

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADUACION.

Tema:

**DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACION PARA EL RESCATE DEL RIO
EL MOLINO, AREA URBANA DE LA CIUDAD DE SANTA ANA.**

Para optar al grado de:

INGENIERO CÍVIL.

Presentado por:

Centeno Quintanilla, Israel Alfonso.

Reyes Pacheco, Gilberto Rolando.

Samayoa Rivas, José Rafael Ernesto.

Docente director:

Ing. Max Adalberto Hernández.

ABRIL 2009

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

**RECTOR:
ING. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ.**

**SECRETARIO GENERAL:
LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ.**

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.

**DECANO:
LIC. JORGE MAURICIO RIVERA.**

**SECRETARIO:
LIC. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA.**

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.

**DIRECTOR:
ING. RAUL ERNESTO MARTINEZ BERMÚDEZ.**

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR:

ING. MAX ADALBERTO HERNANDEZ.

AGRADECIMIENTOS GENERALES:

Agradecemos a todas las personas que con su desinteresada ayuda han colaborado en la realización de este trabajo de grado:

Ing. Max Adalberto Hernández.

Ing. Joel Paniagua Torres.

Ing. Raúl Martínez Bermúdez.

AGRADECIMIENTOS

A MI DIOS TODO PODEROSO

Le agradezco a Dios Todopoderoso por a ver puesto su mirada en mi y haberme elegido para tener esta vida tan maravillosa y compartirla con personas que me aman, por estar conmigo en cada momento, a EL le debo este triunfo y toda mi vida.

A MI PADRE

Por ser mí ejemplo a seguir, por estar apoyándome siempre, por creer en mi, por todos los sacrificios que hiciste...gracias Papá.

A MI MADRE

Por ser una mujer integra y estar siempre a mi lado teniendo palabras sabias para todo, guiándome por el mejor camino desde mi niñez...por su vida ejemplar gracias mamá.

A MI HERMANA

Mis triunfos son tuyos porque desde que naciste supe que nunca estaría solo, gracias hermanita por darme valor siempre.

A MI NOVIA SOFIA

Gracias mi amor por llegar a mi vida en el momento justo, Por tu amor sincero, por tus oraciones, tu apoyo, comprensión y motivación para culminar mi carrera.

A MIS COMPAÑEROS

A mis compañeros a lo largo de mi carrera universitaria por compartir experiencias inolvidables y a mis compañeros de tesis agradecerles aun más por su esfuerzo al realizar este trabajo.

En general, quiero agradecer a todas las personas que me han ayudado a cumplir esta meta: **familia, amigos, compañeros de trabajo**, Gracias con todo mi corazón, gracias por ser como son, que Dios no los pudo escoger de una manera mejor...DIOS LOS BENDIGA.

Israel Alfonso Centeno Quintanilla

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODO PODEROSO

Por haberme permitido alcanzar esta meta en mi vida, por darme paciencia y sabiduría en momentos difíciles por llenar mi vida de dicha y bendiciones al lado de los seres que más amo.

A MIS PADRES

Por el apoyo incondicional que me han dado a lo largo de toda mi existencia, les agradezco de todo corazón por su amor, cariño y comprensión. Por haber inculcado en mis hermanos y en mí valores para ser personas de bien.

A MIS HERMANOS

Por la compañía y el apoyo que me brindan, por todos los momentos compartidos, por estar conmigo en las buenas y malas situaciones de la vida. Se que cuento con ustedes siempre.

A MIS SOBRINAS

Por enseñarme que en la vida nunca debemos perder el alma de niño, por soportarme en mis momentos de mal humor. Las quiero mucho

A MI NOVIA MARICELA.

Por haber encontrado el amor, por enseñarme que puedo alcanzar lo que me proponga. Gracias por ser parte de mi vida, por tu apoyo y comprensión.

(Todo en voz de Negla, Bunced, Dason y Bambino)

A MIS COMPAÑEROS

Por su lealtad y confianza.

Gilberto Rolando Reyes Pacheco

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODO PODEROSO:

Por haberme permitido llegar hasta este momento de tanta importancia en mi vida, por haberme brindado la sabiduría, el entendimiento y la capacidad necesaria para asimilar los conocimientos impartidos a lo largo de estos años, pero sobre todo, por haberme dado la fortaleza en los momentos más difíciles.

Gracias padre!!! Este triunfo es tuyo.

A MIS PADRES:

Rafael Antonio Samayoa Aguilar y Silvia Marina Rivas García, por haberme brindado la oportunidad de haber nacido y por haber sido los responsables de haber guiado mis pasos hacia el camino del éxito, cimentado en los valores morales y sobre todo el respeto a Dios. Gracias mami por ser una madre ejemplar y por haberme apoyado cuando más la necesité.

A MIS PADRINOS Y TIOS:

José Benjamín Simó, Gloria de Simó, Mari Samayoa y Ana Elsie Paz de Samayoa, por haber tenido siempre de su parte apoyo incondicional en todo momento.

A MI FAMILIA:

Por haber compartido conmigo el diario vivir en este duro camino, pero que gracias a Dios, al final podemos cosechar lo que hemos sembrado.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

Porque se que comparten mi felicidad de igual manera, pues a pesar que el camino no fue tan fácil, disfrutamos cada uno de los momentos vividos y supimos aprovechar lo bueno de cada una de esas experiencias.

En fin, quisiera agradecer a todas las personas involucradas, que en realidad son muchas y que no podría dejar plasmado en tan corto espacio. Gracias por su apoyo, amistad y lealtad, sepan que siempre serán gratamente recordados.

José Rafael Ernesto Samayoa Rivas.

INDICE

INTRODUCCION.	.i
RESUMEN.	.8
CAPITULO 1. GENERALIDADES	
1.1 Introducción.	.11
1.2 Antecedentes.	.12
1.3 Justificación.	.15
1.4 Objetivos.	.16
1.5 Alcances globales.	.17
1.6 Planteamiento del problema.	.18
1.7 Limitaciones	.20
CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA	
2.1 Preámbulo.	.22
2.2 El ciclo del agua como recurso natural.	.22
2.2.1 Fases del ciclo hidrológico.	.24
2.3 Agua superficial y subterránea.	.26
2.3.1 Agua Superficial.	.27
2.3.2 Agua Subterránea.	.28
2.3.2.1 Relaciones del agua superficial y subterránea.	.30
2.4 Contaminación de las aguas naturales.	.31
2.4.1 Origen de la contaminación.	.32
2.4.2 Transporte de contaminantes en el subsuelo.	.32
2.4.2.1 Desplazamiento del agua en la zona no saturada del suelo.	.33
2.4.2.2 Desplazamiento de los contaminantes en la zona saturada.	.35
2.4.2.3 Supervivencia de virus y bacterias en aguas Subterráneas.	.36
2.4.3 Contaminación del agua subterránea por nitratos.	.37
2.4.4 Contaminación De Origen Domestico.	.37
2.4.5 Contaminación De Origen Industrial.	.38
2.4.6 Contaminación De Origen Agrícola.	.38
2.4.7 Contaminación Por Agua Pluvial.	.39
2.5 Análisis del agua.	.40
2.5.1 Físicos.	.40
2.5.2 Químicos.	.43

2.5.3 Bacteriológicos. . . . .	.49
2.6 Requerimientos de la calidad del agua según diversos usos. . . . .	.50
2.6.1 Agua para consumo humano. . . . .	.51
2.6.2 Agua para consumo industrial. . . . .	.52
2.6.3 Agua para la industria de alimentos. . . . .	.52
2.6.4 Agua para riego. . . . .	.53
2.6.5 Calidad del agua para uso pecuario. . . . .	.53

CAPITULO 3. IDENTIFICACION DE LAS CAUSAS DE CONTAMINACION.

3.1 Preámbulo. . . . .	.56
3.2 Inspección sanitaria . . . . .	.56
3.2.1 Delimitación del área de inspección. . . . .	.57
3.2.2 Descripción ambiental del área determinada. . . . .	.57
3.3 Evaluación ambiental con el programa RIAM BASIC (situación actual). . . . .	.59
3.3.1 Descripción de las actividades sujetas a diagnóstico. . . . .	.59
3.3.2 Identificación de los factores ambientales que están siendo afectados. . . . .	.60
3.3.3 Resultados con el programa RIAM BASIC. . . . .	.61
3.4 Análisis de los resultados de laboratorio. . . . .	.62
3.5 Fuentes de contaminación. . . . .	.62
3.5.1 Fuentes puntuales. . . . .	.63

CAPITULO 4 ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA MINIMIZAR, ELIMINAR O ATENUAR LA CONTAMINACION

4.1 Preámbulo. . . . .	.68
4.2 Fundamentos del tratamiento de aguas residuales mediante lagunaje. . . . .	.69
4.2.1 La Situación de Agua y Saneamiento en América Latina y América Central. . . . .	.69
4.2.2 Tratamiento de Aguas Residuales con Lagunas de Estabilización. . . . .	.70
4.2.3 Remoción de Patógenos y Parámetros Convencionales. . . . .	.71
4.2.4 Simplicidad de Lagunas. . . . .	.71
4.2.5 Bajo Costo. . . . .	.72
4.2.6 Mínimo Manejo de Lodos. . . . .	.72
4.3 Caracterización del efluente. . . . .	.72
4.4 Criterios para el tratamiento de efluentes. . . . .	.73

4.5 Factores que afectan el proceso de depuración biológica. . . . .	.74
4.6 Proceso de tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización. . . . .	.75
4.6.1 Normas de diseño. . . . .	.76
4.6.2 Lagunas facultativas. . . . .	.76
4.6.2.1 Descripción del proceso.. . . .	.76
4.6.3 Lagunas de Maduración o terciarias. . . . .	.78
4.7 Procedimientos de diseño del proceso de un sistema de lagunas.. . . .	.78

CAPITULO 5. DISEÑO Y PRESUPUESTO

5.1 Diseño de lagunas de estabilización para el rio el molino. . . . .	.83
5.1.1 Determinación del caudal máximo, mínimo y promedio para el diseño. . . . .	.83
5.1.2 Determinación de la población futura que descargara agua residual al rio. . . . .	.83
5.2 Pretratamiento (dispositivos de entrada). . . . .	.84
5.2.1 Diseño de desarenador y canaleta parshal. . . . .	.84
5.2.2 Medidas de flujo libre. . . . .	.87
5.3 Diseño de un sistema de dos lagunas facultativas en paralelo seguido de una laguna de maduración en serie. . . . .	.87
5.4 Diseño aplicado para Excel. . . . .	.91
5.5 Localización de las lagunas. . . . .	.92
5.6 Presupuesto. . . . .	.93
5.6.1 Volumen de excavación de tierra para laguna facultativa. . . . .	.93
5.6.2 Perfil de laguna. . . . .	.94
5.6.3 Cálculo de volumen de concreto para desarenador. . . . .	.95
5.6.4 Paredes para compuertas en el desarenador (parte inicial). . . . .	.96
5.6.5 Volumen de concreto de losa en área de compuertas (parte inicial). . . . .	.97
5.6.6 Canal del desarenador. . . . .	.98
5.6.7 Paredes para compuertas en el desarenador (parte final). . . . .	.99
5.6.8 Sistema de canaletas internas entre lagunas. . . . .	.101
5.6.9 Longitudes de canaletas internas entre batería de lagunas de todo el sistema. . . . .	.101
5.6.10 Caseta para almacenamiento de herramientas y materiales. . . . .	.102
5.7 Cálculo de costos unitarios. . . . .	.108
5.8 Costo de la obra. . . . .	.128

CAPITULO 6: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

6.1	Introducción.	.130
6.2	Manual de operación y mantenimiento..	.130
6.3	Operación básica..	.131
6.3.1	Puesta en Marcha de una Laguna.	.131
6.3.2	Medición de Caudales.	.132
6.3.3	Control de Niveles del Agua.	.133
6.3.4	Vertederos de Demasías.	.133
6.3.5	Ajustamiento del nivel de descarga con la compuerta de fondo de salidas.	.134
6.3.6	Detecciones sensoriales: olores y colores.	.134
6.3.7	Medición de la profundidad de lodos.	.134
6.4	Mantenimiento rutinario.	.135
6.4.1	Rejillas.	.135
6.4.2	Desarenadores.	.135
6.4.3	Remoción de natas y sólidos flotantes.	.136
6.4.4	Céspedes, vegetación y malezas.	.137
6.4.5	Mosquitos, moscas, roedores y otros animales.	.138
6.4.6	Taludes.	.139
6.4.7	Cercos y caminos.	.139
6.4.8	Implementos y herramientas de mantenimiento.	.139
6.5	Registros de campo de la operación básica y mantenimiento rutinario.	.139
6.6	Remoción de los lodos en lagunas facultativas.	.139
6.7	Personal requerido	.140
6.8	Medidas higiénicas para operadores.	.141
6.9	Problemas operativos y su solución.	.141
6.9.1	Señales del buen funcionamiento de las lagunas facultativas y de maduración.	.141
6.9.2	Problemas del funcionamiento en lagunas facultativas y de maduración.	.141
6.10	Remoción de lodos en lagunas de estabilización.	.142
6.10.1	Plan de trabajo usando el método de secado y remoción con equipo.	.142

INTRODUCCIÓN

Con el fin de conservar, proteger y rescatar los recursos naturales, así como también la salud y calidad de vida de las personas, es necesario conocer la realidad actual en la que se encuentra nuestro entorno, siendo parte de éste el estudio y las propuestas de solución planteadas en este documento en relación a la situación actual del río El Molino, localizado en la zona urbana de la Ciudad de Santa Ana.

Desde este punto de vista, se considera importante evaluar la calidad del agua y proponer soluciones a la contaminación de ésta, tomando en cuenta que el agua por estar en contacto con el suelo, la atmósfera y elementos inducidos por el hombre, varía su composición original, demandando un análisis físico químico y bacteriológico, para así comprobar su estado actual.

Con el conocimiento de los resultados de las pruebas de laboratorio y enfocándose a conocer los puntos de descarga de las aguas residuales en el río, se podrán ubicar en la correspondiente planimetría y altimetría de la zona, obteniendo así información acertada para un mejor diseño de todas las propuestas de solución planteadas, con el único propósito de atenuar o reducir la contaminación y el impacto negativo que ésta causa en el recurso hídrico.

Presentando al final del documento, las conclusiones obtenidas del proceso de investigación en el desarrollo del mismo, como una serie de recomendaciones a los actores fundamentales del entorno del río El Molino, incluyendo observaciones, anexos y la bibliografía consultada para la elaboración de dicho documento.

RESUMEN.

En el capítulo 1 denominado “Generalidades”, se hace mención a todos aquellos factores de carácter genérico que se encuentran vinculados a la temática de la contaminación del río El Molino, localizado en la zona urbana de la ciudad de Santa Ana.

Detalles como localización, antecedentes y otros, son abordados de una manera rápida pero objetiva, a fin de brindar un panorama de la realidad actual.

Justificación, objetivos, planteamiento del problema y limitaciones, son aspectos detallados en este capítulo, los cuales servirán como un lineamiento por el cual se llevará la temática.

En el capítulo 2 denominado “Marco de referencia”, se exponen diferentes aspectos relacionados con el vital líquido conocido como agua, comenzando por explicar el funcionamiento del ciclo hidrológico, los diferentes tipos de contaminantes que esta pudiera acarrear, así como también los diferentes usos que ésta pudiera recibir al recibir cierto tipo de tratamiento.

El capítulo 3 denominado “Identificación de las causas de contaminación”, expone diferentes aspectos relacionados a la contaminación del río, tales como causas de contaminación, inspección sanitaria, una rápida evaluación de impacto ambiental con el programa RIAM BASIC, así como también la interpretación de los resultados de los análisis de laboratorio realizadas a las aguas del río El Molino.

El capítulo 4 denominado “Alternativas de solución para minimizar, eliminar o atenuar la contaminación”, presenta en síntesis todas las ventajas, fundamentos y criterios necesarios para la elaboración de un buen diseño de lagunas de estabilización, en el cual se presenta toda la teoría involucrada y los procedimientos de diseños para dicho proyecto.

El capítulo 5 denominado “Diseño de los procesos unitarios”, comprende en si todos los cálculos necesarios para un buen diseño de las lagunas de estabilización a implementar, proceso del cual se obtendrá posteriormente el valor total de la obra a proponer.

El capítulo 6 denominado “Operación y mantenimiento”, brinda una orientación básica en lo que respecta a las diferentes rutinas que deben cumplirse para garantizar un adecuado funcionamiento de la obra en cuestión.

El capítulo 7 contiene lo que se considera parte primordial en la realización del trabajo, tal como son las conclusiones y recomendaciones, las cuales servirán para conjuntar una serie de ideas, las cuales servirán para una mejor realización de las obras a proponer.

CAPITULO I. GENERALIDADES.

1.1 INTRODUCCION.

Es en la actualidad la mayor preocupación a nivel mundial la contaminación y destrucción medioambiental que se está generando por los más de 7 mil millones de habitantes de este planeta, de mantenerse en esos altos índices de degradación medioambiental provocarán estragos severos que alterarán la Tierra en cuestión de pocos años.

En El Salvador, esta realidad ha empezado a hacerse presente ya que es uno de los países más deteriorados ambientalmente hablando, junto a Haití en América, por lo que diversas organizaciones están preocupadas por el impacto a corto plazo que generará esta problemática en nuestro país.

Los salvadoreños en su gran mayoría sienten los diferentes efectos de la degradación ambiental, como por ejemplo el aumento de temperatura, el agua potable es suspendida en algunas zonas por días, los ríos están contaminados, el aire de las ciudades no es puro, surgen padecimientos como la gripe, neumonías, diarreas y otros enfermedades que se convierten en epidemia por lo que de seguir así el impacto de la contaminación y la falta de cumplimiento a las políticas para la protección del medio ambiente hará de este pequeño país un lugar inhabitable.

El municipio de Santa Ana no se escapa al entorno mundial antes expuesto, motivo por el cual en el presente capítulo se expondrá la situación actual que se logra apreciar en las aguas del río el Molino del municipio antes mencionado.

1.2 ANTECEDENTES.

La calidad del agua constituye uno de los principales desafíos socioambientales en El Salvador. La contaminación del agua se profundizó durante las últimas décadas y pasó a constituir un problema generalizado para la población y los ecosistemas. Simultáneamente, se debilitó la capacidad institucional del Estado para conocer y monitorear la calidad de los recursos hídricos.

A pesar de contar con un marco relativamente amplio de instrumentos regulatorios para enfrentar la contaminación del agua, El Salvador ha experimentado en los últimos años una tendencia creciente de casos de enfermedades de origen hídrico, tales como la diarrea y el parasitismo intestinal, afectando principalmente a la población infantil. Las escasas iniciativas y propuestas existentes para enfrentar la contaminación del agua, a menudo se ven limitadas por la ausencia de una política y compromisos institucionales capaces de encauzar más eficazmente esos esfuerzos por enfrentar la contaminación de los cuerpos de agua en el país, los cuales hasta el momento siguen siendo víctimas de la contaminación indiscriminada producto de las actividades que el hombre realiza día tras día.

Situación particular es la que se logra percibir en el cauce del río El Molino, el cual se encuentra ubicado en la zona noreste de la ciudad de Santa Ana, a la altura del Km. 64 de la carretera antigua que de Santa Ana conduce hacia San Salvador, a una elevación que oscila entre los 600 y 634.5 msnm¹. (Ver Fig.1.1).

Los manantiales que dan origen al río El Molino se encuentran entre la carretera antigua a San Salvador y calle al cementerio Santa Isabel; éste cuenta con una longitud aproximada de 10.5 Km. El río sigue una trayectoria hacia el norte de la ciudad desembocando en río El Sauce. A este se le incorporan los manantiales provenientes de Sihuatehuacan, Sapoapa y Apanteos.



Fig.1.1 Localización del Río El Molino.
Carretera antigua hacia San Salvador

El Río presenta un alto grado de contaminación, siendo impactado por todas las actividades realizadas a lo largo de su cauce como son las descargas de aguas residuales provenientes de la zona sur de la ciudad, principalmente de las colonias: Monge, Álvarez y alrededores, Colonias El Trébol, La Heroica, San Miguelito, zona de Metrocentro y a lo largo de éste, comunidad Nuevo Amanecer, colonia San Ernesto y Sihuatehuacan, turicentro Sihuatehuacan, Colonia Santa Leonor y otras. También se logra apreciar la incorporación de aguas jabonosas al inicio del río, producto las actividades domesticas de los lugareños, descarga de desechos industriales por tenerías y beneficios como lo son; Tenería Noes, Tenería Dipol y Beneficio La China.

Otras actividades que tienen lugar en la zona son el depósito y acumulación de desechos sólidos a lo largo del río y la tala de árboles, esta última se pone de manifiesto en las cercanías del río, ante la realización de proyectos urbanísticos contiguos a la zona de estudio.

Las actividades que más afectan al río son las descargas de aguas residuales que contaminan directamente el agua superficial, mientras que los factores ambientales que se ven afectados a lo largo del río son: la vida acuática, la vida terrestre, geomorfología del río, el aire y el aspecto paisajístico.

1.3 JUSTIFICACION.

Es necesario que toda actividad que se realiza se encuentre en equilibrio con el medio ambiente, es por ello que el tratamiento de las aguas residuales es indispensable, ya que es una forma de reducir el alto grado de contaminación que presentan las aguas antes de ser depositadas a un cuerpo receptor, es decir que es una forma de compensar al medio ambiente la existencia del ser humano en el planeta.

El aprovechamiento del agua se vuelve cada día más difícil por la creciente contaminación, la falta de regulación y normalización de su uso, todo lo cual sucede mientras las demandas del recurso se hacen cada vez mayores, haciendo mas complejas la solución al problema de su utilización en diversos usos.

El tratamiento de las aguas residuales de la zona en estudio, ayudara a reducir los índices de contaminación existentes en las aguas superficiales, a la disminución de enfermedades en la población vecina, a mejorar la calidad de vida de los habitantes que utilizan esta agua para diversas actividades, a la existencia de la fauna, e indirectamente al turismo de la región, logrando con esto disminuir la contaminación y crear un ambiente mas agradable y salubre para los pobladores de las zonas afines.

Aparte de mejorar el aspecto estético de la zona, se obtendrán beneficios ambientales significativos ya que como se pudo comprobar en la visita de inspección del lugar, la vida acuática de la zona de descarga es casi nula, lo cual se convertiría en un logro, hacer que en esta parte del río resurgiera la vida acuática así como también la flora natural de la zona.

1.4 OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

- Contribuir al saneamiento ambiental del río El Molino así como también a la calidad de vida de las comunidades inmediatas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Realizar una caracterización de las aguas del río.
- Obtener los parámetros necesarios tales como la planimetría y altimetría de la zona de estudio para el diseño de las obras a proponer.
- Localizar los diferentes puntos de descarga que se hacen en el río para que estas se incluyan en el análisis posterior y en las obras a realizar.
- Diseñar un conjunto de obras civiles que contribuyan a la recuperación del río.
- Elaborar un presupuesto que contenga los costos de la obra hidráulica de las obras a plantear.
- Efectuar una evaluación ambiental rápida por medio de un software (RIAM BASIC) adecuado con y sin las ventajas que ofrece el proyecto.

1.5 ALCANCES GLOBALES.

Los problemas ambientales no se pueden analizar ni entender si no se tiene en cuenta una perspectiva global, ya que surgen como consecuencia de múltiples factores que interactúan entre si. El modelo de vida humano supone un gasto de recursos naturales y energéticos cada vez más creciente e insostenible siendo el agua uno de los más importantes.

En nuestro país la mayoría de ríos y lagos poseen aguas que tienen su composición química alterada, de tal manera que ya no reúnen las condiciones para algunos o para el conjunto de usos que está destinado en su estado natural.

El principal alcance es elaborar un documento que contenga alternativas de solución para que todos los interesados, comunidades aledañas al río El Molino, municipalidad de la ciudad de Santa Ana y entidades no gubernamentales, puedan ejecutar las diferentes propuestas a la problemática actual del río, que es la contaminación de sus aguas.

Con la evaluación de las pruebas de laboratorio según la normativa salvadoreña de aguas residuales, la utilización de parámetros de diseño ya establecidos y estudios relacionados con la topografía de la zona del río El Molino, se pretende establecer todos los lineamientos y actividades que sean necesarias para poder reducir la contaminación de dicho río, siendo las principales el diseño de lagunas de estabilización, conduciendo las aguas contaminadas desde sus principales puntos de descarga previamente identificados, a la vez conociendo sus caudales de descarga y su ubicación hasta dichas lagunas, para que dicho liquido aguas abajo, pueda ser aprovechado para diferentes actividades según su calidad y así contribuir con el bienestar y desarrollo de los habitantes cercanos al río en estudio.

1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación, pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que se arroja los residuos producidos por diversas actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos y otros, se encuentran en cantidades mayores o menores al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana y dañinas para la vida.

La degradación de los cuerpos de agua se pone en manifiesto desde hace mucho tiempo atrás, y en algunos lugares como la desembocadura del Nilo, hay niveles altos de contaminación desde hace siglos; pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo.

Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo, a la vez que en los países desarrollados se producían importantes mejoras.

Uno de los problemas de mayor interés a escala nacional es la contaminación que generan todas las descargas de aguas residuales; en la Ciudad de Santa Ana, y más específicamente en el Río El Molino se presenta esta misma situación, lo cual ha provocado que el río se convierta en un cuerpo receptor de dichas aguas sin ningún tipo de tratamiento previo; este problema cada vez empeora, puesto que la ciudad presenta un alto grado de crecimiento y desarrollo, agrandando el problema de descarga de las mismas. Esta contaminación acarrea una cadena de problemas que impactan a su entorno.

La problemática anterior se incrementa al tomar en cuenta los diferentes tipos de enfermedades ocasionadas por la contaminación del agua, las cuales atentan contra niños y adultos, entre estas se pueden mencionar: Enfermedades gastrointestinales o parasitarias y epidemias como el dengue y paludismo.

Otro problema que es frecuente en los sistemas de alcantarillado sanitario son las conexiones ilícitas generadas por el aceleramiento exagerado de la población y mal ordenamiento territorial, esto conlleva a un aumento del caudal que sobrepasa el utilizado en el diseño, lo que provoca que las tuberías trabajen a un nivel mayor de lo esperado, ocasionando un colapso en los puntos mas críticos de la tuberías y por consiguiente un mayor caudal de descarga sobre la ribera del río.

Debido a la importancia de los problemas antes expuestos es necesaria la realización de un documento que proponga soluciones que contribuyan a resolver la problemática en estudio.

1.7 LIMITACIONES.

En todo proyecto que se desea ejecutar, siempre existirán situaciones adversas a la realización del mismo, no importando si se utilizan todos los recursos con que se cuente; el proyecto que se presenta en este documento no es la excepción, ya que se pudo constatar las diferentes limitantes que se detallan a continuación:

- Debido a los costos y tiempo que implica realizar el estudio y el diseño para la longitud total del río, los análisis y evaluaciones que se realizaran se limitarán a la zona que comprende desde los manantiales que dan origen al río El Molino hasta la zona del beneficio “La China”, ubicada al norte de la ciudad de Santa Ana (Ver Anexo A Fig. A-2); la longitud aproximada de este tramo de río es de tres punto cinco kilómetros. Las diferentes propuestas de solución a la problemática de la contaminación serán para esta zona.
- No se tiene libre acceso al área de las descargas principales sobre el río, ya que existe un proyecto urbanístico que restringe el paso a esta zona, por lo que la constante petición de permisos a las autoridades de este proyecto se convierte en una limitación considerable, ya que si estas personas encargadas no se encuentran en dicho lugar, el permiso para acceder no es concedido.
- Las propuestas de solución que se presentarán son para atenuar o disminuir la contaminación del río El Molino, es decir que después de realizadas las obras el agua solo será usada para algunas actividades específicas pero no para consumo humano.
- En el presente documento se incluye el costo de la obra hidráulica de las lagunas, por lo que de implementarse el diseño, se deberá cuantificar los demás costos que esto conlleva, es decir operación y mantenimiento.

CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1 PREAMBULO.

El agua en su estado natural posee ciertas características físicas, químicas y biológicas, que le imparten su extraordinaria importancia en las sociedades urbanas e industriales, por lo tanto el control para su explotación, preservación y restitución de sus propiedades es una tarea de todo usuario del vital líquido.

A pesar de que la contaminación del agua puede deberse a diferentes causas, es necesario medir la magnitud de ésta por medio de análisis físicos, químicos y bacteriológicos, para poder determinar otros posibles usos, entre los cuales se puede mencionar: industrial, avicultura, acuicultura, ganadería, riego y consumo humano. Para cada uno de estos usos existen límites máximos permisibles que restringen el contenido de elementos y compuestos químicos presentes en el agua, para no ocasionar daños a la salud humana, a las plantas, los animales o al suelo. Cabe mencionar que no todos los usos antes mencionados estarán contemplados dentro de las propuestas de reutilización, esto es debido a las características propias del agua en estudio.

Es así como en el marco de referencia que se presenta a continuación, se exponen los fundamentos y conceptos básicos en que se apoya la investigación para realizar una evaluación objetiva de la calidad del agua, para luego mediante las diferentes propuestas de solución para mitigar la contaminación del río El Molino, establecer los diversos usos que ésta podría tener para beneficio y desarrollo de las comunidades cercanas.

2.2 EL CICLO DEL AGUA COMO RECURSO NATURAL.

El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrosfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico. Se podría definir también como el proceso

que describe la ubicación y el movimiento del agua en el planeta. Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea (Ver fig. 2.1).

El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados. Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía Solar y la gravedad.

El agua de la hidrósfera procede de la desgasificación del manto, donde tiene una presencia significativa, por los procesos del vulcanismo. Una parte del agua puede reincorporarse al manto con los sedimentos oceánicos de los que forma parte cuando éstos acompañan a la litosfera en subducción.

La mayor parte de la masa del agua se encuentra en forma líquida, sobre todo en los océanos y mares y en menor medida en forma de agua subterránea o de agua superficial. El segundo compartimiento por su importancia es el del agua acumulada como hielo sobre todo en los casquetes glaciares antártico y groenlandés, con una participación pequeña de los glaciares de montaña, sobre todo de las latitudes altas y medias, y de la banquisa. Por último, una fracción menor está presente en la atmósfera como vapor o en estado gaseoso, como nubes. Esta fracción atmosférica es sin embargo muy importante para el intercambio entre compartimentos y para la circulación horizontal del agua, de manera que se asegura un suministro permanente a las regiones de la superficie continental alejadas de los depósitos principales.



Fig.2.1 El ciclo del Agua.

2.2.1 Fases del ciclo hidrológico.

Evaporación: El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y se condensa formando nubes.

Precipitación: Cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm comienza a formarse gotas, las cuales caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones.

Retención: Pero no toda el agua que precipita llega a alcanzar la superficie del terreno. Una parte del agua de precipitación vuelve a evaporarse en su caída y otra parte es

retenida por la vegetación, edificios, carreteras y luego se evapora. Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en charcas, lagos, ríos y embalses volviendo de nuevo a la atmósfera en su estado particular de vapor de agua.

Escorrentía superficial: Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos. Esta agua que circula superficialmente irá a parar a lagos o al mar, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará.

Infiltración: Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, rellenando de agua el medio poroso o suelto que se encuentre cercano o inmediato a la zona en cuestión.

Evapotranspiración: En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están saturados en agua, que se denomina “zona no saturada”, y una parte inferior saturada en agua, y denominada “zona saturada”. Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a la zona saturada sino que es interceptada en la zona no saturada. En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la “transpiración” de las plantas. Los fenómenos de evaporación y transpiración en la zona no saturada son difíciles de separar, y es por ello por lo que se utiliza el término “evapotranspiración”.

Escorrentía subterránea: El agua que desciende, por gravedad-percolación y alcanza la zona saturada constituye la recarga de agua subterránea. El agua subterránea puede volver a la atmósfera por evapotranspiración cuando el nivel saturado queda próximo a la superficie del terreno. Otras veces, se produce la descarga de las aguas subterráneas, la cual pasará a engrosar el caudal de los ríos, evacuando directamente en el cauce o a

través de manantiales, o descarga directamente en el mar, u otras grandes superficies de agua, cerrándose así el ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y en el tiempo. Una gota de lluvia puede recorrer todo el ciclo o una parte de él. Cualquier acción del hombre en una parte del ciclo, alterará el ciclo entero para una determinada región. El hombre actúa introduciendo cambios importantes en el ciclo hidrológico de algunas regiones de manera progresiva al desecar zonas pantanosas, modificar el régimen de los ríos, construir embalses y otras actividades.

