de follaje, altura, densidad y profundidad de raíces.
    - Topografía: inclinación de las pendientes y longitud de las pendientes.
    - Escorrentía: superficial y subterránea.
    - Acción del hombre: deforestación, agricultura, urbanismo y construcción de vías de comunicación.

  La vegetación es una parte fundamental que influye para evitar el proceso de erosión y sedimentación ya que:
    - Intercepta la precipitación, absorbiendo la energía cinética de las gotas de lluvia.

- Incrementa la infiltración del agua en el suelo.
- Disminuye la velocidad de la escorrentía superficial.
- Fijar el suelo.
- Aumenta la evapotranspiración disminuyendo la escorrentía.

El transporte de sedimentos que es el intermedio entre la erosión y deposición, esta relacionado con las propiedades del flujo de agua, ya que a mayor velocidad de flujo, mayor capacidad de arrastre. Según la época del año así se determina el transporte del sedimento, no se respeta ningún patrón de todos los años, ya que en la época seca del año existe poca vegetación y por ende hay más arrastre de sedimentos y después del invierno hay más vegetación y el transporte de sedimento es menor.
Cuando las partículas son transportadas por la escorrentía, estas reciben diferentes nombres por su tamaño y forma de desplazamiento tales como:

- Sedimento de arrastre: son las partículas de mayor tamaño que ruedan o se deslizan sobre el lecho.
- Sedimento suspendido: partículas finas que van en suspensión.
- Sedimento de lavado o solución: partículas muy finas, conducidas en estado coloidal y son difíciles de sedimentar.

5.4.1 DEPOSICION DEL SEDIMENTO EN LA LAGUNA DE METAPAN.

En la Laguna de Metapán se deposita una cantidad de sedimento debido a la erosión existente en el medio, debido principalmente a la deforestación y practicas inadecuadas de conservación de suelos.

Al cuantificar las cantidades de sedimento se podrá ver en que manera se ve afectada la Laguna, así como también el comportamiento de la depositación de este.

Para calcular el volumen de sedimento que llega a la Laguna de Metapán se hace necesario conocer parámetros como la densidad del sedimento, volumen de sedimento, masa de sedimento.

Con estos parámetros se puede conocer la cantidad de sedimento que llega a ser depositado en la Laguna de Metapán.

Densidad de sedimento = 2.9 ton/m^3 (Dato Obtenido del Estudio de Suelo Anexo 5.3)
Volumen de sedimento depositado en la laguna = 780 m^3
Se tiene que:

$\rho = m/V$

Donde:
m = masa del material
V = volumen del material

ρ = densidad

Despejando m se tiene:

$$m = V \times \rho$$

$$m = 780\ m^3 \times 2.9\ ton/m^3$$

$$\underline{\mathbf{m = 2262\ ton}}$$

Entonces se tiene:
Sedimento depositado en la laguna: 2262 ton
Perdida de suelo de la laguna: 3780.3519 ton/ anual

Al establecer el porcentaje que llega a la laguna:
%=(100x2262)/ 3780.3519
%=59.8

DE LA PERDIDA TOTAL DEL SUELO EN LA CUENCA, SOLO EL 59.8% LLEGA A LA LAGUNA.

CAPÍTULO VI

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

6.0 INTRODUCCION

Al haber realizad los estudios y analizado toda la problemática que existe a causa del arrastre de sedimento y las descargas de aguas residuales sin previo tratamiento, es evidente que se necesita medidas de solución inmediatas para poder rescatar La Laguna de Metapán.

Es por ello que se elaboro el siguiente capitulo donde se dan a conocer las alternativas de solución que vengan a disminuir el problema de contaminación que esta afectando La Laguna de Metapan y a la vez se estará contribuyendo a rescatar tan preciado cuerpo de agua que es de vital importancia para lugareños y visitantes del interior del país.

Dando como parte de la solución medidas contra la erosión del suelo elaborando zanjas y barreras vivas en los alrededores de La Laguna de Metapán, la realización de un Dragado en el Río San José y El Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Metapán.

6.1 PROPUESTAS DE SOLUCION PARA EVITAR LA EROSION Y LA CONTAMINACION EN LA LAGUNA DE METAPAN

6.1.1 ALTERNATIVA Nº1: LA EROSION DEL SUELO.

El suelo es el más preciado tesoro de la humanidad. En condiciones favorables se forma a un ritmo de 1 centímetro por cada 100 a 400 años, y necesita de tres mil a doce mil años para formar una capa suficientemente gruesa para cultivarla.

Es un recurso no renovable, una vez perdido es difícil que vuelva a recuperarse. La muy delgada capa de suelo, sobre todo si hay presencia de hojarasca, materia orgánica y humus, permite al agua infiltrarse y recargar los acuíferos.

Los más importantes factores que conducen a la pérdida del suelo son: deforestación, quemas, preparación inadecuada del suelo, falta de obras de conservación de suelos u obras mal construidas, causantes de erosión hídrica y eólica.

La erosión hídrica, que no es sino el arrastre del suelo por las lluvias, es la que mayor daño provoca a los suelos de América Central. Ocasiona desprendimientos de partículas cuando las gotas de lluvia salpican la tierra, desprenden más rápido las partículas de limo por ser las más livianas, fácilmente arrastradas por la escorrentía. Ver Figura 6.1

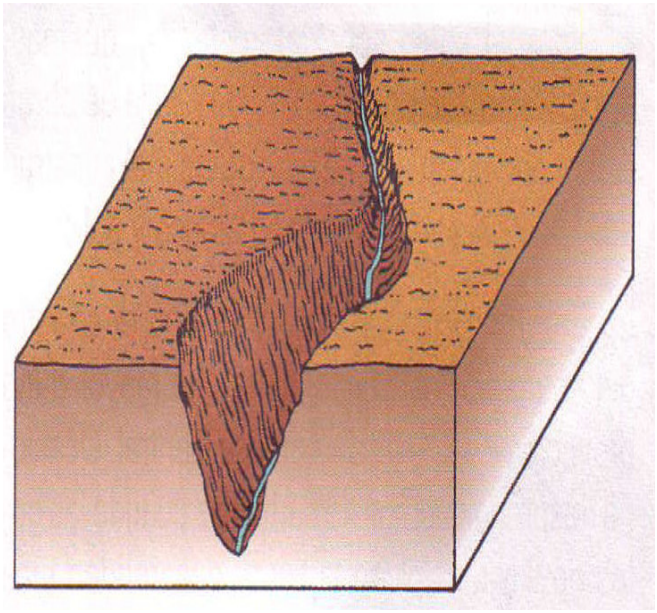
Figura 6.1 Erosión del suelo por las lluvias

La pérdida de la capa arable es visible en fuertes pendientes. Con facilidad se pueden observar manchas de colores claros, debido a la pérdida de materia orgánica y a la compactación de compuestos de calcio.

Si el terreno carece de cobertura vegetal, cada gota de lluvia golpea con la fuerza de una bala, aflojando el suelo y poniéndolo en manos de corrientes de agua, que lo arrastran a ríos y mares.

El suelo sin cobertura vegetal ni obras de conservación de suelos sufre sequía, no infiltra lluvias. Más bien, éstas lo erosionan hasta formar cárcavas que imposibilitan cualquier práctica agrícola. Ver Figura 6.2

Figura 6.2 Formación de Cárcavas es un indicativo de la gravedad de la erosión



La erosión eólica también causa mucho daño en los suelos descuidados. El desprendimiento de las partículas se da por acción del viento sobre el suelo desprovisto de una capa vegetal, y sobre aquel donde se ejercen una excesiva labranza con maquinaria pesada.

Cuando la erosión se produce de forma natural el proceso es lento, pero el hombre se ha encargado de multiplicarla al destruir los bosques o cultivar inadecuadamente la tierra.

También el sol tropical se ensaña, pues sus rayos calientan la tierra desnuda, eliminan la humedad y queman a los microorganismos e insectos que oxigenan, mejoran las propiedades físicas del suelo y controlan plagas. Por tanto, pegar fuego al rastrojo equivale a matar millones de bacterias, hongos y micorrizas que hacen el suelo fértil.

Mientras mayor la pendiente y más desprotegidos se encuentran los suelos, aumentan las probabilidades de que se laven y se vuelvan improductivos.

Un agricultor que pierde en su finca 1.5 cm. de suelo cada año, habrá perdido alrededor de 190 toneladas de suelo por ha. Si el fenómeno se repite todos los años, la enfermedad por pérdida de suelo será casi imposible de curar.

Si la erosión se considera una enfermedad, la desertización es la muerte, que amenaza unas 3.2 millones de ha en el mundo, de las cuales se extraen alimentos para 700 millones de personas. Ver cuadro 6.1

Cuadro 6.1 Niveles Máximos de Tolerancia

Profundidad del suelo (cm.)	Tolerancia de pérdida (Ton/ha x año)
25 (o menos)	0 - 4
26 - 50	4 - 8
51 - 100	8 - 12
101 - 150	12 - 16
151 - 200	16 - 20

Fuente: CATIE, 1992

En Centroamérica, solamente por problemas de erosión, la producción agrícola ha disminuido un 25 por ciento en el último cuarto de siglo, y no hay muchas señales de que la situación mejore.

QUEMAS Y DEFORESTACIONES.

Los bosques tropicales se acercan a su agonía. En los últimos 15 años han desaparecido 4.5 millones de hectáreas en Centroamérica.

Además de humedad, los bosques suministran alimentos, forrajes, medicinas, maderas y materia prima para la industria. La población rural que vive en zonas boscosas y en torno a ellas, depende de una gran variedad de productos

forestales para su subsistencia: hojas, semillas, frutas, raíces y tubérculos, sabia, hongos y animales.

La irracional explotación maderera es un fuerte componente del galopante desgaste de los bosques. En los países en desarrollo, las especies leñosas proporcionan energía primaria para las tres cuartas partes, y quizá más, de la población.

En estos países se utiliza ocho veces más la madera para leña que la extraída para fines industriales; incluso, en la mayoría de lugares la leña se recoge con mayor rapidez con la que se repone.

Según la FAO, América Latina y El Caribe, con un promedio de 7.4 millones de hectáreas anuales, registran los mayores volúmenes de deforestación en el mundo. Y las causas principales son bastantes conocidas: transformación de las tierras forestales para uso agrícola, empleo excesivo de leña y carbón, cultivo migratorio con períodos de barbecho demasiado breves, extracción insostenibles de madera, expansión de zonas urbanas e industriales, pastoreo excesivo y recolección de forrajes.

En Centroamérica, la agobiante pobreza de millares de campesinos, los arroja año con año a deforestar zonas montañosas poco a poco o nada apropiadas para actividades agrícolas.

Con mucho esfuerzo, las nuevas parcelas dan la alegría de una primera buena cosecha, porque al siguiente año la débil y desprotegida capa fértil de tierra no soporta las corrientes de agua, los vientos o las quemas agrícolas.

Los desesperados esfuerzos del agricultor por cultivar sus alimentos en esas laderas no siempre fructifican. Con la quema de rastrojos y malezas sólo se facilita la preparación de suelos, pero no se logra mejorar la productividad. Al contrario, se destruye todo ese universo de microorganismos que renuevan la vida y la fertilidad del suelo, y se pone en serio riesgo de incendio lo que aún queda de bosques.

La fertilidad del suelo se ve afectada por la quema. En el primer cultivo los elementos nutritivos quedan a disposición de las plantas y la cosecha es buena;

pero, en los ciclos siguientes estos elementos desaparecen, debido a la pérdida de la humedad, microorganismos y materia orgánica.

En Centroamérica, los pastizales han sustituido paulatinamente a los bosques, al punto que alrededor de 12 millones de hectáreas, equivalentes a la mitad de la tierra con vocación agrícola, están subutilizadas en la ganadería extensiva. Esa área es tan grande como todo el territorio hondureño.

Cuando se eliminan los bosques, se pierde algo más que árboles. Desaparecen animales y plantas, posibles cultivos, productos farmacéuticos, maderas, fibras, una vegetación que restaura los suelos y controla las inundaciones, e incontables productos y esparcimientos.

El futuro no es muy alentador. Los ecosistemas forestales son atacados a diario por la agricultura migratorio, la explotación maderera y los incendios.
Tanto la agricultura tradicional como la ganadería extensiva, caracterizadas por el uso inapropiado de la tierra, engullen más áreas vírgenes para sustituir los suelos agotados por mal manejo.

A este ritmo, en la primera década del próximo siglo los bosques centroamericanos podrían ser sólo historia.

SOLUCIONES PARA EVITAR LA EROSION DEL SUELO.

Resolver el problema de la erosión es sumamente importante ya que esto evitaría el arrastre de más sedimentos hacia el río San José y por tanto hacia la laguna de Metapán.

Es por ello que aquí se brindan algunas soluciones que pueden ponerse en práctica para aminorar el efecto causado por el arrastre de sedimentos.

SISTEMAS DE TRAZO DE CURVAS A NIVEL.

Las acequias terrazas miniterrazas y bordas se construyen sobre curvas de nivel.

Una curva a nivel es el trazo de una línea en una pendiente en la que todos los puntos están al mismo nivel.

Por razones prácticas y de costos los agricultores centroamericanos han hecho suyo el Nivel o Aparato (A)) para trazar curvas a nivel.

CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL <<A>

El tradicional Nivel A es una herramienta agrícola con forma de A mayúscula que el productor puede construir. Es útil y eficaz para el buen manejo de los terrenos inclinados.

El procedimiento consiste en cortar reglas, clavar reglas y graduar el aparato utilizando cinta métrica, clavos, martillo, regla machete botella o piedra, cuerda nylon, escuadra y marcadores.

Se construye de la siguiente forma:

1. Corte dos reglas de 2.10 metros de largo por unas 2 pulgadas de espesor, y una tercera de 1.15 metros de largo por 2 pulgadas de espesor.

2. Coloque las dos reglas grandes en forma de V invertida clave por una de sus puntas 10cm. Hacia abajo dejando el clavo ligeramente salido para amarrar la plomada.

3. Mida las mitades de las dos reglas, ábralas hasta que den 2 metros y clave la tercera regla en donde marcó las mitades.

Para hacer la prueba de la plomada busque un espacio plano y coloque de pie el Aparato" A".

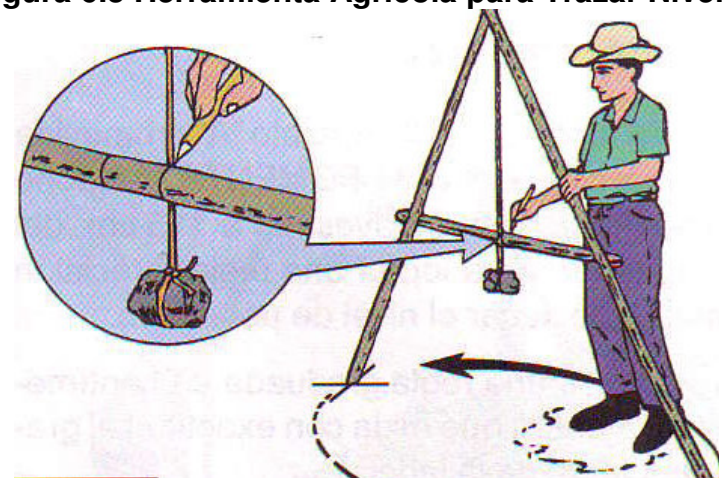
Cuando la piedra cuelga del clavo central señalará el centro del travesaño en ese sitio se traza una línea que indicará la posición de la plomada. Ver Figura 6.3

Como las curvas a nivel son líneas que están a la misma altura del terreno en una zanja o acequia construida según una de estas curvas, el agua no corre para ningún lado.

La cantidad de curvas a nivel que deban trazarse para construir obras físicas de conservación de suelos, dependerá del porcentaje de pendiente.

Mientras más pronunciada la ladera mayor la cantidad de curvas y obras a construirse.

Figura 6.3 Herramienta Agrícola para Trazar Niveles



¿CÓMO SE TRAZAN LAS CURVAS A NIVEL?

En la parte más pronunciada de la pendiente del terreno, se clava la primera estaca y se traza una línea recta hacia abajo, en el mismo sentido de la pendiente. Esta línea se llama línea de dirección de la pendiente.

