



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

**TÍTULO: EVALUACION Y DIAGNOSTICO DE LAS AGUAS
RESIDUALES DENTRO DE UN MARCO TEORICO DE
TURISMO CONSCIENTE DE LA PARROQUIA PUERTO LOPEZ**

**AUTORA:
María de los Ángeles Panchana Blum**

**TRABAJO DE GRADO
PREVIO A LA TITULACION DE INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:
Fabián Neira**

**Guayaquil, Ecuador
2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **María de los Ángeles Panchana Blum**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

Ing. Fabián Neira

REVISOR(ES)

(Ing. Clara Glas)

(Ruth Zambrano)

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Mario Dueñas

Guayaquil, a los (día) del mes de (mes) del año (año)



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, María de los Ángeles Panchana Blum

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “Evaluación y diagnóstico de las aguas residuales dentro de un marco teórico de turismo consciente de la Parroquia Puerto López”

previa a la obtención del Título **de Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los (día) del mes de (mes) del año (año)

María de los Ángeles Panchana Blum



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **María de los Ángeles Panchana Blum** Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“EVALUACION Y DIAGNOSTICO DE LAS AGUAS RESIDUALES DENTRO DE UN MARCO TEORICO DE TURISMO CONSCIENTE DE LA PARROQUIA PUERTO LOPEZ”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los (días) del mes de (mes) del año (año)

María de los Ángeles Panchana Blum

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a Dios por acompañarme durante este viaje educativo y permitirme finalizar esta etapa de mi vida, a mis padres por su apoyo absoluto e incondicional, a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por sus incansables esfuerzos de impartir sus conocimientos a nosotros, los futuros profesionales, de igual forma al Ing. Fabián Neira y la Ing. Clara Glas por el tiempo dedicado a este trabajo de grado.

María de los Ángeles Panchana Blum

DEDICATORIA

**Dedico este trabajo de grado a todas esas personas que luchan
diariamente por hacer de este un mundo mejor.**

María de los Ángeles Panchana Blum

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING. FABIÁN NEIRA
PROFESOR GUÍA Ó TUTOR

ING. CLARA GLAS
PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

CALIFICACIÓN

ING. FABIÁN NEIRA
PROFESOR GUÍA Ó TUTOR

ÍNDICE GENERAL

1.	ANTECEDENTES	3
1.2	Justificación del trabajo de grado	4
2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1	Agua y Saneamiento	6
2.1.1.	<i>Enfermedades asociadas con la mala calidad del agua.....</i>	6
2.1.2.	<i>Caracterización de las Aguas Residuales.....</i>	10
2.1.3.	<i>Estimación de los Caudales de Aguas Residuales.....</i>	12
2.1.4.	<i>Agua y Saneamiento en pequeñas poblaciones.....</i>	17
2.1.5.	<i>Características de los efluentes tratados</i>	31
2.1.6.	<i>Estándares de calidad para tratamiento de Aguas Residuales</i>	32
2.2.	Influencias de las actividades artesanales, comerciales e industriales en la generación y composición del Agua Residual.....	37
2.3.	Turismo Sostenible	39
2.3.1.	<i>Turismo sostenible y capacidad de carga ambiental y turística.....</i>	40
2.3.2.	<i>Análisis de casos de experiencias similares.....</i>	41
2.4.	Marco Legal Ecuatoriano aplicable al tratamiento de Aguas Residuales	46
2.4.1.	<i>Organismos competentes</i>	47
3.	METODOLOGÍA.....	49
3.1.	Recopilación de datos, revisión de planos y memoria técnica	49
3.1.1.	<i>Descripción de la Planta de Tratamiento en Puerto López</i>	49
3.1.2.	<i>Evaluación de parámetros de interés.....</i>	58
3.1.3.	<i>Eficiencia Esperada</i>	67
3.2.	Caracterización de las Aguas Residuales.....	69

3.3.	Planteamiento de alternativas	72
3.4.	Selección de método de tratamiento adecuado	76
3.4.1.	<i>Dimensionamiento de tratamiento seleccionado.....</i>	<i>76</i>
3.5.	Evaluación de impacto ambiental	78
3.6.	Recomendaciones para el desarrollo turístico del cantón	79
4.	RESULTADOS.	80
4.1.	Población Proyectada.....	80
4.2.	Caudal de diseño	83
4.3.	Carga Superficial.....	84
4.4.	Tiempo de Retención.....	84
4.5.	Volumen del digestor	85
4.6.	Dimensionamiento Lechos de secado	85
4.6.1.	<i>Carga de Sólidos.....</i>	<i>86</i>
4.6.2.	<i>Masa de sólidos que conforman los lodos.....</i>	<i>86</i>
4.6.3.	<i>Volumen de lodos digeridos</i>	<i>86</i>
4.6.4.	<i>Volumen de extracción de lodos.....</i>	<i>87</i>
4.6.5.	<i>Área de Lecho de Secado</i>	<i>87</i>
4.7.	Evaluación del Vertedor	87
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.1 Agentes potencialmente infecciosos presentes en agua residual doméstica no tratada.	8
Tabla 2.1.2 Concentración de contaminantes de las aguas residuales	11
Tabla 2.1.3 Eficiencia de remoción de efluentes tratados	31
Tabla 2.1.4 Criterios de calidad admisibles para los efluentes de descarga	34
Tabla 2.1.5 Característica de los efluentes de actividades industriales	37
Tabla 3.1 Factor de Capacidad Relativa según la temperatura	61
Tabla 3.2 Tiempo de Digestión según la temperatura	63
Tabla 3.3 Criterios usuales para diseño de Tanques Imhoff	65
Tabla 3.4 Eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales de procesos Rejillas, Tanque Imhoff y Lechos de Secado.	68
Tabla 3.5 Concentración de contaminantes en las Aguas Residuales	69
Tabla 3.6 Características físicas, químicas y biológicas de aguas residuales y sus fuentes.	70
Tabla 3.7 Caracterización y comparación de lodos generados por tratamiento de aguas residuales.	71
Tabla 3.8 Características físicas, químicas y biológicas de aguas residuales de lagunas de oxidación	72
Tabla 3.9 Características del efluente de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.	74
Tabla 4.1 Rendimiento de la planta de tratamiento de Puerto López	88
Tabla 5.1 Calidad del efluente de la Planta de Tratamiento de Puerto López	89
Tabla 5.2 Calidad del efluente de Alternativa propuesta: Reactor Anaerobio Flujo Ascendente y Clorificador	90

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Poblaciones en el Cantón Puerto López	4
Ilustración 2.1.1 Criterios de selección de Sistema de Tratamiento	19
Ilustración 2.1.2 Sistemas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones	20
Ilustración 2.1.3 Gráfico de pretratamiento de Desbaste	21
Ilustración 2.1.4 Gráfico de pretratamiento de Desarenador	21
Ilustración 2.1.5 Gráfico de pretratamiento de Desengrasado	22
Ilustración 2.1.6 Gráfico de tratamiento primario Fosa Séptica	23
Ilustración 2.1.7 Gráfico de tratamiento primario de Tanque Imhoff	24
Ilustración 2.1.8 Gráfico de tratamiento Lechos de Secado	24
Ilustración 2.1.9 Gráfico de tratamiento primario de Decantación Primaria	25
Ilustración 2.1.10 Gráfico de tratamiento secundario de Lagunaje	26
Ilustración 2.1.11 Gráfico de tratamiento secundario de Aireación Prolongada	27
Ilustración 2.1.12 Gráfico de tratamiento secundario de Lechos Bacterianos	28
Ilustración 2.1.13 Gráfico de tratamiento secundario Anaerobio de Flujo Ascendente .	29
Ilustración 2.1.14 Gráfico de tratamiento terciario de Humedales Artificiales	30
Ilustración 2.1.15 Gráfico de tratamiento terciario de Lagunas de maduración	30
Ilustración 2.1.16 Enfoques de la capacidad de carga turística.	41
Ilustración 2.1.17 Crecimiento poblacional de Acapulco	42
Ilustración 2.1.18 Crecimiento Poblacional en Galápagos	45
Ilustración 3.1 Ubicación de la Planta de Tratamiento en mapa de la Parroquia Puerto López.	50

Ilustración 3.2 Plano en Planta de Pretratamiento de aguas residuales en Puerto López	51
Ilustración 3.3 Plano en Corte de Pretratamiento de aguas residuales en Puerto López	51
Ilustración 3.4 Plano en Corte A de Tratamiento Primario (Tanque Imhoff) de aguas residuales en Puerto López	52
Ilustración 3.5 Plano en Corte B de Tratamiento Primario (Tanque Imhoff) de aguas residuales en Puerto López	53
Ilustración 3.6 Plano en Planta de lechos de secado de aguas residuales en Puerto López.....	54
Ilustración 3.7 Plano en Corte de lechos de secado de aguas residuales en Puerto López.....	54
Ilustración 3.8 Flujo de proceso y eficiencias esperadas.....	55
Ilustración 3.9 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Puerto López.....	56
Ilustración 3.10 Estructura deteriorada de la Planta de Tratamiento de AARR de la Parroquia Puerto López	57
Ilustración 3.11 Estructura deteriorada de la Planta de Tratamiento de AARR de la Parroquia Puerto López	57
Ilustración 3.12 Proceso de Clorificación	75
Ilustración 3.13 Tanque de Cloración de gas al vacío.	75
Ilustración 4.1 Población Proyectada con datos de la Memoria Técnica de la Planta de Tratamiento de Puerto López.....	81
Ilustración 4.2 Población Proyectada con datos del INEC	82

RESUMEN (ABSTRACT)

La Parroquia Puerto López, ubicada en la provincia de Manabí dentro de la Costa Ecuatoriana, es la cabecera del Cantón que lleva su mismo nombre, y se encuentra a 195km de la ciudad de Guayaquil. Forma parte de la Ruta Spondylus y ha sido, recientemente, decretada Área Turística Protegida por el gobierno Ecuatoriano. Debido a los nuevos proyectos que se emprenderán para promover el turismo (regeneración urbana, abastecimiento eficiente de servicios básicos, construcción de malecón, entre otros) es necesario realizar un debido análisis de la situación actual del Cantón, evaluar la eficiencia de los servicios que presta y la capacidad de carga turística que le es posible abastecer.

Este trabajo de grado, se enfocará en la evaluación del sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Puerto López, formando parte de un proyecto manejado por la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, donde trabajan en conjunto las facultades de Jurisprudencia, Ciencias Sociales y Políticas, Arquitectura y Diseño, y la facultad de Ingeniería; con el fin de proponer medios y soluciones a emplearse para un desarrollo sostenible del Cantón Puerto López desde el enfoque de un turismo consciente.

Para lograr estos objetivos, se han realizado visitas técnicas para proceder a la recolección de información, intercambio de ideas con el municipio, charlas y capacitación de los habitantes y visitas de campo a las diferentes instalaciones de interés. De esta forma, se ha logrado una evaluación del sistema construido en la actualidad en la parroquia, el cual no se encuentra en funcionamiento. Se analizó tanto la demanda actual, como una demanda proyectada a futuro debido al crecimiento poblacional esperado, estimando así la eficiencia del sistema construido y su abastecimiento.

De igual forma, se realizó una evaluación de la calidad del efluente esperado luego del tratamiento, en relación a los parámetros establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes vigente en el Ecuador. Con

estos resultados, se efectuó un diagnóstico de la situación, y se propusieron alternativas que cumplan tanto con la capacidad requerida, como con la calidad esperada con el fin de evitar la contaminación y el impacto ambiental indeseado en este desarrollo urbano y turístico propuesto.

Palabras Claves: Tratamiento, Aguas Residuales, Desarrollo, Turismo, Calidad del Agua, Abastecimiento.

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas más importantes para el desarrollo del país, en la cual el gobierno ha proyectado invertir, es el turismo. Dentro de este medio se conectan los recursos naturales, económicos y sociales de nuestro entorno; los cuales deben ser impulsados para mejorar su nivel, y así lograr que la proyección alcanzada sea la óptima.

El ecoturismo se define como una forma de turismo responsable y sostenible, donde prevalece la educación de los habitantes, generando beneficios económicos manteniendo la protección de la naturaleza y los recursos viables del entorno. “Es un enfoque para las actividades turísticas en el cual se privilegia la sustentabilidad, la preservación, la apreciación del medio (tanto natural como cultural) que acoge a los viajantes.” (Pablo Cardinales, 1998).

Sin embargo, todo desarrollo urbanístico, ya sea habitacional, industrial o turístico; genera impactos al ambiente que deben ser analizados, evaluados y se deben tomar las debidas precauciones para que no afecte de manera negativa al entorno. Como consecuencia del desarrollo turístico, en el área de la construcción, existe una relación directa con el crecimiento de la industria hotelera; lo que genera una mayor demanda de agua potable, incrementando así la generación de aguas residuales. Para tener la seguridad de satisfacer todas estas necesidades, es necesario realizar un estudio previo, determinando la cobertura existente de estos servicios y la faltante.

En el caso de las aguas servidas, se constituyen como un residuo pues luego de ser consumidas, no pueden ser utilizadas directamente por el usuario; por lo tanto son desechadas a una red de alcantarillado para luego ser conducidas a una descarga pertinente. Es necesario contar con un sistema adecuado de recolección de éstas, y determinar, dependiendo de la carga orgánica, la forma

de descarga del efluente al ambiente; ya sea directamente a un cuerpo de agua, al suelo o a una planta de tratamiento.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar la necesidad del rediseño de una planta de tratamiento para las aguas residuales de la parroquia Puerto López, ubicada en el cantón Puerto López en la provincia de Manabí; que dé cobertura al sistema de recolección de aguas residuales domésticas. Se analizará la cobertura del servicio de alcantarillado y los volúmenes generados por el crecimiento de la población.

ALCANCES

En el presente trabajo de grado se definirán los volúmenes de aguas residuales de origen doméstico que se producirán a futuro en la parroquia Puerto López considerando el desarrollo de la ciudad como un eje de turismo consciente, la cobertura del sistema de alcantarillado sanitario. Se evaluará la eficiencia de los procesos que conforman el sistema de tratamiento actual y la necesidad de un rediseño para cubrir las demandas de tratamiento y de producción de aguas residuales.

1. ANTECEDENTES

Actualmente, el gobierno se ha centrado en tres puntos estratégicos para desarrollar el ecoturismo, estos son: Cuenca, Zaruma y Puerto López. En el caso del Cantón Puerto López, en el mes de Junio del presente año se concretó el decreto Ejecutivo No. 15 21, donde se constituye al Cantón Puerto López como Área Turística Protegida (ATP) del Ecuador, abarcando un área de 15,140.97ha y proponiendo una inversión de 67 millones de dólares para el desarrollo del mismo.

Puerto López está ubicado en la provincia de Manabí, cuenta con un área aproximada de 450km² y una población de 20.451 habitantes según datos del INEC (Censo 2010). Está situado en una bahía con forma de herradura y gracias a su ubicación en la Ruta del Spondylus, que recorre toda la costa ecuatoriana, tiene gran variedad de atractivos para ofrecer al turismo.

Incluye las poblaciones de Machalilla, Salango, Puerto Rico, Ayampe, Las Tunas; y a tan solo unos kilómetros de la costa se encuentra La Isla de la Plata, famosa por las especies que la habitan, pues algunas de ellas también forman parte de la variedad existente en las Islas Galápagos. También es sede del Parque Nacional Machalilla, sitio visitado por la mayoría de turistas que visitan la costa del Ecuador, el cual ofrece la preservación de la vida y la reproducción de la flora y la fauna del lugar.

Ilustración 1.1 Poblaciones en el Cantón Puerto López



La cabecera cantonal lleva el mismo nombre del cantón, Puerto López; parroquia en la que se está desarrollando el turismo con la finalidad de aprovecharlo como un medio de trabajo sostenible. En la actualidad cuenta con una población aproximada de 11.000 habitantes, más de 20 establecimientos de hospedaje (Hosterías, Hoteles y Hostales) y más de 30 restaurantes.

1.2 Justificación del trabajo de grado

El manejo de las aguas residuales provenientes de hogares, instituciones, industrias, locales comerciales; se basa en la recolección, tratamiento y vertimiento de las mismas a la zona de descarga.

Actualmente, el sistema de recolección utilizado en la parroquia de Puerto López, es de pozo séptico; este es un sistema de tratamiento parcial de las aguas residuales y almacenamiento prolongado de los sólidos retenidos. Sin embargo, este tratamiento es primario; los sólidos son removidos, convirtiendo las aguas negras en aguas grises; no obstante, el efluente seguirá conteniendo contaminantes que se infiltrarán a las aguas subterráneas y acuíferos, los cuales probablemente, descarguen al mar o ríos más cercanos.

La filtración de estos efluentes, sin el debido tratamiento, descarga a cuerpos de agua que están en contacto con la población; resultando una descarga de agua residual cruda, con malos olores, contaminación del manto freático y portando así organismos patógenos que posiblemente generen enfermedades gastrointestinales, tales como: fiebre, tifoidea, diarrea, cólera, entre otras. En consecuencia, el nivel turístico podría verse afectado debido a la mala imagen y problemas de salud que se genera.

Cualquier descarga de agua residual con tratamiento o sin tratamiento, debe cumplir con lo establecido en la normativa ambiental vigente del Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULSMA) para el caso pertinente (Libro VI, Anexo 1, Tabla 3, Tabla 11, Tabla 13). En el caso de la DBO5, que es uno de los parámetros principales para estimar la contaminación del agua residual doméstica, debe considerarse el valor mínimo expresado en las 3 tablas (100 mg/l) lo cual, implícitamente, pone de manifiesto la necesidad de realizar un tratamiento mínimo al efluente del alcantarillado.

Existe una planta de tratamiento primario en Puerto López construida desde el año 2008, sin embargo no se encuentra en funcionamiento debido a problemas de alcantarillado y a la falta de un sistema de bombeo. Según datos del INEC, se indica que el cantón no alcanza ni el 1% de cobertura de alcantarillado. Es necesario evaluar el funcionamiento individual y total de los procesos que conforman el tratamiento, así como la capacidad a futuro frente a las nuevas demandas de caudal generados por el crecimiento de la ciudad y la eficiencia en el tratamiento para evitar la contaminación de los cuerpos de agua superficiales cercanos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Agua y Saneamiento

El acceso tanto al agua potable como al saneamiento adecuado, se los considera recursos esenciales para el desarrollo de una población; cuyos beneficios se reflejan en el manejo de la salud pública. Entre estos beneficios podemos señalar, principalmente, la prevención de enfermedades causadas por el contacto directo o del ambiente con aguas contaminadas.

2.1.1. Enfermedades asociadas con la mala calidad del agua.

Las enfermedades asociadas con la mala calidad del agua son causadas por elementos patógenos que pueden sobrevivir al caer al agua, utilizándola como vehículo, siendo transportados de una persona a otra. Estos organismos son perjudiciales para la salud humana, pues se los considera altamente infecciosos, causando enfermedades, e incluso un alto número de muertes en zonas donde la cobertura sanitaria es escasa.