El ciclo hidrológico no sólo transfiere vapor de agua desde la superficie de la Tierra a la atmósfera, sino que colabora a mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente. Además juega un papel de vital importancia: permite dulcificar las temperaturas y precipitaciones de diferentes zonas del planeta, intercambiando calor y humedad entre puntos en ocasiones muy alejados.

2.3 AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

2.3.1 Agua Superficial.

El agua superficial es aquella agua que fluye en la superficie de la tierra esta agua esta representada por mares, ríos, lagos, arroyos o algún tipo de agua subterránea que se manifiesta en la superficie en forma de un arroyo, el agua superficial tiene una gama muy amplia de usos cuando ésta presenta condiciones favorables; el agua superficial sirve para: el uso doméstico, la ganadería, producción de energía eléctrica, actividades industriales y otros. En los países en vías de desarrollo el agua superficial ya no brinda los usos antes mencionados ya que esta agua presenta un alto grado de contaminación por diferentes actividades humanas o naturales que degradan la calidad de esta.

Es importante saber como se forman los depósitos de agua superficial; la lluvia cae sobre la tierra, se filtra adentro de ésta o se convierte en escurrimiento, el cual fluye hacia abajo y se deposita en ríos y lagos. En la mayoría de los paisajes, la tierra no se encuentra totalmente plana tiene declives hacia abajo siguiendo alguna dirección. El agua sigue fluyendo hacia abajo y creando frecuentemente pequeños riachuelos. Al fluir los pequeños riachuelos hacia abajo, se unen a arroyos y ríos más grandes, un río es nada más agua superficial fluyendo sobre la tierra de una altitud mayor hacia una altitud menor debido a la gravedad, los ríos eventualmente terminan desembocando en los mares. Si el agua corre hacia un lugar que está rodeado de tierras altas por todos lados, un lago se formará.

El agua superficial no viene toda de escurrimientos. La lluvia que cae a la tierra se filtra y forma el agua subterránea. A cierta profundidad debajo de la capa superficial, se encuentra la capa freática, la tierra se satura de agua. Si un banco de río pasa por esta capa saturada, como ocurre a la mayoría de los ríos, entonces el agua se filtra fuera de la tierra y se vacía al río. De lo anterior se puede concluir que el escurrimiento es muy importante para los depósitos de agua superficial ya que mantienen los ríos y lagos llenos

de agua, pero en exceso, también pueden dañar el paisaje local causando erosión en lugares no deseados.

Entre los factores meteorológicos que afectan los escurrimientos se pueden mencionar: Tipo de precipitación, intensidad de la lluvia, cantidad de lluvia, duración de la lluvia, distribución del agua de lluvia sobre el desagüe de la cuenca, temperatura del aire, viento, humedad relativa y estaciones. También existen factores físicos que pueden afectar la esorrentía del agua, entre estos están: Uso de la tierra, vegetación, tipo de suelo, área de drenaje, forma de la cuenca, declive, topografía, estanques, lagos, represas en cuencas, que previenen o alteran el escurrimiento corriente abajo.

Un factor desfavorable para los depósitos de agua podría darse cuando los escurrimientos provienen de tierras agrícolas pudiendo acarrear elementos químicos en exceso, tales como nitrógeno y fósforo a los ríos, lagos y suministros de mantos acuíferos. Estos elementos químicos en exceso pueden dañar la calidad del agua en la superficie y así como la subterránea.

2.3.2 Agua Subterránea.

El agua subterránea es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua. El agua subterránea se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados y eventualmente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos.

La existencia del agua subterránea se debe a un par de factores muy importantes, uno de ellos es la fuerza de gravedad, la gravedad atrae al agua hacia el centro de la tierra. Esto significa que el agua de la superficie tratará de filtrarse hacia dentro de la tierra. El otro factor importante son las rocas, las rocas que se encuentra debajo de la superficie de la tierra son los cimientos de los acuíferos. Si todos los cimientos consistieran de un

material denso como el granito sólido, entonces aún la gravedad no podría atraer el agua hacia las partes bajas. Pero los cimientos de la tierra consisten en muchos tipos diferentes de roca, tales como roca que contiene granos de cuarzo, granito y piedra caliza que permiten la filtración y permanencia del agua en los acuíferos.

En El Salvador el agua subterránea tiene una importancia mayor que la superficial, ya que la mayor parte del agua de consumo proviene de mantos acuíferos subterráneos que se explotan por medio de pozos. Generalmente el agua subterránea tiene una mayor calidad que el agua superficial de aquí se deriva la importancia de esta en el medio ya que la mayor parte de fuentes superficiales están contaminadas impidiendo así el uso y consumo de esta agua. Pero también el agua subterránea presenta algunas desventajas que deben de tomarse en cuenta antes de explotar un acuífero, debido a que el agua subterránea se mueve a través de las rocas y la tierra del subsuelo, puede muy fácilmente disolver sustancias durante este movimiento. Por ésta razón, el agua subterránea muy frecuentemente puede contener más sustancias que las que contiene el agua superficial. Aún cuando la tierra es un excelente sistema que filtra partículas tales como hojas, abono e insectos, pueden encontrarse elementos químicos disueltos y gases en grandes concentraciones en el agua subterránea y causar problemas.

El agua subterránea puede contaminarse con elementos químicos industriales, domésticos y de la agricultura que se encuentran en la superficie. Esto incluye elementos químicos tales como plaguicidas y herbicidas que muchos dueños de casas usan en sus jardines.

El recurso hídrico es muy importante para la vida a nivel mundial, es importante para el consumo humano y para muchas actividades de desarrollo ya sea que esta provenga de fuentes superficiales o subterráneas, a continuación se detallan datos estadísticos a nivel mundial relacionados con el recurso agua:

Agua en el Planeta Tierra.¹

- < 0.1% Superficial (ríos, lagos, atmósfera, suelo, biosfera)
- 94 % salada (de mar)
- 2 % nieves perennes
- ≈ 4 % Subterránea

Agua Dulce en el continente.

- ≈ 99.0% subterránea
- ≈ 1 % superficial

Se observa que el agua que el ser humano puede consumir, es decir el agua dulce en el continente americano, la mayor parte de esta es subterránea es por esta razón por la cual los gobiernos tienen que tomar medidas para proteger ríos, arroyos, lagos, y acuíferos cuando los pequeños pueblos crecen y se convierten en grandes ciudades que demandan cada vez más el vital líquido.

2.3.2.1 Relaciones del agua superficial y subterránea.

Como el objetivo primordial del ser humano es el desarrollo integral de sus sociedades se ve en la necesidad de explotar el recurso agua para este beneficio. Para esto hay que comprender y analizar las aguas superficiales y subterráneas y tratarlas como un solo recurso que debe de ser aprovechado en equilibrio con el medio ambiente.

Las aguas subterráneas y superficiales generalmente fluyen a velocidades significativamente distintas; pueden tener características sustancialmente diferentes; pueden tener disponibilidades temporales y espaciales significativamente distintas; se almacenan de modos diferentes; a menudo se ven afectadas por distintas leyes y reglamentaciones y con frecuencia son administradas por distintas entidades. Aunque tales diferencias pueden ocasionar problemas, también representan oportunidades.

¹Organización mundial de la salud (OMS)

Pueden surgir problemas cuando la legislación, las regulaciones o los procedimientos de manejo no reconocen el vínculo hidráulico entre los dos recursos hídricos y tratan de manejarlos separadamente. En la mayoría de los sistemas físicos, las aguas subterráneas y superficiales están hidráulicamente conectadas entre sí. Los cambios en uno de estos recursos afectan al otro.

Si la administración de los diferentes recursos está a cargo de distintas entidades, las decisiones de una agencia pueden afectar negativamente los esfuerzos de la otra. El resultado será un mal uso del recurso hídrico total. La legislación y las regulaciones sobre el agua deberían formularse de modo que reconozca las relaciones entre los dos recursos, y tratarlos en la medida de lo posible como un recurso común.

La conexión hidráulica entre el agua subterránea y superficial puede plantear un reto. La extracción de agua subterránea cerca de un río puede reducir el caudal del río. Alguien que trata de mantener altos caudales fluviales podría tratar de evitar el bombeo de sistemas de pozos. Sin embargo, las diferentes velocidades de flujo de los dos recursos ofrecen una oportunidad.

Dado que el agua subterránea se mueve relativamente despacio, existe un desfase temporal entre el momento en que se extrae agua subterránea y aquél en que disminuye el caudal del río. Por consiguiente, mediante el control de las tasas de extracción de aguas subterráneas y de los momentos en que se bombea, es factible evitar una disminución inaceptable del caudal del río. Es posible maximizar la cantidad de agua suministrada a los usuarios.

2.4 CONTAMINACION DE LAS AGUAS NATURALES.

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el

hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

2.4.1 Origen de la contaminación.

El agua lluvia en su caída hacia la tierra arrastra partículas de polvo y gases; al caer, escurre en la superficie arrastrando materia orgánica en descomposición, desechos de diferente naturaleza, sales diversas y numerosas bacterias, para formar luego arroyos que llegan hasta ríos, lagos y lagunas. Además, puede infiltrarse en la tierra, arrastrando numerosos organismos, muchos de ellos nocivos. Si penetra a grandes profundidades, su paso a través de la tierra puede ayudar a disminuir su carácter contaminante, y si el terreno es rico en minerales puede recoger sustancias que la hagan inadecuada para las necesidades humanas. Existe escasa información sobre la contaminación de las aguas subterráneas en los países en desarrollo. La mayoría de los estudios de campo se limitan a obtener información respecto a las condiciones hidrogeológicas y su relación con la contaminación de las aguas subterráneas por efluentes, producto de las actividades del hombre.

2.4.2 Transporte de contaminantes en el subsuelo.

El hecho de que el perfil natural del suelo puede servir como un sistema eficaz de purificación de las excretas humanas ha sido conocido desde tiempo atrás. El proceso normalmente incluye la eliminación de microorganismos fecales y la atenuación de diversos compuestos químicos. Sin embargo, cabe señalar que no todos los perfiles de suelo tienen igual capacidad de procesamiento.

Un inconveniente grave en la contaminación de las aguas subterráneas, surge en el diseño, construcción, operación y mantenimiento inadecuado de los sistemas de disposición de excretas, como consecuencia de la pérdida de la capacidad de infiltración del suelo, con el consiguiente rebosamiento de los efluentes. Si bien tales problemas son obvios, existe otro problema igualmente serio y mucho más insidioso, el cual es la inadecuada purificación de los efluentes; esto puede ocurrir con ciertas condiciones hidrogeológicas, y puede ocasionar una grave contaminación del nivel freático, afectando negativamente las fuentes locales de agua. La mayoría de los sistemas sanitarios dependen, fundamentalmente, de la capacidad del suelo y de la zona no saturada para aceptar y purificar los efluentes.

El tamaño relativamente grande de los helmintos y protozoarios, superior a 25 micras, hace que su extracción sea bastante eficiente filtrándolos a través del suelo, por lo que es poco probable que estos elementos lleguen a contaminar los mantos acuíferos. Las bacterias y los virus son muchos menores y pueden ser transportados a través de la percolación de los efluentes, desde los sistemas sanitarios locales hasta el nivel freático.

Por lo expuesto anteriormente, es de importancia proceder a la identificación de las condiciones hidrogeológicas de la zona por medio de mapas geológicos u otro material de referencia, para así no exceder su capacidad.

2.4.2.1 Desplazamiento del agua en la zona no saturada del suelo.

La zona no saturada, está constituida por una compleja disposición de partículas sólidas y poros con cantidades siempre variables de aire y agua. El agua se desplaza desde puntos de mayor energía hacia los de menor energía potencial. El potencial de contaminación del agua subterránea aumenta considerablemente cuando el flujo de aguas tiende a crecer. Asimismo, la lluvia puede ocasionar un rápido transporte de contaminantes a través de mantos rocosos y de las grietas de contracción en los suelos

arcillosos resecaados, antes de que la dilatación de los minerales arcillosos, obstruyan dichas grietas nuevamente.

Cuando el efluente penetra en la zona no saturada, puede llegar a obstruir los poros del suelo en la superficie de infiltración. Esta obstrucción reducirá la tasa de infiltración, estancando el líquido sobre el lecho y hasta puede causar rebosamiento de los efluentes.

Existen diversos fenómenos que contribuyen al proceso de obstrucción de los poros, entre los que pueden mencionarse:

- Bloqueo de los poros por los sólidos que se filtran directamente del efluente,
- Acumulación de biomasa por el crecimiento de microorganismos,
- Excreción de sustancias viscosas por parte de algunas bacterias,
- Deterioro y aglutinación de la estructura del suelo, debido a la expansión y contracción de minerales arcillosos.

La estructura del suelo también se puede destruir parcialmente debido a la compactación producida al construir fosas sanitarias.

Debido a la barrera para la infiltración de líquidos que se forma al obstruirse los poros, el suelo debajo de la película obstructora permanece no saturado. Este hecho reviste importancia para la disposición de los efluentes, el flujo de líquidos en el suelo no saturado transcurre a una velocidad mucho menor que en suelo saturado desplazándose por poros más finos y con ello aumenta la purificación.

El efluente se purifica por filtración, reacciones biológicas y procesos de absorción los cuales son más efectivos en los suelos no saturados pues el contacto entre líquido y suelo es más estrecho y prolongado.

2.4.2.2 Desplazamiento de los contaminantes en la zona saturada.

En la mayoría de las condiciones hidrogeológicas, el gradiente hidráulico es pequeño inferior a 0.01, lo cual permite esperar que las velocidades del flujo sean relativamente pequeñas, inferiores a 2 metros/día; si bien pueden ser mucho mayores que en la zona no saturada. En ese sentido, se puede reforzar la protección de las fuentes de agua subterránea aumentando la separación lateral entre las unidades sanitarias y las fuentes, para que supere el mínimo normalmente aceptado de 15 metros. Esto es lo que ocurre en ciertas condiciones hidrogeológicas, aunque puede considerársele como un método seguro de protección contra la contaminación microbiana, en algunos casos las separaciones tendrán que aumentarse de 15 a 25 y hasta 50 metros; ésto depende de algunas situaciones:

- a. En primer lugar, cuando el medio poroso se encuentra saturado, la movilización de los organismos será grande en todos los casos, excepto cuando se trata de acuíferos de granulación fina y no consolidada. En los acuíferos de alta permeabilidad que presentan fisuras, el proceso de retención de microorganismos prácticamente será intrascendente.
- b. En segundo lugar, muy pocos acuíferos son uniformes, y cuando presentan heterogeneidad, se encuentran zonas altamente permeables y de extensión ilimitada produciéndose velocidades de flujo de las aguas subterráneas con frecuencia superiores a los 10 metros/día, pudiendo alcanzar 100 metros/día o más en muchos mantos acuíferos que presentan fisuras y hasta 1 kilómetro/día o más en ciertos acuíferos altamente permeables y fisurados.
- c. En tercer lugar, la dilución de contaminantes en los sistemas hídricos subterráneos se debe a la dispersión hidráulica, pero para su cuantificación son necesarios los experimentos con trazadores cuidadosamente diseñados. Si bien éstos son muy importantes para reducir la concentración de patógenos fecales, cuando no puedan

efectuarse, la dilución no podrá predecirse con exactitud; en consecuencia, no deberá ser asumida para así reducir el riesgo de contaminación microbiana en una fuente de agua.

En conclusión la zona no saturada constituye la línea de defensa más importante contra la contaminación fecal de los acuíferos.

En ese sentido, aumentar al máximo el tiempo de permanencia del efluente en la zona no saturada, sería el factor clave en la atenuación y eliminación de bacterias y virus.

2.4.2.3 Supervivencia de virus y bacterias en aguas subterráneas.

- **Virus y bacterias.**

Aunque parecen lo mismo, no lo son. Los virus son agentes externos a nuestro organismo, que provocan enfermedades virales; en el caso de las bacterias, aunque son agentes externos a nuestro organismo y pueden esparcirse en el aire, al igual que los virus, éstas pueden provocar infecciones que, en muchos de los casos, no se pueden erradicar provocando un daño mayor.

Las bacterias y los virus pueden ser transportados a las aguas subterráneas, a través del efluente que se filtra de las letrinas, y de desechos líquidos dispuestos en el suelo, y si son ingeridos pueden causar infecciones. Sin embargo, los virus y bacterias que son excretados pueden transmitirse de muchas otras maneras, como por ejemplo: a través de los alimentos, dedos o moscas contaminados.

a. Virus: El tiempo de supervivencia de los virus está determinado en gran parte por la temperatura y el grado de contaminación, siendo mayor en las aguas muy limpias y en aguas altamente contaminadas. Los suelos que demuestran una mayor eficacia para suprimir virus, serían también, los que les permiten persistir por períodos más largos.

b. Bacterias: La información sobre la supervivencia de las bacterias en las aguas subterráneas es relativamente limitada. En general, se ha aceptado la tesis de que su período de supervivencia suele ser mayor en las aguas subterráneas que en las aguas superficiales, debido a la ausencia de luz solar y a la poca competencia por los nutrientes disponibles. También la temperatura constituye un factor importante, ya que las bacterias sobreviven mayor tiempo cuando las temperaturas son más bajas, por lo tanto, las bacterias que penetren más profundamente en los suelos tendrán, mayor probabilidad de sobrevivir por más tiempo que aquellas próximas a la superficie. La naturaleza química del agua subterránea afecta asimismo, la capacidad de supervivencia de cualquier bacteria presente.

2.4.3 Contaminación del agua subterránea por nitratos.

Los nitratos presentes tanto en el suelo como en las aguas subterráneas, son resultado de la degradación microbiana de sustancias orgánicas nitrogenadas, como por ejemplo las proteínas.

La cantidad de nitrógeno en los desechos humanos, se calcula en unos 5 Kilogramos por persona al año, en forma de amoníaco y de compuestos orgánicos complejos, los que rápidamente pueden convertirse en nitratos bajo condiciones anaeróbicas. No todo este nitrógeno alcanzará el nivel freático, ya que podría ocurrir una desnitrificación, así mismo, la orina es responsable del 80% del Nitrógeno excretado. Por otra parte, los iones amónicos de los efluentes se pueden convertir rápidamente en nitratos y penetrar libremente en el subsuelo.

2.4.4 Contaminación De Origen Domestico.

La contaminación de origen doméstico, es causada por todas las aguas negras que provienen de las descargas de tipo civil, es decir, de la actividad diaria del hombre, de las casas, hoteles, restaurantes, oficinas entre otros.

Las sustancias presentes en los excrementos humanos son relativamente constantes en calidad y varían poco con los grupos económicos de la población; sin embargo, se nota un aumento de materias grasas y nitrogenadas, en estratos sociales más elevados. Por otro lado, la cantidad y variedad de estas sustancias crecen muy rápidamente con el desarrollo económico.

Las aguas domésticas son una mezcla de sustancias orgánicas y minerales no disueltas, en solución acuosa. Los principales compuestos orgánicos son las grasas, jabones, proteínas, glúcidos y los productos provenientes de su descomposición, detergentes, aceites minerales y otros desperdicios de material celulósico y animal.

2.4.5 Contaminación De Origen Industrial.

La contaminación de origen industrial, está causada por todas las descargas industriales, que constituyen sin duda, el grupo de contaminantes más peligrosos y que presentan los mayores problemas para su eliminación. Los contaminantes en aguas de origen industrial son innumerables dependiendo del tipo de producción, por tanto, sería un largo trabajo el hacer un listado completo.

Se puede decir que la contaminación puede ser debida a materias inorgánicas que se encuentran en suspensión o en solución y también a sustancias orgánicas como los desechos químicos, fenólicos, orgánicos, fermentables y los más peligrosos, los desechos tóxicos que pueden ser de origen orgánico o inorgánico; también, los detergentes contenidos en las aguas naturales, provienen en su mayor parte de las descargas industriales.

2.4.6 Contaminación De Origen Agrícola.

La contaminación de origen agrícola se debe a las actividades que el hombre desarrolla en la agricultura y ganadería, comprende además, la de los abonos químicos,

biocidas y productos del metabolismo animal. En este tipo de agua se puede normalmente encontrar dos tipos de problemas:

a. El primero, es causado por los pesticidas a base de, arsénico, mercurio, cobre y los pesticidas orgánicos, organoclorados y organofosforados. Estos químicos son, en su mayoría, de elevada toxicidad y en particular los organoclorados, por no ser biodegradables, se pueden encontrar después de mucho tiempo acumulados en las aguas contaminadas.

b. El segundo problema, está relacionado con la utilización de abonos químicos a base de, nitratos y fosfatos en cantidad mayor a la que puede ser fijada al suelo o absorbida por las plantas y que son arrastrados por el escurrimiento superficial hasta los cuerpos hídricos.

2.4.7 Contaminación Por Agua Pluvial.

Antes solía pensarse que el agua pluvial era limpia o que prácticamente no contenía contaminantes. Se le consideraba, por tanto, como un diluyente del agua contaminada en el sistema de alcantarillado. Así, el agua pluvial podía normalmente ser descargada en aguas receptoras sin recibir un tratamiento previo. Sin embargo, muchos análisis han demostrado que esta idea era errónea, y que el agua pluvial, durante los primeros minutos de la precipitación, esta más contaminada que las aguas residuales domésticas. El agua pluvial está contaminada por impurezas atmosféricas, e impurezas de la superficie del suelo. Entre las impurezas atmosféricas se encuentran el polvo, las emisiones de combustión, excrementos de animales y bacterias, entre otras.

Aun no ha sido comprobada la relación entre las sustancias nocivas de la atmósfera y la consiguiente contaminación de las aguas pluviales. Ni aun estableciendo un balance en base, a las fuentes individuales de emisión podría obtenerse un resultado válido.

2.5 ANÁLISIS DEL AGUA.

El agua pura es un producto artificial, posible solamente en laboratorios. Las aguas naturales siempre contienen materias extrañas en solución y suspensión en proporciones muy variables. Estas sustancias, pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua.

El aspecto del agua, no basta para conocer si es apropiada para los usos que se necesite o se piense utilizar, especialmente para el uso humano, pues puede contener sales nocivas que actúen como venenos, aunque sea lentamente, o bacterias y parásitos que produzcan enfermedades y que no son apreciables a simple vista, siendo necesario efectuarlos exámenes o análisis físicos, químicos y bacteriológicos pertinentes para determinar la calidad del recurso. En definitiva, se considera que la calidad del agua es muy variable y necesita ser caracterizada a través del tiempo para definir los parámetros que deben ser tratados, así como el grado de tratamiento de conformidad con el uso que se le va a dar.

A continuación se presentan los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, más comúnmente encontrados y que se toman en cuenta en las normas de calidad del agua según el uso para el cual se destine.

2.5.1 Físicos.

Entre las características físicas, del agua se tienen: turbiedad, color, olor, sabor, temperatura, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, sólidos totales, aceites y grasas. Se llaman físicas, porque se pueden detectar con los sentidos de la vista, olfato y del gusto, esto implica que tienen directa incidencia en las condiciones estéticas del agua.

a. Turbiedad. La turbiedad del agua, se debe a partículas que estando en suspensión, como por ejemplo coloides de arcilla y limo, le dan al líquido la capacidad de diseminar un haz de luz, siendo este fenómeno óptico lo que determina indirectamente la turbiedad. Se

puede afirmar que la turbiedad es una forma de medir la concentración de las partículas coloidales suspendidas en el líquido.

En sí, puede considerarse que la turbiedad no tiene efectos sobre la salud, pero afecta la calidad estética del agua y al presentarse puede ocasionar el rechazo de los consumidores. Un alto grado de turbiedad, puede proteger a los microorganismos de los efectos de desinfección y estimular el desarrollo de bacterias. En consecuencia, en todos los casos en que se desinfecta el agua, la turbiedad debe ser escasa, es decir, el agua debe de ser clara.

b. Color. La coloración del agua potable, incide en el aspecto estético y puede ser resultado de la presencia de materia orgánica coloreada, principalmente, sustancias orgánicas provenientes de la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal vivo, metales como el hierro y el manganeso o desechos industriales de color intenso. Cuando la coloración del agua le da un aspecto desagradable, es posible que los consumidores recurran a otras fuentes que tal vez no sean las adecuadas.

Existen dos clases de color tomando en cuenta su origen: el orgánico y el inorgánico, y se reconocen dos tipos: el color verdadero, que es el que presenta el agua después de remover turbiedad, resultado de la presencia de sustancias orgánicas, disueltas o coloidales y el color aparente, debido a materia suspendida.

Aguas muy coloreadas son objetables para muchos procesos industriales y aunque no existe ninguna correlación entre el color y la contaminación, el usuario asocia su presencia con ella.

c. Olor y Sabor. Se mencionan conjuntamente por estar íntimamente relacionados; la percepción combinada del sabor y el olor es a menudo llamada "sabor". El olor del agua obedece fundamentalmente a: vegetación en putrefacción, desechos producto de actividades económicas y a la presencia de sustancias orgánicas generado por el plancton, que son compuestos producto de la actividad de bacterias o algas. Ambas características son objetables en las industrias de bebidas, alimentos, papel, materiales textiles y en la elaboración de productos farmacéuticos; y debido al desagrado que causa a los sentidos puede producir su rechazo.

Las alteraciones del sabor normal del agua de un sistema de abastecimiento, pueden ser un indicio de cambios de la calidad de la fuente de agua natural o deficiencias del tratamiento. Por razones estéticas, el agua debe estar exenta de olor y sabor. La eliminación de los olores puede realizarse con procesos como por ejemplo: aireación y adición de carbono activado.

d. Temperatura. El factor temperatura se toma como naturalmente se presenta en el agua cruda. Solamente en casos extremos se prevén medidas para regularla, generalmente para bajarla. El agua fría es más grata al paladar, pero este factor influye negativamente en los procesos normales de tratamiento, pudiendo entonces afectar la calidad del agua. No obstante, la temperatura alta intensifica el desarrollo de microorganismos y suele aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

e. Aceites y grasas. Producen problemas de olor, sabor, deterioran la calidad estética y aunque pueden ser un riesgo potencial para la salud, deben estar ausentes del agua de consumo, más por razones estéticas que por su incidencia sobre la salud o sistemas de tratamiento.

f. Sólidos totales. Se refiere a la materia que permanece como residuo después de evaporar y secar a 103°C - 105°C la muestra de agua. Todos los materiales que ejercen una presión de vapor significativa a tales temperaturas se pierden durante los procesos de evaporación y secado. El residuo remanente, representa solo aquellos materiales de la muestra que tiene una presión de vapor insignificante a 105 DC.

g. Sólidos disueltos. La cantidad de sólidos disueltos presentes en el agua es importante para considerarla adecuada para consumo humano, las aguas con contenidos altos, a menudo tienen efecto laxante, y algunas veces el efecto contrario, en las personas cuyos cuerpos no están acostumbrados a ello.

h. Sólidos en suspensión. Se refiere a todos aquellos sólidos en suspensión que sedimentarán debido a la influencia de la gravedad, solamente los sólidos suspendidos más gruesos, con una gravedad específica mayor que la del agua sedimentarán. Su medición es importante, para determinar la necesidad de unidades de sedimentación y el comportamiento físico de las corrientes de desecho entrando a cuerpos naturales de agua.

i. Conductividad. La conductividad es aplicable en los análisis de agua, como una medida de la capacidad de conducir la corriente eléctrica, la cual está directamente relacionada con la concentración de las sustancias ionizadas en el agua, las medidas de conductividad específica, son usadas comúnmente para determinar la pureza del agua desmineralizada y los sólidos disueltos totales en calderas o en torres de enfriamiento.

2.5.2 Químicos.

Considerando el agua como el solvente universal, se puede afirmar que cualquiera de los elementos de la tabla periódica podría estar presente en el agua.

Es por ello, que se eligen los principales elementos para efectuar los análisis químicos, teniendo en cuenta su posible prevaencia en el agua y los efectos que puedan tener sobre la salud o el impacto que causen sobre los procesos de tratamiento o las implicaciones de tipo económico.

a. Alcalinidad. Básicamente es la medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos, aunque los aniones de ácido débiles como bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos y sulfuros, pueden contribuir a la alcalinidad; la composición de la alcalinidad es función del pH, la temperatura y la fuerza iónica.

Por regla general está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico aunque con una tendencia a que los iones de bicarbonato sean prevaecientes, de ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH

relativamente alto o viceversa, por lo cual solamente su medida no tiene importancia como factor de calidad.

b. Amonio. Puede considerarse como un constituyente "normal" de aguas superficiales, pero en cantidades superiores a 0.1 mg/l puede ser un índice de contaminación por aguas servidas o residuos industriales.

En el proceso bioquímico de oxidación a nitritos y nitratos, consume oxígeno y se considera un nutriente de microorganismo y algas en los sistemas de distribución.

c. Cloruros. En su forma más frecuente: cloruro de sodio o sal común, los cloruros constituyen un compuesto de diaria ocurrencia en la dieta humana. De ahí que los límites que puedan fijarse en el agua se basen más, en razones del gusto que le imparten al agua que por motivos de salubridad.

d. Boro. Existen muy pocos estudios referentes a los efectos de este elemento en aguas de consumo humano, aunque sí se cuenta con datos sobre los efectos de este elemento en el crecimiento de las plantas.

e. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Es la cantidad de oxígeno expresada en mg/lit y consumida en condiciones de ensayo: 20°C, presión atmosférica y oscuridad, en un tiempo dado, como consecuencia de la oxidación por vía biológica de las materias biodegradables presentes en el agua. Refleja la materia orgánica que existe en el agua, indicando el oxígeno necesario para alimentar a los microorganismos y a las reacciones químicas.

Para el control de la autodepuración natural de un cauce o para el control de los procesos de depuración, suele adoptarse la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días.

La DBO, es una medida del oxígeno consumido por los organismos vivos principalmente bacterias, para optimizar como alimentos la materia orgánica de un desecho.

f. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido.

g. Cianuro. El cianuro es un elemento tóxico para el hombre y se estima que dosis de 50 - 60 miligramos, puede ser fatal, pero si ésta es del orden de 10 miligramos o menos, no es nociva, el cuerpo rápidamente la convierte en tiocianatos, cuya forma es mucho menos tóxica. La cloración llevada hasta obtener cloro residual a pH neutro o ligeramente alcalino, reduce los niveles de cianuro por debajo de los límites propuestos como deletéreos. No es común encontrarlo en el agua natural.

h. Dureza. Se define como la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio y magnesio. Este parámetro es de mucha importancia para la industria, ya que ocasiona incrustaciones y depósitos de sales de calcio en equipos industriales; por otra parte, las aguas duras son generalmente consideradas como aguas que requieren considerables cantidades de jabón para poder producir espuma y producen costra en los tubos de agua caliente, calderas, calentadores y otras unidades donde la temperatura del agua se incrementa notablemente.

i. Fosfatos. Los fosfatos son compuestos esenciales para toda la forma de vida acuática, y si se pretende controlar el crecimiento de plantas indeseables, esto se puede hacer limitando el contenido de fosfatos. Su presencia, por tanto, está asociada con la eutrofización en las aguas, problemas de crecimiento indeseable de plantas en depósitos estáticos, acumulación de sedimentos y desarrollo desmedido de la vegetación acuática. Las concentraciones críticas de fósforo varían notoriamente en las aguas y se ven afectadas por factores como la turbiedad, que pueden inhibir los efectos de la producción de algas en aguas con alto contenido de fósforo.

j. Hierro. La presencia de hierro en las aguas no tiene efectos de salubridad, pero afecta el sabor, produce manchas indelebles en los artefactos sanitarios y la ropa blanca, y se deposita en las redes de distribución, causando a veces obstrucciones y alteraciones en la turbiedad y el color, ocasiona manchas y decoloraciones en equipos industriales, fábricas de pulpa y papel, plantas textiles, lavanderías y tintorerías.

k. Manganeso. Este elemento está muy frecuentemente asociado con el hierro y son raras las aguas que lo contienen en forma independiente. Se presenta por regla general en su estado reducido y su exposición al aire lo lleva a óxidos hidratados mucho menos solubles.

l. Nitratos. Resultan tóxicos cuando se presentan en cantidades excesivas en el agua potable, y en algunos casos causa metahemoglobinemia en lactantes alimentados con biberón. Existe la posibilidad de que ciertas formas de cáncer pudieran asociarse con concentraciones muy elevadas de nitratos.

m. Nitritos. Al igual que la presencia de nitratos, amonio, los nitritos son también indicadores ciertos de contaminación, pero no necesariamente se van a encontrar cuando exista contaminación de origen fecal. La presencia aún mínima de nitritos en el agua ya es una señal de alarma; la concentración máxima admisible es de 0.05 mg/lit.

n. pH. Es importante porque tiene efectos sobre los procesos de tratamiento, además de contribuir a fenómenos como la corrosión. No se puede afirmar que tiene efectos sobre la salud, pero afecta procesos importantes como la desinfección con cloro y se liga a los fenómenos de corrosión e incrustación de las redes de distribución.