Sobre esta línea se marcan los puntos con estacas separadas cada 15 ó 20 metros en dependencia del grado de pendiente y del tipo de obra de conservación a construir (ver Cuadro 6.2). Sobre las estacas se trazan las curvas a nivel.

Cuadro 6.2 Cuadro para Determinar la Cantidad y Distancia entre Curvas a Nivel para Construir Acequias o Zanjas

Pendiente del terreno	Distancia entre Acequias
5%	cada 20. metros
10%	cada 15. metros
15%	cada 12. metros
20%	cada 9.5 metros
25%	cada 7.2 metros
30%	cada 6.0 metros
35%	cada 5.5 metros
40%	cada 5.0 metros

Fuente: Universidad Nacional Agraria UNA, 1991.

A continuación se describe el uso del aparato artesanal: coloca una pata del aparato "A" junto a la estaca más alta de la línea de dirección. Mueva la segunda pata hasta lograr que la plomada ocupe la línea del nivel. Cuando esto se logran, nos indica que los puntos donde se apoyan las patas del Aparato A están al mismo nivel. Clave una estaca frente a la segunda pata y repita el procedimiento hasta llegar al límite de la curva. Las estacas clavadas así marcan la curva en contorno. El trazo de curvas a nivel es indispensable dentro de cualquier plan de construcción de obras de conservación de suelos.

6.1.1.1 ZANJAS O ACEQUIAS DE LADERA CON TRACCION ANIMAL.

Las acequias son canales o zanjas trazadas sobre curvas a nivel, para impedir que las lluvias arrastren y erosionen la capa superficial del suelo. Esta capa es la más importante del suelo, porque almacena la materia orgánica y los microorganismos necesarios para su descomposición en nutrientes para las plantas. Las zanjas son efectivas para capturar el agua de escorrentía, acumularla para que se infiltre en el suelo y/o evacuar el exceso para que no dañe los cultivos ni erosione el terreno.

Desde1994, FOMENTA y los organismos ejecutores del programa han venido demostrando que el uso de bueyes, caballos, mulas o burros en la construcción de acequias, humaniza este trabajo aumenta el rendimiento y abarata los costos. Ver Figura 6.4

Figura 6.4 Construcción de zanjas haciendo uso de animales como bueyes o caballos

Ha sido costumbre construir acequias en verano, para aprovechar el tiempo disponible del productor. Sin embargo, en esa época, el suelo se encuentra sin

humedad por lo tanto muy duro para trabajarlo. En esas condiciones, un productor construye en promedio15 metros lineales de zanja con sus taludes. Lo que más lo agota es, sin duda, la roturación de la zanja, usando azadón o piocha.

El mejor momento para construir acequias con Tracción Animal es con las dos primeras lluvias o al finalizar el invierno. La humedad facilita a los bueyes o caballos romper el suelo con el arado, ya sea de Vertedera, Combinado, Verde o de palo.

En dependencia del tipo de suelo, una yunta de bueyes está dotada de la fuerza y resistencia suficiente para romper un promedio de 500 metros lineales de trinchera, en jornadas de 6 horas diarias.

Los caballos no se quedan muy atrás, aunque se cansan más rápido debido a la mayor velocidad con la que trabajan.

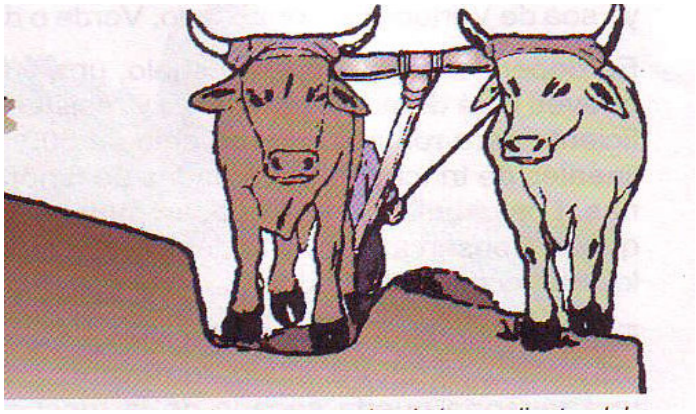
El papel de estos animales es realizar el trabajo más difícil: romper el suelo, removerlo, para que una persona pueda sacarlo de la trinchera con relativa facilidad.

Para construir las zanjas se realiza lo siguiente:

1. Se determina la pendiente del terreno y se marcan las curvas a nivel.
2. Se hace la primera pasada de arado botando la línea de estacas que están sobre la curva
3. Se dan varias pasadas hasta alcanzar un ancho de 30 centímetros.
4. Con una pala se saca la tierra removida y se la coloca en la parte inferior de la trinchera. Si la profundidad de la zanja no es la deseada, se sigue pasando el arado hasta alcanzarla.
5. El animal que trabaja por la parte superior de la ladera debe caminar dentro de la trinchera. Así se nivela la posición del yugo y se logra que el arado trabaje en la posición correcta. Ver Figura 6.5

Cuando se usa el Arado de Vertedera este puede trabajar en ambas direcciones pues el propósito es remover el suelo.

Figura 6.5 Construcción de zanja haciendo uso de Animales



Cuando se ha terminado de sacar la tierra removida, se construyen los taludes de forma manual:

- Primero se hace el talud de arriba dándole un ancho de 30cm.
- Se hace el corte del talud de abajo. La tierra se coloca siempre en la parte baja de la acequia para formar la borda.
- Este es el momento para rectificar los niveles de la zanja. Si es a desnivel se deja medio centímetro hacia donde se va a sacar el agua.
- Después de esa operación se compacta la borda con el azadón para evitar que las lluvias erosionen esa tierra suelta.

En zonas donde las lluvias son muy escasas se aconseja construir acequias con retenes separados estos entre si de 5 a 10 metros cada uno.

Los retenes se construyen manualmente con una pala o azadón. Se utiliza la tierra removida para hacer pequeñas paredes interiores que separan la zanja en varios compartimientos. Allí se recoge el agua de lluvia que se infiltra lentamente a las capas profundas del suelo. Ver Figura 6.6

Figura 6.6 Construcción de retenes manualmente

Los taludes se hacen a mano después que se abren y limpian las trincheras. Las bordas se compactan golpeando la tierra con la parte trasera de la pala.

6.1.1.2 BARRERAS VIVAS

Para garantizar la vida de las zanjas, se deben proteger con barreras vivas, que son cultivos de raíces profundas sembrados en el borde superior de las acequias.

Estas barreras vivas protegen las acequias porque sus raíces con sus tallos y hojas retienen el suelo que se erosiona y disminuyen la velocidad de la corriente de agua de lluvia en la pendiente.

Los sedimento erosionados se acumulan año tras año, dando paso a la nivelación del suelo mediante la formación de terrazas.

Siembre barreras vivas que alimenten a sus animales en verano: gandul madreado, leucaena, caña, Taiwán, sorgo, vetiver. En la borda también puede sembrar árboles como gandul o leucaena, pues sus raíces ayudan a amarrar el suelo.

Algunos productores prefieren sembrar la barrera viva en época de primera así la fertilizan para que se desarrolle y retenga el suelo. Al final de la temporada construyen la acequia cuando ya está bien formada la barrera viva.

6.1.1.3 LABRANZA MÍNIMA Y CONSTRUCCIÓN DE MINITERRAZAS CON TRACCIÓN ANIMAL

En esta búsqueda de mecanismo para hacerle frente a la erosión en laderas (30 a 40 por ciento de pendiente), durante mucho tiempo se han hecho esfuerzos por desarrollar la labranza mínima continua.

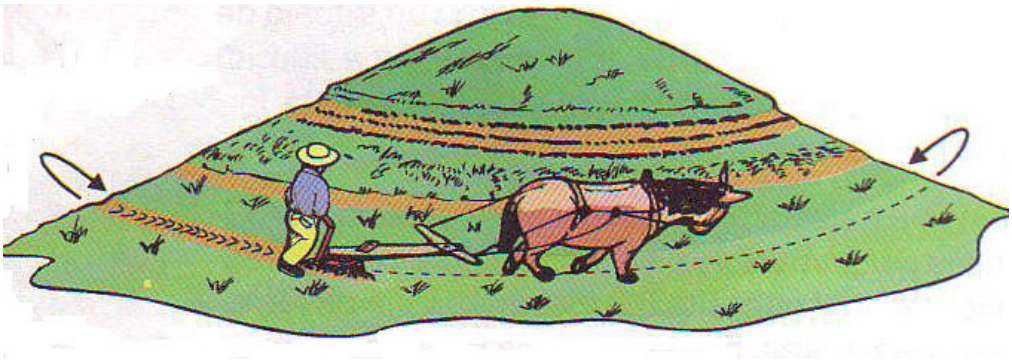
En terrenos con pendientes mayores del 30 por ciento, la labranza mínima continua conduce a la formación de mini terrazas debido a la forma de roturar el suelo.

Esta técnica basada en una leve remoción manual de tierra, ha tenido éxito en el aspecto técnico, pero muy pequeño en el aspecto económico. Ver Figura 6.7

Para cultivar una manzana bajo este sistema se necesita 30 días/hombre porque el agricultor se limita a la piocha para remover y preparar el surco de siembra.

Para dar mantenimiento a una parcela necesita 20 días/manzana. Así es poco probable que la familia pueda aprovechar toda su parcela.

Figura 6.7 Labranza y construcción de miniterrazas



En una parcela donde se va a hacer labranza mínima por primera vez, un productor utilizando Tracción Animal necesita 3.2 días/manzana en jornadas de 6 horas. En una parcela de mantenimiento sólo necesita 2 .4 días/manzana.

El proceso comienza con el trazado de curvas a nivel usando el Aparato"A". En terrenos con pendiente de 30 por ciento se traza una curva por cada 6 metros para que sirva de línea guía.

Si la pendiente es mayor, las curvas se trazan considerando los distanciamientos recomendados para barreras vivas, acequias o muros de piedra.

Cuando se hace labranza mínima por primera vez y aún después las roturaciones se hacen siempre partiendo de la curva a nivel más alta del terreno.

Esto permitirá el acomodamiento del suelo en la parte inferior en un surco de 30 centímetros o más de ancho.

El siguiente paso es preparar el caballo con los aperos y elegir entre un arado combinado sin aletas, un arado verde o un arado egipcio.

El Proceso de roturación se hace comenzando en la curva de arriba. El arado rompe el suelo pasando sobre el estaquillado. En el extremo del surco, el caballo gira y el yuntero coloca el arado en un punto ligeramente arriba del primer pase para hacer la segunda roturación.

El tercer paso se hace debajo del primero o arriba del segundo. Al final debe quedar un surco de 30 cm de ancho con una profundidad de 20 cm

El siguiente trazo se hace en la curva siguiente.

Cuando se han roturado las dos curvas se mide1.2 metros de distancia a partir de la curva de arriba, y se procede a realizar el mismo proceso de aradura ya descrito para formar un nuevo surco.

Las siguientes roturaciones se hacen utilizando el mismo procedimiento hasta llegar al centro de las dos curvas.

6.1.1.4 MANTENIMIENTO DE OBRAS

Todas las obras de conservación de suelos necesitan mantenimiento. Por muy bien hechas algunas acequias pueden derrumbarse con las lluvias o llenarse de tierra en alguna de sus partes.

Después de fuertes lluvias hay que sacarlos sedimentos acumulados en el fondo de la zanja por lo que se hacen necesario mantener vigilancia a lo largo de todo el invierno.

El problema de 'aterramiento' se presenta con menos frecuencia en zanjas protegidas con barreras vivas. Los cultivos de raíces profundas son efectivos para detener tierra y hojarasca por el agua de lluvia.

Para evitar que las barreras vivas crezcan demasiado y dañen el borde del talud hay que podarlas cuando su tamaño sea muy alto.

En terrenos donde se han construido mini terrazas, se hace necesario chapiar o podar la maleza que se mantiene en la borda. De esa manera afecta menos al desarrollo de los cultivos pero continúa amarrando el suelo con sus raíces.

En las parcelas donde se han construido zanjas, terrazas, mini terrazas, se hacen necesario evitar el pastoreo del ganado. Las pisadas de los animales destruyen con facilidad esas obras físicas.

Cuando las parcelas tienen muchas piedras, la lógica nos dice que debemos utilizarlas para construir barreras muertas; de paso, se deja limpio el terreno para los cultivos.

En el caso de encontrarnos con pendientes superiores al 40%, ni las zanjas, ni las barreras vivas o muertas, ni las terrazas y mini terrazas garantizan totalmente el control de la erosión.

La mejor forma de aprovechar estos terrenos es sembrando árboles frutales o maderables, porque la mayoría de esos suelos son inapropiados para desarrollar la agricultura.

La labranza conservacionista en terrenos de ladera es una tarea urgente para conservar y recuperar el suelo y el agua.

El uso de animales de tiro hace posible este tipo de prácticas, porque permiten al agricultor aumentar sus áreas de cultivo, disminuir los costos en la preparación del suelo y mejorar la productividad.

6.1.1.5 PRESUPUESTO DE OBRAS DE CONSERVACION DE SUELOS

En vista de que esta es una alternativa que los agricultores pueden implementar sin mayor costo económico, ya que lo único que se necesita es la construcción del nivel o aparato “A”, basta con capacitar estos agricultores, por lo que se propone un día en el cual la mayoría de ellos se encuentren libres de sus actividades .

El costo de esta alternativa es de $800.00 que implica contratar un ingeniero agrónomo para que capacite a los lugareños para utilizar este método de conservación de suelos. Con esta alternativa se cubriría los caseríos ubicados en La Laguna de Metapan y los caseríos ubicados aguas arriba del Río San José.

6.1.2 ALTERNATIVA Nº2: DRAGADO DEL RIO SAN JOSE

Se entiende por dragado la operación de limpieza de cuerpos de agua como lo son ríos, lagos, puertos, etc. El material recogido en el fondo se llama sedimento o escombro y las maquinas utilizadas para este tipo de trabajo se llaman dragas.

Las dragas se utilizan para hacer más profundas o más anchas las vías navegables, para limpieza de cuerpos de agua, extraer el material de relleno necesario para elevar tierras sumergidas por encima del nivel del agua, construir diques, preparar la colocación de cimientos bajo el agua y para extraer minerales y muestras de vida marina.

En nuestro medio la maquinaria utilizada para dragar es el tractor de gran capacidad, pala mecánica, camiones de volteo, cargador.

En esta alternativa se presenta una solución para disminuir el sedimento depositado en el Rió San José y a la vez disminuir el riesgo de inundación por eventos de gran magnitud(tormentas tropicales, depresiones, huracanes); la cual consiste en hacer un dragado a 2.8 Km. del cauce del río, desde antes de entrar a la ciudad con una elevación de 510 msms y hasta que sale de ella con una elevación de 440 msms ; para ello se hizo el calculo del nivel de aguas máximas

(ver cap IV, sección 4.2.9); en base al resultado se pretende desalojar un volumen de 56014m^3 para poder contribuir a disminuir el riesgo de inundaciones en caso que se presente una clase de estos eventos y además de esto se estará contribuyendo a la disminución del sedimento que se deposita en la Laguna de Metapan al ser arrastrado por el cauce del río.

