

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BARRIO
CAÑAVERAL DE LA CIUDAD DE NUEVA LOJA**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO ACADÉMICO O TÍTULO
DE:**

INGENIERA CIVIL

ELABORADO POR:

DAISY JADIRA MENDOZA VILAÑA

SANGOLQUÍ, ABRIL 2011

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es evaluar la eficiencia u operación de la Fosa Séptica convencional + Filtro Anaerobio de Flujo ascendente, que están tratando las aguas residuales de los barrios: Cañaverál, Gustavo Andrade, La Pampa y de la Laguna Facultativa de San Vicente de la ciudad de Nueva Loja, cantón Lago Agrio, pues son alternativas actuales para mejorar la calidad de las aguas residuales para descargarlas a un cuerpo receptor en este caso los esteros.

Esta evaluación se llevó a cabo mediante la toma de muestras y la realización de análisis físico-químicos y bacteriológico, la caracterización de las aguas residuales arrojó como resultados de remoción en DQO, DBO₅, COLI, que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las norma TULAS como son para riego y recreación.

Finalmente para la evaluación se procedió a calcular cada uno de los parámetros necesarios para el diseño de la fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente y laguna facultativa, cuyos resultados los comparamos con los parámetros de diseño ya establecidos en diferentes literaturas y con los que están contruidos actualmente, y con todo lo anterior analizado se sugiere alternativas para el buen funcionamiento de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y por último se pone a disposición un manual de operación y mantenimiento para las plantas de tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

The objective of this project is to evaluate the efficiency or operation of conventional septic tank + flow anaerobic filter, which are treating the wastewater from the district: Cañaveral, Gustavo Andrade, La Pampa and San Vicente Facultative Lagoon of city of Nueva Loja, Lago Agrio canton, as are current alternatives to improve the quality of wastewater to be downloaded to a receiving body in this case the estuaries.

This evaluation was conducted by taking samples and carrying out physical, chemical and bacteriological characterization of wastewater courage as a result of removal in DQO, BOD5, COLI, which are within the parameters established by the TULAS standard such as irrigation and recreation.

Finally, for the evaluation were derived each of the parameters for the design of the septic tank, up flow anaerobic filter and facultative pond, and the results compared with the design parameters established in different literatures and those currently constructed, and the above analysis suggests alternatives to the smooth operation of each plant wastewater treatment, and finally provides an operating and maintenance manual for water treatment plant residuals.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. DAISY JADIRA MENDOZA VILAÑA como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERA CIVIL.

Abril, 2011

ING. EDGAR CARVAJAL

ING. MILTON SILVA

REVISADO POR

ING. JORGE ZÚÑIGA

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres Leonardo y Flor, por su apoyo incondicional y sus sabios consejos, que durante toda mi vida han sabido guiarme por la senda del bien, por eso y mucho más les estoy eternamente agradecida.

A mis hermanos Karina y Jefferson, que siempre han estado a mi lado con su apoyo y comprensión y han sido parte muy importante en el desarrollo de mi vida y me han dado fuerza para seguir adelante.

Para toda mi Familia Mendoza Vilaña, y a todos mis seres queridos que siempre han velado por mí.

Daisy Jadira Mendoza Vilaña

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme el don de la vida, la fortaleza, salud y la luz para recorrer el camino a lo largo de estos años, para superar todas las dificultades y no renunciar a mí sueño.

A mi familia por ser el eje fundamental en el desarrollo del proyecto de grado y culminar mi meta.

A mi querida Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) quien nos prepara con eficacia y eficiencia basando su enseñanza en la cultura de investigación, garantizando de esta manera nuestra calidad académica y una formación profesional e integral, manteniendo vivo en nosotros el deseo de ampliar nuestro conocimiento y superación personal.

A mis Maestros, por el apoyo técnico que me han brindado para mi desarrollo profesional, en especial a los Ingenieros Edgar Carvajal y Milton Silva, por su asesoramiento efectivo y desinteresado, su apoyo y supervisión en la elaboración de mi tesis.

Daisy Jadira Mendoza Vilaña

NOMENCLATURA UTILIZADA

MIDUVI. – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

NMP/100 ml. – Número más probable por 100 ml

DBO₅. – Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO. – Demanda química de oxígeno

TULAS. – Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria

ARD.- Aguas residuales Domesticas

PTAR.- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
1.1 JUSTIFICACION	3
1.2 Objetivos	7
1.2.1 Objetivo General	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 Alcance.....	7
1.4 Leyes y Políticas Generales sobre el Ambiente	8
1.5 Condiciones Generales del Cantón	9
CAPITULO II	12
GENERALIDADES.....	12
2.1 Características generales de la zona de estudio	12
2.1.1 Antecedentes	12
2.2 Características Geográficas	15
2.2.1 Hidrología.....	15
2.2.2 Morfología	16
2.2.3 Orografía	17
2.3 Características climatológicas	17
2.3.1 Pluviosidad.....	17
2.3.2 Temperatura.....	17
2.3.3 Evaporación potencial	18
2.4 Caracterización socio-económica.....	18
2.5 Composición de las aguas residuales	18
2.5.1 Origen de las aguas residuales.....	18

2.6	Variaciones de los constituyentes y caudal en la red de alcantarillado ..	19
2.7	Caracterización de las aguas residuales y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas servidas.	20
2.8	Tratabilidad de las aguas residuales.	25
2.8.1	Procesos de tratamiento	25
2.8.1.1	Tratamientos físicos	26
2.8.1.2	Tratamiento Secundario.....	27
2.8.1.3	Tratamientos Biológicos.....	27
2.8.1.4	Sistemas de embalses.....	28
2.8.1.5	Sistemas de humedales.....	29
2.8.1.6	Sistemas anaerobios (Reactores).....	30
2.8.1.7	Plantas Acuáticas	32
CAPITULO III		34
DIAGNOSTICO Y EVALUACIÓN PTAS		34
3.1	Introducción.....	34
3.2	Ubicación de los sitios de muestreo	34
3.3	Calidad del agua.....	36
3.3.1	Evaluación y recopilación de información existente de las plantas de tratamiento	36
3.3.1.1	Barrio Cañaverall	36
3.3.1.2	Barrio Gustavo Andrade.....	47
3.3.1.3	Barrio La Pampa.	54
3.3.1.4	Barrios del Norte (Lagunas de San Vicente).....	62
3.4	Efectos de polución por las aguas residuales	71
3.5	Parámetros para descarga, estipulados en la Norma TULAS.	77
CAPITULO IV		80
ALTERNATIVAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS PTAS.....		80

4.1	Propuesta de alternativas	80
4.2	Parámetros de rediseño	82
4.3	Consideraciones de diseño	84
4.3.1	Alternativa 1: Tanque Séptico + Filtro Anaerobio Ascendente	84
4.3.1.1	Tanque Séptico	84
4.3.1.1.1	Características que se deben cumplir son:	90
4.3.1.1.2	Compartimentación del tanque séptico	91
4.3.1.1.3	Diseño del Tanque Séptico	92
4.3.1.1.4	Especificaciones para el buen funcionamiento de un tanque séptico.	104
4.3.1.2	Filtro Anaerobio ascendente	105
4.3.1.2.1	Diseño del Filtro Anaerobio Ascendente	107
4.3.2	Alternativa 2: Tanque Séptica + Lagunas Facultativas	122
4.3.2.1	Lagunas Facultativas	122
4.3.2.1.1	Diseño de la Laguna Facultativa	126
CAPITULO V		132
Manual de Operación y Mantenimiento de las plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Nueva Loja, Cantón Lago Agrio		132
5.1	Conceptos	132
5.2	Definiciones y Responsabilidades	133
5.2.1	Operación	133
5.2.2	Mantenimiento	134
5.2.3	Mantenimiento Preventivo	134
5.2.4	Mantenimiento Correctivo (MC)	135
5.2.5	Mantenimiento de Emergencia	136
5.3	Rol de jefe de servicios y operador.	136

5.3.1	Funciones del jefe de operación y mantenimiento	137
5.3.2	Funciones de los operadores	138
5.4	Componentes de la planta de tratamiento sanitario:	139
5.4.1	Descarga de redes de recolección	139
5.4.2	Conexiones Domiciliarias	142
5.4.3	Pozos de revisión	143
5.4.4	Planta de tratamiento de aguas servidas	145
CAPITULO VI		150
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		150
6.1	CONCLUSIONES.....	150
6.2	RECOMENDACIONES	153
BIBLIOGRAFÍA		154
ANEXO		156
HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS		191

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.: Servicios con lo que cuenta cada uno de los barrios	14
Tabla 2.2. : Composición típica de las Aguas Residuales Domesticas a la entrada de cada planta de tratamiento	22
Tabla 2.3.: Composición típica de las Aguas Residuales Domesticas a la salida de cada planta de tratamiento	23
Tabla 2.4.: Cargas promedio de las Aguas Residuales Domesticas (ARD) en el área rural	24
Tabla 3.1.: Plantas de tratamiento de aguas servidas de los barrios del Cantón Lago Agrio	35
Tabla 3.2: Datos Generales del Barrio Cañaverál	38
Tabla 3.3.: Estación de Bombeo	41
Tabla 3.4.: Muestra del Barrio Cañaverál	44
Tabla 3.5: Datos Generales del Barrio Gustavo Andrade	47
Tabla 3.6.: Muestra del Barrio Gustavo Andrade	51
Tabla 3.7.: Datos Generales del Barrio Gustavo Andrade	54
Tabla 3.8.: Muestra del Barrio La Pampa.	59
Tabla 3.9.: Datos Generales del Barrio Gustavo Andrade	62
Tabla 3.10.: Muestra de la Laguna de San Vicente.	66
Tabla 3.11.: Tabla general de los caudales aportantes de cada uno de los barrios mencionados	69

Tabla 3.12.: Efectos indeseables de las aguas residuales	73
Tabla 3.13.: Contaminantes de importancia en aguas residuales	75
Tabla 3.14.: Contaminantes de importancia en aguas residuales	76
Tabla 3.15.: Caracterización de las Aguas Residuales con la Norma TULAS .	79
Tabla 4.1.: Criterios para determinar la tratabilidad de las aguas.....	81
Tabla 4.2.: Tasa de acumulación de lodos expresada en L / hab.año.....	89
Tabla 4.3.: Parámetros típicos de diseño para lagunas de estabilización	124
Tabla 5.1.: Operación y Mantenimiento de la Descarga de Redes de Recolección a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.....	140
Tabla 5.2.: Operación y Mantenimiento de las conexiones domiciliarias que descargan a la planta de tratamiento de aguas servidas.....	142
Tabla 5.3.: Operación y Mantenimiento de los pozos.....	144
Tabla 5.4.: Operación y Mantenimiento de diferentes unidades de la planta de tratamiento de aguas servidas.....	146

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1.: Variaciones de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrio Cañaverl.....	45
Cuadro 3.2.: Variaciones de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrio Gustavo Andrade	52
Cuadro 3.3.: Variaciones de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrio La Pampa.....	60
Cuadro 3.4.: Variaciones de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrios del Norte del Cantón Lagunas San Vicente	67

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I	1
Figura 1.1: Descarga de aguas residuales al estero sin nombre, barrio Cañaverál.....	5
Figura 1.2: Descarga de aguas residuales al estero Bomba de Texaco del Barrio Gustavo Andrade.....	5
Figura 1.3: Descarga de aguas residuales al estero Aguas Negras de Barrios del Norte.....	6
Figura 1.4: Descarga de las aguas residuales al estero sin nombre del barrio La Pampa.....	6
Figura 1.5: Localización de la Provincia de Sucumbíos en el Mapa Físico del Ecuador.....	11
Figura 1.6: Mapa de la provincia de Sucumbíos y Cantón Lago Agrio.....	11
CAPITULO II	12
Figura 2.1.: Variaciones horarias en la concentración de DBO y SST en las redes de alcantarillado.	19
Figura 2.2.: Ubicación de los Barrios Cañaverál, Gustavo Andrade, La Pampa y Lagunas San Vicente en el Cantón Lago Agrio.....	21
CAPITULO III	34
Figura 3.1.: Croquis del Barrio Cañaverál en el Cantón Lago Agrio.....	37

Figura 3.2.: Planimetría y Áreas de aportación de la Red Colectora del Barrio Cañaverl, Anexo F1.....	39
Figura 3.3.: Plano de la Planta de Tratamiento del barrio Cañaverl, Anexo F4	42
Figura 3.4.: Planta de Tratamiento del barrio Cañaverl.....	43
Figura 3.5.: Planta de Tratamiento, tanque de filtro ascendente.....	43
Figura 3.6.: Planimetría del Barrio Gustavo Andrade, Anexo F6.....	49
Figura 3.7.: Planta de tratamiento del B. Gustavo Andrade	50
Figura 3.8.: Pozo de revisión colapsado.	50
Figura 3.9.: Salida del efluente de la Planta de Tratamiento del barrio La Pampa.....	56
Figura 3.10.: Planta de Tratamiento del Barrio La Pampa en verano.....	57
Figura 3.12.: Toma de muestra del efluente	58
Figura 3.15.: Mal uso de la Laguna San Vicente.....	65
Figura 3.16.: Mal uso de la Laguna San Vicente.....	65
Figura 3.17.: Excesiva vegetación en las PTAS.....	73
Figura 3.18.: Presencia de malos olores en las PTAS	73
CAPITULO IV	80
Figura 4.1.: Tanque séptico de dos compartimientos.....	85
Figura 4.2.: Corte del Tanque séptico típico.....	86

Figura 4.3.: Tanque séptico + Lecho aerobio (Rohuart 1986)	86
Figura 4.4.: Tanque séptico de dos cámaras	87
Figura 4.5.: Tanque séptico + Filtro anaerobio	87
Figura 4.6.: Detalle del tanque séptico	91

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MAPA.....	156
ANEXO B: PLUVIOMETRIA Y TEMPERATURA INAMI.....	159
ANEXO C: ANALISIS DE AGUA.....	162
ANEXO D: NORMAS Y TABLAS.....	169
ANEXO E: FOTOS.....	181
ANEXO F: PLANOS.....	189

CAPITULO I

INTRODUCCION

Una de las problemáticas medioambientales más importantes en el país es la contaminación de los ríos por vertido de aguas residuales domesticas sin ningún grado de tratamiento hacia los cuerpos hídricos.

En general los ríos del país, se han convertido en vertederos, son lugares para uso consuntivo (riego, recreación) donde se acumulan los desechos sólidos y donde se vierten las aguas residuales sin tratar, siendo esta una de las causas de la contaminación y de incertidumbre.

El impacto y los riesgos que esto tiene en la salud pública y ambiente son evidentes, por ello se deben buscar mecanismos que ayuden a resolver esta problemática, mediante el control de vertidos de las aguas servidas, las cuales deben tratarse mediante procesos que estén de acuerdo con su caracterización de calidad así como de la capacidad de respuesta de los cuerpos receptores y de los usos consuntivos, que vienen a constituirse en vertederos de defensa de la contaminación por su capacidad de autodepuración todo esto, dentro del marco reglamentario ambiental.

Ecuador tiene pocas ciudades con sistemas de tratamiento de aguas residuales, la mayoría de ellas son pequeñas a excepción de Cuenca que es la tercera ciudad más grande del país, sin embargo a excepción de esta ciudad las plantas existentes en la mayoría, producen efluentes fuera de la norma, esto se debe principalmente a la falta de operación, de mantenimiento, la falta de planificación, una inadecuada gestión de los municipios en lo referente al

control de la calidad de vertidos, así como la falta de personal técnico especializado, limitados recursos económicos entre otros. Esto ha permitido el deterioro de los cuerpos receptores, contaminación y uso restringido de las aguas ya sea estos para riego o recreativo.

En poblaciones en que se han construido sistemas de tratamiento, estos no han sido debidamente evaluados y sus diseños se han estandarizado como son el caso de filtros anaerobios, pantanos secos, tanques sépticos los cuales han sido construidos en mucho de los casos sin considerar los condicionamientos propios del proyecto como son: población, dotación, caracterización de la calidad de las aguas servidas, cuerpo receptor entre otros.

Uno de los casos son las unidades de tratamiento construido por el Gobierno Municipal del Cantón Lago Agrio, los cuales tratan de solucionar el problema de contaminación mediante tratamientos como son los reactores tipo MIDUVI, los cuales trabajan de una manera deficiente, por lo que el municipio se encuentra empeñado en determinar las posibles causas de su mal funcionamiento, y su posible rehabilitación.

1.1 JUSTIFICACION

El cantón Lago Agrio se encuentra ubicado en el noroeste del país, en la región amazónica, de la provincia de Sucumbíos, es rica en biodiversidad, se caracteriza por sus bellos paisajes amazónicos, entre ellos el río Aguarico, aproximadamente, el 95% de la flora provincial corresponde al bosque tropical húmedo, con una pluviosidad anual que varía entre 200 a 300¹ mm. Y con una temperatura de 26°C.², en el Anexo B1 encontramos datos de temperatura media en °C desde el año 1981 hasta el 2009, se encuentra atravesado por innumerables ríos en los cuales se destacan el río Aguarico, el Eno, El conejo, El Dureno, El Teteye etc.

Desde su creación el vertido, de las aguas residuales mantienen un mismo patrón como es el del barrio Cañaverl, Gustavo Andrade, Amazonas y Lagunas del San Vicente, que vierte sus aguas a cada uno de sus esteros como se identifica en las fotografías (figura 1.1, 1.2, 1.3, 1.4), generando problemas de contaminación, deteriorando la calidad (agua, suelo, paisaje, entorno) y afectando a los usos aguas abajo, tales como consumo humano, y preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, y recreativo.

Actualmente el cantón Lago Agrio cuenta con sistemas de alcantarillado separado, tienen instalados alrededor de 20 plantas de tratamiento de aguas residuales, en diferentes barrios del cantón como son: Cañaverl, Gustavo Andrade, Julio Marín, San Valentín, El Aeropuerto, Amazonas, La Pampa, La Estrella, Abdón Calderón, El Cisne, entre otros, los cuales no están funcionando en su totalidad debido a la falta de mantenimiento entre otros

¹ INAMHI

² INAMHI

factores, adicionalmente se tiene una Laguna de oxidación que recolecta las aguas servidas de los barrios del norte del cantón, las cuales cubre un 15% del área servida

Con esto se puede ver, la Municipalidad tiene interés por cumplir con la normativa ambiental y, de esta manera evitar el deterioro de los cuerpos receptores, sin embargo las plantas construidas no cumplen con su objetivo ya sea por falta de diseño y / o de operación o mantenimiento.

Este proyecto pretende identificar las posibles causas de mal funcionamiento y proponer soluciones a las plantas de tratamiento para que funcionen correctamente y cumplan la calidad de vertidos conforme a las normas TULAS.

Se espera que el mismo estudio que se va realizar sirva como plan piloto para que a futuro se implementen en cada una de las plantas de tratamientos de aguas residuales que estén en mal estado o paralizadas dentro del cantón.

Figura 1.1: Descarga de aguas residuales al estero sin nombre, barrio Cañaveral



Figura 1.2: Descarga de aguas residuales al estero Bomba de Texaco del Barrio Gustavo Andrade



Figura 1.3: Descarga de aguas residuales al estero Aguas Negras de Barrios del Norte



Figura 1.4: Descarga de las aguas residuales al estero sin nombre del barrio La Pampa



1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar y rediseñar las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de los Barrios Cañaverál, Gustavo Andrade, La Pampa y Lagunas de San Vicente, para que sus vertidos cumplan con las normas pertinentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los procesos de tratamiento en base a la caracterización de la calidad de las aguas servidas, procesos y de los cuerpos receptores.
- Determinar parámetros de diseño con los que se diseñaron y contrastarlo con los de la bibliografía.
- Definir parámetros de diseño y de alternativas de tratamiento para la rehabilitación de las PTAS desde el punto de vista técnico, socio-ambiental y económico.
- Rediseñar los procesos de tratamiento.

1.3 Alcance

El presente trabajo evaluará y rediseñará la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Cañaverál del cantón Lago Agrio, analizando para el efecto los aspectos técnicos, ambientales operacionales, constructivos.

1.4 Leyes y Políticas Generales sobre el Ambiente

La Legislación ambiental de nuestro país se encuentra dispersa en varias leyes, códigos, reglamentos y ordenanzas municipales. El Ministerio del Ambiente cuenta con el programa denominado: "Legislación y normativa para el desarrollo sustentable", en la cual se detalla las leyes:

a. Ley de Gestión Ambiental

Expedida en el año 2001, "El Ministerio del Ambiente del Ecuador". La Gestión Ambiental contempla los mecanismos de orden técnico, jurídico o de otro tipo, conducentes a lograr racionalidad y eficiencia en la gestión ambiental. A través de los instrumentos técnicos y legales, se establecen las obligaciones de las personas respecto al medio ambiente³.

b. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

Código legal ambiental, que recoge todas las leyes ambientales del Ecuador en ocho (8) volúmenes y tipifica la reglamentación de las mismas en siete (7) libros anexos y para el caso particular, es aplicable el libro VI Anexo1 el cual tipifica la norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al Recurso Agua, este es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional estableciéndose:

- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;

³ Bustos F. 2001, Manual de Gestión y Control medioambiental. N.R. Industria grafica, Ecuador.

- Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos (consumo humano, agrícola o de riego, recreativos, preservación flora y fauna, etc.)
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

1.5 Condiciones Generales del Cantón

Lago Agrio es un cantón ecuatoriano ubicado en el noroeste del país, en la región amazónica, y en el centro de la provincia de Sucumbíos.

Su nombre se debe a que fue el primer pozo petrolero productivo perforado por la compañía Norteamericana Texaco, se lo bautizo de "Source Lake" que significa Lago Manantial, luego "Source" fue cambiado por "Sour" que significa "Agrio", ya que para los trabajadores, los días aquí eran muy difíciles y amargos.

El Cantón Lago Agrio, se caracteriza por tener Lagunas y Ríos. Es un humedal que guarda escénicos representativos naturales, las condiciones paisajísticas que brinda las lagunas y ríos, al visitante es única: los elementos como la flora y la fauna, confluye para brindar un ambiente selvático en la actualidad.

Sus límites son:

Norte: Límites internacionales con Colombia

Sur: Cantón Shushufindi

Este: Cantones Cuyabeno y Putumayo

Oeste: Cantón Cascales.

Ofrece un clima tropical (húmedo) con máximas precipitaciones en invierno y temperaturas cálidas a lo largo de todo el año. Dicho clima posibilita una vegetación de selva ecuatorial, característica de la Amazonia, su temperatura oscila desde los 25 a 30°C aprox. en promedio. Su superficie es de 3.128 km², su altura sobre el nivel del mar es de 300 m.s.n.m.

Desde Quito se puede acceder a Lago Agrio por la vía Baeza, además se puede viajar por la vía Baños y acceder a las otras ciudades tomando un transporte público del Puyo hacia Coca, Tena o Lago Agrio y desde Guayaquil por la vía Riobamba concluyendo en el Terminal del Puyo, Coca, Lago Agrio, Tena.

En la figura 1.5, 1.6, se representa el mapa de localización general de la zona de estudio, en función de la zona territorial, mapa de la provincia de Sucumbíos.

Figura 1.5: Localización de la Provincia de Sucumbíos en el Mapa Físico del Ecuador



Fuente: Internet

Figura 1.6: Mapa de la provincia de Sucumbíos y Cantón Lago Agrio



Fuente: Internet

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 Características generales de la zona de estudio

2.1.1 Antecedentes

Lago Agrio tiene una población de 30.000 habitantes; desde hace casi 30 años es principal zona petrolera del país.

A más de constituirse en uno de los principales centros de producción petrolera del oriente ecuatoriano, Lago Agrio ha logrado un gran crecimiento comercial, agrícola, ganadero y turístico, que lo ha convertido en uno de los focos de desarrollo más importantes del Ecuador. Su superficie es de 3.128 km², su altura sobre el nivel del mar es de 300 m.s.n.m.

El clima es tropical (húmedo), con máximas precipitaciones de 373,7 mm⁴ en invierno y temperaturas cálidas de 26°C⁵ a lo largo de todo el año. Dicho clima posibilita una vegetación de selva ecuatorial, característica de la Amazonia.

2.1.2 Disposición Aguas Residuales.

En el transcurso de la historia desde la edad media, las aguas residuales se han considerado como un problema ambiental y de salud pública, las mismas, que deben eliminarse de la forma menos costosa y ofensiva posible, para la

⁴ INAMHI

⁵ INAMHI

cual se debe emplear sistemas de disposición final en el sitio y de descarga directa a cuerpos de agua superficiales, sin tratamiento alguno.

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

El problema de salud pública y de contaminación de los cuerpos receptores, (agua, suelos) es cada vez más grande en el país debido a que, nuestras áreas urbanas y periurbanas descargan sus aguas servidas hacia los diversos tipos de cuerpos receptores sin ningún grado de tratamiento.

Existen centros poblados que han construido sistemas de depuración sin embargo, estos no han sido debidamente evaluados por lo que no se conoce a ciencia cierta su eficiencia en remoción a cargas orgánicas y bacterianas, en la mayoría de los casos la falta de operación y mantenimiento de estas estructuras han determinado que estas hayan colapsado.

Dentro de los tratamientos más usuales que se tiene en el país son:

- Lagunas de oxidación
- Lagunas facultativas
- Fosa séptica
- Tanques de canto digestión
- Filtros de flujo ascendente

En el caso particular del presente trabajo de tesis, los barrios Cañaverl, Gustavo Andrade, La Pampa, Lagunas de San Vicente cuentan con los siguientes servicios:

Tabla 2.1.: Servicios con lo que cuenta cada uno de los barrios

Descripción	B. Cañaverl		B. Andrade Gustavo		B. La Pampa		B. Norte Laguna San Vicente	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Agua potable	•		•		•		•	
Alcantarillado	•		•		•		•	
Luz eléctrica	•		•		•		•	
Planta de tratamiento de aguas residuales	•		•		•		•	
Telefonía convencional	poco		•		poco		•	
Recolección de basura	•		•		•		•	
Jardín de infantes	•		•		•		•	
Escuela	•		•		•		•	
Casa comunal	•			•	•		•	
Transporte público	•		•		•		•	
Telefonía celular	•		•		•		•	
Dispensario Medico		•		•		•	•	
Colegio presencial		•	•			•	•	
Colegio distancia		•		•		•	•	

Fuente: Propia

En el caso particular del cantón Lago Agrio se han construido fosa séptica + filtro anaerobio de flujo ascendente alrededor de (20) conforme a los planos tipo MIDUVI.

Estos parámetros de diseño guardan concordancia con los de la literatura existente⁶ :

⁶ Metcalf & Eddy

Tanque decanto digestor con un tiempo de residencia de 12 horas. Filtro flujo ascendente con una carga superficial de 10 a 30 m³/m²/día.

Medio filtrante mediante piedra de río con tamaños nominales de 2.5 a 10 cm, densidades de 1000 a 1250 kg/m³, área superficial específica de 50 a 60 m²/m³ y, porcentaje de vacíos del 50%.

Actualmente estos tratamientos no funcionan adecuadamente debido primordialmente al taponamiento, por falta de políticas de mantenimiento del equipo especialmente al filtro y/o un mal empaquetamiento del medio granular el cual no cumple con los diámetros y coeficientes de uniformidad dados en los parámetros de diseño; los filtros trabajan con tiempos de residencia sumamente bajos lo que, ha incidido en que fenómenos de intercepción y puente químico ayuden a que el manto poroso se colmate. Por estos motivos han colapsado algunas plantas de tratamiento en el año 2009.

Por lo anotado, la Municipalidad ha creído conveniente evaluar estas plantas de tratamiento de aguas servidas y, en base a esta definir las alternativas para que este tipo de tratamiento funcione adecuadamente para cumplir con la normatividad vigente y, esto se ajuste a las condiciones socio-económicas del cantón.

2.2 Características Geográficas

2.2.1 Hidrología

El sistema hidrográfico está formado por el río Aguarico que atraviesa la provincia de Noroeste a Suroeste, sus afluentes son los ríos Cofanes, Chingual

y Eno; adicionalmente desembocan los ríos El Dorado, Dué, Cáscales, Aguas Negra-Cuyabeno y Shushufindi; formando el límite con Colombia está el río San Miguel con sus afluentes el Bermeja, Charapa, Singué y Opuno, recibe también las aguas de los ríos Aguas Blancas y Conejo; otro límite con Colombia es el Putumayo, cuyo tributario es el río Piñuna; finalmente y de igual importancia son los ríos Coca y Napo que integran el límite Sur con la provincia de Napo.

La ciudad de Nueva Loja se encuentra ubicada en una zona llamada "Mar de pequeñas colinas" lo que explica la presencia de muchas colinas en sus alrededores. Posee una hidrografía muy extensa por la gran cantidad de ríos, de los cuales los más importantes son: El Aguarico y Napo.

El cantón Lago Agrio se encuentra bañado por innumerables ríos en los cuales se destacan el río Aguarico, el Eno, El Conejo, El Dureno, El Teteye etc.

El mapa hidrográfico de la provincia se presenta en el Anexo A1.

2.2.2 Morfología

Los Barrios Cañaveral, Gustavo Andrade, La Pampa, Barrios del Norte (Lagunas de San Vicente), se encuentran ubicado en el Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos, se desarrolla sobre un relieve semi-colinar, su altitud promedio es 300 m.s.n.m.