Generalmente, las aguas naturales presentan un pH por debajo de 7.0, que es considerado el valor neutro; esto facilita que mediante la adición de un álcali primario, como por ejemplo cal, el pH se lleve hasta el límite esperado para conseguir los niveles óptimos de floculación. Cuando, por efecto de un coagulante, se destruye parte de la alcalinidad para

formar un flóculo y el pH desciende, es también relativamente sencillo volverlo a llevar hasta niveles que no presenten problemas corrosivos o de incrustación.

o. Sulfatos. Aunque por regla general las aguas naturales no contienen altas cantidades de sulfatos, cuando éstos están presentes en cantidades apreciables, pueden tener efectos sobre el sabor y actuar como laxantes, especialmente en los consumidores que no están habituados a consumir agua en estas condiciones. Cuando los sulfatos se encuentran en altas concentraciones, son indirectamente responsables de dos serios problemas asociados con el tratamiento del agua residual, estos son: el olor y los problemas de corrosión de las alcantarillas de concreto.

p. Zinc. Este elemento es esencial y benéfico para el metabolismo humano, pues la actividad de la insulina y de muchas enzimas depende de él. La solubilidad del zinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad; en el agua, proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas de bronce.

q. Cobre. Este elemento puede encontrarse en forma natural en las aguas. Se considera elemento benéfico para el metabolismo, su deficiencia se asocia además con la anemia nutricional de los niños. Se aplica como mecanismo de control de algas, pero a la vez favorece la corrosión del aluminio y el zinc.

r. Mercurio. El mercurio es un elemento tóxico que no cumple ninguna función fisiológica útil para el hombre. Este elemento se acumula en los peces, por lo que no debe encontrarse en concentraciones arriba de las permisibles. En la industria, niveles infinitesimales de este elemento origina el agrietamiento de las aleaciones de aluminio.

s. Biocidas. Los biocidas que tienen importancia en relación con la calidad del agua, incluyen hidrocarburos clorados y sus derivados, herbicidas de acción prolongada, insecticidas para el suelo, biocidas que se pueden percolar en el suelo y biocidas que se

aplican a los sistemas de abastecimiento de agua para la eliminación de algún vector. Los efectos tóxicos sobre la salud humana difieren, dependiendo de su naturaleza química, pues mientras algunos se acumulan en los tejidos, otros son metabolizados.

t. Fluoruros. Se ha llegado a comprobar que el contenido natural de flúor, dentro de ciertos límites, puede resultar benéfico para los niños que están desarrollando el esmalte dental, pues este ion se incorpora a la apatita, compuesto principal del esmalte. Si las concentraciones son altas, la protección del esmalte se mantiene, pero por el contrario, también pueden adquirirse manchas permanentes que se conocen como "diente moteado" y también fenómenos indeseables en las estructuras óseas.

u. Plomo. El plomo, puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas, actualmente por el avance de la tecnología, se está más expuesto a su contaminación por vía de los alimentos, en aire o el agua. Las cantidades que pueden encontrarse en fuentes naturales, varían notoriamente y pueden estar entre cifras tan pequeñas como trazas, hasta cantidades que superan los límites establecidos. El contacto prolongado de aguas ácidas y suaves con tuberías o accesorios de plomo, pueden contribuir a incrementar notoriamente el contenido de éste.

v. Compuestos organoclorados. Durante la fase de precloración del agua en una planta de tratamiento, se pueden formar varios compuestos orgánicos organoclorados, cuando el agua bruta contiene sustancias orgánicas. Muchos de estos compuestos son potencialmente cancerígenos y pueden generar problemas de toxicidad debido a bioacumulación en los lípidos del cuerpo humano.

w. Sustancias tensoactivas. Estas sustancias son utilizadas para preparar los detergentes domésticos e industriales; cuando están presentes en las aguas profundas o superficiales, significa que existen aportes de descargas domésticas o industriales y esto implica que se debe controlar si hay también presencia de otro tipo de contaminantes.

2.5.3 Bacteriológicos.

Los análisis bacteriológicos más comunes, determinan la presencia de bacterias que no son patógenas, pero que se encuentran normalmente en las heces humanas y de animales. Esto implica que si estas bacterias están presentes en el agua, seguramente ésta ha estado en contacto con materias fecales, y por lo tanto puede contener también otras bacterias que sí son patógenas. Si estas bacterias no se encuentran, se tendrá plena confianza que el agua no ha sufrido contaminación desde el punto de vista bacteriológico. Este criterio ha sido adoptado porque las bacterias patógenas pueden estar presentes en un número pequeño, y por ende, puede ser difícil su determinación a una muestra además de que se trataría de ejecutar análisis bastante dificultosos.

a. Coliformes totales. Este parámetro muestra la cantidad de coliformes totales presentes, en los cuales están incluidos los bacterium coli, llamados también escherichia coli. Aunque considerados como grupo estos organismos no son exclusivamente de origen fecal.

b. Coliformes fecales. Están siempre presentes en las heces y por tanto, constituyen un análisis de confirmación de contaminación en caso de agua en la que, habiendo encontrado coliformes totales, no se consiguiese confirmar la presencia de escherichia coli. Esta bacteria tiene la forma de un bastón, mide aproximadamente 2 micras (2×10^{-6} mts.) y tiene un diámetro de 1 micra. Su presencia es debida, en el caso de aguas superficiales, a la llegada de aguas negras y en el caso de aguas subterráneas, a la infiltración de líquido percolado de basureros y de fosos absorbentes, e infiltración de aguas negras a través del suelo, entre otras causas. Su presencia indica también una contaminación muy reciente o efectuada en el acto, por lo que se debe proceder inmediatamente a una cloración del agua.

c. Conteo total de colonias bacterianas. Se llama también número total de gérmenes y tiene una gran importancia en la investigación de las aguas profundas. De hecho, cuando

se determina la presencia de gérmenes en estas aguas, significa que hay infiltración de aguas negras o que los estratos de terrenos superiores no pueden realizar una adecuada filtración de la misma. Se debe tener en cuenta que normalmente son suficientes menos de 10 metros de estrato filtrante para obtener un agua bacteriológicamente pura, En las aguas superficiales, donde comúnmente están presentes gran cantidad de gérmenes, se deberá controlar que no existan variaciones bruscas de este valor.

En las aguas superficiales, que son tratadas en plantas de potabilización, la fase de floculación generalmente encierra los microorganismos en los flóculos que se forman y que, por tanto, se separan junto con las sustancias coloidales en la siguiente fase de sedimentación. Aquellos que eventualmente se escapan en esta fase, son detenidos en el proceso de filtración. El cloro, que es adicionado al final del proceso, destruirá los microorganismos eventualmente aun presentes y garantizará la cobertura necesaria para enfrentar una posible contaminación a lo largo de la tubería de distribución.

2.6 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 tienen: consumo humano, riego, recreación, navegación, acuicultura, avicultura,

ganadería, industrial, generación de energía eléctrica, y otros. Cada uno de los usos tiene sus requisitos sobre el contenido de elementos y compuestos químicos, así como también el contenido microbiológico.

A continuación se dan algunos aspectos sobre los usos, y sus calidades, que se analizan en el presente documento: consumo humano, riego, avicultura, industrial acuicultura y ganadería.

2.6.1 Agua para consumo humano.

El término calidad del agua está estrechamente ligado con aquellas características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas, por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es apta o no para el uso que se destine.

Los parámetros mediante los cuales se cuantifica la calidad del agua, deben ser precisos, válidos y representativos. El agua potable no debe contener ningún microorganismo patógeno, ni bacterias indicadoras de contaminación fecal. El riesgo para la salud provocado por las sustancias químicas tóxicas que pueden existir en el agua potable, es distinto al que causan los contaminantes bacteriológicos. Los problemas relacionados con los componentes químicos surgen fundamentalmente por la posibilidad de que esas sustancias, después de períodos prolongados de exposición ocasionen problemas para la salud.

Para analizar la calidad del agua para consumo humano se deben de tomar en cuenta las características físicas, químicas y bacteriológicas, de tal manera que el agua para consumo humano debe estar exenta de organismos capaces de originar enfermedades y de cualquier mineral o sustancia orgánica que pueda producir efectos fisiológicos perjudiciales; además, debe ser aceptable desde el punto de vista estético.

En El Salvador, se cuenta con las normas técnicas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, A.N.D.A., que establecen los límites máximos permisibles y aceptables de la calidad física, química y bacteriológica; pero no toma en cuenta todos los parámetros guías para agua potable, establecidos por la Organización Panamericana de la Salud, O.P.S., y la Organización Mundial de la Salud, O.M.S., por lo que, de ser necesario, se retomarán algunos parámetros de ambas normas (Ver Cuadros en anexo B, Cuadros B.1 Y B.2)

2.6.2 Agua para consumo industrial.

La industria para poder desarrollar su actividad, demanda grandes cantidades de agua, pero no sólo se limita a la cantidad sino a calidad de la misma, a fin de evitar problemas con su utilización. Los usos industriales del agua son múltiples y dependen de la clase, tamaño y producto terminado de cada industria, por lo que los requisitos de calidad del agua pueden variar ampliamente.

Debido al consumo de grandes cantidades de agua con requerimientos específicos, muchas industrias prefieren aplicar tratamientos especiales para su propia producción. Por el contrario, otras industrias utilizan suministros adecuados para obtener una calidad de agua conveniente al proceso industrial.

En general, el agua es aplicada en los procesos industriales como medio dinámico de transporte de sustancias, en la elaboración de productos, para sistemas de recirculación en la producción de vapor para generación de energía. Como agente de refrigeración o de calentamiento por transferencia de calor; en operaciones de limpieza, desinfección y esterilización, entre otras.

2.6.3 Agua para la industria de alimentos.

El agua es el único ingrediente de los alimentos que está prácticamente presente en todos ellos y su cantidad, estado físico y dispersión en los alimentos afecta su aspecto,

olor, sabor y textura. Las reacciones químicas y las interacciones físicas del agua y de sus posibles impurezas con otros componentes de los alimentos, determinan frecuentemente alteraciones importantes durante su elaboración.

Bebidas alcohólicas con bióxido carbónico y cervezas son sensibles en su aspecto y sabor a un exceso de alcalinidad, de hierro y manganeso. En la cerveza, algunos iones influyen en la solubilidad de las proteínas y en el metabolismo de la levadura; los iones de calcio del agua tienen un efecto acidificante, al reaccionar con los iones fosfatos secundarios de la malta.

2.6.4 Agua para riego.

La adaptabilidad del agua para fines de riego, depende tanto de los sólidos totales disueltos, propiedad conocida como salinidad, y del contenido de sodio, con relación a las cantidades de calcio y magnesio. Cuando un agua de alto contenido de sodio se aplica al suelo, parte de ese sodio es retenido en la arcilla del suelo, la arcilla cede calcio y magnesio en intercambio con el sodio; esta actividad se denomina intercambio básico.

En el riego de cultivos agrícolas puede utilizarse dos tipos de aguas: aguas de drenajes agrícolas y aguas negras incluyéndose en éstas las de desechos industriales. Dentro de las aguas negras, debe considerarse el contenido de detergentes, ya que altas concentraciones inhiben el crecimiento de algunos cultivos hasta en un 70%, y en un 100% para altas concentraciones.

2.6.5 Calidad del agua para uso pecuario.

Cuando se hace referencia a uso pecuario, se hace con relación al agua que será utilizada en ganadería, avicultura y acuicultura. En ganadería, la actividad está relacionada con la cría de ganado bovino, porcino, caballar, caprino, y otros. La avicultura está relacionada con la cría de aves. La acuicultura se refiere al cultivo de peces y camarones en agua dulce y salobre.

En la ganadería, además de los parámetros físicos y químicos se hace consideración especial a la concentración de biocidas, que puedan proceder del tratamiento en agricultura de suelos y cultivos, que lleguen a las corrientes de agua que el ganado utilizará para beber; ya que estos son acumulables en el tejido adiposo del ganado y pasan en el ciclo trófico al hombre causando daños acumulables e irreversibles, que se traducen en trastornos a la salud.

En el caso del agua para avicultura, la calidad tiene relación con los problemas sanitarios en la granja avícola, entre ellos la diarrea infecciosa originada por la contaminación bacteriana. En general las granjas avícolas, hacen uso de agua potable para este abastecimiento.

En acuicultura, se presenta un caso de mayor importancia, pues el agua es el medio en que viven y se desarrollan los peces. Un parámetro importante, es la temperatura, ya que los organismos acuáticos no mamíferos son animales de sangre fría, por lo tanto no pueden regular la temperatura de sus cuerpos tan eficientemente como los de sangre caliente; a diferencia de los humanos, que se ajustan por medio de mecanismos reguladores internos, para mantener una temperatura constante del cuerpo, capacidad de los animales de sangre caliente como mamíferos y aves.

CAPITULO 3. IDENTIFICACION DE LAS CAUSAS DE CONTAMINACION.

3.1 PREÁMBULO.

Antes de poder proponer medidas de solución a la contaminación del río El Molino, es necesario evaluar y definir ciertas situaciones que ayudaran a este objetivo. En este capítulo se incluye una descripción completa de la zona de estudio la cual ha sido delimitada para facilitar la identificación de actividades y circunstancias que están impactando al río en forma directa o indirecta.

Además se toma en cuenta los análisis y pruebas de las aguas del río con el fin de obtener información a cerca de la calidad de esta y para obtener parámetros que se usaran en el diseño de las obras a proponer.

También se listan todas las situaciones y actividades que se están dando actualmente en las inmediaciones del río con el objetivo de poder exponer una rápida evaluación ambiental por medio del software llamado RIAM BASIC el cual pondrá en evidencia la situación actual del río y cuales de los componentes ambientales que conforman el ecosistema, están siendo afectados en mayor grado por la contaminación.

Cabe mencionar que en este capítulo, uno de los puntos mas importantes es la delimitación del área de estudio ya que las propuestas de solución estarán diseñadas para poder mitigar la contaminación que se genera en estas zonas, además es de mucha importancia ya que el río cuenta con una longitud considerablemente grande (10.5 KM) y es imposible para un estudio como este proponer las obras de mitigación para todo el río.

3.2 INSPECCIÓN SANITARIA.

La inspección sanitaria es un estudio que se realizará en el área de interés del río El Molino, esta área comprende desde los manantiales que dan origen al río hasta tres kilómetros y medio río abajo. La inspección sanitaria tiene como finalidad señalar todas las actividades que puedan representar fuentes de contaminación a todos los componentes

ambientales que conforman el ecosistema del río el Molino para poder así minimizar o eliminar el impacto negativo que estas actividades están generando.

3.2.1 Delimitación del área de inspección.

El área de inspección estará delimitada por las zonas alrededor del río en donde se identifiquen actividades que impactan o que podrían impactar las aguas del río, estas zonas podrían estar constituidas por urbanizaciones, residenciales, escuelas, industrias, pequeños asentamientos habitacionales y turicentros, ya que se sabe que en estos lugares se dan actividades como la generación de desechos sólidos, generación de aguas servidas de tipo doméstico e industrial, que de alguna u otra forma podrían llegar a los alrededores del río y contaminarlo. Esta delimitación del área de inspección comprenderá las zonas antes mencionadas en un tramo del río que comienza en los manantiales principales hasta la zona del beneficio La China que esta ubicada aproximadamente a una distancia de tres kilómetros y medio desde el origen del mismo. (Ver Anexo A fig. A-2)

3.2.2 Descripción ambiental del área determinada.

Las urbanizaciones y residenciales cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario que terminan en las inmediaciones del río en donde se recibe el agua residual sin tratamiento previo, aunque algunas de estas cuentan con una planta de tratamiento que reduce la carga contaminante de estas aguas. Las urbanizaciones que actualmente cuentan con una planta de tratamiento son: Residencial Escalón I y II.

En el área delimitada existen también colectores de aguas lluvias que pertenecen a las urbanizaciones y a las calles que delimitan la zona del río, se identifican descargas de aguas lluvias de la calle que conduce hacia el cementerio Santa Isabel y de la carretera que conduce hacia Metapán, así como también a lo largo del cauce del río, se observan las descargas de agua pluvial de las colonias y residencias cercanas al mismo. Las urbanizaciones y residenciales antes mencionadas cuentan con un servicio de recolección de desechos sólidos proporcionado por la Alcaldía Municipal de Santa Ana, pero este no

es suficiente ya que se puede encontrar alrededor de estas depósitos de basura que afectan al río a través de la contaminación del suelo que puede afectar el agua subterránea, cuando estos promontorios de desechos llegan a ser muy grandes las personas optan por depositar los desechos en las riberas del río provocando estancamientos de agua y la contaminación de las aguas superficiales.

En zonas mas internas del área delimitada, es decir en las riberas del río existen asentamientos habitacionales ilegales que no cumplen con la ley de urbanismo y construcción, además estas pequeñas zonas habitacionales descargan sus aguas residuales directamente al río, aunque algunas de estas cuentan con un sistema de letrina de fosa, siempre contaminan las aguas debido a la infiltración del agua y al mal uso de las mismas. Además se identifican algunas estructuras a lo largo del río, entre las cuales se pueden mencionar: bóvedas, puentes para paso vehicular y peatonal, calles y caminos no pavimentados y lavaderos públicos. Cabe mencionar que algunas de estas estructuras ya están deterioradas por lo que se requiere de su reconstrucción o sustitución. Los lavaderos públicos que se mencionan anteriormente están ubicados a un costado de los manantiales principales del río, ya que esta agua a simple vista parece no estar contaminada; la misma llega hasta las personas para ser usada en actividades diarias de tipo doméstico, como lo es lavandería. El agua jabonosa que surge de esta actividad es descargada al río y se convierte en otra fuente de contaminación a tomar en cuenta debido a la complejidad de su composición.

También se pueden percibir talleres mecánicos que disponen sus residuos como que aceites, combustibles, neumáticos y repuestos inservibles. En algunos puntos se observa la presencia de beneficios donde procesan el café, tenerías y porquerizas que depositan sus aguas contaminadas.

Lo anterior refleja un problema que se debe a la carencia de un plan estratégico de ordenamiento territorial, al índice de crecimiento poblacional, al incumplimiento de leyes

y normas y a la falta de cultura y responsabilidad de las personas que habitan los alrededores del río, contribuyendo así a la contaminación y deterioro de los recursos naturales de nuestro país.

3.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO.

El análisis de las muestras de agua obtenidas del río El Molino, arrojó resultados los cuales vienen a comprobar la hipótesis anteriormente formulada, la cual presumía una inminente contaminación de las aguas del mismo, lo cual se puede comprobar analizando la información presentada a continuación.

Los parámetros que se contemplaron para la realización de la prueba, fueron aquellos que se consideraron primordiales para la realización del diseño hidráulico de las lagunas de estabilización (Ver Anexo C, cuadro C1) y que al mismo tiempo, comprueban que tan biodegradable es el agua en estudio.

Los resultados para sólidos suspendidos totales con un valor establecido de 236mg/l indican el gran medida el grado de contaminación que poseen dichas aguas, cuyo valor permitido es de 1mg/l lo cual pone en evidencia la condición actual del río.

Los análisis para la obtención del DBO del agua en estudio arrojaron un dato el cual asciende a 140 mg/l lo cual comparando con la normativa de aguas residuales de tipo ordinario, se encuentra por encima del límite establecido de los 60mg/l que dicha normativa establece, con lo cual se puede verificar el nivel de contaminación que dichas aguas poseen.

3.5 FUENTES DE CONTAMINACIÓN.

La principal contaminación que se observa en el río El Molino es la de sus aguas superficiales, ésta se da por las diferentes actividades humanas y naturales que se desarrollan en el área delimitada; para poder determinar y describir todos los daños que están generando esta contaminación, es de mucha importancia poder definir las fuentes puntuales y potenciales de contaminación ya que sobre estas se hará el análisis para la

planificación y saneamiento ambiental, para poder atenuar o disminuir la contaminación de las aguas superficiales del río en estudio.

3.5.1 Fuentes puntuales.

Para poder conocer las formas y mecanismos de como las aguas superficiales del río se están contaminando se deben de localizar las fuentes puntuales de contaminación a lo largo del área delimitada, las cuales se enuncian a continuación:

- a. *Aguas residuales.*
- b. *Desechos sólidos.*
- c. *Agua pluvial.*
- d. *Incorporación de agua jabonosa.*
- e. *Depósitos de escombros.*
- f. *Actividades industriales.*

- a. **Aguas residuales.** Es una de las actividades mas frecuentes a lo largo del río, estas descargas provienen de las diferentes zonas de la ciudad en mayor volumen y otras provenientes de los domicilios que se encuentran en las orillas del río en menor proporción (Ver fig. 3.1). La composición de este vertido es muy compleja ya que puede contener los desechos de una vivienda común, entonces se genera una mezcla de agua proveniente de baños, cocina, inodoros, lavamanos y patios conteniendo sustancias orgánicas y químicas que dificultan la autodepuración del agua.



Fig. 3.1 Descarga de aguas residuales.

b. Desechos sólidos. Esta actividad pudo observarse en varios puntos a lo largo del río que generan mayor contaminación y estancamiento en algunas zonas. Los desechos sólidos se componen de residuos animales, vegetales y minerales que al descomponerse generan mal olor y proliferación de insectos y enfermedades. La basura como comúnmente es llamada a los desechos sólidos puede proceder de domicilios industrias calles y accesos peatonales en estos casos puede contener residuos de alimentos, cartón, cenizas, virio, excretas, hojas ramas, papel, estiércol entre otros.



Fig. 3.2 Promontorios de desechos sólidos.

c. Agua pluvial. Se observo varias canaletas para descargas de aguas lluvias, el agua lluvia es uno de los contaminantes el cual su composición es desconocida ya que puede arrastrar todo tipo de desechos que se encuentran a su paso como por ejemplo plaguicidas, fertilizantes y estiércol, provenientes de zonas donde se desarrollan la agricultura y ganadería.



d. Fig. 3.3 Agua pluvial que se incorpora al río.

- e. **Incorporación de agua jabonosa.** Actividad desarrollada por personas que habitan en zonas cercanas al río, que lavan sus prendas de vestir y se asean con el agua proveniente de los manantiales.



Fig. 3.4 Incorporación de agua jabonosa

- f. **Depósitos de escombros.** Actividad generada por parte de las construcciones a lo largo del río en la zona delimitada, la cual deposita material de desecho del río. Los desechos que se pudieron identificar son; ripio, postes de alumbrado eléctrico, alambres, ladrillos entre otros.



Fig. 3.5 Depósito de escombros. Potencial foco de infecciones

- g. Actividades industriales.** Los desechos industriales provienen de los beneficios, tenerías y talleres instalados en la ribera del río. Estas industrias depositan sus aguas residuales a las aguas del mismo; estas descargas pueden contener sustancias químicas y orgánicas que resultan de los procesos de producción que estas realizan.

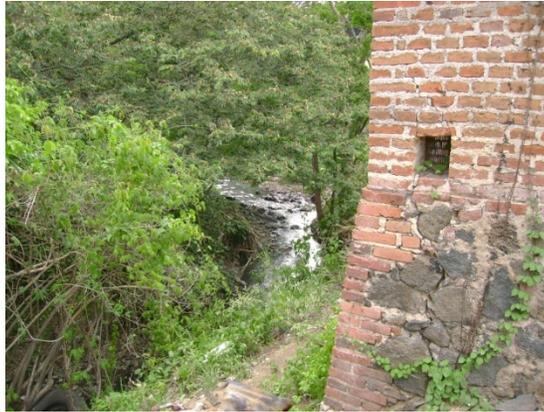


Fig. 3.6 Incorporación de aguas industriales

3.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL CON EL PROGRAMA RIAM BASIC (Situación Actual).

3.3.1 Descripción de las actividades sujetas a diagnóstico.

En primera instancia se puede constatar que El río El Molino presenta un alto grado de contaminación, siendo impactado por todas las actividades realizadas a lo largo de su cauce como son:

- Descargas de aguas residuales provenientes de la ciudad y a lo largo de éste.
- Incorporación de aguas jabonosas solo al inicio del río por las actividades domesticas de los lugareños.
- Descarga de desechos industriales por tenerías y beneficios.

- Depósito y acumulación de desechos sólidos; este se pudo constatar en las zonas de las bóvedas y en los alrededores del turicentro Sihuatehuacan en mayor volumen, ya que esta actividad se da a lo largo del río.
- La tala de árboles se observó en el inicio del río ya que en este lugar se está ejecutando un proyecto urbanístico.
- Otra actividad impactante es la extracción de arena, esta se da en puntos específicos del río.

No.	Nombre clave	Descripción general de la acción o actividad
1	Descarga aguas residuales	Estas son descargadas de la zona norte directamente al río sin previo tratamiento, así como en las zonas aledañas a lo largo de este.
2	Deposito desechos sólidos	Actividad observada a lo largo del cauce del río, y en mayor volumen en las bóvedas principales, generando botaderos a cielo abierto.
3	Descarga desechos industriales	Provenientes de los diferentes procesos realizados en Beneficios, Tenerías Porqueriza, ubicados en algunas zonas del río.
4	Descarga aguas jabonosas	Provenientes de los lavaderos ubicados cerca de los manantiales por los lugareños directamente al río.
5	Tala de árboles	Realizada cerca de los manantiales donde se origina el río, en la zona de construcción de la urbanización.
6	Extracción de arena	Observada en algunas partes del río, actividad que afecta la forma de este.

Acciones del proyecto:

3.3.2 Identificación de los factores ambientales que están siendo afectados.

Los factores ambientales que se ven afectados a lo largo del río son:

- El agua.
- El aspecto paisajístico.
- El aire.
- La vida acuática.
- La vida terrestre.
- Geomorfología del río.

Factores ambientales:

No.	Nombre clave	Descripción general de la acción o actividad
1	Agua superficial	Es la más afectada por las diferentes actividades, entre éstas las descargas de aguas residuales, industriales y jabonosas directamente a éste sin tratamiento previo.
2	Aspecto paisajístico	Acumulación de desechos sólidos que generan los habitantes de las zonas aledañas.
3	Aire	Afectados por el mal olor de las aguas residuales y la descomposición de los desechos orgánicos e Industriales.
4	Vida acuática	Observada únicamente en los manantiales donde se origina el río, siendo afectada por las diferentes descargas realizadas en éste.
5	Vida terrestre	Afectada por tala de árboles y el alto grado de contaminación en el río, obligándolos a buscar otro hábitat.
6	Geomorfología del río	Esta es afectada por la extracción de arena, actividad realizada en algunas zonas del río.

3.3.3 Resultados con el programa RIAM.

El método RIAM es una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados integrados en una evaluación de impacto ambiental. Los procedimientos utilizados para la manipulación de este programa son presentados detalladamente en el anexo F.

Según la evaluación que el programa ha desarrollado, todos los impactos causados por las diferentes actividades observadas en el lugar en estudio son negativos, ya que están perjudicando en gran magnitud la calidad del río.

Según los resultados obtenidos por el programa, ninguno de los impactos carecen de importancia ya que sus scores ambientales son altos, por lo tanto no desfavorece ninguno de estos.

Una de las actividades que está causando un mayor impacto negativo, según datos obtenidos con la aplicación del programa, es la descarga de aguas residuales sin tratamiento directamente a éste, contaminando el agua superficial.

**CAPITULO 4. ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA
MINIMIZAR, ELIMINAR O ATENUAR LA CONTAMINACION**

4.1 PREÁMBULO.

Mucho se habla en la actualidad sobre el deterioro ambiental que se vive a escala mundial, sus efectos y condiciones futuras, sin poner en práctica medidas concretas que traigan consigo beneficios tangibles a la naturaleza en general, y es que, al hablar de medidas o alternativas de solución, que permitan solventar o en el peor de los casos, reducir la contaminación generada por las diferentes actividades del hombre, se involucran de inmediato una serie de costos los cuales casi siempre son extremadamente elevados para proyectos de gran envergadura, costo que muchas veces no se encuentran al alcance de los países en vías de desarrollo y con situaciones económicas ajustadas tal y como se vive en nuestro país, motivo por el cual, se hace necesaria la implementación de medidas viables para el tratamiento de las aguas residuales del país, mas específicamente en el Río el Molino de la ciudad de Santa Ana, el cual es el punto de análisis de este trabajo.

Son bastantes los países de América Latina los que han optado por implementar este tipo de medida para el tratamiento de aguas residuales ya que su implementación esta mas que todo relacionado con factores climático-ambientales propios de las regiones tropicales como la que se vive en el país.

Cuba, Brasil, Argentina y Perú, son algunos de los países que encabezan la lista de mayores ejecutores de este tipo de modelos; cabe mencionar que dichos diseños están sujetos a cambios debido a las diferentes variables climáticas propias de cada región, es decir, no existe una formula generalizada para la ejecución de las mismas por lo que los diseños se basan en experiencias de proyectos similares realizados en diversos países y considerando características propias de la zona.

4.2 FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAJE.

Según se tiene conocimiento, la primera instalación de laguna de estabilización diseñada para tratar aguas residuales domésticas estuvo localizada en Dakota del norte, EE.UU. y fue construida en 1948 después de recibir la aprobación de las autoridades de salud pública, desde entonces una gran cantidad de instalaciones han sido construidas en muchos países del mundo.

Investigaciones a escala de laboratorio y estudios sobre el terreno realizados en las décadas de los años 40 y 50 permitieron el desarrollo de criterios de diseño para proyectos de lagunas de varios tipos. Durante las dos últimas décadas se ha hecho evidente la falta de investigación sobre el tema y la gran cantidad de información publicada contiene principalmente resultados de experiencias de diseño y operación.

Aunque existen varios aspectos importantes que aún no han sido investigados, se considera que este proceso de tratamiento ha sido objeto de suficiente estudio y se han introducido desarrollos en tal forma, que el tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización puede considerarse como uno de los sistemas de tratamiento más importantes sobre todo para países en desarrollo.

4.2.1 La Situación de Agua y Saneamiento en América Latina y América Central.

De los 52,000,000 m³/día de aguas residuales que se recolectan en América Latina, se estima que solamente 3,100,000 m³/día, o 6%, reciben tratamiento adecuado antes de ser dispuestas en cuerpos de agua o campos agrícolas¹.

Encima de este problema serio, hay una tendencia en todo América Latina de usar para riego agua residual sin tratar o diluida con otra fuente de agua (Ver fig. 4.1); en todo América Latina hay un mínimo de 981,445 hectáreas regadas con agua residual cruda o diluida².

^{1 2} Egocheaga y Moscoso, 2004

La imagen muestra un ejemplo típico en América Latina del uso de aguas residuales para riego.



Fig. 4.1 De todas las aguas residuales recolectadas en América Latina, se estima que solamente 6% reciben un tratamiento adecuado.

4.2.2 Tratamiento de Aguas Residuales con Lagunas de Estabilización.

Se han realizado muchas investigaciones sobre el uso de lagunas de estabilización para tratamiento de aguas residuales en países en desarrollo las cuales muestran claramente que las lagunas pueden tratar aguas residuales a un alto nivel, tanto en la remoción de patógenos como en la de compuestos orgánicos, requiriendo mínimos recursos para su diseño, construcción, operación, y mantenimiento. El diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales en América Latina y en países en desarrollo no debe ser similar a lo de países industrializados, donde se basa el diseño en la reducción de compuestos orgánicos para proteger los cuerpos receptores con poca o ninguna atención a los aspectos de salud pública, especialmente a la remoción de los patógenos. Dado que una de las principales causas de mortalidad y morbilidad es la de enfermedades relacionadas a las excretas humanas en América Latina, se concluye que los procedimientos de diseño de países

industrializados no son adecuados y que el diseño debe enfocarse fundamentalmente en la remoción de patógenos conjuntamente con el posible reuso de los efluentes en agricultura o acuicultura como un recurso sostenible.

4.2.3 Remoción de Patógenos y Parámetros Convencionales.

Las lagunas de estabilización son la mejor opción para la remoción de patógenos; estas mismas al estar diseñadas y operadas apropiadamente tienen la mejor eficiencia en la remoción de virus, bacterias, y especialmente huevos de helmintos y quistes de protozoarios. Todos los otros procesos como sedimentación primaria, lodos activados, filtros percoladores y hasta el tratamiento con cloro, requieren desinfección como un proceso terciario para obtener una remoción de bacterias o virus igual a la que las lagunas pueden alcanzar mediante un proceso secundario; además, el cloro no puede matar totalmente los huevos de helmintos y los quistes de protozoarios. La laguna es el único proceso que, como un proceso secundario, puede producir efluentes de una calidad que puede utilizarse para el riego en la agricultura o para la fuente de agua en acuicultura.