La presencia de estos organismos origina contaminación en el agua y la hace impropia e insegura para su consumo; solamente se puede considerar de calidad segura un agua libre de organismos patógenos. Por ejemplo, según la Organización Mundial de Salud, no debe haber presencia de *E. coli* (Enterobacteria que se encuentra en los intestinos animales) en el agua de consumo, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente.

Estos organismos se dividen en bacterias, parásitos y virus.

Las bacterias patógenas son frecuentemente expulsadas en las heces, principalmente por individuos con algún tipo de enfermedad. Al descargar estas bacterias en el agua residual doméstica se produce una contaminación, no solo de materia orgánica, sino también de una variedad de organismos patógenos, como por ejemplo el género

Salmonella. El contacto con esta agua contaminada puede ser motivo de origen de enfermedades intestinales, entre ellas se encuentra la Salmonellosis, gastroenteritis y la fiebre tifoidea. Según un estudio realizado en El Salvador en el 2007, se indica que el tratamiento inadecuado del agua que se consume en es la causa principal de diarreas y de otras enfermedades gastrointestinales; con un aumento de más de 20,000 casos del 2002 al 2006.

Los parásitos se clasifican en Protozoos y Helmintos. Los primeros, son organismos con facilidad de propagación, y que tienen un grave impacto sobre individuos que sufren deficiencias en su sistema inmunológico, como por ejemplo niños de corta edad, ancianos, personas que sufran de cáncer o del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA). Entre los síntomas que se pueden presentar se encuentra dolor estomacal, diarrea severa, náuseas y vómito.

Los segundos, son gusanos que infestan el organismo humano, su composición es más compleja que la de los Protozoos. Dentro de la categoría Helmíntica se encuentran las lombrices intestinales que habitan en las aguas residuales, como por ejemplo la tenia solitaria, una de los parásitos más importantes. Los huevos y larvas de estos organismos pueden sobrevivir a condiciones desfavorables en el medio ambiente, e incluso, resistir los tratamientos de aguas residuales convencionales.

Virus, existen más de 100 tipos que son capaces de transmitir enfermedades, se reproducen en el tracto intestinal de individuos infectados y luego son descargados en las heces de los mismos. Entre ellos, encontramos los rotavirus, causante de enfermedades diarreicas.

A continuación se muestra una tabla que presenta los principales organismos encontrados en aguas residuales crudas, las enfermedades que producen y los síntomas asociados.

Tabla 2.1.1 Agentes potencialmente infecciosos presentes en agua residual doméstica no tratada.

	<u>Organismo</u>	<u>Enfermedad</u>	<u>Síntomas</u>
Bacterias	Campylobacter jejuni	Gastroenteritis	Diarrea
	Escherichia coli	Gastroenteritis	Diarrea
	Legionella pneumophila	Legionelosis	Malestar, fiebre, dolor de cabeza, enfermedades respiratorias agudas
	Leptospira	Leptospirosis	Fiebre
	Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado
	Salmonella	Salmonelosis	Envenenamiento por comida
	Shigella	Shigelosis	Disentería bacilar
	Vibrio cholerae	Cólera	Diarrea aguda, deshidratación
Yersinia enterocolítica	Yersinosis	Diarrea	
Protozoos	Balantidium coli	Balantidiasis	Diarrea, disentería
	Cryptosporidium parvum	Criptosporidiasis	Diarrea
	Cyclospora	Ciclosporiasis	Diarrea severa, dolor estomacal, náuseas y vómitos prolongados

	Entamoeba histolytica	Amebiasis	Diarrea prolongada con sangrado, abscesos en el hígado y en el intestino delgado
	Giardia lamblia	Giardiasis	Diarrea leve o severa, náuseas, indigestión
Helminthos	Ascaris lumbricoides	Ascariasis	Infestación de gusanos intestinales
	Enterobius vermicularis	Enterobiasis	Gusanos
	Fasciola hepática	Fasciolosis	Lombriz de ovejas
	Hymenolepis nana	Hymenolepiasis	Tenia enana
	Taenia saginata	Teniasis	Tenia (buey)
	T. solium	Teniasis	Tenia (cerdo)
	Trichirus trichiura	Trichuriasis	Gusano intestinal alargado
	Virus	Adenovirus (31 clases)	Enfermedades respiratorias
Enterovirus (72 clases)		Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis)	
Hepatitis A		Hepatitis infecciosa	Ictericia, fiebre, vómito
Agente Norwalk		Gastroenteritis	
Parvovirus (3clases)		Gastroenteritis	
Rotavirus		Gastroenteritis	

Fuente: Metcalf y Eddy (2003) Wastewater Engineering Treatment and reuse, 4th edition, editorial McGraw-Hill, USA.

2.1.2. Caracterización de las Aguas Residuales

Las aguas residuales son el producto del consumo de agua potable, que luego de utilizarse, se encuentra contaminada por materia orgánica e inorgánica, suspendida o disuelta; considerándose un residuo, pues para volver a ser utilizada deben removerse todos estos contaminantes, tanto los residuos en suspensión, como residuos químicos que hayan alterado la composición del agua potable. De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden clasificarse en distintos tipos: domésticas, industriales y pluviales.

Dentro de la composición de las aguas residuales domésticas, tan sólo una pequeña fracción (0.1%) está establecido por sólidos suspendidos, coloidales y disueltos (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, 2009). Sin embargo, los mayores problemas en el tratamiento de las aguas crudas son generados por este mínimo porcentaje. Existen parámetros que son necesarios conocer para analizar la calidad del agua, tales como la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos en suspensión y sedimentables.

La siguiente tabla muestra los constituyentes (componentes individuales, elementos o entes biológicos), contaminantes (constituyentes adicionales al abastecimiento del agua potable) y niveles de concentración característicos de las aguas residuales:

Tabla 2.1.2 Concentración de contaminantes de las aguas residuales

Contaminante	Constituyente	Tipo de Efluente	Concentración		
			Fuerte	Media	Débil
Sólidos suspendidos	Disueltos fijos	Doméstico e industrial	525	300	145
	Disueltos volátiles		325	200	105
	Suspendidos fijos		75	55	20
	Suspendidos volátiles		275	165	80
Sólidos sedimentables	Sólidos sedimentables	Doméstico e industrial	20	10	5
Materia orgánica biodegradable	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Doméstico e industrial	400	220	110
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)		1000	500	250
Patógenos	Coliformes Fecales	Doméstico	10 ⁵ -10 ⁸	10 ⁴ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁵
Carbono	Carbono orgánico total (COT)	Doméstico e industrial	290	160	80
Nutrientes	Nitrógeno	Doméstico e industrial	85	40	20
	Fósforo		15	8	4
Compuestos No Biodegradables	Cloruros	Industriales	100	50	30
Sólidos Flotantes	Grasas	Doméstico e industrial	150	100	50

Fuente: Metcalf y Eddy (2003) Wastewater Engineering Treatment and reuse, 4th edition, editorial McGraw-Hill, USA.

2.1.3. Estimación de los Caudales de Aguas Residuales

La cantidad de consumo de agua de un sector va a ser determinado, principalmente, por el tamaño de la población; sin embargo, existen varios factores que influyen en el resultado del tamaño actual y del crecimiento poblacional, tales como el clima, características socioeconómicas, grado de industrialización, servicio de alcantarillado, etc.

Para proceder a estimar los caudales para el diseño de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, en primer lugar se debe realizar una proyección de la población actual, a cuantos años sea conveniente (15, 20, 30) según el sistema de tratamiento escogido. Esta proyección representa un pronóstico de lo que podría ocurrir a futuro en cierta zona, funcionando como herramienta para prevenir una mala organización de proyectos y como base fundamental para el planeamiento de desarrollo urbano, político, social, comercial, entre otras áreas de interés, y la necesidad de dotación de servicios e infraestructura.

Existen varios métodos para realizar esta proyección, su elección dependerá de la disponibilidad de ciertos factores necesarios para el cálculo, tales como importancia de la obra o proyecto, horizonte de planeación, características sociales y culturales, y principalmente, disponibilidad de información necesaria para el análisis.

Dentro de los métodos matemáticos, con los cuales se realizan estimaciones según funciones, podemos encontrar:

- Método Aritmético: Considera un crecimiento absoluto constante de la población en cada periodo. Por lo general, este método es utilizado en proyecciones con plazos de tiempo muy cortos, suponiendo así que los cambios demográficos no serán violentos.

Se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$Pf = Pi * (1 + r * t) \quad (2.1.3.1)$$

Donde,

Pf= Población al final del período, Hab

Pi= Población al inicio del periodo, Hab

r= Tasa de crecimiento poblacional

t= Periodo de tiempo, años

Para lo cual,

$$r = \left[\left(\frac{Pf}{Pi} \right) - 1 \right] * 1/t \quad (2.1.3.2)$$

- Método Geométrico: En este caso, se considera un crecimiento en relación a una tasa constante, es decir, supone que la población aumenta proporcionalmente en cada periodo. Generalmente, este método es aplicado en ciudades que no han alcanzado el desarrollo, por lo que su tasa de crecimiento se mantiene fija.

Primero se obtiene la tasa de crecimiento mediante la siguiente ecuación:

$$r = \left[\left(\frac{Pf}{Pi} \right)^{1/t} \right] - 1 \quad (2.1.3.3)$$

Donde,

r= Tasa de crecimiento poblacional

Pf= Población al final del período, Hab

Pi= Población al inicio del periodo, Hab

t= Periodo de tiempo, años

Obteniendo así la población final, por medio de la siguiente ecuación:

$$Pf = Pi * (1 + r)^{(t)} \quad (2.1.3.4)$$

- Método Parabólico: Es posible hacer uso de este método cuando se cuenta con 3 o más datos de población en años anteriores, comprobando que la tendencia no forme una línea recta ni una curva geométrica, logrando así utilizar funciones polinómicas para obtener los puntos de la parábola.

$$P^2_f = a + bx + ct \quad (2.1.3.5)$$

Donde,

Pf= Población al final de periodo, años

t= Intervalo cronológico medido desde la primera estimación, años

a,b,c= Constantes

Para obtener la proyección de la población, es necesario calcular las constantes, resolviendo la ecuación antes mencionada, para cada una de las fechas censales previas.

Habiendo realizado una evaluación cercana de lo que sería la población futura a x cantidad de años, se procede a estimar el caudal de aguas residuales producido por esta población. Existen varios métodos para calcular este parámetro. La elección del método adecuado dependerá del tipo de información a la que se tenga acceso.

- Método de la dotación: Para este cálculo, es necesario contar con la densidad de vivienda (número de viviendas por hectárea), la dotación promedio de la zona, dependiendo del nivel socioeconómico y cultural y el área neta de construcción.

$$Qd = CR * Dv * DenV * An * Fc \quad (2.1.3.6)$$

Donde,

Qd= Caudal de diseño, l/s

CR= Coeficiente de retorno

Dv= Dotación por vivienda, l/viv.seg

DenV= Densidad de Vivienda, viv/ha

An= Área neta de construcción, m²

Fc= Factor de simultaneidad

Para calcular el factor de simultaneidad, se necesita estimar la población existente, utilizando la densidad de vivienda, un número estimado de habitantes por vivienda (HabV) y el área neta construida.

$$P = HabV * DenV * An \quad (2.1.3.7)$$

Obteniendo,

$$Fc = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

- Método de la contribución media: Se utiliza esta opción cuando no se conoce la densidad de vivienda de la zona a evaluar, en este caso se realizan los cálculos basándose en el área de construcción.

$$Qd = q + Q_s + Q_i \quad (2.1.3.8)$$

Donde,

Q_d = Caudal de diseño, l/s

q = Caudal base del área neta, l/s

Q_e = Caudal de conexiones erradas, l/s

Q_i = Caudal de infiltraciones, l/s

Sabiendo que,

$$q = q_{base} * An = 2.0 \frac{l/s}{Hab} * (0.7 * A_{bruta}) \quad (2.1.3.9)$$

$$Q_i = q_i * An = 0.1 \frac{l/s}{Hab} * An \quad (2.1.3.10)$$

$$Q_e = q_e * An = 0.2 \frac{l/s}{Hab} * An \quad (2.1.3.11)$$

- Método de Caudal Medio, Máximo diario y Máximo horario: En este caso se necesita una estimación de la población, se procede a asumir una dotación de agua potable por habitante, la cual se relaciona con el nivel socioeconómico de la zona en que se va a diseñar y las instalaciones a analizarse (hogares, hoteles, colegios, hospitales, clubes, centros comerciales, etc).

Primero se calcula un caudal medio,

$$Q_{promedio} = \frac{Dotación(\frac{l}{hab.d}) * Población(hab)}{86400} \quad (2.1.3.12)$$

Luego se calcula el caudal máximo diario, el cual representa el día de mayor consumo en el año, calculado por:

$$Q_{Má} = 1.2 * Q_{promedio} \quad (2.1.3.13)$$

Seguido por el caudal máximo horario, el cual representa la demanda máxima que ocurre en una hora durante un año completo, determinado por:

$$Q_{Má} = 1.5 * Q_{promedio} \quad (2.1.3.14)$$

2.1.4. Agua y Saneamiento en pequeñas poblaciones.

Se considera pequeña población a aquellas que cuentan entre 2000 y 4000 (Huerta, 2012) habitantes equivalentes, concepto que se utiliza para calcular la capacidad de un sistema de tratamiento. Esta cantidad siempre será mayor a la población real, pues también toma en cuenta las industrias existentes. Puerto López tiene una población aproximada de 11.000 habitantes, mayor a la establecida, que se encuentra en crecimiento debido al movimiento turístico; por lo cual no puede considerarse una población pequeña, pero sí cuenta con características cercanas a ésta.

Principalmente en las zonas rurales, se generan dificultades debido al bajo nivel socioeconómico, un acceso limitado a recursos financieros y a nuevas tecnologías, las viviendas pueden ser aisladas o distantes.

Para lograr la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable y recolección de aguas residuales en estas poblaciones, hay que proponer un sistema adecuado, de baja complejidad de manejo, operación y mantenimiento, sin dejar a un lado la calidad de la obra.

Se debe analizar la situación considerando dos áreas principales: Área técnica y Área social.

El área técnica se encarga de la evaluación de la solución más adecuada de acuerdo a la realidad de la zona, mientras que el área social tiene como objetivo el fomento de conciencia y educación de los beneficiarios del sistema, generando una buena operación y mantenimiento del mismo.

2.1.4.1. Sistemas de tratamiento en pequeñas poblaciones.

Para el diseño y manejo de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales en una pequeña población, debe tomarse en consideración ciertas particularidades que se generan en los caudales y descargas de las aguas usadas. Existe una relación inversa entre el tamaño de la población y los caudales horarios; mientras menor es la población existe mayor variación entre los caudales máximos horarios, a diferencia de una mayor población en la que los caudales picos se establecen en determinados horarios generales para las actividades de la población.

De igual forma, se debe tener en cuenta la calidad y características del agua a tratarse, pues puede existir menor volumen de recolección de aguas (en comparación con grandes poblaciones), sin embargo, la concentración de contaminantes puede ser mayor; afectando tanto la salud de la población como al impacto ambiental.

El siguiente gráfico expone algunos criterios para la selección del sistema de tratamiento adecuado.

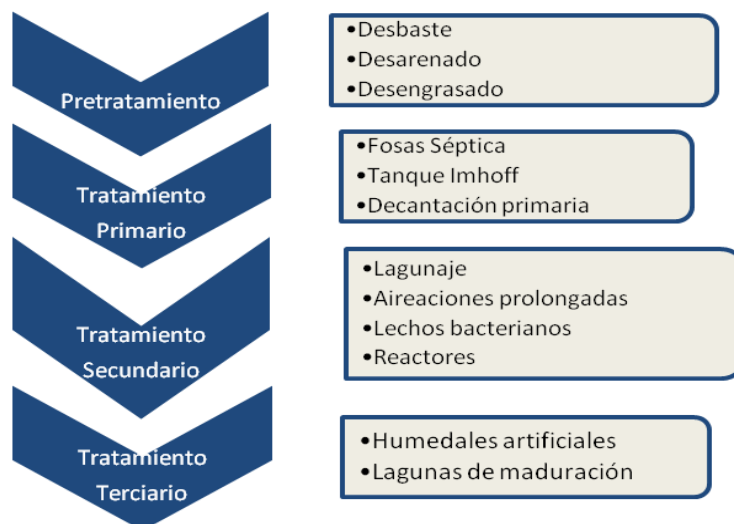
Ilustración 2.1.1 Criterios de selección de Sistema de Tratamiento



Fuente: Guía práctica para depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones, R. Huerta. 2012

Tomando en cuenta estos criterios, existe una variedad de sistemas de tratamiento recomendables para este tipo de poblaciones, dependiendo de la necesidad y el nivel de tratamiento (primario, secundario, terciario); de igual manera, existe un amplio rango de las combinaciones aplicables.

Ilustración 2.1.2 Sistemas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones



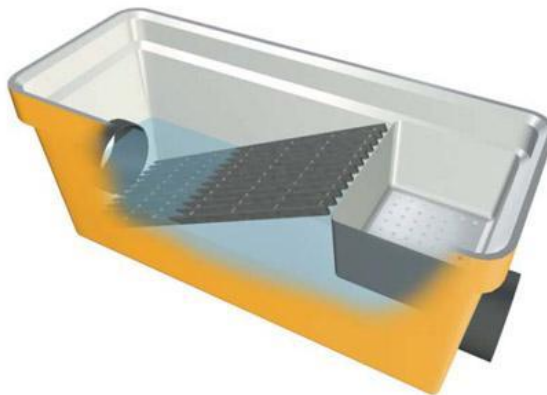
Fuente: Guía práctica para depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones, R. Huerta. 2012

El *pretratamiento* tiene como objetivo evitar averías en los equipos de tratamientos primarios y secundarios (obstrucciones, rotura de equipos, etc), separando las partículas contaminantes tales como piedras, arenas, aceites, basura, del agua residual por medio de procesos físicos. La importancia de este proceso se ve reflejada en el rendimiento de la planta y los resultados de las aguas tratadas.

Entre los sistemas de pretratamiento se encuentran:

- Desbaste, el cual tiene como objetivo proteger de grandes objetos y evitar la obstrucción de la estación depuradora de aguas crudas, así facilitando el proceso de los tratamientos posteriores y manteniendo la eficacia de los mismos. Este proceso consiste en el paso del agua residual a través de una reja que retiene los sólidos, clasificándolos en: desbaste fino y desbaste grueso.