2.2.3 Orografía

Al Noroeste de la provincia se encuentra la Cordillera Oriental de los Andes, al Norte está el cerro El Mirador. Hacia el Sur se desprenden las cordilleras de Pimampiro, Mainas, la Cresta del Gallo y el cerro Aulucunga que encuentra al nevado Cayambe; descendiendo hacia el Oriente está el volcán Reventador, además están los cerros Lumbaqui y Bermejo.

2.3 Características climatológicas

En la parte alta de la cordillera; el clima es de paramo y conforme se desciende a la selva amazónica va modificándose debido a factores como la altitud, humedad, vientos, y temperatura que lo convierte en el tropical húmedo bastante caluroso. El tipo de clima característico de esta zona y del Recinto en sí es Tropical húmedo y una zona ecológica tipo “bosque húmedo Tropical”, con presencia de abundantes lluvias, la altura promedio es de 300 m.s.n.m.

2.3.1 Pluviosidad

La ciudad de Nueva Loja, cantón Lago Agrio, tiene una pluviosidad promedio anual es de 297,9 mm de lluvia.⁷

2.3.2 Temperatura

La temperatura media anual de la ciudad de Nueva Loja, cantón Lago Agrio, es de 26°C⁸.

⁷ INAMHI, Ver Anexo B2

2.3.3 Evaporación potencial

- Humedad relativa promedio: 89%
- Velocidad promedio del viento: 4.7 Km/hora
- Nubosidad 5.8 octavos
- Época de Lluvias: Mar - Jun/Sept - Nov
- Época de Estiaje: Dic - Febr/Jul – Agos

2.4 Caracterización socio-económica

Las principales actividades económicas del Cantón Lago Agrio son la agricultura, el comercio interno, la actividad petrolera y la turística, el 84,2% de su población en situación de pobreza, con 96,6% de déficit de servicios residenciales básicos ha desatado actividades económicas ilegales.

2.5 Composición de las aguas residuales

2.5.1 Origen de las aguas residuales

Las aguas residuales tienen un origen domestico, industrial, subterráneo, y pluviales llamándose respectivamente domesticas, industriales de infiltración y pluviales; son líquidos provenientes de viviendas, edificios comerciales e instituciones. Las aguas servidas contienen materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes; las aguas grises son aquellas que se originan en tinas, duchas, lavamanos, y lavadoras, aportan con DBO, sólidos suspendidos, fosforo y grasas. Adicionalmente se tienen aguas de infiltración.

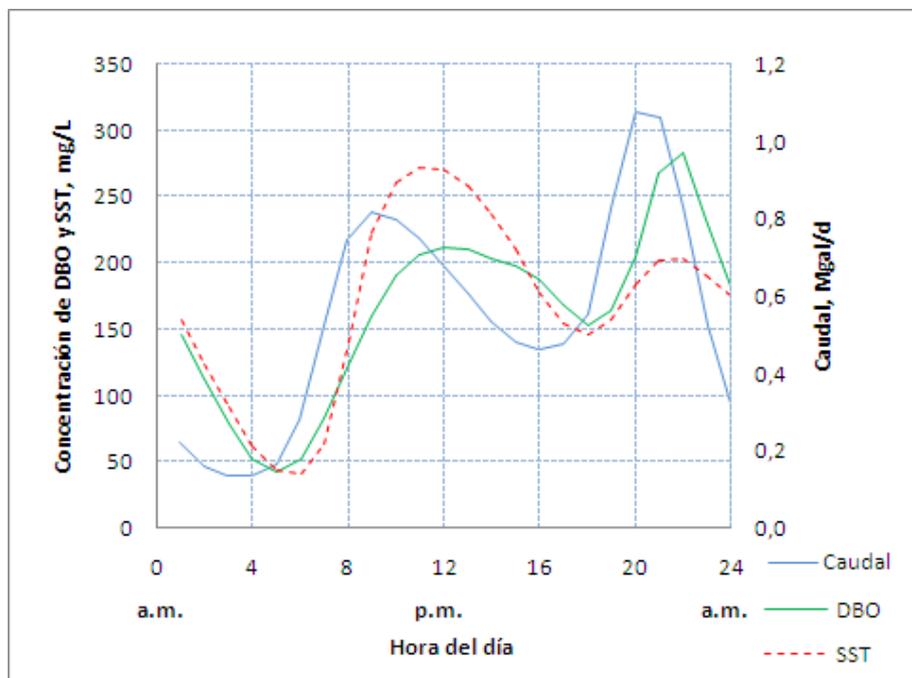
⁸ INAMHI Ver Anexo B1

2.6 Variaciones de los constituyentes y caudal en la red de alcantarillado

La capacidad de un sistema de tratamiento normalmente se estima en base al caudal diario promedio correspondiente al periodo de diseño, sin embargo debe tomarse en cuenta para el diseño condiciones críticas de operación causadas por variaciones de caudal, incorporación de aguas lluvias, concentración de contaminantes y combinaciones de éstos (carga másica), caudales pico y cargas pico de contaminantes en los diversos procesos de tratamiento.

Las variaciones horarias típicas del agua residual doméstica se pueden apreciar en la figura 2.1.

Figura 2.1. : Variaciones horarias en la concentración de DBO y SST en las redes de alcantarillado.



Fuente: Crites & Tchobanoglous, 2000; Metcalf, 1979

2.7 Caracterización de las aguas residuales y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química orgánicas e inorgánicas y biológica, ver Anexo D1, D2, D3. Muchos de los parámetros característicos del agua residual guardan entre ellos. Una propiedad física como la temperatura, puede afectar tanto la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua residual.

Con el propósito de conocer las características de los afluentes y efluentes de las aguas residuales de las plantas de tratamiento de los barrios: Cañaverál, Gustavo Andrade, La Pampa, Lagunas San Vicente y de los esteros que actúan como cuerpos receptores, se procedió a realizar un muestreo de cada una de las plantas, en la figura 2.2 encontramos la ubicación de cada uno de los barrios que fueron muestreados.

Toda caracterización de aguas residuales implica un programa de monitoreo y toma de muestras apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados.

Existen caracterizaciones típicas de aguas residuales, las cuales son muy importantes, hay que recordar que cada agua residual es única en sus características, en la tabla 2.2, 2.3, encontramos la composición típica de las aguas residuales domésticas en la entrada y salida de cada una de las plantas de tratamiento de aguas servidas de los barrios del cantón Lago Agrio respectivamente.

Figura 2.2. : Ubicación de los Barrios Cañaveral, Gustavo Andrade, La Pampa y Lagunas San Vicente en el Cantón Lago Agrio

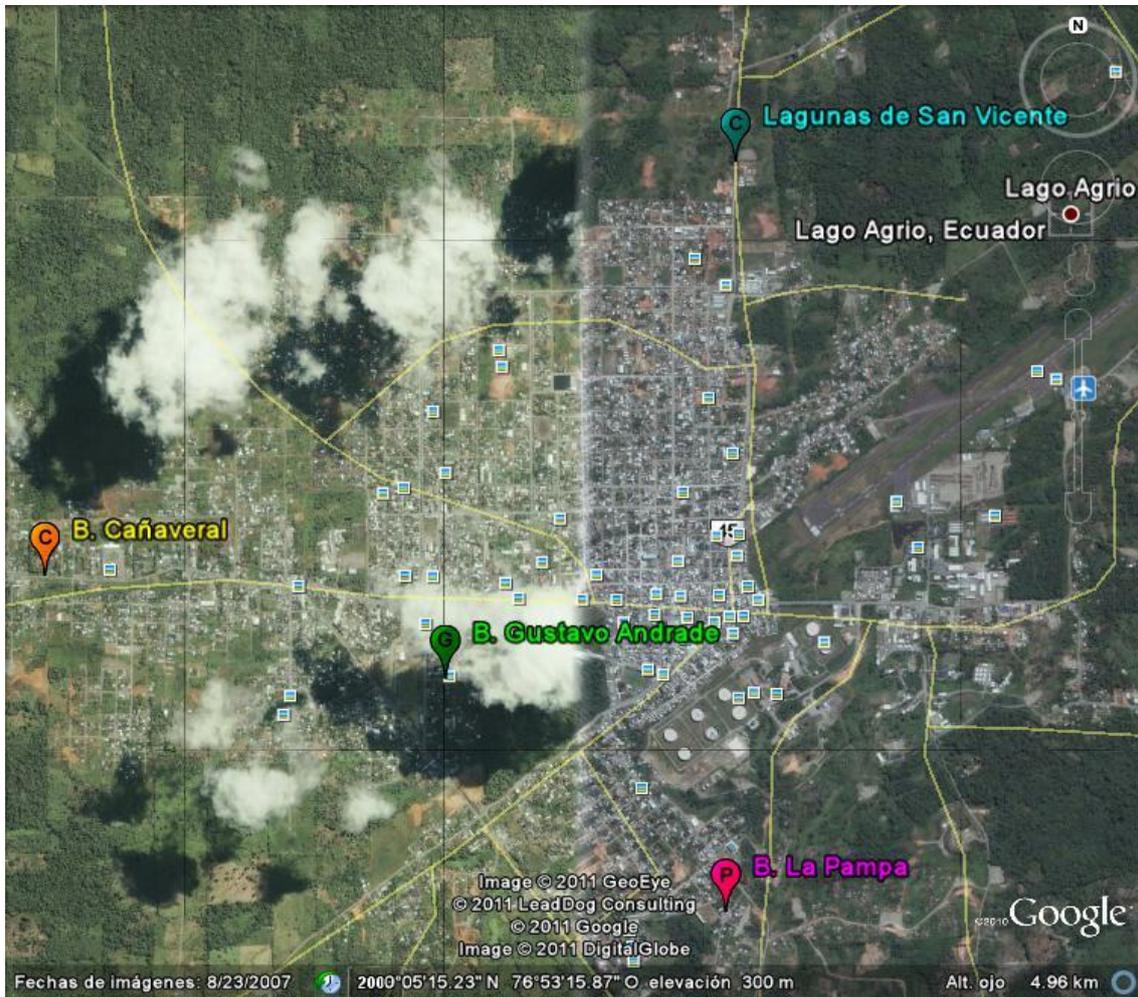


Tabla 2.2. : Composición típica de las Aguas Residuales Domesticas a la entrada de cada planta de tratamiento

Lago Agrio						
Parámetro	Magnitud	Limite	B. Cañaverl	B. Gustavo Andrade	B. La Pampa	Launas San Vicente
			Entrada del afluente	Entrada del afluente	Entrada del afluente	Entrada del afluente
Sólidos Totales	mg/L	720				
Sólidos Disueltos	mg/L	500				
Sólidos Suspendidos	mg/L	220				
DBO	mg/L	220	9	10	125	32
DQO	mg/L	500	18	116	147	57
Nitrógeno total	mg/L-N	40				
Nitritos	mg/L-N	0	0,003	0,159	0,01	0,013
Nitratos	mg/L-N	0	6,16	14,96	21,12	7,48
Fosforo total	mg/L-P	8				
Cloruros	mg/L-Cl	50	20	40	12	20
Alcalinidad	mg/L - CaCO ₃	100	113	176	500	107
Grasas	mg/L	100				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	2100	100	79200	20000

Fuente: PETROPRODUCCION – LABORATORIO LABPAM

Tabla 2.3. : Composición típica de las Aguas Residuales Domesticas a la salida de cada planta de tratamiento

Cantón Lago Agrio						
Parámetro	Magnitud	Limite	B. Cañaverl	B. Gustavo Andrade	B. La Pampa	Lagunas San Vicente
			Salida del efluente	Salida del efluente	Salida del efluente	Salida del efluente
Sólidos Totales	mg/L	720				
Sólidos Disueltos	mg/L	500				
Sólidos Suspendidos	mg/L	220				
DBO	mg/L	220	4	10	45	8
DQO	mg/L	500	14	17	98	23
Nitrógeno total	mg/L-N	40				
Nitritos	mg/L-N	0	0,119	0,848	0,056	0,294
Nitratos	mg/L-N	0	3,08	6,16	13,2	13,64
Fosforo total	mg/L-P	8				
Cloruros	mg/L-Cl	50	25	38	62	15
Alcalinidad	mg/L - CaCO ₃	100	109	201	301	59
Grasas	mg/L	100				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	200	1500	70400	1200

Fuente: PETROPRODUCCION – LABORATORIO LABPAM

Los valores de coliformes totales de los barrios de Gustavo Andrade y la Pampa son valores muy altos y no cumplen con la norma TULAS, por tal motivo no están trabajando debidamente las plantas de tratamiento de aguas residuales sino que están contaminando los cuerpos receptores como son los esteros.

La cantidad y concentración de las aguas residuales es función de su origen y de sus componentes, por lo que las cargas equivalentes o contribuciones per capital por día varían de una ciudad a otra y de un país a otro. Para ciudades grandes se pueden usar, como valores de referencia, los incluidos en la tabla anterior; para comunidades pequeñas o áreas rurales las aguas residuales son predominantemente domésticas y las cargas por persona equivalente pueden ser como de la tabla 2.4.

Tabla 2.4. : Cargas promedio de las Aguas Residuales Domesticas (ARD) en el área rural.

Parámetro	Valor
Caudal	150 L/c.d
DQO	75 – 80 g/c.d
DBO	30 – 35 g/c.d
Sólidos suspendidos	25 – 30 g/c.d
Nitrógeno	8 – 9 g/c.d
Fosforo	3,5 – 4 g/c.d
Coliformes totales	108 NMP/100mL

Fuente: Romero Rojas Jairo Alberto; Tratamiento de Aguas Residuales, 2000ç

2.8 Tratabilidad de las aguas residuales.

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente.

Una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas debe tener como propósito eliminar toda contaminación orgánica y bacteriológica del agua que pueda afectar a la salud pública, la flora y la fauna. Los procesos, además, deben ser optimizados de manera que las plantas no produzcan olores ofensivos hacia la comunidad. Una planta de aguas servidas bien operada debe eliminar al menos un 90% de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella.

2.8.1 Procesos de tratamiento

Los contaminantes en suspensión, coloidales y disueltos sean orgánicos e inorgánicos en las aguas residuales, estos pueden ser separados físicamente, transformarse por medios biológicos, o someterse a transformaciones químicas, en general los contaminantes de las aguas residuales se eliminan en orden de dificultad creciente; así, primero se retiran objetos grandes (trapos, palos, etc.), después, se separa la arena y arenilla todo esto con el objeto de proteger del desgaste a los subsiguientes equipos de tratamiento. En este punto la mayor parte de los sólidos pequeños todavía están en suspensión y la parte sedimentable (alrededor del 50%) se pueden tratar en procesos primarios (de sedimentación); este efluente pasa a un tratamiento secundario y luego si es necesario a un terciario.

2.8.1.1 Tratamientos físicos

Estos procesos son comúnmente utilizados para pre-tratamiento, tales como rejas, desarenador y posteriormente tratamiento primario de las aguas residuales (Sans & Ribas, 1999).

Con los procesos físicos y en especial la sedimentación, se puede separar de las aguas residuales alrededor del 99% de la arena, el 40 – 60% de los sólidos en suspensión del líquido que entra, coliformes fecales de 70 – 85% y de DBO₅ y DQO de 30 – 50% (contenida en el lodo sedimentado).

Otro proceso físico muy utilizado es la filtración, que permite la eliminación de sólidos en suspensión, procedentes de las aguas luego del tratamiento y sedimentación biológica (Sans & Ribas, 1999).

2.8.1.1.1 Tratamiento Primario

Este tratamiento consiste en depurar el agua residual de materiales no degradables de tamaño considerable por medio de enrejados para luego quemarlas o enterrarlas tras ser recogidos de forma manual o mecánicamente, el agua residual pasa a continuación a través de una trituradora, donde las hojas y otros materiales orgánicos son triturados para facilitar su posterior procesamiento que consiste en filtrar el agua residual por una cámara de arena, posterior a una sedimentación, flotación por presión de aire y luego a un proceso de digestión microbiológico (Romero 2002).

2.8.1.2 Tratamiento Secundario

Este tratamiento tiene como objetivo fundamental reducir la cantidad de materia orgánica en el agua (Bustos 2001). El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos en presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos (Corbitt 2003).

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo Humedales, Biorremediación.

2.8.1.3 Tratamientos Biológicos

Generalmente usados en tratamientos secundarios, el objetivo es la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables en la decantación primaria; así como también la estabilización de la materia orgánica soluble.

La mayor parte de los componentes orgánicos de las aguas residuales sirven como alimento o sustrato que proporciona energía para el crecimiento microbiano, este es el principio utilizado en los tratamientos biológicos aerobios, transforman el sustrato orgánico en dióxido de carbono, agua y células nuevas. (Henry & Heinke, 1999).

- a. Procesos aerobios/anóxicos:** las bacterias en presencia de oxígeno oxidan alrededor de un tercio de la materia orgánica coloidal y disuelta a productos finales estables y los dos tercios restantes se transforman en nuevas células microbianas susceptibles de eliminarse de las aguas por sedimentación.



2.8.1.4 Sistemas de embalses

Las aguas residuales pueden ser retenidas en embalses que van desde pantanos naturales a estanques o lagunas de oxidación; hasta complejas lagunas aireadas.

Los procesos de lagunaje tanto artificiales como naturales se han usado durante muchos años, en especial como alternativas en pequeñas comunidades, éstos están expuestos al aire libre y se producen reacciones biológicas, químicas y físicas para la estabilización del agua residual. Estos procesos pueden ocurrir de manera simultánea, e incluyen fenómenos tales: sedimentación, aireación, evaporación, corrientes térmicas, filtración, etc.

Estos sistemas admiten variaciones de caudal y carga, sin embargo necesitan grandes superficies de terreno y se pueden generar malos olores cuando se llegue a condiciones anaerobias incompletas.

Según Mackenzie (2004), la clasificación más utilizada para este tipo de tratamientos es:

- Lagunas aerobias
- Lagunas facultativas
- Lagunas de maduración o terciarios
- Lagunas aireadas

2.8.1.5 Sistemas de humedales

Los humedales son aéreas cubiertas de agua que albergan plantas acuáticas (Smith & Smith 2001); llamados filtros verdes, permiten el cultivo de especies vegetales parcialmente cubiertas de agua para la asimilación y adsorción de ciertos componentes del agua residual por parte de las plantas, las mismas que pueden estar enraizadas o suspendidas en el suelo por donde corre el agua o con flujo subsuperficial donde el agua corre por los extremos de la plantación y la humedad llega a las plantas por medios porosos (Corbitt 2003).

El tratamiento en humedales se produce mediante metabolismo bacteriano y sedimentación física; los sistemas de tratamiento mediante humedales artificiales varían desde la creación de un pantano en una zona natural hasta una construcción extensa que requiera una importante movilización de tierras, obras, construcción de barreras.

Los humedales se clasifican en función del régimen de caudal predominante, por encima y por debajo del suelo (Corbitt, 2003), teniendo:

- Sistemas de agua superficial libre con vegetación emergente, consiste en estanques o canales, tienen poca profundidad y baja velocidad.

- Sistemas de caudal bajo la superficie con vegetación emergente, consiste en una red de trincheras o lechos de drenaje, requieren bajas velocidades.

2.8.1.6 Sistemas anaerobios (Reactores)

Son procesos biológicos en los cuales los microorganismos transforman los compuestos orgánicos en metano, dióxido de carbono (CO₂), materia celular y otros compuestos orgánicos. Actualmente son muy utilizados para tratar efluentes con cargas orgánicas elevadas, dado su gran potencial de producción de energía y la baja tasa de producción de lodo.

Entonces el tratamiento anaerobio es la conservación de los compuestos orgánicos en CO₂, metano y material celular, en el caso de los compuestos nitrogenados, el rendimiento celular neto (porción de compuestos orgánicos transformados) oscila entre el 5 por 100 para ácidos grasos, hasta el 20 por 100 para hidratos de carbono (Corbitt, 1999).

La producción de metano es dependiente del valor de pH y la alcalinidad, ya que dióxido de carbono es parcialmente soluble en el agua. Algunos de los parámetros a tomar en cuenta para el diseño y funcionamiento de estos métodos de tratamiento son los siguientes:

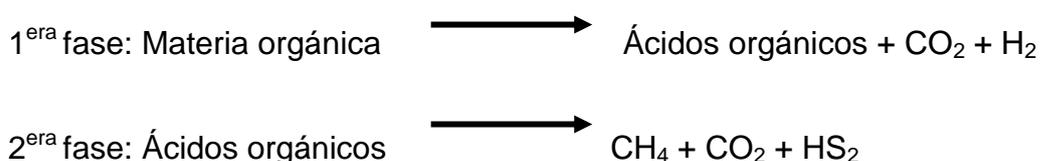
- **Requerimientos de pH y alcalinidad:** el rango de pH óptimo para la fermentación de metano está entre 7 y 8, aunque las bacterias metanogénicas no se desactivan hasta que el pH desciende de 6; cuanto menor sea el pH y mayor el tiempo en que permanece en un nivel bajo, más

difícil será que las bacterias vuelvan a la actividad. Por esta razón es recomendable que el pH de los digestores se mantenga en 6,5. Por otro lado se debe cuidar la alcalinidad ya que esta en relación con el pH, así, si la alcalinidad es menor que 500mg/l, el pH descenderá cerca de 6.

- **Requerimientos de nutrientes:** los microorganismos anaerobios requieren nutrientes para sustentar su crecimiento, así, los requerimientos en fósforo y nitrógeno de las bacterias anaerobias son un 20 por 100 inferiores a los de las bacterias aerobias. Además de estos se requiere azufre, hierro, potasio, calcio, magnesio y sodio.

- **Temperatura:** cuando mayor sea la temperatura del sistema más rápido transcurrirá la degradación y se producirá antes la muerte celular generalmente los reactores anaerobios trabajan en el rango mesofílico (25 a 40°C o en el termofílico (50 a 70°C), los segundos sistemas requieren reactores más pequeños que los primeros, sin embargo debido al bajo rendimiento celular, los procesos termofílicos arrancan muy lentamente y no toleran variaciones de carga.

a. Procesos Anaerobios: en ausencia de oxígeno, las bacterias heterótrofas convierten más del 90% de la materia orgánica presente primero en productos finales parcialmente estabilizados que incluyen ácidos orgánicos y alcoholes (productos intermedios); y después en metano y dióxido de carbono gaseosos:



Estos procesos generan energía útil en forma de metano además la producción de lodos es solo el 10% respecto a los procesos aerobios, para la misma cantidad de materia orgánica.

2.8.1.7 Plantas Acuáticas

Son los vegetales que se desarrollan en las aguas, tanto dulces como marinas; se denominan, en sentido amplio, hidrofitos. Según sea ésta, se pueden clasificar en: Flotantes: que pueden carecer de raíces y vivir sobre el agua y sin enraizar durante toda su vida o bien pueden enraizar pero todos sus órganos son flotantes. Sumergidas: que viven durante toda su vida enraizada al substrato y sumergidas. Anfibias: que son plantas terrestres que pueden vivir en el agua o fuera de ella, a estas normalmente se las conoce como plantas acuáticas (Corbitt 2003).

La utilización de plantas acuáticas ha sido desarrollada como un tratamiento secundario o terciario alternativo de aguas residuales, y ha demostrado ser eficiente en la remoción de una amplia gama de sustancias, orgánicas así como nutrientes y metales pesados.

Es importante mencionar que las plantas acuáticas acumulan gran cantidad de metales pesados en sus tejidos como mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico(As), cromo (Cr), los cuales son liberados posteriormente al medio pudiendo causar problemas en el suelo y en la cadena alimentaria de los humedales. Esto implica la remoción de estas plantas después de un cierto tiempo a fin de no provocar problemas de contaminación en estos ecosistemas, no afectando de este modo la recuperación del humedal.

El mecanismo mediante el cual la planta saca del agua residual el contaminante es el siguiente: las plantas acuáticas, que constituyen la base de la tecnología de los wetland, tienen la propiedad de inyectar grandes cantidades de oxígeno hacia sus raíces. El aire que no es aprovechado por la especie y el que ésta expelle es absorbido por microorganismos, como bacterias y hongos, que se asocian a la raíz y se encargan de metabolizar los contaminantes que entran al sistema.

CAPITULO III

DIAGNOSTICO Y EVALUACIÓN PTAS

3.1 Introducción

Con el fin de caracterizar la calidad de las agua servidas de las plantas de tratamiento de los barrios Cañaverál, Gustavo Andrade, Pampa, Lagunas de San Vicente del Cantón Lago Agrio de la provincia de Sucumbíos, se recopiló información de diversas instituciones, entre las cuales se encuentran: Municipio Cantón Lago Agrio, Petro-Producción, entre otros, instituciones que cuentan con datos de las plantas de tratamiento de aguas servidas e información socio ambiental de sus áreas de influencia.

Adicionalmente se realizó el muestreo de las aguas servidas de las plantas de tratamiento para lo cual se escogió los barrios: Cañaverál, Gustavo Andrade, La Pampa, Lagunas San Vicente, como las más representativas.

3.2 Ubicación de los sitios de muestreo

En la tabla 3.1, Anexo A2, se presentan los sitios de muestreo adoptados por las instituciones mencionadas y de los estudios realizados.

Tabla 3.1: Plantas de tratamiento de aguas servidas de los barrios del Cantón Lago Agrio.

Barrios	Sitio de Muestreo	Descripción
Cañaverál	A1008 – 007	Planta de tratamiento de aguas residuales en el tanque de Sedimentación.
	A1008 – 008	Planta de tratamiento de aguas residuales en el tanque de Filtración.
Gustavo Andrade	A1008 – 004	Planta de tratamiento de aguas residuales en el tanque de Sedimentación.
	A1008 – 005	Planta de tratamiento de aguas residuales en el tanque de Filtración.
	A1008 – 006	Planta de tratamiento de aguas residuales en la salida del tanque de filtración al estero.
La Pampa	A1008 – 025	Planta de tratamiento de aguas residuales en el tanque de Sedimentación.
	A1008 – 026	Planta de tratamiento de aguas residuales en la salida del tanque de filtración al estero.
Lagunas del San Vicente	A1008 – 001	Planta de tratamiento de aguas residuales en la entrada a la planta
	A1008 – 002	Planta de tratamiento de aguas residuales en una de las lagunas de oxidación.
	A1008 – 003	Planta de tratamiento de aguas residuales en la salida de la planta al estero.

Fuente: PETROPRODUCCION

Los muestreos ejecutados permiten caracterizar la calidad física, química, bacteriológica y biológica de las aguas, además se puede analizar la calidad de las mismas tanto en la entrada como en la salida de las plantas de tratamiento. Adicionalmente se ha contrastado con las normas de calidad vigentes en el país.

Entre los parámetros analizados se tienen: pH, conductividad, temperatura; como parámetros físicos tenemos DBO₅, DQO, N, Fósforo para caracterización biológica; NMP total y E. Choli, para determinación bacteriológica.

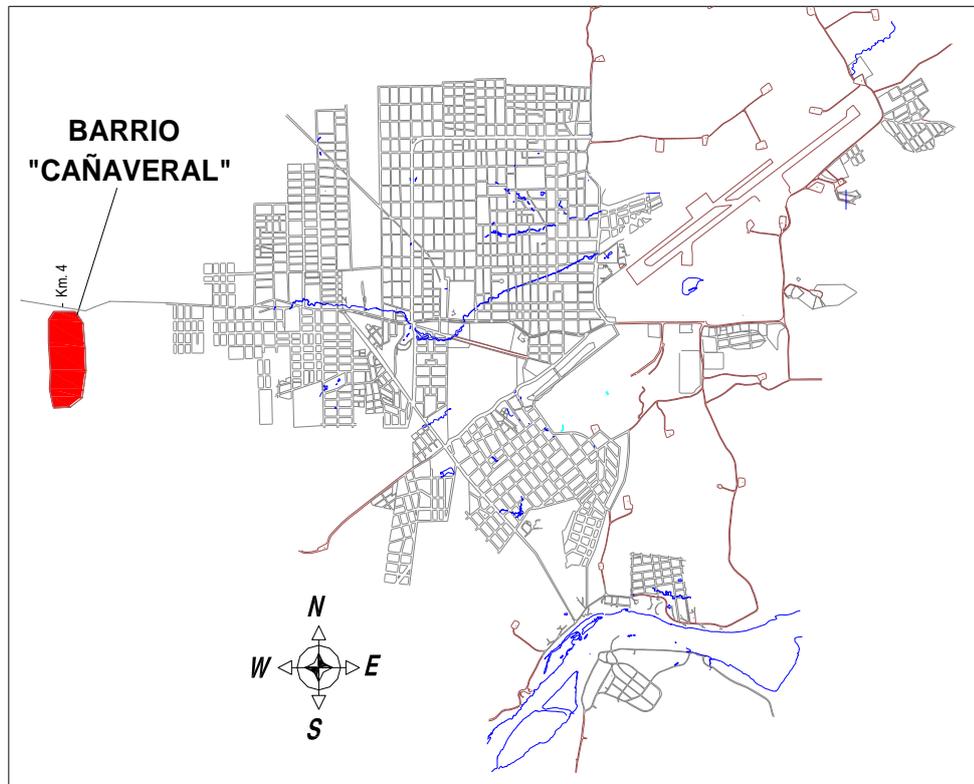
3.3 Calidad del agua

3.3.1 Evaluación y recopilación de información existente de las plantas de tratamiento

3.3.1.1 Barrio Cañaverál

Para acceder al Barrio Cañaverál, viajando en vehículo particular se demora alrededor de 15 minutos desde el centro de Nueva Loja. Constituye un barrio predominantemente residencial con la presencia escasa de comercios y talleres. El barrio se encuentra a la altura del Km.4 de la Vía Quito desarrollándose al sur de la vía asfaltada, en la vía Lago Agrio-Quito cuyas coordenadas son: 0°04'56.35"N y 76°54' 44.16"O, en la figura 3.1 se muestra un croquis del barrio Cañaverál.