6.1.2.1 PRESUPUESTO DE DRAGADO DE RIO SAN JOSE

Para esta alternativa se presentan dos presupuestos, los cuales se detallan a continuación:

ALTERNATIVA A

RIO SAN JOSE					
Maquinaria	**cantidad**	**unidad**	**P.U.**	**Sub. Total**	**Total $**
PALA MECANICA	46,7	día	904,0	$ 42,197.20	$ 42,197.20
ALQUILER DE CAMION 15M3	46,7	día	450,0	$ 21,005.3	$ 21,005.3
GASOLINA	17271,0	gal	4,9	$ 84,455.1	$ 84,455.1
					$147,657.60

ALTERNATIVA B

RIO SAN JOSE					
Maquinaria	**cantidad**	**unidad**	**P.U.**	**Sub. Total**	**Total $**
ALQUILER DE TRACTOR D6	23,3	día	904	$ 21,098.6	$ 21,098.60
ALQUILER DE CAMION 15M3	186,7	h	630	$117,629.40	$117,629.40
CARGADOR	23,3	día	1,012.5	$ 23,630.40	$ 23,630.40
GASOLINA	13770,1	gln	4.89	$ 67,335.80	$ 67,335.80
					$ 229,694.30

Como puede observarse la alternativa “A” es la mas optima en cuestión de monto, pues para su implementación se consideran 46.7 días con un monto de **$147,657.60**; mientras que la alternativa “B” aumenta un 35% con respecto a la alternativa “A”, pero en términos de tiempo es mas rentable, esta alternativa, tiene un monto de **$ 229,694.30.**

6.1.3 ALTERNATIVA 3: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE METAPAN

6.1.3.1 GENERALIDADES

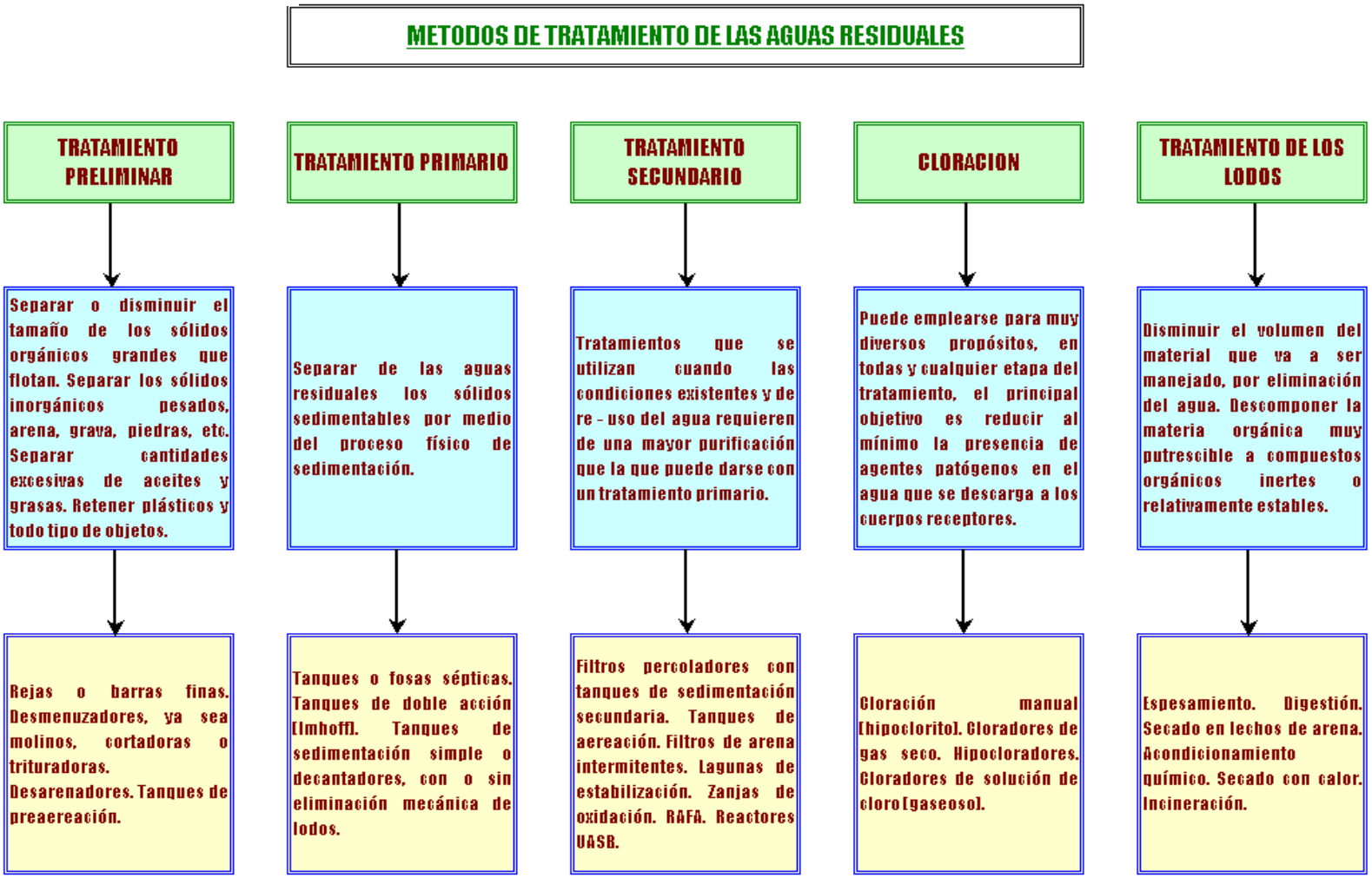
El diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Metapán, es una alternativa viable para contribuir a disminuir la contaminación generada por aguas residuales en el casco urbano de la ciudad de Metapán.

Los métodos utilizados para el tratamiento de las aguas residuales, se pueden incluirse dentro de cinco procesos los cuales son: Tratamientos Preliminar, Primario, Tratamiento Secundario, Cloración y tratamiento de Lodos. Ver figura 6.8.Para efecto de alcanzar los niveles de tratamiento que permitan cumplir con las normas vigentes para vertidos de aguas residuales a un cuerpo receptor (Río San José). Los valores descritos por la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor(1996) se presentan a continuación:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):	*60 mg/L*
Demanda Química de Oxígeno (DQO):	*150 mg/L*
Sólidos suspendidos totales:	*60 mg/L*
Sólidos Sedimentables:	*1 mg/L*
pH:	*5.5-9.0*
Aceites y grasas:	*20 mg/L*

Dentro de las consideraciones que se toman en cuenta para el Diseño de la Planta de Tratamiento es la ubicación del terreno, según investigaciones hechas dentro de la Alcaldía de Metapán, esta municipalidad posee un terreno al Nor-este de la ciudad, con un Área de 83,887.90 m^2 (alrededor de 8,5 manzana), donde se pretendería a futuro construir la Planta de Tratamiento Ver Figura 6.9

Figura No 6.8


METODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
TRATAMIENTO PRELIMINAR
Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan. Separar los sólidos inorgánicos pesados, arena, grava, piedras, etc. Separar cantidades excesivas de aceites y grasas. Retener plásticos y todo tipo de objetos.
Rejas o barras finas. Desmenuzadores, ya sea molinos, cortadoras o trituradoras. Desarenadores. Tanques de preaereación.
TRATAMIENTO PRIMARIO
Separar de las aguas residuales los sólidos sedimentables por medio del proceso físico de sedimentación.
Tanques o fosas sépticas. Tanques de doble acción (Imhoff). Tanques de sedimentación simple o decantadores, con o sin eliminación mecánica de lodos.
TRATAMIENTO SECUNDARIO
Tratamientos que se utilizan cuando las condiciones existentes y de re - uso del agua requieren de una mayor purificación que la que puede darse con un tratamiento primario.
Filtros percoladores con tanques de sedimentación secundaria. Tanques de aereación. Filtros de arena intermitentes. Lagunas de estabilización. Zanjas de oxidación. RAFA. Reactores UASB.
CLORACION
Puede emplearse para muy diversos propósitos, en todas y cualquier etapa del tratamiento, el principal objetivo es reducir al mínimo la presencia de agentes patógenos en el agua que se descarga a los cuerpos receptores.
Cloración manual (hipoclorito). Cloradores de gas seco. Hipocloradores. Cloradores de solución de cloro (gaseoso).
TRATAMIENTO DE LOS LODOS
Disminuir el volumen del material que va a ser manejado, por eliminación del agua. Descomponer la materia orgánica muy putrescible a compuestos orgánicos inertes o relativamente estables.
Espesamiento. Digestión. Secado en lechos de arena. Acondicionamiento químico. Secado con calor. Incineración.

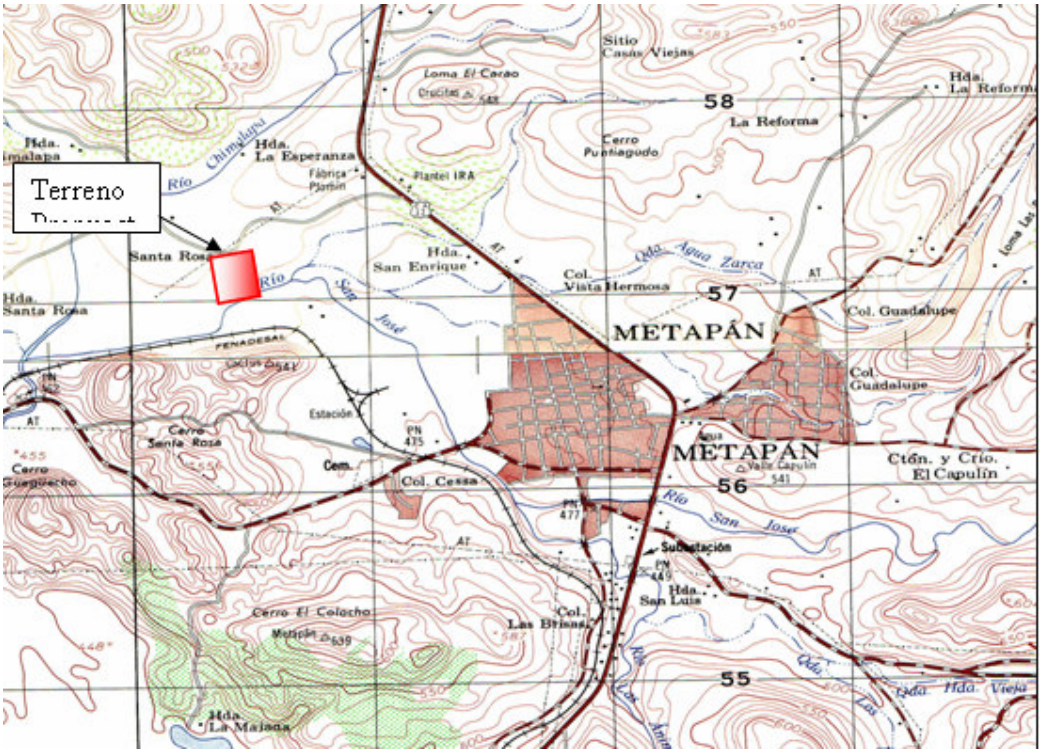


Figura 6.9, mapa de Ubicación del terreno

Además se presenta la siguiente tabla donde se muestran parámetros que servirán para el diseño de la planta de tratamiento:

DESCRIPCION	UNIDAD	ETAPAS		
		2005	2015	2025
Poblacion Total	habitantes	24000	32253.99	43349.67
Porcentaje de cobertura de agua potable	%	85	90	95
Poblacion conectada de agua potable	habitantes	20400	29029	41179
Dotacion de poblacion conectada	l/h/d	150	150	150
Consumo conectado	l/s	0.04	0.05	0.07
Volumen de agua residual	m3/d	2892	4115	5837
Volumen total de agua residual promedio	m3/d	2747	3909	5545
flujo total deagua residual promedio	l/s	0.03	0.05	0.06

Datos proporcionados por Alcaldía municipal de Metapan, departamento de Medio Ambiente

Dentro de la información obtenida lo que se pretende realizar es conducir el agua residual proveniente de la Descarga 1, por gravedad hasta un tanque de succión ubicado cerca de la Descarga 2, como se muestra en la figura 3.1 del capitulo 3, en donde el caudal de ambas, se unan para ser trasladadas hasta el terreno destinado para la planta de tratamiento. En el terreno se ubicará el sistema de pre-tratamiento en el nivel más alto del

terreno, para completar el tratamiento del agua residual en cada una de las unidades por gravedad.

Las unidades que comprenderían el tratamiento son las siguientes.

- Rejilla
- Canal desarenador
- Trampa de Grasas
- 2 Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA)
- 1 Filtro Biológico
- 2 Sedimentador
- 1 Tanque de cloración
- 2 Digestor de lodos
- 1 Patio de secado de lodos.

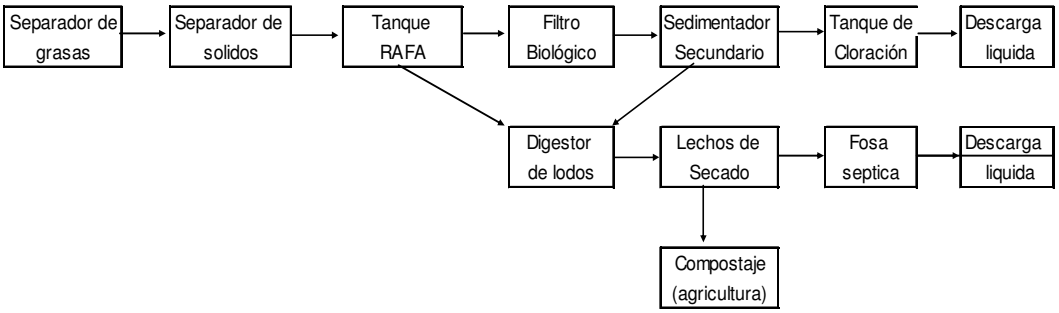
Las instalaciones de la planta de tratamiento contarán además, con obras tales como:

- Estación de bombeo
- Cercado perimetral.
- Oficina-bodega
- Canaleta de aguas lluvias
- Obras de protección
- Conexión a descarga existente, que incluye pozos de inspección.
- Línea y subestación eléctrica.

6.1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO

Tratamiento principal

El tratamiento principal de las aguas residuales de Metapán, se basa en el siguiente esquema operacional:



Desde el punto de vista operacional, el sistema propuesto ofrece una gran ventaja, ya que no requiere ningún sistema mecanizado para su funcionamiento, ya que está dispuesto para que hidráulicamente funcione por gravedad.

En cuanto a la recuperación de las características naturales de las aguas residuales, no se utiliza ningún proceso químico para la estabilización de la materia orgánica, si no más bien esta es obtenida por procesos puramente biológicos, en donde los microorganismos presentes son los responsables de esa estabilización.

Por lo antes expuesto, la labor de operación y mantenimiento del sistema se reduce a la contratación de una persona que sea la encargada de realizar todas las actividades que son requeridas para garantizar la eficiencia operacional del sistema. Dado que estas actividades no tienen ningún grado sofisticado, basta con adiestrar adecuadamente a varias personas para que rutinariamente pueda efectuar sin ninguna complicación las labores encomendadas; además de contratar a un operador para que realice el trabajo de “bombero”, es decir el manejo del equipo de bombeo, el cual funcionará las 24 horas del día.

Separador de grasas y aceites

Las aguas residuales contienen cantidades de grasas y aceites que de alguna forma perjudica los procesos en el resto de las etapas siguientes, principalmente el biológico, para lo cual, se propone un tanque. El separador de

grasas y aceites se basa en el principio de que las aguas negras que van entrando es mas caliente que el que contiene el tanque y se enfría al llegar a este, lo cual hace que la grasa se solidifica y flote sobre la superficie de donde se extraerá cada 3 días. Las grasas y aceites extraídas deberán enterrarse en una fosa pequeña, para tal fin. Se deberá conservarse con una cubierta hermética, para prevenir olores desagradables y excluir insectos y roedores.

Separador de sólidos: Rejillas y Desarenadores

Rejillas:

Normalmente las aguas residuales crudas contienen una gran cantidad de objetos gruesos que son retenidos por la rejilla, que consiste en un tipo de enrejado colocado transversalmente al flujo, en el interior del canal de entrada. Estos ocasionan una perdida de carga considerable que disminuye la velocidad del agua en los canales, generando un estancamiento aguas arriba de la rejilla que puede provocar la sedimentación de los sólidos y materia fecal en la tubería y canal de entrada; por lo tanto, el operador del sistema deberá rastrillar manualmente todos los objetos gruesos que sean retenidos y colocarlos sobre la placa de concreto perforada que se encuentra arriba de la rejilla 2 veces al día. Una vez los objetos se encuentren deshidratados, estos deberán ser enterrados en fosas aledañas a esta unidad y deberán cubrirse con una capa de tierra compactada de 30 cm de espesor. Bolsas plásticas, trozos de madera, botes, cabellos, etc. son algunos objetos que generalmente son retenidos.