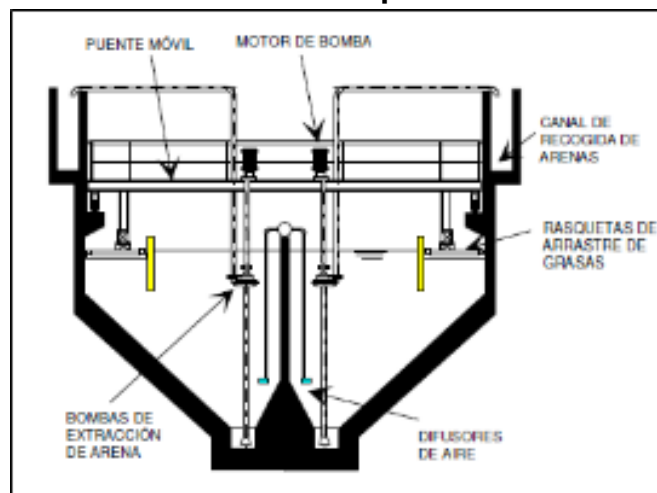
Ilustración 2.1.3 Gráfico de pretratamiento de Desbaste



Fuente: Técnicas Ambientales: Tratamiento de Aguas Residuales, UPC 2006

- El Desarenador es un proceso que se encarga de eliminar las partículas con una granulometría superior a 200micras, con el objetivo de evitar la sedimentación en las tuberías y conductores, así protegiendo las bombas y otras partes del sistema de tratamiento.

Ilustración 2.1.4 Gráfico de pretratamiento de Desarenador



Fuente: "Diseño de Sistemas de Tratamiento". E.C.C.P de Santander. Universidad de Cantabria.

- El Desengrasado se encarga de eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales con una densidad menor que la del agua, que podrían afectar los procesos posteriores. Funciona mediante la insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad. Se utiliza principalmente en aguas residuales industriales, por ejemplo refinerías de petróleo, mataderos, etc.

Ilustración 2.1.5 Gráfico de pretratamiento de Desengrasado



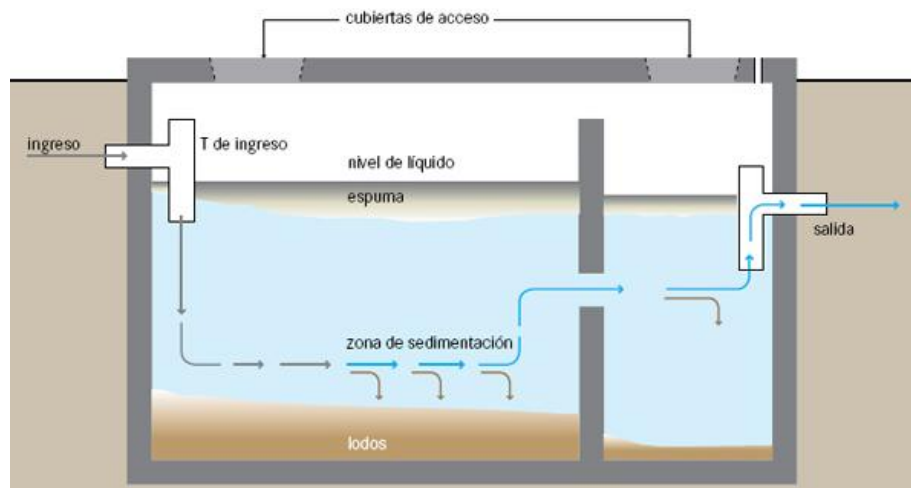
Fuente: Unidad de desengrase biológico para aguas residuales, RFG Environmental Group.

El *tratamiento primario* tiene como objetivo la reducción de los sólidos en suspensión y sedimentables de las aguas residuales. Este tratamiento consiste en el depósito o separación de los residuos sólidos, luego procediendo a la extracción de los mismos por medio de tuberías, así obteniendo aguas residuales libres de sólidos.

Entre ellos, contamos con:

- Fosa Séptica, es un contenedor hermético que tiene como objetivo separar los sólidos de las aguas negras, por medio del asentamiento de los mismos en el fondo del tanque. Los sólidos pueden ser eliminados o digeridos, el resto se queda acumulado en el tanque como lodo, que debe ser bombeado fuera.

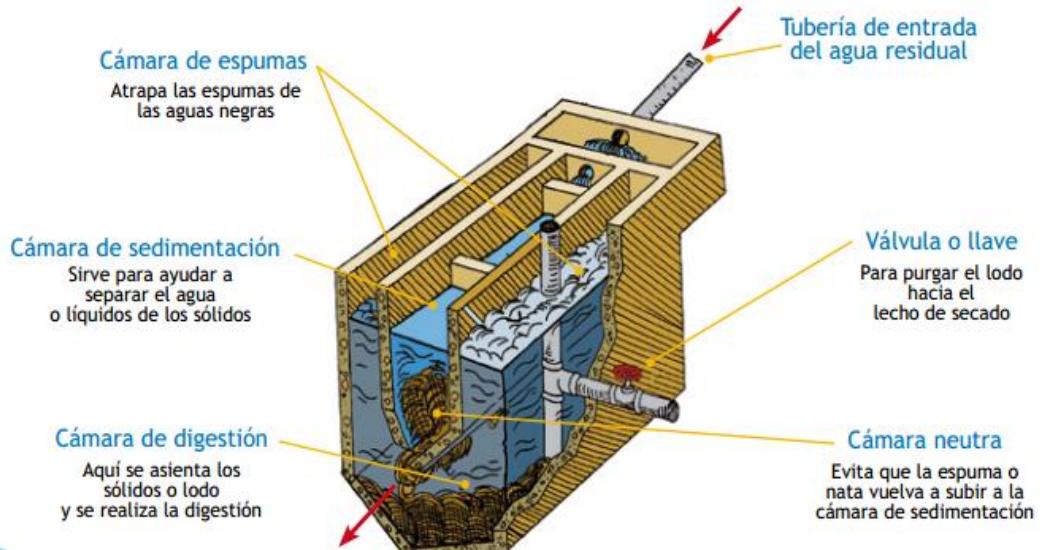
Ilustración 2.1.6 Gráfico de tratamiento primario Fosa Séptica



Fuente: Desatran servicios comunitarios, Fosas Sépticas

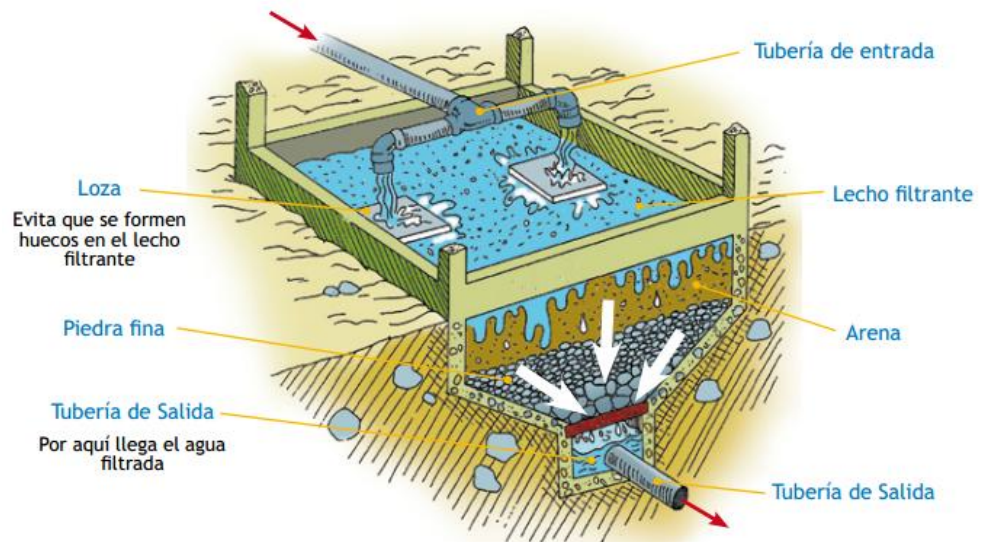
- Tanque Imhoff, integra las acciones de sedimentación de aguas y digestión de lodos, removiendo así los sólidos suspendidos. Las aguas negras descargan a una cámara de sedimentación, los sólidos se depositan deslizándose por las paredes inclinadas del tanque hasta llegar a la cámara de digestión. El efluente luego descarga a un lecho de secado, el cual cuenta con capas de grava y arena en cuya superficie se depositan los lodos.

Ilustración 2.1.7 Gráfico de tratamiento primario de Tanque Imhoff



Fuente: Sistema de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, Plan Nacional de calidad Turística de Perú (2008)

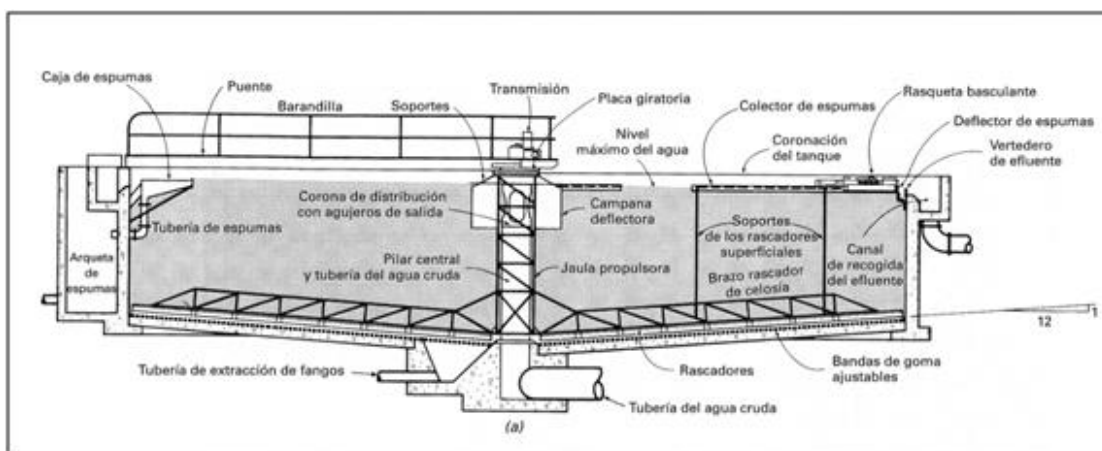
Ilustración 2.1.8 Gráfico de tratamiento Lechos de Secado



Fuente: Sistema de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, Plan Nacional de calidad Turística de Perú (2008)

- Decantación Primaria, proceso utilizado para eliminación de partículas menores por medio de la sedimentación, pues al llegar el agua a este sistema, pierde velocidad, depositando las partículas en el fondo formando un fango primario, el cual luego será removido.

Ilustración 2.1.9 Gráfico de tratamiento primario de Decantación Primaria



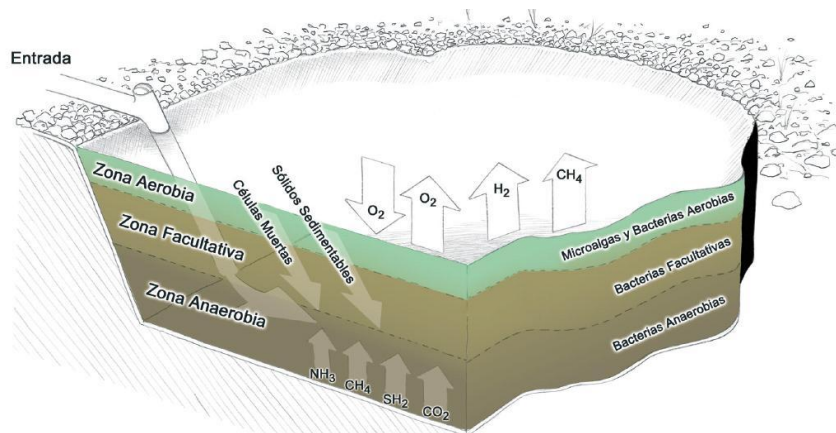
Fuente: *Tratamiento Primario: Sedimentación Primaria. 2002*

El *tratamiento secundario* tiene como objetivo la reducción de materia orgánica soluble (demanda bioquímica de oxígeno) que logra sobrevivir a un proceso primario. Se pretende descomponer los contaminantes orgánicos en un periodo corto de tiempo, por medio de la reproducción de fenómenos naturales de estabilización de materia orgánica.

- Lagunaje, se entiende como la disposición de las aguas servidas en depresiones, ya sean naturales o construidas con este fin. Este proceso simula la autodepuración que se lleva a cabo en ríos o lagos, resultando una mejora biológica del agua

tratada. Estas lagunas pueden ser aerobias, anaerobias y facultativas. Las primeras trabajan con oxígeno molecular provocando la oxidación biológica de las partículas existentes en el agua, las anaerobias combinan la sedimentación de los sólidos con biomasa activa suspendida en el agua residual y las últimas agregan una bacteria facultativa.

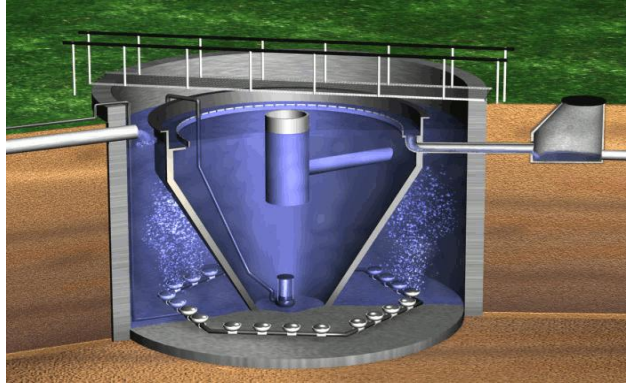
Ilustración 2.1.10 Gráfico de tratamiento secundario de Lagunaje



Fuente: Métodos Naturales de Tratamiento de Aguas Residuales, Sistemas de Tratamiento mediante aplicación del terreno, 2002.

- Aireaciones prolongadas, en este proceso actúan microorganismos (principalmente bacterias) transformando la materia orgánica suspendida, disuelta o coloidal presente en el agua residual, en gases y en nueva materia celular que se puede sedimentar debido a su mayor densidad. Esto se logra por medio de aireación y oxidación de la materia orgánica.

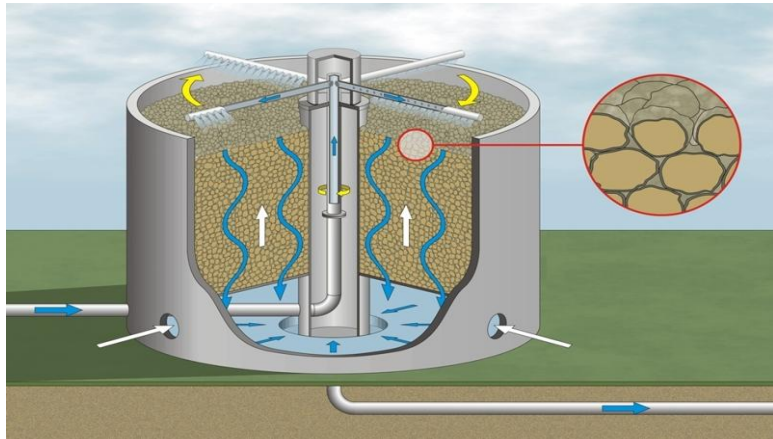
Ilustración 2.1.11 Gráfico de tratamiento secundario de Aireación Prolongada



Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, Tratamiento secundario: otros procesos anaerobios; S. Ramalho.

- Lechos bacterianos, es un sistema biológico aerobio, de cultivo fijo; que consiste en la descarga del agua residual sobre una masa que sirve de soporte, en la cual se adhieren los microorganismos depuradores. Sobre la superficie se desarrolla una capa de biomasa, dejando espacio suficiente para que circule aire ascendentemente. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, requiriendo una sedimentación posterior.

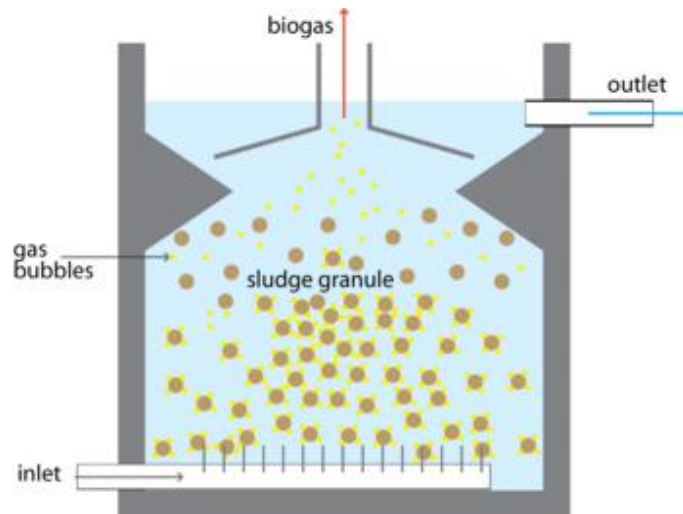
Ilustración 2.1.12 Gráfico de tratamiento secundario de Lechos Bacterianos



Fuente: Guía práctica para depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones, R. Huerta. 2012

- Reactor de flujo anaerobio, este proceso combina una alta eficiencia con bajos costos de construcción, consiste en el paso del agua residual a una baja velocidad ascensional, hasta un manto de fangos compuesto de gránulos o partículas. El flujo es conducido por una capa de lodos formada por gránulos de microorganismos que degradan los compuestos orgánicos del agua residual y actúan como filtros, como resultado se liberan gases (metano y bióxido de carbono) que mezclan los lodos.

Ilustración 2.1.13 Gráfico de tratamiento secundario Anaerobio de Flujo Ascendente

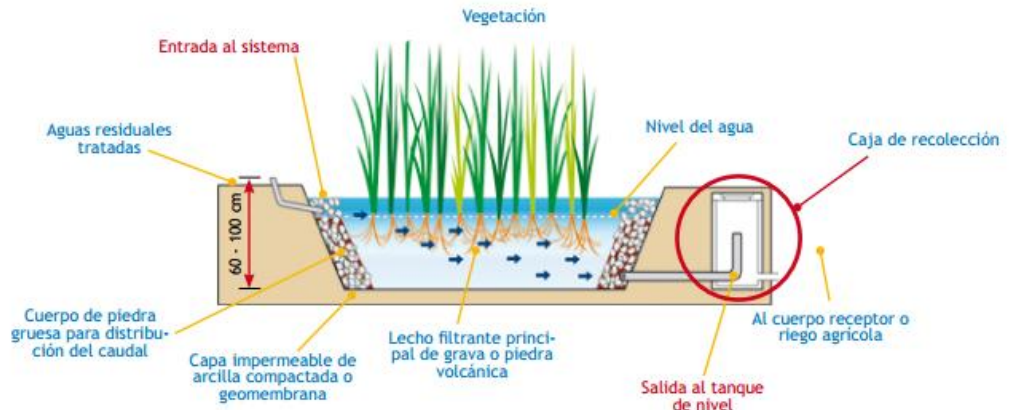


Fuente: Tratamiento Biológico de Aguas Residuales, Reactores Anaerobios: Tipos y Características. J. Sanz.

El *tratamiento terciario* tiene como objetivo eliminar contaminantes químicos, tóxicos o no biodegradables de las aguas residuales.

- Humedales artificiales, son estanques de agua residual que contiene flora acuática que tienen como objetivo reducir y remover las cargas orgánicas contaminantes del efluente, por medio de procesos físicos, químicos y biológicos. La vegetación existente proporciona una superficie para la formación de películas bacterianas y facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual.