Además de la remoción de patógenos, la remoción de DBO5 y sólidos suspendidos, puede ser tan alta como en cualquier otro proceso si la laguna está diseñada y operada adecuadamente y si se considera que los sólidos en el efluente son algas producidas en la laguna y no los sólidos suspendidos de las aguas residuales originales que entran en el sistema.

4.2.4 Simplicidad de Lagunas.

Las lagunas son más sencillas de diseñar, construir, operar y mantener que cualquier otro proceso de tratamiento. La excavación es la actividad principal en la construcción. La construcción de obras civiles es mínima: solamente estructuras de ingresos, interconexiones, salidas, y el revestimiento de los taludes interiores. La operación y mantenimiento consiste normalmente en tareas de rutina como el corte de vegetación en la orilla y en el dique, remoción de natas y sólidos flotantes, la medición diaria del caudal, y el monitoreo periódico del afluente y efluente.

4.2.5 Bajo Costo.

Las lagunas cuestan mucho menos que los otros procesos de tratamiento. El equipo requerido se puede obtener localmente; las plantas de lodos activados, por ejemplo, requieren de la importación de equipo mecanizado y piezas de repuesto costosas. El consumo de energía es mínimo; por ejemplo, para una población de 10,000 personas, una planta de lodos activados puede consumir 1, 000,000 kW-hrs/año, mientras que una serie de lagunas de estabilización no consumiría ninguna energía eléctrica (Mara, 1992).

4.2.6 Mínimo Manejo de Lodos.

El costo mayor en operación de plantas secundarias de tratamiento de aguas residuales con sedimentación primaria y secundaria es el manejo de los lodos producidos. Una ventaja fundamental en el uso de lagunas es el hecho que se producen menos lodos que cualquier otro proceso, porque los lodos quedan en la laguna primaria por años en vez de horas o días como en los otros procesos, se consolidan con tiempo y ocupan menos volumen poco a poco. Porque todos los lodos de cualquier proceso estarán muy contaminados con huevos de helmintos, quistes de protozoarios, y otros patógenos bacterianos y de los virus, la otra ventaja importante es el mínimo manejo de lodos producidos, con menos concentraciones de patógenos en los lodos por su edad. Una planta de filtros percoladores o lodos activados con sedimentación primaria y secundaria, y con digestión anaeróbica, tendría que remover lodos con una frecuencia de, por lo menos, cada mes, con todos los riesgos de manejar y disponer sanitariamente los lodos contaminados. En contraste, la remoción de lodos de una laguna primaria es necesaria solamente cada 5 a 10 años, con menos riesgos de patógenos porque los lodos estarán más viejos.

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE.

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental y constituye el primer paso para el proyecto y explotación de una infraestructura de depuración. Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Muchos de

los parámetros característicos del agua residual guardan relación entre ellos. Una propiedad física como la temperatura, puede afectar tanto la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua residual.

Para la caracterización del agua residual se emplean tanto métodos de análisis cuantitativos, para la determinación precisa de la composición química del agua, como análisis cualitativos, para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Los métodos cuantitativos pueden ser gravimétricos, volumétricos o físico-químicos.

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total sólidos, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. Entre las principales características químicas se encuentran: la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases disueltos. Las características biológicas incluyen los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas residuales, tanto aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos como los organismos patógenos.

Un factor importante a tener en cuenta es la toma de muestras. El análisis reflejará el resultado de la muestra enviada al laboratorio, por lo que esta debe ser representativa del volumen de agua que se pretende caracterizar. La toma de muestra deberá tener en cuenta la variación en el tiempo del caudal y carga contaminante.

4.4 CRITERIOS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES.

La relación entre la DB05 y la DQO indica la importancia de los vertidos dentro de las aguas residuales y sus posibilidades de biodegradación. Así, si la relación DB05 / DQO es inferior a 0.2, el agua es poco biodegradable, entre 0.2 y 0.4 es biodegradable y valores superiores a 0.4 indican aguas altamente biodegradable.³

³Manual de diseño y construcción de lagunas de estabilización (Stewart M. Oakley)

4.5 FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE DEPURACIÓN BIOLÓGICA.

Para que el proceso de depuración biológica tenga lugar, además de la biodegradabilidad del agua residual, es necesario que los demás parámetros se encuentren dentro de los niveles permisibles. Entre los factores que pueden afectar la depuración de un efluente se encuentran los siguientes:

Temperatura. La depuración biológica se desarrolla de forma adecuada en un rango de temperaturas que oscila entre los 12 y los 38°C (zona mesófila).

PH. Las enzimas son activas en un estrecho corredor alrededor de un pH determinado y que, normalmente, no puede ser muy diferente del pH 7.

Homogeneización. El proceso metabólico se optimiza cuando se logra una homogeneización perfecta. Los sistemas técnicos de depuración biológica más homogéneos son los fangos activos y los lechos bacterianos.

Cantidad mínima de nutrientes. La condición adecuada para que un agua residual pueda depurarse, es que la cantidad de nutrientes sea suficiente.

Inhibidores. Las enzimas son activas en estado coloidal, pudiendo inhibir su actividad las sustancias presentes en las aguas en forma de sales insolubles, iones de metales pesados, reactivos alcaloides, el cloro y sus compuestos, etc. Esta acción de los inhibidores puede actuar sobre los microorganismos destruyéndolos, o dejándolos en estado latente.

El cloro es quizás el desinfectante más universalmente utilizado y el que más se emplea. Es altamente tóxico para los microorganismos, y para las formas de vida superiores, oxida la materia orgánica, es efectivo a temperatura ambiente, es muy corrosivo, posee alta capacidad desodorante y está disponible en grandes cantidades y a precios razonables.

4.6 PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

Este tipo de tratamiento para aguas residuales, se ha convertido en uno de los mas implementados en toda América Latina, esto debido a sus bajos costos de ejecución, operación y mantenimiento, en comparación con otros sistemas de depuración de las mismas, por tal motivo para una mejor comprensión de la procedimiento a implementar, se detallarán diferentes aspectos a considerar en la realización de las lagunas. El modelo a presentar en el documento, se detalla en la figura 4.2, la cual muestra las partes que constituyen el sistema de lagunaje.

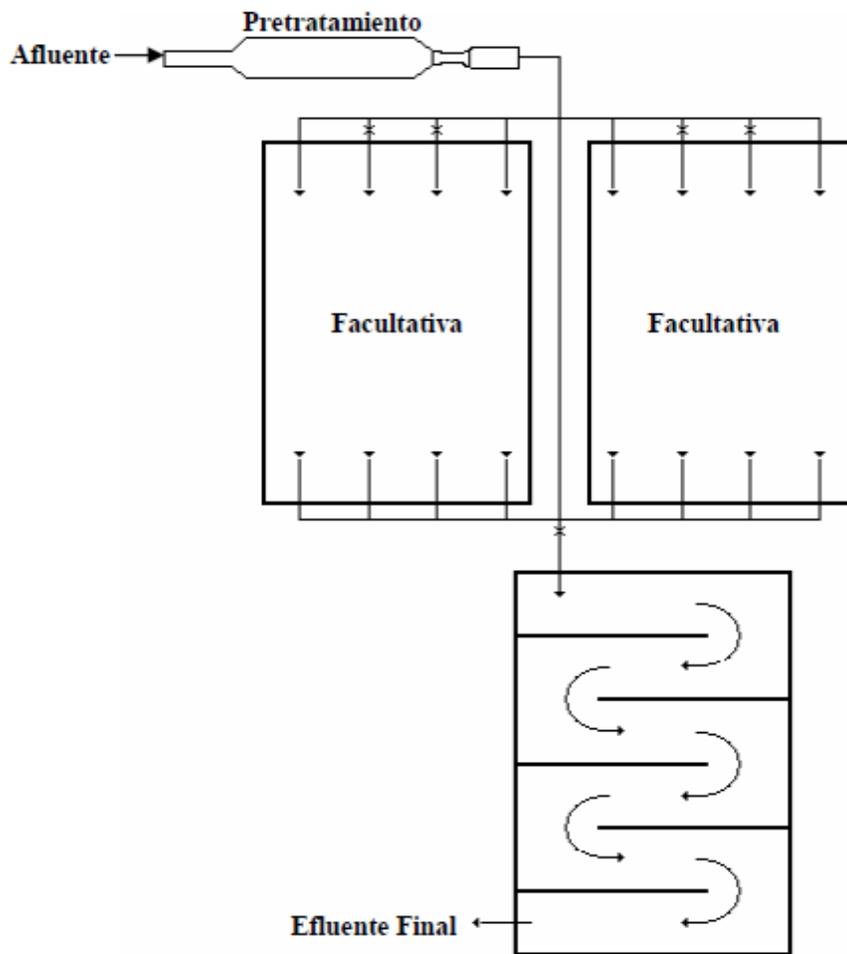


Fig. 4.2 Batería de lagunas

4.6.1 Normas de diseño.

Como una norma general, se recomienda diseñar un sistema de lagunas facultativas seguidas por lagunas de maduración. Las lagunas facultativas deben ser diseñadas en baterías en paralelo para poder sacar una fuera de servicio durante la remoción de lodos y la otra queda en operación. Dependiendo sobre el objetivo final de tratamiento, se puede tener una o dos lagunas de maduración en serie después las lagunas facultativas en paralelo. Por las dificultades en operación y en la remoción de lodos, no se recomienda el uso de lagunas anaeróbicas para tratamiento de aguas residuales.

4.6.2 Lagunas facultativas.

Los estanques en los que la estabilización de las aguas residuales se lleva a cabo mediante una combinación de bacterias facultativas anaerobias y aerobias, se conocen con el nombre de estanques de estabilización facultativas (aerobios- anaerobios).

El propósito de las lagunas facultativas es remover la DBO bajo condiciones aeróbicas, aprovechando principalmente la simbiosis entre las algas y la bacteria; la laguna también contribuye a la remoción de patógenos a través del largo período de retención hidráulica típico en el diseño, que permite la sedimentación de huevos de helmintos, y la mortalidad de bacteria causado por el tiempo de retención hidráulica, por los rayos ultravioletas de la energía solar, y el aumento en pH por las actividades de las algas.

4.6.2.1 Descripción del proceso.

En un estanque facultativo existen tres zonas:

1. Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica.
2. Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.

3. Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas.

Los estanques de estabilización facultativos son estanques excavados en el terreno que se alimentan con agua residual procedente de un proceso previo de desbaste o con el efluente de un tratamiento primario. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobia. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aerobias y facultativas empleando el oxígeno generado por las abundantes algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono para las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango da como resultado la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el CO₂, el H₂S y el HS₄, que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera.

En la práctica, la presencia de oxígeno en la capa superior del estanque se consigue por las algas o mediante aireadores de superficie. Si se emplean aireadores de superficie, la presencia de algas no es necesaria. La ventaja de utilizar aireadores de superficie reside en que ello posibilita aplicar cargas orgánicas más elevadas. Sin embargo, la carga orgánica aplicada no debe exceder de la cantidad de oxígeno que pueda ser suministrada por los aireadores sin que se produzca un mezclado completo del contenido del estanque, ya que en este caso se pierden las ventajas derivadas de la descomposición anaerobia.



Fig. 4.3 Laguna Facultativa en buen funcionamiento.

4.6.3 Lagunas de Maduración o terciarias.

El propósito del uso de lagunas de maduración es el siguiente:

- i. Tener tiempo de retención adicional para la remoción de patógenos.
- ii. Mejorar la calidad del efluente final.
- iii. Servir como un factor de seguridad si las lagunas primarias tuvieran problemas en su funcionamiento.

Mientras hay varios modelos para la remoción de coliformes fecales en lagunas de maduración, ninguno sirve en la práctica experimentada en el monitoreo de sistemas en América Central (Oakley, 2000).

4.7 PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO DEL PROCESO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS.

El procedimiento del diseño del proceso de las lagunas es el siguiente:

1. El diseño global debe consistir de una batería de lagunas facultativas en paralelo seguida en serie de una o dos lagunas de maduración.
2. Se determina el caudal de diseño, lo que debe ser el caudal promedio diario, en monitorear los caudales del alcantarillado y en tomar un catastro de las conexiones

existentes y proyectadas. No se debe asumir caudales per cápita para evitar el problema de las sobrecargas hidráulicas.

3. Se determina la carga orgánica de DBO5 en el afluente en monitorear las concentraciones de la DBO5 en el alcantarillado con muestras compuestas. No se debe asumir un aporte per cápita ni una concentración promedio de DBO5.

4. Se diseña rejillas y desarenadores, y se estima la producción de sólidos arenosos, utilizando las normas y métodos de diseño presentadas en el Anexo D, cuadro D1

5. Se calcula la carga orgánica superficial máxima:

$$CSm = (1.937E - 06) \cdot (RS)$$

Donde: **RS** = la radiación solar mínima diaria del año expresada como el promedio del mes, kJ/ha-día

6. Calcular el área requerida de la laguna facultativa:

$$Af = \frac{10 \cdot La \cdot Qmed}{CSm}$$

Donde **Af** = el área de la laguna facultativa, m²

La = la concentración promedio de DBO5 en el afluente, mg/L

Qmed = el caudal promedio, m³/día

CSm = la carga superficial máxima, kg DBO5/ha-día

7. Dimensionar la laguna facultativa con una relación de largo/ancho de 3/1 mínimo con una profundidad de 1.8 a 2.0 m.

8. Calcular el tiempo de retención hidráulica nominal con las Ecuaciones:

$$TRH_f = V_f / Qmed$$

Donde:

TRH_f = tiempo de retención hidráulica nominal de la laguna facultativa, días

V_f = volumen de laguna facultativa, m³

$$VF = P/6 \cdot [(l \cdot a) + (l - 2iP)(a - 2iP) + 4 \cdot (l - iP)(a - iP)]$$

Donde: VF = volumen de la laguna facultativa, m³

P = la profundidad de la laguna, m

l = largo de la laguna, m

a = ancho de la laguna, m

i = la relación horizontal/vertical del talud interior, que es normalmente de 3/1

9. Si $TRHF \geq 10$ días, siga con el diseño de la laguna facultativa. Si no, recalcular el área y redimensionar la laguna hasta que $TRHF \geq 10$ días.

10. Calcular la acumulación de lodos

$$V_{l-a} = 0.00156 \cdot Q_{med} \cdot SS$$

Donde: V_{l-a} = volumen de lodos producidos anualmente, m³/año

Q_{med} = caudal promedio, m³/día

SS = sólidos suspendidos en el afluente, mg/L

11. Calcular el tiempo de llenar 25% del volumen de la laguna con lodos acumulados, lo que es la frecuencia estimada de limpieza de lodos

$$T_l = 0.25 \cdot V_f / V_{l-a}$$

12. Dividir el área total calculada en dos lagunas facultativas, cada una con las mismas dimensiones de largo y ancho, y profundidad, para tener una batería de dos lagunas facultativas en paralelo.

13. Dimensionar una o dos lagunas de maduración en serie, con cada una con $TRHM \geq 7$ días

$$VM = TRHM \cdot Q_{med}$$

Donde: $TRHM$ = Tiempo de retención hidráulica medio

Q_{med} = Caudal medio, m³/seg

$$VM = P/6 \cdot [(l \cdot a) + (l - 2iP)(a - 2iP) + 4 \cdot (l - iP)(a - iP)]$$

Donde: VM = volumen de la laguna de maduración, m³

P = la profundidad de la laguna, m

l = largo de la laguna, m

a = ancho de la laguna, m

i = la relación horizontal/vertical del talud interior, que es normalmente de 3/1

En el anexo D, cuadro D2 se logra percibir de una manera más amplia el diseño de las lagunas.

CAPITULO 5. DISEÑO Y PRESUPUESTO.

5.1 DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL RIO EL MOLINO.

5.1.1 Determinación del caudal máximo, mínimo y promedio para el diseño.

Datos para el caudal de descargas de aguas residuales:

- Número de viviendas que descargan agua residual al río El Molino: 3500 viviendas (PLAMADUR e investigaciones realizadas. Ver anexo D, fig. D3).
- Habitantes por vivienda: 4 habitantes por vivienda (censo).
- Tasa de crecimiento poblacional: 1.82% (censo).
- Consumo promedio diario de agua potable por habitante: 150 litros/habitante/día (ANDA).
- Porcentaje de agua potable que se convierte en agua residual: 80% del agua de consumo (ANDA).
- Periodo de diseño: 5 años.

5.1.2 Determinación de la población futura que descargara agua residual al río.

$$P_f = P_o (1+i)^n$$

$$P_o = (3500 \text{ viviendas}) (4 \text{ hab/ vivienda}) = 14000 \text{ habitantes}$$

$$P_f = 14000(1+0.0182)^5$$

$$P_f = 15321.2 \text{ habitantes.}$$

$$\text{Aproximadamente } P_f = 15400 \text{ habitantes.}$$

- *Caudal de descarga (qd)*

$$Q_d = P_f (\text{dotación}) (\text{porcentaje de agua que se convierte en residual})$$

$$Q_d = (15,400 \text{ hab.})(150 \text{ l/h/d})(0.8)(24/3600)$$

$$Q_d = 21.39 \text{ l/s}$$

$$\text{Aproximadamente } Q_d = 0.021 \text{ m}^3/\text{s}$$

- *Caudal del río (Qr)*

$$Q_r = 0.033 \text{ l/s}$$

$$Q_r = 0.033 \text{ l/s (PLANMADUR)}$$

- Caudal máximo (q_{max})

$$Q_{max} = Q_d + Q_r$$

$$Q_{max} = 0.021 \text{ m}^3/\text{s} + 0.033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{max} = 0.054 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2 PRETRATAMIENTO (DISPOSITIVOS DE ENTRADA).

5.2.1 Diseño de desarenador y canaleta parshall.

- Caudales máximo, promedio y mínimo del río El Molino

$$Q_{max} = 0.054 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{prom} = 0.043 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{min} = 0.033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Relación } Q_{max}/Q_{min} = (0.054 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.033 \text{ m}^3/\text{s}) = 1.63$$

$$\text{Aproximadamente} = 2 \text{ (factor de seguridad por lluvias)}$$

- Nuevo caudal máximo

$$Q_{max} = (2) (0.033 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$Q_{max} = 0.066 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ancho de garganta de canaleta Parshall. (W)

Ancho de Garganta, W m	Q_{min}		Q_{max}	
	m^3/s	$\text{m}^3/\text{día}$	m^3/s	$\text{m}^3/\text{día}$
0.076	0.0008	69	0.0538	4,648
0.152	0.0015	130	0.1104	9,539
0.229	0.0025	216	0.2519	21,764
0.305	0.0031	268	0.4556	39,364

Cuadro 5.1 Rangos de caudales para canaletas Parshall con flujo libre

Fuente: Marais y van Haandel, 1996

$$\text{Rango: } 0.066 \text{ m}^3/\text{s} - 0.033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$W= 0.152 \text{ m.}$$

- *Carga máxima en canal del desarenador (Hmax)*

$$H_{\max} = ((1.1 + Q_{\max}) / (2.27 + W))^{0.667}$$

$$H_{\max} = ((1.1 + 0.066 \text{ m}^3/\text{s}) / (2.27 + 0.152))^{0.667}$$

$$H_{\max} = 0.354 \text{ m.}$$

- *Calculo de los factores R y Cr*

$$R = (Q_{\max}) / (Q_{\min})$$

$$R = (0.066 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.033 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$R = 2$$

$$C_r = (R^{0.5} - 1) / R$$

$$C_r = (2^{0.5} - 1) / 2$$

$$C_r = 0.13$$

- *Resalto "Z"*

$$Z = (C_r) (H_{\max})$$

$$Z = (0.13) (0.354 \text{ m})$$

$$Z = 0.05 \text{ m}$$

- *Profundidad máxima de agua en el canal del desarenador (pmax)*

$$P_{\max} = H_{\max} - Z$$

$$P_{\max} = 0.354 \text{ m} - 0.05 \text{ m}$$

$$P_{\max} = 0.304 \text{ m}$$

- *Ancho del desarenador (Ad)*

$$A_d = (Q_{\max}) / ((P_{\max}) (V_{\max}))$$

$$V_{\max} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$A_d = (0.066 \text{ m}^3/\text{s}) / ((0.304 \text{ m}) (0.3 \text{ m/s}))$$

$$A_d = 0.72 \text{ m}$$

$$\text{Aproximadamente } A_d = 0.80 \text{ m.}$$

- *Calculo del factor Cv*

$$C_v = (2.6) (C_r)^{0.5} (1 - C_r)$$

$$C_v = (2.6) (0.13)^{0.5} (1 - 0.13)$$

$$C_v = 0.81$$

- *Largo del canal del desarenador (L)*

$$13.5 \leq L \leq 18(C_v)$$

$$13.5 \leq L \leq 14.58$$

$$L = 14 \text{ m.}$$

- *Volumen y profundidad de sólidos arenosos acumulados (Vsa, Psa)*

top= tiempo de operación

$$\text{top} = 10 \text{ días}$$

Csa= carga de sólidos arenosos

$$C_{sa} = 0.085 \text{ m}^3 / 1000 \text{ m}^3$$

$$V_{sa} = ((\text{top}) (Q_{\text{prom}}) (C_{sa})) / (1000)$$

$$V_{sa} = ((10 \text{ días}) (0.043 \text{ m}^3/\text{s}) (0.085 \text{ m}^3) (86400 \text{ s/día})) / (1000)$$

$$V_{sa} = 3.15 \text{ m}^3$$

$$P_{sa} = V_{sa} / ((A_d) (L))$$

$$P_{sa} = 3.15 \text{ m}^3 / ((0.8 \text{ m}) (14 \text{ m}))$$

$$P_{sa} = 0.28 \text{ m}$$

5.2.2 Medidas de flujo libre.

- *Ancho y abertura de las barras de rejilla (ab, eb)*

Datos de tabla

ab=10 mm

eb=50mm

- *Ancho de canal de aproximación antes de rejilla (acanal)*

$$acanal = ((Q_{max}) / ((0.6)(P_{max})))((ab + eb) / eb)$$

$$acanal = ((0.066 \text{ m}^3/\text{s}) / ((0.6)(0.304\text{m})))((10 \text{ mm} + 50\text{mm}) / 50\text{mm})$$

$$acanal = 0.434\text{m}.$$

- *Velocidad en el canal y pérdidas de carga en la rejilla (Va, hf)*

$$Va = 0.6 / ((ab + eb) / eb)$$

$$Va = 0.6 / ((10 \text{ mm} + 50\text{mm}) / 50\text{mm})$$

$$Va = 0.5 \text{ m/s}$$

$$hf = 1.428((V_R^2 - V_a^2) / 2g)$$

$$hf = 1.428((0.6^2 - 0.5^2) / 2(9.81\text{m/s}^2))$$

$$hf = 0.008\text{m}$$

5.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOS LAGUNAS FACULTATIVAS EN PARALELO SEGUIDO DE UNA LAGUNA DE MADURACION EN SERIE.

Datos para el diseño:

1. Caudal promedio= $0.035 \text{ m}^3/\text{s} = 3,715 \text{ m}^3/\text{día}$
2. Demanda bioquímica de oxígeno del afluente(DBO5)= 200 mg/litro
3. Sólidos suspendidos del afluente(SS)= 236 mg/litro
4. Profundidad de lagunas= 1.8m.
5. Relación largo/ancho de lagunas facultativas= 3/1

6. Relación largo/ancho de laguna de maduración= 50/1 (canalizada con mamparas)

- Condiciones y propósitos del diseño.

Propósitos: remoción de patógenos, coliformes fecales y la disminución de DBO5 Y SS.

Condiciones: el tiempo de retención nominal del sistema completo debe ser mayor o igual a 17 días.

- Tiempo de retención hidráulica de lagunas facultativas (TRHf) ≥ 10 días.
- Tiempo de retención hidráulica de laguna de maduración (TRHm) ≥ 7 días.
- Caudal de diseño

$$Q_{med} = 3,715 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Carga orgánica superficial máxima (CSm)

$$CSm = (1.937E-6) (RS)$$

RS= radiación solar de un área

- Datos para la página web de la NASA para obtener RS:

Latitud y longitud correspondiente a un punto a lo largo del río El Molino

Latitud= 14.00°

Longitud= 89.533°

Parámetro de radiación solar obtenido: RS= 4.36 KWh/m²/día, dato correspondiente al mes de Junio (mes con menos radiación solar sobre el área especificada)

Factor de conversión 1KWh/m²/día= 0.3599999999999999E8 Kj/ha/día

$$RS = (4.36 \text{ KWh/m}^2/\text{día}) ((0.3599999999999999E8 \text{ Kj/ha/día}) / (1\text{KWh/m}^2/\text{día}))$$

$$RS = 1.57E8 \text{ Kj/ha/día}$$

$$CSm = (1.937E-6) (1.57E8 \text{ Kj/ha/día})$$

$$CSm = 304 \text{ kg DBO5/ ha-día}$$

- Área total de lagunas facultativas (Af)

$$Af = ((10) (LA) (Q_{med})) / CSm$$

LA= carga de DBO5 del afluente

$$Af = ((10) (200 \text{ mg/l}) (3,715 \text{ m}^3/\text{día})) / 304 \text{ kg DBO5/ ha-día}$$

$$Af = 24,441 \text{ m}^2$$

- *Dimensionamiento del área total de lagunas facultativas*

$l = \text{largo}$ $a = \text{ancho}$

$l = 3(a)$

Implica que $a = l/3$

$A_f = (a)(l)$

Entonces $A_f = ((l)(l))/3 = l^2/3$

$l = ((3)(A_f))^{0.5}$

$l = ((3)(24,441 \text{ m}^2))^{0.5}$

$l = 270.85 \text{ m}$.

Aproximadamente $l = 271 \text{ m}$.

Entonces $a = l/3$

$a = 271 \text{ m} / 3$

$a = 90.3 \text{ m}$

Aproximadamente $a = 90 \text{ m}$

- *Volumen de laguna facultativa (V_f)*

$V_f = (p/6) ((la) + (l-2ip)(a-2ip) + 4(l-ip)(a-ip))$

$p = \text{profundidad de laguna}$

$i = \text{relación horizontal/ vertical de taludes interiores}$

$i = 3$

$V_f = (1.8 \text{ m} / 6) [((271 \text{ m})(90 \text{ m})) + (271 \text{ m} - (2)(3)(1.8))(90 - (2)(3)(1.8)) + 4((271 - (3)(1.8))(90 - (3)(1.8)))]$

$V_f = 40,463 \text{ m}^3$

- *Tiempo de retención hidráulica (TRHf)*

$TRH_f = V_f / Q_{med}$

$TRH_f = 40,463 \text{ m}^3 / 3,715 \text{ m}^3/\text{día}$

$TRH_f = 10.89 \text{ días}$

Aproximadamente $TRH_f = 11 \text{ días} \geq 10 \text{ días OK}$

- Estimación de acumulación de lodos por año (VL-a)

$$VL-a = (0.00156) (Q_{med}) (SS)$$

$$VL-a = (0.00156) (3,715 \text{ m}^3/\text{día}) (236 \text{ mg/litro})$$

$$VL-a = 1,367 \text{ m}^3/\text{año}$$

- Proyección de la frecuencia de remoción de lodos cuando el volumen de este alcanza el 25% de la laguna (tl)

$$tl = 0.25 (V_f / VL-a)$$

$$tl = (0.25) (40,463 \text{ m}^3 / 1,367 \text{ m}^3/\text{año})$$

$$tl = 7.39 \text{ años}$$

$$\text{Aproximadamente } tl = 7 \text{ años}$$

- División del área total de laguna facultativa a dos lagunas en paralelo

$$A_f = A_{f1} + A_{f2}$$

$$A_f = 24,441 \text{ m}^2$$

$$A_{f1} = A_{f2} = 12,250.5 \text{ m}^2$$

- Para cada laguna en paralelo

$$l = ((3) (A_{f1}))^{0.5}$$

$$l = ((3) (12,250.5 \text{ m}^2))^{0.5}$$

$$l = 191.47 \text{ m.}$$

$$\text{Aproximadamente } l = 191 \text{ m.}$$

$$a = l/3$$

$$a = 191 \text{ m.} / 3$$

$$a = 63.6667 \text{ m.}$$

$$\text{Aproximadamente } a = 64 \text{ m.}$$

5.4 DISEÑO APLICADO PARA EXCEL.

El desarrollo del diseño de las lagunas de estabilización se realizó utilizando cuadros de iteración por medio de la hoja de cálculo de Excel (Ver fig. 5.1), en la cual se presentan las diferentes partes en que está constituido dicho diseño. Este procedimiento facilita la obtención de los datos los cuales se ven vinculados de una manera directa a modo de presentar los datos reales conforme se va realizando cualquier tipo de modificación en las dimensiones de las lagunas o en algún parámetro de diseño, dicha hoja de cálculo se anexa en formato digital en el anexo G, para futuras aplicaciones en diseños similares.

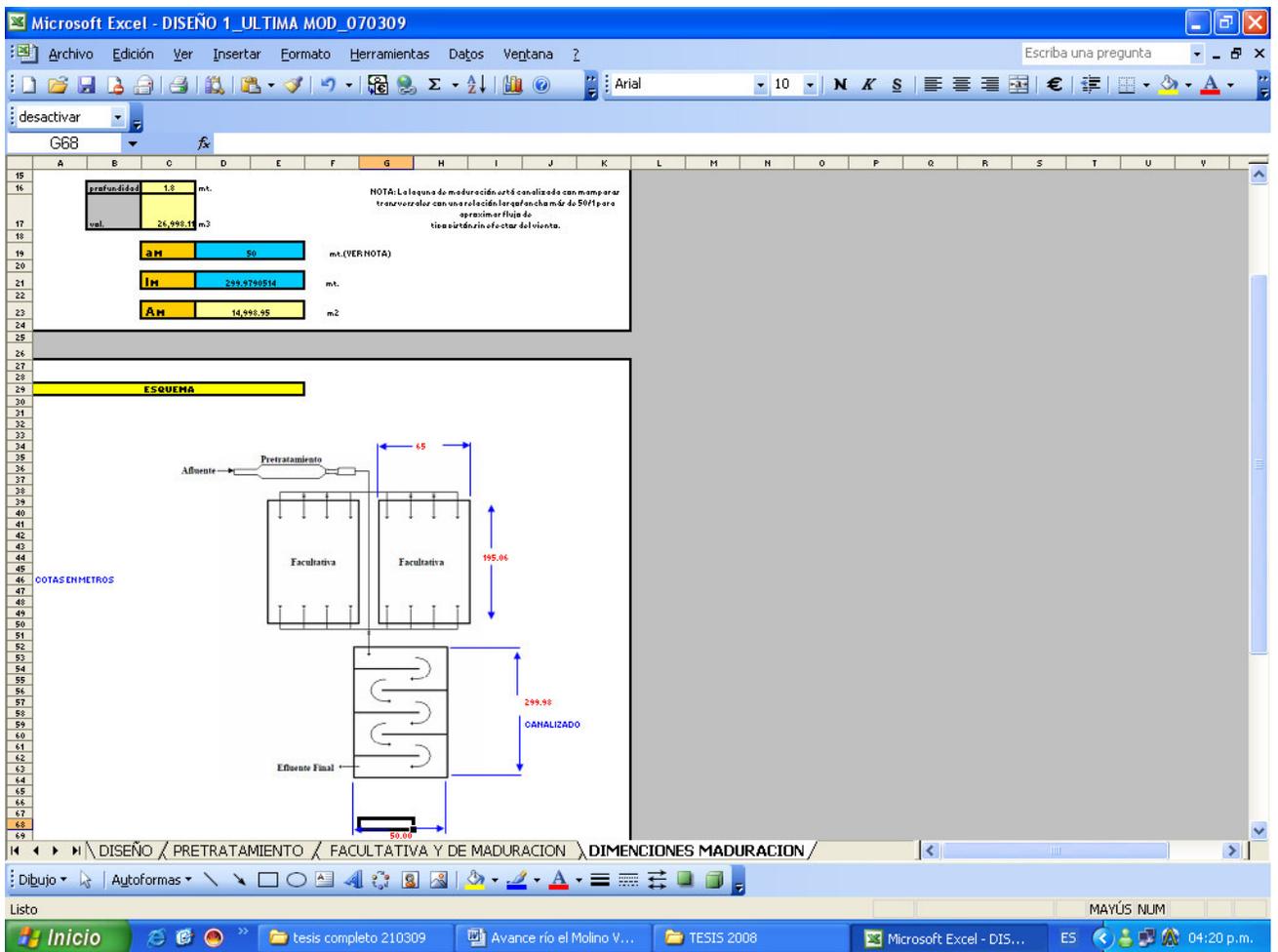


Fig. 5.1

Imagen del programa realizado en la hoja de cálculo de Excel

5.5 LOCALIZACIÓN DE LAS LAGUNAS.

La ubicación exacta de las lagunas fue obtenida con ayuda de la información proporcionada por la página web de la NASA, en la cual se presentan las diferentes coordenadas las cuales con ayuda de programas de georeferenciación de puntos geodésicos se pueden ubicar sobre un mapa, tal y como se logra apreciar en la fig. 5.2 la cual muestra la ubicación idónea de dichas lagunas. La fuente de obtención de los datos se puede observar en el anexo H.