Desarenador:

El canal desarenador es una cámara diseñada para retener los sólidos sedimentables de mayor peso específico que la materia orgánica. En el canal desarenador son retenidas todas las partículas gruesas capaces de sedimentar a una velocidad de asentamiento de 0.3 m/s. Es decir, son todas aquellas partículas en donde no se necesitan períodos de retención prolongados para que puedan sedimentar, tales como las arenas principalmente. En tal sentido, el desarenador consta de dos canales, dejando uno sin operación mientras se realizan actividades de mantenimiento, en el fondo cuenta con un espacio adicional donde estas arenas son almacenadas. El mantenimiento básico de esta unidad consiste en eliminar las arenas periódicamente de estos canales con una pala y depositándolo en la misma fosa de las rejillas y trampa de grasas; para lo cual deberá interrumpirse el flujo del agua en uno de los canales mediante la compuerta mecánica tipo tornillo sin fin, que se encuentra a la entrada de cada canal. La limpieza se efectuará cuando el material acumulado ocupe la altura del espacio de almacenamiento. Los canales desarenadores tienen una longitud de 12.50 m. y un ancho de 1.0 m

Limpieza desarenador. PTAR Suchitoto, El Salvador

Medidor de caudales

Para medir el volumen de agua que ingresa a la planta, las variaciones, el caudal instantáneo, caudal promedio, etc. se incluye un canal de aforo al final del desarenador, en el cual se colocará un vertedor triangular de pared delgadas, que no estará fijo; se colocará solamente para determinar el caudal especifico que se requiera.

Colocación de Vertedero

Para conocer el caudal que esta pasando por el vertedor, bastara con colocar una regla graduada en centímetros, en posición totalmente vertical y anotar la altura H que se lee

hasta el nivel del agua, la medida debe realizarse a una distancia de 4 veces la altura en la punta de la cresta, aguas arriba de la ubicación del vertedero Una vez conocida la altura del agua, se consulta la tabla de caudales mostrada a continuación.

El vertedor deberá ser pintado con pintura anticorrosiva, por lo menos una vez al año.

Caudal en función de la carga sobre el vertedor tipo triangular.

El caudal se calcula como $Q= 1.4\ H^{5/2}$

Altura H (cm.)	**Caudal (l/s)**	**Altura H (cm.)**	**Caudal (l/s)**
1	0.01	21	28.30
2	0.08	22	31.78
3	0.22	23	35.51
4	0.45	24	39.50
5	0.78	25	43.75
6	1.23	26	48.26
7	1.81	27	53.03
8	2.53	28	58.08
9	3.4	29	63.40
10	4.43	30	69.01
11	5.62	31	74.91
12	6.98	32	81.09
13	8.53	33	87.58
14	10.27	34	94.37
15	12.20	35	101.46
16	14.33	36	108.86
17	16.70	37	116.58
18	19.24	38	124.62
19	22.02	40	141.67
20	25.04	41	150.69

Tanques RAFA

Un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente RAFA, (UASB, por sus siglas en inglés), es un tanque en el cual, el agua residual ingresa por el fondo, distribuyéndose de manera uniforme, desde el fondo hacia la superficie.

El agua residual fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodos formados biológicamente. El tratamiento se produce al entrar en contacto el agua residual y las partículas.

Parte del gas generado dentro del manto de lodo se adhiere a las partículas biológicas. Tanto el gas libre como las partículas a las que se ha adherido gas, ascienden hacia la parte superior del reactor.

El gas libre y el gas liberado de las partículas es capturado en una bóveda de recogida de gases instalada en la parte superior del reactor.

El agua tratada es recolectada a través de vertederos colocados en la periferia del tanque. El operador debe revisar que éstos se mantengan libres de cualquier tipo de obstrucción. La purga de lodo excedente debe de removerse cada 5 o 6 meses para evitar que éste escape con el agua tratada; esta actividad debe realizarse en períodos de bajo caudal. Cuando se realiza la evacuación de lodos debe dejarse una porción en el tanque para que continúe la actividad de las bacterias. La evacuación se realizará primero para un RAFA y cuando se finalice el proceso, se continuará con el siguiente RAFA. Se finalizará el proceso cuando se observe que la consistencia de los lodos es más líquida que al inicio de la operación.

En caso que exista producción de malos olores, no característicos, se debe de realizar lo siguiente:

Eliminar los posibles atascamientos de agua tratada, verificar el pH y agregar agua con cal, en caso que el valor del pH sea inferior a 5.5.

Cada uno de los RAFA posee tuberías instaladas en la losa superior para la evacuación de los gases, por lo que las válvulas instaladas en los mismos deben permanecer abiertas.

Filtro Biológico

La unidad es de forma rectangular, tiene como función principal la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual, a través de un medio filtrante; Sobre este se alojará una película biológica que se adhiere a la superficie del medio, la que está constituida por una población bacteriana que actúa sobre el agua que fluye por entre los intersticios del medio, descomponiendo la materia orgánica y reduciendo con ello el nivel de contaminación e intensidad de las aguas negras, a medida que estas percolan hacia el fondo de la unidad. Después de cierto tiempo, la capa bacterial adquirirá un gran espesor, el cual se desprenderá hidráulicamente del lecho de bloques para pasar luego a un sedimentador secundario en donde se efectuara la separación de los lodos formados.

La colocación del medio filtrante, deberá ser tal que el agua que esta escurriendo sobre el medio filtrante se escurra fácilmente, sin dejar depósitos lodosos. Además, el aire debe poder circular libremente en el seno del filtro, para ello se colocaran ventanas en las paredes laterales. En el fondo, se colocaran unas vigas prefabricadas separadas entre si, que soportaran el peso del medio filtrante, permitiendo que exista también, un espacio para recolectar las aguas tratadas y facilitar el movimiento del aire a través del filtro.

La distribución del agua proveniente del tanque RAFA, deberá ser distribuida de manera uniforme a lo largo y ancho de la superficie del filtro, para lo cual están provistos de un sistema de vigas de distribución tipo canal, debiendo tener el cuidado necesario de su limpieza, ya que parte de los sólidos suspendidos serán eliminados, pero un porcentaje mínimo de estos sólidos se depositan en estas vigas-canal, lo que puede producir una disminución de la capacidad hidráulica en estos. Por otra parte, en el sistema de rociado que es del tipo diente de sierra, se da una adherencia de microorganismos que forma una capa biológica gruesa que puede de igual forma disminuir la capacidad hidráulica del canal. La frecuencia de limpieza es cuando haya presencia visual de estos depósitos o capa biológica.

Limpieza de vigas canal. PTAR Suchitoto

En el lecho filtrante se forma también una capa biológica o zooglea, que es la responsable de la disminución del contenido orgánico de las aguas. Debido al ambiente adecuado que ofrece el lecho filtrante para el desarrollo de los microorganismos, el crecimiento de esta zooglea es bastante significativo; sin embargo, la colmatación del lecho es controlada por un equilibrio natural que se da en él, ya que existen organismos mayores que no se alimentan de la materia orgánica, sino de la zooglea, por lo tanto, no se realiza ninguna actividad de limpieza en el lecho filtrante. De esta manera, un filtro biológico en correcta operación se mantiene limpio y no se encharcan, y la superficie del medio filtrante deberá tener una apariencia verdosa.

Se deberá controlar la emisión de olores desagradables y la generación de las moscas, debiendo eliminar cualquier rastro de lodos en las ventanas de aireación y los canales de salida del filtro. Para lo anterior, cada cierto tiempo deberá pasarse un chorro de agua por dichas partes, para la limpieza respectiva.

Sedimentador Secundario

Se establece dos sedimentadores cónicos, diseñado para un periodo de 20 años; en esta unidad son retenidos las partículas o sólidos que se encuentran en suspensión, y que son capaces de sedimentar por acción de su propio peso o por la biofloculación entre ellos, durante un período de retención establecido en 2 horas. Estas partículas son depositadas en el fondo del sedimentador, en donde por acción de las bacterias presentes son descompuestos y transformados en lodos putrescibles. Durante el proceso de descomposición de los sólidos a lodos hay una liberación de gases producidos por bacterias anaerobias, que ascienden hacia la superficie arrastrando durante

este trayecto parte de los sólidos suspendidos o en proceso de sedimentación, formando una capa de natas en la superficie de esta unidad, la que puede ser transportados hacia el sistema de cloración.

Las aguas crudas ingresan al sedimentador, donde se encuentra una pantalla, cuya función es romper la velocidad del flujo; al pasar el agua a través de dicha pantalla, mantiene una velocidad tal que se presenta una estabilización adecuada del flujo, lo cual facilita la sedimentación de la materia sólida. La frecuencia con que los lodos deben ser extraídos es de una vez cada dos días. Esta actividad se realiza mediante la apertura de la válvula de control colocada en la tubería de extracción de lodos, por espacio de 30 segundos en cada operación. La apertura de válvulas será primero para un sedimentador y cuando se haya evacuado los lodos, se continuará con el segundo hasta completar el proceso.

En caso de haber presencia de natas flotantes en la superficie del sedimentador, la frecuencia de limpieza deberá ser reducida hasta que este problema haya desaparecido.

La salida del agua se realiza a través de un canal recolector ubicado al final de la unidad, lo cual reduce la velocidad de salida.

Los lodos sedimentados que se acumulan en el fondo, serán removidos por medio de una tubería de 8” e impulsados por presión hidráulica hasta el digestor de lodos, utilizando la válvula respectiva. El tiempo sugerido de descarga (1 –1 ½ minutos) es el necesario para evacuar un gran porcentaje de lodo espeso, hasta un punto en el cual comience a ser más líquido, en ese momento detener la descarga, para evitar saturación de líquidos en el Digestor de Lodos. Cualquier cambio en las propiedades del lodo extraído o situación anormal tiene que ser reportada a la administración y anotada en bitácora.

Cada día deben extraerse los sólidos flotantes de la superficie del agua, haciendo uso de la herramienta adecuada (cedazo con cabo largo). Las partículas que no puedan ser extraídas con el cedazo habrá que empujarlas hacia el fondo haciendo uso de agua a presión y agitando el agua de la

superficie con una escoba, rastrillo o cepillo con cabo largo. Esta operación debe realizarse a diario y en toda la superficie líquida.

Tanque de Cloración

Se propone un sistema de desinfección a través del compuesto de cloro en la forma de hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio. Estará ubicado como tratamiento final con el fin de desinfectar el efluente, eliminando así, la microbiología patógena, con el propósito de reutilizar en los campos cercanos, para la agricultura, por ejemplo. Se planifica para un horizonte de 20 años.

Está diseñado como un estanque para el contacto con el cloro, para un tiempo de retención de 30 minutos, para lo cual contará con paredes internas que servirán como pantallas, generando un flujo vertical.

Digestor de Lodos

La digestión de los lodos extraídos de los tanques RAFA y de sedimentadores, se depositarán en un tanque cilíndrico, cuyo diámetro interno es de 10.10 m. donde son completamente estabilizados por acción de bacterias anaerobias y facultativas. En el tanque digestor, se presentan tres capas durante su operación; la capa inferior es el lodo estabilizado que deberá ser extraído, la segunda capa o capa intermedia es donde se da la fase activa de digestión, compuesta por una mezcla de lodo y agua turbia y la capa superior es una capa de sobrenadante que se forma por la gran cantidad de gases producidos, que al ascender a la superficie arrastran un buen porcentaje de los lodos. Esta ultima capa de un espesor de aproximadamente 50 cm y apariencia sólida, proporciona una cubierta natural para impedir la penetración de oxígeno al interior del digestor, propiciando la condición anaerobia requerida. En tal sentido, *esta capa no deberá ser removida bajo ninguna circunstancia.*

Cada día hay que revisar la superficie y si existen objetos extraños como ramas de árboles, hojas, piedras, trozos de madera, envases, etc., hay que

retirarlos y disponerlos adecuadamente en un sitio apropiado. Asimismo cada día hay que revisar el límite de llenado.

Los lodos digeridos y estabilizados, acumulados al fondo del Digestor, tienen que ser evacuados a los patios, a través de la operación de la válvula de descarga, cada 2 meses en verano y cada 3 o 4 meses en invierno. Las frecuencias anteriores se deben a que en verano las condiciones de sol y humedad son más favorables para el proceso de deshidratación de los lodos, lo cual también es posible gracias al sistema de filtración y evacuación de líquidos en el interior de los Patios de Secado.

El digestor posee además una tubería de 3" para evacuar los líquidos del digestor que pueden ocasionar obstrucción en los lechos de secado, por lo que deberá evacuarse estos cebando la tubería y abriendo la válvula para tal fin, los líquidos son conducidos hacia la fosa séptica para su tratamiento.

Al iniciar la operación del sistema, existe muy poca cantidad de lodos extraídos de los sedimentadores y RAFA, por lo que se deberá tener el cuidado de que el lodo depositado en el digestor, no sea endurecido por acción de la evaporación de los líquidos, ya que esto puede provocar taponamientos en la tubería de evacuación. Esta situación puede ser controlada extrayendo más cantidad de líquido de los sedimentadores.

La cantidad de lodo extraído, será aquella que sea necesaria para formar una capa de 20 a 25 cm. en los lechos de secado. Durante la operación del proceso, deberá depositarse lodo en forma alterna en los dos patios y vaciar alternadamente los digestores y no al mismo tiempo.

Lechos de secado de lodos y fosa séptica.

Las capas de lodos extraídos del digestor, serán depositados sobre lechos de secado compuestos en su superficie por losetas de concreto y por dos capas de grava de diferente tamaño de 30cm. de espesor, en el cual los lodos reposaran mientras el contenido de agua es drenado a través de un sistema de tubería de 4" ranuradas y por evaporación.

El producto final deshidratado debe ser retirado de los patios, cuando este presente una apariencia completamente seca y agrietada, y puede utilizarse como abono.

El contenido de agua de los lodos, será tratado por un proceso anaerobio en una fosa séptica, para remover aun más el material flotante y sedimentable, convirtiéndolos a compuestos más estables. El efluente sedimentado de la fosa séptica será conducido hasta la descarga respectiva.

6.1.3.3 DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE METAPAN

Diseñando el RAFA: (Considerar dos unidades en Paralelo)

Base rectangular

Periodo de retención (horas): 5

Velocidad de ascenso (m/h):0.7

Volumen del RAFA (M^3):612

Area de la base (M^2):174.86

a:10.80

b:16.20

Altura h (m):3.5

Altura h 1 (m):1.7

Area de abertura entre losetas (M^2):612

Ancho abertura (m):0.19

Eficiencia esperada:60%

DBO en el efluente (mg/l):100

Diseño del Sedimentador Secundario (Considerar dos unidades)

Tiempo de retención (horas):1.6

Caudal (l/s):68

Caudal (M³/h):122.4

Volumen del cono (M³):195.84

Velocidad de descenso V1 (m/h):5

Velocidad de trancision V2 (m/h):3.5

Velocidad de salida V3 (m/h):1

Area interna de pantalla A1 (M²):24.48

Area de salida del cono A3 (M²):122.40

Area superior calculada (M²):147.68

Diámetro superior calculado (m):13.71

Profundidad calculada (m):3.98

Inclinación calculada de paredes:30.12

Considerando prof. Del cono (m):4.5

Diámetro superior calculado (m):12.89

Diámetro superior recomendado (m):12.00

Radio superior recomendado (m):6

Profundidad de pantalla (m)

Area de transición A2 (M²):34.97

Area del cono en zona de transición (M²):60.05

Diámetro en zona de transición (m):8.74

Radio recomendado (m):3.90

Profundidad de salida por relación triángulos:2.93

Profundidad de pantalla (m):1.58

Diseño Trampa de grasa y aceite

Caudal (l/s):68.00

Tiempo de detención (min.):20.0

Volumen (m³):81.60

Considerando: b = 1.5a, h=1.3

V= 1.5 a^2 x 1.3

a=6.47

b=9.70

h=1.3

Diseño Digestor de lodo (Considerar dos Unidades)

Caudal (l/día): 5875200.0

Concentración (mg/l):250

Carga Orgánica kg./día:734.4

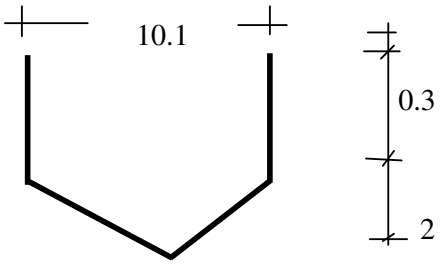
Población equivalente (hab.):16320

Volumen Digestor (M³):161.0

Volumen Digestor (M³):161.0

Diámetro Digestor:10.1

Profundidad:2.0



Lechos de secado de lodo:

Población equivalente: 16320

Carga aplicable (M² / habitante): 0.015

Area Calculada (M²):244.8

Area requerida (M²):244

Largo:12.75

Ancho:8.5

Diseño del Filtro percolador:

Factor de eficiencia:0.75

Caudal (l/s):68.00

DBO afluente (mg/l) :100

DBO efluente (mg/l):20.00

Altura de medio filtrante:5.00

Carga hidráulica aplicable (l/m2/s):0.32

Area de filtro Calculada (M²):209.83

Area de filtro recomendada (M²):170.00

DBO en el efluente (mg/l):25.00

w= 68 l/s x 100 mg/l x 86.4 = 587.52 kg DBO_5/día

$V= w /[(1/E – 1) /0.443]^2$

$V= 587.5 / [(1/.75)-1 /0.443]^2$

V= 587.5 /0.57 = 1030.70 m^3 Utilizando piedra volcánica

Considerando $e_2 = e_1$

V_2= 412.28 m^3

L= 24 m

a = 6.5 m

h= 2.7 m

Desarenador (Sección Parabólica)

Qmd= 64.18 lts/s

Qmaxh= 154.03 lts/s

Qmind= 38.51 lts/s

1. Para Qmaxh

   Ancho = 1.0 m v= 0.30 m/seg

   Q= A x V

   Q= 2/3Ht x V

$0.154 = 2/3\ (1.0)H \times 0.3$

$H = 0.77$ m

Cálculo de Control. Tipo rectangular por ser desarenador de sección parabólica.