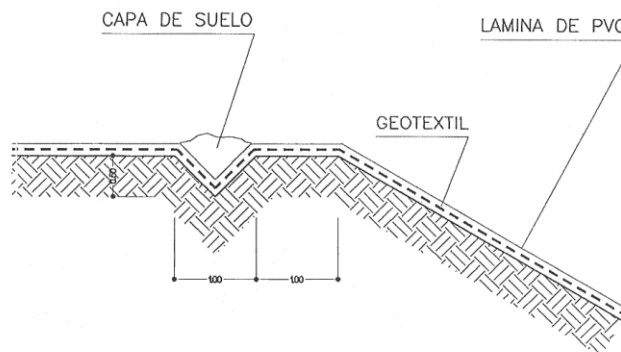
Ilustración 2.1.14 Gráfico de tratamiento terciario de Humedales Artificiales



Fuente: Sistema de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, Plan Nacional de calidad Turística de Perú (2008)

- Lagunas de maduración, este sistema tiene como objetivo reducir la concentración de bacterias patógenas de las aguas residuales, elimina nutrientes, clarifica el efluente, etc. Este proceso funciona con algas unicelulares que sobreviven con un balance de oxígeno adecuado, las cuales eliminan las bacterias al alimentarse y realizar la fotosíntesis.

Ilustración 2.1.15 Gráfico de tratamiento terciario de Lagunas de maduración



Fuente: Diseño de Plantas de Tratamiento I, 2010. A. Torres

2.1.5. Características de los efluentes tratados

Las aguas residuales deben ser tratadas con el fin de prevenir la descarga en las redes de alcantarillado, ríos, quebradas, lagos, aguas marítimas, de efluentes que contengan contaminantes perjudiciales para la salud humana, fauna y flora del ambiente.

La siguiente tabla detalla la eficiencia de remoción y la calidad de los efluentes de los distintos tratamientos mencionados en el capítulo anterior.

Tabla 2.1.3 Eficiencia de remoción de efluentes tratados

Proceso	DBO5 (% de remoción)	DQO(% de remoción)	SS(% de remoción)	BACT (% de remoción).
Desbaste	5-10	5-10	2-20	10-20
Desarenador	0-5	0-5	0-10	-
Fosa Séptica	30	30	60	-
Tanque Imhoff	25-30	25-30	40-50	-
Lagunaje	90-95	70-80	85-95	95-98
Lechos Bact.	80-90	80-95	80-85	90-95
UASB	80-90	80-90	90-95	90-95

Fuente: Romero, J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño.

En la cabecera cantonal Puerto López existe construida una planta de tratamiento primario, un tanque de doble acción llamado Tanque Imhoff, cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Este sistema se divide en tres partes:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión de lodos
- Área de ventilación y acumulación de natas

El proceso consiste en el paso de las aguas residuales por la cámara de sedimentación, donde se separan los sólidos suspendidos de los sedimentables. Los primeros se quedan retenidos en la cámara de sedimentación, mientras que los segundos fluyen con el agua hacia el digestor anaeróbico. En esta cámara existe una ranura por donde pasan los líquidos, pero impide el paso de gases, los cuales son desviados a la cámara de ventilación. Los lodos son acumulados en la cámara de digestión y periódicamente deben ser removidos.

El efluente resultante de este proceso es de mala calidad orgánica y puede producir malos olores. Se elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y el DBO_5 se reduce de un 25 a 30% (CEPIS-OPS, 2005).

2.1.6. Estándares de calidad para tratamiento de Aguas Residuales

Los parámetros y normas que rigen la calidad del agua tratada dependen del uso que se le va a dar a la misma, y la zona de descarga. Se tienen varios criterios a considerar, si el agua va a ser destinada al consumo humano y uso doméstico, uso agrícola, riego, uso estético, uso industrial; como también, si ésta va a ser descargada al alcantarillado, cuerpos de agua dulce, cuerpos de agua marina.

Se entiende por agua para consumo humano y doméstico, aquella que va a ser consumida directamente o utilizada para la preparación de alimentos, limpieza e higiene personal, del hogar, de utensilios, entre otros.

Por otra parte, el agua destinada a la preservación de la flora y fauna del ambiente es aquella que va a aportar a la preservación de los ecosistemas, sin causar alteraciones en ellos ni afectar a sus organismos.

En el caso de descargas de efluentes al sistema de alcantarillado público, o a cuerpos de agua dulce o marina, existen diferentes parámetros en los que los valores de límites máximos permisibles corresponden a promedios diarios.

En el tema de estándares de calidad, es indiferente el tamaño de la población, sea pequeña o grande, deben considerarse los criterios nombrados anteriormente y regirse bajo los límites máximos permisibles dependiendo del tipo de efluente y la zona de descarga.

La calidad del agua tratada en la parroquia Puerto López se debe regir bajo los criterios de agua destinada a descargar en cuerpos de agua marina; los cuales se muestran en las siguientes tablas, adaptadas de la normativa ambiental vigente.

Tabla 2.1.4 Criterios de calidad admisibles para los efluentes de descarga

Parametros	Expresado como	Unidad	Limite Permissible	Max.
Aceites y grasas		mg/l	0.3 ^a	
Arsenico	As	mg/l	0.05 ^b	
Aluminio	Al	mg/l	1.5 ^b	
Amoniaco	NH3	mg/l	0.4 ^b	
Bario	Ba	mg/l	1.0 ^b	
Berilio	Be	mg/l	1.5 ^b	
Boro	B	mg/l	5.0 ^b	
Cadmio	Cd	mg/l	0.005 ^b	
Cianuro Libre	CN	mg/l	0.01 ^b	
Clorofenoles		mg/l	0.5 ^b	
Cobre	Cu	mg/l	0.05 ^b	
Cromo Total	Cr	mg/l	0.05 ^b	
Cobalto	Co	mg/l	0.2 ^b	
Coliformes Fecales	nmp/100ml		Remoción > 99.9% ^a	
Color real		unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20 ^a	
Cromo hexavalente	Cr6	mg/l	0.5 ^a	
Compuestos fenolicos		mg/l	0.2 ^a	
Demanda Bioquímica de Oxigeno	DBO5	mg/l	100.0 ^a	

Demanda de Oxígeno	Química DQO		mg/l	250.0 ^a
Estano		Sn	mg/l	2.0 ^b
Fenoles monohídricos			mg/l	0.001 ^b
Fósforo Total		P	mg/l	10.0 ^a
Fluoruros		F	mg/l	5.0 ^a
Hierro		Fe	mg/l	0.3 ^b
Hidrocarburos Totales de Petroleo		TPH	mg/l	0.05 ^b
Hidrocarburos Aromáticos policiclos		HAPs	mg/l	0.0003 ^b
Manganeso		Mn	mg/l	0.1 ^b
Materia Flotante		Visibles		Ausencia ^a
Mercurio		Hg	mg/l	0.0001 ^b
Níquel		Ni	mg/l	0.1 ^b
Nitrógeno total		Ni	mg/l	40.0 ^a
Organoclorados totales			mg/l	0.05 ^a
Organofosforados totales			mg/l	0.1 ^a
Oxígeno Disuelto		O.D	mg/l	No menor al 60% o 5mg/l ^a
Plaguicidas organoclorados totales			µg/l	10.0 ^b

Plaguicidas organofosforados totales		µg/l	10.0 ^b
Plata	Ag	mg/l	0.005 ^b
Piretroides		mg/l	0.05 ^b
Plomo	Pb	mg/l	0.5 ^a
Potencial hidrógeno	de pH		6-9 ^a
Selenio	Se	mg/l	0.01 ^b
Sólidos Suspendidos		mg/l	100 ^a
Sulfuros	S	mg/l	0.5 ^a
Sulfuro de Hidrógeno ionizado	H2S	mg/l	0.0002 ^b
Organoclorados totales		mg/l	0.05 ^a
Organofosforados totales		mg/l	0.1 ^a
Temperatura	°C		<32 ^b
Tensoactivos		mg/l	0.5 ^a
Zinc	Zn	mg/l	10 ^a

*a= Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

*b= Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tablas 3 y 13

2.2. Influencias de las actividades artesanales, comerciales e industriales en la generación y composición del Agua Residual

La provincia de Manabí cuenta con tres sectores principales para el desarrollo de su economía; estos son el comercio aportando el 19.0% del producto interno bruto, la manufactura con el 29.9% y la agricultura con el 10.7%, según datos del INEC del 2004. Entre otras actividades importantes, se encuentran también la pesca y el transporte aportando aproximadamente un 8% cada una.

La siguiente tabla muestra las características de los efluentes de las actividades industriales más reconocidas o desarrolladas a nivel nacional.

Tabla 2.1.5 Característica de los efluentes de actividades industriales

Industria	pH	SST (mg/Lt)	DBO5(mg/Lt)	DQO(mg/Lt)
Camales	6-8	900	1,200	2,500
Bebidas	6-8	300	500	1,000
Licores	6-8	1,000	500	700
Papelera	6-8	300	300	400
Jabones	6-8	200	2,000	600
Vidrio	6-8	300	500	1,000

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente Colombiano (2000) Formulación de planes de Pretratamiento de Efluentes Industriales.

Por su parte, la parroquia Puerto López tiene un movimiento industrial muy limitado, al ser una comunidad pequeña donde los recursos financieros y educativos son escasos, no se ha desarrollado gran variedad de áreas comerciales o industriales. Principalmente, los habitantes se han sostenido

por las actividades artesanales de fácil manejo en la zona, debido a los recursos provistos; donde la más importante ha sido la actividad pesquera, ya sea semi-industrial o artesanal, vigente hasta la actualidad debido a la influencia de las costumbres locales. La pesca artesanal es el principal medio de la industria, utilizando embarcaciones de fibra de vidrio con motores, que permite a los pescadores recorrer grandes distancias en menor tiempo. Los productos que predominan son la corvina, el “camotillo” y el “cabezudo”.

Existe un espacio destinado al desembarque pesquero en el malecón de Puerto López, donde se dan ciertas facilidades a los pescadores, tales como gasolina artesanal, un comedor y zona de descanso.

Sin embargo, los últimos años se ha abierto las puertas al desarrollo turístico, donde la industria hotelera ha crecido junto con la población y los visitantes. Actualmente, Puerto López cuenta con aproximadamente 5 hosterías, 8 hoteles y 15 hostales, pudiendo hospedar a un aproximado de 900 personas; y tienen alrededor de 30 locales de restaurantes, incluyendo bares.

Este desarrollo tiene como consecuencia principal el crecimiento poblacional exponencial de la zona, alterando el área urbana, ambiental, comercial; pues el entorno debe adaptarse a la carga turística que debe soportar. Una mayor población aumenta la contaminación ambiental debido a la demanda de transporte, actividades turísticas que hacen uso de recursos naturales de la zona, el incremento en la generación de residuos líquidos y sólidos, donde los desechos varían desde residuos orgánicos, no orgánicos, hasta contaminantes como envases con productos químicos, combustible, insecticidas, aceites.

2.3. Turismo Sostenible

El turismo es una industria que nació en el siglo XIX a consecuencia de la revolución industrial, y ha ido creciendo y evolucionado con el paso de los años en relación a las necesidades poblacionales, los cambios en la sociedad, la expansión económica y el desarrollo tecnológico. Todos estos factores convierten el turismo en un producto destinado a la estandarización y la globalización; por medio de agencias de viajes, tours, paquetes promocionales, y demás, donde al consumidor se le facilita y economiza el desarrollo de un viaje turístico.

Este desarrollo afecta directamente a ciertas áreas comerciales, tales como los medios de transporte (aviones, barcos, buses, trenes, autos, etc), la industria hotelera, el emprendimiento de actividades recreativas, etc; lo cual produce un movimiento económico muy representativo para el lugar de destino.

Sin embargo, toda acción tiene su reacción; el desarrollo turístico, como cualquier otra industria, produce un fuerte impacto ambiental que debe ser tomado en cuenta como producto de análisis y búsqueda de soluciones.

En consecuencia, durante las últimas décadas, se ha desarrollado lo que se conoce como turismo sostenible o sustentable, el cual tiene como objetivo anticipar las repercusiones (actuales y futuras) que se generarán en las áreas económicas, sociales y medioambientales, con el fin de satisfacer la demanda turística. Es decir, esta clase de turismo se basa en la sostenibilidad, utilizando adecuadamente los recursos naturales de la zona, permitiendo que generaciones futuras puedan disfrutar de ellos; respetando la biodiversidad tanto de la flora como fauna, así mismo como la diversidad social y cultural existente.

Para esto, es necesario realizar un debido control y monitoreo de las actividades industriales y empresariales, evitando el menor impacto posible al ambiente.

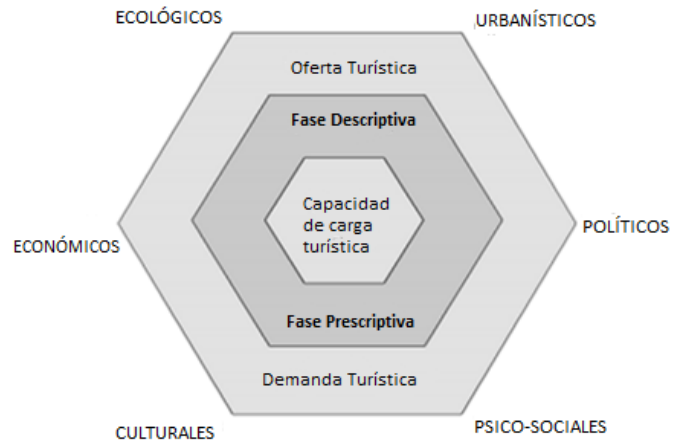
2.3.1. Turismo sostenible y capacidad de carga ambiental y turística

Conociendo que el turismo sostenible se desarrolla en relación a los recursos existentes y a su explotación ambientalmente consiente; un aspecto importante que debe tomarse en cuenta es la capacidad de carga turística del lugar. Esto comprende todos los límites que se generen en un sector turístico en relación al volumen de crecimiento poblacional que pueda sostener, sin realizar impactos negativos o irreparables.

En este caso, el turismo no solo debe velar por la responsabilidad ambiental del medio, sino también por la satisfacción y calidad de experiencia de los visitantes; es decir, la capacidad de carga representa el máximo número de visitantes que puede soportar un lugar sin crear impactos negativos en el entorno físico o social, y al mismo tiempo ofrecer satisfacción y cumplir con las expectativas de los visitantes.

El siguiente gráfico muestra los principales aspectos que la capacidad de carga debe tomar en consideración.

Ilustración 2.1.16 Enfoques de la capacidad de carga turística.



Fuente: La capacidad de carga turística: Revisión crítica de un instrumento de medida de sostenibilidad; J. López Bonilla.2008

2.3.2. Análisis de casos de experiencias similares

Existen varios casos de desarrollo turístico a nivel mundial que pueden analizarse, tanto positiva como negativamente, pues es evidente el crecimiento de demanda turística que ha existido durante las últimas décadas; y esta evolución se va dando en relación a los buenos pasos de ciertas localidades, intentando no cometer los errores de otras, que no supieron manejar la carga turística adecuadamente.

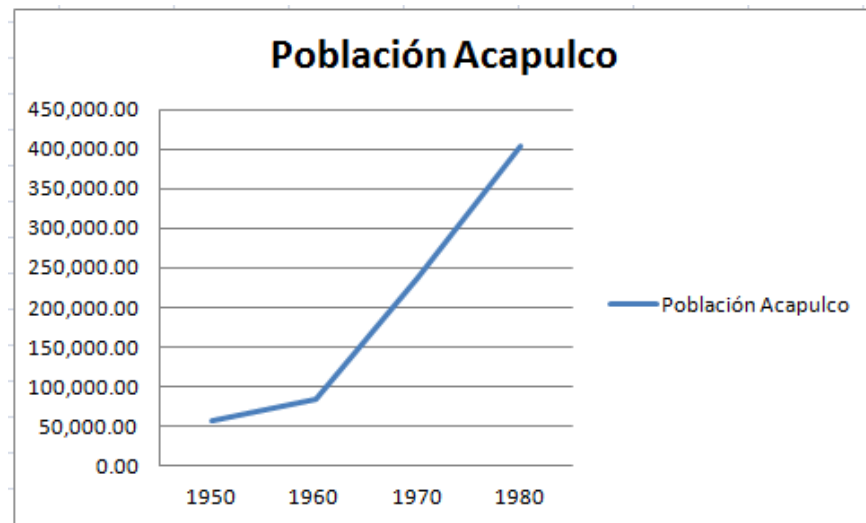
2.3.2.1. Caso Acapulco

Acapulco, ciudad de México, es un reconocido balneario turístico, con una larga bahía y esplendoroso perímetro costero; el cual fue víctima de un crecimiento acelerado de actividad turística. Entre los motivos propulsores del movimiento de actividades en Acapulco, tenemos la construcción de una vía rápida en el año 1955 que facilitaba el acceso a la ciudad, y un nuevo aeropuerto internacional habilitado, inversión extranjera, entre otros.

Esta industria se convirtió en la base principal de la economía no sólo en Acapulco, sino en el país entero, superando la industria petrolera, generando una gran cantidad de empleos y crecimiento urbanístico.

Sin embargo, el desarrollo no fue del todo positivo, pues se vieron obligados a realizar una serie de cambios en la ciudad para satisfacer la demanda poblacional; el desarrollo de la industria hotelera fue de gran impacto, junto con la construcción de nuevas vías y zonas residenciales, que alteraron el concepto turístico de la ciudad. Este fenómeno fue llamado la mancha urbana.

Ilustración 2.1.17 Crecimiento poblacional de Acapulco



Fuente: Turismo y medio ambiente: El Caso Acapulco. J.M. Ramírez. 2009

Estos cambios ocasionaron repercusiones ambientales, alterando la atmósfera y perjudicando los recursos naturales de la bahía, debido a la contaminación generada a base de gases de vehículos, la planta cementera, descarga ilegal de efluentes no tratados en las aguas marinas, etc. Esta situación fue el resultado de la falta de planificación

e indagación de indicadores de la capacidad de carga ambiental y poblacional que la ciudad podía sostener.

2.3.2.2. *Caso Panamá*

Panamá es un país ubicado en Centroamérica, que gracias a su posición geográfica escenario del Canal de Panamá, ha logrado desarrollarse tanto en el área comercial como en el área turística, pues ofrece servicios marítimos, comerciales, inmobiliarios y financieros.

Debido a su importancia comercial, se generaron una gran cantidad de proyectos de inversión de empresas extranjeras y multinacionales, entre ellos, reconocidas cadenas hoteleras se posicionaron en Panamá, convirtiéndola en un centro turístico mundial. En consecuencia, indicadores de turismo que datan del año 2008, registran un número de aproximadamente 1,610,000 visitantes, generando un incremento porcentual de visitantes del 12.7%.