Figura 3.1. : Croquis del Barrio Cañaverál en el Cantón Lago Agrio



Fuente: Propia

3.3.1.1.1 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario del Barrio Cañaverál

En la figura 3.2 mostramos planimetría, áreas de aportación del barrio en estudio, Anexo F1 y en F2, tenemos, datos hidráulicos y en F3, implantación general, y de la red colectora sanitaria del sistema de alcantarillado sanitario del Barrio CAÑAVERAL, trabaja enteramente a gravedad, cuenta con los siguientes componentes:

Tabla 3.2: Datos Generales del Barrio Cañaveral

Detalles	Descripción
Tubería	PVC 200 mm a instalar en la red y 160 mm en las conexiones domiciliarias
Redes Primarias	tubería 200 mm diámetro y L= 2728.03 m.
La línea de conducción	tubería 63mm diámetro y L= 114 m
Emisario a PTAS	tubería 160 mm diámetro y L = 602 m
Pozos de revisión	29 unid.
Conexiones domiciliarias	180 unid.

Datos Generales				
ha	=	12,61	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. Cañaveral
# Lts	=	631	#	# Lotes B. Cañaveral
Caudal de aguas domesticas				
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
# Lts hab	=	190	631	# de Lotes habitados
P	=	950	3153	hab
Dot.	=	150	150	l/hab.día
C	=	0,7	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado
Q_{servidas}	=	1,15	3,83	lts/seg
Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanitario + Q infiltración)				
	2010	2020	Unidad	Descripción
C_{infiltr}	=	50	50	l/hab.día
Q_{infiltr}	=	0,55	1,82	lts/seg
Q_{adop}	=	1,15	3,83	lts/seg
Q_{diseño}	=	1,70	5,66	lts/seg
Q_{diseño}	=	147	489	m ³ /día

aguas tratadas. Este sector drena los efluentes sanitarios de 6.59 ha y alberga una población de 494 habitantes, es decir, constituye aproximadamente el 52% del área de servicio.

La descarga se ubica en el extremo norte del Barrio y se realiza hacia el estero sin nombre que posteriormente desemboca en el Estero Orienco, previo al paso de los caudales por la unidad de tratamiento.

La red colectora sanitaria, fue exclusivamente diseñada para transportar los caudales sanitarios domésticos y no para los provenientes del escurrimiento superficial producto de las precipitaciones.

Recalcar que se hace necesario construir pozo vertedor para aguas lluvias.

a. Planta de Tratamiento de Aguas Servidas

El ingreso de las aguas servidas a la planta de tratamiento se lo hace mediante un sistema de bombeo, ubicada en la intersección de la calle A y la transversal #8, y su respectiva línea de impulsión, que descarga los afluentes sanitarios de la red colectora en el pozo P36, para que desde este punto los afluentes sanitarios se conduzcan a gravedad hasta la unidad de tratamiento previa su descarga final al estero sin nombre efluente del estero Orienco.

La estación de bombeo tiene un sistema de rejas removibles tipo cesto y dos bombas centrífugas sumergibles, además posee una adicional como reserva para suplir el mantenimiento o compostura de cualquiera de ellas. Las características de la estación de bombeo se indican en la tabla 3.3.

Tabla 3.3.: Estación de Bombeo

CARACTERISTICAS	ESTACION DE BOMBEO
Cantidad de Bombas	2 en paralelo
Tipo	Sumergibles
Caudal de Operación (l/s)	1.45
Longitud tubería de impulsión (m)	114
Material tubería impulsión	PVC, 0.63 Mpa
Diámetro tubería de impulsión (mm)	63
Desnivel altimétrico (m)	2.37
Pérdida de carga (m)	0.89
Potencia requerida (HP)	1/3

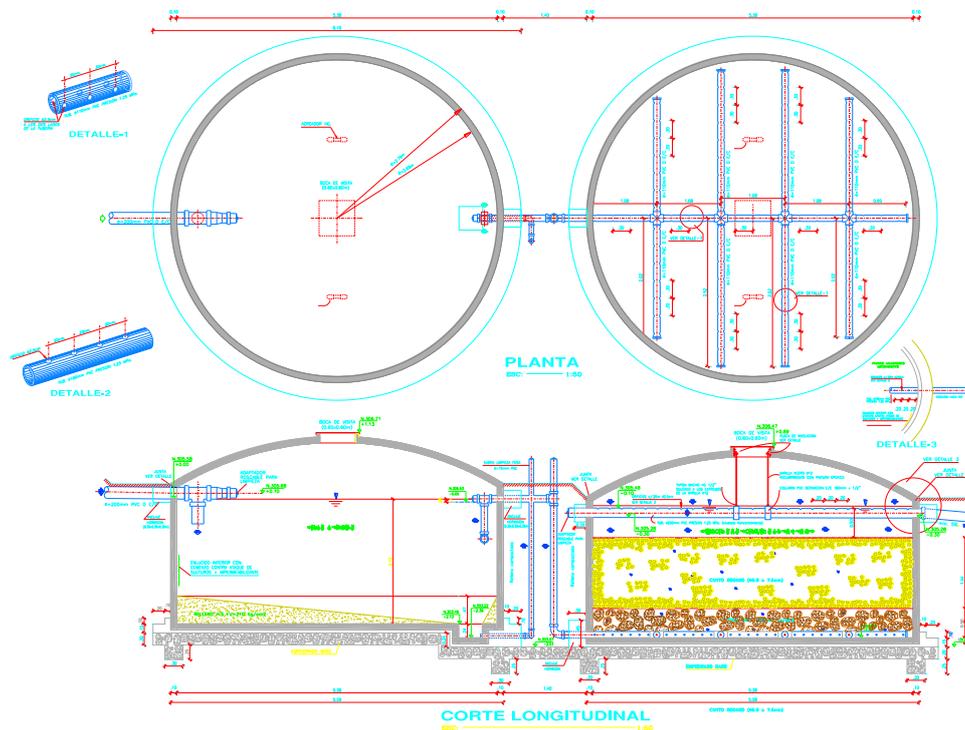
Fuente: Propia

En la figura 3.3, Anexo F4 y F5, se muestra la unidad de tratamiento de aguas residuales domésticas, que consiste en un sistema doble, en paralelo de una fosa séptica seguida por un filtro anaerobio de flujo ascendente.

El sedimentador lo conforma un reactor de forma circular de 5.38 metros de diámetro y 2.22 metros de profundidad, que funciona como una fosa séptica, el cual posee 1 tolva en forma de cono trunco que permiten albergar los lodos primarios sedimentados, hasta un volumen de 5.4 m³.

Los afluentes sanitarios seguidamente son conducidos a un filtro ascendente de material grueso, de forma circular similar al sedimentador, cuyo objetivo es detener y concentrar para que decanten el material flotante y filaminoso.

Figura 3.3. : Plano de la Planta de Tratamiento del barrio Cañaveral, Anexo F4



Fuente: Propia

En las figuras 3.4 y 3.5 se muestra la planta de tratamiento del barrio Cañaveral con una abundante vegetación la misma que cubre toda el área de construcción, esto significa que la planta no ha tenido un mantenimiento preventivo por mucho tiempo y esto ha ocasionado que la planta de tratamiento de aguas servidas no se encuentra funcionando al 100%, por tal motivo el estero se encuentran contaminado, y por ende emana gran cantidad de malos olores, los moradores de los alrededores se encuentran con gran malestar al ver que su estero se encuentra contaminado, exigen que se realice un correctivo inmediato de la planta con un mantenimiento de emergencia o con una reparación en un corto tiempo.

Figura 3.4. : Planta de Tratamiento del barrio Cañaverál.



Fuente: Propia

Figura 3.5. : Planta de Tratamiento, tanque de filtro ascendente.



Fuente: Propia

3.3.1.1.2 Análisis de los resultados obtenidos del muestreo

En el Anexo C1, C2, C3, C4, C5, C6 se presentan los resultados de los análisis de calidad de agua realizadas por el laboratorio LABPAM (Lago Agrio), TAHISA (Quito). En la tabla 3.4 se resumen los resultados obtenidos de la caracterización de las aguas residuales.

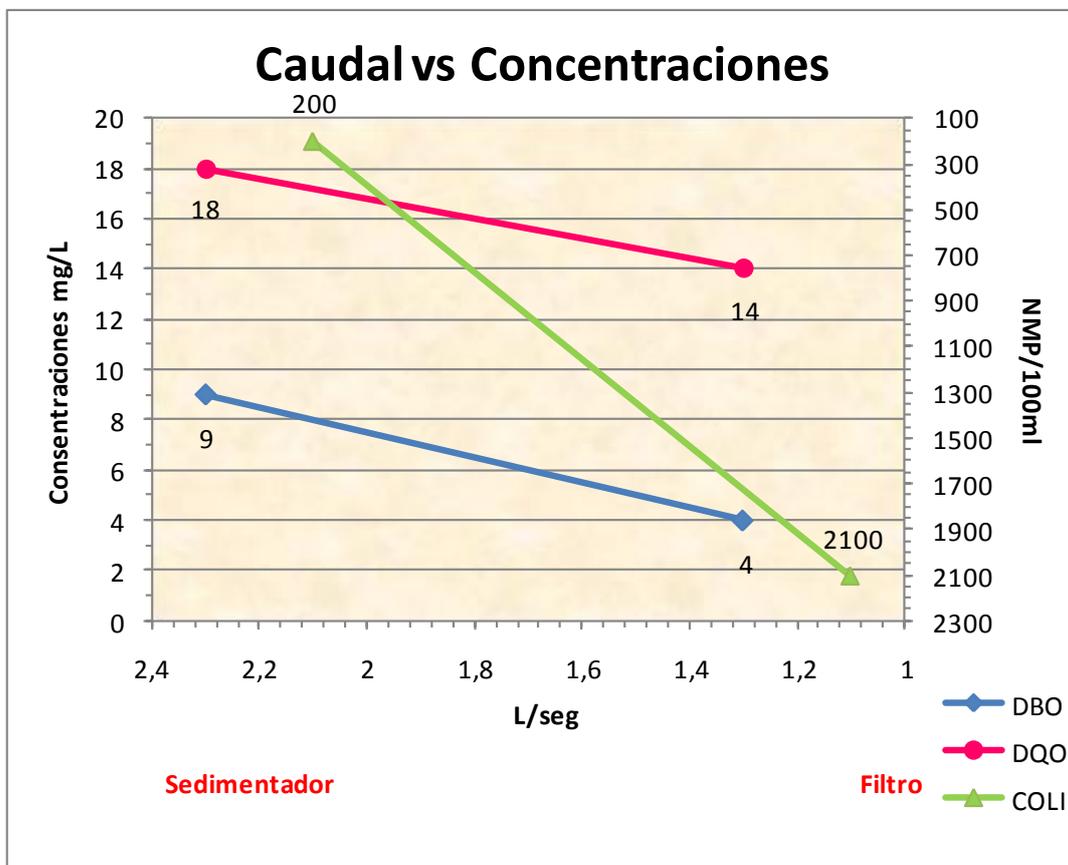
Tabla 3.4.: Muestra del Barrio Cañaverál

Parámetro	Unidad	B. Cañaverál	
		Sed.	Filtro
pH	u de pH	6,53	6,67
CE	μS/cm	246	247
DQO	mg/l	18	14
Turbidez	UTN	90	30
Alcalinidad	mg/l	113	109
Dureza total	mg/l	138	112
Dureza Cálcica	mg/l	69	75
Dureza Magnésica	mg/l	69	37
Cloruro	mg/l	20	25
Sulfatos	mg/l	10	7
Nitritos	mg/l	0,003	0,119
Nitratos	mg/l	6,16	3,08
Fosfatos	mg/l	2,74	0,95
Hierro	mg/l	9,25	2,38
Color	PtCo	287	67
Coliformes Totales	col/100ml	2100	200
Aerobios	col/1ml	558	336
Hongos y Levaduras	col/100ml	13000	260000
Coliformes Fecales	col/100ml	100	< 100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	9	4

Fuente: Laboratorio Ambiental (LABPAM) PETROPRODUCCION

En el cuadro 3.1 encontramos variaciones de DBO, DQO, COLI, en diferentes puntos de la planta de tratamiento de aguas servidas.

Cuadro 3.1.: Variaciones de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrio Cañaverál



Fuente: Propia

Conclusión

- Los resultados obtenidos de calidad del agua de la planta de tratamiento del barrio Cañaverál podemos observar que en algunos parámetros obtenidos si cumplen con la normativa,

3.3.1.1.3 Análisis de caudales aportantes en función de la oferta y demanda.

Poblacion = 950 hab.

Dotacion = 150 lts/seg

Coefficiente de retorno "C" = 0,7

$$Q = \frac{Pob \times Dot \times C}{86400}$$

$$Q = \frac{950 \text{ hab} \times 150 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \times 0,7}{86400}$$

$$Q = 1,15 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{adop} = 1,15 \text{ lts/seg}$$

$$C_{inf} = 50 \text{ lts/hab.dia}$$

$$Q_{inf} = 0,55 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{diseño} = 1,70 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{diseño} = 147 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal aportante a la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Cañaveral es de 1,70 lts/seg.

3.3.1.2 Barrio Gustavo Andrade

3.3.1.2.1 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario del Barrio Gustavo Andrade

En la figura 3.6 encontramos la planimetría del barrio mencionado Anexo F6, y en los Anexos F7, F8, F9 respectivamente tenemos, áreas aportantes, datos hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario e implantación general de la planta del Barrio Gustavo Andrade respectivamente, la cual trabaja enteramente a gravedad, cuenta con los siguientes componentes:

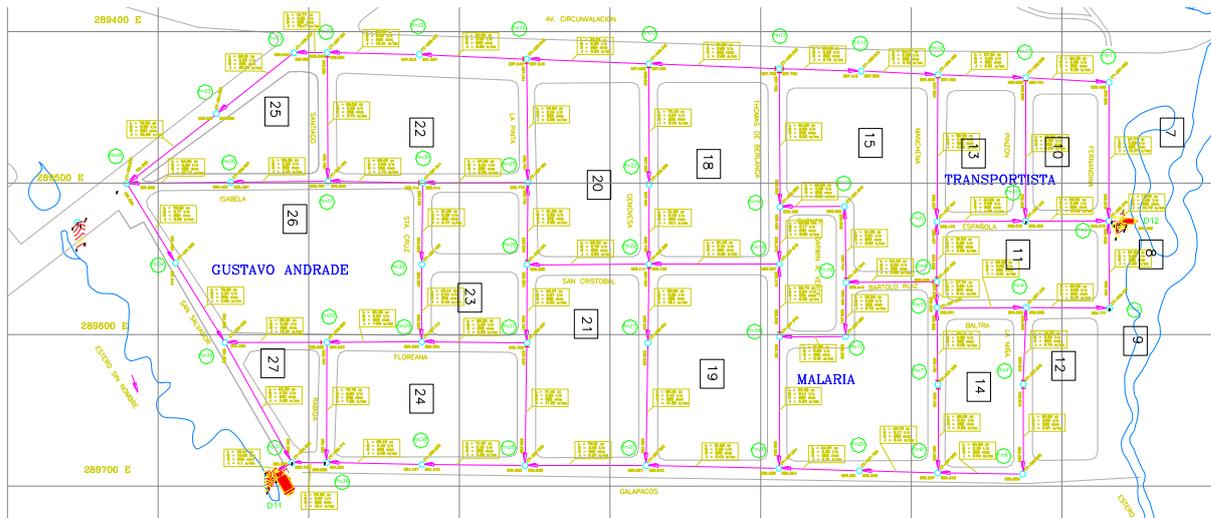
Tabla 3.5: Datos Generales del Barrio Gustavo Andrade

Detalle	Descripción
Redes Primarias	4318,74 m
Tubería	PVC 200 mm a instalar en la red y 160 mm en las conexiones domiciliarias
Pozos de revisión	50 unid.
Conexiones domiciliarias	420 unid.
Emisario a PTAS	tubería 160 mm diámetro y L = 1170 m

Datos Generales					
ha	=	19,50		ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200		m ²	Tamaño c/d Lotes B. Gustavo Andrade
# Lts	=	975		#	# Lotes B. Cañaverl
Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
		2010	2020	Unidad	Descripción
# Lts hab	=	504	975		# de Lotes habitados
P	=	2520	4875	hab	Población B. Gustavo Andrade
Dot	=	150	150	l/hab.día	Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	0,7		Coef. De retorno al alcantarillado
Q_{servidas}	=	3,06	5,92	lts/seg	Caudal de aguas servidas
Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
		2010	2020	Unidad	Descripción
C_{infiltr}	=	50	50	l/hab.día	Coeficiente aguas infiltración
Q_{infiltr}	=	1,46	2,82	lts/seg	Caudal de infiltración
Q_{adop}	=	3,06	5,92	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q_{diseño}	=	4,52	8,75	lts/seg	Caudal de diseño
Q_{diseño}	=	391	756	m ³ /día	Caudal de diseño
Q_{entrada}	=	4,52	8,75	lts/seg	Caudal de entrada

Los afluentes sanitarios seguidamente son conducidos a un filtro ascendente de material grueso, de forma circular similar al sedimentador, cuyo objetivo es detener y concentrar para que decanten el material flotante y filaminoso.

Figura 3.6.: Planimetría del Barrio Gustavo Andrade, Anexo F6



Fuente: Propia

En la actualidad la planta de tratamiento del barrio Gustavo Andrade no se encuentra funcionando en su totalidad, como se muestra en la figura 3.7 en la cual podemos observar que el pozo de entrada a la planta esta taponada, ocasionando el rebose del agua residual que debe ingresar a la planta así como malos olores y contaminación del medio ambiente.

El taponamiento del pozo de entrada ocasiona que la planta no funcione bien, al no dejar ingresar en su totalidad el agua residual a la planta, además con la población y la dotación hemos calculado un caudal de entrada de 1,70 l/seg y el caudal de salida de 0,28 l/seg aproximadamente, causando gran contaminación al estero de la Bomba de Texaco por el rebosamiento del agua residual como se muestra en la figura 3.8, al no poder ingresar a la planta en su totalidad.

Figura 3.7.: Planta de tratamiento del B. Gustavo Andrade



Fuente: Propia

Figura 3.8.: Pozo de revisión colapsado.



Fuente: Propia

3.3.1.2.2 Análisis de los resultados obtenidos del muestreo

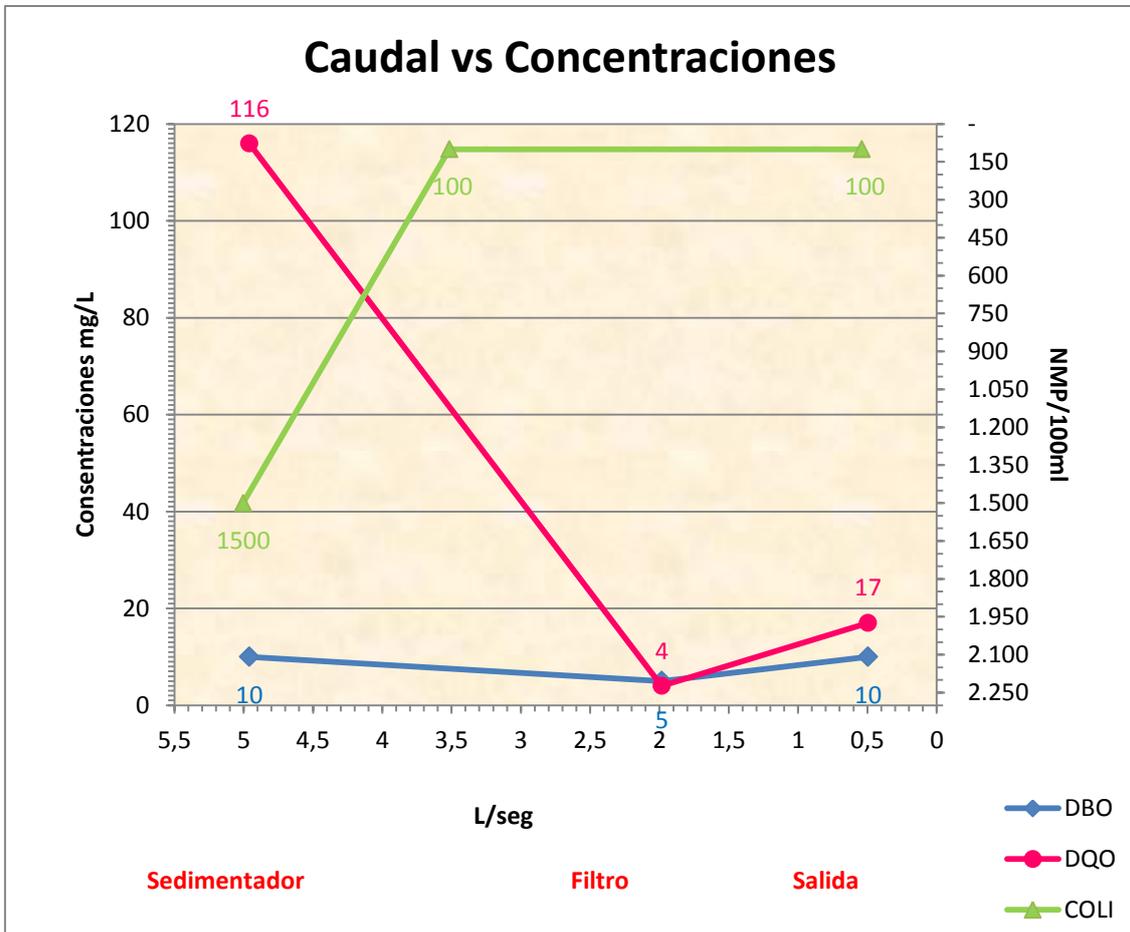
En la tabla 3.6 se resumen los resultados obtenidos en los lugares indicados.

Tabla 3.6.: Muestra del Barrio Gustavo Andrade.

Parámetro	Unidad	B. Gustavo A.		
		Sed.	Filtro	Salida
pH	u de pH	6,73	7,01	7,05
CE	µS/cm	49	385	583
DQO	mg/l	116	4	17
Turbidez	UTN	85	19	8
Alcalinidad	mg/l	176	26	201
Dureza total	mg/l	138	59	142
Dureza Cálcica	mg/l	52	22	137
Dureza Magnésica	mg/l	86	37	5
Cloro	mg/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Cloruro	mg/l	40	10	38
Sulfatos	mg/l	28	9	24
Nitritos	mg/l	0,159	0,003	0,848
Nitratos	mg/l	14,96	7,48	6,16
Fosfatos	mg/l	11,25	0,35	9
Hierro	mg/l	0,37	0,2	0,08
Color	PtCo	197	47	98
Coliformes Totales	col/100ml	100	100	1500
Aerobios	col/1ml	< 100	< 100	420
Hongos y Levaduras	col/100ml	200000	< 100	< 100
Coliformes Fecales	col/100ml	< 100	< 100	< 100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	10	5	10

Fuente: Laboratorio Ambiental (LABPAM) PETROPRODUCCION

Cuadro 3.2.: Variación de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrio Gustavo Andrade.



Fuente: Propia

Conclusión

En los resultados encontramos que los coliformes totales a la salida del filtro son valores altos esto quiere decir que el filtro no está trabajando bien y por esta razón son los malos olores.

3.3.1.2.3 Análisis de caudales aportantes en función de la oferta y demanda.

Poblacion = 2520 hab.

Dotacion = 150 lts/seg

Coefficiente de retorno "C" = 0,7

$$Q = \frac{Pob \times Dot \times C}{86400}$$

$$Q = \frac{2520 \text{ hab} \times 150 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \times 0,7}{86400}$$

$$Q = 3,06 \text{ lts/seg}$$

$$Cinf = 50 \text{ lts/hab.dia}$$

$$Qinf = 1,46 \text{ l/seg}$$

$$Qadp = 4,52 \text{ lts/seg}$$

$$Qadop = 391 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal aportante a la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio

Gustavo Andrade es de 4,52 lts/seg

3.3.1.3 Barrio La Pampa.

3.3.1.3.1 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario del Barrio La Pampa

Este proyecto se ha diseñado desde la parte más alta del barrio hacia la parte más baja, la red comienza en la calle denominada E que se une con la vía río Aguarico

La red principal se ha diseñado por la calle C a la cual se conecta redes secundarias de la calle g, h y 1.

En los Anexos F10, F11, F12, encontramos planimetría, aéreas aportantes, datos hidráulicos de la red colectora del sistema de alcantarillado sanitario, e implantación general de la planta del Barrio La Pampa respectivamente, trabaja enteramente a gravedad, cuenta con los siguientes componentes:

Tabla 3.7: Datos Generales del Barrio La Pampa

Detalle	Descripción
Redes Primarias	1020,13 m
Tubería	PVC 200 mm a instalar en la red y 160 mm en las conexiones domiciliarias
Pozos de revisión	20 unid.
Conexiones domiciliarias	228 unid.
Emisario a PTAS	tubería 160 mm diámetro y L = 1170 m

Datos Generales				
ha	=	5,50	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. La Pampa
# Lts	=	275	#	# Lotes B. La Pampa
Datos Generales				
Caudal de aguas domesticas				
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
# Lts hab	=	230	275	# de Lotes habitados
P	=	1150	1375	hab Población B. La Pampa
Dot	=	150	150	l/hab.dia Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado
Q _{servidas}	=	1,40	1,67	lts/seg Caudal de aguas servidas
Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)				
	2010	2020	Unidad	Descripción
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	0,67	0,80	lts/seg Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	1,40	1,67	lts/seg Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	2,06	2,47	lts/seg Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	178	213	m ³ /día Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	2,06	2,47	lts/seg Caudal de entrada

En el barrio se ha establecido un tratamiento primario igual al del barrio Cañaverl Anexo F4, F5, a base de un tanque sedimentador o fosa séptica para la separación de sólidos sedimentables, seguido de un tratamiento secundario a base de un filtro anaerobio de flujo ascendente, que a la vez que realizan un proceso de infiltración, también se produce un proceso de

estabilización y oxidación, antes de descargar al estero, con el objetivo de evacuar la escorrentía de mejor calidad, para no producir contaminación de las aguas que corren por el estero. Se ha construido una fosa séptica de 50 m^3 , es de tipo redondo de 5.38 m de diámetro y 2.20 m de altura.

El filtro anaerobio está constituido por un tanque, relleno con un medio sólido de piedras para soporte del crecimiento biológico anaerobio.

La geometría utilizada para el filtro anaerobio de flujo ascendente en este proyecto es de tipo redondo de 2.20 de altura con un diámetro de 5,38 m y con un lecho de piedra triturada de 5 a 7 cm de diámetro con una altura neta de 2,12 m, en la figura 3.9 podemos observar la salida del efluente al estero.

Figura 3.9.: Salida del efluente de la Planta de Tratamiento del barrio La Pampa.



Fuente: Propia

Esta planta de tratamiento de aguas servidas fue recién construida e inaugurada, por tal razón se tomo en cuenta esta planta para realizar su respectiva evaluación y análisis, cabe recalcar que el diseño es el mismo que se construyó en el barrio Cañaveral, con la diferencia que estas plantas cuentan con su propio cerramiento, en la figura 3.10, 3.11, Anexo F4, F5, se muestra la planta de tratamiento del barrio La Pampa, y en la figura 3.12 podemos observar la descarga del efluente tratado al estero y la toma de la muestra para ser analizada.