$H + v^2/2g = dc + v_c^2/2g + 0.1\ v_c^2/2g$

$H + v^2/2g = 3.1\ v_c^2/2g$

$V_c = (2g/3.1\ (H + v^2/2g))^{\wedge}1/2$

$V_c = 2.21$ m/s

$dc = 2v_c^2/2g = 2.21^2/ 9.81$

$dc = 0.497$ m $= 0.50$ m

$A = Q/ v_c = 0.154/2.21 = 0.069\ m^2$

Ancho de control $w = A/dc = 0.069 /0.50 = 0.138$

$W = 0.14$ m

Determinación de geometría parabólica del área transversal.

<u>Qmd = 0.06418 m^3/seg</u>

$a = (Q^2w/g)^{\wedge}1/3$ a= área de escurrimiento a la altura crítica.

$= 0.04\ m^2 \longrightarrow dc = a/w = 0.04\ m^2/ 0.14$ m $= 0.29$ m

$H = 3.1\ v_c^2/2g - v^2/2g$

$v_c^2/2g = dc/2$

$H = 3.1\ (0.29/2) – 0.3^2/ (2 \times 9.81)$

$H = 0.45$ m

T (ancho) $= 3Q/ 2Hv = 3 \times 0.06418/ (2x\ 0.45x\ 0.3) = 0.71$ m

Qmin= 0.0385 m^3/seg

a = $(Q^2w/g)^{1/3}$

a = 0.028 m^2

dc= 0.2 m

H= 3.1 $v_c^2/2g - v^2/2g$

H= 0.30 m

T= 3Q/ 2Hv = 0.63 m

Longitud del Desarenador

Tiempo de retención = T= H/1.12 m/min = 0.77 /1.12 = 0.69 min

L= 0.69 min x 0.3 m/seg x 60 s/min

L = 12.38 m

L= 12.50 m

Vertedero

hmax = 0.30 m para Q= 64.18 l/seg

Longitud de cámara = 10 hmax = 3.0 mts

Sección de medición ubicada a 4 hmax aguas arriba del vertedero = 1.20 m.

Dimensiones = ancho = 0.9 m

b = 0.5 m

Rejillas

Inclinación de rejas = 45º

Velocidad entre rejas = 0.60 para Qmd

Perdida de carga máxima = 0.15 m

Qmd= 64.18 lts/seg Qmaxh= 0.154 m^3/s

Ancho de la barra (t) = 1/8”

Espaciamiento entre barras (a) = 25-50 mm

Velocidad de aproximación = 0.45 m/s

Área canal de aproximación.

Acanal = Qmax/ 0.6Pmax ((t+a)/a)

Pmax= Profundidad máxima de agua en el canal cuando Q=Qmax, en m.

Acanal= 0.154 /(06 x 0.77) ((0.0032+.025)/0.025)

Acanal= 0.376 m

Ancho de canal a utilizar = 0.50 m

Velocidad de canal

v= 0.5/((t+a)/a) = 0.44 m/seg

Longitud de canal de aproximación = 1.35 m

Pérdida de carga a través de rejilla

hf= 1/0.7 ($Vr^2 – Va^2$)/2g = 0.012 m ok

Volumen de recolección de arena:

V= Qmd x V de arena ⟶ 30 lt/1000 m^3

V= 64.18 x 86.4 x 30 / 1000

V= 166.35 lt/día

h´= 1x12.5/(166.35/1000)

h´= 0.014 m para limpieza cada día.

Considerando limpieza cada cinco días.

0.014 x 5= 0.07 ms

Se dejará 10 cms

Fosa Séptica

Tiempo de retención = 24 horas

Lodos = No de hab x gasto de lodos

V= 43347 (50 li/persona/año)

V= 2,167,350 li/año

V= 5.94 m^3/día de lodos

Considerando que el 90% del vol. de lodos es agua.

Q= 5.94 m^3/día x 0.9 = 5.35 m^3/día

Volumen de fosa séptica = Q x Tr = 5.35 m^3

Profundidad de fosa séptica = 1.20 m

Dimensiones de fosa = 1.5 x 3.0 x 1.20 = 5.40 m^3

Tanque de Cloración

Tiempo de retención = 30 min

Volumen = Qxt

Volumen = 96.27 l/s x 30 min x 60 = 173286 litros

Relación largo-ancho = 4 l= 4ª

Asumiendo h= 2.0 m

Area= V/h = 173.29/1.6 = 108.3 m^2

a= $(108.3/4)^{1/2}$

a= 5.2m

b= 20.8 m

Se utilizará 5 x 20m

Equipos de Bombeo

Se tiene el cálculo del equipo de bombeo estimado, necesario para impeler el agua residual cruda hacia las unidades de tratamiento. Se ha proyectado para una vida útil de 10 años la utilización de dos bombas con el caudal estimado a este periodo y posteriormente el cambio de los equipos de bombeo para el siguiente periodo de 10 años.

Se instalarán dos equipos de bombeo para que cuando se suspenda, por motivos de limpieza, mantenimiento y/o reparación, la operación de uno de estos no se interrumpa la evacuación de las aguas residuales; de igual forma se considera la instalación de una planta de emergencia, para cortes de energía.

El equipo de bombeo contará con variador de frecuencia.

Línea de Impelencia

Utilizando Qmaxd a 20 años.

$D= 1.2(Qb)^{1/2}$

$D=1.2\ (96.27\ l/s/1000)^{1/2}$

D= 0.37 m = 14.66”

Se utilizará 15”

Pérdidas por accesorios, altura y tubería = 25 m

Potencia de bomba a 20 años = 25 (96.27)/(76x0.67) = 47.26 HP

Se utilizará bomba de 50 HP.

Potencia a 10 años= 25(67.86)/(76x0.67) = 33.32 Hp

Se utilizará bomba de 40 HP

6.1.3.4 PRESUPUESTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

DESCRIPCION	COSTO $
TRAMPA DE GRASAS	1,2461.24
DESARENADOR	13,493.53
DIGESTOR DE LODOS	30,589.65
FOSA SEPTICA	2,764.19
SEDIMENTADORES	57,987.41
FILTRO BIOLOGICO	185,499.82
PATIO DE SECADOS DE LODOS	149,69.24
TANQUE DE CLORACION	40,731.28
2 RAFA(REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE)	239,529.30
OFICINA-BODEGA EN PTR	13,330.53
OBRAS EXTERIORES	194,463.45
RED DE CONEXIÓN DE DESCARGA A ESTACION DE BOMBEO	86,475.63
ESTACION DE BOMBEO	119,231.49
TANQUE DE SUCCION V=14M3	3,331.48
LINEA DE IMPELENCIA	164,538.22
LINEA ELECTRICA Y SUB ESTACION ELECTRICA	60,257.94
CONEXION DE AGUA POTABLE	3,103.60
PRUEBA HIDRAULICA	15,950.90
TOTAL $	$1,258,708.90

Figura 6.1 Distribución de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales de La Ciudad de Metapán