El turismo se convirtió en la industria de mayor crecimiento en Panamá; según estadísticas aportó \$1.45 millardos de dólares a la economía (Datos referentes del Instituto Panameño de Turismo, IPAT (*REPORTE ESTADÍSTICO 1997 – 2006*), representando el 9.5% del total de Producto Bruto Interno (PBI), lo que la convierte en la industria más importante del país. Sin embargo, la mala planificación de grandes proyectos de desarrollo generó una mala imagen de la ciudad de Panamá, permitiendo el crecimiento sin una organización pertinente, eliminando grandes cantidades de áreas verdes talando bosques, la explotación de recursos sin control afectando al entorno, por ejemplo erosión en las playas debido a la tala de manglares,

contaminación del agua marina por manejo inadecuado de desechos, entre otros.

Bajo estos motivos, se produce la necesidad de estructurar un plan de desarrollo turístico en relación a las diferentes áreas que afecten a la zona, es decir, control vehicular en zonas muy transitadas, transportes alternativos, tratamiento obligatorio de las descargas de agua, etc. así mejorando la calidad de vida de los habitantes y el entorno turístico.

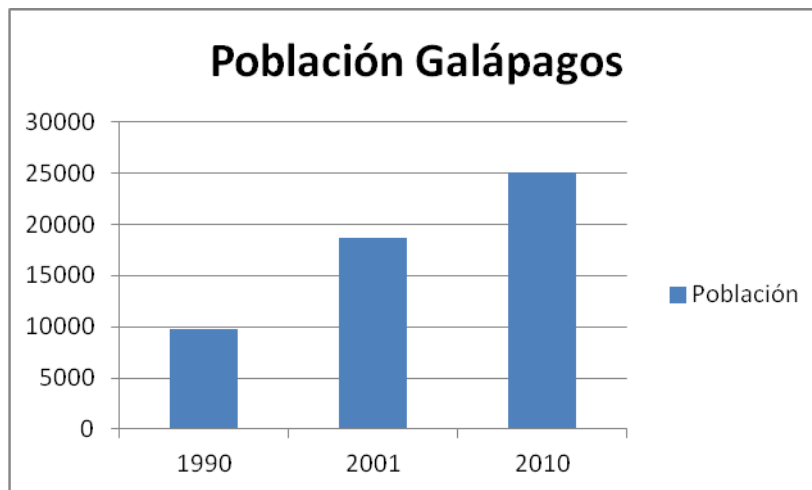
2.3.2.3. Caso Galápagos

Por otra parte, un ejemplo con resultados positivos que se ha desarrollado dentro del país, es el caso de las Islas Galápagos, también llamadas " Islas Encantadas"; las cuales, en el año 1959, fueron declaradas Parque Nacional con el fin de proteger y preservar el patrimonio de flora y fauna reconocido por su vasta diversidad. Este es un caso de Ecoturismo de gran importancia que se ha ganado reconocimiento internacional, debido al buen manejo de la protección de la vida silvestre, las investigaciones científicas y a la educación turística y ambiental.

Actualmente, las autoridades del Ecuador tienen como objetivo promover el desarrollo socio-económico turístico sustentable para los habitantes de las islas. Conforme a esto, es primordial el manejo consciente de la capacidad de carga turística y los aspectos relacionados a esta (ambientales, sociales, culturales, económicos); cumpliendo así el mandato principal del Parque, protegiendo la biodiversidad y los ecosistemas y garantizando el desarrollo de procesos evolutivos y ecológicos insulares.

Estas son medidas de precaución que deben tomarse en consecuencia del crecimiento turístico que se ha desarrollado en los últimos 20 años, que se registra ha sido de un 14% anual; en el año 1990 se contabiliza un aproximado de 40,000 visitantes, cantidad que ha crecido hasta el año 2010 a un aproximado de 175,000 visitantes, según los registros del Parque Nacional Galápagos.

Ilustración 2.1.18 Crecimiento Poblacional en Galápagos



Fuente: Datos registros Parque Nacional Galápagos

Este crecimiento turístico afecta directamente al tamaño poblacional de las islas, lo cual se ve reflejado en el aumento de la demanda en todas las áreas relacionadas al turismo, desde el transporte, hospedaje y actividades recreativas, hasta los servicios básicos. Por estas razones, debe existir un indicador de capacidad de carga turística y ambiental que sea sustentable para el Parque Nacional Galápagos.

2.4. Marco Legal Ecuatoriano aplicable al tratamiento de Aguas Residuales

Se han desarrollado una serie de normativas que tienen como objetivo la protección del patrimonio cultural de la república, sus recursos, flora y fauna. A continuación se mencionaran los que siguen vigentes, y el papel que cumplen.

La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial N° 97 el 31 de mayo de 1976, indica que se prohíbe la descarga al sistema de alcantarillado público, lagos, ríos, aguas marinas; de los efluentes que no se rijan a las correspondientes normas y regulaciones, que contengan contaminantes perjudiciales a la salud humana, ecosistemas o propiedades ambientales.

Por otra parte, el Ministerio de Salud y del Ambiente es el encargado de desarrollar las normativas y regulaciones necesarias para asegurar la calidad del agua a descargarse en las respectivas áreas receptoras; al igual que están encargados de la supervisión del diseño, construcción, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, según sea la necesidad del caso.

En el Libro VI, Anexo I del Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental del Ecuador (TULSMA), Decreto N° 3.516 que se publicó en la Edición Especial No. 2 del Registro Oficial con fecha 31 de marzo del 2003, ratificando su plena vigencia y aplicabilidad en todo el territorio nacional, se presentan los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones sobre las descargas de efluentes en cuerpos de agua o alcantarillado, como también se establecen los criterios a regirse sobre la calidad del agua en relación a sus distintos usos.

Todos estos parámetros están expuestos en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, la cual establece los límites permisibles para las descargas de efluentes dependiendo del destino, los parámetros de

calidad de las aguas dependiendo del destino de uso, detección de contaminantes en el agua y los niveles permisibles.

Las Tablas 1 y 2 contienen límites máximos de contaminantes en aguas destinadas para consumo humano, mientras que las Tablas 3 y 4, estableces los criterios de calidad admisibles para la prevención de la flora y fauna dependiendo del destino de descarga (agua dulce, marina, estuario, frías, cálidas). El resto de tablas contienen parámetros y criterios a considerarse para aguas subterráneas, aguas de uso agrícola, uso pecuario, aguas de riego y aguas con fines recreativos.

2.4.1. Organismos competentes

En la actualidad, El gobierno de la República del Ecuador está desarrollando una campaña nacional que se enfoca en el turismo consciente; tiene como objetivo evitar los efectos negativos que las actividades relacionadas al turismo y al desarrollo poblacional puedan ocasionar.

Como parte de este proyecto, el gobierno, mediante el Decreto Ejecutivo No. 15 21, ha constituido al Cantón Puerto López como Área Turística Protegida (ATP), cubriendo un área de 15,140.97ha, donde se incluye el Parque Nacional Machalilla. Este decreto define que se establecerán tres centros turísticos específicos: el de Distribución en la parroquia Puerto López, Excursión en Salango y Hospedaje en Ayampe. E incluye una regeneración integral del Cantón, incluyendo un malecón en la playa de Puerto López, alcantarillado público, mejora de las vías públicas, invirtiéndose un total de 67millones de dólares.

Para que los objetivos establecidos sean alcanzados, se ha dispuesto al Ministerio de Turismo como entidad competente del proyecto, autorizando el uso adecuado del territorio. Se contará también con la

ayuda del Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda (MIDUVI) el cual tiene como objetivo contribuir al desarrollo de país junto en base a regulaciones, planes, programas y proyectos encaminados a una mejor calidad de vida para los ciudadanos. Este organismo cuenta con una Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento, la cual promueve el acceso equitativo a los servicios básicos, de las zonas rurales, relacionados con el abastecimiento de agua potable y la recolección de las aguas servidas, logrando el saneamiento local.

El proyecto de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales en la Parroquia de Puerto López ha sido administrado desde sus inicios por el Municipio del Cantón Puerto López, encargándose de la contratación del diseño y construcción de los mismos; sin embargo, no se ha podido culminar la obra. Actualmente, se encuentra a la espera de una inversión final para adquirir los elementos restantes del sistema de bombeo, para finalmente poner en funcionamiento todo el sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, se está tramitando el cambio de dirigencia hacia la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado, convirtiéndose en el organismo competente encargado de:

- El abastecimiento de agua potable a nivel cantonal, proyecto que cuenta con fecha de entrega el 22 del Julio del presente año, impulsado por el gobierno Ecuatoriano.
- El uso adecuado y mantenimiento del alcantarillado existente de la Parroquia Puerto López, y la administración del proyecto a futuro de la finalización del alcantarillado hacia las zonas exteriores al centro de la parroquia, abarcando así el territorio total existente.
- El uso adecuado y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, verificando también la calidad del agua a descargarse.

3. METODOLOGÍA

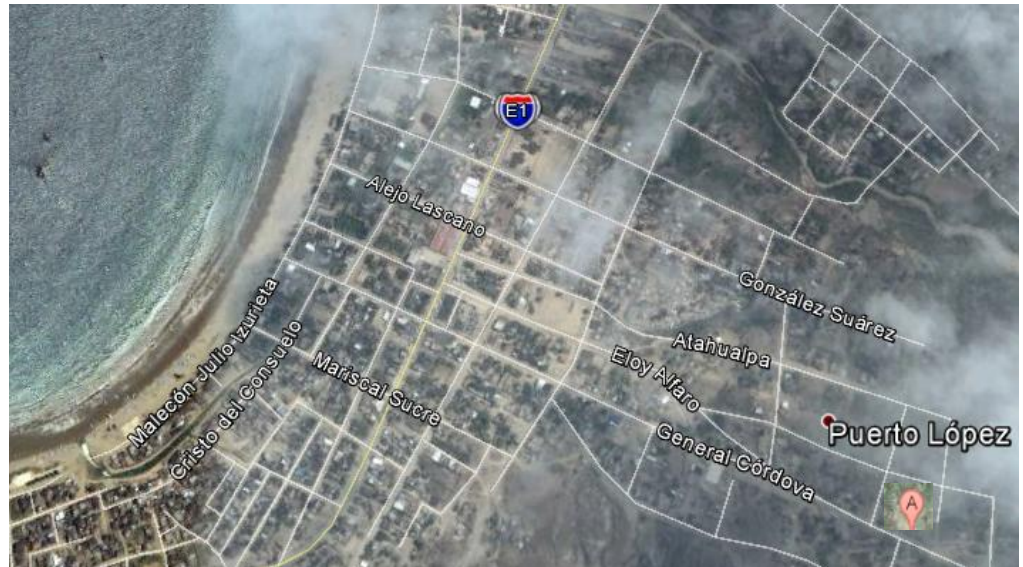
3.1. Recopilación de datos, revisión de planos y memoria técnica

Gracias a la cooperación de la Alcaldía de Puerto López, se pudo obtener información de proyectos directamente relacionados con el tratamiento de aguas residuales, algunos datan desde el año 2000, año en que se puso en marcha el Análisis y Diseño del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento en la parroquia de Puerto López. Entre la información proporcionada, se cuenta con la memoria técnica de la planta de tratamiento, diseño y planos del sistema de alcantarillado y sistema de tratamiento de aguas; documentos que se utilizaron para el análisis y validación de los diseños comparados con la realidad actual de la parroquia.

3.1.1. Descripción de la Planta de Tratamiento en Puerto López

La planta de tratamiento está ubicada al Nor-Este de la Parroquia, a una distancia de 3km desde la estación de bombeo, ubicada en la calle Juan Montalvo y General Córdova (Ver ilustración 3.1). La planta está diseñada para recibir el total de las descargas del sistema de alcantarillado que abarca el 70% del territorio de la parroquia; el porcentaje restante pertenece a los sectores aledaños al centro que se han expandido en los últimos años, los cuales se encuentran considerados en un nuevo proyecto de alcantarillado para abarcar el territorio total de Puerto López.

Ilustración 3.1 Ubicación de la Planta de Tratamiento en mapa de la Parroquia Puerto López.



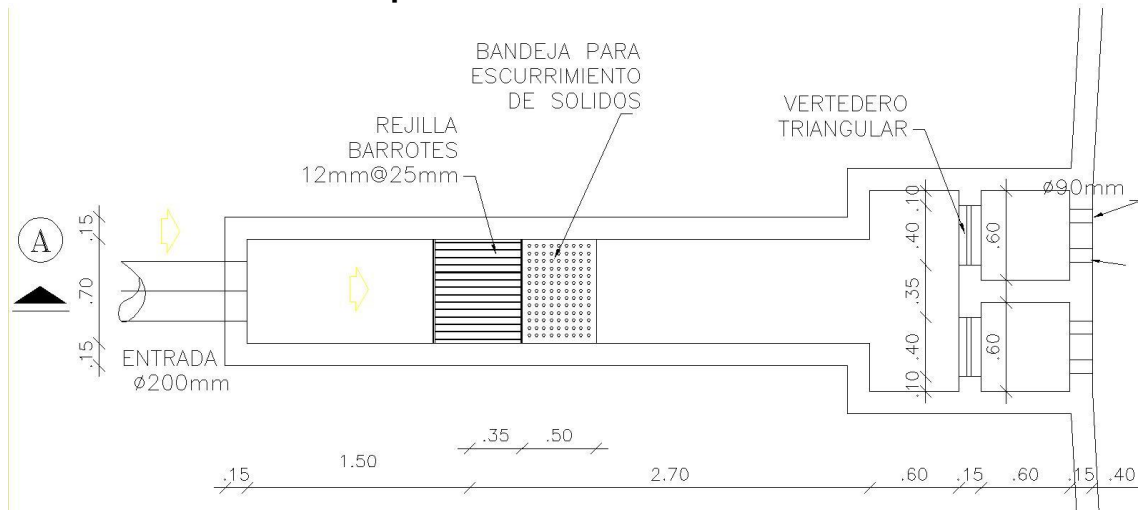
Fuente: Imagen satelital obtenida de Google Maps

El sistema de alcantarillado fue diseñado en el año 2000 y construido en el año 2002, posteriormente se realizó el diseño de la planta de tratamiento en el año 2004 y su construcción inició en el año 2006. Ninguno de estos sistemas se encuentra en funcionamiento en la actualidad, debido a que no se cuenta con el sistema de bombeo construido en su totalidad, para empezar a recolectar las aguas residuales por medio del alcantarillado público, para luego descargarlas en el sistema de tratamiento construido.

Esta planta cuenta con un tratamiento preliminar (Ver ilustración 3.2 y 3.3) de rejilla de barrotes de 12mm c/25mm y una bandeja para escurrimiento de sólidos, continuando el flujo a un vertedor triangular que se encarga de una distribución uniforme hacia los dos reactores Imhoff existentes.

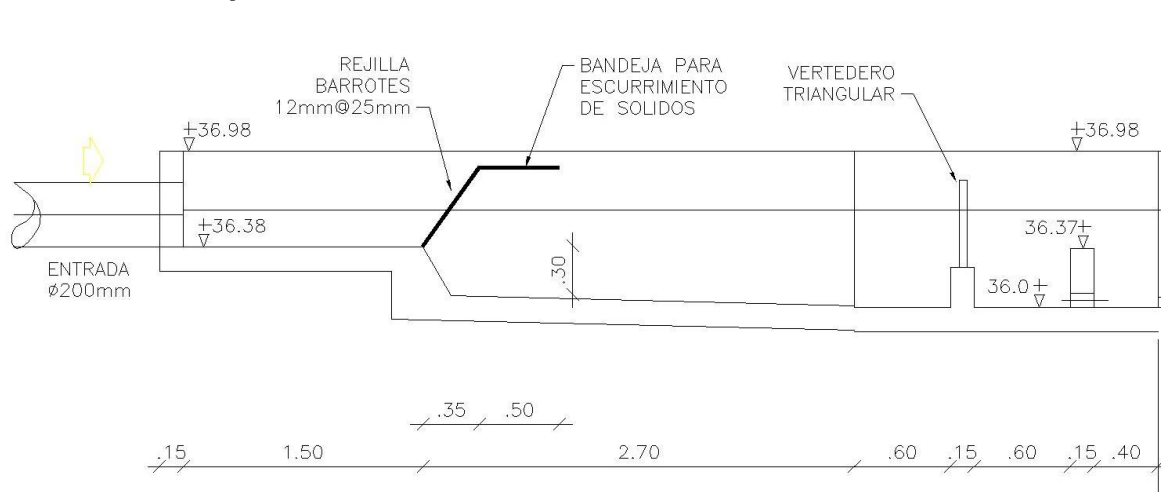
Estos tanques están diseñados para remover los sólidos suspendidos, para luego conducir el agua a dos cámaras de Lechos de secado, donde el agua contenida en los lodos se filtra hasta llegar al cuerpo receptor, un cauce que en verano permanece seco y que descarga finalmente al mar.