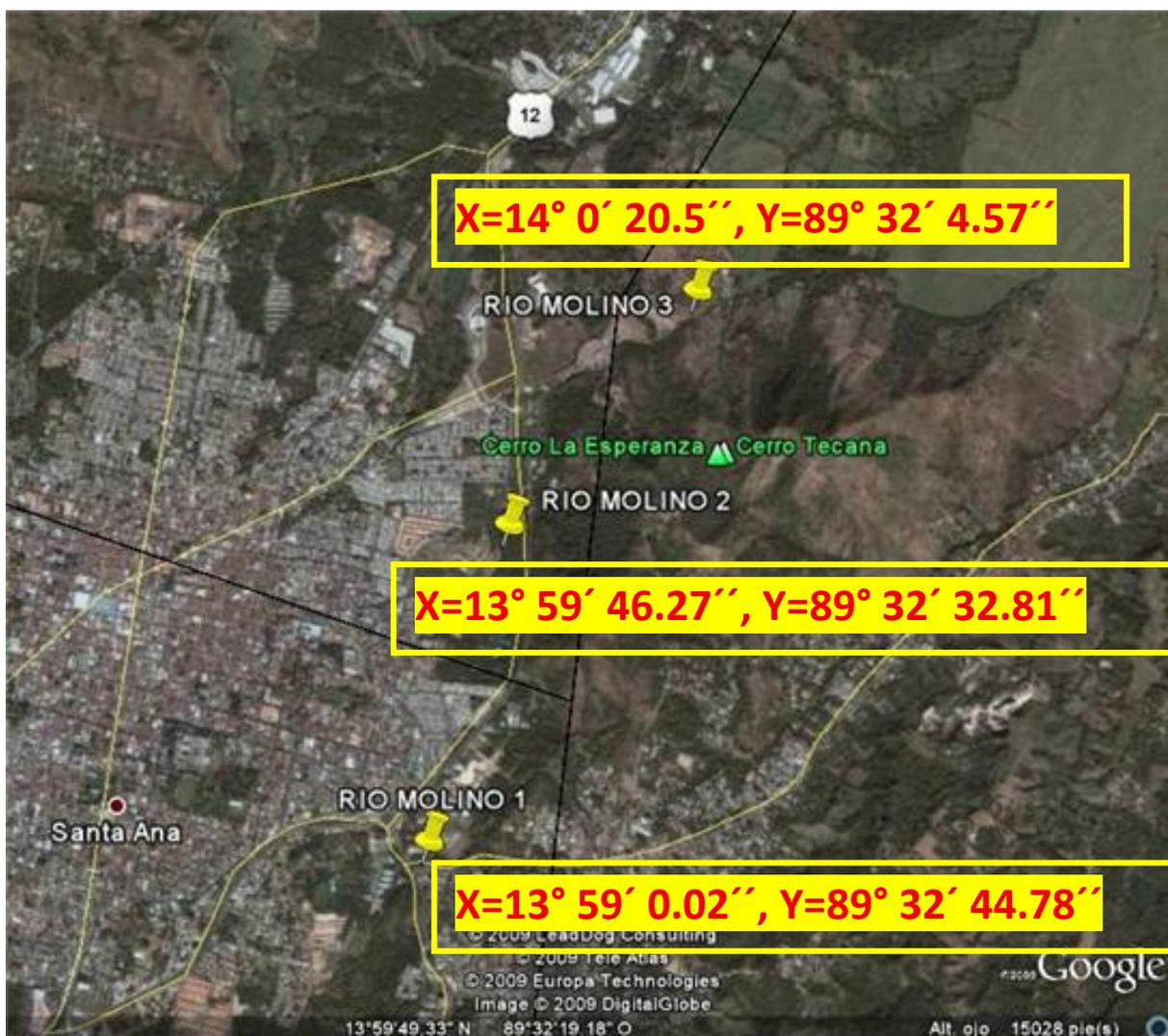


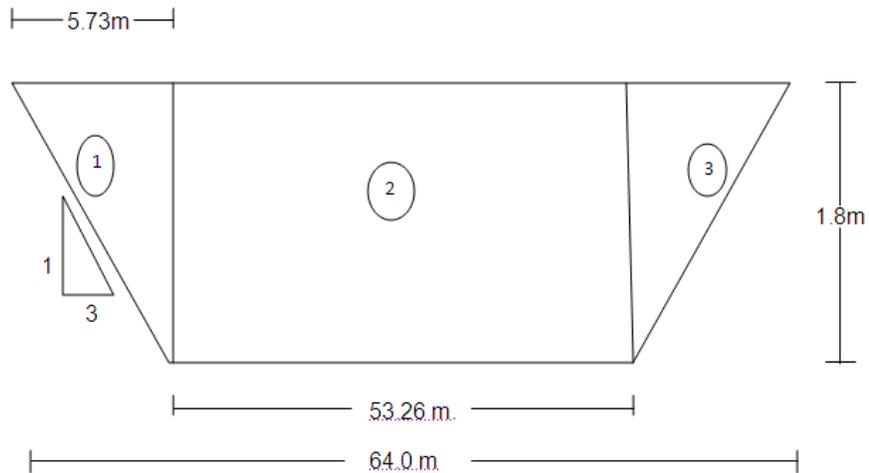
Fig. 5.2

Ubicación de puntos geodésicos en el plano

5.6 PRESUPUESTO.

5.6.1 Volumen de excavación de tierra para laguna facultativa.

Perfil de laguna.



Área de perfil

$$\text{Area1}=\text{Area3}=\frac{(5.37\text{m})(1.8\text{m})}{2}$$

$$\text{Area1}=\text{Area3}= 4.83 \text{ m}^2$$

$$\text{Area2}=(1.8\text{m})(53.26\text{m})$$

$$\text{Area2}= 95.86 \text{ m}^2$$

$$\text{Area total}= 2(4.83\text{m}^2) + 95.86\text{m}^2$$

$$\text{Area total}= 105.528\text{m}^2$$

Volumen de excavación

$$\text{Largo de laguna}= 191\text{m}$$

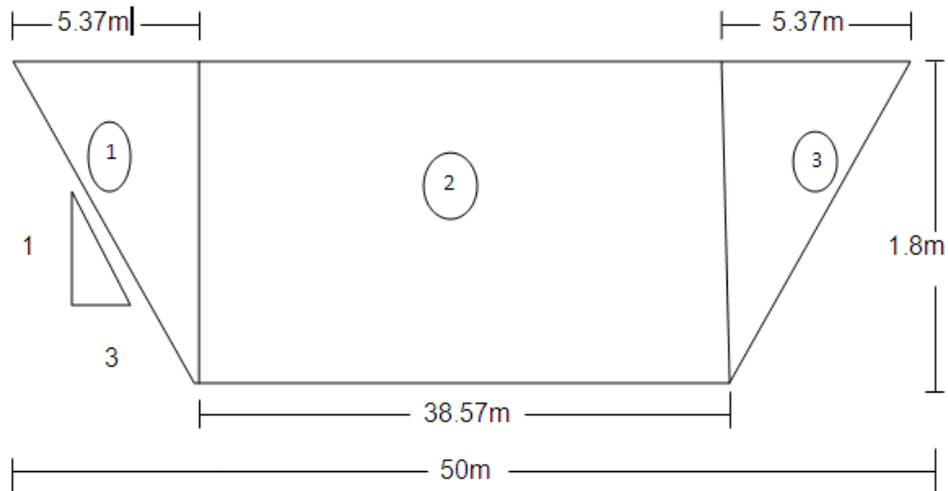
$$\text{Numero de lagunas}= 2$$

$$\text{Volumen}= 2(105.528\text{m}^2)(191\text{m})$$

$$\text{Volumen}= 40, 311.69 \text{ m}^3$$

5.6.2

Perfil de laguna



Área de perfil

$$\text{Area1}=\text{Area3}=\frac{((5.37\text{m})(1.8\text{m}))}{2}$$

$$\text{Area1}=\text{Area3}= 4.83 \text{ m}^2$$

$$\text{Area2}=(38.57\text{m})(1.8\text{m})$$

$$\text{Area2}= 69.42\text{m}^2$$

$$\text{Area total}= 2(4.83 \text{ m}^2) + 69.42\text{m}^2$$

$$\text{Area total}= 79.1\text{m}^2$$

Volumen de excavación

$$\text{Largo de laguna}= 300\text{m}$$

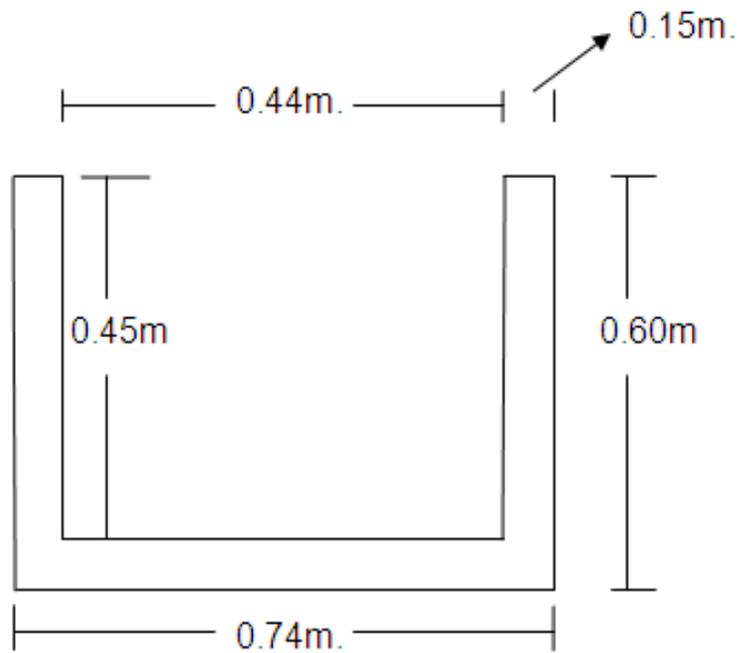
$$\text{Volumen}= (79.1\text{m}^2)(300\text{m})$$

$$\text{Volumen} =23,730 \text{ M}^3$$

5.6.3 Cálculo de volumen de concreto para desarenador.

Canal de aproximación antes de rejilla.

Esquema:



Área de concreto

$$A_c = 2((0.6) (0.15)) + ((0.44) (0.15))$$

$$A_c = 0.246\text{m}^2$$

Largo del canal de aproximación $\geq 1.36\text{m}$.

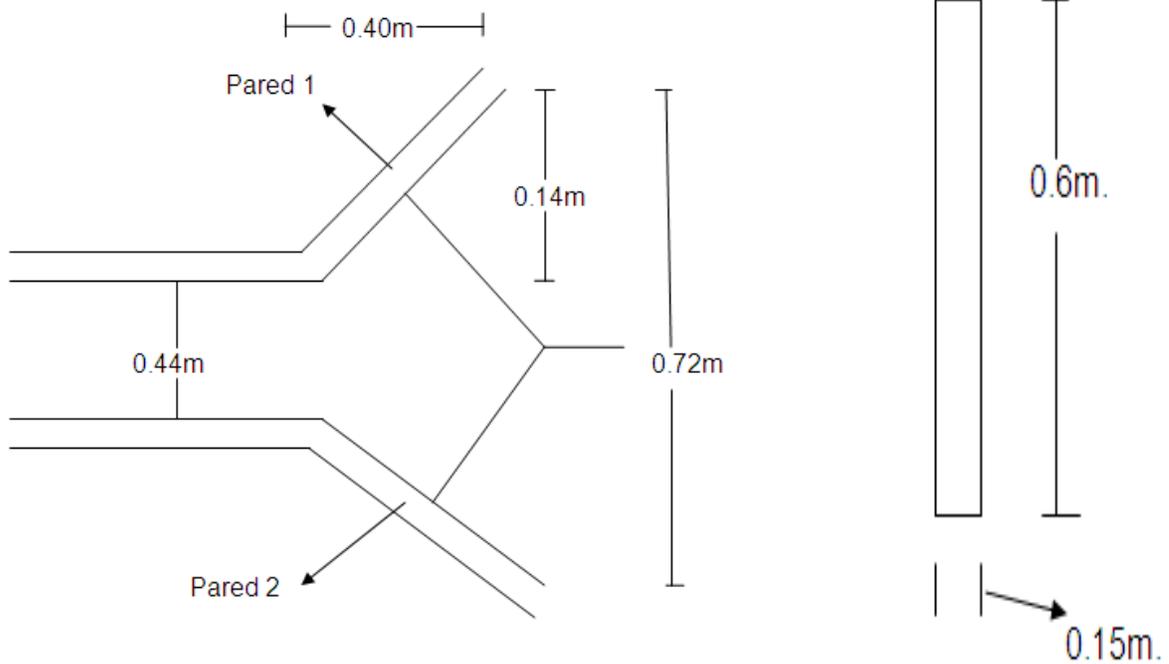
Largo escogido = 2 m.

Volumen de concreto

$$V_c = (2\text{m}) (0.246\text{m}^2)$$

$$V_c = 0.492\text{ m}^3$$

5.6.4 Paredes para compuertas en el desarenador (parte inicial).



Esquema:

Largo de las paredes

$$L = ((0.40\text{m})^2 + (0.14\text{m})^2)^{0.5}$$

$$L = 0.77\text{m}$$

Área de concreto

$$A_c = (0.15\text{m}) (0.60\text{m})$$

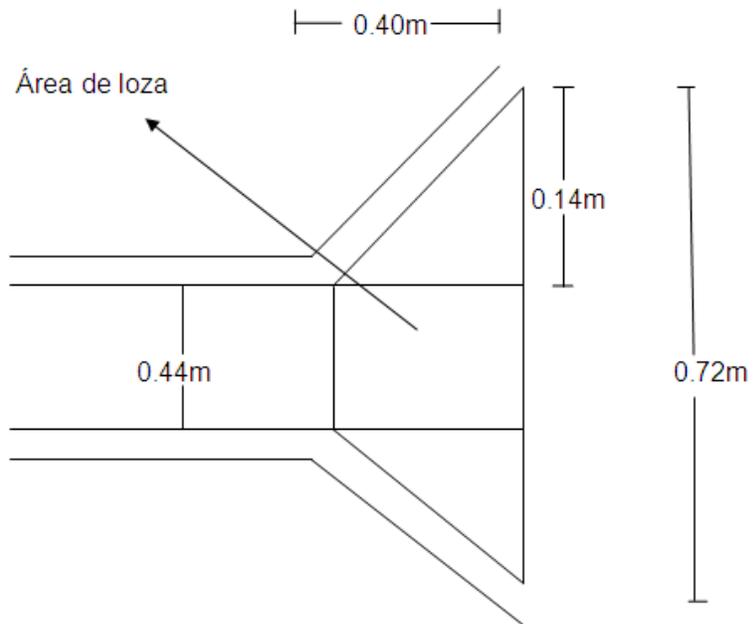
$$A_c = 0.09\text{m}^2$$

Volumen de concreto

$$V_c = 2((0.09\text{m}^2) (0.77\text{m}))$$

$$V_c = 0.01386\text{m}^3$$

5.6.5 Volumen de concreto de losa en área de compuertas (parte inicial).



$$\text{Área total de concreto} = 2((0.4\text{m})(0.14\text{m})/2) + (0.44\text{m})(0.40\text{m})$$

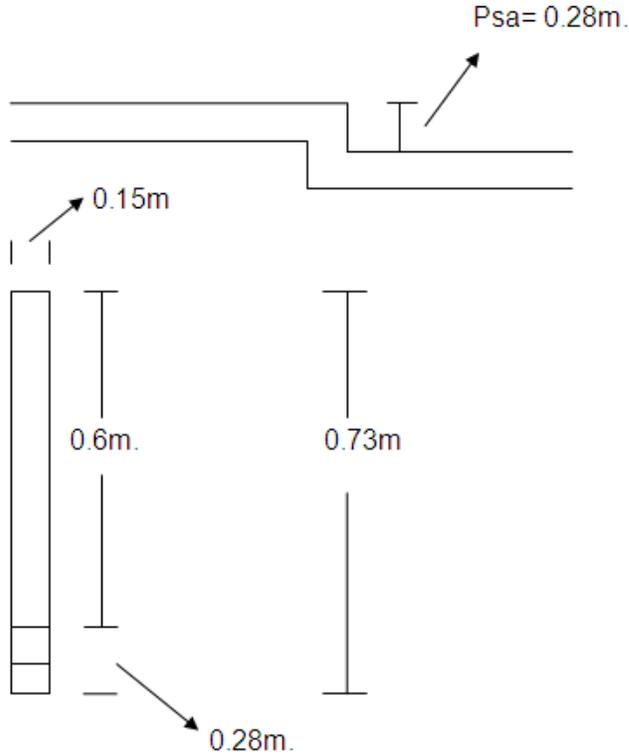
$$\text{Área} = 0.232\text{m}^2$$

$$\text{Espesor de losa} = 0.15\text{m}$$

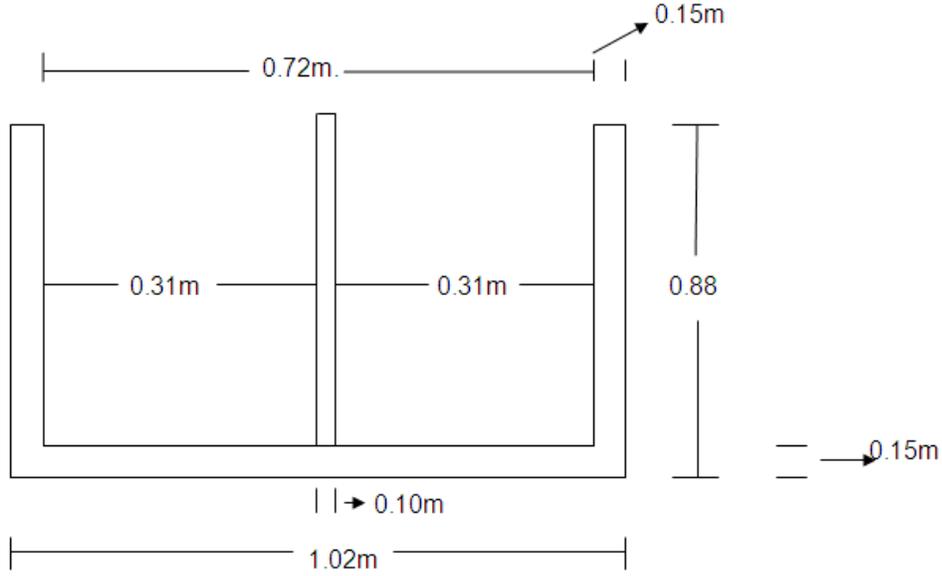
$$V_c = (0.15\text{m})(0.232\text{m}^2)$$

$$V_c = 0.0348\text{m}^3$$

5.6.6 Canal del desarenador



Detalle de canal completo



Area de concreto

$$A_c = 2((0.88\text{m})(0.15\text{m})) + (0.88\text{m})(0.10\text{m}) + 2((0.31)(0.15))$$

$$A_c = 0.445\text{m}^2$$

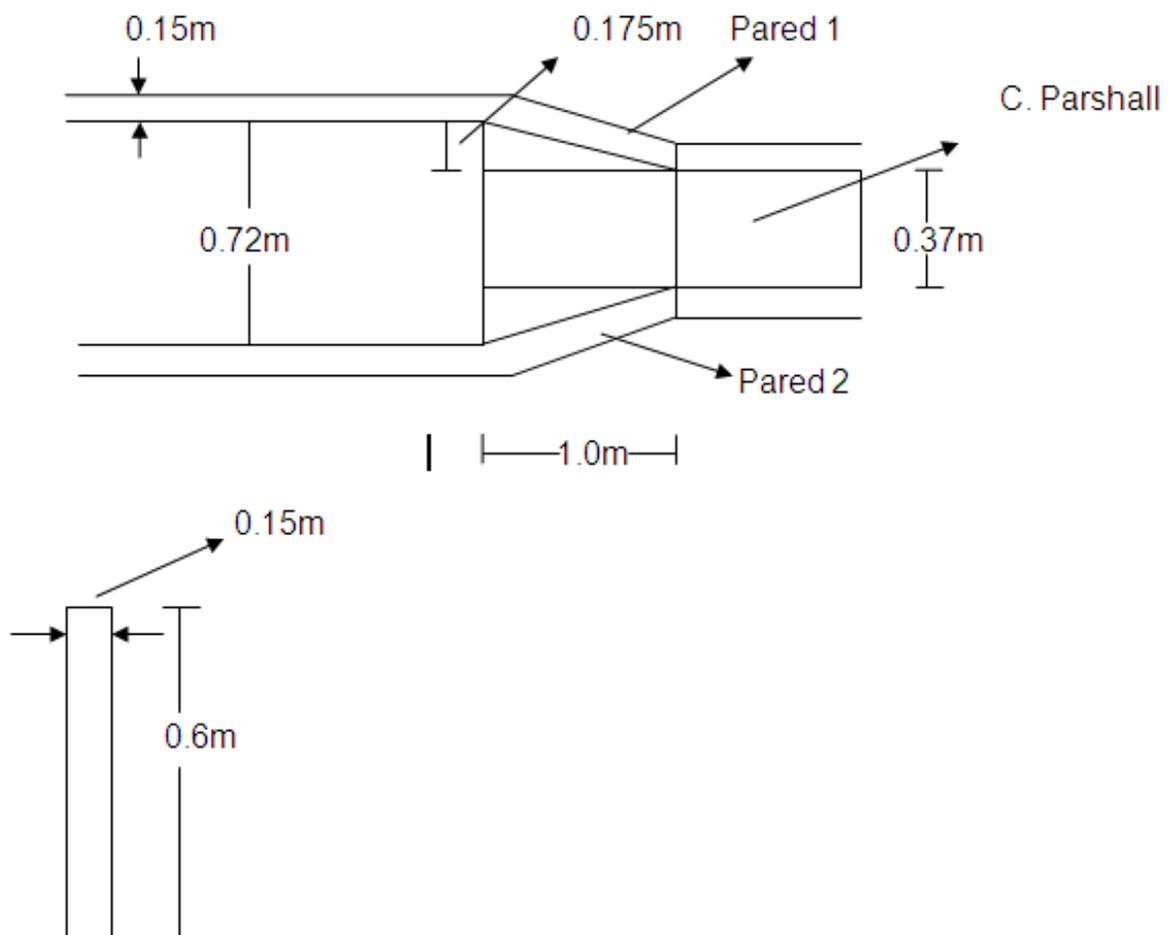
Volumen de concreto

Largo del canal= 14m.

$$V_c = (0.445\text{m}^2)(14\text{m.})$$

$$V_c = 6.23\text{m}^3$$

5.6.7 Paredes para compuertas en el desarenador (parte final)



Largo de pared

$$L = ((1\text{m}^2) + (0.175\text{m}^2))^{0.5}$$

$$L = 1.015\text{m}.$$

Área de concreto

$$A_c = (0.6\text{m}) (0.15\text{m})$$

$$A_c = 0.09\text{m}^2$$

Volumen de concreto

$$V_c = 2((0.09\text{m}^2) (1.015\text{m}))$$

$$V_c = 0.1827\text{m}^3$$

Volumen de concreto de losa en área de compuertas (parte final)

Área de concreto

$$A_c = 2((1\text{m}) (0.175\text{m}) / 2 + (0.37\text{m}) (1\text{m}))$$

$$A_c = 0.545\text{m}^2$$

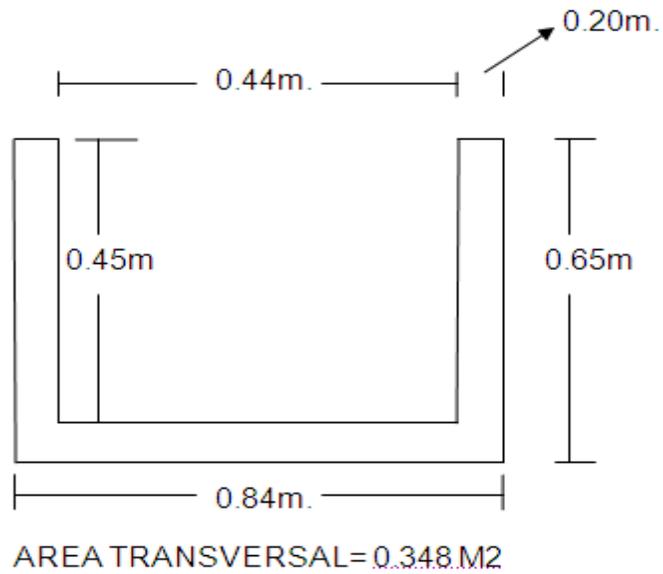
Espesor de losa = 0.15m

Volumen de concreto

$$V_c = (0.545\text{m}^2) (0.15\text{m})$$

$$V_c = 0.081\text{m}^3$$

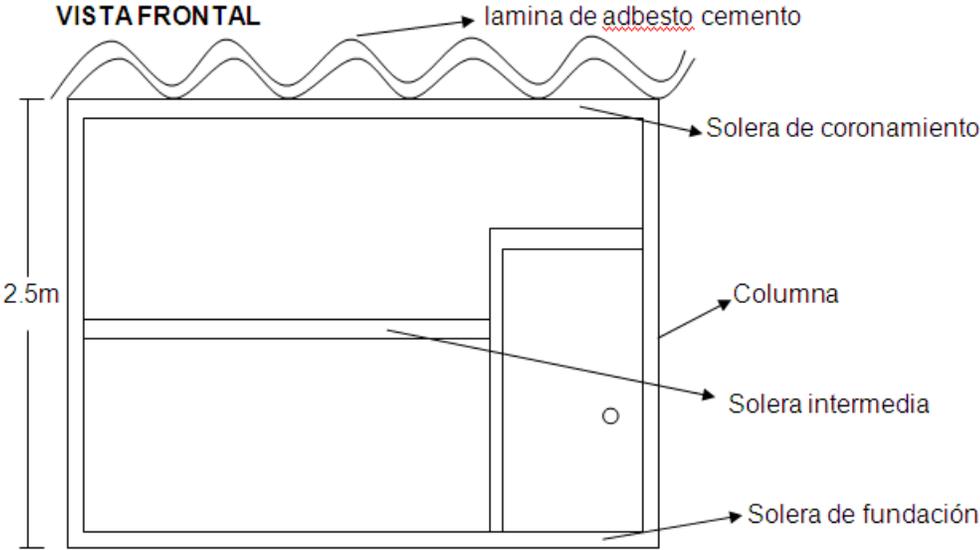
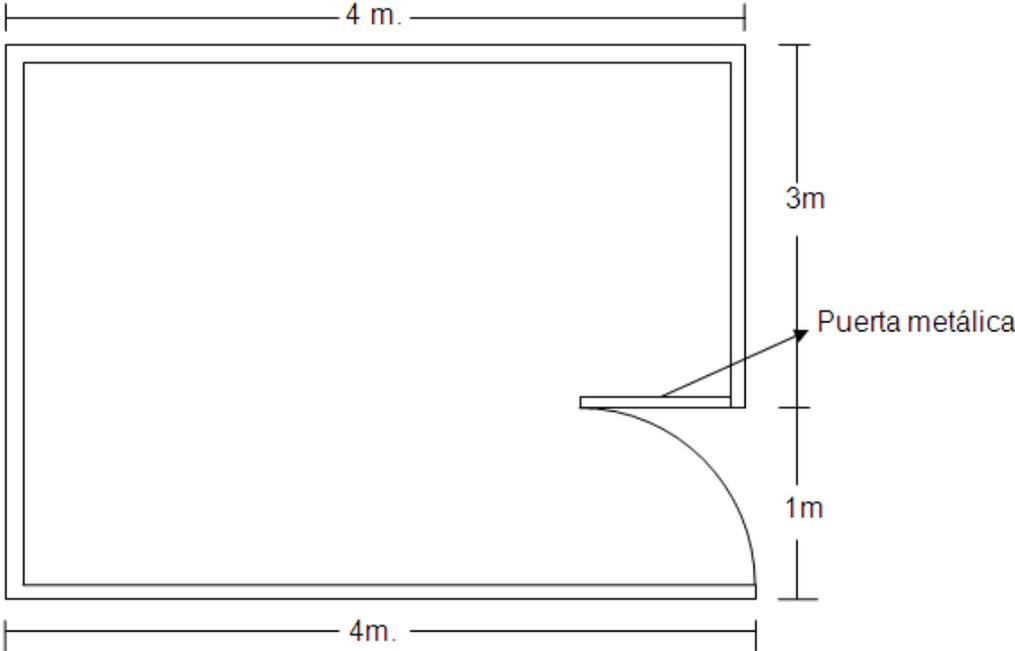
**5.6.8 SISTEMA DE CANALETAS INTERNAS ENTRE LAGUNAS.
(MAMPOSTERIA DE PIEDRA).**

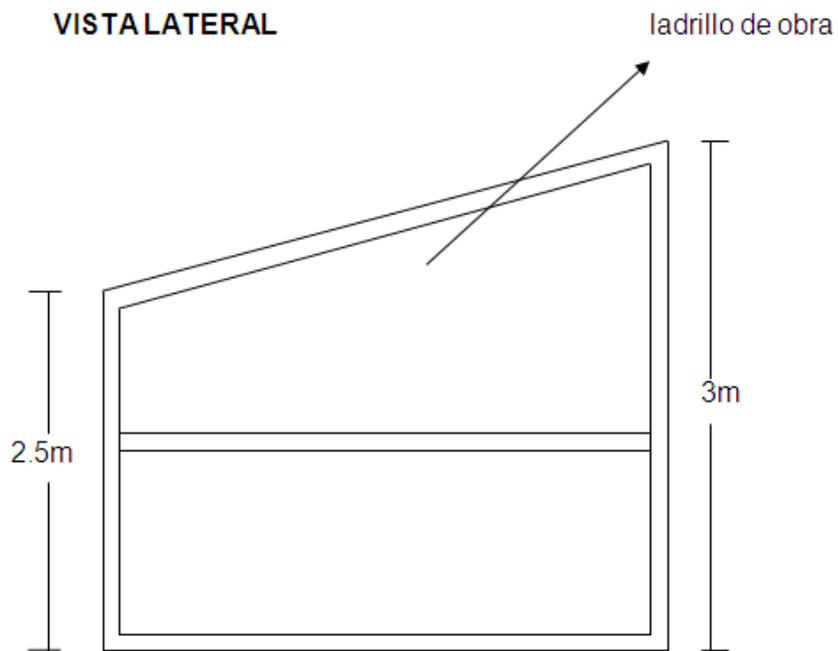


5.6.9 Longitudes de canaletas internas entre batería de lagunas de todo el sistema:

- L total= 505 M.
- Vol. de mampostería= 175.74 M3

5.6.10 Caseta para almacenamiento de herramientas y materiales vista de planta.





Nota: las paredes son de ladrillo de obra de 0.07x0.28x0.14m. Puestos de lazo con una sisa de 1.5cms.

Calculo de metros cuadrados de pared

Pared de fondo

$$A = (4\text{m} \times 3\text{m}) - (\text{área de solera intermedia de corona y de fundación})$$

$$A = (4\text{m} \times 3\text{m}) - (2.7\text{m}^2)$$

$$A = 9.3\text{m}^2$$

Pared lateral

$$A = (0.5\text{m} \times 4\text{m}) / 2 + (2.5\text{m} \times 4\text{m}) - (\text{área de solera intermedia de corona y de fundación})$$

$$A = (0.5\text{m} \times 4\text{m}) / 2 + (2.5\text{m} \times 4\text{m}) - (2.7\text{m}^2)$$

$$A = 8.3\text{m}^2$$

Pared frontal

$A = (4\text{m} \times 2.5\text{m}) - (\text{área de puerta}) - (\text{área de solera intermedia de corona y de fundación})$

$A = (4\text{m} \times 2.5\text{m}) - (2\text{m}^2) - (2.2\text{m}^2)$

$A = 5.8\text{m}^2$

Total de metros cuadrados de pared: 23.4m^2

Cálculo de metros lineales de solera de fundación solera intermedia de coronamiento y columnas.