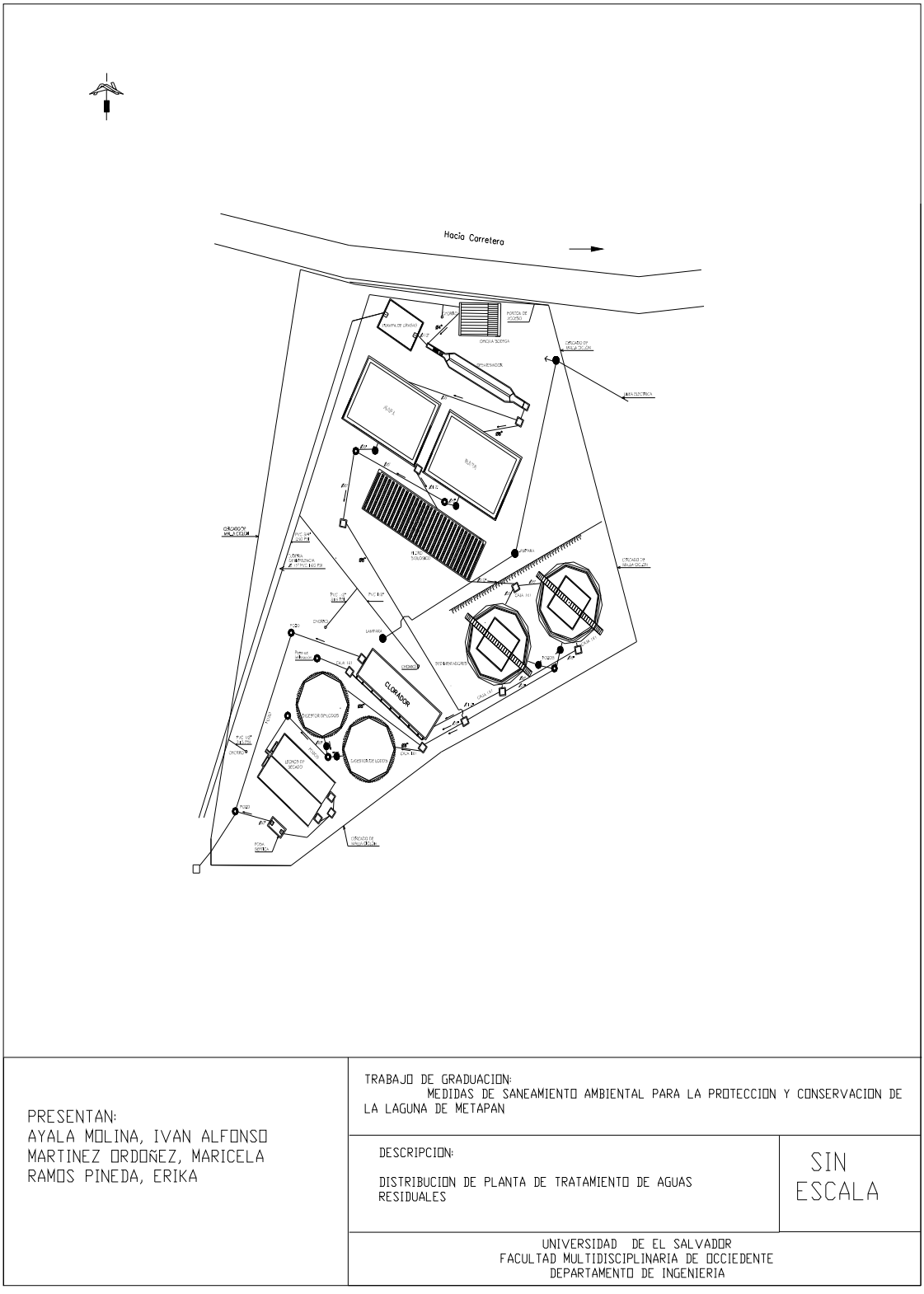


Figura 6.2 Rejilla y Desarenador

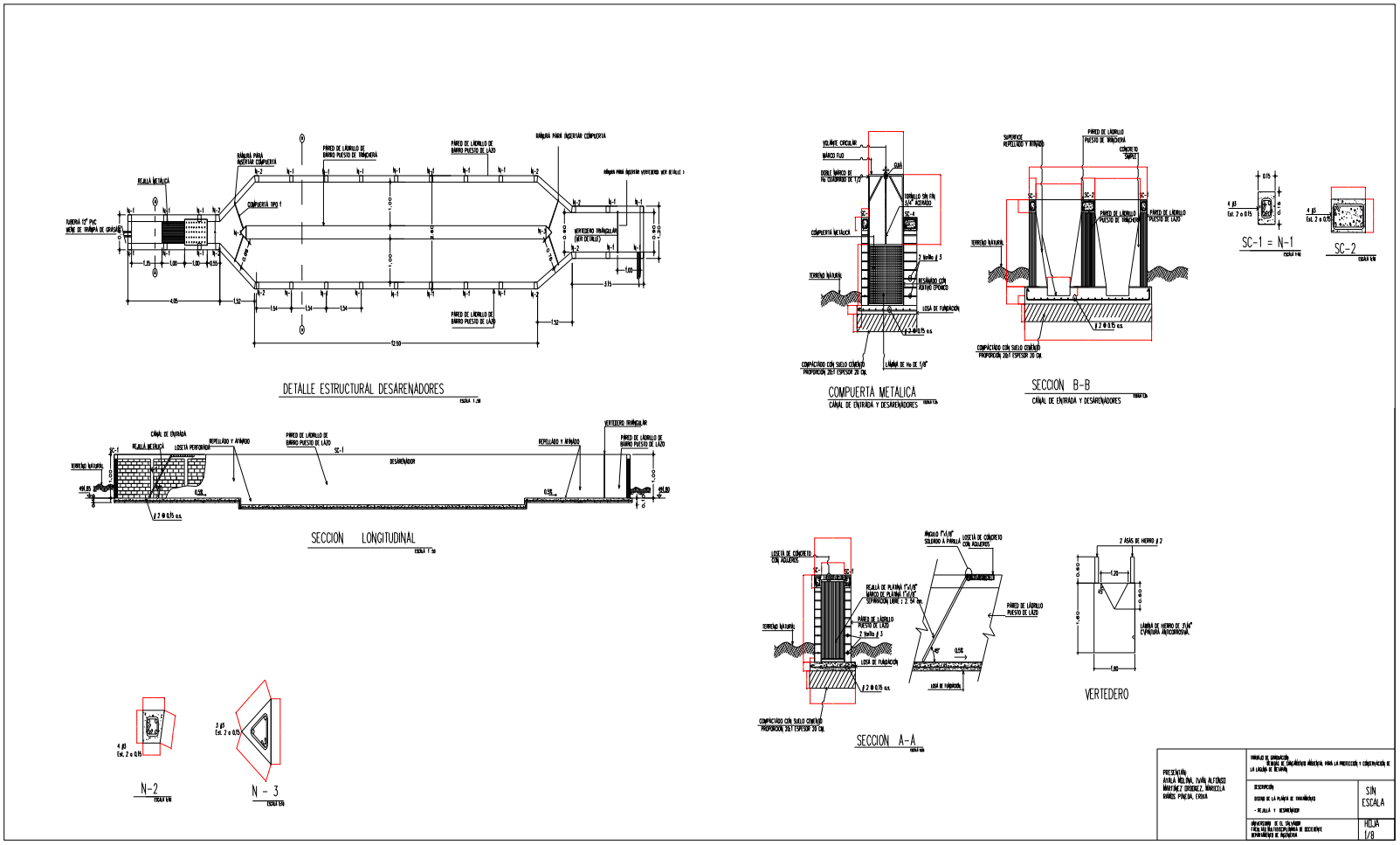


Figura 6.3 Trampa de Grasa

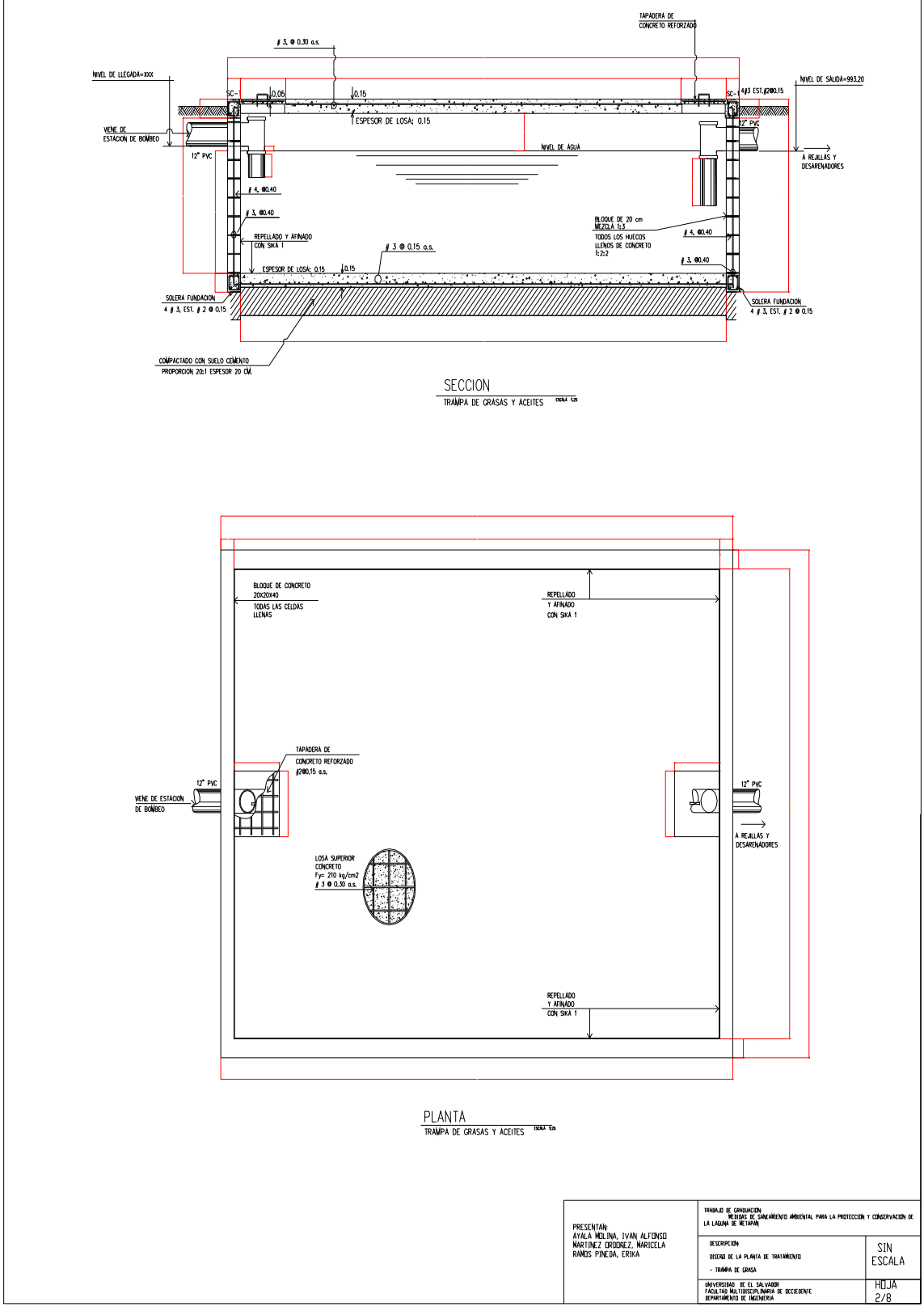


Figura 6.4 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

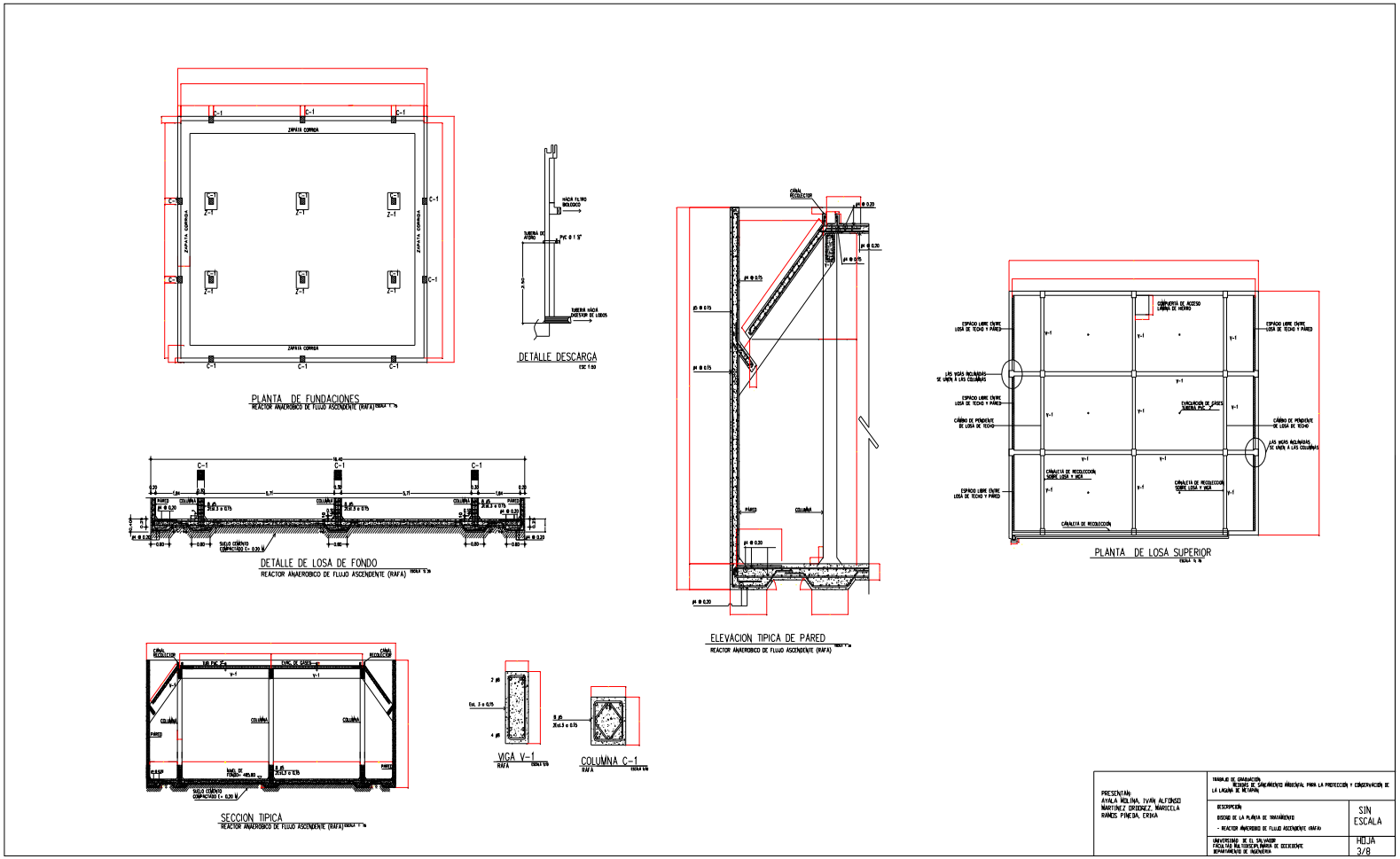
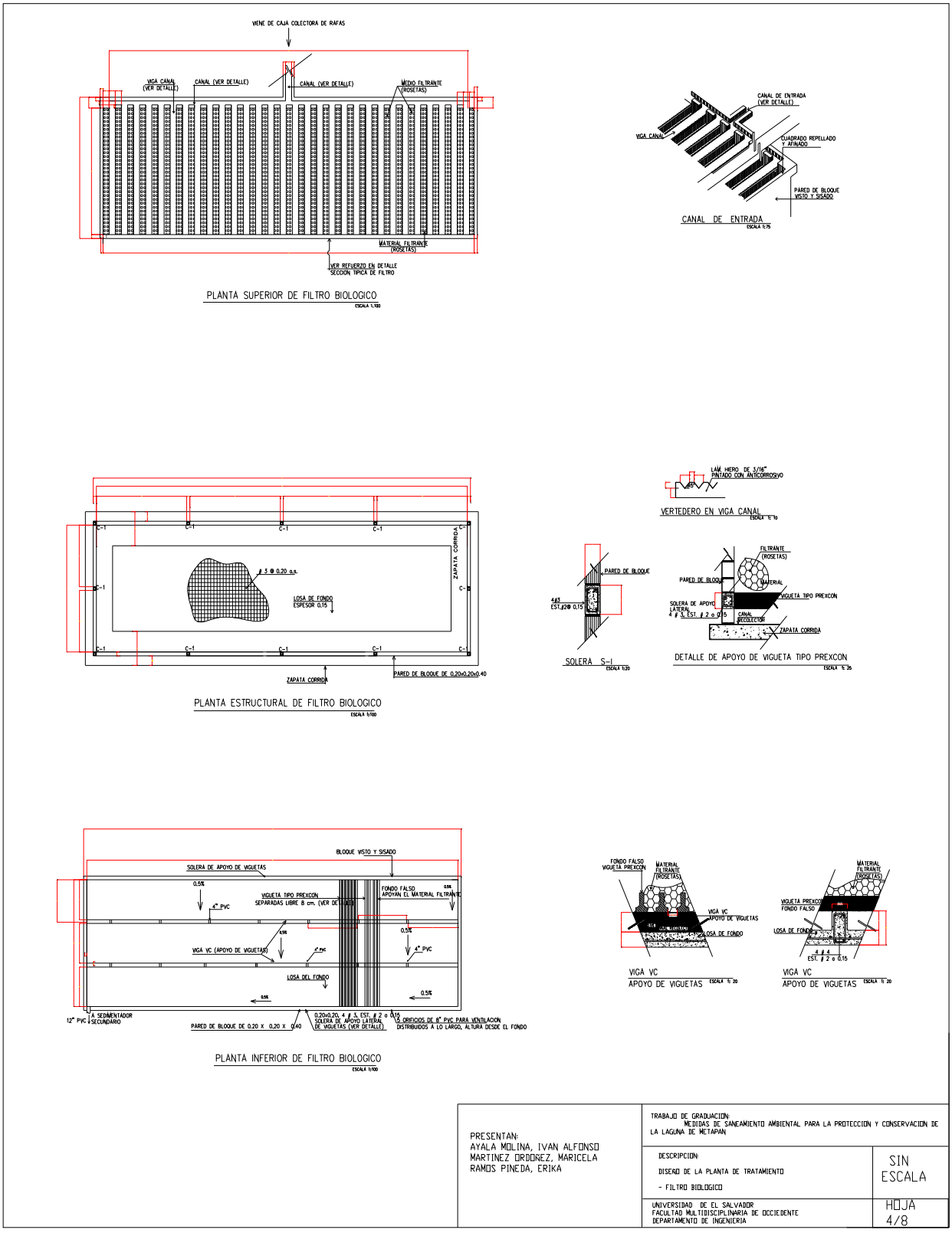


Figura 6.5 Filtro Biológico



PRESENTAN:
AYALA MOLINA, IVAN ALFONSO
MARTINEZ ORDOÑEZ, MARICELA
RAMOS PINEDA, ERIKA

TRABAJO DE GRADUACION:
MEDIDAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCION Y CONSERVACION DE LA LAGUNA DE METAPAN

DESCRIPCION:
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
- FILTRO BIOLOGICO