Ilustración 3.2 Plano en Planta de Pretratamiento de aguas residuales en Puerto López



Fuente: Estudio de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Puerto López, año 2004

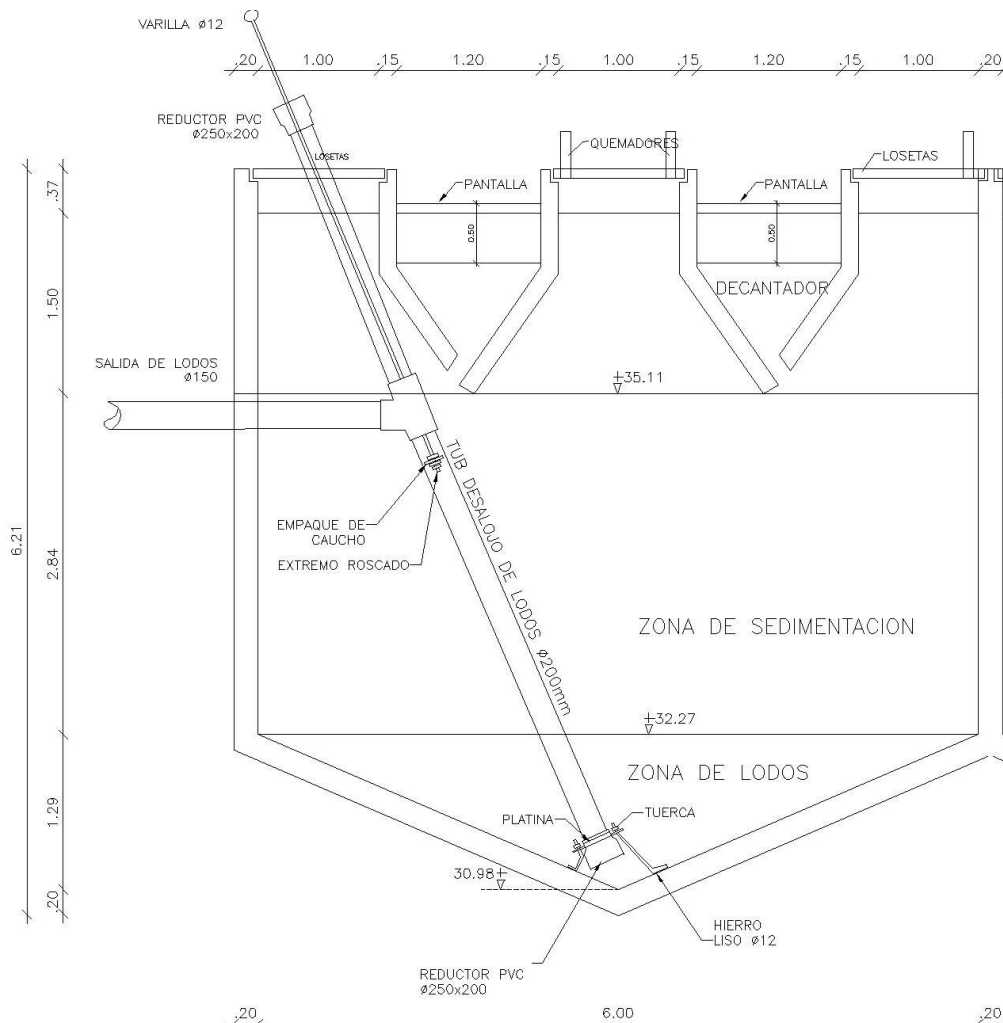
Ilustración 3.3 Plano en Corte de Pretratamiento de aguas residuales en Puerto López



Fuente: Estudio de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Puerto López, año 2004

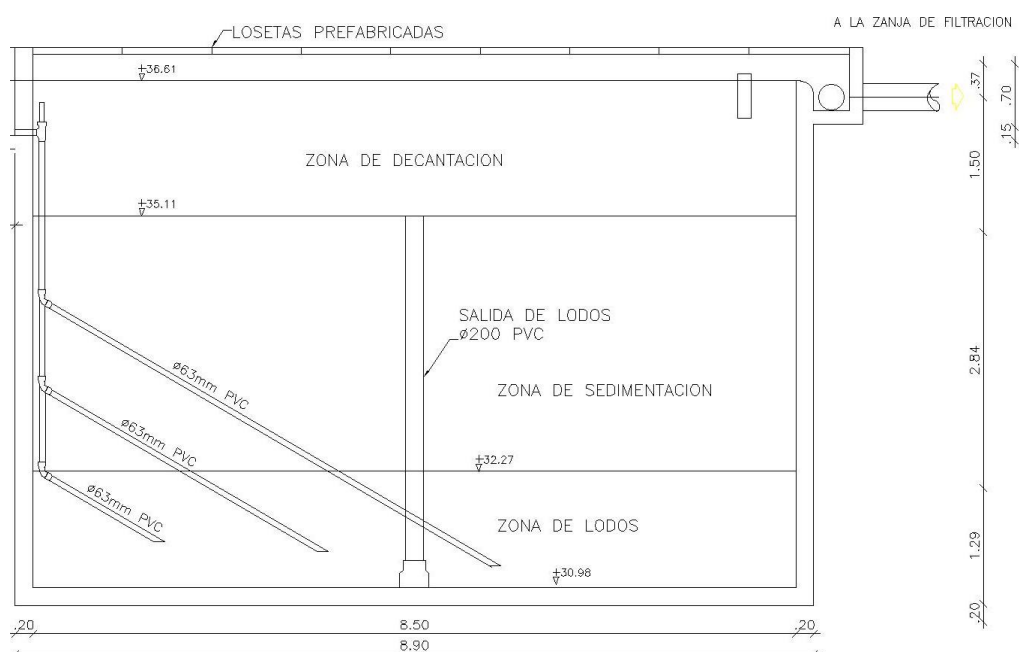
Cada tanque tiene dimensiones de 6mts de ancho y 8.5mts de largo, contiene dos decantadores de sedimentos, los cuales conducen las partículas hasta la cámara de sedimentación que tiene una profundidad de 2.8mts, finalmente llegando la materia orgánica hasta la cámara de digestión de lodos, que cuenta con una profundidad de 1.3mts. (Ver ilustración 3.4 y 3.5)

Ilustración 3.4 Plano en Corte A de Tratamiento Primario (Tanque Imhoff) de aguas residuales en Puerto López



Fuente: Estudio de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Puerto López, año 2004

Ilustración 3.5 Plano en Corte B de Tratamiento Primario (Tanque Imhoff) de aguas residuales en Puerto López



Fuente: Estudio de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Puerto López, año 2004

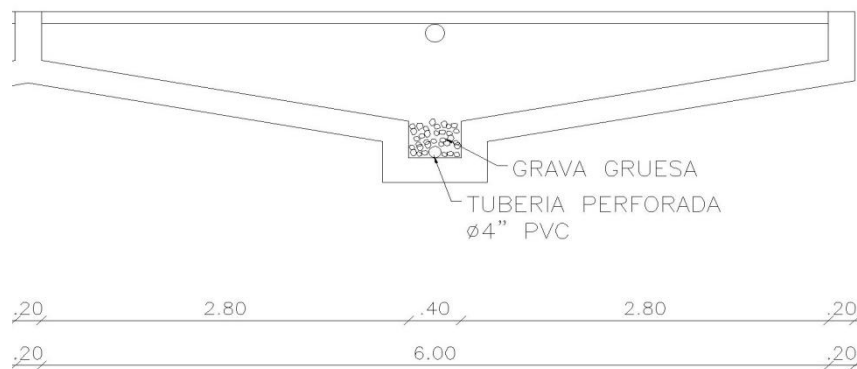
El efluente tratado, libre de sólidos suspendidos, es conducido a los lechos de secado, que tienen un área de 7mts de ancho por 8mts de largo y una profundidad mínima de 0.4mts y una máxima de 0.9mts. (Ver ilustración 3.6 y 3.7)

Ilustración 3.6 Plano en Planta de lechos de secado de aguas residuales en Puerto López



Fuente: Estudio de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Puerto López, año 2004

Ilustración 3.7 Plano en Corte de lechos de secado de aguas residuales en Puerto López

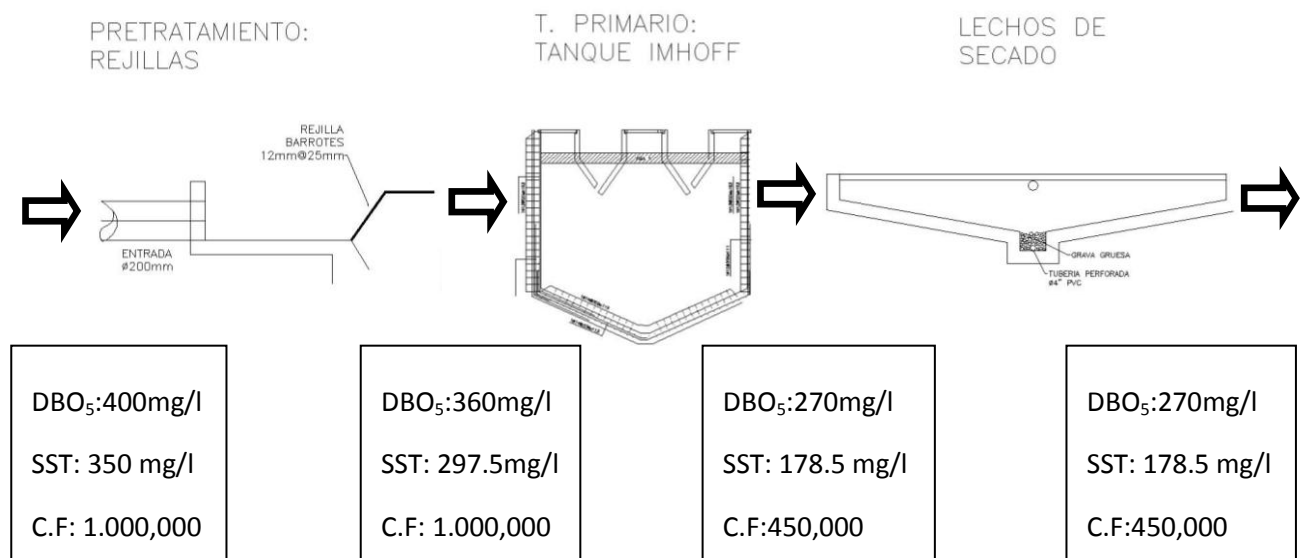


Fuente: Estudio de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Puerto López, año 2004

El resultado del tratamiento será un efluente con mejores características físicas y biológicas, sin embargo las características químicas no se verán alteradas por este sistema; en consecuencia, la calidad del agua no es óptima ni cumple los parámetros de calidad establecidos por la norma para su descarga eficiente.

El gráfico 3.8 muestra el flujo del sistema de la planta junto con las principales características esperadas del efluente de cada tratamiento, entre ellas la Demanda biológica de oxígeno a los 5 días, los sólidos suspendidos totales y los coliformes fecales.

Ilustración 3.8 Flujo de proceso y eficiencias esperadas



Fuente: Elaboración propia.

La planta cuenta también con una unidad adicional de los sistemas de pretratamiento, tratamiento primario y lechos de secado con las mismas dimensiones descritas anteriormente, la cual está destinada a ser utilizada para el mantenimiento de los otros dos sistemas; principalmente los tanques de tratamiento primario, alternando sus actividades.

Ilustración 3.9 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Puerto López



Fuente: Foto tomada en 1era visita técnica a la planta, Diciembre/2012

Las estructuras están completamente construidas, sin embargo, no han tenido actividad ni mantenimiento alguno en los 6 años que han pasado desde la finalización de la construcción. Por lo tanto, se encuentran deterioradas, llenas de escombros y basura, incluso se puede percibir que la estructura ha sido afectada debido al asentamiento del suelo (Ver imágenes 3.9 y 3.10); lo cual pone en riesgo las actividades de la planta y el cumplimiento de los requisitos de calidad del agua tratada.

Ilustración 3.10 Estructura deteriorada de la Planta de Tratamiento de AARR de la Parroquia Puerto López



Fuente: Foto tomada en 1era visita tecnica a la planta, Diciembre/2012

Ilustración 3.11 Estructura deteriorada de la Planta de Tratamiento de AARR de la Parroquia Puerto López



Fuente: Foto tomada en 1era visita tecnica a la planta, Diciembre/2012

3.1.2. Evaluación de parámetros de interés

3.1.2.1. Población de diseño

En el caso de la Parroquia Puerto López, el método más aplicable es el geométrico, debido a que contamos con tan solo dos datos del INEC de la población en años anteriores (2001 y 2010), por ende, no es posible realizar una proyección exponencial.

En el método geométrico, la población se proyecta por medio del cálculo de una tasa de crecimiento (r), la cual se mantiene constante todo el tiempo a proyectarse.

$$r = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{1/(t)} - 1 \quad (\text{Ecuación 2.1.3.1})$$

Donde,

P_f = Población final a proyectarse, hab

P_i = Población inicial, hab

t = intervalo de tiempo a analizar, años

Obteniendo así la población final, por medio de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_i * (1 + r)^{(t)} \quad (\text{Ecuación 2.1.3.2})$$

3.1.2.2. Caudal de diseño

Se asume una dotación de agua potable por habitante, la cual se relaciona con el nivel socioeconómico de la zona en que se va a diseñar y las instalaciones a analizarse (hogares, hoteles, colegios, hospitales, clubes, centros comerciales, etc).

Con estos dos datos se procede a calcular el Caudal medio:

$$Q_{\text{medio}} = \text{Dotación} * \text{Población} \quad (\text{Ecuación 2.1.3.3})$$

A continuación, se calcula el Caudal Máximo Diario y el Caudal Máximo Horario, ambos en relación al Caudal Medio.

$$Q_{\text{Máx}_{\text{Diario}}} = 1.2 * Q_{\text{medio}} \quad (\text{Ecuación 2.1.3.4})$$

$$Q_{\text{Máx}_{\text{Horario}}} = 1.5 * Q_{\text{medio}} \quad (\text{Ecuación 2.1.3.5})$$

Se escoge el caudal máximo entre estos tres cálculos, y se obtiene el Caudal de Diseño, multiplicando el caudal escogido por un Coeficiente de Retorno, el cuál es el porcentaje de agua potable que retornará al sistema como agua residual.

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{Máx}} * CR \quad (\text{Ecuación 2.1.3.4})$$

3.1.2.3. Dimensionamiento de Tanque Imhoff

Para proceder a realizar un diseño del tanque, es necesario tomar en consideración ciertos parámetros que regirán el dimensionamiento de la estructura, como lo son el caudal de diseño, la carga superficial, el área superficial, volumen, tiempo de retención, entre otros.

Habiendo obtenido una estimación de caudales utilizando la proyección de la población de la zona, podemos proceder a calcular el *área superficial* necesaria para la *cámara de sedimentación*, por medio de la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.1})$$

En este caso se utilizarán los datos especificados para la evaluación de parámetros específicos.

A_s = Área Superficial, m^2 (Estructura construida)

Q_p = Caudal Proyectado, $m^3/día$ (Datos actuales)

C_s = Carga Superficial, $m/día$

Es necesario obtener un *volumen superficial*, para continuar con el dimensionamiento del tanque, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_s = Q_p * TRH \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.2})$$

Donde, de igual manera, se especifica los datos a utilizarse posteriormente en el análisis.

V_s = Volumen Superficial, m^3 (Estructura construida)

Q_p = Caudal Proyectado, $m^3/día$ (Datos actuales)

TRH = Tiempo de retención hidráulica, Horas.

Luego, se procede a diseñar el *digestor* donde se almacenarán los lodos, calculando el volumen mediante la siguiente ecuación:

$$V_d = \frac{70 * P * f_{cr}}{1000} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.3})$$

Donde,

V_d = Volumen del digestor, m^3

P = Población proyectada, hab

Fcr= Factor de capacidad relativa, depende de la temperatura

Tabla 3.1 Factor de Capacidad Relativa según la temperatura

Temperatura °C	Factor de capacidad relativa (fcr)
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>25	0,5

Fuente: Guía para diseño de Tanques sépticos, Tanques Imhoff, y Lagunas de Estabilización. OPS/CEPIS/05.163

Habiendo dimensionado las cámaras de sedimentación y de digestión verificando el cumplimiento efectivo de los parámetros de calidad, se procede a realizar el *diseño de los lechos de secado*, calculando la *carga de sólidos* que ingresa al sedimentador utilizando la siguiente ecuación:

Donde,

$$C = Q * SS * 0.864 \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.4})$$

C= Carga de sólidos, Kg SS/día

Q= Caudal promedio de aguas residuales, kg/día

SS= Sólidos suspendidos en el agua residual cruda, mg/l

Para luego calcular la *masa de sólidos* que conforman los lodos, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.5})$$

Donde,

Msd= Masa de sólidos, Kg SS/día

C= Carga de sólidos, Kg SS/día

Con este parámetro se puede estimar el volumen diario de lodos digeridos.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\% \text{ de sólidos} / 100)} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.6})$$

Donde,

Vld= Volumen diario de lodos digeridos, lt/día

Msd= Masa de sólidos, Kg SS/día

ρ lodos= Densidad de lodos, kg/l

% de sólidos= Porcentaje de sólidos contenido en los lodos

Posteriormente, se procede a estimar el *volumen de lodos a extraerse del tanque*.

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.7})$$

Donde,

Vel= Volumen de lodos a extraerse, lt/día

Vld= Volumen de lodos digeridos, m³

Td= Tiempo de digestión, días

El tiempo de digestión está relacionado con la temperatura del lugar, utilizaremos la siguiente tabla para la estimación de este parámetro.

Tabla 3.2 Tiempo de Digestión según la temperatura

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Guía para diseño de Tanques sépticos, Tanques Imhoff, y Lagunas de Estabilización. OPS/CEPIS/05.163

Finalmente, es posible calcular el *área del lecho de secado*, utilizando la siguiente ecuación:

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.8})$$

Donde,

Als= Área del lecho de secado, m²

Vel= Volumen de los a extraerse, m³

Ha= Profundidad de aplicación, mts

3.1.2.3.1. Carga Superficial

El primer parámetro que se tomará en consideración para la evaluación de la planta de tratamiento existente, es la *carga superficial* a ser tratada.

Para lograr este análisis, se utilizará la ecuación (3.1.2.3.1) antes mencionada, despejando la Carga Superficial como la variable a encontrar.

Resultando,

$$C_s = \frac{Q_p}{A_s} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.1})$$

El valor de la carga superficial resultante debe cumplir con los valores estándares recomendables de 24-50m/día.

3.1.2.3.2. Tiempo de Retención

El siguiente parámetro a ser evaluado es el *Periodo de Retención Hidráulica*, el cual debe cumplir un rango recomendable entre 1 a 4 horas (preferiblemente 3 horas). Utilizando la ecuación del volumen superficial (3.1.2.3.2), se puede despejar el periodo de retención hidráulica:

$$TRH = \frac{V_s}{Q_p} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.3.2.1})$$

3.1.2.3.3. Volumen del digestor

El sistema de tratamiento de un tanque imhoff cuenta con una cámara de digestión de lodos, donde se almacenan los mismos, es necesario evaluar si el volumen de la cámara existente abastece la capacidad necesaria.

Para lo siguiente, se asume un factor de capacidad relativa (fcr) utilizando la tabla (3.1) en relación a las temperaturas existentes en la parroquia de Puerto López.

Utilizando la ecuación (3.1.2.3.3) previamente expuesta, se puede calcular el volumen de la cámara de digestión de lodos, el cual se debe comparar con el volumen de la cámara existente en la actualidad.

La siguiente tabla muestra valores recomendables de los principales parámetros de diseño.

Tabla 3.3 Criterios usuales para diseño de Tanques Imhoff

Parámetros de diseño	Unidad	Valor	
		<u>Intervalo</u>	<u>Usual</u>
Cámara de Sedimentación			
Carga Superficial	m/día	24.5 - 40.5	32.5
Periodo de retención	h	2 - 4	3
Cámara de Digestión de Lodos			
Capacidad de Almacenamiento	mes		
Volumen	m ³ /hab	0.06 - 0.1	0.07

Fuente: Crites, T. (2000). Tratamiento de Aguas residuales en Poblaciones Pequeñas.

3.1.2.4. Dimensionamiento Lechos de secado

Para la evaluación de las cámaras de lechos de secado, es necesario calcular el área necesaria para el almacenamiento y los volúmenes de lodos a extraerse. Para esto, se considera el análisis de los siguientes parámetros:

3.1.2.4.1. Carga de Sólidos

La carga de sólidos que ingresa al sedimentador se la calcula con la ecuación (3.1.2.3.4) previamente mostrada, utilizando una cantidad estimada de 240mg/l de sólidos en suspensión en las aguas residuales.

3.1.2.4.2. Masa de sólidos que conforman los lodos

Luego se procede a calcular la masa de sólidos que conforman los lodos, en relación a la carga de sólidos obtenida, por medio de la ecuación (3.1.2.3.5).

3.1.2.4.3. Volumen de lodos digeridos

Habiendo obtenido la Masa de sólidos, y utilizando una densidad de lodos de 1.04kg/l y un porcentaje de sólidos contenidos en el lodo del 10%, es posible el cálculo del volumen de lodos digeridos, por medio de la ecuación (3.1.2.3.6) previamente establecida.