Figura 3.10.: Planta de Tratamiento del Barrio La Pampa en verano



Fuente: Propia

Figura 3.11.: Planta de Tratamiento del Barrio La Pampa en invierno



Fuente: Propia

Figura 3.12.: Toma de muestra del efluente



Fuente: Propia

3.3.1.3.2 Análisis de los resultados obtenidos del muestreo

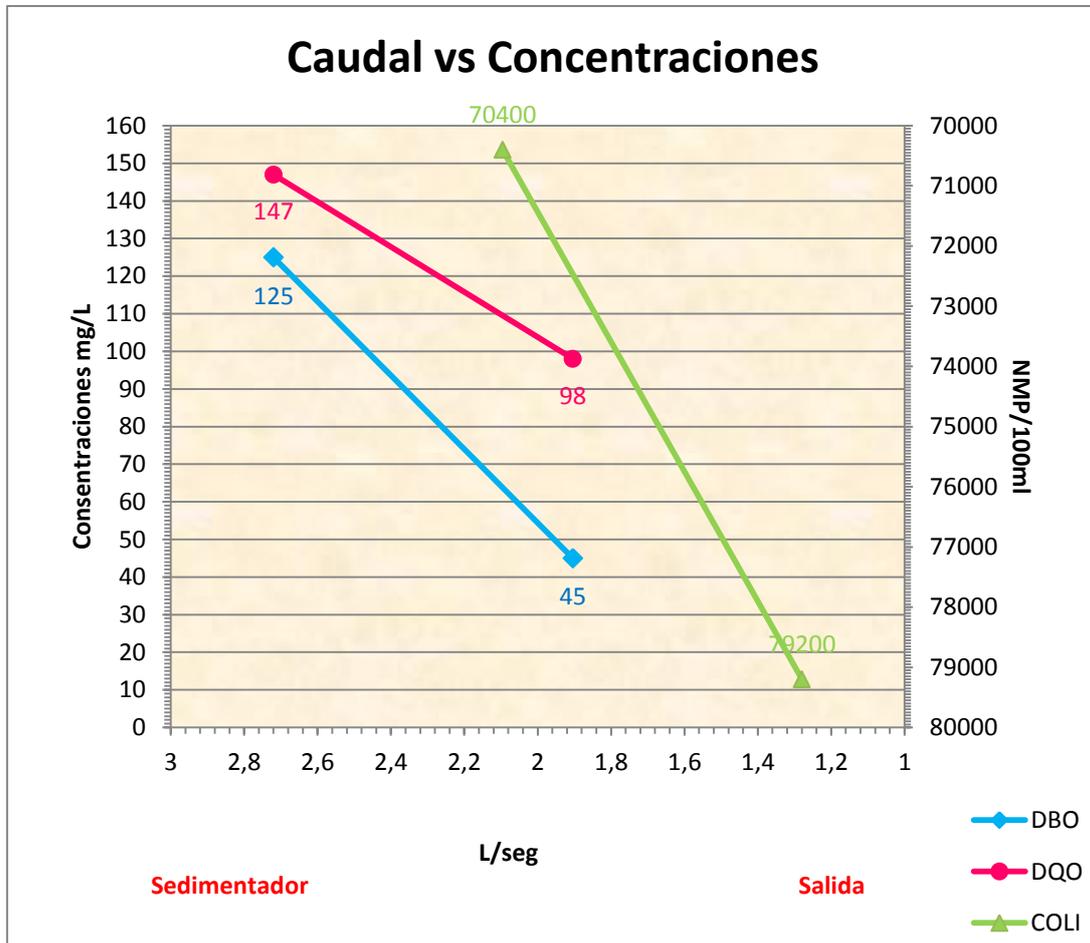
En la tabla 3.8 se resumen los resultados obtenidos en los lugares indicados.

Tabla 3.8.: Muestra del Barrio La Pampa.

Parámetro	Unidad	B. Amazonas	
		Sed.	Salida
pH	u de pH	6,63	7,09
Sólidos Totales	ST	502	370
CE	µS/cm	936	816
DQO	mg/l	147	98
Turbidez	UTN	123	77
Alcalinidad	mg/l	500	301
Dureza total	mg/l	1150	1360
Dureza Cálctica	mg/l	870	970
Dureza Magnésica	mg/l	280	390
Cloruro	mg/l	12	62
Sulfatos	mg/l	19	7
Nitritos	mg/l	0,01	0,056
Nitratos	mg/l	21,12	13,2
Fosfatos	mg/l	12	9
Hierro	mg/l	0,6	0,55
Color	PtCo	350	320
Coliformes Totales	col/100ml	79200	70400
Aerobios	col/1ml	<1	<1
Hongos y Levaduras	col/100ml	16500	7900
Coliformes Fecales	col/100ml	10000	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	125	45

Fuente: Laboratorio Ambiental (LABPAM) PETROPRODUCCION

Cuadro 3.3.: Variación de Concentración de DBO, DQO, COLI, Barrio La Pampa



• **Conclusión**

En el barrio La Pampa los parámetros de coliformes totales son muy altos y no cumplen con la norma, las aguas en vez de purificarse con el filtro se están contaminando y es mejor buscar otra alternativa para tratar el agua residual.

3.3.1.3.3 Análisis de caudales aportantes en función de la oferta y demanda.

Poblacion = 1150 hab.

Dotacion = 150 lts/seg

Coefficiente de retorno "C" = 0,7

$$Q = \frac{Pob \times Dot \times C}{86400}$$

$$Q = \frac{1150 \text{ hab} \times 150 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \times 0,7}{86400}$$

$$Q = 1,40 \text{ lts/seg}$$

$$Cinf = 50 \text{ lts/hab.dia}$$

$$Qinf = 0,67 \text{ l/seg}$$

$$Qadp = 2,06 \text{ lts/seg}$$

$$Qadop = 178 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal aportante a la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio La Pampa es de 2,06 lts/seg.

3.3.1.4 Barrios del Norte (Lagunas de San Vicente)

3.3.1.4.1 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario de todos los Barrios del Norte, (Lagunas San Vicente).

En el Anexo F13, F14, F15, se muestra la implantación general de las Lagunas facultativas, Sedimentador – Planta y Corte y Lagunas facultativas – Planta y Corte. Los barrios del Norte evacuan sus aguas servidas hacia la planta de tratamiento como son a las Lagunas Facultativas de San Vicente, dichas lagunas fueron construidas hace unos años atrás y esta planta de tratamiento se compone de un sedimentador y dos lagunas facultativas de 30 x 60 mts, en las figuras 3.13, 3.14 se muestra la planta de tratamiento de los barrios del Norte, cabe recalcar que esta planta fue construida por los Padres Franciscanos.

El sistema de alcantarillado sanitario de los Barrios del Norte, trabajan enteramente a gravedad, cuenta con los siguientes componentes:

Tabla 3.9: Datos Generales del Barrio Gustavo Andrade

Detalle	Descripción
Redes Primarias	7592,25 m
Tubería	PVC 200 mm a instalar en la red y 160 mm en las conexiones domiciliarias
Pozos de revisión	150 unid.
Conexiones domiciliarias	1852 unid.
Emisario a PTAS	tubería 160 mm diámetro y L = 8678 m

Caudal de aguas domesticas			
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$			
P	=	10000 hab	Población B. del Norte
Dot	=	150 l/hab.dia	Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado
Q_{servidas}	=	12,15 lts/seg	Caudal de aguas servidas
Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)			
Q_{min}	=	1,75 lts/seg	Caudal mínimo
C_{infiltr}	=	50 l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q_{infiltr}	=	5,79 lts/seg	Caudal de infiltración
Q_{adop}	=	12,15 lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q_{diseño}	=	17,94 lts/seg	Caudal de diseño
Q_{diseño}	=	1550 m ³ /día	Caudal de diseño
Q_{entrada}	=	17,94 lts/seg	Caudal de entrada
Q_{salida}	=	16,15 lts/seg	Caudal de salida

Figura 3.13.: Laguna del San Vicente



Fuente: Propia

Figura 3.14.: Laguna del San Vicente



En las figuras 3.15, 3.16, podemos observar el mal uso de las lagunas ya que el Bacum se encuentra arrojando lodo a una de las lagunas que fueron sacado previamente de las alcantarillas taponadas del centro de Lago Agrio, esto no debería suceder y por tal razón las lagunas no trabajan al 100% como deberían trabajar, esto no ayuda a la descontaminación de las aguas residuales que ingresan a la planta y que posteriormente van ser vertidas al estero ya que de esta agua mucha gente ocupa y vive agua abajo de la planta por lo que no cuentan con los servicios básicos y recursos necesarios .

Figura 3.15.: Mal uso de la Laguna San Vicente



Fuente: Propia

Figura 3.16.: Mal uso de la Laguna San Vicente



Fuente: Propia

3.3.1.4.2 Análisis de los resultados obtenidos del muestreo

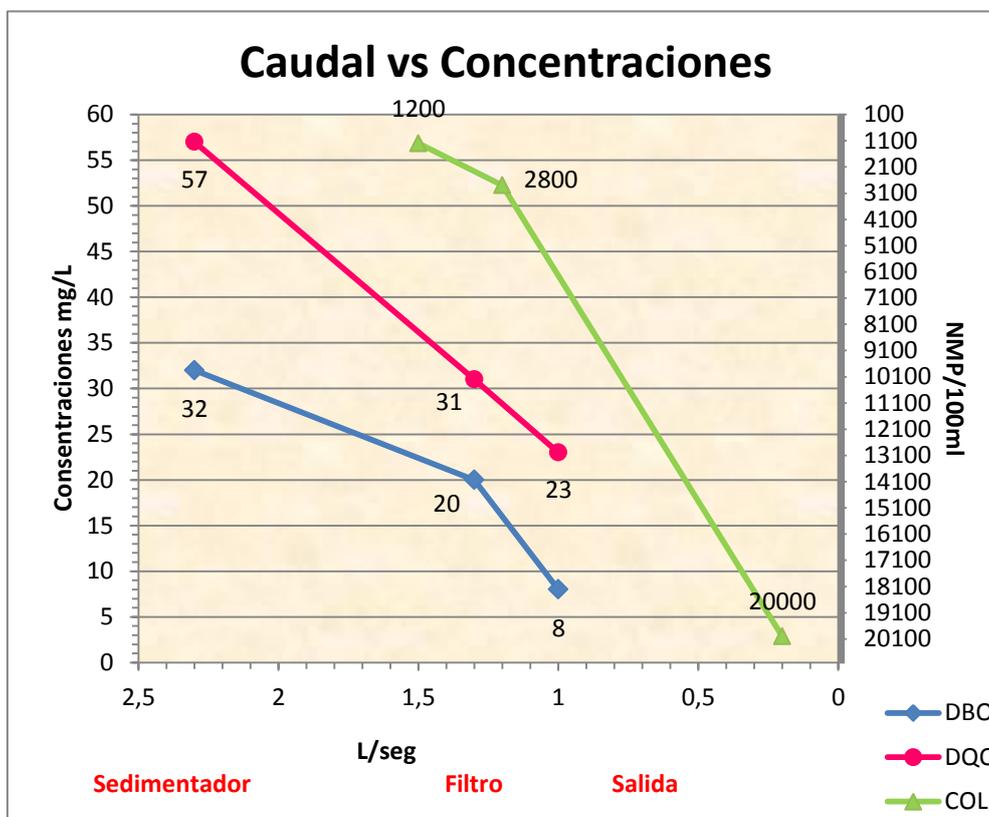
En la tabla 3.10 se resumen los resultados obtenidos en los lugares indicados.

Tabla 3.10.: Muestra de la Laguna de San Vicente.

Parámetro	Unidad	B. Del Norte, Lagunas San Vicente		
		Entrada	2da. Laguna	Salida
pH	u de pH	6,3	6,33	6,5
CE	μS/cm	202	125	154
DQO	mg/l	57	31	23
Turbidez	UTN	100	85	36
Alcalinidad	mg/l	107	54	59
Dureza total	mg/l	176	94	76
Dureza Cálcica	mg/l	46	42	50
Dureza Magnésica	mg/l	130	52	26
Cloro	mg/l	0,4	< 0,03	< 0,03
Cloruro	mg/l	20	17	15
Sulfatos	mg/l	5	8	6
Nitritos	mg/l	0,013	0,006	0,294
Nitratos	mg/l	7,48	7,48	13,64
Fosfatos	mg/l	1,62	0,81	0,58
Hierro	mg/l	7,5	4,5	2,06
Color	PtCo	174	148	38
Coliformes Totales	col/100ml	20000	2800	1200
Aerobios	col/1ml	< 100	< 100	168
Hongos y Levaduras	col/100ml	< 100	80000	2000
Coliformes Fecales	col/100ml	200	100	< 100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	32	20	8

Fuente: Laboratorio Ambiental (LABPAM) PETROPRODUCCION

Cuadro 3.4.: Variación de Concentración de DBO, DQO, COLI Laguna San Vicente



- **Conclusión**

Como podemos observar las Lagunas están trabajando bien en la desinfección de las aguas residuales, el muestreo que se realizó en estas Lagunas arroja resultados buenos y aceptables según la norma TULAS, sin embargo la planta trabajaría mejor si se le daría mantenimiento y usando cada uno de los componentes de la planta de tratamiento correctamente.

3.3.1.4.3 Análisis de caudales aportantes en función de la oferta y demanda.

Poblacion = 10000 hab.

Dotacion = 150 lts/seg

Coeficiente de retorno "C" = 0,7

$$Q = \frac{PobxDotxC}{86400}$$

$$Q = \frac{10000 \text{ hab} \times 150 \text{ lts/seg} \times 0,7}{86400}$$

$$Q = 12,15 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{adop} = 12,15 \text{ lts/seg}$$

$$C_{inf} = 50 \text{ lts/hab.dia}$$

$$Q_{inf} = 5,79 \text{ l/seg}$$

$$Q_{adp} = 17,94 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{adop} = 1550 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal aportante a la planta de tratamiento de aguas residuales de los barrios del Norte del Cantón Lago Agrio Cañaveral es de 17,94 lts/seg.

Tabla 3.11.: Tabla general de los caudales aportantes de cada uno de los barrios mencionados

Caudal de aguas domesticas						
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$						
	B. Cañaverall	B. Gustavo Andrade	B. La Pampa	B. Del Norte	Unidad	Descripcion
P =	950	2520	1250	10000	hab	Población B. Cañaverall
Dot =	150	150	150	150	l/hab.dia	Dotación de Aguas Potable
C =	0,7	0,7	0,7	0,7		Coef. De retorno al alcantarillado
Q _{servidas} =	1,15	3,06	1,52	12,15	lts/seg	Caudal de aguas servidas
C _{infiltr} =	50	50	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr} =	0,55	1,46	0,72	5,79	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop} =	1,15	3,06	1,52	12,15	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño} =	1,70	4,52	2,24	17,94	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño} =	147	391	194	1550	m ³ /dia	Caudal de diseño
Q _{entrada} =	1,70	4,52	2,24	17,94	lts/seg	Caudal de entrada

- **Conclusiones**

- En base a los resultados de los análisis de las muestras, se confirma el grado de contaminación de las aguas. En estos sitios los pobladores realizan las descargas de aguas servidas directamente al alcantarillado, además depositan grandes cantidades de basura en los esteros.
- Los valores de pH de todos los barrios analizados muestran que las aguas son débilmente básicas, sin embargo los valores se encuentran dentro de la norma para cualquier uso de agua.
- En los barrios: Cañaverál, Gustavo Andrade, Lagunas San Vicente, la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) presenta valores entre 9 - 32 mg/l, mientras que en el barrio La Pampa presenta valores de entrada de 125 mg/l y de salida 45 mg/l, valores que permiten concluir que el estero presenta una gran capacidad de autodepuración orgánica, debido básicamente a las características hidrológicas del estero que permiten dilución.
- La Demanda Química de Oxígeno está entre los parámetros de la norma y con esto nos damos cuenta que el material orgánico presente en las aguas residuales, son susceptibles de ser oxidado químicamente por un agente fuertemente oxidante. Sin embargo se puede apreciar que el DQO y DBO_5 disminuyen, debido a que el barrio cuenta con procesos de tratamiento de aguas servidas, que no funcionan como deberían, pero sirven como tratamientos primarios, los cuales pueden remover hasta un 50% de la carga orgánica de las aguas servidas.

- Las bacterias coliformes totales han sido reportadas con valores mayores a 1000 col/100ml como número más probable por 100 mililitros (NMA/100 ml), en los barrios: Cañaveral, Gustavo Andrade, La Pampa y Lagunas San Vicente, lo cual indica que se presenta una contaminación bacteriana y, sus valores se encuentran por encima de los criterios de calidad.
- Los niveles de nitritos son casi nulos; esto indica que existe una sobrepoblación de plantas acuáticas, lo que genera un problema al momento de tratar las aguas debido a que incrementa su costo.
- Se puede concluir que los esteros presentan problemas de contaminación bacteriana debido a la falta de mantenimiento y operación.

3.4 Efectos de polución por las aguas residuales

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del agua de la fuente o cuerpo receptor. Sin embargo, se dice que un agua residual causa polución solamente cuando introduce condiciones o características que hacen el agua de la fuente o cuerpo receptor inaceptable para el uso propuesto de la misma.

La contaminación puede causar efectos adversos muy variados, ya sea sobre los organismos aislados “efectos tóxicos”, o sobre los ecosistemas y el equilibrio ambiental en general “efectos ecotóxicos”. La contaminación causa efectos adversos de tipo estético, económico, social y político a los que con frecuencia no se les da la debida atención y que llegan a causar graves

problemas socio-políticos, cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce se genera los siguientes efectos:

- Tapiza la vegetación de las riveras con residuos sólidos gruesos, tales como plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc., ver la figura 3.17.
- Produce la acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en fondo y orillas del cauce, tales como arenas y materia orgánica.
- Consume el oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales.
- Genera malos olores por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.
- Incorpora en el cauce de grandes cantidades de microorganismos; además de compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos.
- En general estas aguas residuales podrían destruir completamente un sistema ecológico y, de esta manera eliminar una fuente de recursos naturales, ver figura 3.18.

Figura 3.17.: Excesiva vegetación en las PTAS



Fuente: Propia

Figura 3.18.: Presencia de malos olores en las PTAS



Fuente: Propia

Tabla 3.12.: Efectos indeseables de las aguas residuales

Contaminantes	Efecto
Materia orgánica biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición en los lechos de los ríos; si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimenticia.
Sustancias corrosivas, cianuros, metales, fenoles	Extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias, destrucción de la auto purificación.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color y olor.	El incremento de temperatura afecta a los peces; el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para uso público.
Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico	Puede causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc.
Constituyentes minerales	Aumentan la dureza, limitan los usos industriales sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o la vegetación, contribuyen a la eutrofización del agua.

Fuente: Romero Rojas Jairo Alberto; Tratamiento de Aguas Residuales, 2000

Tabla 3.13.: Contaminantes de importancia en aguas residuales

Contaminantes	Causa de su importancia
Sólidos suspendidos	Pueden conducir al desarrollo de depósito de lodos y condiciones anaerobias cuando se descargan Aguas residuales crudas en un medio acuático.
Materia orgánica biodegradable	Está compuesto principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas. Se mide en términos de DBO y DQO por lo general. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del OD de la fuente receptora y desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Producen enfermedad.
Nutrientes	El C, N y P son nutrientes. Cuando se descargan en las aguas residuales pueden producir crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando se descargan en cantidades excesivas sobre el suelo pueden producir polución del agua subterránea.
Sólidos inorgánicos disueltos	Algunos como el calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y es posible que deban ser removidos para rehúso del agua.

Fuente: Romero Rojas Jairo Alberto; Tratamiento de Aguas Residuales, 2000

Tabla 3.14.: Contaminantes de importancia en aguas residuales

Contaminante	Parámetro típico de medida	Impacto ambiental
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Patógenos	CF	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
Amoniaco	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	Desoxigena el agua, es toxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
Fosforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua, acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
Iones hidrogeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.

Fuente: Romero Rojas Jairo Alberto; Tratamiento de Aguas Residuales, 2000

Se puede observar que cuando las aguas residuales son vertidas a los cuerpos hídricos, existen afectaciones sobre la fauna acuática, debido a que las condiciones de oxígeno disminuyen sobre el cuerpo receptor.

Otros de los problemas que se genera en el ecosistema es la generación de malos olores (en condiciones anaerobias), la generación de bancos de lodo (cuando existe la presencia de sólidos), lo cual reduce la penetración de la luz; los nutrientes en exceso produce un crecimiento de plantas y algas lo cual unido a lo antes mencionado y con el avance del tiempo puede generar eutrofización del cuerpo receptor.

3.5 Parámetros para descarga, estipulados en la Norma TULAS.

Se toma en consideración el Libro VI, anexo1 que define la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes para el recurso agua; en la cual se especifica los parámetros que debe cumplir las aguas de acuerdo a sus usos, y las normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor, para agua dulce, agrícola y de recreación. En el Anexo D4 se muestra los parámetros estipulados en la legislación ambiental nacional, para descarga de efluente a un cuerpo receptor de agua dulce.

Por otro lado es importante considerar los parámetros establecidos para los usos de las aguas en el cuerpo receptor. En el caso del Cantón Lago Agrio, el agua del Río Aguarico como el Río San Miguel, tienen algunos usos aguas abajo. En los Anexos D5, D6; se presentan los criterios de calidad de agua establecidos de acuerdo a los usos.

a. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos⁹

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales y
- b) Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

b. Criterios de calidad para aguas de uso estético¹⁰

El uso estético del agua se refiere al mejoramiento y creación de la belleza escénica.

Las aguas que sean usadas para uso estético, tendrán que cumplir con los siguientes criterios de calidad:

- Ausencia de material flotante y de espumas provenientes de la actividad humana.
- Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- Ausencia de sustancias productoras de color, olor, sabor, y turbiedad no mayor a 20 UTN.
- El oxígeno disuelto será no menor al 60% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l.

⁹, ³ Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 1

Tabla 3.15.: Caracterización de las Aguas Residuales con la Norma TULAS

Parámetro	Expresado como	Unidad	Agrícola	Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce	B. Cañaverál		B. La Pampa		B. Gustavo Andrade			L. San Vicente		
			Limite máximo permisible	Limite máximo permisible	Ent.	Sal.	Ent.	Sal.	Ent.	Filtro	Sal.	Ent.	1. Laguna	Sal.
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3										
Cloro Activo	Cl	mg/l		0,5	0,07	<0,03			<0,03	<0,03	<0,03	0,4	<0,03	<0,03
Cloruros	Cl ⁻	mg/l		1000	20	25	12	62	40	10	38	20	17	15
Coliformes fecales	Nmp/100 ml			Remoción > al 99,9 %	100	<100	10000	1000	<100	<100	<100	200	100	<100
Coliformes totales	nmp/100 ml		1000		2100	200	79200	70400	100	100	1500	20000	2800	1200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l		100	9	4	125	45	10	5	10	32	20	8
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l		250	18	14	147	98	116	4	17	57	31	23
Fosforo Total	P	mg/l		10	2,74	0,95	12	9	11,25	0,35	9	1,62	0,81	0,58
Hierro	Fe	mg/l	5	10	9,25	2,38	0,6	0,55	0,37	0,2	0,08	7,5	4,5	2,06
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l		10	6,16	3,20	21,13	13,26	15,12	7,48	7,01	7,49	7,49	13,93
Potencial de hidrogeno	pH		6,-9,	5, - 9	6,53	6,67	6,63	7,09	6,73	7,01	7,05	6,3	6,33	6,5
Sólidos totales		mg/l		1600			502	370						
Sulfatos	SO ₄	mg/l		1000	10	7	19	7	28	9	24	<5	8	6

CAPITULO IV

ALTERNATIVAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS PTAS

4.1 Propuesta de alternativas

En este capítulo se conceptualizará, a nivel de factibilidad, los procesos de tratamiento que se determinaron para aguas residuales. Con este fin, en el transcurso de la realización del presente trabajo, se procedió a caracterizar la calidad del agua cada uno de los barrios del cantón Lago Agrio, posteriormente se realizó la evaluación de la misma, conforme se detalla en los capítulos 3.

En el capítulo anterior se pudo determinar las siguientes características:

- Se cuenta con concentraciones de color y turbiedad altos, producto del arrastre de sedimentos y aporte de nutrientes, que incide en la proliferación de algas y lechuguines.
- La conductividad alcanza valores de hasta 936 uS/cm, lo cual indica, que son aguas corrosivas.
- Valores como Ph indican que estas aguas están en el rango débilmente básico, cuentan con una dureza carbonatada una concentración de hierro (7,5 mg/lit) que puede incidir en la coloración del agua.

La relación existente entre la DBO₅ y la DQO indica la importancia de los vertidos dentro de las aguas residuales y es uno de los factores a ser evaluados para determinar cuáles son los procesos de depuración de las aguas residuales más convenientes para su biodegradación. Así, si la relación numérica entre la DBO₅ y la DQO es superior a 0,2 es recomendable la

utilización de procesos biológicos, ya sean lechos bacterianos o fangos activados para la depuración del agua residual. Si la relación es inferior a 0,2 es adecuada la utilización de procesos químicos. En este caso, el valor de la relación DBO_5/DQO es superiores a 0,2 (0,45) debiendo tratarse el agua mediante procesos biológicos e indican aguas altamente biodegradable.

En la tabla 4.1, se presentan estas relaciones para las aguas residuales de cada uno de los barrios.

Además indican que para que las aguas domésticas puedan considerarse biodegradables, las cantidades de nutrientes deben ser suficientes, señalando una relación DBO_5/N_{tot} con un valor de 20. En este caso, el coeficiente relacionado con el nitrógeno (5,91) inferior al valor referencial de 20, deduciéndose que este nutriente no podrá constituirse en un factor limitante para el crecimiento de las bacterias encargadas de estabilizar la materia orgánica.

Tabla 4.1.: Criterios para determinar la tratabilidad de las aguas

Criterio	Relaciones			
	B. Cañaverál	B.G. Andrade	B. La Pampa	B. Norte
DBO_5/DQO	0,50	0,09	0,85	0,56
DBO_5/N_{TOT}	1,46	1,34	5,92	4,27

Se puede afirmar que las aguas residuales que se generan en la cada uno de los barrios del cantón Lago Agrio tienen las características de aguas débiles. Por lo tanto, se puede presumir con un alto grado de seguridad que esta agua no presentan sustancias que pudieran inhibir los procesos biológicos de

depuración de las aguas, como podrían ser metales pesados o compuestos orgánicos.

4.2 Parámetros de rediseño

Los parámetros de diseño a adoptarse para el dimensionamiento de la planta son:

- **Periodo de diseño:** Periodo de diseño de 25 años. Se puede considerar que la vida útil de las tuberías, accesorios, y estructuras de hormigón es superior a 25 años.
- **Población de diseño:** De acuerdo con las directrices urbanísticas, la zona del proyecto consiste en un área con predominio residencial. Se ha estimado una densidad poblacional para finales del periodo de diseño de 75 hab/Ha.
- **Dotación básica:** La Dotación Básica de agua potable para esta zona de la Ciudad de Nueva Loja, en virtud de las características sociales, culturales, de clima y oferta de agua, se adoptó igual a 150 litros / habitante x día.
- **Caudal máximo:** El caudal de diseño considerado, se compone de la suma de tres afluentes a la red colectora, a saber: Caudal sanitario doméstico, caudales de infiltración y aguas ilícitas a la red. El caudal sanitario se lo ha calculado a partir de la dotación de agua potable de 150.0 l/hab.día., a la cual se le ha afectado por un coeficiente de retorno

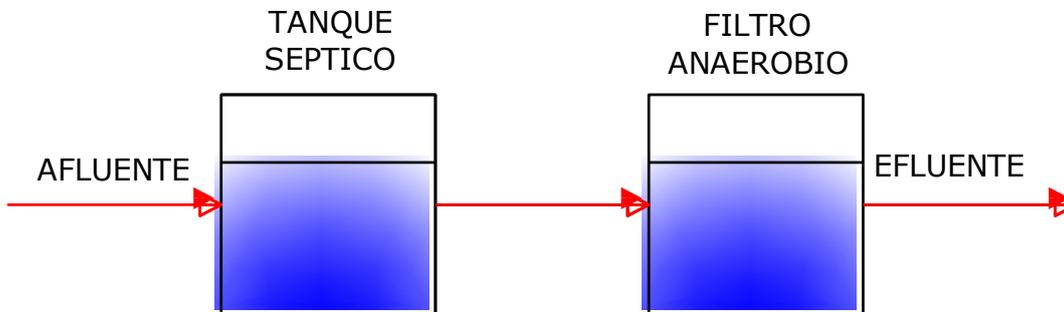
de 0.8, La suma de estos caudales constituye el caudal de diseño, sin embargo, no se ha considerado un caudal menor a 1.75 l/s para el diseño, por cuanto este caudal se produce en las descargas puntuales de los inodoros.

Todos los parámetros mencionados anteriormente se detallan para cada uno de los barrios analizados.

Las alternativas propuestas para el mejoramiento de cada una de las plantas de tratamiento de aguas servidas analizadas anteriormente se describen a continuación.