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

HOJA 4/8

Figura 6.6 Tanque de Cloración y Digestor de Lodos

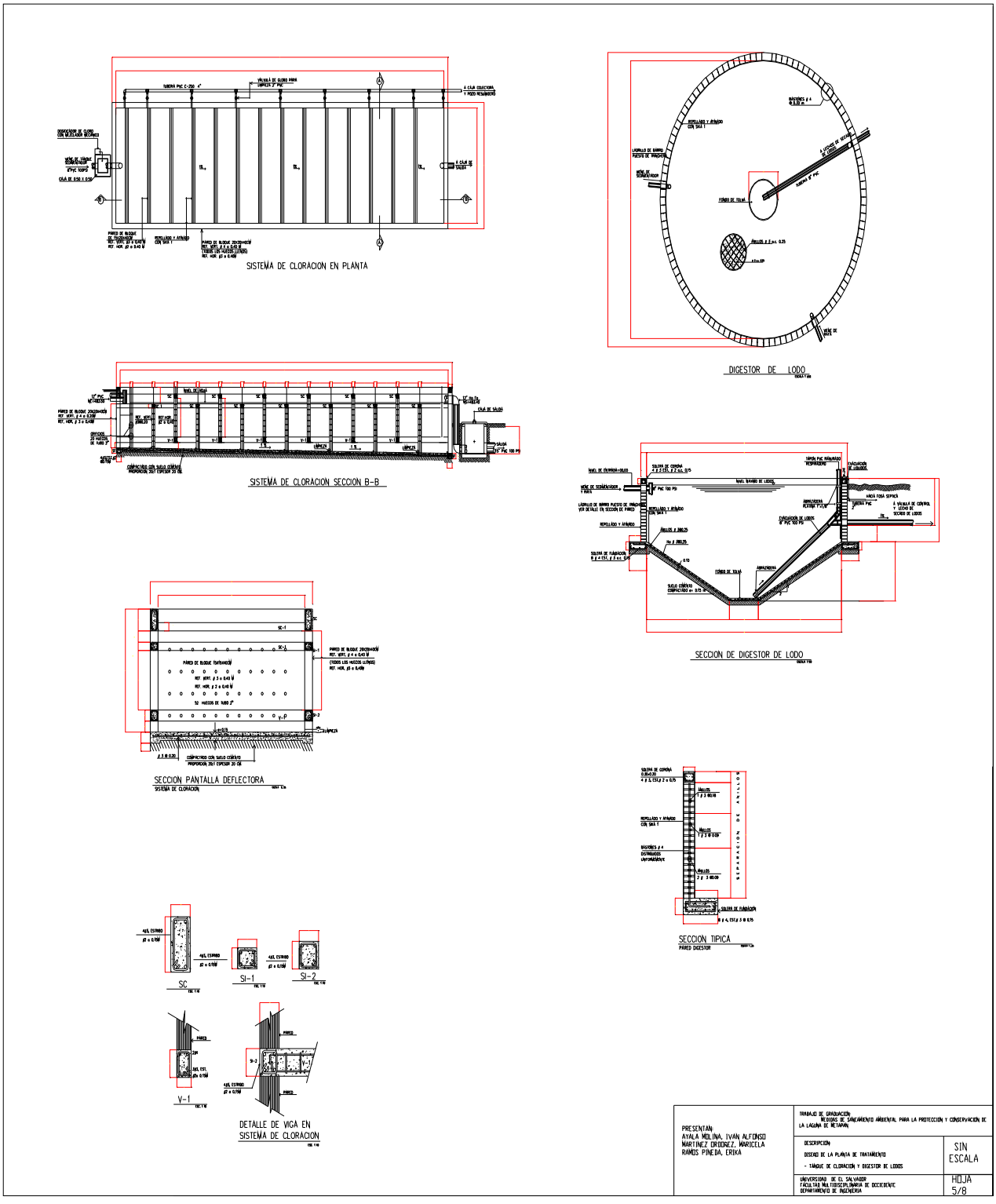


Figura 6.7 Patio de Secado de Lodos

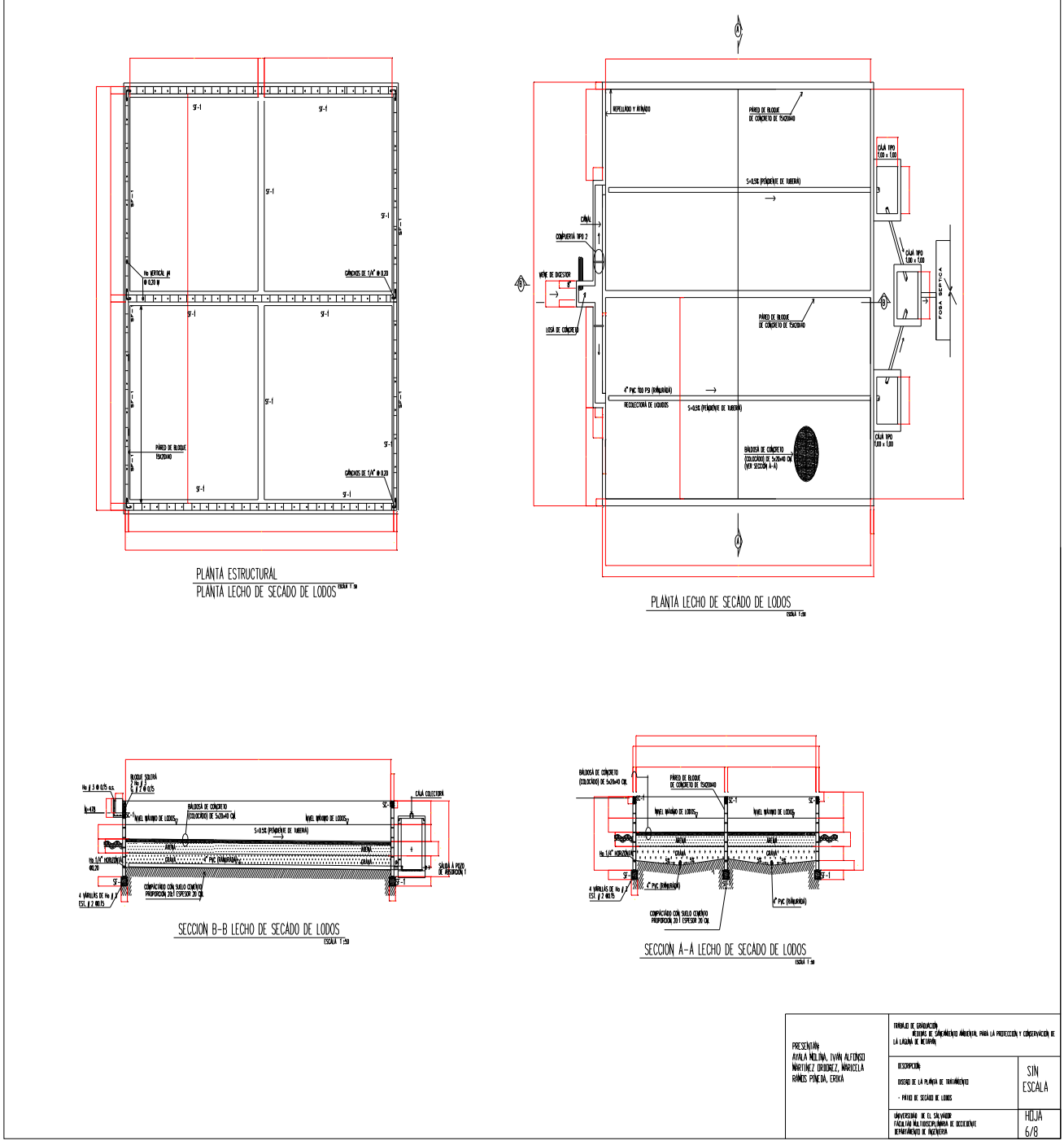


Figura 6.8 Oficina, Bodega y Cercado Perimetral

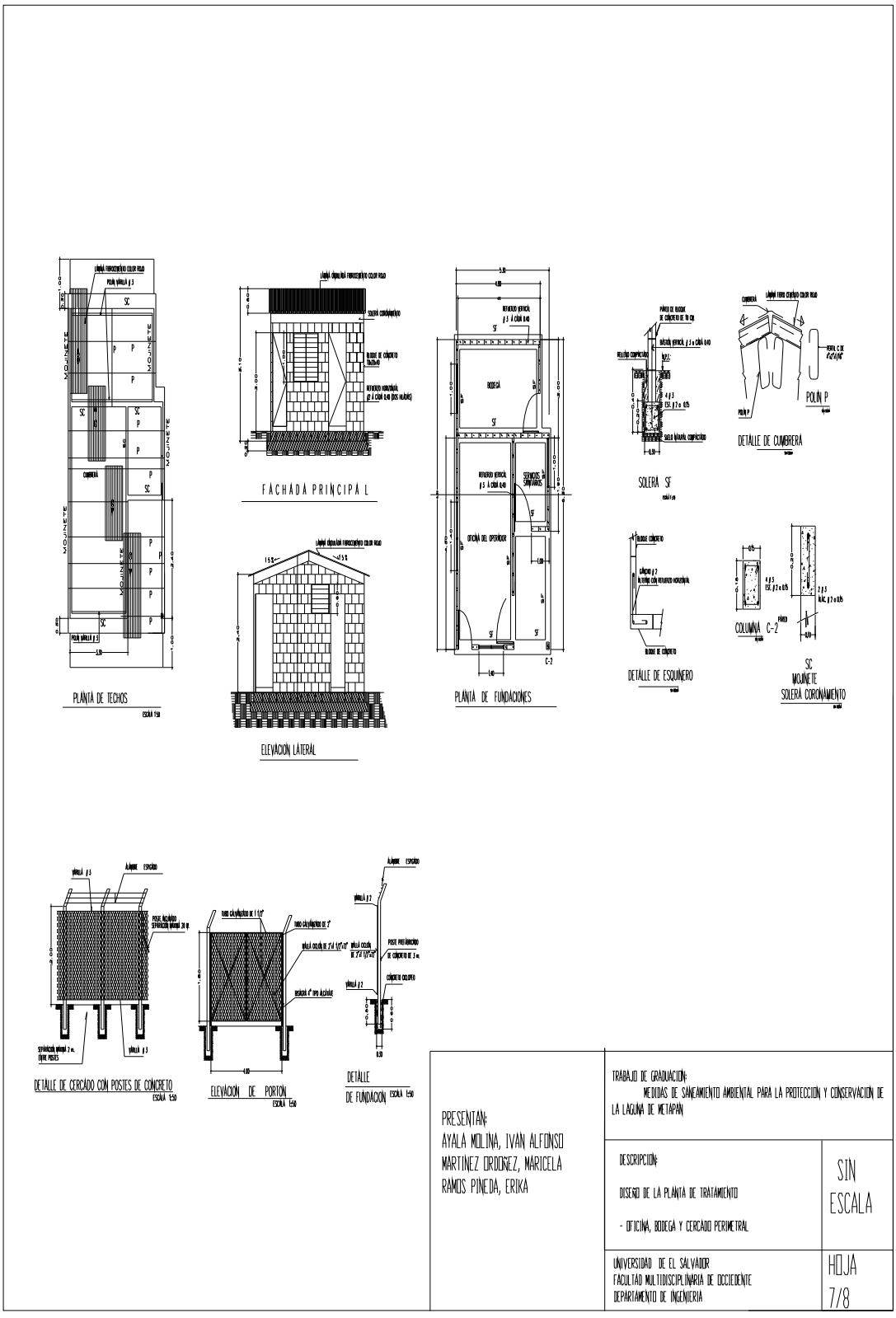
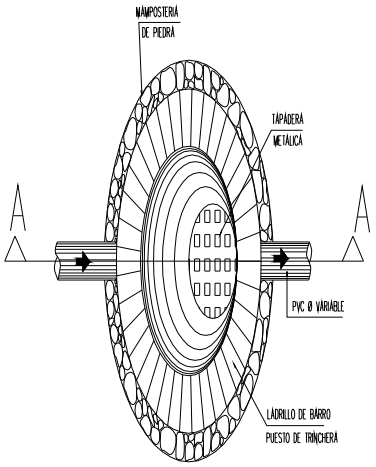
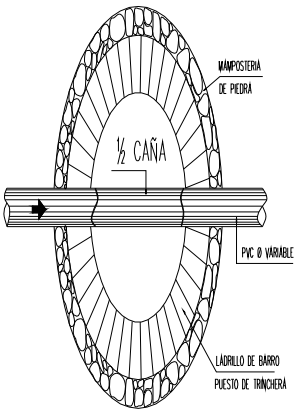


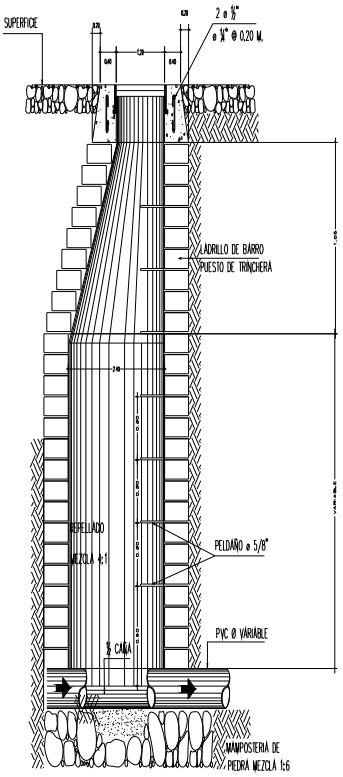
Figura 6.9 Pozo de Aguas Negras



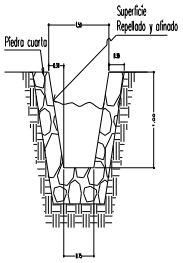
POZO AGUAS NEGRAS
VISTA INFERIOR
ESC. 1:50



POZO AGUAS NEGRAS
SECCION B-B
ESC. 1:50



POZO DE AGUAS NEGRAS
SECCION A-A
ESC. 1:50



DETALLE CANALETA
ESC. 1:20

PRESENTAN: AYALA MOLINA, IVÁN ALFONSO MARTINEZ ORDOÑEZ, MARICELA RAMOS PINEDA, ERIKA	TRABAJO DE GRADUACIÓN DISEÑO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA DE METAPÁN	
	DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO - POZO DE AGUAS NEGRAS	SIN ESCALA
	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	HOJA 8/8

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- ✓ La educación ambiental para los pobladores juega un papel muy importante ya que esto evitaría la contaminación de los desechos sólidos que ellos generan y de aguas residuales que se depositan en la laguna y el río.

- ✓ Se encontró que el agua de La Laguna de Metapan no es apta para ningún uso, pues se encuentra con un valor de 4500 UFC/100ML; valor muy por encima de lo permitido por las normas(riego, uso pecuario, recreación), aunque su pH se se encuentro dentro del rango permitido.

- ✓ El agua del San José no es apta para ningún uso, los coliformes fecales se encuentran en un rango de (60,200-107,400)UFC/100ML; valores que se encuentran mucho mayor de lo permitido.

- ✓ En vista de que la cantidad de sedimento que se acumula en la laguna producto del arrastre de suelos es un 59.8% del total de toda la cuenca, se ve la necesidad de salvar este cuerpo de agua mediante una medida que venga a atenuar este problema; el dragado en el Río San José a lo largo de la ciudad es una medida optima que vendría a rescatar este recurso para lo cual se pretende dragar 56014 m^3 de sedimento con un costo de $147,657.6

- ✓ Todo cuerpo de agua como son las lagunas tienen un limite de vida, pero con la presencia del hombre, su vida se hace mas corta; esto hace pensar que debe existir un equilibrio entre hombre-recursos naturales para lograr preservar estos recursos lo mas que se pueda.

- ✓ Con las alternativas planteadas en este documento no se pretende salvar dicho cuerpo de agua si no lo que se busca es hacer mas larga su vida para que futuras generaciones disfruten de este recurso.

7.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Una medida viable a implementar que contribuiría a reducir el sedimento que llega a la laguna, es la creación de obras de conservación de suelos alrededor de La Laguna y aguas arriba del Rió San José, como se indica en la alternativa Nº 1; pues esta es de bajo costo y solo se tendría que invertir $800.00 en contratar un ingeniero agrónomo para que este capacite a los lugareños acerca de ejecución de la alternativa.

- ✓ En vista de que en invierno el Río San José se encuentra muy caudaloso, se tendría que implementar la propuesta de dragado en época de verano, puesto que dicho caudal se encuentra en su elevación mínima(0.5-0.6 m) lo que facilitaría la introducción de maquinaria para realizar su limpieza.

- ✓ Se recomiendo implementar la alternativa “A” del Dragado al Río San José, esta tiene un monto de $147,657.60, con una duración de 46.7 días. Esta debe implementarse entre los meses de noviembre-abril.

- ✓ Un punto que hay que tener en cuenta es la contaminación causada por la disposición de las aguas negras sin previo tratamiento al Río San José, esta aguas están causando un gran impacto en el río y en la laguna, razón por la cual se necesita implementar una planta de tratamiento de aguas residuales para reducir el grado de contaminación de esta aguas dispuestas al río; esta medida tiene un valor de $1258708.9.

- ✓ Para evitar el exceso de sedimento depositado en la Laguna, se recomienda realizar un estudio de arrastre de suelos por años para verificar la cantidad de sedimento que esta llegando a la laguna y así tomar las medidas respectivas para atenuar este problema.

- ✓ Es recomendable la ejecución de este documento, ya que todavía se esta a tiempo de atenuar el grado de contaminación existente en este cuerpo de agua, y así prolongar la vida de este recurso.

7.3 BIBLIOGRAFIA

- CENTRO DE DESARROLLO PESQUERO (CENDEPESCA). MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION HIDRICA. DOCUMENTO D TRABAJO METAPAN, SANTA ANA.

- DOCUMENTO BASE PARA UN PROYECTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN UNA AREA PILOTO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE METAPAN 1994. CEPRODE(CENTRO DE PROTECCION PARA DESASTRES)

- ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE INDICADORES DE BIODIVERSIDAD EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA SAN DIEGO- LA BARRA METAPÁN 2006, ALCALDIA MUNICIPAL DE METAPAN

- PROPUESTA DEL SITIO RAMSAR, COMPLEJO DE GUIJA, METAPÁN, SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA 2001, ALCALDIA MUNICIPAL DE METAPAN

- ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA VERTEBRADA DEL BOSQUE SAN DIEGO Y LA BARRA, METAPÁN, SANTA ANA 2001, ALCALDIA MUNICIPAL DE METAPAN

- GUÍA BÁSICA PARA REALIZAR ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN EL SALVADOR., SANDRA ELIZABETH, HERNÁNDEZ DÍAZ.,TESIS UES, 1997

- TESIS UES: PLANIFICACION DE OBRAS DE PROTECCION A LAS INUNDACIONES DEL RÍO SAN JOSE DE LA CIUDAD DE METAPÁN, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

- TESIS UES: DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CIUDAD DE ATIQUIZALLA.
- CENTRO DE SALUD DE METAPAN, CARRETARA INTERNACIONAL KM 112.