3.1.2.4.4. Volumen de extracción de lodos

Así mismo, se procede a calcular el volumen de extracción de lodos, utilizando un tiempo de digestión de 30 días según la tabla (3.2) y utilizando la ecuación (3.1.2.3.7).

3.1.2.4.5. Área de lechos de secado

Finalmente, utilizando la profundidad de aplicación de la estructura construida, se procede a calcular el área de lecho de secado, utilizando la ecuación (3.1.2.3.8)

3.1.2.4.6. Evaluación del Vertedor

En el caso de la Planta de Tratamiento de Puerto López, es necesaria la medición del flujo de la descarga, debido a que la misma deberá ser dividida equitativamente hacia dos sistemas de tratamiento primario. Para lograrlo, se utiliza un vertedero triangular, el cual forma parte de un canal abierto; en este sistema se hace pasar el flujo en cima de un muro o placa con el fin de medir la descarga. Los objetivos de estos sistemas son de control

y seguridad, manteniendo un nivel constante, evacuando aguas en exceso, entre otros.

Para analizar la eficiencia del vertedor triangular, se cuenta con las siguientes ecuaciones, donde “Q” representa el Caudal en (m³/s) y “H” la carga del caudal en mts.

Fórmula de Thomson

$$Q = 1.4H^{5/2} \quad (\text{Ecuación 3.1.2.5.1})$$

3.1.3. Eficiencia Esperada

La elección de un sistema de tratamiento de aguas residuales depende de varios elementos, entre ellos se cuenta con factores económicos, sociales, geográficos; sin embargo, uno de los parámetros principales es el ambiental, pues es necesario cumplir los requerimientos establecidos en las normas ambientales para proceder a descargar los efluentes tratados.

Para cumplir con estos objetivos, se debe conocer la eficiencia esperada de cada tratamiento, es decir, las características del efluente tratado, para así poder comparar con los límites permisibles establecidos.

La *tabla 3.3* expone las concentraciones esperadas de los parámetros a analizar del efluente de las aguas residuales tratadas.

Tabla 3.4 Eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales de procesos Rejillas, Tanque Imhoff y Lechos de Secado.

Parámetro	Proceso	Efluente
DBO ₅	Rejillas	360 mg/l
	Tanque Imhoff	270 mg/l
	Lechos de Secado	270 mg/l
DQO	Rejillas	1,000 mg/l
	Tanque Imhoff	500 mg/l
	Lechos de Secado	500 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Rejillas	297.5 mg/l
	Tanque Imhoff	178.5 mg/l
	Lechos de Secado	178.5mg/l
Sólidos Sedimentables	Rejillas	10 mg/l
	Tanque Imhoff	5 mg/l
	Lechos de Secado	5mg/l
Coliformes Fecales	Rejillas	1,000,000 mg/l
	Tanque Imhoff	450,000 mg/l
	Lechos de Secado	450,000 mg/l

3.2. Caracterización de las Aguas Residuales

Debido a la falta de funcionamiento del alcantarillado público de la parroquia Puerto López, no existe recolección y conducción de las aguas residuales, por lo tanto se imposibilita la realización de un análisis y obtención de las características de las mismas.

Para la evaluación de parámetros de interés ambiental y de eficiencias esperadas, se ha utilizado caracterizaciones generales típicas de aguas residuales domésticas, obtenidas en distintas fuentes bibliográficas, como los

Tabla 3.5 Concentración de contaminantes en las Aguas Residuales

Constituyente	Concentración		
Sólidos Disueltos Totales	1200	720	350
Sólidos Suspendidos Totales	350	220	100
Sólidos Sedimentables	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	400	220	110
Carbono Orgánico total	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno	85	40	220
Fósforo	15	8	4
Cloro	100	50	30
Grasas	150	100	50

Fuente: Metcalf y Eddy (2003) Wastewater Engineering Treatment and reuse, 4th edition, editorial McGraw-Hill, USA.

Tabla 3.6 Características físicas, químicas y biológicas de aguas residuales y sus fuentes.

	Características	Fuente
Propiedades físicas	Color	Residuos Domésticos e Industriales
	Olor	Aguas residuales en descomposición, residuos industriales
	Sólidos	Residuos Domésticos e Industriales, erosión de sólidos
	Temperatura	Residuos domésticos e industriales
s químicos (orgánicos)	Carbohidratos	Residuos domésticos, comerciales e industriales
	Grasas	Residuos domésticos, comerciales e industriales
	Pesticidas	Residuos de agricultura
	Proteínas	Residuos domésticos, comerciales e industriales
Constituyentes químicos (inorgánicos)	Alcalinidad	Residuos domésticos, infiltración de aguas subterráneas
	Cloro	Residuos domésticos, infiltración de aguas subterráneas
	Metales	Residuos industriales
	Nitrógeno	Residuos domésticos, residuos de agricultura
	pH	Residuos domésticos, comerciales e industriales
	Fosforo	Residuos domésticos, comerciales e industriales
Constituyentes biológicos	Animales	Tratamiento de aguas abiertas, tratamiento de plantas
	Plantas	Tratamiento de aguas abiertas, tratamiento de plantas
	Virus	Residuos domésticos

Fuente: Metcalf and Eddy (1991) Wastewater Engineering. Treatment Disposal Reuse. New York: McGraw-Hill.

Como también se han tomado en consideración datos correspondientes a poblaciones costeras de tamaño y actividades productivas similares a las de Puerto López, como por ejemplo lineamientos referenciales que AGUAPEN (Aguas de la Península) utiliza en proyectos de tratamiento de aguas en el cantón Salinas. (Ver tablas 3.6 y 3.7)

Tabla 3.7 Caracterización y comparación de lodos generados por tratamiento de aguas residuales.

Parámetros	Lodos primarios	Lodos secundarios (mezcla)	Lodos digeridos
pH	5.5 – 6.5	6.5 – 7.5	6.8 – 7.6
Contenido de agua %	92 – 96	97.5 – 98	94 – 97
Ssv (%ss)	70 – 80	80 – 90	55 – 65
Grasas (%ss)	12 - 14	3 – 5	4 – 12
Proteínas (%ss)	4 – 14	20 – 30	10 – 20
Carbohidratos (%ss)	8 – 10	6 – 8	5 – 8
Nitrógeno (%ss)	2 – 5	1 – 6	3 – 7
Fosforo (%ss)	0.5 -1.5	1.5 – 2.5	0.5 – 1.5
Bacterias patógenas (NMP/100ml)	$10^3 - 10^5$	100 – 1000	10 – 100
Metales pesados (%ss) (Zn, Cu, Pb)	0.2 - 2	0.2 - 2	0.2 - 2

Fuente: Término de referencia para construcción de Laguna Facultativa en Punta Carnero, Cantón Salinas, 2012

Tabla 3.8 Características físicas, químicas y biológicas de aguas residuales de lagunas de oxidación

Parametro	Resultado	Unidades
pH	7.46	mg/L
Material Flotante	0.00	°C
Temperatura	28.10	mg/L
Aceites y Grasas	1.30	mgO2/L
DBO5	163.00	mgO2/L
DQO	265.00	mgO2/L
Oxigeno Disuelto	0.27	mg/L
Nitrogeno	12.18	mg/L
Sulfuro de Hidrogeno	2.33	mg/L
Solidos Suspendidos T	30.00	mg/L
Coliformes fecales	560,000	NMP/100ml

Fuente: Término de referencia para construcción de Laguna Facultativa en Punta Carnero, Cantón Salinas, 2012

3.3. Planteamiento de alternativas

Luego de haber evaluado el sistema de tratamiento existente en la Parroquia Puerto López, se puede proceder a plantear alternativas para mejorar la situación ambiental relacionada al tratamiento y descarga de aguas residuales.

Conociendo que la capacidad de volumen del sistema de tratamiento primario (Tanque Imhoff y Lechos de Secado) no abastece a la demanda, es necesario plantear alternativas para solucionar esta inconformidad; ya sea una opción adicional que forme parte del sistema, o una opción de un sistema nuevo.

La primera alternativa a plantearse es conservar el sistema existente, realizando una limpieza y mantenimiento integral de la estructuras, principalmente aquellas que se encuentran deterioradas. Se sugiere aumentar una unidad de tratamiento, resultando así una división del caudal de aguas residuales en tres partes, conduciéndose a 3 circuitos de “Tratamiento Primario” con “Tanque Imhoff” y “Lechos de secado”, con las mismas dimensiones de diseño.

La segunda alternativa propone el uso de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, también conocido como reactores UASB (del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Este sistema puede reemplazar las actividades del Pretratamiento, Tratamiento Primario e incluso Tratamiento Secundario. En el proceso de este reactor, como se explicó en el capítulo 2.1.4 acerca de Tratamientos en pequeñas poblaciones, el afluente ingresa por la parte inferior del sistema, pasando por una capa de lodos compuestos por microorganismos que se encargan de la descomposición orgánica de las aguas residuales. (Ver Ilustración 3.12).

La siguiente tabla muestra la eficiencia esperada del efluente de este proceso:

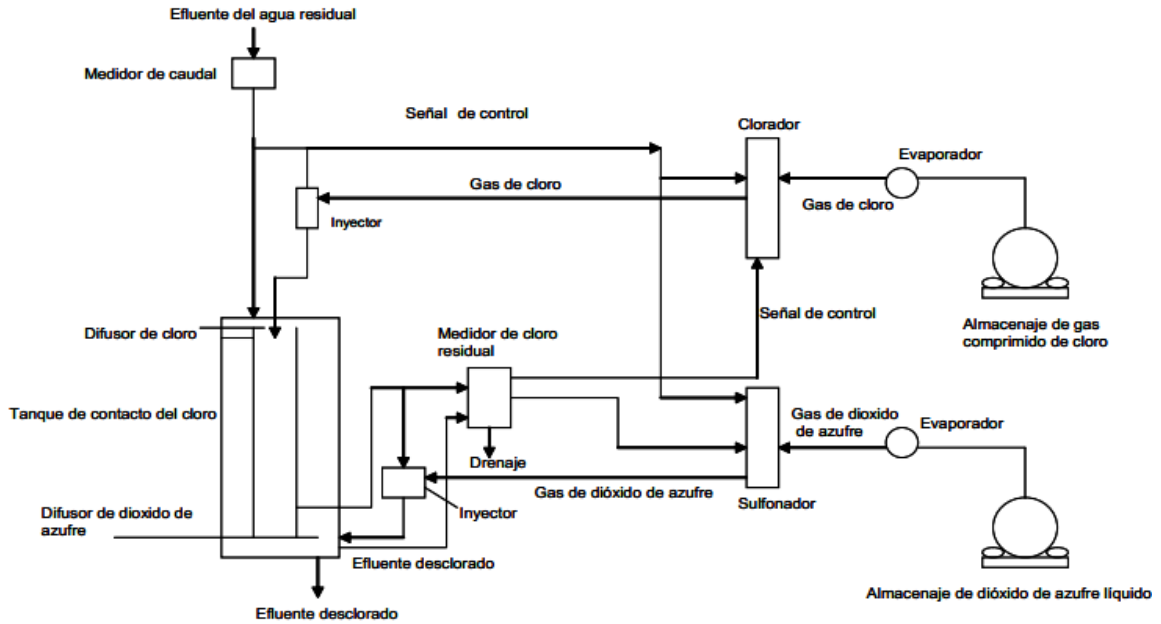
Tabla 3.9 Características del efluente de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

Contaminante	Concentración
pH	6.7- 6.9
SST (mg/L)	40-50
SSV (mg/L)	30-40
SSed (Mg/L)	<0.5
DBO ₅ (mg/L)	65-70
DQO (mg/L)	195-230

Fuente: Capacidad de tratamiento de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente. V. Escalante. 2004

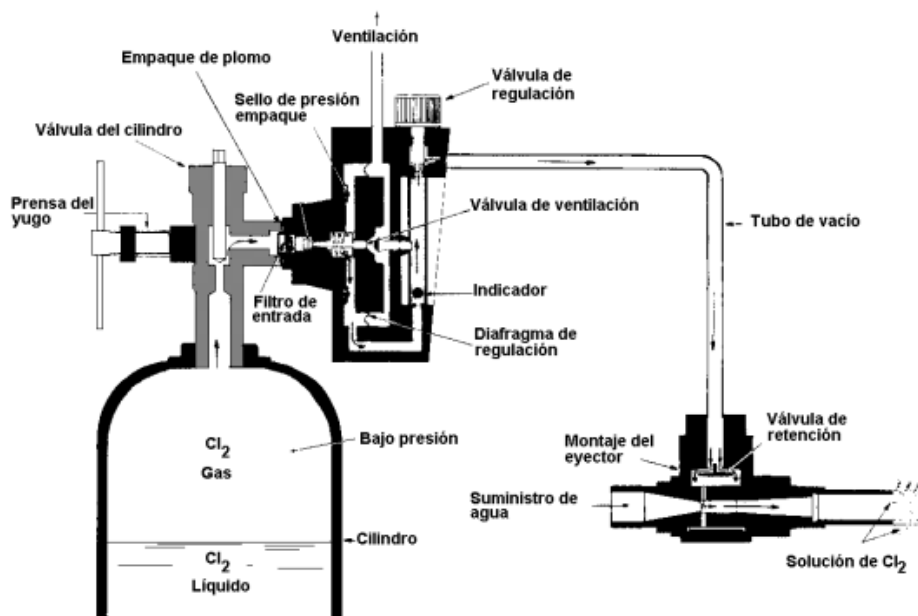
Sin embargo, para ambas alternativas (1 y 2), es necesario incluir una unidad de desinfección, para eliminar bacterias patógenas, la materia orgánica remanente y contaminantes biológicos. El Tanque de Cloración es el método de desinfección más utilizado debido a su trayectoria histórica y efectividad. El proceso consiste en tratar el agua con hipoclorito de sodio al 5% (cloro), el cual tiene capacidades germicidas, aportando en la oxidación de sustancias inorgánicas, tales como sulfuros, compuestos de hierro, así como la eliminación de las bacterias, virus, hongos, contaminantes que se encuentren en el agua.

Ilustración 3.12 Proceso de Clorificación



Fuente: Metcalf y Eddy (2003) *Wastewater Engineering Treatment and reuse, 4th edition*, editorial McGraw-Hill, USA.

Ilustración 3.13 Tanque de Cloración de gas al vacío.



Fuente: Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. United States Environmental Protection Agency. 1999

La eficiencia de la desinfección dependerá tanto de la concentración del desinfectante o del tiempo de contacto del mismo con los microorganismos.

3.4. Selección de método de tratamiento adecuado

Según el caso que se ha analizado, se puede seleccionar como mejor alternativa de tratamiento al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, pues envuelve una tecnología más actualizada, incluye sistemas de tratamiento primario y secundario y refleja mejores resultados en las características del efluente y la eficiencia del sistema.

Esta alternativa debe incluir también la unidad de desinfección por Clorificación, eliminando así contaminantes físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, y cumpliendo los requisitos establecidos por las normas ecuatorianas de calidad ambiental.

3.4.1. Dimensionamiento de tratamiento seleccionado

Debido a la demanda generada por la población proyectada, se sugiere dividir el caudal en dos reactores anaerobios de flujo ascendente, para que el sistema pueda abastecer de la manera más óptima. El resultado serían dos reactores con las mismas dimensiones, que descarguen a un sistema de desinfección de aguas residuales.

Para obtener las dimensiones de los reactores, es necesario calcular el *volumen* necesario para abastecer el caudal del afluente, para lo cual se utiliza la misma ecuación (3.1.2.3.2) señalada anteriormente:

$$V_s = Q_p * TRH$$

En este caso se utiliza la mitad del caudal calculado, pues la propuesta sugiere dividir el caudal total en dos reactores de igual dimensiones y se recomienda utilizar un Tiempo de Retención Hidráulica de 8 horas, como dato conservador.

$$V_{\text{reactor}} = \left(\frac{3,855.17}{2} \right) \left(\frac{8}{24\text{horas}} \right) = 642.53\text{m}^3$$

Resultando un volumen del reactor de 642.53 m³. Utilizando una velocidad de ascensión recomendada de 0.5 m/s, se puede calcular el área del reactor de la ecuación (3.1.2.3.1).

$$As = \frac{Q_p}{v} = \frac{1,927.85}{(0.5 * 24\text{horas})} = 160.63\text{m}^2$$

Finalmente, podemos obtener las dimensiones del sistema:

$$\text{Área} = 13 \times 13 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura (h)} = 4 \text{ mts}$$

Por su parte, el sistema de desinfección cuenta con un tanque de clorificación, donde el agua tratada entrará en contacto con el desinfectante. Se recomienda un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos para asegurar la correcta desinfección. (Metcalf & Eddy, 2003). En el caso de la Parroquia Puerto López, se encuentra la necesidad de diseñar dos tanques de clorificación, puesto que cada uno se encargará del tratamiento de los efluentes de cada Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.

Las dimensiones del tanque son el resultado de los siguientes cálculos utilizando la misma ecuación (3.1.2.3.2).

Asumiendo una altura y ancho del tanque de:

$h = 4.5 \text{ mts}$

$a = 4.5 \text{ mts}$

El área resultante es de 13.5 m^2 , y utilizando el caudal de descarga de $1,927.6 \text{ m}^3/\text{día}$ (1 UASB), podemos obtener la longitud necesaria para abastecer las necesidades del sistema.

$$L = \frac{(Q * F * t)}{A} = \frac{(1,927.6 * 1.5 * 30 / 1,440)}{13.5} = 4.46 \text{ mts}$$

Resultando así un Largo Total del tanque de desinfección de 4.5 mts y un volumen de aproximadamente 60 m^3 .

3.5. Evaluación de impacto ambiental

Uno de los principales propulsores del desarrollo turístico en una zona son los recursos naturales, los paisajes, el entorno; factores que a pesar de su importancia, resultan los más afectados y sobre explotados debido a las actividades turísticas.

El abastecimiento de servicios básicos es indispensable, no solo para la demanda de los habitantes, sino también para satisfacer las comodidades de los visitantes. Sin embargo, esto genera nuevas necesidades o problemas que deben ser tomados en cuenta y solucionados para mantener un ambiente atractivo para el turista; tanto visual, cultural, como social y económicamente. Entre estos aspectos, se encuentra la recolección y tratamiento de aguas residuales, variable ya expuesta dentro de *La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental* y en la *Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes*, donde se establecen criterios, parámetros y límites permisibles para manejar eficientemente el tratamiento y descarga de estas aguas.

Un tratamiento inadecuado o la falta del mismo, genera varios impactos negativos en el ambiente, los cuales se señalan a continuación:

- Estancamiento del agua contaminada
- Descarga o filtración de la misma hacia cuerpos de agua naturales (Mar, Ríos, Lagunas, Acuíferos)
- Generación de malos olores
- Propagación de enfermedades
- Contaminación del suelo y del agua

Estos impactos repercuten no solo en el área ambiental de una sociedad, sino también social, económica y culturalmente; pues reflejan una imagen negativa de la zona. Es necesario fomentar el interés de la sociedad por el cuidado personal y ambiental, pues este tipo de educación es la base del desarrollo.