Total de metros lineales: 46 metros lineales

Cálculo de láminas de asbesto cemento.

Largo de techo: $P \times H$

H: claro a cubrir 4m

Pendiente: 20%

P: 1.02

Largo de techo: 1.02×4

Largo de techo = 4.08m

Escoger de tabla: 2 laminas de 5' + 1 lamina de 5.5'

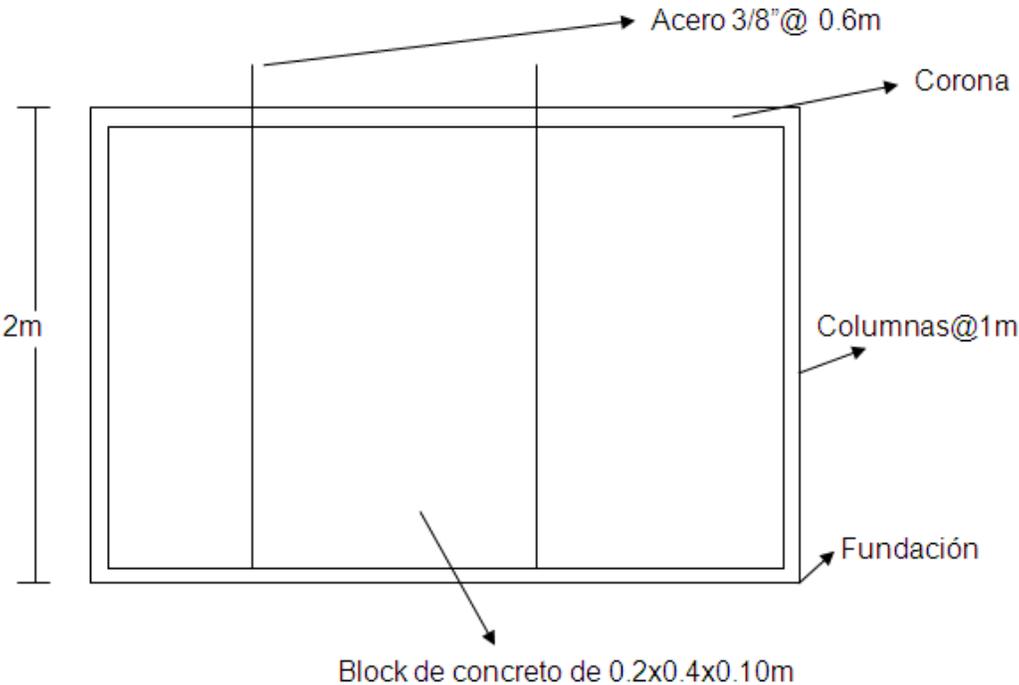
Metros lineales de polín C.

Usar: 8 Metros lineales de polín C

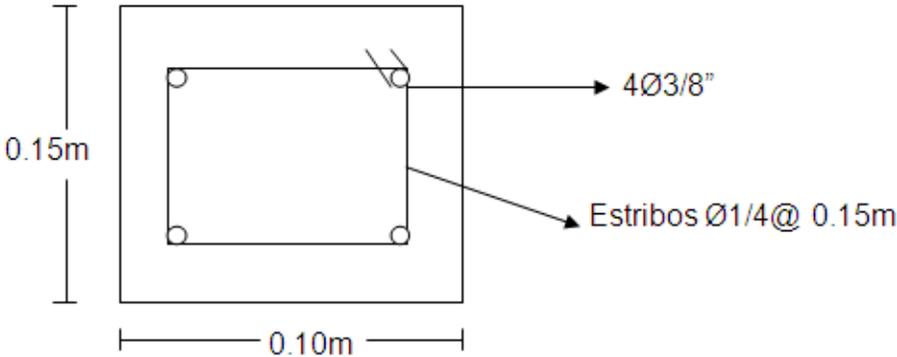
Puertas

1 puerta metálica de $2\text{m} \times 1\text{m}$

Pared de block con refuerzo para mamparas en laguna de maduración.



Detalle de solera y corona de pared



Metros lineales de pared de block para mamparas

Longitud de una mampara= 35m

Numero de mamparas

Largo de laguna de maduración= 300m

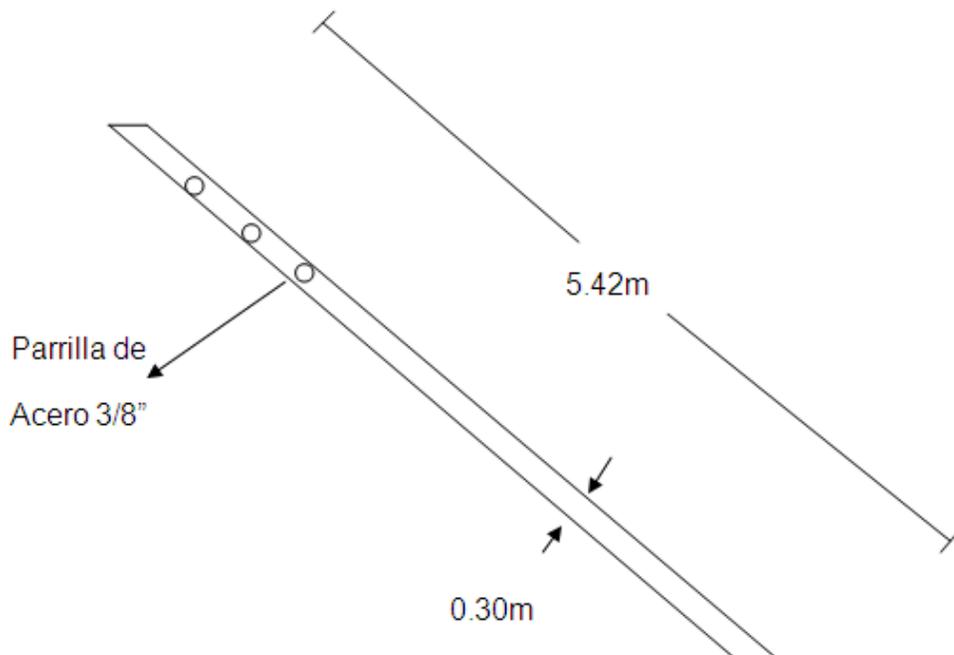
Espaciamiento entre mamparas= 10m

Numero de mamparas= $300/10= 30$ mamparas

Metros lineales de mamparas= $35\text{m} \times 30$

Total= 1050 metros lineales.

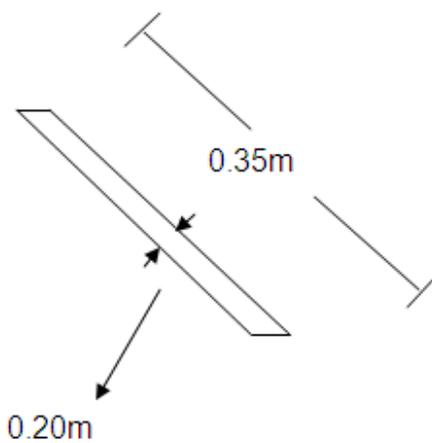
Rampa de concreto para remoción de lodos



Ancho de rampa= 2m

Numero de rampas= 2 rampas (una para cada laguna facultativa)

Revestimiento de concreto alrededor de las lagunas.



Longitud de revestimiento= 1200 metros

HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO.

- Guantes de hule
- Botas altas de hule
- Capotes de hule
- Rastrillo para rejilla
- Pala
- Carretilla de mano
- Desnatadora (3m. de largo)
- Lancha
- Manguera
- Machete
- Baldes

5.7 CÁLCULO DE COSTOS UNITARIOS.

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: Costo directo unitario de 1m³ de concreto, hecho con concretera (resistencia 210 kg/cm²)

- **Materiales**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	F.S.C	TOTAL
CEMENTO PORTLAND	7.746	BOLSA	7.14		55.3
ARENA DE RIO	0.54	M ³	13.10		7.074
GRAVA	0.54	M ³	29.92		16.15
AGUA	217	LITROS	0.003		0.65
FACTOR DE TRANSPORTE 6%					4.75
TOTAL					\$83.63

- **Equipo y herramienta**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
ALQUILER DE COCRETERA	0.125	JORNADA	28	3.5
BALDE METALICO	2	UNIDAD	2.75	5.5
DIESEL	1	GALON	4.59	4.59
TOTAL				13.59

- **Mano de obra por unidad de tiempo**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
1 OPERADOR DE CONCRETERA	0.125	JORNADA	10.89	1.36
2 AUXILIARES	0.125	JORNADA	9.59	1.19
TOTAL				\$2.55

Costo directo unitario de 1m³ de concreto: \$99.77/m³

Costo directo unitario de 1m³ de concreto armado: \$150/m³

MEMORIA DE CÁLCULO.

Materiales

Desperdicios mas vacios

Cemento 10%

Arena 35%

Grava 35%

Volumen de concreto: 1m^3 mezcla 1:2:2— 5 partes

1. Cemento

5— 1m^3

1—x $x=1(1\text{m}^3)/5=0.2\text{m}^3(1.1\%)(1\text{bolsa}/0.0284\text{m}^3)=7.746$ bolsas

2. Grava

5— 1m^3

2—x $x=2(1\text{m}^3)/5=0.4\text{m}^3(1.35\%)=0.54\text{m}^3$

3. Arena

5— 1m^3

2—x $x=2(1\text{m}^3)/5=0.4\text{m}^3(1.35\%)=0.54\text{m}^3$

4. Agua

Para 1m^3 de concreto se usan 217 litros de agua

Equipo y herramienta.

1. Concretera de una bolsa

Rendimiento: 8m^3 de concreto/jornada

8m^3 —1jornada

1m^3 —x $x= (1\text{m}^3) (1 \text{ jornada})/8\text{m}^3=0.125$ jornada

2. baldes metálicos

2 baldes metálicos para cargar con arena, grava y cemento la concretera

3. Diesel

1 galón de diesel para la concretera

Mano de obra

1. Hechura de concreto

1 operador de concreteira \$10.89/jornada

2 auxiliares para cargar la concreteira \$9.59/jornada

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: costo directo unitario de 1m³ de mampostería de piedra (proporción 1:5)

Materiales.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	F.S.C	TOTAL
CEMENTO PORTLAND	2.2	BOLSA	7.14		15.708
PIEDRA CUARTA	1.25	M ³	12		15
ARENA DE RIO	0.38	M ³	13.1		4.97
AGUA	60	LITROS	0.003		0.18
FACTOR DE TRNSPORTE 6%					2.15
TOTAL					\$38.01

Mano de obra.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
HECHURA DE MAPOSTERIA DE PIEDRA	0.4	JORNADA	20.48	8.19
TOTAL				\$8.19

**COSTO DIERECTO UNITARIO DE 1M³ DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA:
\$46.20/m³**

Memoria de cálculo.

Materiales por m³

Desperdicios mas vacios (piedra 25%, mezcla 25%huecos, 10%desperdicio)

1. Piedra cuarta———1.25m³

2. Cemento———2.2 bolsas

3. Arena—————0.38m³

4. Agua—————60 litros

Mano de obra.

1. Hechura de mampostería de piedra cuarta

Equipo: 1 albañil + 1 auxiliares

Rendimiento del equipo: 1.5 m³ de mampostería/jornada

2.5m³————1jornada

1.0m³————x x= (1m³) (1 jornada)/2.5m³= 0.66 jornada

Honorarios de equipo \$(10.89+(9.59))=\$20.48/jornada

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: terracería y desalojo, (costo de excavación de 1m³ de tierra con maquinaria)

Equipo y herramienta.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
ALQUILER DE BULLDOZER	0.22	JORNADA	30	6.60
ALQUILER DE CAMION	1	VIAJES	5.55	5.55
DIESEL	3	GALON	2.5	7.50
TOTAL				\$19.65

Mano de obra.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
OPERADOR DE BULLDOZER	0.22	JORNADA	10.89	2.4
OPERADOR DE CAMION	1	VIAJES	1.21	1.21
TOTAL				\$3.61

COSTO DE EXCAVACION DE 1M³ DE TIERRA CON MAQUINARIA: \$23.26/m³

Memoria de cálculo.

Equipo y herramienta

Alquiler de maquinaria (Bulldozer, capacidad de cuchara 50m³/jornada)

Rendimiento de Bulldozer: Excavación de 50m³ de tierra/jornada

Volumen de excavación: 1m³

Característica del suelo: tierra compactada

Factor de compensación de terracería: 1.11

Nuevo volumen de excavación: $1\text{m}^3(1.11)=1.11\text{m}^3$

50m^3 — 1 jornada

1.11m^3 — X $X = (1.11\text{m}^3) (1\text{jornada}) / 50\text{m}^3 = 0.22$ jornadas

Alquiler de Bulldozer: \$60/jornada

Alquiler de camión de volteo para acarreo de material

Capacidad del camión: $5\text{m}^3=8$ toneladas/viaje

Tiempo estimado por viaje: 45 minutos

Número de viajes en una jornada (una jornada: 420 minutos)

1 viaje — 45 minutos

X — 420 minutos

$X = (1 \text{ viaje}) (420 \text{ minutos}) / 45 \text{ minutos} = 9.33$ viajes/jornada

Costo de alquiler por un viaje

Costo de alquiler del camión: \$50/jornada

9 viajes — \$50

1 viaje — X $X = 1 \text{ viaje } (\$50) / 9 \text{ viajes} = \$5.55/\text{viaje}$

Diesel

2 galones para el Bulldozer y 1 para el camión: 5 galones de diesel

Mano de obra.

1. Operador de Bulldozer

Salario por jornada: \$10.89

Tiempo de operación de maquinaria: 0.22 jornada

Operador de camión de volteo

Salario por jornada: \$10.89

Salario por una vuelta

9 vueltas — \$10.89

1 vuelta — X $1 \text{ vuelta } (\$10.89) / 9 \text{ vueltas} = \$1.21/\text{vuelta}$

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: Terracería (costo directo unitario de 1m² de geotextil de 300g/m²)

Mano de obra y materiales.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
COSTO E INSTALACION	1	M ²	15.45	15.45
TOTAL				\$15.45

COSTO DIRECTO UNITARIO DE 1M² DE GEOTEXTIL DE 300G/M²: \$15.45/M²

Memoria de cálculo

Mano de obra y materiales

1. Costo e instalación

Membrana con geotextil de 300g/m² de 10x2.20m \$ 340, por rollo colocado.

Área de un rollo

$$10m (2.2m)=22m^2$$

$$22m^2 \text{ ————— } \$340$$

$$1m^2 \text{ ————— } X$$

$$X=1m^2(\$340)/22m^2=\$15.45$$

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: costo de caseta para almacenamiento de materiales y herramientas.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
PARED DE LADRILLO	M ²	23.4	18.15	424.71
SOLERAS SI,SF, SC Y COLUMNAS	ML	26	21.79	566.5
LAMINAS DE ADBESTO CEMENTO	UNIDAD	3	15	45
POLIN C	ML	8	5	40
PUERTA METALICA	UNIDAD	1	45	45
TOTAL				\$ 1121.21

COSTO TOTAL DE CASETA: \$ 1121.21

Costo de 1 m² de pared de ladrillo de obra (0.07x0.28x0.14m)

Materiales

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
LADRILLOS	41.87	UNIDAD	0.25	10.46
CEMENTO	0.169	BOLSA	7.746	1.3
ARENA	0.0314	M ³	13.1	0.41
AGUA	0.030	LITRO	0.05	0.0015
TOTAL				\$ 12.17

MANO DE OBRA

DESCIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
PEGADO DE LADRILLO	39.88	UNIDAD	0.15	5.98
TOTAL				\$ 5.98

COSTO DE 1 M² DE PARED: \$ 18.15/m²

Mortero 1:6 (desperdicio ladrillo 5%, cemento 10%, arena 20%)

Rendimiento: 6m²/ día (1 albañil)

Memoria de cálculo.

MATERIALES

Numero de ladrillos

Horizontal= $1/0.295 = 3.38$

Vertical= $1/0.085 = 11.764$

Numero total de ladrillos= $(3.38 \times 11.764) = 39.88$ ladrillos

Numero total de ladrillos (5%)=41.87 ladrillos

Volumen de mortero

Mortero para pegar un ladrillo

Área= $(0.085 \times 0.295) - (0.28 \times 0.07) = 0.005475 \text{ m}^2$

Volumen= área $0.14\text{m} = (0.005475 \text{ m}^2 \times 0.14\text{m}) = 7.665 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Volumen total para pegar 39.88 ladrillos= 0.03056 m^3

1. Cemento

Proporción 1:6 → 7 partes

7 → 0.03056 m^3

1 → x

$X = 1(0.03056 \text{ m}^3)/7 \quad x = 0.0043 \text{ m}^3 \times 1.1 \times 1 \text{ bolsa}/0.028 \text{ m}^3 = 0.16 \text{ bolsas}$

3. Arena

7 → 0.03056 m³

6 → x

$$X = 6(1(0.03056 \text{ m}^3)/7) \quad x = 0.026201 \text{ m}^3 \times 1.2 = 0.314 \text{ m}$$

4. Agua

210 litros → 1 m³

X → 0.03056 m³

$$X = 6.41 \text{ litros}$$

MANO DE OBRA

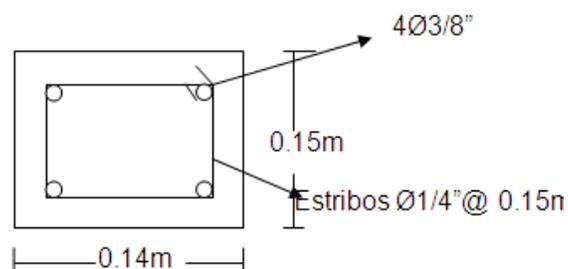
1. pegado de ladrillos laudo (1.12.03)

\$ 0.15/ ladrillo

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: Costo de 1 ml de solera de fundación, intermedia de corona y columnas.

MATERIALES.



DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
CONCRETO 1:2:2	M ³	0.021	99.77	2.095
ACERO Ø3/8''	QUINTAL	0.053	45	2.38
ACERO Ø1/4''	QUINTAL	0.0231	45	1.03
ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	0.5	0.5	0.25
MADERA	VARA	0.877	1	0.877
CLAVOS	LIBRA	0.5	0.25	0.125
TOTAL				\$ 6.75

MANO DE OBRA.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
COLOCADO DE CONCRETO	JORNADA	1.5	9.59	14.38
ARMADO DE ACERO	METRO LINEAL	1	0.66	0.66
TOTAL				\$ 15.04

COSTO TOTAL DE 1 METRO LINEAL DE SOLERA DE CORONA INTERMEDIA, FUNDACION Y COLUMNAS: \$21.79/ML

Desperdicios y vacios

Acero 10%

Madera 10%

Volumen de concreto= $(0.14\text{m} \times 0.15\text{m} \times 1\text{m}) = 0.021 \text{ m}^3$

Acero de $\varnothing 3/8''$

Longitud= $4 \times 1\text{m} \times 1.1/6/13.6$

Cantidad de acero $\varnothing 3/8'' = 0.053 \text{ qq}$

Acero de $\varnothing 1/4''$

Longitud = $(0.15\text{m} - 2 \times 0.025) \times 4 + 2 \times 0.07 = 0.54\text{m}$

Numero de estribos $1/0.15\text{m} = 6.667$ estribos $\longrightarrow 7$ estribos

Cantidad de acero $\varnothing 1/4'' = (0.54\text{m} \times 7\text{estribos} \times 1.1)/6/30 = 0.0231 \text{ qq}$

Alambre de amarre= 0.5 libras

Madera para encofrado

Tabla de $1 \times 12\text{in} = 2$ tablas $\times 1\text{m.} \times 1.1/3 \times 0.836 = 0.877$ varas

Clavos de $2\text{in} = 0.5$ libras

MANO DE OBRA.

Albañil para colocar concreto

Estimación de una jornada de trabajo \$9.59/jornada

Tiempo estimado 1.5 de jornada

Costo \$9.59/jornada $\times 1.5$ de jornada= \$ 14.38

Armador

\$ 0.66/ ml laudo 3.10.54

Costo= \$0.66

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: Costo de 1 ml pared de block con refuerzo para mamparas en laguna de maduración.

MATERIALES.

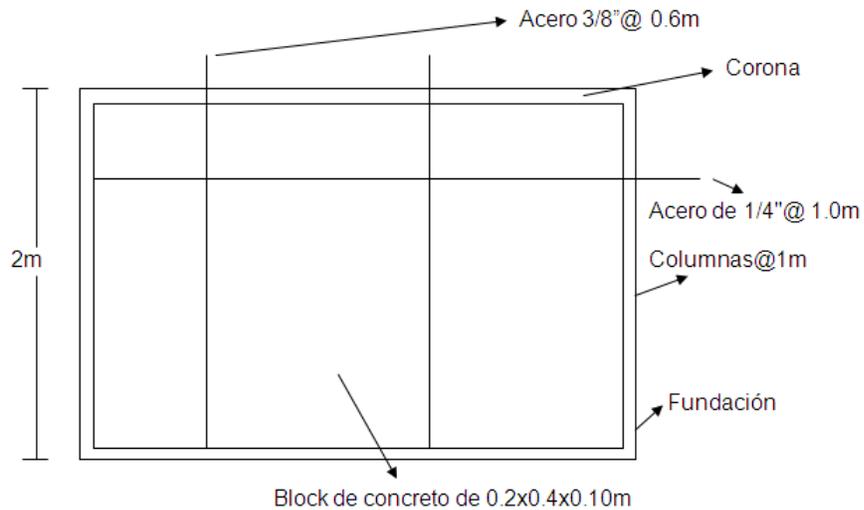
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
BLOQUES	UNIDAD	12.5	0.50	6.25
CEMENTO	BOLSA	0.25	7.746	3.87
ARENA	M ³	0.037	13.1	0.48
AGUA	LITRO	8	0.03	0.24
ACERO 1/4"	QUINTAL	0.03	45	1.35
ACERO 3/8"	QUINTAL	0.126	45	5.67
CONCRETO	M ³	0.10	99.77	9.97
MADERA	VARA	1.32	0.88	1.16
CLAVOS	LIBRA	0.5	0.25	0.125
TOTAL				\$29.11

MANO DE OBRA.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
PARED	JORNADA	0.25	10.5	2.62
ARMADURIA	ML	1	0.66	0.66
TOTAL				\$3.28

**COSTO DE 1 ML PARED DE BLOCK CON REFUERZO PARA MAMPARAS EN LAGUNA DE MADURACION: \$32.39/ ML
PARA 1050 ML= \$ 34,009**

Memoria de cálculo.



MATERIALES.

1. Bloques= 12.5 unidades

2. Cemento= 0.25 bolsas

3. Arena= 0.037 m³

4. Agua= 8 litros

5. Acero de 3/8"

Longitud= $(1 \text{ varilla} \times 2\text{m} \times 1.1)/6/13.6$

Cantidad de acero= 0.026 qq

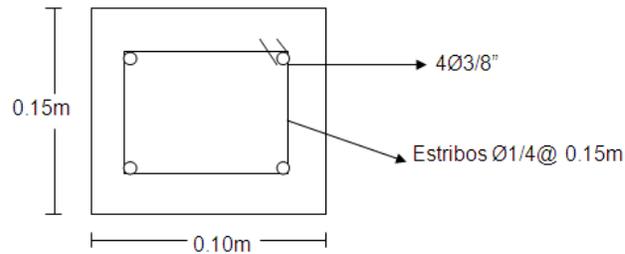
6. Acero 1/4"

Longitud= $(1\text{m} \times 2 \times 1.1)/6/30$

Cantidad de acero=0.012 qq

7. Volumen de concreto para soleras y columnas

Detalle de solera, corona y columna de pared



$$\text{Volumen} = (0.15\text{m} \times 0.10\text{m} \times 1\text{m}) \times 2 + (0.15\text{m} \times 0.10\text{m}) \times 2\text{m} \times 2$$

$$\text{Volumen} = 0.09 \text{ m}^3$$

$$\text{Concreto para llenado de bloques} = 0.01\text{m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 0.10 \text{ m}^3$$

8. Acero de Ø1/4" para estribos

$$\text{Numero de estribos} = 1/0.15\text{m} = 7 \text{ estribos}$$

$$\text{Longitud} = (0.38\text{m} \times 8 \text{ estribos} \times 1.1)/6/30$$

$$\text{Cantidad} = 0.018 \text{ qq}$$

9. Acero 3/8" para columnas

$$\text{Longitud} = (4 \text{ varillas} \times 1\text{m} \times 2) \times 1.1/6/13.6$$

$$\text{Cantidad de acero} = 0.107 \text{ qq}$$

10. Madera

$$\text{Tabla de } 1 \times 12 \text{ in} = (2 \text{ tablas} \times 1.1 \times 1\text{m}) / (3 \times 0.836) = 1.32 \text{ varas}$$

11. Clavos

0.5 libras

MANO DE OBRA.

1. Metro lineal de pared

$$\text{Rendimiento} = 4\text{m}^2/\text{jornada} \text{ (incluye refuerzo llenado y bastoneado)}$$

$$\text{Costo} = (\$10.5 / \text{jornada}) / (4\text{m}^2/\text{jornada}) = \$2.62/\text{m}^2$$

2. Armadura

\$0.66/ml

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: costo de rampa de concreto para remoción de lodos.

Materiales.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
CONCRETO	M ³	3.25	99.77	1053
ACREO 3/8"	QUINTAL	0.57	45	25.65
TOTAL				1078.65

Mano de obra.

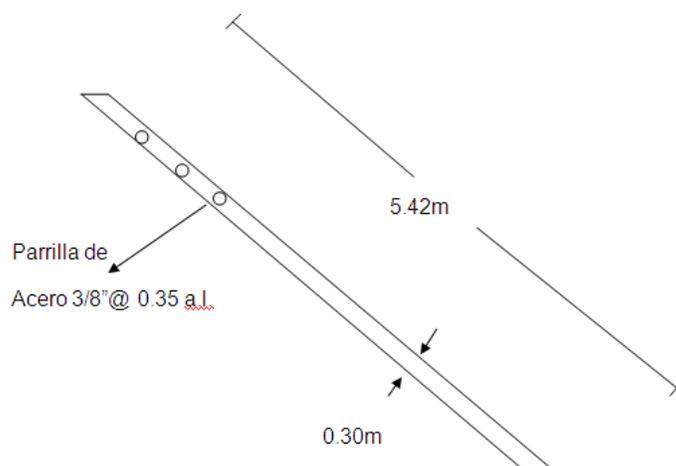
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
ARMADURIA	QUINTAL	0.57	5	2.85
TOTAL				2.85

COSTO DE RAMPA DE CONCRETO PARA REMOCION DE LODOS: \$ 1081.5

PARA DOS RAMPAS: \$ 2163.0

Memoria de cálculo.

Materiales .



Ancho de rampa= 2m

Numero de rampas= 2 rampas (una para cada laguna facultativa)

Volumen de concreto

$$V= (5.42m \times 0.30m \times 2m)= 3.25m^3$$

Acero 3/8"

$$\text{Longitud} = ((6\text{varillas} \times 4m) + (15\text{varillas} \times 1.5m))/6/13.5$$

Cantidad de acero= 0.57 qq

Mano de obra

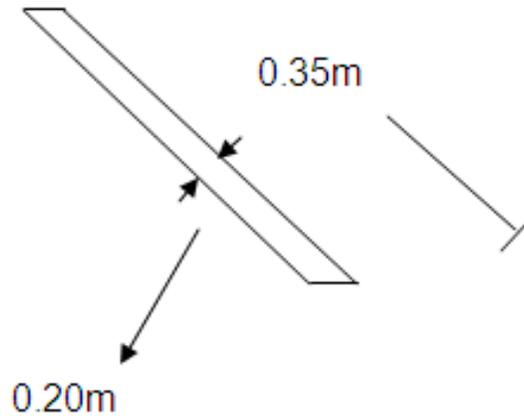
Armaduria

\$ 5/ qq

Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana de la ciudad de Santa Ana.

Partida: costo de revestimiento de concreto alrededor de las lagunas.

Memoria de cálculo.



Volumen de concreto

$$V = (0.2\text{m} \times 0.35\text{m} \times 1200\text{m}) = 84 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo } 84 \text{ m}^3 \times \$99.77 / \text{m}^3 = \$8,380.68$$

***Proyecto: Diseño de medidas de mitigación para el rescate del río El Molino, área urbana
de la ciudad de Santa Ana.***

Partida: herramientas de mantenimiento.

1 par de guantes de hule= \$ 2.5

1 par de botas altas de hule= \$ 1.5

Rastrillo para rejilla=\$ 7

Pala= \$10

Carretilla de mano= \$20

Desnatadora (3m. de largo)= \$ 15

Manguera= \$7

Machete= \$ 10

Baldes=\$ 2

Total= \$ 75

5.8 COSTO DE LA OBRA.

PRESUPUESTO FINAL.

PROYECTO: DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACION PARA EL RESCATE DEL RIO EL MOLINO.

	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (\$)	TOTAL (\$)
	TERRACERIA				
1	EXCAVACION Y DESALOJO DE TIERRA	M ³	64,041.69	23.26	1489,609.71
	DISPOSITIVOS DE PRETRATEMIENTO				
2	CONCRETO ARMADO	M ³	7.03	99.77	1,054.50
3	CANALETA PARSAHALL	PIEZA (PREFABRICADA)	1	1,500	1,500
	DISPOSITIVOS DE CONTROL Y DISTRIBUCION DE FLUJO				
4	CANALETAS DE DISTRIBUCION	M ³	175.74 m ³	46.2	8, 119.19
5	COMPUERTAS	PIEZA	6	50	300
	PARTES QUE COMPONEN LA BATERIA DE LAGUNAS				
6	MALLA GEOTEXTIL	M ²	40,364.95	15.45	623,638.48
7	REVESTIMIENTO DE CONCRETO	M ³	84 m ³	99.77	8, 380.68
8	RAMPAS DE ACCESO	UNIDAD	2	1081.5	2,163.0
9	PARED DE BLOCK CON REFUERZO PARA MAMPARAS	METRO LINEAL	1050	32.39	34,009
	MATENIMIENTO Y OPERACION DE LAGUNAS				
10	CASETA DE OPERACION	UNIDAD	1	1,121.21	1,121.21
11	HERRAMIENTAS				75

COSTO TOTAL:

\$2,153,470.90

CAPITULO 6: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

6.1 INTRODUCCIÓN.

La operación y mantenimiento de rutina de lagunas de estabilización son decisivos para el buen funcionamiento del sistema. Aunque la principal ventaja de tratamiento de aguas residuales con lagunas es su simplicidad operativa, eso no quiere decir que su operación y mantenimiento no son necesarios. En verdad un gran número de instalaciones de lagunas en Latinoamérica ha fracasado por fallas en las tareas de operación y mantenimiento.¹

Este problema no es exclusivo de las lagunas: hay muchos problemas también en otros tipos de sistemas para el tratamiento de aguas residuales. Cualquier tecnología, desde la más complicada hasta la más sencilla, fracasará sin operación y mantenimiento adecuados. Ya que las lagunas requieren menos esfuerzos operativos que las otras tecnologías, la tarea clave es planificar los esfuerzos mínimos para que la instalación tenga éxito a largo plazo.

Para evitar un fracaso en la operación y mantenimiento adecuado de cualquier sistema de lagunas se requiere, por lo mínimo: personal de tiempo completo, personal calificado en los factores básicos de operación y mantenimiento; programas de monitoreo para operar la laguna y evaluar su eficiencia; y un plan adecuado para la remoción, tratamiento y disposición final de lodos cada cinco a diez años. El factor clave que puede tener un efecto decidido en dar más énfasis a operación y mantenimiento es el desarrollo y utilización de un manual de operación y mantenimiento para cada instalación.

6.2 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Un manual de operación y mantenimiento debe contener información que sirva para el cumplimiento de los siguientes objetivos:

1. Uniformización de los procedimientos de operación y mantenimiento.
2. Procedimientos para la operación básica y la operación requerida para controlar el funcionamiento de la instalación.
3. Procedimientos de operación en condiciones de puesta en operación inicial y en condiciones de limpieza de lodos.

¹Yáñez, 1992.

4. Procedimientos del mantenimiento rutinario.
5. Medidas higiénicas para operadores.
6. El número y tipo de personal de tiempo completo y tiempo parcial, incluyendo requisitos de capacitación, requerido en la instalación.
7. Procedimientos para detectar y analizar problemas operativos en el funcionamiento de las lagunas y solucionarlos.

6.3 OPERACIÓN BÁSICA.

El manual propuesto para operación y mantenimiento presenta una serie de medidas que con un seguimiento adecuado, servirá en gran medida para un excelente desempeño de la batería de lagunas en función.