4.3 Consideraciones de diseño

4.3.1 Alternativa 1: Tanque Séptico + Filtro Anaerobio Ascendente



4.3.1.1 Tanque Séptico

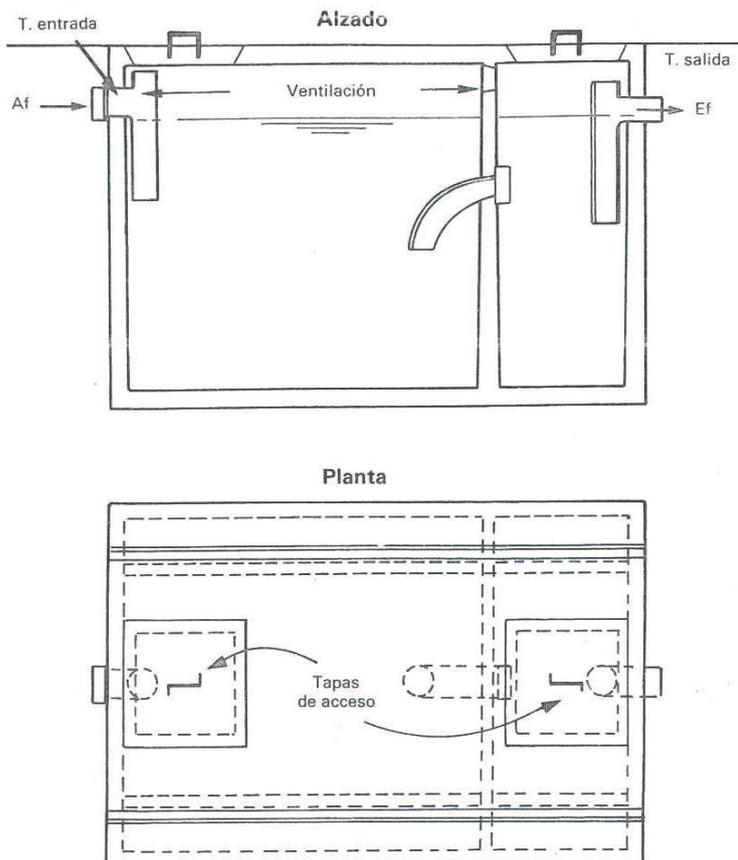
En este tanque la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo; consta de por lo menos tres compartimentos en serie, en el primero la materia más densa se sedimenta y se deposita en el fondo en forma de lodo; la materia más ligera forma en la superficie una espuma flotante.

En el segundo, se produce la decantación y formación de espuma en menor cuantía y sus efluentes pasan al tercer compartimiento que permite disponer el efluente para su depuración biológica; sirve para eliminar y almacenar sólidos suspendidos y material flotante.

La eficiencia que se obtiene en estos tanques para remoción de la DBO, se encuentra en el orden del 30% al 50%; de aceites y grasas del 70 a 80%, sólidos en suspensión (SS) de un 50 a 70%, fósforo de un 15%, para aguas residuales domésticas típicas.

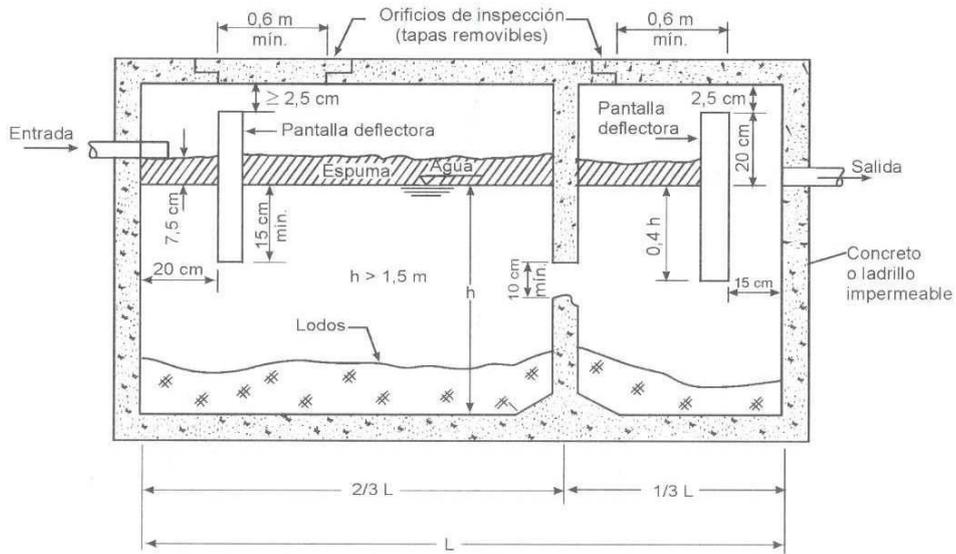
Se construye en forma enterrada, como se muestra en la figura 4.1 y 4.2, y consta habitualmente de dos o más compartimientos. Para obtener mejoras en el rendimiento, resulta sencillo de construcción y efectividad, añadir otro compartimiento al final de la misma, donde se pueda incluir un lecho bacteriano aerobio o anaerobio como se muestra en la figuras 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6. Es una solución muy aplicada en el saneamiento rural o saneamiento individual, en combinación con sistemas de aplicación al terreno.

Figura 4.1.: Tanque séptico de dos compartimientos



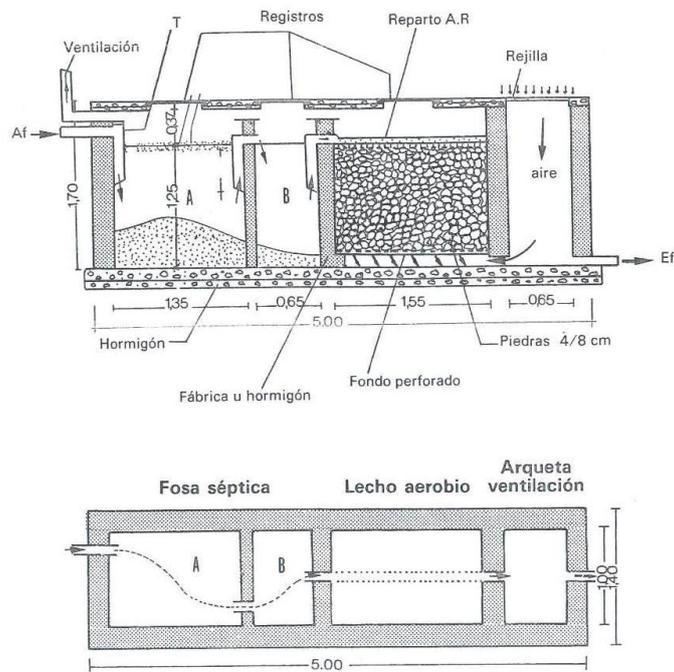
Fuente: Crites

Figura 4.2.: Corte del Tanque séptico típico



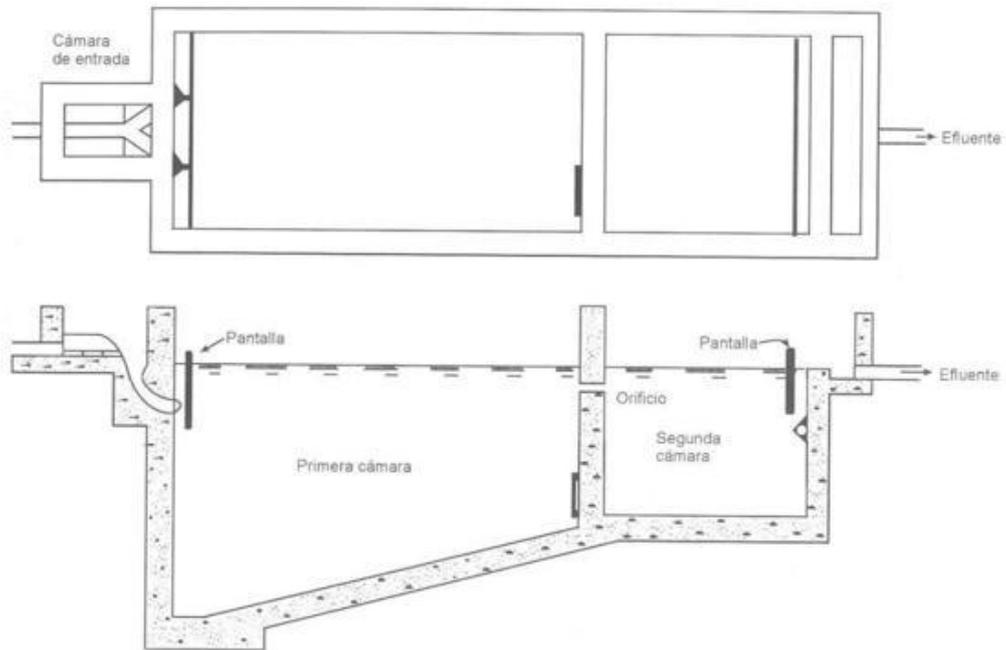
Fuente: Tratamiento de aguas residuales, Jairo Alberto Romero Rojas

Figura 4.3.: Tanque séptico + Lecho aerobio (Rohuart 1986)



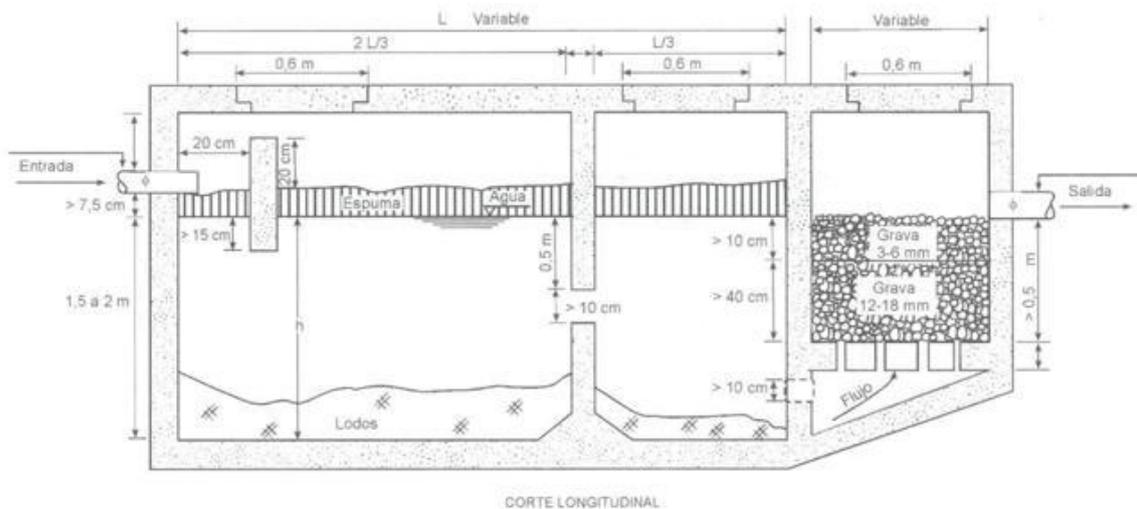
Fuente: Crites

Figura 4.4.: Tanque séptico de dos cámaras



Fuente: Tratamiento de aguas residuales, Jairo Alberto Romero Rojas

Figura 4.5.: Tanque séptico + Filtro anaerobio



Fuente: Tratamiento de aguas residuales, Jairo Alberto Romero Rojas

En el diseño del tanque séptico es necesario determinar los siguientes aspectos ver figura 4.6.

a. Capacidad del tanque.- se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = 0,18 * P + 2$$

Dónde:

C= capacidad total del tanque en m³

P = población servida

b. Tiempo de retención.- puede ser estimado mediante la siguiente fórmula:

$$Pr = 1,5 - 0,3 \times \log(P \times q)$$

Donde:

PR = Tiempo promedio de retención hidráulica, en días

P = Población Servida

q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, Lt/hab.dia.

El tiempo mínimo de retención hidráulico será de 6 horas.

c. Volumen de Sedimentación.- se calcula mediante la fórmula:

$$Vs = 10^{-5} \times (P \times q) \times Pr$$

Dónde:

Vs = Volumen de sedimentación en m³

d. Volumen de Almacenamiento de lodos.- Se calculará mediante la fórmula:

$$Vd = G \times P \times N \times 10^{-5}$$

Dónde:

Vd: Volumen de almacenamiento de lodos en m³

G: Volumen de lodos producido por persona y por año en litros

N: Es el intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos, expresado en años.

El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.

Ta: Tasa de acumulación de lodos expresada en L / hab.año.

Tabla 4.2.: Tasa de acumulación de lodos expresada en L / hab.año

Volumen de lodos producidos			
C_{cal} =	40	l/hab-año	Volumen de Lodos producidos (Clima cálido)
C_{frio} =	50	l/hab-año	Volumen de Lodos producidos (Clima frio)

e. Espacio de seguridad.- la distancia entre la parte inferior del ramal de la tee de salida y la superficie inferior de la capa de natas no deberá ser menor a 0,10 m.

f. Profundidad de sedimentación.- en ningún caso, la profundidad de sedimentación será menor a 0,30 m.

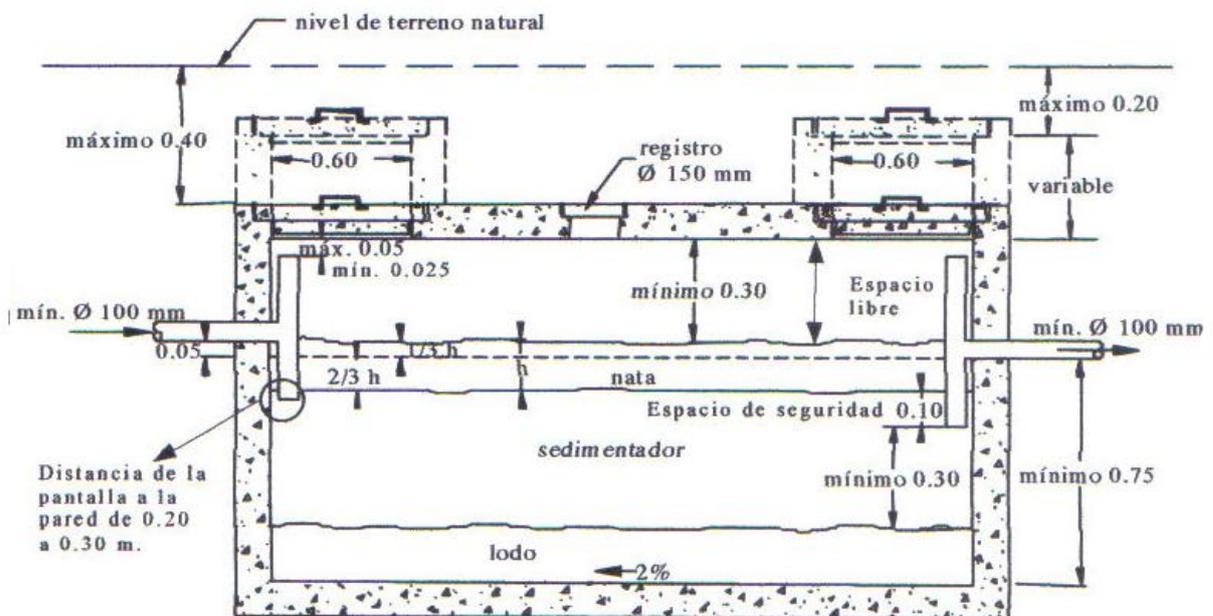
4.3.1.1.1 Características que se deben cumplir son:

- a.** Relación largo: ancho deberá tener entre 2:1 a 5:1.
- b.** El ancho del tanque séptico no deberá ser menor a 0,60 m y la profundidad neta no menor a 0,75 m.
- c.** El nivel de tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0,05 m por debajo de la tubería de entrada del tanque séptico.
- d.** Cuando se usen pantallas, estas deberán estar distanciados de las paredes del tanque a no menos de 0,20 m ni mayor a 0,30 m.
- e.** La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo de la losa del techo del tanque séptico.
- f.** Cuando el tanque tenga más de una cámara, las interconexiones entre las cámaras consecutivas se proyectaran de tal forma que evite el paso de natas y lodos al año horizonte del proyecto.
- g.** El fondo de los tanques sépticos tendrá pendiente de 2% orientada hacia el punto de ingreso de los líquidos.
- h.** El techo de los tanques sépticos deberán contar con tapas de inspección y deberán ser no menor a 0,60 x 0,60 m.
- i.** La frecuencia de limpieza se puede calcular suponiendo una capacidad para lodos de un tercio del volumen del tanque y una tasa de acumulación de 0.04 m³/persona / año.

4.3.1.1.2 Compartimentación del tanque séptico

- El número de recámaras no deberán ser mayor a cuatro (4) y cada compartimiento no deberá tener un largo menor a 0,60 m.
- Cuando el tanque séptico tenga dos o más cámaras, la primera cámara deberá tener un volumen entre el 50% y 60% de sedimentación; asimismo, las subsiguientes cámaras entre el 40% y 50% del volumen de sedimentación en mención.

Figura 4.6.: Detalle del tanque séptico



4.3.1.1.3 Diseño del Tanque Séptico

BARRIO CAÑAVERAL

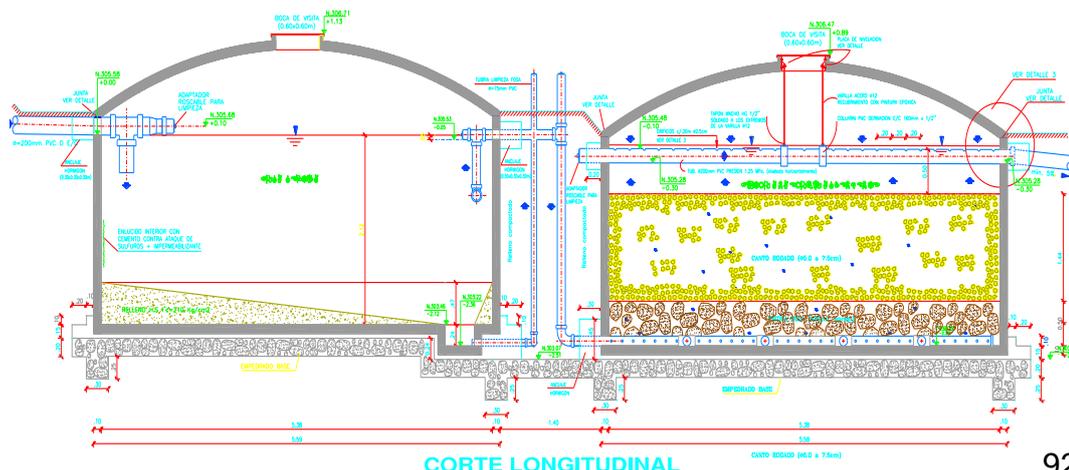
TANQUE SEPTICO

CALCULOS

Datos Generales				
ha	=	12,61	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. Cañaverál
# Lts	=	631	#	# Lotes B. Cañaverál

Datos Generales					
Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
# Lts hab	=	190	631	# de Lotes habitados	
P	=	950	3155	hab	Población B. Cañaverál
Dot	=	150	150	l/hab.dia	Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	0,7		Coef. De retorno al alcantarillado
Qservidas	=	1,15	3,83	lts/seg	Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	0,55	1,83	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	1,15	3,83	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	1,70	5,66	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	147	489	m ³ /día	Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	1,70	5,66	lts/seg	Caudal de entrada



Área de la Fosa Séptica				
$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D	= 5,38	5,38	m	Diámetro
A	= 22,73	22,73	m ²	Área de la Fosa séptica

Volumen de la Fosa Séptica				
$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * prof$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
A	= 22,73	22,73	m	Diámetro
prof	= 2,12	2,12	m	Profundidad
V	= 48,19	48,19	m ³	Volumen de la Fosa séptica

Carga superficial				
$CS = \frac{Q}{A \text{ horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q	= 147	489	m ³ /d	Caudal de entrada
A_{horiz}	= 22,73	22,73	m ²	Área
CS	= 6	22	m ³ /m ² *día	Carga Superficial

Con esto nos damos cuenta que el sedimentador se encuentra sobre cargado.

Capacidad				
$C = 0,18 * P + 2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P	= 950	3155	hab	Población B. Cañaveral
C	= 173	570	m ³	Capacidad

El volumen actual del tanque es de 50 m³, esto quiere decir que en este momento el tanque séptico esta trabajando al máximo, además podemos ver que para el año 2020 es necesario realizar un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales, lo que implica construir otra fosa séptica mas para que funcione bien.

Periodo de desenlode				
$P = \frac{V}{3 * 0,04 \text{ c.año} * pob}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
C	= 173	570	m ³	Capacidad del tanque
Pob	= 950	3155	hab	Población B. Cañaveral
P	= 1,5	1,5	años	Periodo de desenlode

A pesar que tenemos un periodo de desenlode de 1,5 años se recomienda realizar de dos a tres veces la limpieza y mantenimiento interno de la Fosa séptica

Tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación				
$Tr = 1,5 - 0,3 \times \log(P \times q)$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P	= 950	3155	hab	Población servida
q	= 13	13	l/hab-día	Caudal de aport unit de aguas residuales
Tr	= 0,27	0,12	días	Tiempo de retención hidráulica
Tr	= 6,5	2,8	h	

El tiempo de retención hidráulica del tanque séptico debe ser de un día a tres días, y el mínimo de 12 horas, por lo tanto el tiempo de retención calculado es muy poco necesita mas tiempo en la Fosa séptica para que los lodos puedan sedimentarse.

Volumen de sedimentación				
$Vs = 10^{-5} \times (P \times q) \times Pr$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P	= 950	3155	hab	Población servida
q	= 13	13	l/hab-día	Caudal de aporte unitario de aguas residuales
Tr	= 0,27	0,12	días	Tiempo promedio de retención hidráulica
Vs	0,034	0,048	m ³	Volumen de sedimentación

Volumen de almacenamiento de lodos				
$Vd = G \times P \times N \times 10^{-5}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
G	= 40	40	l/hab-año	Volumen de Lodos producudos (Clima calido)
P	= 950	3155	hab	Población servida
N	= 1	1	años	Intervalo de limpieza o retiro de lodos
Vd	0,38	1,26	m ³	Volumen de almacenamiento de lodos

Volumen de natas					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
V_{\min}	=	0,7	0,7	m^3	Volumen de natas mínimo

Profundidad máxima de espuma sumergida					
$He = \frac{0,7}{A}$					
A	=	22,73		m^2	Área superficial del tanque séptico
He	=	0,0308		m	Profundidad máxima de espuma sumergida

Profundidad libre de espuma sumergida				
Distancia entre la superficie interior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0,10 m.				

Profundidad mínima requerida para la sedimentación					
$Hs = \frac{Vs}{A}$					
Vs	=	0,034		m^3	Volumen de sedimentación
A	=	2,12		m^2	Área superficial del tanque séptico
Hs	=	0,02		m	

Profundidad de espacio libre				
Comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad de lodos, se debe seleccionar el mayor valor, comparando la profundidad del espacio libre mínimo total (0,1 + Ho) con la profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs)				

Profundidad neta del Tanque séptico				
La suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y la profundidad libre de natas sumergidas				

BARRIO GUSTAVO ANDRADE

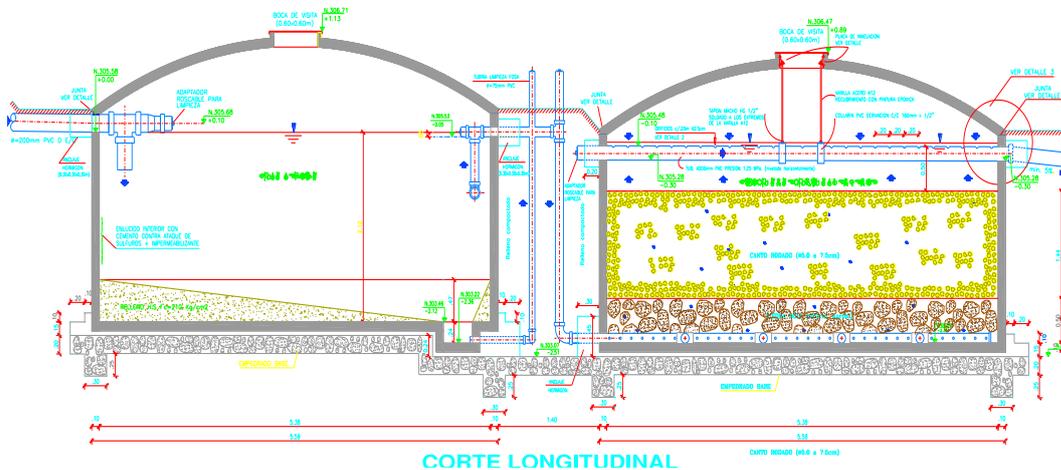
TANQUE SEPTICO

CALCULOS

Datos Generales				
ha	=	19,50	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. Gustavo Andrade
# Lts	=	975	#	# Lotes B. Gustavo Andrade

Datos Generales					
Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
# Lts hab	=	504	975		# de Lotes habitados
P	=	2520	4875	hab	Población B. Gustavo Andrade
Dot	=	150	150	l/hab.dia	Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	0,7		Coef. De retorno al alcantarillado
Q _{servidas}	=	3,06	5,92	lts/seg	Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	1,46	2,82	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	3,06	5,92	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	4,52	8,75	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	391	756	m ³ /dia	Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	4,52	8,75	lts/seg	Caudal de entrada



Área de la Fosa Septica				
$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38	5,38	m	Diametro
A =	22,73	22,73	m ²	Area de la Fosa septica

Volumen de la Fosa Septica				
$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * prof$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
A =	22,73	22,73	m	Diametro
prof =	2,12	2,12	m	Profundidad
V =	48,19	48,19	m ³	Volumen de la Fosa septica

Carga superficial				
$CS = \frac{Q}{A \text{ horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q =	391	756	m ³ /d	Caudal de entrada
A _{horiz} =	22,73	22,73	m ²	Área
CS =	17	33	m ³ /m ² *dia	Carga Superficial

Con esto nos damos cuenta que el sedimntador se encuentra sobre cargado.

Capacidad				
$C = 0,18 * P + 2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P =	2520	4875	hab	Población B. Cañaveral
C =	455,6	880	m ³	Capacidad

El volumen actual del tanque es de 50 m³, esto quiere decir que en este momento el tanque séptico esta trabajando al máximo, además podemos ver que para el año 2020 es necesario realizar un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales, lo que implica construir otra fosa séptica mas para que funcione bien.

Periodo de desenlode				
$P = \frac{V}{3 * 0,04 \text{ c.año} * \text{pob}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
C =	455,6	880	m ³	Capacidad del tanque
Pob =	2520	4875	hab	Población B. Cañaveral
P =	1,5	1,5	años	Periodo de desenlode

A pesar que tenemos un periodo de desenlode de 1,5 años se recomienda realizar de dos a tres veces la limpieza y mantenimiento interno de la Fosa séptica

Tiempo de retencion hidraulica del volumen de sedimentacion				
$Tr = 1,5 - 0,3 \times \log(P \times q)$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P =	2520	4875	hab	Población servida
q =	13	13	l/hab-día	Caudal de aport unit de aguas residuales
Tr =	0,15	0,06	días	Tiempo de retencion hidraulica
Tr =	3,5	1,4	h	

El tiempo de retencion hidraulica del tanque septico debe ser de un día a tres días, y el minimo de 12 horas, por lo tanto el tiempo de retencion calculado es muy poco, para que trabaje mejor el tiempo debe ser mayor a 12 horas

Volumen de sedimentación				
$Vs = 10^{-5} \times (P \times q) \times Pr$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P =	2520	4875	hab	Poblacion servida
q =	13	13	l/hab-día	Caudal de aporte unitario de aguas residuales
Tr =	0,15	0,06	días	Tiempo promedio de retencion hidraulica
Vs =	0,048	0,038	m ³	Volumen de sedimentacion

Volumen de almacenamiento de lodos				
$Vd = G \times P \times N \times 10^{-5}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
G =	50	50	l/hab-año	Volumen de Lodos producidos (Clima frio)
P =	2520	4875	hab	Poblacion servida
N =	1	1	años	Intervalo de limpieza o retiro de lodos
Vd =	1,26	2,44	m ³	Volumen de almacenamiento de lodos

Volumen de natas					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
V_{min}	=	0,7	0,7	m^3	Volumen de natas

Profundidad maxima de espuma sumergida					
$He = \frac{0,7}{A}$					
A	=	22,73		m^2	Area superficial del tanque septico
He	=	0,031		m	Profundidad maxima de espuma sumergida

Profundidad libre de espuma sumergida	
Distancia entre la superficie interior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida del dispositivo de salida del tanque septico, debe tener un valor minimo de 0,10 m.	

Profundidad de espacio libre	
Comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad de lodos, se debe seleccionar el mayor valor, comparando la profundidad del espacio libre mínimo total ($0,1 + H_o$) con la profundidad minima requerida para la sedimentación (H_s).	

Profundidad neta del Tanque séptico	
La suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y la profundidad libre de natas sumergidas.	

BARRIO LA PAMPA

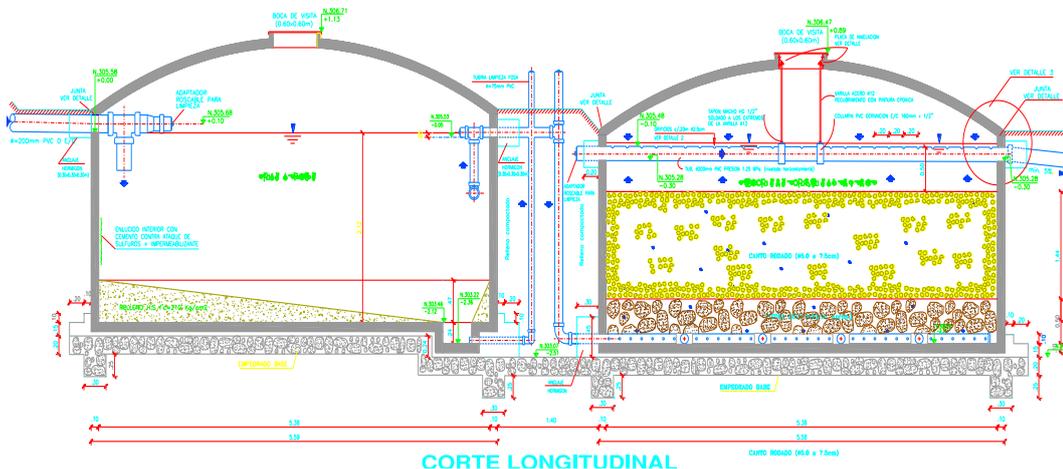
TANQUE SEPTICO

CALCULOS

Datos Generales				
ha	=	5,50	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. La Pampa
# Lts	=	275	#	# Lotes B. La Pampa

Datos Generales					
Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
# Lts hab	=	250	275	# de Lotes habitados	
P	=	1250	1375	hab	Población B. La Pampa
Dot	=	150	150	l/hab.dia	Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	0,7		Coef. De retorno al alcantarillado
Qservidas	=	1,52	1,67	lts/seg	Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	0,72	0,80	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	1,52	1,67	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	2,24	2,47	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	194	213	m ³ /día	Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	2,24	2,47	lts/seg	Caudal de entrada



Área de la Fosa Séptica				
$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38	5,38	m	Diámetro
A =	22,73	22,73	m ²	Área de la Fosa séptica

Volumen de la Fosa Séptica				
$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * prof$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
A =	22,73	22,73	m	Diámetro
prof =	2,12	2,12	m	Profundidad
V =	48,19	48,19	m ³	Volumen de la Fosa séptica

Carga superficial				
$CS = \frac{Q}{A \text{ horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q =	194	213	m ³ /d	Caudal de entrada
A _{horiz} =	22,73	22,73	m ²	Área
CS =	9	9	m ³ /m ² *día	Carga Superficial

Con esto nos damos cuenta que el sedimentador se encuentra sobre cargado.