3.6. Recomendaciones para el desarrollo turístico del cantón

Dado que el Cantón Puerto López ha sido decretado como Área Turística Protegida, se infiere el propósito de desarrollar turísticamente el Cantón, aprovechando los recursos naturales disponibles, generando trabajo a los habitantes locales, permitiendo un crecimiento cultural; de igual manera que se busca contrarrestar los efectos negativos que el turismo masivo puede generar.

Este es el inicio de un cambio que debe propagarse a nivel nacional, empezando por la educación de sus ciudadanos. Es necesario que los habitantes de cada zona tengan los conocimientos necesarios para apoyar este desarrollo, el cual no solo sería turístico a fin de cuentas, sino también social, cultural, urbano. Antes de reclamar respeto de los extranjeros hacia nuestro patrimonio, es necesario promover el respeto de los ciudadanos ecuatorianos hacia lo que es nuestro; por esta razón es necesaria la educación ambiental, capacitando a la gente para proteger y utilizar

debidamente los recursos, evitar la contaminación, proteger la salud de los habitantes, no alterar el ecosistema, y demás.

El objetivo es proyectar un mejor ambiente en cada zona a desarrollar utilizando de manera consciente y eficiente los recursos generados, optimizando la calidad de vida de sus habitantes, promoviendo así un turismo sustentable.

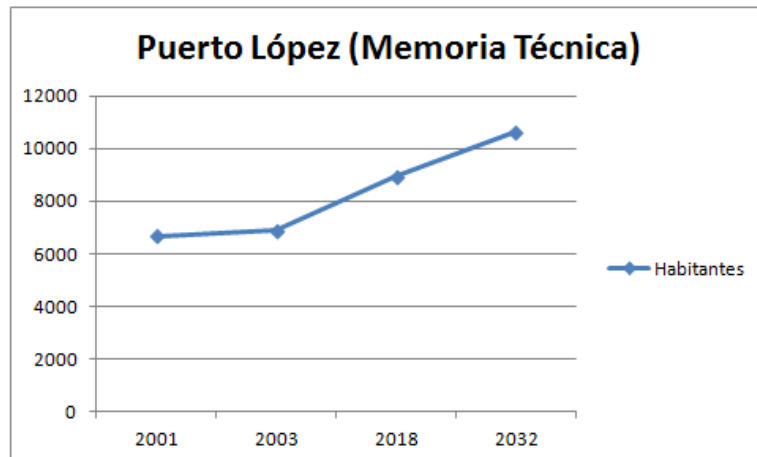
El gobierno debe luchar por el respeto de las leyes y normas ambientales, que se encarga de proteger los recursos naturales, el ecosistema, la fauna y flora de cada lugar, evitando un impacto negativo de los nuevos proyectos que se quieren generar.

4. RESULTADOS.

4.1. Población Proyectada

Según los datos suministrados en la memoria técnica, se muestra una proyección de la población de la parroquia de Puerto López a 30 años, resultando un número de 10,638 habitantes en el año 2032. En la ilustración (4.1) se muestra la curva de crecimiento poblacional proyectada en la memoria técnica utilizada para el diseño de la planta.

Ilustración 4.1 Población Proyectada con datos de la Memoria Técnica de la Planta de Tratamiento de Puerto López



Fuente: Memoria Técnica Tratamiento de Aguas Residuales de Puerto López

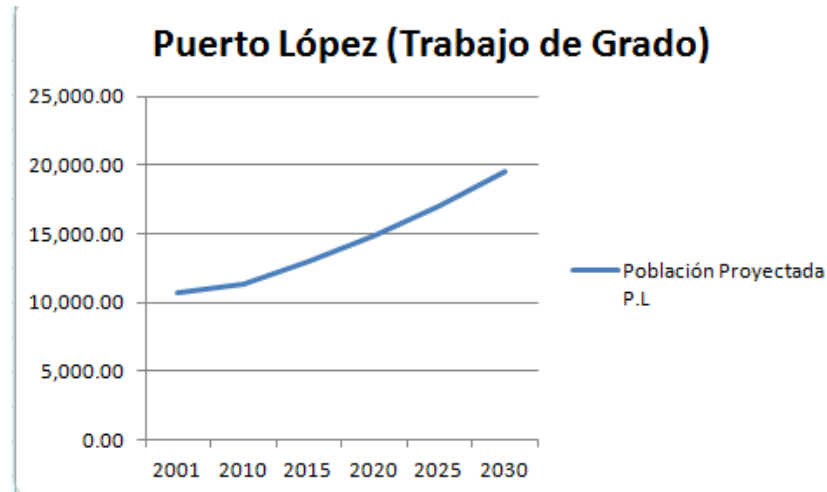
En comparación con los cálculos realizados para este trabajo de grado, se obtuvieron resultados más elevados de la población, utilizando los datos provistos por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) de los censos del año 2001 y 2010:

Censo	2001	7,720.00
Censo	2010	9,870.00

Utilizando la ecuación (2.1.3.1) obtuvimos una tasa de crecimiento (r) de 2.77%, con la cual se procedió a calcular la población de los siguientes años, hasta el 2030.

Pt=	2013	10,712.33
Pt=	2015	11,313.44
Pt=	2020	12,967.99
Pt=	2025	14,864.50
Pt=	2030	17,038.37

Ilustración 4.2 Población Proyectada con datos del INEC



Fuente: Datos del INEC 2001, 2010

Esta diferencia de cantidades nos indica una posible inconformidad en el diseño de la planta, pues estaría dimensionada para una menor población, no sólo futura, sino incluso la existente en la actualidad; pues, según los datos señalados en el censo realizado en el 2010, la parroquia Puerto López cuenta con aproximadamente 9,900 habitantes, de la misma manera, podemos deducir que en la actualidad supera los 10,000 habitantes. Número que según las proyecciones realizadas en la memoria técnica de la planta de tratamiento, se alcanzaría recién en el 2032.

Haciendo énfasis en la incongruencia de cálculos, es necesario comparar la demanda en los distintos casos, y analizar la eficiencia del abastecimiento de la estructura construida, la cual todavía no se encuentra en funcionamiento.

4.2. Caudal de diseño

Como se expuso en capítulos anteriores (2.1.3 Estimación de los caudales de Aguas Residuales), para el cálculo de Caudales de diseño es necesario realizar una proyección de la población al número de años establecido como tiempo de diseño, el cual es recomendable de 20 años en plantas de tratamiento. Debido a la comparación con los datos de la memoria técnica obtenida, vamos a realizar nuestros cálculos utilizando el mismo tiempo de diseño, en este caso 30 años.

Los cálculos mostrados en la memoria técnica utilizada para el diseño de la planta de tratamiento, exponen los siguientes parámetros de diseño:

Población: 10,638hab

Dotación: 140 lt/hab/día

Coeficiente de retorno: 0.7

Obteniendo un caudal medio de 17.24 l/s, y un caudal de diseño de **32.09l/s** utilizando un factor de mayoración de 1.86

En comparación, para realizar los cálculos de diseño del presente trabajo de grado, se utilizaron los siguientes parámetros:

Población: 17,039hab

Dotación: 180 lt/hab/día

Coeficiente de retorno: 0.8

Obteniendo un caudal medio de 35.5lt/s según la ecuación (2.1.3.1), y utilizando un factor de mayoración de 1.5, resultando un caudal máximo horario de 53.24lt/s (el más crítico) según la ecuación (2.1.3.3).

Adicionalmente, se procedió a calcular los caudales resultantes de los servicios de hospedaje, un aproximado de 22 hoteles, y los servicios de alimentación, un aproximado de 40 locales de comida; utilizando una dotación aproximada de 200lt/hab/día en los centros de hospedaje y de 2,000lt/rest/día en los locales de comida, resultando un caudal mayorado de 55.84lt/s según la ecuación (2.1.3.1).

Finalmente, cálculo el caudal de diseño a utilizarse para el dimensionamiento de la planta, asumiendo un coeficiente de retorno recomendable de 0.8, resulta un caudal de **44.68lt/s** según la ecuación (2.1.3.4)

4.3. Carga Superficial

El primer parámetro que tomaremos en consideración para la evaluación de la planta de tratamiento existente, es la *carga superficial* a ser tratada. Puesto que el sistema está compuesto por dos tanques imhoff, en los cuales se divide la descarga de aguas, es necesario dividir para dos el caudal de diseño calculado previamente.

$$C_s = \frac{\left(\frac{3,855.17}{2}\right)}{(6*8.5)} = \frac{(1,927.59)}{(51)} = 37.79 \text{ m/día} \quad (3.1.2.3.1)$$

La carga superficial resultante es de aproximadamente 37 m/día, parámetro que cumple con los valores estándares de 24.5-40.5m/día indicados en la *tabla 3.3* de criterios de diseño.

4.4. Tiempo de Retención

El siguiente parámetro a ser evaluado es el *Periodo de Retención Hidráulica*, el cual debe cumplir el rango establecido en la *tabla 3.3*, donde se recomienda que sea de 3 horas.

$$TRH = \frac{(51*2.8)}{1,927.59} = 0.074 \text{ días} = 1.77 \text{ horas} \quad (3.1.2.3.2)$$

El periodo de retención no alcanza a entrar dentro del rango recomendable para este tipo de estructuras, lo cual indica que la planta de tratamiento no abastece para la demanda de caudal.

4.5. Volumen del digestor

El sistema de tratamiento de un tanque imhoff cuenta con una cámara de digestión de lodos, donde se almacenan los mismos, es necesario evaluar si el volumen de la cámara existente abastece a la capacidad necesaria.

Para lo siguiente, se asume un factor de capacidad relativa (fcr) de 0.5, según la tabla (3.1) debido a las altas temperaturas existentes en la parroquia de Puerto López.

$$V_d = \frac{70 \times 17,039 \times 0.5}{1000} = 596.35 m^3 \quad (3.1.2.3.3)$$

Para proceder a comparar los resultados, es necesario dividir el volumen obtenido mediante los cálculos debido a que existen dos cámaras de digestión para abastecer a toda la población, por lo que resultaría un volumen de digestor de $298.18 m^3$ por cada tanque. Según los datos que constan en el plano, el tanque construido cuenta con un volumen total de $66.3 m^3$, haciendo falta un 77% de volumen para abastecer la demanda.

4.6. Dimensionamiento Lechos de secado

Para la evaluación de las cámaras de lechos de secado, es necesario calcular el área necesaria para el almacenamiento y los volúmenes de lodos a extraerse. Para esto, se considera el análisis de los siguientes parámetros:

4.6.1. Carga de Sólidos

La carga de sólidos que ingresa al sedimentador se la calcula con la ecuación (3.1.2.3.4) previamente mostrada, utilizando una cantidad estimada de 240mg/l de sólidos en suspensión en las aguas residuales.

$$C = 1,927.59 \left(\frac{m^3}{día} \right) * 1000 \left(\frac{l}{m^3} \right) * 240 \left(\frac{mg}{l} \right) * \left(\frac{kg}{1,000,000mg} \right) * 0.864$$

Resultando una carga de sólidos de 399.70kg SS/día.

4.6.2. Masa de sólidos que conforman los lodos

Luego calculando la masa de sólidos que conforman los lodos, por medio de la ecuación (3.1.2.3.5).

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 399.70) + (0.5 * 0.3 * 399.70)$$

$$Msd = 129.9 \text{ Kg SS/día}$$

4.6.3. Volumen de lodos digeridos

Con este dato, y utilizando una densidad de lodos de 1.04kg/l (CEPIS,2001) y un porcentaje de sólidos contenidos en el lodo del 10% (CEPIS,2001), es posible el cálculo del volumen de lodos digeridos

$$Vld = \frac{129.9}{1.04 * 0.1} = 1,249.07 \text{ lt/día} \quad (3.1.2.3.6)$$

4.6.4. Volumen de extracción de lodos

Para luego calcular el volumen de extracción de lodos, utilizando un tiempo de digestión de 30 días según la *tabla 3.2*

$$Vel = \frac{1,249.07 * 30}{1000} = 37.47m^3 / día$$

4.6.5. Área de Lecho de Secado

Finalmente, calculando el área del lecho de secado, utilizando la profundidad de 0.4mts (CEPIS, 2001).

$$Als = \frac{37.47}{0.4} = 93.68m^2$$

Comparando con el área existente, que es de 45.5m², no abastecería la capacidad de almacenamiento para la descarga del efluente en los lechos de secado.

4.7. Evaluación del Vertedor

Conociendo el caudal (Q) de aguas residuales que va a descargar sobre el vertedor, se procede a calcular la altura "H" de carga, la cual debe ser menor a la altura del vertedor para que este pueda actuar eficientemente.

De la *Ecuación (3.1.2.5.1)* se puede despejar:

$$H = \left(\frac{Q}{1.4}\right)^{2/5} = \left(\frac{0.02231}{1.4}\right)^{2/5}$$

Resultando una carga H= 0.19mts.

El vertedor cuenta con una altura de 0.55mts, por lo tanto, se deduce que la estructura si abastece la demanda.

Con estos resultados, se puede analizar el rendimiento de la planta construida en relación a la demanda generada por la población actual del Cantón Puerto López, y la proyectada a 20 años; comparándolos con los valores recomendables o necesarios para lograr un tratamiento eficaz.

Tabla 4.1 Rendimiento de la planta de tratamiento de Puerto López

Parámetros	Construido/	Actual		Proyección	
	Necesario			(20anos)	
Vertedor	0.55 mt	0.16mt	OK	0.20 mts	OK
Carga Superficial	24-50 m/día	24.2 m/día	OK	37.8 m/día	OK
TRH	2- 4horas	2.75 horas	OK	1.78 horas	NO
Volumen Digestor	66.3 m ³	374.9 m ³	NO	596.3 m ³	NO
Area L. Secado	45.5 m ²	60.5 m ²	NO	93.7 m ²	NO

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizando los resultados que muestra el sistema de la planta, se puede concluir que el volumen del digestor y el área de lechos de secado no abastecen la demanda requerida actual, y evidentemente tampoco abastecerán la futura. De igual forma, se puede observar que la cámara de sedimentación apenas cumple los valores recomendables de los parámetros de Carga Superficial y del Periodo de Retención Hidráulica, referencia que debe tomarse a consideración pues a medida que la demanda aumente, el sistema colapsará.

En cuanto a los criterios de calidad de agua, el tratamiento existente no cumple los límites permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULSMA), los cuales se muestran a continuación.

Tabla 5.1 Calidad del efluente de la Planta de Tratamiento de Puerto López

Parámetros	Límite Permissible	Concentración Efluente	
DBO ₅	100 mg/l	270 mg/l	NO
DQO	250 mg/l	500 mg/l	NO
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	100 mg/l	178.5mg/l	NO
Sólidos Sedimentables	20 mg/l	5mg/l	OK
Coliformes Fecales	Remoción>99.9%	450,000 Nmp/100ml	NO

Como se puede observar, los límites de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química deí, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes fecales no son alcanzados con el tratamiento existente en la parroquia Puerto López. Se encuentra la necesidad de mejorar el sistema escogido, o cambiarlo por completo, para cumplir con los requerimientos ambientales de calidad del agua, y prevenir contaminación y propagación de enfermedades en el ambiente.

Debido a estas necesidades, se ha propuesto una nueva alternativa de tratamiento de aguas residuales con un sistema de Reactor Anaerobio de Flujo

Ascendente (UASB), junto a un sistema de desinfección con el cual se cumplirían lo siguientes requerimientos ambientales de calidad del agua:

Tabla 5.2 Calidad del efluente de Alternativa propuesta: Reactor Anaerobio Flujo Ascendente y Clorificador

Contaminante	Límite Permisible	Concentración Efluente	
DBO ₅ (mg/L)	100 mg/L	65-70 mg/L	OK
DQO (mg/L)	250 mg/L	195-230 mg/L	OK
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	100 mg/L	40-50 mg/L	OK
Sólidos Sedimentables	20 mg/L	<0.5 mg/L	OK
Coliformes Fecales	Remoción>99.9%	1000 Nmp/100ml	OK

Como se puede observar, el resultado es un efluente con calidad aprobada por los parámetros establecidos en la norma de calidad ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULSMA Libro VI, Anexo 1), con el cual se procedería a realizar una descarga pertinente sin afectar las características biológicas de los cuerpos de agua aledaños (río, entrada de mar, cuerpo marino) ni alterar las condiciones ambientales de la Parroquia, protegiendo así los recursos naturales y la flora y fauna de la zona.

Por otra parte, se debe hacer énfasis en la necesidad de completar el sistema de recolección de aguas residuales y bombeo de las mismas hacia la planta de tratamiento, para finalmente poner en funcionamiento los sistemas que se han mencionado con anterioridad. Este aporte, también permitiría realizar un debido análisis de las características de las aguas residuales de la parroquia, pues en la actualidad se dificulta la toma de muestras debido a la falta de este sistema. De esta manera, podrían realizarse estudios a futuro, sobre la real eficiencia de los métodos de tratamiento utilizados, y de ser necesario, las recomendaciones para mejorar la situación.

BIBLIOGRAFÍA

Ambiente, M. d. (2000). *Guía Ambiental para Formulación de Planes de Pretratamiento de Efluentes Industriales*. Colombia.

Bonilla, J. L. (2008). La Capacidad de Carga Turística: Revisión crítica de un instrumento de medición de sostenibilidad. *El Periplo Sustentable* .

Carrera, G. C. (2008). *Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Zonas Rurales* . Lima, Peru: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.

Centro de Investigaciones Sociales del Milenio, C. (2006). *Objetivos de Desarrollo del Milenio, Estado de Situación Provincia Manabí* . Manabí .

Colombiano, M. d. (2000). *Formulación de planes de Pretratamiento de Efluentes Industriales*. Cartagena.

Crites, T. (2000). *Tratamiento de Aguas residuales en Poblaciones Pequeñas*. Colombia: McGraw-Hill.

Cruz, F. P. (2011). *Abastecimiento de Aguas*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.

E. Valdez, A. V. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y Disposición de las aguas residuales*. México: Fundación ICA.

Economico, M. d. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Colombia.

Eddy, M. y. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and reuse*. USA: McGraw- Hill.

Huertas, R. (2012). *Guía práctica para depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. España: Confederación Hidrográfica del Duero.

Ministerio del Ambiente, R. d. (2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental, Libro VI Anexo 1: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua*. Ecuador.

Ramallo, S. (1990). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona: Reverte.

Romero, J. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Sáiz, J. M. (1986). *Turismo y Medio Ambiente: El Caso Acapulco*. México: Universidad Autónoma Metropolitana

Anexo 3: Charla realizada por la Universidad Católica Santiago de Guayaquil dirigida a los representantes de la Parroquia y Comunas aledañas



Anexo4: Visita a la Planta de Tratamiento de la Parroquia Puerto López



Anexo 5: Fotografía de la Planta de Tratamiento actual de la Parroquia Puerto López



Anexo 6: Fotografía de la Planta de Tratamiento actual de la Parroquia Puerto López