6.3.1 Puesta en marcha de una laguna.

El arranque de las lagunas facultativas puede presentar problemas debido a que las poblaciones de microorganismos responsables del tratamiento toman tiempo para desarrollarse. Teniendo esto en cuenta, se pueden tomar algunas precauciones muy sencillas para evitar complicaciones durante la puesta en marcha de las lagunas facultativas y de maduración:

1. Si el sistema de lagunas se ha diseñado para una población superior a la actual, se debe poner en marcha únicamente una parte del mismo. Generalmente el proyecto establece las lagunas que han de intervenir en el tratamiento en las distintas fases.
2. De ser posible, las lagunas deben llenarse inicialmente con agua del cuerpo receptor o de otra fuente de agua limpia. Esto con el objetivo de evitar que se generen condiciones sépticas de las aguas residuales si se llenara solamente con agua residual doméstica, y permitir el desarrollo de las poblaciones de microorganismos debido al tiempo de llenado de una laguna facultativa. En el caso que una fuente de agua limpia no existe, las lagunas facultativas y de maduración deben llenarse con las aguas residuales una vez y dejar sin cargar y descargar por 20 a 30 días (manteniendo pérdidas de agua por evaporación e

infiltración con una capa de las aguas residuales); esto también con el objetivo de permitir el desarrollo de las poblaciones de microorganismos.²

3. Las lagunas deben llenarse de agua lo más pronto posible una vez construidas, para evitar que se agrieten debido a las lluvias o que crezcan malezas en el fondo. Debe eliminarse toda la vegetación del fondo y taludes antes de empezar el llenado.

6.3.2 Medición de caudales.

La medida del caudal tiene una importancia decisiva para evaluar el funcionamiento de las lagunas. Es fundamental tener un registro de los caudales para determinar las cargas orgánicas e hidráulicas, el tiempo de retención hidráulica, y como resultado, la eficiencia del sistema de tratamiento y su capacidad. El operador debe registrar los caudales diariamente para tener una historia de los caudales para poder anticipar problemas. Durante épocas de lluvias y secas se debe realizar una medición de caudales más intensiva para obtener mejores datos del comportamiento hidráulico. La lectura del caudal se debe realizar en períodos de 2 horas durante 3 días consecutivos; luego se puede obtener el caudal promedio de ese período de muestreo. Se prefiere que esta actividad incluya sábado y domingo para conocer el comportamiento de los caudales aportes en fines de semana³ Es importantísimo comparar la diferencia entre las épocas para conocer bien la infiltración de agua pluvial que puede dañar el proceso biológico de las lagunas.

El tipo de medidor de caudal recomendado es la canaleta Parshall prefabricada. Las canaletas Parshall construido de concreto, no son eficientes en sus resultados debido a sus deficiencias de supervisión, construcción y calibración. (Ver fig. 6.1) La única opción para resolver este problema, y una solución menos costosa también, es el uso de canaletas Parshall prefabricadas.

²Mara, 1992.

³CEPIS, 1996.



Fig. 6.1 Canaleta Parshall artesanal

6.3.3 Control de niveles del agua.

Cada sistema de lagunas está diseñado para tener un nivel fijo de agua. Es la responsabilidad del operador a mantener este nivel o la laguna no funcionará como debería funcionar. Si el operador no puede mantener el nivel del agua del diseño con vertederos ajustables, la laguna tiene que ser evaluado para determinar la causa del problema.

6.3.4 Vertederos de demasías.

Para proteger el sistema de lagunas contra la introducción de sobrecargas hidráulicas por infiltración de aguas pluviales, el operador debe desviar el sistema cuando los caudales llegan al nivel de sobrecarga. Se determina este nivel a través de investigaciones que utilizan los datos de los caudales del registro y los resultados de los análisis del laboratorio de las cargas de sólidos arenosos durante épocas lluviosas.

La presencia de lluvias que incrementen el caudal hasta el nivel de sobrecarga, el operador, a través del sistema de compuertas, debe desviar el flujo hacia la obra de descarga de emergencia fuera del sistema. Una vez que el flujo se normalice, el operador debe realizar la operación a la inversa, abriendo la entrada hacia las lagunas y cerrando el desvío de emergencia. Esta operación requiere una mayor presencia y vigilancia del operador durante el período lluvioso, y por lo tanto, se debe programar un rol de trabajo para los operadores con 2 turnos de 12 horas en la época lluviosa.

6.3.5 Ajustamiento del nivel de descarga con la compuerta de fondo de salidas.

Es responsabilidad del operador ajustar el nivel de descarga de cada laguna para obtener un efluente de mejor calidad. El nivel puede cambiar semanalmente o mensualmente, dependiendo de la producción y concentración de algas en cada laguna. El operador, o el técnico del laboratorio, tienen que sacar muestras con profundidad del efluente y medir la concentración de sólidos suspendidos o de algas; con estos datos se puede determinar la profundidad óptima para ajustar la compuerta de fondo.

6.3.6 Detecciones sensoriales: olores y colores.

Las detecciones de malos olores y colores son muy importantes para conocer el grado de funcionamiento de las lagunas. El operador debe estar pendiente de los olores y los colores que sean extraños a los que deben existir normalmente en las lagunas.

Las lagunas facultativas y de maduración no deben tener olores fuertes si están funcionando bien. El color del agua residual en la entrada de una laguna facultativa normalmente debe ser gris; el color de las aguas a la salida de las lagunas facultativas y de maduración es verde brillante por la concentración de algas presentes.

6.3.7 Medición de la profundidad de lodos.

La única forma de verificar los cálculos de acumulación de lodos es efectuar mediciones en las lagunas primarias, ya sean facultativas o anaeróbicas, con una frecuencia de una vez por año. Se mide la acumulación de lodos al sumergir un palo suficientemente largo para la profundidad de la laguna; sería 2.5m para una laguna facultativa. El palo debe tener un extremo revestido con tela blanca absorbente. Se introduce éste en la laguna cuidando que permanezca en posición vertical, hasta que alcance el fondo; entonces se retira y se mide la altura manchada con lodos, que queda fácilmente retenido en la tela. Se debe efectuar cuadrículas con una lancha en la superficie de la laguna para poder estimar la profundidad media y el volumen de lodos. Con los datos obtenidos se puede determinar la tasa de acumulación de los lodos y el volumen de lodos en la laguna. Antes que la profundidad de los lodos llega a 0.5m, y preferiblemente 0.3m, y antes de que se ocupen

25% del volumen de la laguna, se debe planificar una limpieza durante la próxima época de secas.

6.4 MANTENIMIENTO RUTINARIO.

El mantenimiento rutinario de la instalación de las lagunas debe ser el objetivo fundamental del operador. Si no se cuida diariamente de que este mantenimiento se realice, en poco tiempo la planta se deteriorará, con consecuencias funestas para el proyecto. El operador, por tanto, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para el funcionamiento adecuado del sistema.

6.4.1 Rejillas.

La limpieza de las rejillas se debe ejecutar diariamente con el uso de rastrillos manuales. El material retirado debe ser enterrado para evitar problemas de malos olores y la atracción de vectores como insectos y animales como roedores. El material debe ser recubierto con una capa de tierra de 0.1 a 0.3m de espesor. Se aconseja excavar un lugar para enterrar dicho material poco a poco, cubriéndolo diariamente con cal o tierra.

6.4.2 Desarenadores.

El mantenimiento del desarenador consiste en agitar el material sedimentado dos veces al día, una vez en la mañana y otra en la tarde; el propósito de la agitación es liberar el material orgánico atrapado por los sólidos arenosos. Uno o dos veces por semana, o con una frecuencia mayor si el volumen acumulado de sólidos arenosos lo demanda, se debe cerrar la cámara en operación y drenarla, y después el material arenoso debe ser removido y enterrado sanitariamente. El material puede ser enterrado en la misma excavación utilizada para enterrar el material de la rejilla.

A menudo se nota que en la mayoría de los sistemas que cuentan con desarenadores, los operadores no están operando correctamente el desarenador. Parte del problema es el mal diseño o mala construcción del desarenador y en parte también, es un problema de capacitación del operador en la operación correcta de desarenadores (Ver Fig. 6.2).



Fig. 6.2 La responsabilidad del operador es limpiar la rejilla diariamente y el desarenador cuando sea necesario, típicamente una vez por semana

6.4.3 Remoción de natas y sólidos flotantes.

La remoción de natas y sólidos flotantes se debe hacer diariamente o cuando sea necesario para que no se extiendan demasiado sobre el área superficial de las lagunas, donde se puede causar problemas de malos olores por su descomposición, y por la formación de lugares adecuados para la cría de insectos.

Por lo general, la dirección del viento hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de las lagunas (Ver Fig. 6.3). El operador necesitará un desnatador y una carretilla para la limpieza de natas; estos desechos deben ser enterrados en el mismo lugar en donde se entierran los sólidos del desarenador y de la rejilla (Ver fig. 6.4). También, se deben mantener las pantallas de las salidas para que las natas y sólidos flotantes no salgan de la laguna en el efluente.



Fig. 6.3 Las natas y los sólidos flotantes usualmente se acumulan en las esquinas de las lagunas, principalmente llevados por el viento

6.4.4 Céspedes, vegetación y malezas.

El césped no debe llegar hasta el borde del agua para evitar problemas. El operador debe mantener una faja limpia de al menos 20cm por encima del borde del agua.

La maleza debe ser retirada, sacada al aire y quemada o enterrada. Se debe prestar atención especial al surgimiento de plantas acuáticas, las que deben ser extraídas, secadas y quemadas también.

Un problema especial que puede pasar de vez en cuando es el crecimiento rápido de lemnas, los cuales pueden llegar a una laguna llevadas por el viento, o traídas por aves o animales. La tarea el operador es removerlas tan rápido como sea posible antes de que cubran toda la superficie de la laguna.



Fig. 6.4 Las natas y desechos deben enterrarse y cubrirse con una capa de suelo o cal para controlar los olores.

6.4.5 Mosquitos, moscas, roedores y otros animales.

La proliferación de mosquitos, moscas, otros insectos, y roedores debe ser nula si se ha cumplido con la tarea de enterrar todo lo relacionado con el material flotante y el material orgánico. Los mosquitos y otros insectos pueden ser controlados manteniendo limpias y sin vegetación los márgenes de las lagunas. En el caso que los mosquitos depositen sus huevos en la orilla encima del revestimiento, se puede bajar el nivel del agua un poquito para que sequen.

Los anfibios y reptiles, principalmente sapos, tortugas, y de vez en cuando cocodrilos, pueden poblar significativamente lagunas facultativas y de maduración (Ver Fig. 6.5). Los sapos y tortugas normalmente no causan ningún problema sin embargo, las tortugas pueden excavar atrás y abajo de los revestimientos. Cuando existen poblaciones significativas de tortugas, el operador debe revisar el revestimiento con rutina y, cuando sea necesario, llenar las excavaciones de tortugas antes de que se dañen el revestimiento.



Fig. 6.5 Las poblaciones de sapos son comunes en las lagunas facultativas y de maduración.

6.4.6 Taludes.

El operador deberá inspeccionar una vez por semana el estado de los taludes para verificar si ha ocurrido algún asentamiento o erosión. Los daños deben ser reparados con material arcilloso y cubierto con el césped protector en el talud exterior, y con el revestimiento en el talud interior.

6.4.7 Cercos y caminos.

El predio del sistema de lagunas de estabilización debe estar cercado, preferiblemente con alambre de púa, para impedir la entrada de animales domésticos y de personas no autorizadas. Cuando el estado de los cercos y caminos están en malas condiciones, el operador debe notificar las personas encargadas de reparar estas obras tan pronto como sea posible.

6.4.8 Implementos y herramientas de mantenimiento.

El Anexo E, cuadro E1 presenta un listado de equipos y herramientas básicas que se deben tener en la casa del operador.

6.5 REGISTROS DE CAMPO DE LA OPERACIÓN BÁSICA Y MANTENIMIENTO RUTINARIO.

En el Anexo E, cuadro E2 se presenta un formato de los registros operacionales e informes de campo de la operación básica y mantenimiento rutinario que el operador debe registrar. En el Anexo E, cuadro E3 se presenta de manera general las actividades de operación, mantenimiento y la frecuencia con que se deberán llevar a cabo.

6.6 REMOCIÓN DE LOS LODOS EN LAGUNAS FACULTATIVAS.

La manera más económica de remover los lodos es la limpieza en seco, donde se vacía la laguna y se secan los lodos exponiéndolos al sol durante la época seca. Cuando los lodos tienen una humedad de alrededor del 20—30%, se puede utilizar un cargador frontal y camión volquete para removerlos.

Se recomienda que, para drenar la laguna, se desvíe el afluente a otra laguna en paralelo.

Después de vaciar la laguna, se seca los lodos por un período entre uno y dos meses. La extracción de lodos con la maquinaria debe tomar menos de una semana. Los lodos removidos deben ser almacenados en un sitio que no ofrezca peligro a la población y al medio ambiente, por un período de, por lo menos un año para destruir los huevos de helmintos. Después de haberse removido los lodos, se llena la laguna vacía para recuperar la capacidad de tratamiento.

Es muy importante remover los lodos del fondo de las lagunas facultativas cuando se llega a una acumulación media de menos que 0.5 metros, y preferiblemente menos de 0.3m. ya que se forman una capa muy dura resultado del secado por evaporación, si se lleguen a una profundidad de más que 0.5 m., será casi imposible secar y remover los lodos con maquinaria. Con una profundidad menos que 0.5 m. se secan los lodos fácilmente por medio de evaporación y la formación de agrietamientos.

6.7 PERSONAL REQUERIDO.

En vista de la inversión significativa en la construcción de lagunas, el hecho que el tratamiento de aguas residuales por lagunas es una tecnología relativamente nueva en El Salvador, hay una necesidad urgente de capacitación de personal (ingenieros y operadores) en todos los aspectos de diseño, monitoreo, operación y mantenimiento. Ya que no hay otra manera de desarrollar la infraestructura para manejar esta tecnología a largo plazo. Todas las lagunas construidas fracasarán si no existe el personal capacitado para su operación y mantenimiento.

Para efectuar las labores de operación y mantenimiento de una manera eficiente, se debe contratar a un operador de tiempo completo por cada módulo de lagunas facultativas-maduración hasta un área total de 8 hectáreas. Cada instalación también necesitará un vigilante de tiempo completo, y un ingeniero supervisor de tiempo parcial. El ingeniero tiene que tener un presupuesto para el programa de monitoreo y las determinaciones del laboratorio. Es recomendable una serie de cursos intensivos para capacitar personal involucrado en diseño, operación y mantenimiento de lagunas. Es muy importante institucionalizar los cursos en una entidad que pueda ofrecerlos anualmente. También se

recomienda la formación de un centro de capacitación donde ingenieros, operadores y técnicos puedan obtener experiencia, tanto en la práctica como en la teoría.

6.8 MEDIDAS HIGIÉNICAS PARA OPERADORES.

Es fundamental capacitar a los operadores en los riesgos para la salud de su trabajo, en las medidas de seguridad que deberían tomar para prevenir accidentes e infecciones, y las medidas de primeros auxilios. El Anexo E, cuadro E4 muestra las medidas de seguridad recomendadas por la Organización Mundial de la Salud para operadores de lagunas de estabilización:

6.9 PROBLEMAS OPERATIVOS Y SU SOLUCIÓN.

Las lagunas de estabilización pueden presentar problemas operativos que se manifiestan por una serie de dificultades que el operador debe ser capaz de reconocer para tomar las medidas correspondientes para solucionar el problema.

6.9.1 Señales del buen funcionamiento de las lagunas facultativas y de maduración.

Las señales de buen funcionamiento son los siguientes:

1. El agua del efluente tiene una coloración verde brillante.
2. La superficie del agua en la laguna está libre de natas y sólidos flotantes.
3. La ausencia de plantas acuáticas en la laguna y malezas en los taludes interiores.
4. La ausencia de malos olores en la laguna.

6.9.2 Problemas del funcionamiento en lagunas facultativas y de maduración.

Los problemas de funcionamiento más frecuentes en las lagunas son la acumulación de natas y materias flotantes; aparición de malos olores; desarrollo de coloraciones café, gris/negro, amarillo/verde opaco, rosa o rojo, cual es una señal que la laguna no está funcionando bien; crecimiento de malezas; y la aparición de mosquitos y otros insectos.

El anexo E cuadro E5, muestra un listado de los problemas más comunes, y su respectiva solución durante el funcionamiento de las lagunas de estabilización.

6.10 REMOCIÓN DE LODOS EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

Los sólidos suspendidos que se sedimentan en las lagunas primarias ya sean facultativas o anaeróbicas, se acumulan en el fondo como lodos donde, poco a poco por los años, se pueden afectar el funcionamiento del sistema a través de una reducción en el volumen útil, y, por lo tanto, el tiempo de retención hidráulica. Generalmente, los lodos tendrán que ser removidos con una frecuencia de 5 a 10 años en lagunas facultativas, y de 2 a 5 años en lagunas anaeróbicas. La remoción de lodos entonces es una tarea significativa y obligatoria, y su realización debe ser bien planeada con estudios de ingeniería y con los costos de limpieza amortizados por las tarifas cobradas. Para que los sistemas de lagunas sean sostenibles, es necesario planear para la remoción de lodos desde el principio del diseño de sistema y continuamente durante su operación. Como objetivos la remoción de lodos debe minimizar costos, proteger la salud pública y el medio ambiente, permitir el funcionamiento adecuado del sistema durante el período de limpieza, y dar una solución adecuada para la disposición final de los lodos.

6.10.1 Plan de trabajo usando el método de secado y remoción con equipo.

El plan de trabajo debe incluir los siguientes factores:

- *Desvío del afluente a otra laguna*

Dependiendo sobre el diseño de la instalación, el desvío puede ser a otra batería de laguna primaria en paralelo, o si no existe, a una laguna secundaria. El desvío debe ser por gravedad y no bombeo, y se debe especificar se sea necesario construir un canal temporáneo para el desvío, o si se pudiera utilizar los canales existentes.

- *Impacto del desvío en el funcionamiento del sistema*

Se debe calcular el impacto del desvío en el funcionamiento del sistema, lo cual estaría sobrecargada durante un período de 2 o 3 meses. Porque el secado ocurre durante los

meses más calurosos, el impacto debe ser mínimo porque las lagunas tendrán mayor capacidad de tratamiento durante esta época en términos de la carga orgánica.

- *Drenaje de laguna primaria.*

Si existen, se efectúa el drenaje a través de dispositivos de drenaje. Si no, la manera más recomendable es el drenaje con sifón. Se debe drenar la laguna hasta alcanzar un nivel que permita la exposición de los lodos al ambiente.

- *Secado de lodos.*

Se debe especificar los meses seleccionados y el tiempo máximo del secado, y los métodos de esparcir y voltear los lodos para que el valor del factor de evaporación, k_e , aproxime 1.0 y los lodos secan en período más rápido que sea posible.

- *Método de sacar los lodos secados.*

El método más apropiado de sacar los lodos es por cargadores frontales con rueda de goma o con orugas (Fig. 6.6); en instalaciones pequeñas es posible también sacar los lodos manualmente con palas y caretillas. En algunos casos, dependiendo sobre el tamaño de la laguna, es posible sacar los lodos con una excavadora o draga. Es fundamental que el equipo no dañe la capa de arcilla al fondo de la laguna.



Fig. 6.6 Un ejemplo del secado parcial con empuje por una excavadora y bombeo con una bomba sumergida

- *Rellenado de la laguna limpiada y la puesta en marcha.*

Se debe rellenar la laguna con agua del cuerpo receptor o de pozo y después arrancarla por redesar el afluente original de la laguna de desvío.

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- Las lagunas de estabilización como sistema depurador de aguas residuales, constituyen un método eficiente para la remoción de DBO y de huevos de helmintos, logrando con ello disminuir la carga contaminante del agua, pudiendo con esto ser depositada en un cuerpo receptor sin contaminarlo.
- Como pudo comprobarse, el agua en estudio presenta elevados niveles de contaminación; dichos datos fueron obtenidos por medio de un estudio de caracterización del agua, los cuales arrojaron un valor de 140 mg/l en lo que respecta a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), dicho valor se encuentra muy por encima del valor permitido por la normativa salvadoreña para aguas residuales de tipo ordinario, el cual asciende a 60 mg/l; los resultados anteriores justifican la necesidad de la realización de un proyecto depurador de aguas residuales tal y como se plantea en el documento.
- Las condiciones de planimetría, altimetría y temperatura entre otras, se prestan para la ejecución del proyecto de lagunas de estabilización, ya que estas condiciones sumadas a las condiciones tropicales del país, son idóneas para un buen desempeño del sistema, tal y como se pudo comprobar con los datos obtenidos en ensayos y pruebas, así como también los obtenidos por medio de investigaciones en la página Web de la NASA, la cual proporcionó un valor para el parámetro de radiación solar de la zona de estudio, que es de 4.36 KWh/m²/día, el cual se obtuvo por medio de la localización geodésica del río; dichos elementos en su totalidad contribuyeron con los procedimientos de realización e hicieron posible la verificación de la funcionalidad del mismo.

- El Tratamiento previsto para las diferentes descargas vertidas en el río El Molino se llevará a cabo aguas abajo del mismo, por lo que se logrará cubrir gran parte de las aguas residuales de tipo doméstico comprendidas en el tramo contemplado al inicio del documento, el cual es de 3.5 km de longitud, y cuyo caudal estimado a considerar según el diseño propuesto es de 21l/s; esto representará un beneficio en diferentes aspectos esenciales de la vida humana, como lo son salubres, de ornato y estéticos, los cuales colaborarán en gran medida a una mejor calidad de vida no sólo de las comunidades aledañas, sino de la población en general.
- La propuesta de sistemas de lagunaje se consolida como una alternativa viable en lo que respecta al costo de la obra civil, ya que en comparación con otros métodos depuradores de aguas residuales tales como las plantas de tratamiento, éstas reducen su costo de manera significativa al comparar sus costos de realización, según sondeos realizados en el entorno nacional.

RECOMENDACIONES.

- Para escoger el proceso idóneo para el tratamiento de aguas residuales, es recomendable tener en cuenta todos los aspectos básicos que intervienen en el diseño del mismo, tales como: temperatura, topografía del terreno, grado de contaminación del afluente, caudal, poblaciones cercanas y otras de no menor importancia, las cuales al final son las que determinan el nivel de funcionalidad del sistema.
- Después de haber experimentado con diferentes procedimientos para la puesta en marcha de las lagunas de estabilización, entre estos el manual de CEPIS para aguas residuales en América Latina, se logro comprobar que el método propuesto por el doctor Oakley en su manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, emitido en marzo de 2005, es el mas recomendado para este tipo de proyecto, debido a que se apega a las condiciones reales de la zona de estudio, no necesitando mayor numero de parámetros a investigar los cuales probablemente no se encuentren con facilidad en alguna institución gubernamental, y que al mismo tiempo utiliza valores reales y confiables, dejando de lado las suposiciones y algunos criterios que al final podrían perjudicar la eficiencia del sistema.
- Se recomienda al mismo tiempo a las diferentes instituciones vinculadas con el manejo de las aguas residuales y los desechos sólidos, tales como son la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, y la Alcaldía Municipal de Santa Ana, crear un verdadero sistema recopilador de información o base de datos, en cual se procesen los diferentes valores, estadísticas, promedios, y otros, en lo que a desechos sólidos y aguas residuales respecta, ya que en teoría, son estos los entes encargados de manejar y proporcionar dicha información la cual podría servir de mucha ayuda en futuros trabajos en la zona.

- Se recomienda crear una Normativa de Sistemas de Lagunaje a nivel nacional, acción que podría ser retomada por el Ministerio del Medio Ambiente en vista del creciente deterioro de los mantos acuíferos en el país y su inminente contaminación, lo cual en caso de ser implementado vendría a repercutir en un mejor manejo de los procedimientos depuradores del recurso hídrico, contribuyendo en gran medida a disminuir la contaminación del mismo.

BIBLIOGRAFIA.

- Manual de diseño, construcción, operación, mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad de lagunas de estabilización.

Stewart M. Oakley.

Universidad estatal de California.

Marzo 2005.

- Sewage treatment in hot climates.

Mara, D. John Wiley & sons.

New York, 1976.

- Manual de diseño, operación y mantenimiento para lagunas de estabilización en Centroamérica.

Stewart M. Oakley.

Guatemala, 1998.

- Las condiciones de salud en las Américas.

Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Publicación científica no. 569, volumen i y ii.

Washington, D.C, 1998.

- Lagunas de estabilización: teoría, diseño, evaluación, y mantenimiento,

Yáñez, F.

Instituto Ecuatoriano de obras sanitarias, Ministerio de salud pública,

Quito, Ecuador, 1992.

- Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización
Organización Panamericana de la Salud. (OPS).
Lima 2005
- Página web: NASA
(<http://eosweb.larc.nasa.gov.us>)
- Página web: ANDA
(www.anda.gob.sv)
- Página web: Ministerio del medio ambiente y recursos naturales de El Salvador.
(www.marn.gob.sv)
- Página web: Dirección general de estadística y censos de El Salvador.
(www.digestyc.gob.sv)
- Página web: Centro nacional de registros de El Salvador
(www.cnr.gob.sv)

ANEXOS

Anexo A

Figura A-1 Mapa de El Salvador y de la ciudad de Santa Ana.

Figura A-2 Ubicación de la zona de Estudio en la ciudad de Santa Ana.

Figura A-1
Mapa de El Salvador y de la ciudad de Santa Ana.

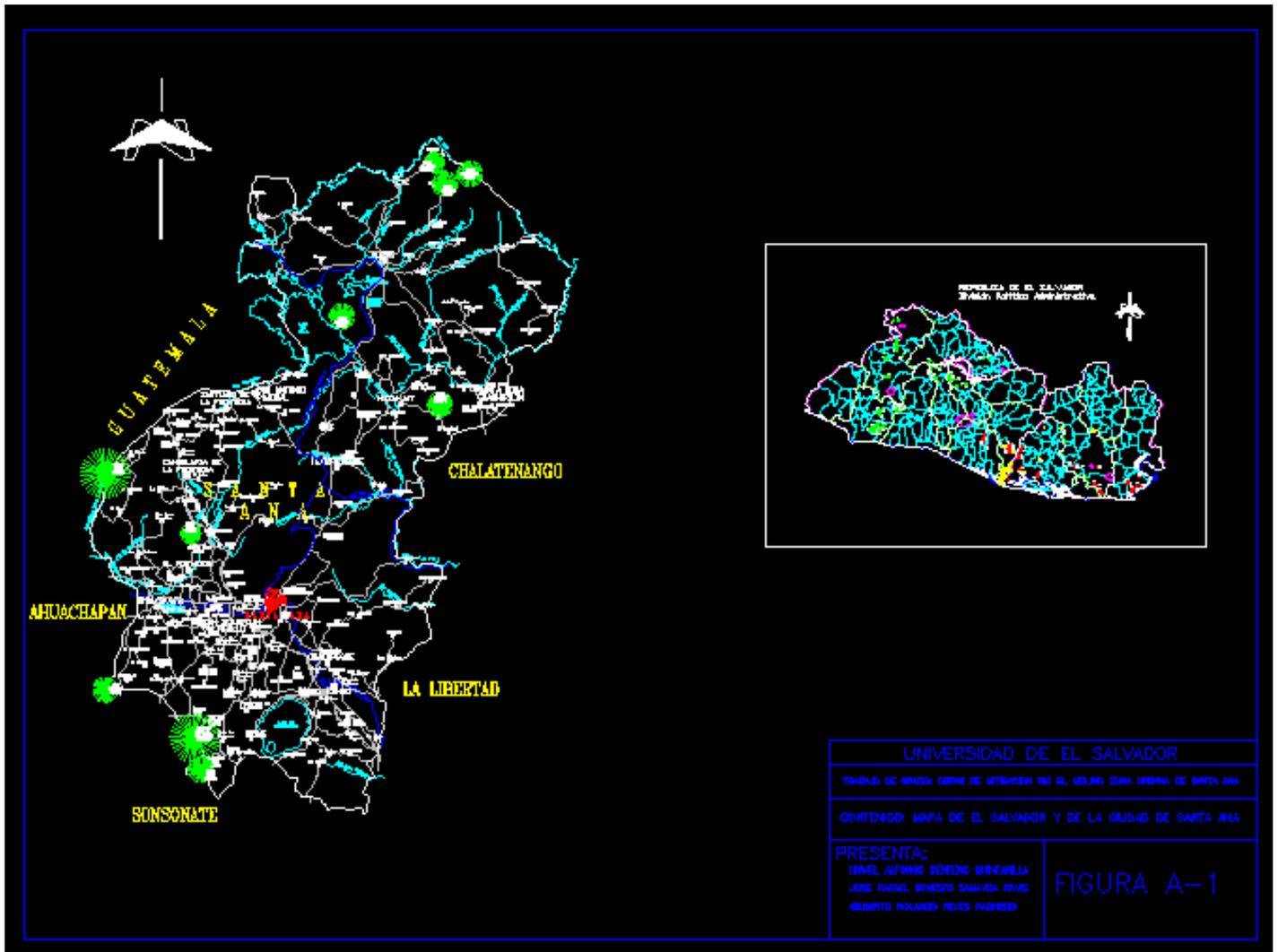
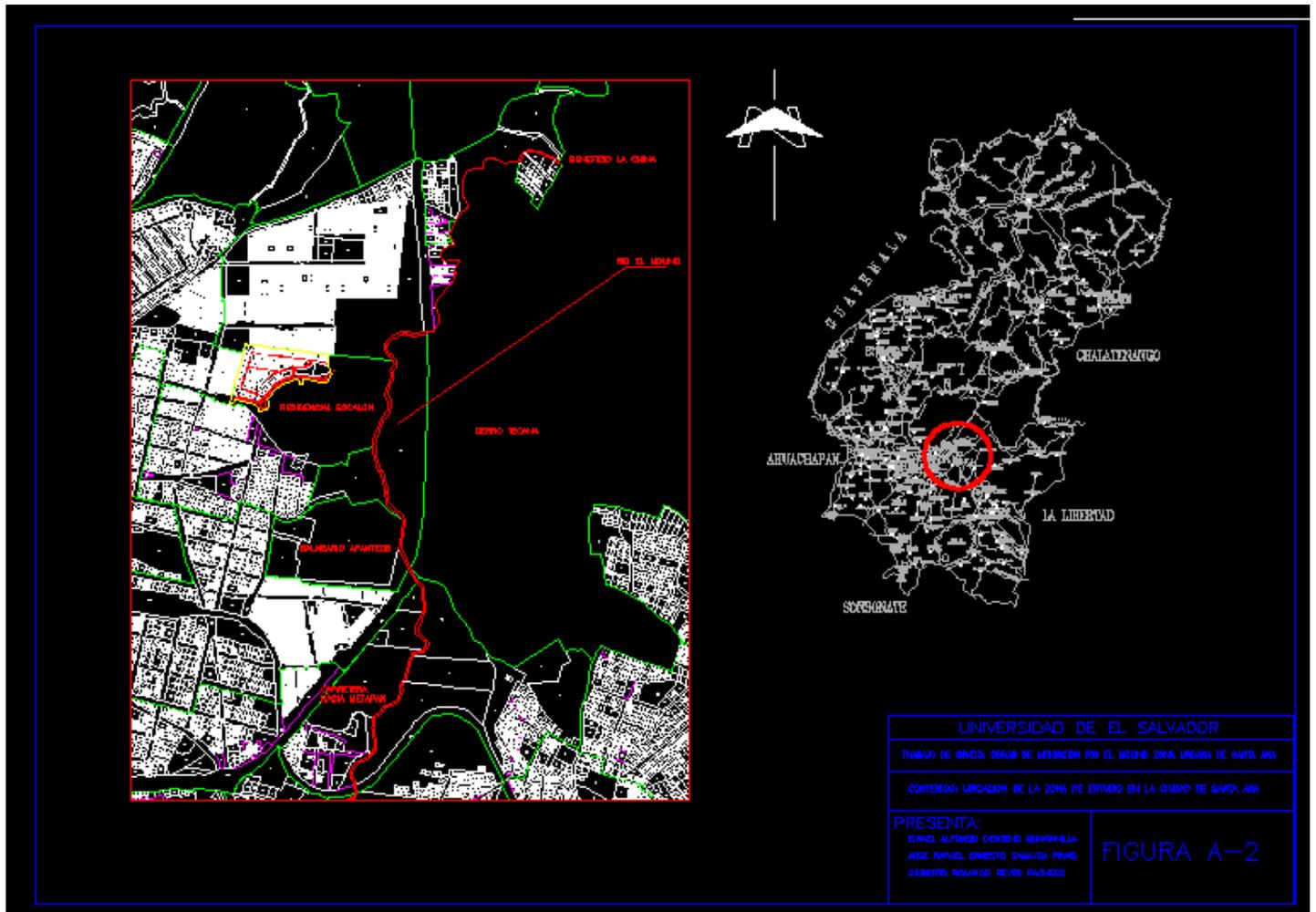


Figura A-2
Ubicación de la zona de estudio en la ciudad de Santa Ana.