Capacidad				
$C = 0,18 * P + 2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
P =	1250	1375	hab	Población B. Cañaveral
C =	227	250	m ³	Capacidad

El volumen del tanque es de 48,19 m³, esto significa que por el momento el tanque séptico esta trabajando bien, además podemos ver que para el año 2020 se debe realizar un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales, esto significa que toca construir otra fosa séptica mas para que funcione bien.

Periodo de desenlode					
$P = \frac{V}{3 \times 0,04 \text{ c.año} \times \text{pob}}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C	=	227	250	m ³	Capacidad del tanque
Pob	=	1250	1375	hab	Población B. Cañaveral
P	=	1,5	1,5	años	Periodo de desenlode

Tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación					
$Tr = 1,5 - 0,3 \times \log(P \times q)$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
P	=	1250	1375	hab	Población servida
q	=	13	13	l/hab-día	Caudal de aport unit de aguas residuales
Tr	=	0,24	0,22	días	Tiempo de retención hidráulica
Tr	=	5,7	5,4	h	

El tiempo de retención hidráulica del tanque séptico debe ser de un día a tres días , y el mínimo de 12 horas, por lo tanto el tiempo de retención calculado es muy poco ya que esto depende de la población servida.

Volumen de sedimentación					
$Vs = 10^{-5} \times (P \times q) \times Pr$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
P	=	1250	1375	hab	Población servida
q	=	13	13	l/hab-día	Caudal de aporte unitario de aguas residuales
Tr	=	0,24	0,22	días	Tiempo promedio de retención hidráulica
Vs	=	0,038	0,040	m ³	Volumen de sedimentación

Volumen de almacenamiento de lodos					
$Vd = G \times P \times N \times 10^{-5}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
G	=	40	40	l/hab-año	Volumen de Lodos producudos (Clima calido)
P	=	1250	1375	hab	Población servida
N	=	1	1	años	Intervalo de limpieza o retiro de lodos
Vd	=	0,50	0,55	m ³	Volumen de almacenamiento de lodos

Volumen de natas					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
V _{min}	=	0,7	0,7	m ³	Volumen de natas

Profundidad máxima de espuma sumergida				
$He = \frac{0,7}{A}$				
A	=	22,73		m ² Área superficial del tanque séptico
He	=	0,031		m Profundidad máxima de espuma sumergida

Profundidad libre de espuma sumergida	
Distancia entre la superficie interior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0,10 m.	

Profundidad de espacio libre	
Comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad de lodos, se debe seleccionar el mayor valor, comparando la profundidad del espacio libre mínimo total (0,1 + Ho) con la profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs).	

Profundidad neta del Tanque séptico	
La suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y la profundidad libre de natas sumergidas.	

4.3.1.1.4 Especificaciones para el buen funcionamiento de un tanque séptico

Entre los condicionamientos necesarios para su buen funcionamiento, se deberán considerar:

- El tanque debe encontrarse a una distancia mayor de 2 m de cualquier fuente de abastecimiento.
- Concentración de nitrógeno amoniacal < 200 mg/l.
- Desechos de cocinas deben contar con trampas de grasa.
- Deben localizarse por lo menos a 15 m de cualquier fuente de agua y no deben estar en zonas con nivel freático alto.
- El tanque no debe estar expuesto a inundación y debe disponer de espacio suficiente para la construcción del sistema de disposición o tratamiento posterior a que haya lugar.
- El tanque debe ser completamente hermético, de material no corrosivo (concreto, ladrillo duro cocido).
- El relleno alrededor del tanque debe hacerse en capas delgadas bien apisonadas.
- El tanque debe tener acceso adecuado para mantenimiento y limpieza, y las unidades de entrada y de salida deben ser fácilmente accesibles. Se recomienda bocas de inspección de tamaño mayores a los 50 cm.
- El tanque séptico debe limpiarse cuando la capa de natas se extiende a menos de 7,5 cm desde el borde inferior de la pantalla o unidad de salida, o cuando el manto de lodos tiene un espesor mayor del 40% de la profundidad del líquido en el tanque.

4.3.1.2 Filtro Anaerobio ascendente

El filtro anaerobio está constituido por un tanque con una capa de medio sólido (piedra o plástico), para soporte de crecimiento biológico anaerobio. El agua residual es puesta en contacto con el crecimiento bacteriano anaerobio adherido al medio, las bacterias son retenidas en el medio.

El proceso no utiliza recirculación ni calentamiento y produce una cantidad mínima de lodo.

Uno de los principales problemas de un filtro anaerobio de flujo ascendente es la disminución de la DBO soluble que reduce en eficiencia el tratamiento de aguas residuales y servidas, sobre el material de relleno inerte (piedra o plástico), crece una población bacteriana que degrada la DBO soluble del afluente, dando como resultado un efluente clarificado con una menor carga orgánica,

Sus principales ventajas son fácil operación y mantenimiento, consumo energético nulo, no requiere personal especializado para su mantenimiento y presenta una eficacia de remoción de alrededor del 80 %.

Entre los problemas que afectan a su funcionamiento se tiene:

- colmatación medio granular
- condiciones ambientales desfavorables (pH, Temperatura)

Tabla 4.3.: Parámetros de diseño de filtros anaerobios de flujo ascendente¹¹

Parámetro	Unidad	Valor
DQO afluente	mg/l	1000 - 30000 2500 - 24000 10000 - 20000
Tiempo de retención	h	24 - 48 24 20 - 96
Carga orgánica	kg DQO/m ³ d	1 - 4,8 1 - 6 < 12 5 - 30 9 - 15
Diámetro del medio	cm	2,0 - 17
Altura	mg/l	1,2 3 - 12
Temperatura	C	32 - 37 30 - 35
Remoción de DQO	%	61 - 90 80 - 95
Velocidad de Flujo	m/d	< 10
Sólidos suspendidos del afluente	mg/l	< 500 <= 50000
Edad de lodos	d	0,5 - 5
DQO soluble/DQO insoluble		> 1
Distancia entre orificios de entrada	m	1,0 - 2,0

¹¹ Romero Rojas Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales y Teoría y principios de diseño. Tabla 24.9.

4.3.1.2.1 Diseño del Filtro Anaerobio Ascendente

BARRIO CAÑAVERAL

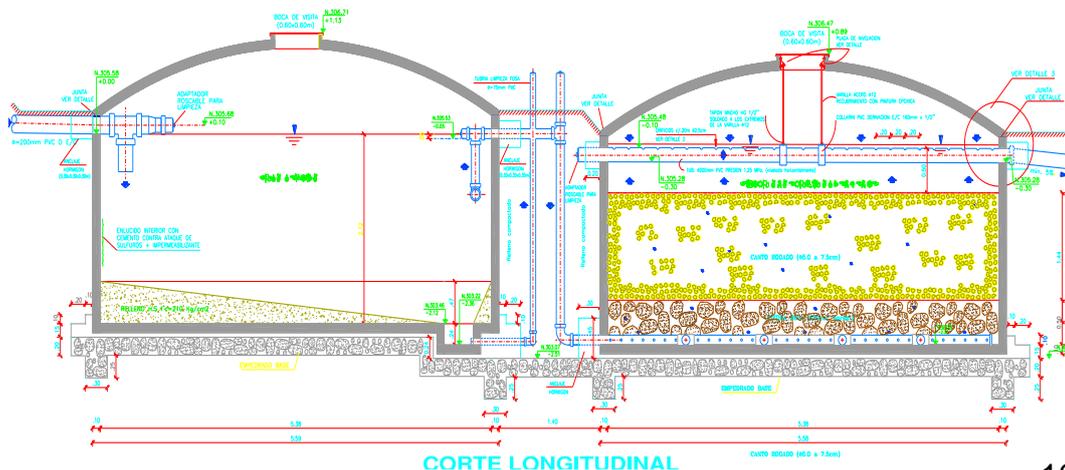
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

CALCULOS

Datos Generales				
ha	=	12,61	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. Cañaverál
# Lts	=	631	#	# Lotes B. Cañaverál

Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
# Lts hab	=	190	631	# de Lotes habitados	
P	=	950	3153	Población B. Cañaverál	
Dot	=	150	150	Dotación de Aguas Potable	
C	=	0,7	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado	
Q _{servidas}	=	1,15	3,83	lts/seg	Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	0,55	1,82	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	1,15	3,83	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	1,70	5,66	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	147	489	m ³ /día	Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	1,70	5,66	lts/seg	Caudal de entrada



Filtro Ascendente				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	147	489	m ³ /día	Caudal
D =	5,38		m	Diámetro
Prof =	2,24		m	profundidad

Área del filtro				
$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38		m	Diámetro
A =	22,73		m ²	Área

Volumen del Filtro				
$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * prof$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38		m	Diámetro
Prof =	2,24		m	profundidad
V =	51	51	m ³	

Carga Orgánica				
$CO = S_o \times Q$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	147	489	m ³ /día	Caudal
DBO =	197	100	mg/l	Área vertical
V =	50,9	50,9	m ³	
CS =	0,57	0,96	KgDBO/m ³ d	

Carga Superficial				
$CS = \frac{Q}{A \text{ horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	147		m ³ /día	Caudal
A =	22,73		m ²	Área vertical
CS =	6,5		m ³ /m ² .día	

Ok!! (Valor debe ser menor a 18 m³/m².día)

Velocidad de flujo				
$v_{vert} = \frac{Q}{A_{horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	147		m ³ /día	Caudal
D =	5,38		m	Diámetro
h _{mf} =	1,60			Altura medio filtrante
A _{horiz} =	8,6		m ²	Área horizontal
V _{horiz} =	0,2		mm / seg	

se requiere de 1.8 mm/seg para sedimentar una partícula de 0.05 mm

Tiempo de residencia				
$\theta = \frac{V}{Q}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
V =	50,92	50,92	m ³	Volumen
Q =	147	489	m ³ /d	Caudal de entrada
Θ =	0,35	0,10	día	No permite la digestión de los lodos
Θ =	8,3	2,5	h	Tiempo de residencia

Numero de Reynolds				
$N_{RE} = \frac{v \times d}{\nu}$				
v =	0,02		cm/s	velocidad de filtración
d =	7		cm	diámetro característico de los granos
ν =	0,009		cm ² /s	viscosidad cinemática
N _{RE} =	14,84			Numero de Reynolds

Coeficiente de arrastre				
$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0,34$				
N _{RE} =	14,84			Numero de Reynolds
C _D =	3			Coeficiente de arrastre

Perdida de carga en el lecho filtrante de grava (piedra bola)				
$h = 150 * \frac{v}{g} * L * \frac{1 - p_0^2}{p_0^3} * v \left(\frac{1}{D} \right)^2$ <p style="text-align: right;">Ecuación de Kození</p>				
L	=	0,4	m	Profundidad del lecho 1
C _D	=	3		Coefficiente de arrastre
v	=	0,02	m/s	Velocidad de flujo
v	=	9,3E-05	m ² /s	Viscosidad cinemática
g	=	9,81	m/s ²	Aceleración de la gravedad
p _o	=	0,39		Porosidad del lecho
d _i	=	0,2	m	Tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices
h	=	0,00	m	Perdida de carga en el lecho
h	=	0,4	cm	Perdida de carga en el lecho 1

Perdida de carga en el lecho filtrante de grava (canto rodado)				
$h = 150 * \frac{v}{g} * L * \frac{1 - p_0^2}{p_0^3} * v \left(\frac{1}{D} \right)^2$ <p style="text-align: right;">Ecuación de Kození</p>				
L	=	1,2	m	Profundidad del lecho 2
C _D	=	3		Coefficiente de arrastre
v	=	0,02	m/s	Velocidad de flujo
v	=	9,34E-05	m ² /s	Viscosidad cinemática
g	=	9,8	m/s ²	Aceleración de la gravedad
p _o	=	0,39		Porosidad del lecho
d _i	=	0,07	m	Tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices
h	=	0,10	m	Perdida de carga en el lecho
h	=	10	cm	Perdida de carga en el lecho 2
h _T	=	10	cm	Perdida de carga total en el lecho filtrante

El material granular no cumple con las literaturas de los libros de Metcalf & Eddy y Rojas, ya que la literatura dice que el diámetro mínimo debe ser de 2.5 a 10 cm la primera capa y la otra capa de una granulometría menor a 2.5 cm por tal motivo se recomienda cambiar el medio granular o la mejor solución es colocar seditubos para mejor funcionamiento del filtro anaerobio.

BARRIO GUSTAVO ANDRADE

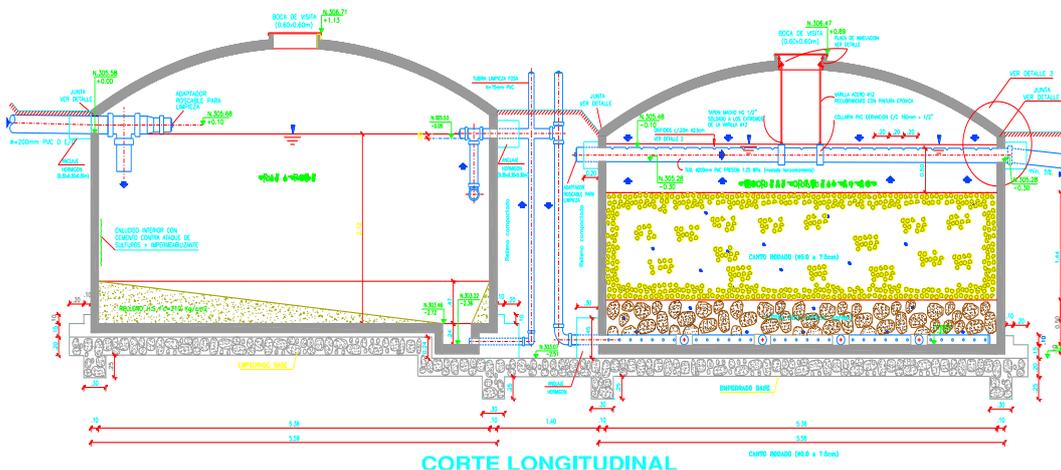
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

CALCULOS

Datos Generales				
ha	=	19,50	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. Gustavo Andrade
# Lts	=	975	#	# Lotes B. Cañaveral

Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
# Lts hab	=	504	975	# de Lotes habitados	
P	=	2520	4875	Población B. Gustavo Andrade	
Dot	=	150	150	Dotación de Aguas Potable	
C	=	0,7	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado	
Q _{servidas}	=	3,06	5,92	lts/seg	Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	1,46	2,82	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	3,06	5,92	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	4,52	8,75	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	391	756	m ³ /día	Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	4,52	8,75	lts/seg	Caudal de entrada



Filtro Ascendente				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	391	756	m ³ /día	Caudal
D =	5,38		m	Diámetro
Prof =	2,24		m	profundidad

Área del filtro				
$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38		m	Diámetro
A =	22,73		m ²	Área

Volumen del Filtro				
$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * prof$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38		m	Diámetro
Prof =	2,33		m	profundidad
V =	53	53	m ³	Volumen del filtro

Carga Orgánica				
$CO = S_o \times Q$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	391	756	m ³ /día	Caudal
DBO =	197	100	mg/l	Área vertical
V =	53,0	53,0	m ³	
CS =	1,45	1,43	KgDBO/m ³ d	

Carga Superficial				
$CS = \frac{Q}{A \text{ horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	391		m ³ /día	Caudal
A =	22,73		m ²	Área vertical
CS =	17,2		m ³ /m ² .día	

Ok!! (Valor debe ser menor a 18 m³/m².día)

Velocidad de flujo				
$v_{vert} = \frac{Q}{A_{horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada}	= 391		m ³ /día	Caudal
D	= 5,38		m	Diámetro
h _{mf}	= 1,60		m	Altura medio filtrante
A _{horiz}	= 8,6		m ²	Área horizontal
V _{horiz}	= 0,5		mm / seg	Velocidad de flujo

se requiere de 1.8 mm/seg para sedimentar una partícula de 0.05 mm

Tiempo de residencia				
$\theta = \frac{V}{Q}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
V	= 52,97	52,97	m ³	Volumen
Q	= 391	756	m ³ /d	Caudal de entrada
Θ	= 0,14	0,07	día	No permite la digestión de los lodos
Θ	= 3,3	1,7	h	Tiempo de residencia

Numero de Reynolds				
$N_{RE} = \frac{v \times d}{\nu}$				
v	= 0,05		cm/s	velocidad de filtración
d	= 7		cm	diámetro característico de los granos
ν	= 0,0093		cm ² /s	viscosidad cinemática
N _{RE}	= 39,36			Numero de Reynolds

Coeficiente de arrastre				
$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0,34$				
N _{RE}	= 39,36			Numero de Reynolds
C _D	= 1			Coeficiente de arrastre

Perdida de carga en el lecho filtrante de grava (piedra bola)				
$h = 150 * \frac{v}{g} * L * \frac{1 - p_0^2}{p_0^3} * v \left(\frac{1}{D} \right)^2$ <p style="text-align: right;">Ecuación de Kození</p>				
L	=	0,4	m	Profundidad del lecho 1
C _D	=	1		Coefficiente de arrastre
v	=	0,05	m/s	Velocidad de flujo
v	=	9,3E-05	m ² /s	Viscosidad cinemática
g	=	9,81	m/s ²	Aceleración de la gravedad
p _o	=	0,39		Porosidad del lecho
d _i	=	0,2	m	Tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices
h	=	0,011	m	Perdida de carga en el lecho
h	=	1,1	cm	Perdida de carga en el lecho 1

Perdida de carga en el lecho filtrante de grava (canto rodado)				
$h = 150 * \frac{v}{g} * L * \frac{1 - p_0^2}{p_0^3} * v \left(\frac{1}{D} \right)^2$ <p style="text-align: right;">Ecuación de Kození</p>				
L	=	1,2	m	Profundidad del lecho 2
C _D	=	1		Coefficiente de arrastre
v	=	0,0525	m/s	Velocidad de flujo
v	=	9,34E-05	m ² /s	Viscosidad cinemática
g	=	9,8	m/s ²	Aceleración de la gravedad
p _o	=	0,39		Porosidad del lecho
d _i	=	0,07	m	Tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices
h	=	0,26	m	Perdida de carga en el lecho
h	=	26	cm	Perdida de carga en el lecho 2
h _T	=	27	cm	Perdida de carga total en el lecho filtrante

El material granular no cumple con las literaturas de los libros de Metcalf & Eddy y Rojas, ya que la literatura dice que el diámetro mínimo debe ser de 2.5 a 10 cm la primera capa y la otra capa de una granulometría menor a 2.5 cm por tal motivo se recomienda cambiar el medio granular o la mejor solución es colocar seditubos para mejor funcionamiento del filtro anaerobio.

BARRIO LA PAMPA

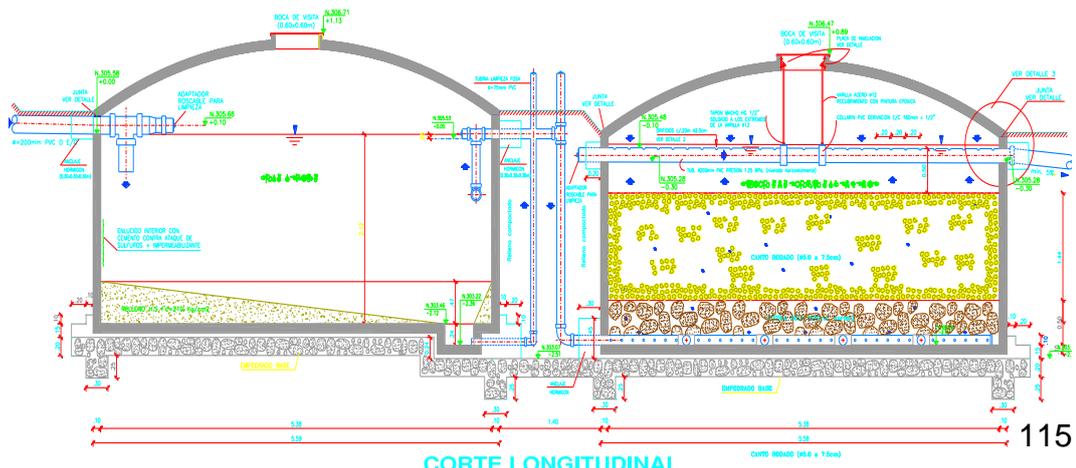
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

CALCULOS

Datos Generales				
ha	=	5,50	ha	Total hectáreas barrio
Lt	=	200	m ²	Tamaño c/d Lotes B. La Pampa
# Lts	=	275	#	# Lotes B. Cañaverl

Caudal de aguas domesticas					
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
# Lts hab	=	230	275	# de Lotes habitados	
P	=	1150	1375	hab	Población B. La Pampa
Dot	=	150	150	l/hab.dia	Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	0,7		Coef. De retorno al alcantarillado
Q _{servidas}	=	1,40	1,67	lts/seg	Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)					
	2010	2020	Unidad	Descripción	
C _{infiltr}	=	50	50	l/hab.dia	Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	0,67	0,80	lts/seg	Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	1,40	1,67	lts/seg	Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	2,06	2,47	lts/seg	Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	178	213	m ³ /día	Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	2,06	2,47	lts/seg	Caudal de entrada



Filtro Ascendente				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	178	213	m ³ /día	Caudal
D =	5,38		m	Diámetro
Prof =	2,24		m	profundidad

Área del filtro				
$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38		m	Diámetro
A =	22,73		m ²	Área

Volumen del Filtro				
$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * prof$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
D =	5,38		m	Diámetro
Prof =	2,33		m	profundidad
V =	53	53	m ³	Volumen del filtro

Carga Orgánica				
$CO = S_o \times Q$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	178	213	m ³ /día	Caudal
DBO =	197	100	mg/l	Área vertical
V =	53,0	53,0	m ³	Volumen del filtro
CS =	0,66	0,40	KgDBO/m ³ d	Carga Orgánica

Carga Superficial				
$CS = \frac{Q}{A \text{ horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada} =	178		m ³ /día	Caudal
A =	22,73		m ²	Área vertical
CS =	7,8		m ³ /m ² .día	

Ok!! (Valor debe ser menor a 18 m³/m².día)

Velocidad de flujo				
$v_{vert} = \frac{Q}{A_{horiz}}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
Q _{entrada}	= 178		m ³ /día	Caudal
D	= 5,38		m	Diámetro
h _{mf}	= 1,60			Profundidad del medio filtrante
A _{horiz}	= 8,6		m ²	Área horizontal
V _{horiz}	= 0,2		mm / seg	Velocidad del flujo

se requiere de 1.8 mm/seg para sedimentar una partícula de 0.05 mm

Tiempo de residencia				
$\theta = \frac{V}{Q}$				
	2010	2020	Unidad	Descripción
V	= 52,97	52,97	m ³	Volumen
Q	= 178	213	m ³ /d	Caudal de entrada
Θ	= 0,30	0,25	día	No permite la digestión de los lodos
Θ	= 7,1	6,0	h	Tiempo de residencia

Numero de Reynolds				
$N_{RE} = \frac{v \times d}{\nu}$				
v	= 0,02		cm/s	velocidad de filtración
d	= 7		cm	diámetro característico de los granos
ν	= 0,0093		cm ² /s	viscosidad cinemática
N _{RE}	= 17,96			Numero de Reynolds

Coeficiente de arrastre				
$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0,34$				
N _{RE}	= 17,96			Numero de Reynolds
C _D	= 2			Coeficiente de arrastre

Perdida de carga en el lecho filtrante de grava (piedra bola)				
$h = 150 * \frac{v}{g} * L * \frac{1 - p_0^2}{p_0^3} * v \left(\frac{1}{D} \right)^2$				
Ecuación de Kozeny				
L	=	0,4	m	Profundidad del lecho 1
C _D	=	2		Coeficiente de arrastre
v	=	0,0240	m/s	Velocidad de flujo
v	=	9,3E-05	m ² /s	Viscosidad cinemática
g	=	9,81	m/s ²	Aceleración de la gravedad
p _o	=	0,39		Porosidad del lecho
d _i	=	0,2	m	Tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices
h	=	0,005	m	Perdida de carga en el lecho
h	=	0,5	cm	Perdida de carga en el lecho 1

Perdida de carga en el lecho filtrante de grava (canto rodado)				
$h = 150 * \frac{v}{g} * L * \frac{1 - p_0^2}{p_0^3} * v \left(\frac{1}{D} \right)^2$				
Ecuación de Kozeny				
L	=	1,2	m	Profundidad del lecho 2
C _D	=	2		Coeficiente de arrastre
v	=	0,0240	m/s	Velocidad de flujo
v	=	9,34E-05	m ² /s	Viscosidad cinemática
g	=	9,8	m/s ²	Aceleración de la gravedad
p _o	=	0,39		Porosidad del lecho
d _i	=	0,07	m	Tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices
h	=	0,12	m	Perdida de carga en el lecho
h	=	12	cm	Perdida de carga en el lecho 2
h _T	=	12,5	cm	Perdida de carga total en el lecho filtrante

El material granular no cumple con las literaturas de los libros de Metcalf & Eddy y Rojas, ya que la literatura dice que el diámetro mínimo debe ser de 2.5 a 10 cm la primera capa y la otra capa de una granulometría menor a 2.5 cm por tal motivo se recomienda cambiar el medio granular o la mejor solución es colocar seditubos para mejor funcionamiento del filtro anaerobio.