ANEXOS CAPITULO DOS

ANEXO 2.1

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

"EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN LA LAGUNA DE METAPAN"

Comunidad _____

Por favor completar las siguientes preguntas:

1. Cuantos son los miembros de su familia _____
2. Cuenta con el servicio de agua potable. si_____ no _____
3. Si su respuesta fue no , de donde obtiene el agua para tomar
   Laguna _____ Pozo artesanal _____
   Pipas _____ Otros _____
4. Cuenta con alcantarillado de aguas negras? Si_____ no_____
5. Si su respuesta anterior fue no, como dispone las aguas negras.
   Servicio de fosa _____ Fosa séptica _____
   Otros _____
6. Conoce si existen talleres en la zona.
   Si _____ No_____
7. Las aguas producidas en su hogar por actividades domésticas a donde van a dar
   Alcantarillado de aguas negras_____
   Alcantarillado de aguas lluvias _____
   Otros _____
8. Promedio utilizado de detergentes y lejías para lavado.
   Jabón _____ detergente_____ lejías_____
9. A donde deposita la basura de su casa.
   Botadero a cielo abierto _____ tren de aseo _____
   Laguna _____ quemándola _____
   enterrándola_____

ANEXO 2.2.
CUADRO CON VALORES PERMISIBLES PARA CONSIDERAR EL AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LA NORMA TECNICAS DE ANDA

PARAMETROS	MAGNITUD PERMISIBLE
1,0 factores biológicos	
Coliformes total	0 UFC/100ML
Escherichia coli	0 UFC/100ML

ANEXO 2.3
CUADRO CON VALORES PERMISIBLES PARA CONSIDERAR EL AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LA NORMA CALIDAD DE AGUA Y VERTIDOS OMS/OPS (1987)

PARAMETRO	MAGNITUD MAXIMA PERMISIBLE
sólidos totales	1500 mg/lt
pH	6,5-9
color	40 und
turbiedad	15 und
sabor	aceptable para el consumidor
olor	aceptable para el consumidor
hierro	1,0 mg/lt
manganeso	0,5 mg/lt
cobre	1,5 mg/lt
zinc	15 mg/lt
calcio	200 mg/lt
magnesio	150 mg/lt
sulfato	400 mg/lt
cloruro	600 mg/lt
fluor	1,2 mg/lt
nitratos	45 mg/lt
nitritos	0,05 mg/lt
amonio	0,5 mg/lt
fosfatos	0,1 mg/lt
dureza	500 mg/lt
plomo	0,05 mg/lt
arcenico	0,05 mg/lt
selenio	0,01 mg/lt
cromo(hexavalente)	0,05 mg/lt
cianuro	0,2 mg/lt
cadnio	0,01 mg/lt
bario	1 mg/lt

ANEXO 2.4

CUADRO CON VALORES PERMISIBLES PARA CONSIDERAR EL AGUA APTA PARA RIEGO SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

PARAMETRO	MGNITUD PERMISIBLE
1,0 factores físicos	
Temperatura	18,0-30,0 ºC
sólidos totales disueltos	5000 mg/lt
potencial de hidrogeno	6,0-8,0
Conductividad	400 micromhos/cm.
Dureza	400 mg/lt
2,0 Sustancias químicas	
Cianuro	0,2 mg/lt
Arsénico	0,05 mg/lt
Cadmio	0,005 mg/lt
cromo	0,05 mg/lt
Cobre	0,2 mg/lt
Dbo	5 mg/lt
Cloruro	1-5 mg/lt
Boro	0,3-4 mg/lt
Litio	1 mg/lt
Aluminio	5 mg/lt
Berilio	0,001 mg/lt
Manganeso	0,02 mg/lt
carbonato sodico residual	2,5 mg/lt
relación de sodio intercambiable	8 mg/lt
3,0 factores biológicos	
coliformes totales	1000 UFC/100ML
coliformes fecales	500 UFC/100ML

ANEXO 2.5
CUADRO CON VALORES PERMISIBLES PARA CONSIDERAR EL AGUA APTA PARA USO EN GANADERIA Y AVICULTURA SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

PARÁMETRO	MAGNITUD PERMISIBLE
1,0 factores físicos	
temperatura	18,0-30,0ºC
conductividad	4000micromhos/cm.
sólidos disueltos totales	5000 mg/lt
turbiedad	
potencial de hidrogeno	6,0-8,5
2,0 factores biológicos	
coliformes totales	200,0 UFC/100ML
coliformes fecales	1000 UFC/100ML

ANEXO 2.6
CUADRO CON VALORES PERMISIBLES PARA CONSIDERAR EL AGUA APTA PARA USO EN ACUICULTURA SEGÚN LAS NORMAS CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza)

PARÁMETRO	MAGNITUD DULCE
1,0 sustancias químicas	
bióxido de carbono	5-6 mg/lt
potencial de hidrogeno	6,0-9,0
alcalinidad	20-150 mg/lt
dureza total	0,0-150 mg/lt
silicatos	
cianuro	0,02 mg/lt
arsénico	0,1 mg/lt
2,0 factores biológicos	
coliformes totales	1000 UFC/100ml
coliformes fecales	500 UFC/100 ml

ANEXO 2.7

CUADRO CON VALORES PERMISIBLES PARA CONSIDERAR EL AGUA APTA PARA USO RECREATIVO SEGÚN NORMAS US EPA (Enviromental Polution Association)

DETERMINACION	UNIDAD	CONTACTO PRIMARIO 1		CONTACTO SECUNDARIO 2	
		Limite permisible	Limite máx. Admisible	limite permisible	limite máx. admisible
Coliformes	UFC/100ml	1000*	&		
sólidos visibles de origen residual		ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
ABS (detergentes)	mg/lt	1*	2	1*	5
Sólidos suspendidos	mg/lt	20*	100	20*	100
Aceites flotantes y grasas	mg/lt	0	5	0	10
Emulsiones de Aceites y grasas	mg/lt	10*	20	20*	50
Turbiedad	UTN	10*	20	20*	
Color	unidades	15*	100	15*	100
Olor		32*	256	32*	256
Rango de Ph		6,5-9	6,0-10,0	6,5-9	6,0-10,0
Temperatura	ºC	30	50	30	50
Transparencia	Secchi disk, pies			20,0*	&&

1 El contacto primario, incluye actividades en que hay contacto intimo y prolongado con el agua, ejemplo: natación, buceo, esquí acuático, y otros
2 El contacto secundario, se refiere a deporte, en los que, el contacto con el agua es accidental, ejemplo: remo, veleo, pesca y otros
* El valor no debe exceder en más del 20% de 20 muestras consecutivas, ni en cualquiera de tres muestras consecutivas.
& no se pueden especificar concentraciones en base a evidencias epidemiológica, a menos que la contaminación fecal sea evidente
&&Probablemente no existan concentraciones que impidan el uso de las aguas superficiales.

ANEXOS CAPITULO TRES

ANEXOS 3.1

ENCUESTA

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

"EVALUACION DEL SANEAMIENTO BASICO EN EL RIO SAN JOSE"

Por favor completar las siguientes preguntas:

10. Nombre de la comunidad donde habita

    _____

11. Cuenta con el servicio Agua Potable

    Si_____ No_____

12. Si su respuesta fue no, de donde obtiene el agua para consumo personal

    Pozos artesanales_____

    Acarrean de casas cercanas que cuentan con agua potable_____

    Río San José_____

    Otros_____

13. A donde deposita los desechos producidos de su hogar

    Botadero a cielo abierto _____ tren de aseo _____

    Río San José _____

14. A su criterio, el Río San José se encuentra contaminado

    Si_____ No_____

15. Conoce alguna actividad que esta causando algún tipo de contaminación al río.

    Si_____ No_____

16. Si su respuesta fue si, seleccione las actividades que están causando alguna contaminación al Río:

    Aguas residuales_____

    Desechos sólidos_____

    Letrinas de fosa séptica_____

    Otra _____

17. Conoce de algún recurso que se este explotando en el Río San José

    Si_____ No_____

18. Si su respuesta fue si seleccione el recurso que se esta explotando:

    Arena de río_____

    Pesca_____

    Otros_____

ANEXOS CAPITULO CINCO

ANEXO 5.1 ANALISIS DE TIPO DE SUELO EN LA ZONA DEL RIO TRAPICHE

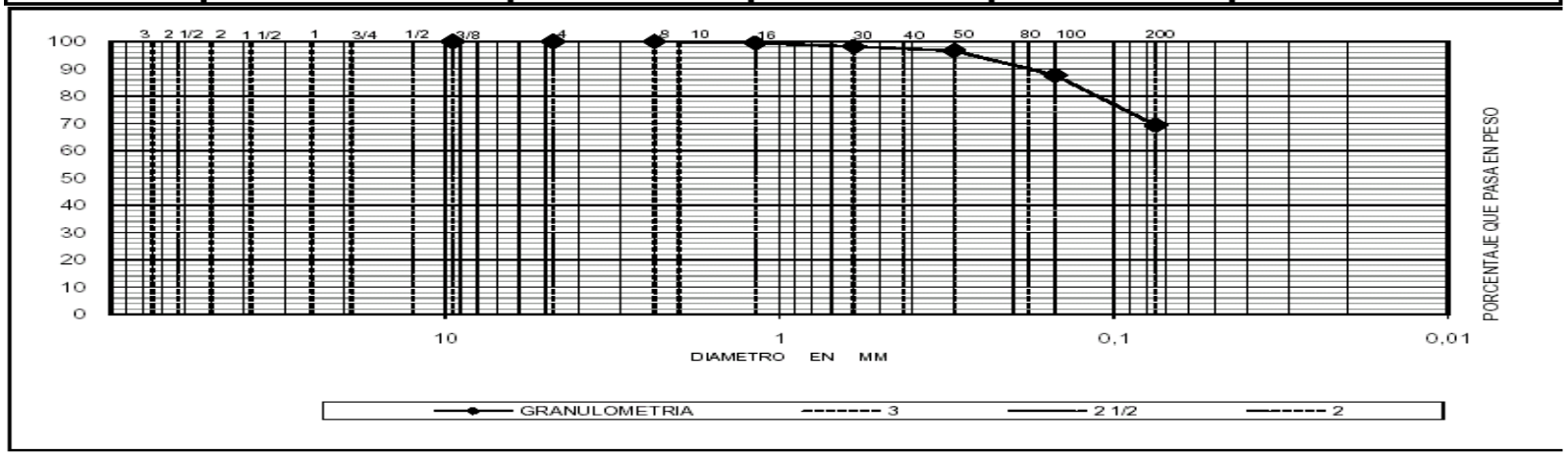
ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: RIO EL TRAPICHE — FECHA: 29-abr-08

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS

PESO BRUTO (FINOS): 432.8 — TARA: 135.5 — PESO NETO: 297.3

TAMICES	PESO RETENIDO PARCIAL EN GRS	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA	ESPECIFICACIONES
1/2"					
3/8"	0.0	0	0	100	
Nº 4	0.0	0	0	100	
Nº 8	0.0	0	0	100	
Nº 16	1.8	1	1	99	
Nº 30	3.8	1	2	98	
Nº 50	4.4	1	3	97	
Nº 100	26.7	9	12	88	
Nº 200	54.4	18	31	69	
PASA LA MALLA Nº200	206.20	69	100	0	
TOTAL	297.3				



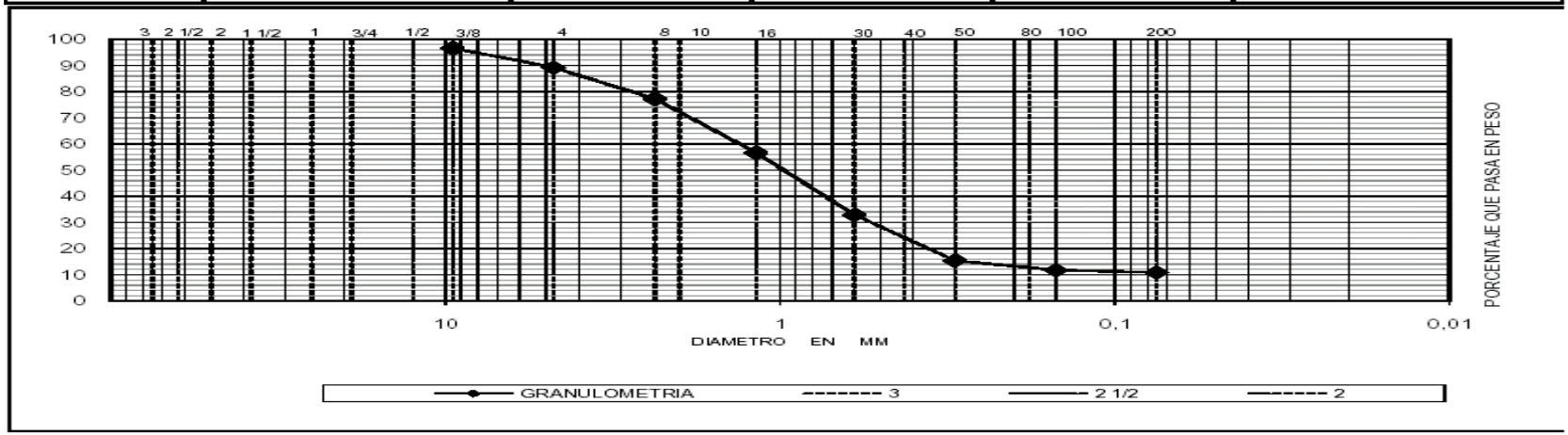
Observaciones: MATERIAL FINO CON POCA ARENA

ANEXO 5.2 ANALISIS DE TIPO DE SUELO RIO ARRIBA DE LA CIUDAD DE METAPAN

ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: RIO ARRIBA — FECHA: 29-abr-08
PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS
PESO BRUTO (FINOS): 889.8 — TARA: 127.1 — PESO NETO: 762.7

TAMICES	PESO RETENIDO PARCIAL EN GRS	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA	ESPECIFICACIONES
1/2"	60.4	8	0	100	
3/8"	25.9	3	3	97	
Nº 4	56.8	7	11	89	
Nº 8	91.6	12	23	77	
Nº 16	156.7	21	43	57	
Nº 30	180.6	24	67	33	
Nº 50	133.9	18	85	15	
Nº 100	27.7	4	88	12	
Nº 200	6.7	1	89	11	
PASA LA MALLA Nº200	22.40	3	92	8	
TOTAL	762.7				



Observaciones: MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS

ANEXO 5.3 ANALISIS DE TIPO DE SUELO EN LA DESEMBOCADURA DEL RIO TRAPICHITO

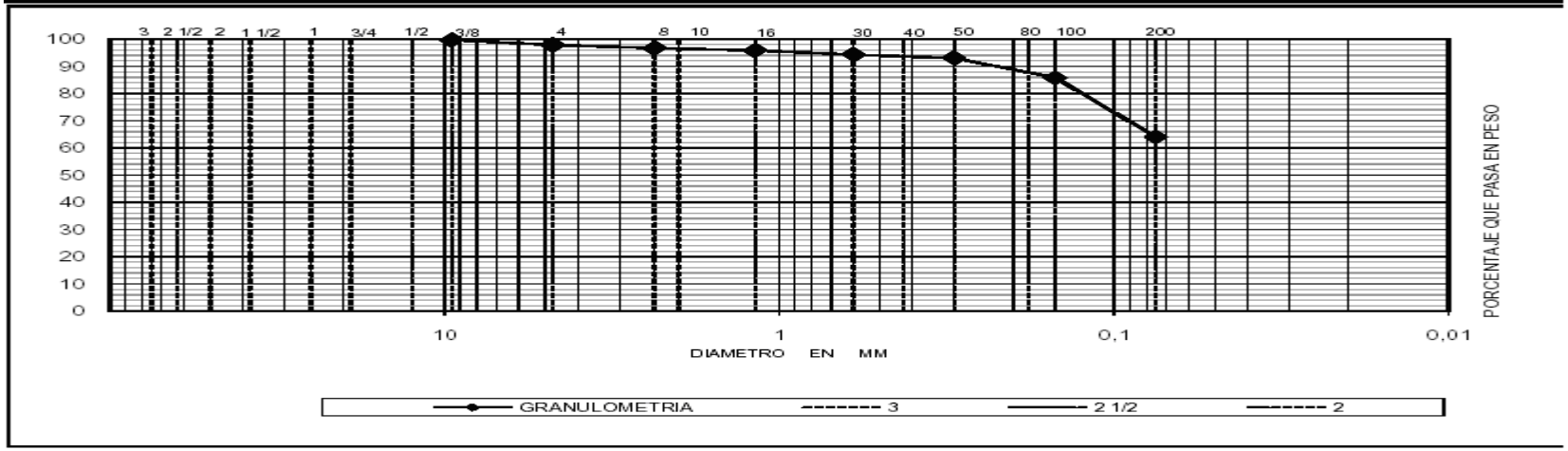
ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: DESEMBOCADURA — FECHA: 29-abr-08

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS

PESO BRUTO (FINOS): 694.6 — TARA: 179.6 — PESO NETO: 515.0

TAMICES	PESO RETENIDO PARCIAL EN GRS	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA	ESPECIFICACIONES
1/2"	13.1	3	0	100	
3/8"	1.6	0	0	100	
Nº 4	9.5	2	2	98	
Nº 8	5.9	1	3	97	
Nº 16	4.7	1	4	96	
Nº 30	7.8	2	6	94	
Nº 50	6.7	1	7	93	
Nº 100	37.0	7	14	86	
Nº 200	112.1	22	36	64	
PASA LA MALLA Nº200	316.60	61	97	3	
DENSIDAD DEL SUELO 2.9 TON/M3					



Observaciones: MATERIAL FINO CON ARENA Y POCA GRAVA