Anexo B

**Cuadro B1. Calidad Microbiológica
del Agua.**

Cuadro B2. Calidad Química y Física.

**CUADRO B.1
CALIDAD MICROBIOLÓGICA.**

PARAMETRO	MAGNITUD PERMISIBLE
1.0 factores biológicos	
Coniformes totales	0 nmp/ 100.0 cm ³
Escherichia coli	0 nmp/ 100.0 cm ³

**CUADRO B.2
CALIDAD QUÍMICA Y FÍSICA.**

Se rechazarán las aguas que por tener niveles de concentración superiores a los que se indican a continuación, constituyen un serio peligro para la salud.

PARAMETRO	MAGNITUD MÁXIMA PERMISIBLE
Sólidos totales	1500.0 mg/lit
pH	6.5 – 9.0
Color	40.0 unidades
Turbiedad	15.0 unidades
Sabor	Aceptable para el consumidor
Olor	Aceptable para el consumidor
Hierro	1.0 mg/lit
Manganeso	0.5 mg/lit
Cobre	1.5 mg/lit
Zinc	15.0 mg/lit
Calcio	200.0 mg/lit
Magnesio	150.0 mg/lit
Sulfato	400.0 mg/lit
Cloruro	600.0 mg/lit
Fluor	1.2 mg/lit
Nitratos	45.0 mg/lit
Nitritos	0.05 mg/lit
Amonio	0.5 mg/lit
Fosfatos	0.1 mg/lit
Dureza	500.0 mg/lit
Plomo	0.05 mg/lit
Arnesico	0.05 mg/lit
Selenio	0.01 mg/lit
Cromo (Hexavalente)	0.05 mg/lit
Cianuro	0.2 mg/lit
Cadmio	0.01 mg/lit
Bario	1.0 mg/lit

Anexo C

Cuadro C1. Primer análisis del muestreo de aguas residuales.

Cuadro C2. Segundo análisis del muestreo de aguas residuales.

Cuadro C-1
Primer análisis del muestreo de aguas residuales.



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

Nº 01 – 2008

pág. 1 de 1

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia : Río El Molino
Ubicación : 300 m abajo de lavaderos públicos (desvío al cementerio Santa Isabel)
Municipio : Santa Ana
Departamento : Santa Ana
Fecha y hora de muestreo : 04 de diciembre 2008, 1.30 p. m.
Fecha de análisis : 04 de diciembre de 2008
Fecha de informe : 10 de diciembre de 2008
Solicitante : Br. Gilberto Rolando Reyes Polanco

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Fisico-química	Unidades	Método	Resultados	Normativa Agua residuales de tipo ordinario
Sólidos suspendidos tot.	mg/l	Gravimétrico	236	1
DBO	mg/l	Incubación	140	60

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente



Vilma de Caballero
Gerente de Calidad

Cuadro C-2
Segundo análisis del muestreo de aguas residuales.



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

Nº 01 – 2008

pág. 1 de 1

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Procedencia : Río El Molino
 Ubicación : 320 m abajo de lavaderos públicos (desvío al cementerio Santa Isabel)
 Municipio : Santa Ana
 Departamento : Santa Ana
 Fecha y hora de muestreo : 04 de diciembre 2008, 1.30 p. m.
 Fecha de análisis : 04 de diciembre de 2008
 Fecha de informe : 10 de diciembre de 2008
 Solicitante : Br. Gilberto Rolando Reyes Polanco

ANALISIS PRACTICADOS:

Determinación Físico-química	Unidades	Método	Resultados	Normativa Agua residuales de tipo ordinario
Sólidos suspendidos tot.	mg/l	Gravimétrico	32	1
DBO	mg/l	Incubación	30	60




 Vilma de Caballero
 Gerente de Calidad

Anexo D

**Cuadro D1.
Normas de diseño para rejillas
manuales.**

**Cuadro D2.
Normas de Diseño del Proceso
Recomendadas para Tratamiento de
Residuales con Lagunas de
Estabilización.**

**Figura D3
Cálculo del número de viviendas en el
área de influencia.**

Cuadro D1. Normas de diseño para rejillas manuales.

Parámetro	Norma Recomendada
Forma de barra	Rectangular No debe utilizar barras de refuerza
Ancho de barra	5—15 mm
Espesor de barra	25—40 mm
Espaciamiento (abertura) entre barras	25—50 mm 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen por las barras
Inclinación con la vertical	45—60°
Plataforma de drenaje	Suficiente para el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias
Canaleta de desvío (By-pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia
Material de construcción de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado; aluminio
Velocidad de aproximación	0.45 m/s
Tiempo de retención en canal de aproximación	≥ 3 s
Largo de canal de aproximación	≥ 1.35 m
Velocidad a través de las barras	≤ 0.6 m/s para caudal promedio ≤ 0.9 m/s para caudal máximo
Pérdida de carga máxima	0.15 m
Cantidades de material retenido	0.008—0.038 m ³ /1,000 m ³
Disposición final de residuos	Solución técnica utilizando métodos sanitarios

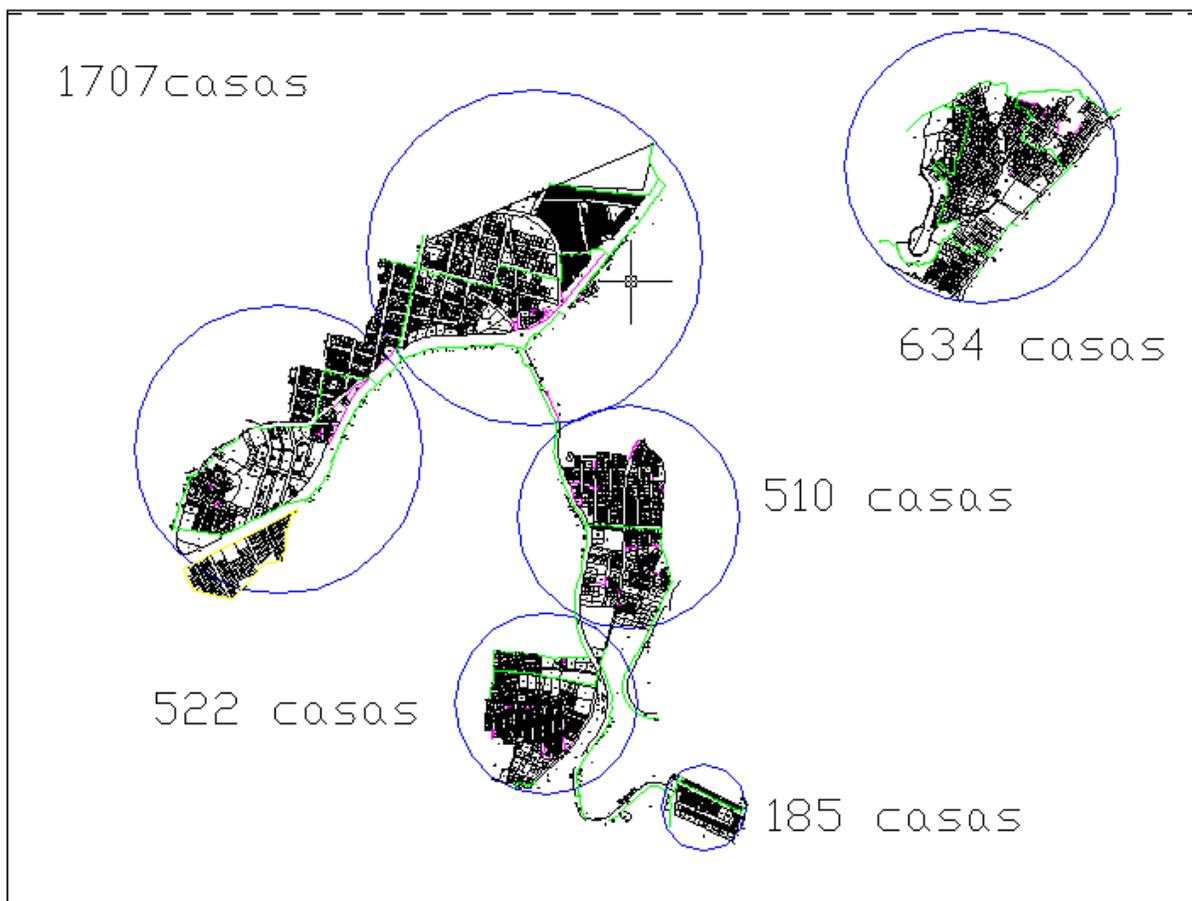
Stewart Oakley, 2005

Cuadro D2. Normas de Diseño del Proceso Recomendadas para Tratamiento de Residuales con Lagunas de Estabilización.

Parámetro	Norma Recomendada
1. Diseño global del sistema	Baterías de lagunas facultativas en paralelo seguidas por una o dos lagunas de maduración en serie.
2. Caudal de diseño	No se debe asumir caudales per cápita. Para evitar el problema de las sobrecargas hidráulicas encontradas en el Proyecto de Monitoreo, se debe monitorear los caudales en el alcantarillado y tomar un catastro de conexiones existentes y proyectadas.
3. DBO ₅ del afluente	No se debe asumir un aporte per cápita ni una concentración promedio. Para evitar el problema de las sobrecargas orgánicas encontradas en el Proyecto de Monitoreo, se debe monitorear la DBO ₅ en el alcantarillado con muestras compuestas.
4. Rejillas	Se debe diseñar rejillas para todos los sistemas de lagunas. Se diseñan las rejillas con las normas y los métodos discutidos en el Capítulo 3.
5. Desarenadores	Se debe diseñar desarenadores para todos los sistemas de lagunas. Se diseñan los desarenadores con las normas y los métodos discutidos en el Capítulo 3.
6. Producción de sólidos arenosos	De los valores estimados del Proyecto de Monitoreo, se utiliza un valor de 0.085 m ³ /1,000m ³ .
7. Carga superficial máxima de DBO ₅ en lagunas facultativas	$CS_M = (1.937E-06) \cdot RS$ <i>RS</i> es la radiación solar diaria expresada como el promedio del mes. Para los climas de Honduras <i>CS_M</i> varía entre 275—350 kg DBO ₅ /ha-día.
8. Tiempo de retención hidráulica nominal	Lagunas Facultativas: $TRH_F \geq 10$ días con entradas/salidas múltiples Lagunas de Maduración: $TRH_M \geq 7$ días, canalizadas con L/A $\geq 50/1$
9. Acumulación de lodos y frecuencia estimada de remoción	Para el diseño se utiliza: $V_{L-a} = 0.00156 \cdot Q_{med} \cdot SS$ Se debe recomendar remoción de lodos cuando el volumen de lodos acumulados alcance a 25% del volumen total de la laguna. Se estima la frecuencia de limpieza con la siguiente ecuación: $t_L = 0.25 \cdot \frac{V_F}{V_{L-a}}$ Después de estar en operación, se mide anualmente la producción de lodos en lagunas facultativas.
10. Dimensiones de lagunas	Una relación de largo/ancho de 3/1 mínima en facultativas, y de 50/1 mínima en lagunas de maduración con el uso de mamparas desviadoras. Taludes interiores de horizontal/vertical de 3/1. Profundidades de lagunas facultativas: 1.8—2.0m; de maduración: 1.5—1.8m
11. Remoción de huevos de helmintos	Se debe obtener 100% con una batería de facultativas en paralelo seguida en serie por una de maduración.
12. Remoción de coliformes fecales	Se debe obtener 3—y preferible 4—ciclos log ₁₀ de remoción con una batería de facultativas en paralelo seguida en serie por una de maduración.
13. Remoción de DBO ₅	Efluente final promedia de DBO ₅ filtrada ≤ 50 mg/L
14. Remoción de SS	Efluente final promedia de SS ≤ 75 mg/L

Stewart Oakley, 2005

Figura D3. Cálculo del número de viviendas en el área de influencia.



Anexo E

Cuadro E1.

Implementos y herramientas de operación y mantenimiento requeridos para un sistema de lagunas de estabilización.

Cuadro E2.

Observaciones de campo en lagunas de estabilización.

Cuadro E3

Frecuencia de actividades de operación básica y mantenimiento rutinario de lagunas de estabilización.

Cuadro E4.

Medidas higiénicas y de seguridad recomendadas para una instalación de lagunas de estabilización.

Cuadro E5.

Problemas de funcionamiento de lagunas de estabilización y su solución.

Cuadro E1.
Implementos y herramientas de operación y mantenimiento requeridos
para un sistema de lagunas de estabilización.

Artículo	Cantidad	Uso
Guantes de hule	2 pares	Protección de operador
Botas altas de hule	2 pares	protección de operador
Capotes de hule	3	Protección de operador
Botiquín de primeros auxilios	1	Protección de operador
Salvavidas	2	Protección de operador
Uniforme de campo	2	Protección de operador
Casco protector	2	Protección de operador
Rastrillo para rejilla	2	Limpieza de natas
Pala	2	Entierro de natas, sólidos, etc.
Pico	2	Excavación para el entierro
Carretilla de mano	1	Transporte de natas, sólidos, etc.
Cortadora de césped	1	Mantenimiento de grama
Martillo	1	Mantenimiento en general
SERRUCHO	1	Mantenimiento en general
Escoba	1	Mantenimiento en general
Desnatador (3m. de largo)	2	Limpieza de natas
Lancha	1	Medición de lodos, muestreo, etc.
Manguera	1	Limpieza en general
Machete	2	Mantenimiento de césped
Destomillador	2	Mantenimiento en general
Baldes	2	Recolección de natas y sólidos
Llaves Stilson de 12"	2	Mantenimiento en general

Cuadro E2.
Observaciones de campo en lagunas de estabilización.

Instalación de Lagunas: _____

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre del Operador: _____

Temperatura del Aire: _____ Estado del Tiempo: _____

Caudal (m³/día): _____ Estado de la Rejilla: _____

Estado del Desarenador: _____

Observación	Facultativa	Maduración	Comentarios
Color de Agua			
Olores			
Espumas y Natas			
Plantas en Taludes			
Plantas Acuáticas			
Erosión de Taludes			
Insectos			
Roedores			
Insectos			
Aves			
Reptiles			
Lodos Acumulados			
Nivel de Agua			
Entradas			
Salidas			
Otras Observaciones:			

Stewart Oakley, 2005.

Cuadro E3.
Frecuencia de actividades de operación básica y mantenimiento rutinario
de lagunas de estabilización.

Actividad	Diario	Semanal	Cuando Sea Necesario	Observaciones
Operación Básica				
Medición de Caudales	x			Se registra diariamente. Se mide intensivamente durante las épocas secas y lluviosas.
Control de Niveles de Agua			x	Se registra los niveles.
Uso de Vertederos de Demasías			x	Durante sobrecargas hidráulicas.
Ajustamiento del Nivel de Descarga			x	Basado en las concentraciones de algas.
Detecciones Sensoriales			x	Hay que notar cambios en olores y colores.
Medición de Profundidad de Lodos			x	Una vez por año.
Mantenimiento Rutinario				
Rejillas	x			Se limpia las barras de material y enterrarlo.
Desarenadores	x	x		El material sedimentado debe ser agitado una vez por día y retirado semanalmente.
Natas y Sólidos Flotantes	x			Se utiliza un desnatador para retirar las natas y una carretilla para llevarlas al entierro.
Céspedes, Vegetación, Malezas			x	Se debe mantener una faja limpia.
Mosquitos, Moscas, Roedores			x	Deben ser controlados manteniendo limpias y sin vegetación las orillas de las lagunas.
Taludes, Cercos, Caminos			x	Deben revisarse por lo menos mensualmente.
Remoción de Lodos			x	Hay que tener 2 meses para secar los lodos dentro de la laguna, después sacarlos con un cargador frontal, y finalmente almacenarlos <i>en sitio</i> por un año.

Stewart Oakley, 2005.

Cuadro E4.

Medidas higiénicas y de seguridad recomendadas para una instalación de lagunas de estabilización.

1. La instalación debe contar siempre con una fuente de agua limpia, jabón y cloro. Es aconsejable utilizar toallas desechables de papel para evitar que, debido a la necesidad de transporte para la limpieza de las toallas de tela, éstas permanezcan demasiado tiempo sin lavar y pueden servir como un foco de infecciones.
2. La caseta de control debe contar con un botiquín en el que se incluya, como mínimo, tela adhesiva, algodón, alcohol, mercromina o similar, una solución detergente desinfectante, tijeras, y pinzas, y un repelente para mosquitos e insectos. También debe contar con extintores y un teléfono celular para emergencias.
3. El trabajador debe disponer de guantes y botas de hule, casco de trabajo, y al menos dos trajes de trabajo. Todas las prendas utilizadas en la instalación deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral.
4. Siempre que se vaya a comer o beber, se debe lavarse las manos con agua limpia y jabón. Si se hace alguna comida en el recinto de la instalación, se debe designar un área para ese fin, y evitar en todo momento comer a la vez que se está efectuando alguna labor que ponga en contacto a la comida con algún elemento que haya estado en contacto con desechos contaminados. Lo más recomendable es no comer cerca de desechos líquidos o sólidos depositados o almacenados.
5. Todas las herramientas de trabajo deben lavarse con agua limpia antes de ser guardadas después de haberlas usado.
6. Los cortes, arañazos y contusiones que pueda sufrir el trabajador deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido.
7. Si el sitio dispone de electricidad, y el trabajador debe ocuparse del mantenimiento de equipos eléctricos, debería asegurarse de que sus manos, ropas y calzado estén siempre secos.
8. La entrada del sitio debe mantenerse cerrada cuando no existen visitas autorizadas. Se deben recordar los riesgos higiénicos para los visitantes si no están suficientemente informados.
9. La instalación debe disponer de una lancha, cuerda y por lo menos dos salvavidas.
10. El trabajador debe vacunarse contra el tétanos, fiebre tifoidea y otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias del área. También debe someterse a un chequeo médico por lo menos una vez por año que incluye análisis para infecciones de parásitos.
11. Todos los trabajadores deben recibir capacitación periódicamente en primeros auxilios, seguridad y salud ocupacional.

Stewart Oakley, 2005.

**Cuadro E5.
Problemas de funcionamiento de lagunas de estabilización y su solución.**

Síntoma	Causa	Solución
Acumulación de natas y sólidos flotantes	Falta de eliminación de sólidos gruesos por la rejilla. Flotación de lodos acumulados por burbujeo. Falta de limpieza con el desnatador.	Limpieza de la rejilla. Remoción de lodos acumulados. Mantenimiento adecuado con desnatador.
Crecimiento de lemna en la superficie.	Contaminación de lemna traída por viento, aves o animales.	Remoción de lemna con desnatadores o por la introducción de patos que comen lemna.
Malos olores	Condiciones anaeróbicas por sobrecarga orgánica. Descomposición de natas y material flotante. Presencia de químicos tóxicos.	Análisis de la causa de condiciones anaeróbicas: Caudal excesiva; descargas industriales; descomposición de lodos acumulados. Remoción de natas y material flotante. Hacer un monitoreo hasta que localice el problema.
Coloraciones Anormales: Verde Brilla Café Gris/Negro Amarillo/Verde Opaco Rosa/Rojo	Normal para lagunas facultativas y de maduración. Reducción en fotosíntesis. Condiciones anaeróbicas. Presencia de algas azules-verdes. Presencia de bacteria fotosintéticas del azufre por condiciones anaeróbicas.	Analizar para sobrecarga orgánica, químicos tóxicos. Analizar para sobrecarga orgánica. Significa baja en pH y oxígeno disuelto por sobrecarga o químicos tóxicos. Analizar para sobrecarga orgánica. Analizar para sobrecarga orgánica.
Crecimiento de Malezas	Demasiado baja la profundidad de agua. Falta de revestimiento. Falta de mantenimiento.	Control de nivel de agua. Construcción de revestimiento. Mantenimiento adecuado.
Mosquitos y Insectos	Focos de reproducción para sus larvas.	Remoción de plantas emergentes acuáticas y material flotante. Variación de nivel de agua para secar larvas en la orilla.

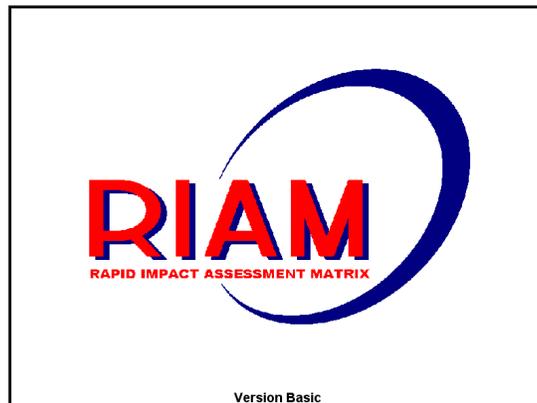
Stewart Oakley, 2005.

Anexo F

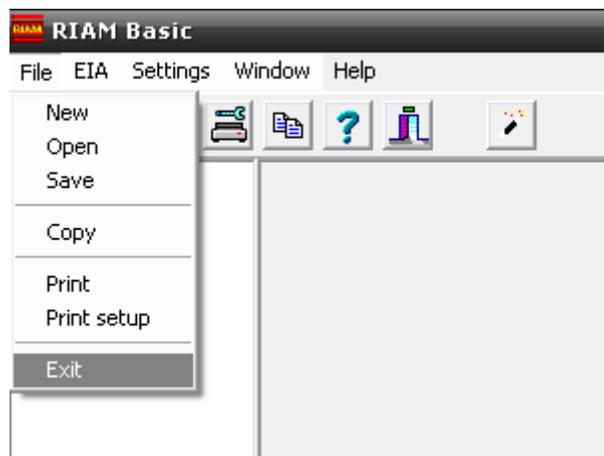
Procedimientos: Método RIAM BASIC

RIAM BASIC.

El método RIAM es una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados integrados en una EIA.

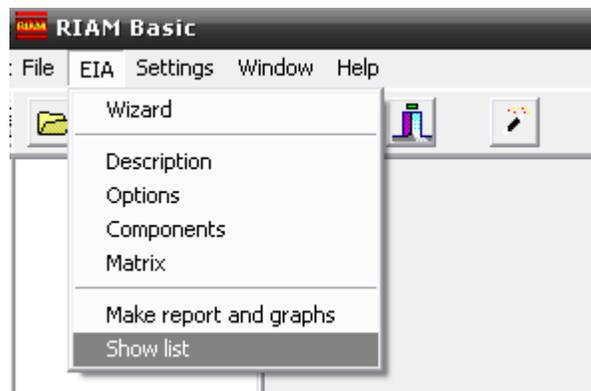


Herramientas:



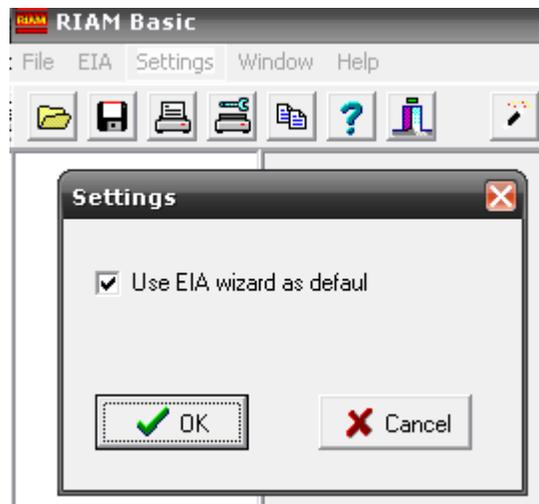
Archivo

- Nuevo: comienzo el “wizard” de RIAM para un nuevo EIA.
- Abrir: abre un archivo salvado de RIAM (*.rim).
- Salvar: guarda el actual EIA en un archivo de RIAM (*.rim).
- Copiar: copia la ventana destacada al sujetapapeles.
- Imprimir: imprime el contenido de la pantalla a la impresora de defecto.
- Configuración de impresión: permite las opciones de la impresora que se pueden definir.
- Salir: cierra el programa RIAM.



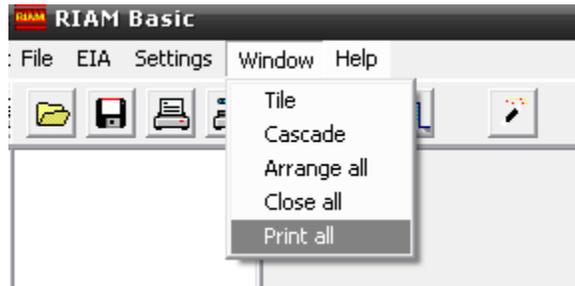
EIA

- El mago comienza al mago de RIAM para un nuevo EIA.
- La descripción abre la actual pantalla del EIA.
- Las opciones abren la actual nueva pantalla de las opciones.
- Los componentes abren los actuales nuevos componentes.
- La matriz abre la actual pantalla del análisis de RIAM.
- Haga el informe y los gráficos preparan el informe y los gráficos para el actual EIA.
- Las descripciones de la demostración abren una pantalla que demuestra las descripciones de las opciones en el actual EIA.



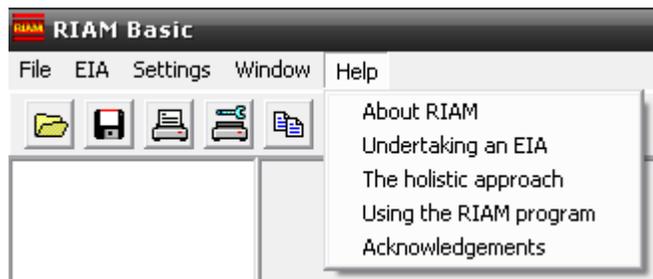
Configuración

Ajustes automáticos en esta versión beta.



Window

Permite que las pantallas sean arregladas como sea necesario.



Ayuda

- Sobre RIAM proporciona la información en el programa de RIAM.
- Empresa de un resumen del EIA de los pasos en un EIA.
- El resumen holístico del acercamiento A del acercamiento holístico usado por RIAM.
- Usando el resumen del programa A de RIAM de las secuencias en el programa de RIAM.
- Reconocimientos de los detalles de los reconocimientos para el uso de RIAM.

Usando el programa RIAM .

La primera pantalla es la pantalla del EIA, que permite que el usuario defina el proyecto que se hará. En esta pantalla el título del EIA, una descripción (que pudo incluir e investigación y los detalles de limitación) se puede mecanografiar o importar de un archivo del texto (*.txt).

Presionar el botón [Next] lleva a la pantalla de la “New option”. Aquí el usuario puede fijar un número de diversas opciones para el proyecto en la pregunta, y éstos serán procesados individualmente por el programa de RIAM. Estas opciones deben ser ahorradas, y [Go to Options list] el botón permite que todas las opciones sean exhibidas en la pantalla de la lista de opciones. Las nuevas opciones se pueden ser agregadas o las opciones suprimir de esta pantalla. El botón [Next] lleva al usuario a la pantalla New component.

La pantalla New component registra los resultados del copiado del proyecto. Los cuatro tipos de componentes en el sistema de RIAM se abastecen, y cada componente se cifra individualmente. [Go to Component list] el botón trae para arriba la pantalla del lista de los componentes, que exhibe todos los componentes elegidos para cada opción. Es posible agregar, suprimir, y conseguir componentes de otras opciones.

El botón [Next] trae para arriba la pantalla del análisis de RIAM. Esto permite la grabación automática de los valores de los criterios dados por el usuario para cada componente. Las escalas para cada célula se exhiben para permitir la comprobación rápida y fácil de valores atribuidos.

Después de terminar el análisis de RIAM, el botón [Finish] traerá las pantallas del informe. Pedirán el usuario seleccionar el tipo del gráfico (Select graph type), y el botón [OK]] entonces revelará la pantalla del informe de RIAM (RIAM report). Esta pantalla demuestra ambos los valores reales atribuidos a cada componente, así como un resumen de las cuentas.

De la pantalla del informe de RIAM es posible ver la pantalla del gráfico, tan bien como la pantalla sumario de la opción [Option summary], (que los resúmenes las cuentas en una forma gráfica).

Para cada pantalla, el botón [Help] proporcionará una ayuda de la pantalla, que los resúmenes el uso de la pantalla abotonan y los menús.

Anexo G

Procedimientos de diseño aplicando hoja de
cálculo.
(Formato digital).

Anexo H

**Coordenadas geodésicas proporcionadas por la
NASA.**

INICIO

- [SSE
Homepage](#)
- [Questions?](#)
- [Find A Different Location](#)
- [Accuracy](#)
- [Methodology](#)
- [Parameters
\(Units & Definition\)](#)



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude $13^{\circ} 59' 0.02''$ / Longitude $89^{\circ} 32' 44.78''$ was chosen.

Geometry Information

Elevation: **0** meters
averaged from the
USGS GTOPO30
digital elevation model

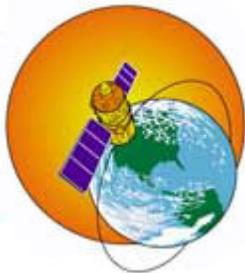
	Northern boundary 14	
Western boundary 89	Center Latitude $13^{\circ} 59' 0.02''$ Longitude $89.32' 44.78''$	Eastern boundary 90
	Southern boundary 13	

[Show A Location Map](#)

Parameters for Solar Cooking:

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m ² /day)												
Lat 13.983	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lon 89.533												
22-year Average	5.48	6.42	7.11	7.00	5.80	4.53	4.62	4.76	4.84	5.13	4.61	4.95

[Parameter Definition](#)



[Back to
SSE Data
Set Home
Page](#)
[Questions?](#)

Responsible NASA Official: John M. Kusterer
*Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC](#) User
Services (larc@eos.nasa.gov)*
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)
Document generated on Sat Nov 29 22:31:19 EST 2008

INTERMEDIO

- [SSE
Homepage](#)
- [Questions?](#)
- [Find A Different Location](#)
- [Accuracy](#)
- [Methodology](#)
- [Parameters
\(Units & Definition\)](#)



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude 13° 59' 46.27'' / Longitude 89° 32' 32.81'' was chosen.

Geometry Information

Elevation: **0** meters
 averaged from the
 USGS GTOPO30
 digital elevation model

Northern boundary
14

Center
 Latitude **13° 59' 46.27''**
 Longitude **89° 32' 32.81''**

Eastern boundary
90

Southern boundary
13

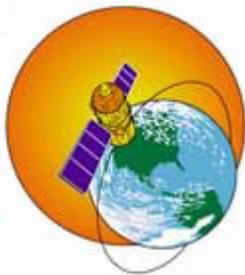
Western boundary
89

[Show A Location Map](#)

Parameters for Solar Cooking:

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m ² /day)												
Lat 13.983 Lon 89.533	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	5.48	6.42	7.11	7.00	5.80	4.53	4.62	4.76	4.84	5.13	4.61	4.95

[Parameter Definition](#)



[Back to
SSE Data
Set Home
Page](#)

[Questions?](#)

Responsible NASA Official: John M. Kusterer
 Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC](#) User
 Services (larc@eos.nasa.gov)

[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)

Document generated on Sat Nov 29 22:39:02 EST 2008

FINAL

SSE Homepage	Questions?	Find A Different Location	Accuracy	Methodology	Parameters (Units & Definition)
------------------------------	----------------------------	---	--------------------------	-----------------------------	---



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude **14° 0' 20.5''** / Longitude **89° 32' 4.57''** was chosen.

Geometry Information

Elevation: **0** meters
 averaged from the
 USGS GTOPO30
 digital elevation model

Northern boundary
15

Western boundary
89

Center
 Latitude **14° 0' 20.5''**
 Longitude **89° 32' 4.57''**

Eastern boundary
90

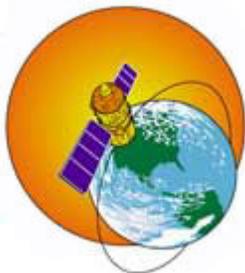
Southern boundary
14

[Show A Location Map](#)

Parameters for Solar Cooking:

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m ² /day)												
Lat 14 Lon 89.533	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	5.51	6.39	7.13	7.06	5.93	4.36	4.47	4.51	4.86	5.16	4.67	4.92

[Parameter Definition](#)



[Back to SSE Data Set Home Page](#)
[Questions?](#)

Responsible NASA Official: John M. Kusterer
 Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC](#) User Services (larc@eos.nasa.gov)
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)
 Document generated on Sat Nov 29 22:18:47 EST 2008