- Resumen Plantas de Tratamiento Aguas Residuales

**BARRIO CAÑAVERAL
TANQUE SEPTICO**

GENERALIDADES BARRIO CAÑAVERAL							
Tanque Séptico							
	Cs (m ³ /m ² *día)	Tr (horas)	Cap. (m ³)	Pdes (años)	Vs (m ³)	Vd (m ³)	Observaciones
Parámetros de diseño		1 día	C =0,18xP+2				
Tasas de trabajo actual	6,5	6,5	173	1,5	0,034	0,38	El Tiempo de retención hidráulica no cumple ni con el mínimo que es 12 horas.
Tasas de trabajo Futuro	22	2,8	570	1,5	1,26	0,7	Con este valor de capacidad nos damos cuenta que para el futuro es necesario construir un nuevo tanque séptico.
	pH (u de pH)	Turbidez (UNT)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (col/100ml)	Coliformes Fecales (col/100ml)	
Parámetros de diseño (TULAS)	5,0 - 9,0	20	100	250,0	1000	Remoción > al 99,9 %	
Calidad del agua (Entrada)	6,53	90	9	18	2100	100	
Fuente	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	
Filtro anaerobio de flujo ascendente							
	CO (m ³ /m ² *día)	Tr (horas)	Altura (m)	Diam. (cm)	Temp. (°C)		Observaciones
Parámetros de diseño	1 - 4,48	24 - 48	1,2	2,5 - 10	30 - 35		
Tasas de trabajo actual	0,6	8,3	1,2	7,5 - 20	26		El Tiempo de retención hidráulica no cumple ni con el mínimo que es 24 horas.
Tasas de trabajo Futuro	1	2,5		2,5 - 10	26		El medio granular no cumple con los parámetros de diseño, por esta razón se recomienda cambiar el medio granular a un diámetro de 2,5 - 7,5 o sino colocar seditubos que es mejor y conveniente.
	pH (u de pH)	Turbidez (UNT)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (col/100ml)	Coliformes Fecales (col/100ml)	
Parámetros de diseño (TULAS)	5,0 - 9,0	20	100	250,0	1000	Remoción > al 99,9 %	
Calidad del agua (Salida)	6,67	30	4	14	200	100	
Fuente	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	

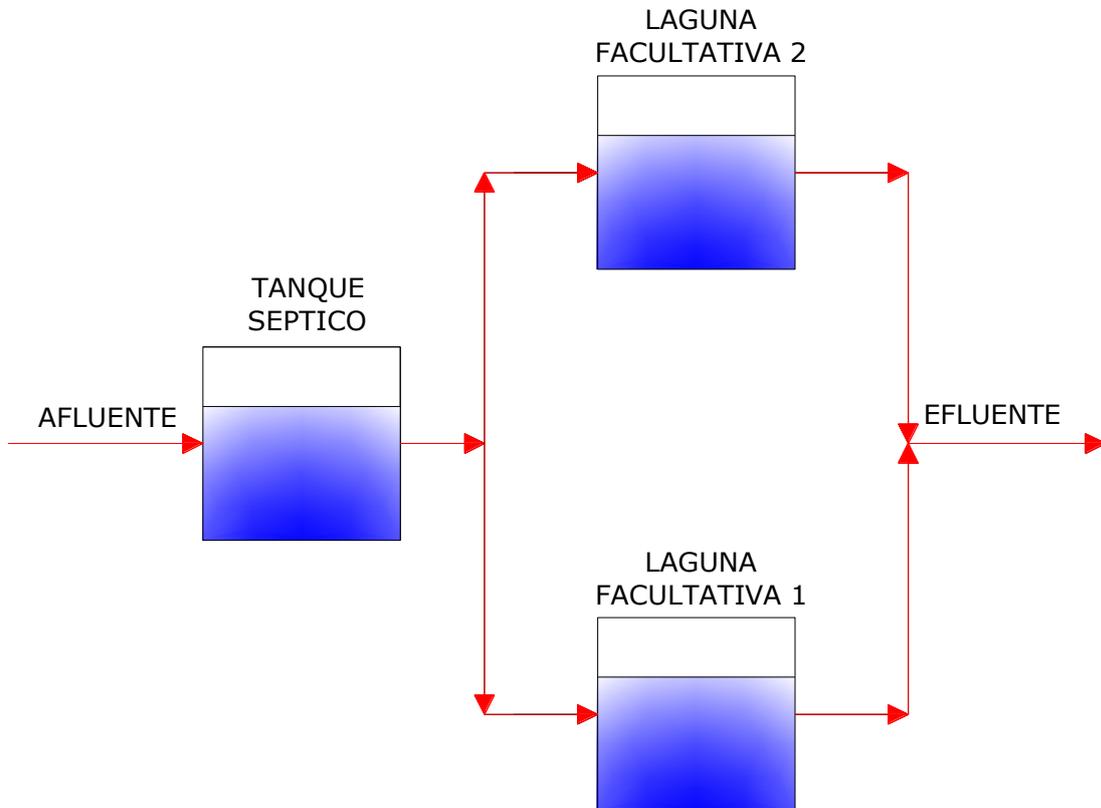
**BARRIO CAÑAVERAL
TANQUE SEPTICO**

GENERALIDADES BARRIO GUSTAVO ANDRADE							
Tanque Séptico							
	Cs (m ³ /m ² *día)	Tr (horas)	Cap. (m ³)	Pdes (años)	Vs (m ³)	Vd (m ³)	Observaciones
Parámetros de diseño		1 días	C =0,18xP+2				
Tasas de trabajo actual	17,2	3,5	455,6	1,5	0,048	1,26	El Tiempo de retención hidráulica no cumple ni con el mínimo que es 12 horas.
Tasas de trabajo Futuro	33	1,4	880	1,5	2,44	0,7	Con este valor de capacidad nos damos cuenta que para el futuro es necesario construir un nuevo tanque séptico.
	pH (u de pH)	Turbidez (UNT)	DBO₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (col/100ml)	Coliformes Fecales (col/100ml)	
Parámetros de diseño (TULAS)	5,0 - 9,0	20	100	250,0	1000	Remoción > al 99,9 %	
Calidad del agua (Entrada)	6,73	85	10	116	100	100	
Fuente	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	
Filtro anaerobio de flujo ascendente							
	CO (m ³ /m ² *día)	Tr (horas)	Altura (m)	Diam. (cm)	Temp. (°C)		Observaciones
Parámetros de diseño	1 - 4,48	24 - 48	1,2	2,5 - 10	30 - 35		
Tasas de trabajo actual	1,5	3,3	1,2	7,5 - 20	26		El Tiempo de retención hidráulica no cumple ni con el mínimo que es 24 horas.
Tasas de trabajo Futuro	1	1,7		2,5 - 10	26		El medio granular no cumple con los parámetros de diseño, por esta razón se recomienda cambiar el medio granular a un diámetro de 2,5 - 7,5 o sino colocar seditubos que es mejor y conveniente.
	pH (u de pH)	Turbidez (UNT)	DBO₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (col/100ml)	Coliformes Fecales (col/100ml)	
Parámetros de diseño (TULAS)	5,0 - 9,0	20	100	250,0	1000	Remoción > al 99,9 %	
Calidad del agua (Salida)	7,01	19	5	4	100	100	
Fuente	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	

**BARRIO LA PAMPA
TANQUE SEPTICO**

GENERALIDADES BARRIO LA PAMPA							
Tanque Séptico							
	Cs (m³/m²·día)	Tr (horas)	Cap. (m³)	Pdes (años)	Vs (m³)	Vd (m³)	Observaciones
Parámetros de diseño		1 día	C =0,18xP+2				
Tasas de trabajo actual	8,5	5,7	227	1,5	0,038	0,50	El Tiempo de retención hidráulica no cumple ni con el mínimo que es 12 horas.
Tasas de trabajo Futuro	9	5,4	250	1,5	0,55	0,7	Con este valor de capacidad nos damos cuenta que para el futuro es necesario construir un nuevo tanque séptico.
	pH (u de pH)	Turbidez (UNT)	DBO₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (col/100ml)	Coliformes Fecales (col/100ml)	
Parámetros de diseño (TULAS)	5,0 - 9,0	20	100	250,0	1000	Remoción > al 99,9 %	
Calidad del agua (Entrada)	6,63	147	125	936	79200	10000	
Fuente	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	
Filtro anaerobio de flujo ascendente							
	CO (m³/m²·día)	Tr (horas)	Altura (m)	Diam. (cm)	Temp. (°C)		Observaciones
Parámetros de diseño	1 - 4,48	24 - 48	1,2	2,5 - 10	30 - 35		
Tasas de trabajo actual	0,7	7,1	1,2	7,5 - 20	26		El Tiempo de retención hidráulica no cumple ni con el mínimo que es 24 horas.
Tasas de trabajo Futuro	1	6,0		2,5 - 10	26		El medio granular no cumple con los parámetros de diseño, por esta razón se recomienda cambiar el medio granular a un diámetro de 2,5 - 7,5 o sino colocar seditubos que es mejor y conveniente.
	pH (u de pH)	Turbidez (UNT)	DBO₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (col/100ml)	Coliformes Fecales (col/100ml)	
Parámetros de diseño (TULAS)	5,0 - 9,0	20	100	250,0	1000	Remoción > al 99,9 %	
Calidad del agua (Salida)	7,09	98	45	816	70400	10000	
Fuente	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	

4.3.2 Alternativa 2: Tanque Séptica + Lagunas Facultativas



4.3.2.1 Lagunas Facultativas

La puesta en servicio de la Planta de tratamiento ocurrió hace unos 10 años atrás con el objetivo principal de anular la contaminación del Río de Aguas Negras la reducción del nivel de contaminantes bacteriana y la reducción de la carga orgánica del efluente. Las lagunas de Facultativas están formadas por dos módulos, cada uno constituido por una laguna primaria y una laguna secundaria, concurriendo los efluentes de todos los barrios del norte de la ciudad.

Una laguna facultativa es una masa de agua relativamente poco profunda contenida en un tanque excavado en el terreno. Las lagunas facultativas

son de uso muy frecuente en pequeñas comunidades, debido a que sus reducidos costos de construcción y explotación representan una importante ventaja frente a los restantes métodos de tratamiento.

El uso de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales industriales y mezclas de aguas residuales domésticas e industriales susceptibles de tratamiento biológico también está muy extendido. Este tipo de instalaciones también se utilizan en industrias tales como refinerías de petróleo, mataderos, lecherías, mataderos de aves y recuperación de subproductos.

Tabla 4.4.: Parámetros típicos de diseño para lagunas de estabilización¹²

Parámetro	Tipo de Lagunas					
	Laguna aerobio (baja carga) ^a	Laguna aerobio (alta carga)	Laguna aerobio (de maduración)	Laguna aerobio - anaerobio facultativo ^(b)	Laguna anaerobio	Lagunas aireadas
Régimen de flujo	Mezcla intermitente	Mezcla intermitente	Mezcla intermitente	Estrato superficial mezclado		Mezcla completa
Tamaño de la Laguna, ha	< 4	0,20 - 0,80	0,80 - 4	0,80 - 4	0,20 - 0,80	0,80 - 4
Funcionamiento^(c)	unidades múltiples		unidades múltiples	unidades múltiples	unidades múltiples	unidades múltiples
	En serie o en paralelo	En serie	En serie o en paralelo	En serie o en paralelo	En serie	En serie o en paralelo
Tiempo de retención^(c), d	10,0 - 40,0	4,0 - 6,0	5,0 - 20,0	5,0 - 30,0	20,0 - 50,0	3,0 - 10,0
Profundidad, m	0,9 - 1,2	0,3 - 0,45	0,9 - 1,5	1,2 - 2,4	2,4 - 4,8	1,8 - 6,0
pH	6,5 - 10,5	6,5 - 10,5	6,5 - 10,5	6,5 - 8,5	6,5 - 7,2	6,5 - 8,0
Intervalo de temperaturas, °C	0 - 30,0	5,0 - 30	0 - 30,0	0 - 50	6,0 - 50	0 - 30,0
Temperatura optima, °C	20	20	20	20	30	20
Carga de DBO₅^(d), kg/ha.día	67 - 134	90 - 180	< 17	56 - 200	225 - 560	
Conversión de DBO₅, %	80 - 95	80 - 95	60 - 80	80 - 95	50 - 85	80 - 95

¹² : MetCalf & Eddy, Inc (1996b): Ingeniería de Aguas residuales, Tratamiento vertido y reutilización, Volumen II, 3era edición, McGraw-Hill

Principales productos de la conversión	Algas, CO ₂ , tejido celular bacteriano	Algas, CO ₂ , tejido celular bacteriano	Algas, CO ₂ , tejido celular bacteriano, NO ₃	Algas, CO ₂ , CH ₄ , tejido celular bacteriano	Algas, CO ₂ , CH ₄ , tejido celular bacteriano	CO ₂ , tejido celular bacteriano
Concentración de algas, mg/L	40 - 100	100 - 260	5,0 - 10,0	5,0 - 20,0	0 - 5,0	
Sólidos suspendidos en el efluente^(e), mg/L	80 - 140	150 - 300	10,0 - 30,0	40,0 - 60,0	80 - 160	80 - 250

(a) Estanques aerobios convencionales proyectados para minimizar la producción de oxígeno más que la cantidad de algas

(b) Las lagunas incluyen un sistema de aireación adicional. La laguna sin aireación adicional, las cargas de DBO típicas son del orden de una tercera parte de las indicadas

(c) Depende de las condiciones climáticas

(d) Valores típicos. En muchos lugares se han empleado valores muy superiores. Los valores de las cargas suelen venir impuestos por las agencias reguladoras

(e) Incluye algas, microorganismos, y sólidos suspendidos residuales. Los valores se basan en una DBO soluble del afluente de 200 mg/L y, excepto en el caso de las lagunas aerobias, una concentración de sólidos suspendidos de 200 mg/L.

4.3.2.1.1 Diseño de la Laguna Facultativa

BARRIOS DEL NORTE LAGUNAS FACULTATIVAS

CALCULOS ¹

Caudal de aguas domesticas			
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$			
P	=	10000	hab Población B. del Norte
Dot	=	150	l/hab.dia Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado
Q _{servidas}	=	12,15	lts/seg Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)			
Q _{min}	=	1,75	lts/seg Caudal mínimo
C _{infiltr}	=	50	l/hab.dia Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	5,79	lts/seg Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	12,15	lts/seg Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	17,94	lts/seg Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	1550	m ³ /día Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	17,94	lts/seg Caudal de entrada
Q _{salida}	=	16,15	lts/seg Caudal de salida

Carga Organica Superficial para Lagunas Facultativas			
$Csa = 285,7 \times d \times 1,085^{(T-35)}$			
T	=	26	° Temperatura de las Lagunas
prof	=	2	m Profundidad
Csa	=	274	KgDBO/(Ha.d) Carga orgánica superficial

Carga Superficial máxima para Lagunas Facultativas			
$CSm = 357,4 \times 1,085^{T-20}$			
T	=	26	° Temperatura de las Lagunas
CSm	=	583	KgDBO/(Ha.d) Carga superficial máxima

Área requerida, Ha.			
$A = \frac{C_{DBO}}{CSm}$			
C _{DBO}	=	270	Kg/d Carga de DBO
CSm	=	32	KgDBO/(Ha.d) Carga superficial máxima
A	=	9,4	ha Área requerida

Periodo de retención			
$PR = \frac{A \times prof}{Q}$			
A	=	93750	m ²
prof	=	2	m
Q	=	1550	m ³ /d
PR	=	16	d

¹ Lagunas de Estabilización, Fabián Yáñez

BARRIOS DEL NORTE
LAGUNAS DE ESTABILIZACION

CALCULOS ²

Carga de DBO			
$Carga\ de\ DBO = Q \times DBO_{afuente}$			
Q	=	1550	m ³ /día Caudal
DBO	=	32	mg/L Concentración de DBO en el afluente
C _{DBO}	=	49,6	Kd/d

Área requerida, Ha.			
$A = \frac{Carga\ de\ DBO}{Tasa\ de\ Carga\ Superficial}$			
T	=	20	° Temperatura promedio del agua
T _{CS}	=	90	KgDBO/(Ha.d) Tasa de carga orgánica
C _{DBO}	=	49,6	Kg/d Carga de DBO
A	=	0,61	ha Área requerida

Periodo de retención			
$PR = \frac{Volumen}{Caudal}$			
prof	=	2	m Profundidad de la Laguna
V	=	12247	m ³ Volumen de la Laguna
Q	=	1550	m ³ /día Caudal
PR	=	8	días Periodo de retención

² Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos pequeños y descentralizados, Crites Ron, Tomo 2

CALCULOS

Caudal de aguas domesticas			
$Q = \frac{Pobl \times Dot}{86400}$			
P	=	10000	hab Población B. del Norte
Dot	=	150	l/hab.dia Dotación de Aguas Potable
C	=	0,7	Coef. De retorno al alcantarillado
Q _{servidas}	=	12,15	lts/seg Caudal de aguas servidas

Caudal de diseño para tratamiento (QMD sanit + Q infiltr)			
C _{infiltr}	=	50	l/hab.dia Coeficiente aguas infiltración
Q _{infiltr}	=	5,79	lts/seg Caudal de infiltración
Q _{adop}	=	12,15	lts/seg Caudal de adoptado servidas
Q _{diseño}	=	17,94	lts/seg Caudal de diseño
Q _{diseño}	=	1550	m ³ /dia Caudal de diseño
Q _{entrada}	=	17,94	lts/seg Caudal de entrada
Q _{salida}	=	16,15	lts/seg Caudal de salida

HUMEDAL ARTIFICIAL CON ESPEJO DE AGUA

Volumen de agua en el humedal			
$V = Q \times Tr$			
Q	=	1550	m ³ /d Caudal
Tr	=	3,5	dias Tiempo de retencion
V	=	5425	m ³

Area superficial del humedal			
$A = \frac{V}{prof}$			
V	=	5425	m ³ Volumen
prof	=	2	m Profundidad
A	=	2713	m ²
A	=	0,27	ha

Area de la seccion transversal del humedal			
$A_t = \frac{Q}{K \times \left(\frac{\Delta h}{\Delta L} \right)}$			
Q	=	1550	m ³ /d Caudal
$\Delta h/\Delta L$	=	2	% Pendiente
p	=	0,39	Porosidad
K	=	10000	m/d Conductividad Hidraulica
A _t	=	78	m ²

Ancho del humedal				
$a = \frac{A_t}{prof}$				
A _t	=	78	m ²	Area transversal
prof	=	2	m	Profundida
a	=	39	m	

Longitud del humedal				
$l = \frac{Area}{ancho}$				
A	=	2713	m ²	Area superficial del humedal
a	=	39	m	Ancho
l	=	70	m	

Carga de DBO				
$CO = \frac{DBO * Q * 10^{-3}}{Area * 10^{-4}}$				
DBO	=	32	mg/L	DBO del afluente
Q	=	1550	m ³ /d	Volumen
A	=	2712,5	m ²	Área
CO	=	183	kg DBO/ha.d	

La carga de DBO del proyecto es menor a los parametros establecidos en la Tabla 27.4 incluida en anexos

Carga Hidraulica Superficial				
$CHS = \frac{Q}{A}$				
Q	=	1550	m ³ /d	Caudal
A	=	0,27	ha	Área
CHS	=	5714	m ³ /ha.d	

La carga hidraulica superficial del proyecto es menor a los parametros maximos establecidos en la Tabla 27.6 incluida en anexos

Area por unidad de caudal				
$a = \frac{Area}{Q}$				
A	=	2713	m ²	
Q	=	1550	m ³ /d	
a	=	1,8	m ² /(m ³ /d)	

El tamaño minimo, es de 5 - 11 m²/(m³/d) y es menor a los parametros establecidos en la Tabla 27.4 incluida en anexos

Se considera que el sistema requiere entre 4 y 5 m²/persona equivalente para obtener un efluente con DBO menor de 20 mg/L

CAPITULO V

Manual de Operación y Mantenimiento de las plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Nueva Loja, Cantón Lago Agrio



5.1 Conceptos

La operación y mantenimiento de una planta de tratamiento son aspectos que conciernen al funcionamiento, luego de que ha sido planificada y construida. Pues es importante que la planta de tratamiento cumpla con los servicios a la comunidad, por lo que es necesario que se lleven en forma organizada, sistemática y técnica los aspectos de operación y mantenimiento, razón por la cual el presente manual trata de definir en forma clara y concisa las actividades

principales a llevarse a cabo por el personal encargado de operar la planta de tratamiento.

5.2 Definiciones y Responsabilidades

5.2.1 Operación

Definición:

Es el conjunto de acciones que se efectúan con determinada oportunidad y frecuencia, para poner en funcionamiento adecuado una planta de tratamiento.

Responsabilidades:

Esas acciones las realiza el operador siguiendo los instructivos de operación de los diferentes sistemas, aplicando los conocimientos adquiridos durante el adiestramiento y dando cumplimiento a las recomendaciones de este manual.

Una responsabilidad importante del operador es verificar que no existan obstrucciones, roturas, filtraciones; agua estancada, maleza que impida el adecuado funcionamiento de la descarga de la red de alcantarillado sanitario en la planta de tratamiento de las aguas servidas, o que puedan producir contaminación o afectar el ambiente.

Las novedades que el Operador encuentre en relación con el funcionamiento normal del sistema, anotará en su cuaderno y las comunicará a la Dirección de Agua potable y Alcantarillado del cantón Lago Agrio.

5.2.2 Mantenimiento

Mantenimiento es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para mantenerlos en adecuado estado de funcionamiento.

Con el objeto de detallar minuciosamente las actividades que se cumplen en un sistema, se ha identificado tres tipos de mantenimiento:

5.2.3 Mantenimiento Preventivo

Definición:

Consiste en una serie de acciones de conservación que se realizan con frecuencia determinada en las instalaciones y equipos para evitar, en lo posible, que se produzcan daños que pueden ser de difícil y costosa reparación o que se ocasionen interrupciones en el servicio.

Responsabilidades:

La Dirección de Agua potable y Alcantarillado del cantón Lago Agrio, preparará una programación para el mantenimiento preventivo de la planta, asignando responsabilidades a cada nivel y proporcionando los materiales y herramientas necesarias. Esta programación contendrá un calendario o cronograma de actividades.

Las acciones de mantenimiento Preventivo las planifica el Jefe de Operación y Mantenimiento y las realizará el grupo de operadores.

Durante las actividades de Mantenimiento Preventivo se deberá observar el entorno ambiental y registrar cualquier cambio que pueda afectar al cuerpo receptor de las aguas tratadas. Un ejemplo es la vigilancia de que no se produzca socavación en el sitio de descarga, etc. Cualquier observación será anotada por el responsable de la ejecución del mantenimiento preventivo y comunicada a la Dirección de Agua potable y Alcantarillado.

El personal responsable de las actividades del mantenimiento preventivo recibirá capacitación inicial, seguida de talleres periódicos de actualización. Las acciones del mantenimiento preventivo constan en el presente Manual y servirán de consulta permanente al planificar el mantenimiento preventivo.

5.2.4 Mantenimiento Correctivo (MC)

Definición:

Consiste en las reparaciones que se ejecutan para corregir cualquier daño que se produzca en la planta de tratamiento y que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. Aparte de esto el deterioro normal de los diferentes elementos de los sistemas ocasiona la necesidad de efectuar reparaciones mayores o la reposición de algunas tuberías o equipos determinados.

En base a los resultados del mantenimiento preventivo, el Jefe de Operación y Mantenimiento identifica las actividades de mantenimiento correctivo que se necesite realizar en la planta de tratamiento.

Seguidamente se estimarán los materiales, equipos, etc. que serán necesarios y se planificará las fechas para su ejecución, con el personal que deba realizar dichas actividades. Los niveles de ejecución pueden ser los siguientes:

- El operador
- El operador y Jefe de Operación y Mantenimiento
- Apoyo del Ilustre Municipio de Shushufindi
- Contratación de servicios especializados

5.2.5 Mantenimiento de Emergencia

Definición:

Es aquel que se realiza cuando el sistema o equipos han sufrido daños por causas imprevistas y requieren solución inmediata.

Responsabilidades:

Según los daños identificados, la Dirección de Agua potable y Alcantarillado en coordinación con el Ilustre Municipio del Cantón Lago Agrio, planificarán las acciones necesarias para efectuar las reparaciones a que haber lugar, con el fin de restablecer el servicio normal en el menor tiempo posible. Dependiendo de la magnitud de los daños, podrá requerirse la colaboración de otras instituciones locales y/o seccionales.

5.3 Rol de jefe de servicios y operador.

A continuación se presenta una síntesis del rol que desempeña tanto el Jefe de Operación y Mantenimiento como el o los operadores de la planta de tratamiento de aguas servidas.

5.3.1 Funciones del jefe de operación y mantenimiento

Sus funciones principales a parte de las contraídas con el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas son:

- Organizar las actividades de la Jefatura a su responsabilidad.
- Cooperar con la organización y el control de la participación de la ciudadanía y de las comunidades involucradas, en donde el Ilustre Municipio tiene su accionar.
- Coordinar las actividades de administración, operación y mantenimiento, para lo cual es fundamental su participación en las siguientes actividades:
 - a) La programación anual de los trabajos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento del alcantarillado sanitario.
 - b) La elaboración de un registro detallado y los planos actualizados de todas las unidades de la Planta de Tratamiento. En estos deberán constar los cambios, modificaciones y ampliaciones que se lleve a cabo.
 - c) Conformación y actualización del catastro de usuarios.
 - d) Coordinar el cumplimiento de las actividades de operación y mantenimiento por parte de los operadores.
 - e) Ejecutar el Plan de Operación y Mantenimiento de acuerdo a la programación de las visitas calendarizadas a la planta de tratamiento.
 - g) Determinar la tarifa mensual de cobro de tratamiento de aguas servidas en base al consumo de agua potable según lo establecido.

- h) Asesorar en forma permanente al personal que trabaja bajo su responsabilidad y a sus elementos de apoyo.
- l) Ejecutar el plan de monitoreo de la calidad de agua en el cuerpo receptor.
- j) Realizar las actividades de vigilancia ambiental.

5.3.2 Funciones de los operadores

Sus funciones principales son:

- Operar y mantener correctamente el sistema en general de redes y pozos de revisión así como las unidades de tratamiento de aguas servidas y descarga, pues es el único responsable ante el Gobierno Municipal.
- Presentar mensualmente al Jefe de Operación y Mantenimiento los trabajos efectuados de operación y mantenimiento realizados en los formularios correspondientes.
- Comunicar al Jefe de Operación y Mantenimiento las necesidades de adquisición de materiales y herramientas.
- Informar al Jefe de Operación y Mantenimiento de los problemas existentes.
- Notificar a los usuarios morosos el pago de sus tarifas.

5.4 Componentes de la planta de tratamiento sanitario:

Operación y Mantenimiento:

5.4.1 Descarga de redes de recolección

a. Definición

Se denomina Descarga de Redes de Recolección a las tuberías instaladas en la vía pública y tiene la finalidad de evacuar las aguas servidas de los diferentes usuarios (domicilios) y transportarlas hasta la planta de tratamiento para su purificación previo a la descarga al cuerpo receptor.

b. Operación y Mantenimiento:

La operación y mantenimiento de la Descarga de Redes de Recolección a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas corresponde prácticamente a labores de inspección de la red, y evitar que se produzcan obstrucciones en la tubería, para lo cual se recomiendan las siguientes acciones:

Tabla 5.1.: Operación y Mantenimiento de la Descarga de Redes de Recolección a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE EJECUTABLE	ACTIVIDADES
Diaria	1 h.	Operador	<p>Inspeccionar la red de alcantarillado y verificar si no existen circunstancias anormales</p> <p>Se pondrá especial énfasis en los tramos de baja pendiente y cabeceras de tuberías.</p> <p>Limpiar la rejilla del pozo de llegada, retirar todo tipo de basura que pueda obstruir la normal llegada de las aguas a tratarse</p>
Trimestral	1 d.	Operador	<p>Efectuar una limpieza de la red en el tramo de llegada, utilizando el apoyo del personal, dejando correr agua por un lapso de 10 a 20 minutos, dependiendo de la cantidad de sedimentos que se vean salir.</p>

Anual	1 d.	Operador	<p>Efectuar una limpieza en los últimos tramos de la red, con apoyo del personal, utilizando todos los medios necesarios, dejando correr agua por un lapso de 10 a 20 minutos, dependiendo de la cantidad de sedimentos que se vean salir. Al final hay que verificar que no se encuentren depósitos.</p> <p>Adicionalmente se tiene que comprobar que no existan taponamientos o asentamientos, y lo que se encuentre en condiciones inadecuadas hay que proceder a reparar.</p>
Cada 3 años		Cuadrilla de Operadores	<p>Realizar el mantenimiento anual y en todos los tramos que se requiera ejecutar reparaciones, se procederá, y se incluirá una reparación de los sitios deteriorados.</p>

Materiales Requeridos:

Equipo hidrosuccionador con sus respectivas herramientas como varillas, agua, cemento, tubería plástica, accesorios, pico, pala, machete, carretillas.

5.4.2 Conexiones Domiciliarias

a. Definición:

Para el presente manual, se definen las conexiones domiciliarias como las que corresponden a los tramos de tuberías instalados desde cada predio a los tramos finales de la red de recolección de aguas servidas, es decir a los tramos de descarga a la planta de tratamiento, puesto que el mantenimiento del resto de acometidas, es decir las que se encuentran en toda la red, corresponden a la operación y mantenimiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

b. Operación y Mantenimiento:

La operación y mantenimiento de las conexiones domiciliarias que descargan a la planta de tratamiento de aguas servidas corresponde prácticamente a labores de inspección, y evitar que se produzcan obstrucciones en las tuberías, para lo cual se recomiendan las siguientes acciones:

Tabla 5.2.: Operación y Mantenimiento de las conexiones domiciliarias que descargan a la planta de tratamiento de aguas servidas.

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE EJECUTABLE	ACTIVIDADES
Anual	1 d.	Operadores	Efectuar una revisión de las conexiones domiciliarias, sobre todo limpieza en las cajas de revisión, y por muestreo se

			revisarán las instalaciones internas de las viviendas, con el fin de verificar que no existan fugas y conexiones ilícitas de aguas pluviales a la red de alcantarillado sanitario.
--	--	--	--

Materiales Requeridos:

Herramientas menores e implementos de albañilería.

5.4.3 Pozos de revisión

a. Definición:

Se denomina pozos de revisión a las unidades que se instalan donde se unen varias tuberías o hay cambios de dirección de las tuberías de recolección, y su función es permitir la inspección permanente de las redes alcantarillado y su mantenimiento.

b. Operación y Mantenimiento:

La operación y mantenimiento corresponde a labores de inspección de los pozos, y evitar que se produzcan obstrucciones en las tuberías, para lo cual se recomiendan las siguientes acciones:

Tabla 5.3.: Operación y Mantenimiento de los pozos.

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE EJECUTABLE	ACTIVIDADES
Diaria	½ h.	Operador	Inspeccionar las tapas de los pozos, comprobar que no existan roturas y prestar atención a quejas de usuarios.
Trimestral	1 d.	Operador	Efectuar una limpieza de los pozos y verificar que no existan depósitos, con apoyo del personal para extraer lodos u otros materiales sedimentados.
Anual	1 d.	Operador	Efectuar una limpieza general de los pozos. Adicionalmente a los que se encuentre en condiciones inadecuadas hay que proceder a reparar.
Cada 3 años		Cuadrilla de Operadores	Realizar el mantenimiento anual y todos los pozos que se requieran ejecutar reparaciones, se procederá.

Materiales Requeridos:

Equipo hidrosuccionador con sus respectivas herramientas como varillas, agua, cemento, tubería, accesorios, pico, pala, carretillas, machetes.

5.4.4 Planta de tratamiento de aguas servidas

a. Definición:

La planta de tratamiento de aguas servidas tiene por objeto evitar la contaminación de las aguas del cuerpo receptor, y por lo tanto disminuir el riesgo de afectar a la salud de la población. La planta de tratamiento reducirá la carga orgánica y los patógenos previos a su descarga.

La planta de tratamiento estará compuesta por una unidad de entrada que corresponde a un pozo de revisión con una rejilla para evitar la entrada de partículas mayores a 2" y pasa a la unidad de decantación, las cuales tienen por objeto permitir la sedimentación de los sólidos y remover la materia flotante permitiendo pasar a los pantanos artificiales solamente líquido, pero con una alta carga orgánica.

Los pantanos artificiales consisten en dos unidades compuestas de una cámara a la cual ingresa el agua por su parte superior por un sistema de tuberías y atraviesa unas capas de áridos como se indica en los planos, es en estas capas donde se forman las colonias de microorganismos anaerobios, los cuales para su ciclo de vida toman la materia orgánica del agua transformándola en elementos simples, y es así que el agua que sale por la parte inferior del pantano con una mínima carga orgánica, los microorganismos patógenos y la DBO se remueve en porcentajes mayores a 90 %.

El agua así tratada es descargada al cuerpo receptor (Estero), a través de una tubería y un cajón que evita que se produzca erosión en la orilla del estero.

b. Operación y Mantenimiento:

La operación y mantenimiento corresponde a labores de inspección y limpieza de las diferentes unidades y evitar que se produzcan obstrucciones, para lo cual se recomiendan las siguientes acciones:

Tabla 5.4.: Operación y Mantenimiento de diferentes unidades de la planta de tratamiento de aguas servidas.

Rejilla

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE EJECUTABLE	ACTIVIDADES
Diaria	15 min.	Operador	Inspeccionar la rejilla en el pozo de llegada y limpiarla de toda materia flotante o no que se encuentre retenida, la cual debe enterrarse, en lo posible en el relleno sanitario.
Anual	1 d.	Operador	Proceder a una limpieza de materiales y materia orgánica que se haya acumulado, limpiar con chorro de agua y reparación de las partes deterioradas. Adicionalmente se limpiarán todas las cajas de interconexión incluyendo su lavado y los que se encuentre en condiciones inadecuadas hay que proceder a reparar. Se pintaran con pintura anticorrosiva todas las partes

			metálicas.
Cada 3 años		Operadores	Realizar el mantenimiento anual y revisar tuberías, ejecutar reparaciones, requeridas.

Decantadores

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE EJECUTABLE	ACTIVIDADES
Diaria	5 min.	Operador	Inspeccionar las unidades y verificar que no exista nada fuera de lo común, que existe un normal ingreso de agua a la unidad y que no existan fugas.
Anual	1 d.	Operador	<p>Proceder a una limpieza de materiales y materia orgánica que se haya acumulado en el fondo de las cámaras se puede limpiar manualmente, y luego se debe limpiar con chorro de agua y reparación de las partes deterioradas.</p> <p>Adicionalmente se limpiarán todas las cajas de interconexión incluyendo su lavado y los que se encuentre en condiciones inadecuadas hay que proceder a reparar.</p>

			<p>Se deberá pintar con pintura anticorrosiva todas las partes metálicas.</p> <p>Es importante que no se utilice ningún detergente o desinfectante en el lavado de la unidad, pues se eliminan los microorganismos que permiten el tratamiento.</p>
Cada 3 años		Operadores	Realizar el mantenimiento anual y ejecutar reparaciones requeridas.
Cada 5 años, o cuando se requiera		Operadores	<p>Proceder con el retiro de los lodos con la ayuda del equipo Hidrosuccionador, estos lodos serán depositados en los lechos de secado.</p>

Lagunas

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE EJECUTABLE	ACTIVIDADES
Diaria	5 min.	Operador	Inspeccionar la unidad y verificar que no exista nada fuera de lo común, que existe un normal ingreso de agua a la unidad.
Anual	1 d.	Operador	Proceder a una limpieza de materiales y materia orgánica que se haya acumulado sobre el lecho de arena, se

		<p>debe sacar lo acumulado y luego se debe limpiar con chorro de agua y reparación de las partes deterioradas.</p> <p>Adicionalmente se limpiarán todas las cajas de interconexión incluyendo su lavado y los que se encuentre en condiciones inadecuadas hay que proceder a reparar.</p> <p>Se deberá pintar con pintura anticorrosiva todas las partes metálicas.</p>
		<p>Si se lograra verificar que una o más tuberías se encuentran taponadas, se deberá proceder a retirar el tapón de registro ubicado en el extremo de la línea, y destapar la tubería con un chorro de agua a presión.</p> <p>Se deberá usar solamente agua, sin ningún desinfectante o diluyente, puesto que el uso de estos elimina los microorganismos que permiten el tratamiento.</p>
Cada 3 años	Operadores	Realizar el mantenimiento anual y ejecutar reparaciones mayores requeridas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El nivel actual de desarrollo poblacional del cantón Lago Agrio es grande, por esta razón se exige la implementación de nuevos sistemas de depuración para las aguas residuales, para reducir los impactos sobre los medios receptores.
- Estos sistemas deberán cumplir con parámetros de diseño que permitan tratar las aguas y, cumplan con las normas de calidad de vertidos dados en el TULAS y, de esta manera preservar la calidad ambiental de los cuerpos receptores (esteros y ríos).
- En el caso particular de las plantas existentes, las características físico – químicas y bacteriológicas de las aguas analizadas, indican que son de mediana contaminación y que de acuerdo a los caudales a tratarse en cada una de ellas, los procesos de tratamiento son los más adecuados
- En el proceso de sedimentación (tanque séptico) presenta eficiencias de remoción de cargas orgánicas de acuerdo a las enunciadas en la bibliografía, sin embargo, el afluente prácticamente no remueve coliformes fecales pudiéndose apreciar en algunos que inclusive aumenta el número de colonias
- En el tanque séptico se obtuvo un tiempo de residencia de 7 horas para una población servida de 950 habitantes y, para la población de diseño

esta se verá disminuida razón por la cual se prevé que de mantenerse el actual tanque este no funcionara correctamente., Se justificaría construir un nuevo tanque que trabaje en paralelo y, de esta manera mantener las eficiencias de remoción de cargas orgánicas y sólidos

- Se necesita un periodo de desenlode de 1,5 años para la limpieza de lodos, para que los lodos no se a colmaten y para que la planta funcione bien.
- En el filtro anaerobio no cumple con el material granular ya que dice que el máximo del material filtrante debe ser de 2,5 cm a 7,5 cm, por tal motivo se recomienda mejor colocar seditubos para que trabaje mejor la planta de tratamiento.
- Como la estabilización anaeróbica proporciona a las células poca energía, su crecimiento es relativamente bajo. De esta forma la producción de lodos es mucho menor que en el caso aeróbico, y con mayor sencillez es su operación y mantenimiento.
- Los requerimientos de nutrientes en el proceso anaeróbico son mucho menores que en el aeróbico, permitiéndose una mayor cobertura de aplicabilidad práctica de estos sistemas.
- Como no es necesaria la aeración, los costos operativos son mucho menores así como los de mantenimiento.
- Una desventaja del sistema anaeróbico, estriba en la producción potencial de malos olores, especialmente en épocas de cambios bruscos de clima. Esta desventaja puede controlarse, con diseño adecuado de sistemas de cerramiento de tanques, control operacional

del pH, y ubicación adecuada de la estación depuradora con respecto a núcleos poblacionales.

- Otra desventaja comparativa con relación al proceso aeróbico consiste en su menor eficiencia sanitaria (en términos de remoción de DBO, DQO, por ejemplo), situación que obliga a veces a combinar el tratamiento con otros procesos, para alcanzar los límites de vertido establecidos por las normas de calidad.
- El sistema de tratamiento por lagunaje no requiere altos costos de explotación y mantenimiento a corto plazo comparado con el sistema de tratamiento de agua residuales que se está empleando actualmente en casi toda el cantón, las necesidades de mano de obra pueden ser solventadas por un pequeño grupo de trabajadores del mismo municipio.
- Las necesidades de energía son mínimas.
- Los rendimientos en la eliminación de materia orgánica, DBO5, DQO y sólidos en suspensión en las lagunas facultativas son aceptables.
- Es un proceso natural o casi natural, que puede ser implementado con relativa facilidad en el cantón para las descargas de las aguas residuales.
- Los resultados arrojados de las características físico químicas de dichas aguas tratadas son aceptables para el riego y recreación pero no son aceptables para el consumo humano.

6.2 RECOMENDACIONES

- El tanque séptico debe ser completamente hermético, del material no corrosivo.
- El relleno alrededor del tanque debe hacerse en capas delgadas bien apisonadas.
- El tanque debe tener acceso adecuado para mantenimiento y limpieza, y las unidades de entrada y de salida deben ser fácilmente accesibles.
- Se recomiendan bocas de inspección de tamaño mayor a los 50 cm.
- El tanque séptico debe limpiarse cuando la capa de natas se extienda a menos de 7,5 cm desde el borde inferior de la pantalla o unidad de salida, o cuando el manto de lodos tiene un espesor mayor del 40% de la profundidad del líquido en el tanque.
- Se recomienda cambiar el material filtrante de los filtros anaerobios por seditubos para mayor eficiencia de la planta de tratamiento y para los cuerpos receptores.
- Además se recomienda realizar la limpieza y mantenimiento de todas las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- De los datos obtenidos se puede decir que las aguas que entran son aguas diluidas por el bajo contenido de DBO y de colonias como la *Escherichia.coli*

BIBLIOGRAFÍA

- Bustos F (2001). Manual de Gestión y Control Medioambiental, N.R. Industria Grafica. Ecuador.
- Collado Lara Ramón (1992). Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades. Colección Senior N° 12. Impreso en España. Pág.: 128.
- Corbit R. (2003), Manual de Referencia de Ingeniería Medioambiental. Mack Graw – Hill. España.
- Cosculluela Antonio (1947) Ingeniería Sanitaria Apuntes de clase. Tomo II. Imprenta Universidad de la Habana. La Habana, Cuba.
- Crites & Tchobanoglous. Mc Graw Hill (2000) Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Tomo: I, II, III. Editorial, Emma Ariza H. Bogotá, Colombia. Pág.: 1043
- Fair & Geyer. (2002) Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas residuales. Volumen II. Editorial Limusa, S.A. Pág.: 764.
- Henry Glynn; Heinke Garcy (1996). Ingeniería Ambiental, Editorial McGraw – Hill, Segunda Edición, México DF.
- Mackenzie D & Mastern S. (2005). Ingeniería y ciencias Ambientales. Editorial McGraw – Hill, México.
- Metcalf & Eddy, INC. (1979) Wastewater engineering: Treatment disp. Sal reuse. Second Edition.

- Romero Rojas Jairo Alberto (2000) Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño. Edición Primera. Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia. Pág.: 1232.
- Sans Ramon; Rivas Joan (1999). Ingeniería Ambiental Contaminación y Tratamientos, Editorial Alfaomega S.A, México DF.
- Yáñez Cossío Fabián (1993) Lagunas de Estabilización: Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento. Casilla 297, Cuenca, Ecuador. Pág.: 436.

ANEXO A

MAPA

A1. Mapa hidrográfico de la provincia de Sucumbios.





ANEXO B

PLUVIOMETRIA Y

TEMPERATURA

INAMI

B1

REGISTRO HISTORICO DE TEMPERATURA MEDIA EN °C																
AEROPUERTO "LAGO AGRIO"																
NUEVA LOJA																
LATITUD 00°52.1'N					LONGITUD 76°52.1'W							ELEVACION 299 MTS				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ST	Prom	Mx.Ab	Mn.Ab
1981	206,8	449,4	279,8	439,4	375,3	142,5	296,7	194,1	251,0	251,1	175,2	242,5	3303,8	275,3	449,4	142,5
1982	138,9	75,5	105,0	99,1	93,9	191,1	256,6	173,9	296,7	347,1	503,1	123,8	2404,7	200,4	503,1	75,5
1983	234,0	219,1	213,6	430,4	414,4	227,4	276,3	165,2	263,9	493,8	256,5	304,4	3499,0	291,6	493,8	165,2
1984	223,9	386,1	176,9	335,2	324,1	287,8	357,9	225,6	258,7	156,0	329,8	206,0	3268,0	272,3	386,1	156,0
1985	87,0	147,7	183,8	288,8	181,3	417,7	268,1	372,4	282,3	256,9	414,8	118,6	3019,4	251,6	417,7	87,0
1986	60,9	111,1	458,2	199,4	398,6	283,8	323,4	220,7	333,7	407,7	303,4	172,4	3273,3	272,8	458,2	60,9
1987	257,7	203,7	402,1	297,1	253,4	271,8	396,1	194,9	251,1	181,4	192,2	299,4	3200,9	266,7	402,1	181,4
1988	97,7	319,7	242,1	429,6	452,5	408,9	255,0	126,6	221,6	262,2	657,1	272,8	3745,8	312,2	657,1	97,7
1989	193,5	193,2	571,0	335,5	476,2	374,1	292,0	235,2	204,7	397,4	201,9	58,7	3533,4	294,5	571,0	58,7
1990	266,4	201,8	459,8	371,4	480,2	431,7	215,3	274,1	220,9	535,5	288,2	432,3	4177,6	348,1	535,5	201,8
1991	95,1	222,1	385,2	379,6	270,6	435,3	312,0	61,9	223,1	282,9	367,1	210,5	3245,4	270,5	435,3	61,9
1992	84,1	101,6	300,0	270,9	330,2	284,7	306,8	361,3	313,8	399,6	549,0	352,0	3654,0	304,5	549,0	84,1
1993	301,7	385,9	372,3	575,4	302,8	256,2	585,2	348,3	212,3	445,9	648,5	233,5	4668,0	389,0	648,5	212,3
1994	219,8	190,1	442,9	536,4	609,5	377,9	328,8	154,8	300,6	356,9	273,5	376,1	4167,3	347,3	609,5	154,8
1995	107,3	131,0	277,3	383,0	448,4	411,3	222,8	176,8	260,1	259,3	305,3	235,0	3217,6	268,1	448,4	107,3
1996	496,6	494,1	250,8	465,0	316,6	311,2	215,7	210,4	141,7	268,0	185,9	339,3	3695,3	307,9	496,6	141,7
1997	181,2	327,2	308,4	389,5	621,4	175,5	223,4	187,2	225,3	313,5	225,2	213,1	3390,9	282,6	621,4	175,5
1998	200,9	73,9	317,8	410,1	373,6	431,5	200,4	162,9	226,3	297,6	429,3	194,1	3124,3	260,4	431,5	73,9
1999	234,0	356,5	308,9	466,2	190,3	363,1	227,8	147,2	256,2	342,1	321,0	403,9	3617,2	301,4	466,2	147,2
2000	344,9	290,7	178,1	267,5	472,4	416,3	295,3	363,7	390,8	140,5	158,7	162,9	3481,8	290,2	472,4	140,5
2001	144,3	126,9	264,1	289,2	451,4	349,4	173,6	153,4	183,8	175,6	182,1	360,9	2854,7	237,9	451,4	126,9
2002	120,9	154,0	453,8	253,9	297,2	272,3	237,9	240,6	61,3	371,1	371,2	213,4	3047,6	254,0	453,8	61,3
2003	192,0	266,8	305,0	320,5	518,0	309,5	149,3	248,4	207,0	439,4	343,9	309,4	3609,2	300,8	518,0	149,3
2004	119,8	88,2	315,7	556,9	577,6	336,9	461,1	318,5	355,2	171,7	297,5	307,3	3906,4	325,5	577,6	88,2
2005	199,3	359,3	358,8	485,8	493,9	258,6	197,6	255,9	150,8	431,2	251,4	371,1	3813,7	317,8	493,9	150,8
2006	199,7	325,9	321,2	414,9	195,4	259,1	225,7	242,8	116,1	213,2	411,6	461,9	3387,5	282,3	461,9	116,1
2007	282,2	53,1	251,6	358,5	241,1	365,0	556,8	220,2	292,8	335,9	312,5	468,5	3738,2	311,5	556,8	53,1
2008	394,3	347,7	352,1	254,9	366,2	585,5	217,3	320,0	330,0	255,7	270,9	217,9	3912,5	326,0	585,5	217,3
2009	431,6	319,8	395,9	429,3	311,3	256,7	244,3	177,2	137,8	303,3	365,7	201,3	3574,2	297,9	431,6	137,8
S.T	6116,5	6922,1	9252,2	10733,4	10837,8	9492,8	8319,2	6534,2	6969,6	9092,5	9592,5	7863,0	101531,7	8461,0	14583,3	3626,7
Prom	210,9	238,7	319,0	370,1	373,7	327,3	286,9	225,3	240,3	313,5	330,8	271,1	3501,1	291,8	502,9	125,1
Max	496,6	494,1	571,0	575,4	621,4	585,5	585,2	372,4	390,8	535,5	657,1	468,5	4668,0	389,0	657,1	217,3
Min	60,9	53,1	105,0	99,1	93,9	142,5	149,3	61,9	61,3	140,5	158,7	58,7	2404,7	200,4	386,1	53,1
INAMHI																

B2

REGISTRO HISTORICO DE TEMPERATURA MEDIA EN °C																
AEROPUERTO "LAGO AGRIO"																
NUEVA LOJA																
LATITUD 00°52.1'N					LONGITUD 76°52.1'W					ELEVACION 299 MTS						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ST	Prom	Mx.Ab	Mn.Ab
1981	27,5	25,1	26,8	26,3	25,4	24,9	23,9	25,8	26,2	26,5	26,6	26,8	311,8	26,0	27,5	23,9
1982	26,1	25,4	25,3	25,6	25,6	25,4	24,6	26,2	26,1	25,9	26,3	26,3	308,8	25,7	26,3	24,6
1983	26,9	27,4	27,3	26,3	26,2	25,6	26,0	25,4	26,3	25,9	26,1	25,9	315,3	26,3	27,4	25,4
1984	26,3	24,8	26,3	25,5	26,0	25,1	24,5	24,9	25,6	26,9	26,6	26,8	309,3	25,8	26,9	24,5
1985	28,3	25,8	26,4	26,1	25,5	23,6	24,2	24,9	26,1	26,8	27,1	27,8	312,6	26,1	28,3	23,6
1986	26,5	26,0	25,4	26,6	25,7	24,3	23,2	25,6	25,4	26,1	26,7	26,6	308,1	25,7	26,7	23,2
1987	26,7	25,8	26,8	26,5	26,2	25,3	25,3	26,0	26,5	27,4	27,2	27,7	317,4	26,5	27,7	25,3
1988	27,3	26,6	27,1	25,9	25,3	24,8	24,7	26,4	26,7	26,7	26,6	26,8	314,9	26,2	27,3	24,7
1989	25,4	25,9	25,7	25,4	24,5	24,6	24,3	25,6	26,4	26,5	27,5	28,9	310,7	25,9	28,9	24,3
1990	26,9	26,6	25,9	26,3	25,8	25,0	24,5	25,7	27,0	27,3	26,5	26,3	313,8	26,2	27,3	24,5
1991	28,0	26,6	26,6	25,9	26,2	26,2	24,4	24,9	26,4	26,6	26,2	28,0	316,0	26,3	28,0	24,4
1992	28,0	28,0	26,3	26,5	26,5	25,3	24,1	25,2	26,5	26,7	26,7	26,2	316,0	26,3	28,0	24,1
1993	26,1	25,6	25,1	25,5	26,5	25,3	25,0	25,0	26,3	26,4	26,6	27,2	310,6	25,9	27,2	25,0
1994	27,3	26,1	25,2	25,6	25,3	24,6	24,7	25,1	26,1	26,8	27,1	26,7	310,6	25,9	27,3	24,6
1995	27,0	28,3	26,5	25,9	25,7	25,4	26,4	27,0	26,9	27,2	27,5	27,3	321,1	26,8	28,3	25,4
1996	26,5	25,7	26,0	26,2	25,6	24,7	24,9	26,0	27,1	26,6	27,5	26,8	313,6	26,1	27,5	24,7
1997	27,6	26,3	27,6	26,7	25,3	26,2	25,3	25,9	28,0	28,2	27,0	27,1	321,2	26,8	28,2	25,3
1998	26,6	28,3	26,9	27,1	26,6	25,0	25,4	27,1	27,5	27,2	27,4	27,8	322,9	26,9	28,3	25,0
1999	26,6	25,7	26,7	25,3	25,3	25,0	25,0	26,1	27,2	26,5	27,4	26,8	313,6	26,1	27,4	25,0
2000	27,3	26,7	26,5	25,4	25,4	25,3	24,7	25,4	26,3	26,9	28,1	26,7	314,7	26,2	28,1	24,7
2001	26,6	26,6	25,5	26,2	25,8	24,7	25,6	25,4	26,8	28,1	27,1	26,7	315,1	26,3	28,1	24,7
2002	28,0	27,0	26,1	26,5	25,9	25,5	25,5	25,8	27,6	26,8	26,5	27,5	318,7	26,6	28,0	25,5
2003	27,4	26,3	25,5	26,0	25,1	25,8	24,8	25,4	26,0	26,9	26,9	26,4	312,5	26,0	27,4	24,8
2004	28,4	27,4	25,8	26,2	25,5	24,8	25,0	25,5	25,9	26,7	26,8	26,9	314,9	26,2	28,4	24,8
2005	27,4	26,6	26,2	25,8	26,1	25,6	25,3	26,2	26,3	26,5	27,3	26,7	316,0	26,3	27,4	25,3
2006	26,1	26,5	25,6	25,8	25,2	25,2	25,5	25,8	26,6	27,1	25,9	25,5	310,8	25,9	27,1	25,2
2007	26,8	28,1	25,3	25,9	25,6	24,2	25,6	26,0	25,9	26,5	26,6	26,5	313,0	26,1	28,1	24,2
2008	26,0	25,1	25,6	26,1	24,8	24,4	24,7	26,2	25,6	26,8	26,4	27,2	308,9	25,7	27,2	24,4
2009	25,6	25,8	25,3	25,3	25,9	24,9	25,4	26,4	27,3	27,5	27,7	27,2	314,3	26,2	27,7	24,9
S.T	781,2	766,1	757,3	754,4	744,5	726,7	722,5	746,9	768,6	778,0	779,9	781,1	9107,2	758,9	802,0	716,0
Prom	26,9	26,4	26,1	26,0	25,7	25,1	24,9	25,8	26,5	26,8	26,9	26,9	314,0	26,2	27,7	24,7
Max	28,4	28,3	27,6	27,1	26,6	26,2	26,4	27,1	28,0	28,2	28,1	28,9	322,9	26,9	28,9	25,5
Min	25,4	24,8	25,1	25,3	24,5	23,6	23,2	24,9	25,4	25,9	25,9	25,5	308,1	25,7	26,3	23,2
INAMHI																

ANEXO C

ANALISIS DE

AGUA

C1



Recibido
18 AGO. 2010
Amor y 17



EL ECUADOR HA SIDO, ES
Y SERÁ PAÍS AMAZÓNICO

	INFORME DE ENSAYO IE N° 10 367	Código:	F-01-PG-LABPAM-5.10
		Fecha de vigencia:	2010-07-01
		Revisión:	00

Laboratorio Ambiental (LABPAM)

Nueva Loja, Km 1 vía al Coca, Campamento de Petroproducción, Sucumbios - Ecuador. Ext. 4560, 4713

1. DESCRIPCIONES GENERALES

Fecha de toma de muestras:	2010-08-02	Peticionario:	Dip. Ing. Gabriel Ortiz.
Fecha de recepción de muestras:	2010-08-03	Cargo:	Director Dpto. AA, PP y Alcantarillado.
Periodo de Análisis:	2010-08-04 hasta 2010-08-09	Documento:	Oficio N° 71-Dpto. AA, PP y Alcantarillado.
Fecha de Emisión:	2010-08-16	Solicitud de Servicio No.	10-286.

2. DATOS DE LA TOMA DE MUESTRAS

Matriz/Envase de muestras:	Aguas (recolectadas en botellas de vidrio ámbar, transportados en frío.)		
Recolectadas por:	LABPAM: Sra. Neisy García (Rol. 93156)		
Método de toma de muestra:	IT-01-PG-LABPAM-5		
Personas presentes:	LABPAM: Sra. Neisy García (Rol. 93156); Representantes del Municipio de Lago Agrio: Ing. Edwin Piruch, Srta. Daysi Mendoza		
Lugar de toma de Muestras:	Campo Lago Agrio - Barrios: Gustavo Andrade, El Cañaveral y Laguna de San Vicente.		
Objetivo de la toma de muestras:	Verificación de parámetros de aguas negras y grises de las plantas de tratamientos.		
Condiciones Ambientales:	Temperatura: 25 a 28 °C y Humedad Relativa: 60 a 66 %		
Hoja de Toma de Muestras No.	10-286.	Informe de Coordenadas No aplica.	
Receptadas por:	LABPAM: Lcdo. Spartaco Endara (Rol. 93131)		

3. PARÁMETROS, METODOLOGÍA DE REFERENCIA Y LÍMITES PERMISIBLES

Parámetro	Expresado como	Unidad	Procedimiento de referencia ⁽¹⁾⁽²⁾
Potencial de Hidrógeno	pH	u de pH	PA-LABPAM-01
Conductividad Eléctrica	CE	µS/cm	PA-LABPAM-02
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	PA-LABPAM-04
Turbidez	-	UTN	PA-LABPAM-25
Alcalinidad	CaCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-23
Dureza total	CaCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-24
Dureza Cálcica	CaCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-07
Dureza Magnésica	MgCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-07
Cloro	Cl ₂	mg/l	PA-LABPAM-10
Cloruros	Cl	mg/l	PA-LABPAM-32
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	PA-LABPAM-39
Nitros	NO ₂ ⁻	mg/l	PA-LABPAM-34
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	PA-LABPAM-33
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	mg/l	PA-LABPAM-38
Hierro	Fe	mg/l	PA-LABPAM-07
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	PA-LABPAM-03
Coliformes Totales	Col	col/100ml	Millipore ColiCount
Aerobios	Col	col/1ml	Millipore Total Count
Hongos y Levaduras	Col	col/100ml	Millipore Yeast & Mold Tester
Coliformes Fecales	Col	col/100ml	Millipore Total Countout
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	PA-LABPAM-37

(1) Físico Químico + Microbiológicos

(2) Los criterios de aplicación de legal (parámetros, límites) son de responsabilidad del Director Dpto. AA, PP y Alcantarillado: Dip. Ing. Gabriel Ortiz.

5. IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Código de Campo	Código LABPAM	Matriz	Descripción (Según Hoja de toma de Muestras)
NG-A-1	A1008-01	Agua	Muestra tomada en la planta de tratamiento de la Laguna de San Vicente al ingreso de las aguas negras hacia la laguna.
NG-A-2	A1008-02	Agua	Muestra tomada en la Laguna de San Vicente, donde se encuentran los filtros de tratamientos.
NG-A-3	A1008-03	Agua	Muestra tomada en la Laguna de San Vicente en la descarga de la laguna hacia el río aguas negras.
NG-A-4	A1008-04	Agua	Muestra tomada a la entrada de las aguas negras al sur del Barrio Gustavo Andrade hacia la planta de tratamiento.
NG-A-5	A1008-05	Agua	Muestra tomada a la salida del agua hacia la laguna ya pasada por filtros sin sedimentos.
NG-A-6	A1008-06	Agua	Muestra tomada a la salida de las aguas negras hacia el estero de las bombas de tlexaco, aguas ya tratadas.
NG-A-7	A1008-07	Agua	Muestra tomada a la entrada de las aguas negras del piscina séptico del Barrio Cañaveral.
NG-A-8	A1008-08	Agua	Muestra tomada en la fosa séptica en la descarga al ambiente, aguas tratadas.

Pág. 1 de 2

Av. De los Shyris N° 34-382 y Portugal • Teléfono: 2465-758 • www.petroproduccion.com.ec • Fax: 2449-000
Av. 6 de Diciembre 4226 y Gaspar Cañero • Teléfonos: 2440-333 hasta 2440-342 • apartado postal: 17-01-1006
Cable: PEPRO • Telex 22225 ED • Quito - Ecuador S.A.

5. IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Parámetro	Unidad	A1008-001	A1008-002	A1008-003	A1008-004	A1008-005	A1008-006	A1008-007	A1008-008
pH	u de pH	6,3	6,33	6,5	6,73	7,01	7,05	6,53	6,67
CE	µS/cm	202	125	154	49	385	583	246	247
DQO	mg/l	57	31	23	116	4	17	18	14
Turbidez	UTN	100	85	36	85	19	8	90	30
Alcalinidad	mg/l	107	54	59	176	26	201	113	109
Dureza total	mg/l	176	94	76	138	59	142	138	112
Dureza Cálcica	mg/l	46	42	50	52	22	137	69	75
Dureza Magnésica	mg/l	130	52	26	86	37	5	69	37
Cloro	mg/l	0,4	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	<0,03
Cloruro	mg/l	20	17	15	40	10	38	20	25
Sulfatos	mg/l	<5	8	6	28	9	24	10	7
Nitritos	mg/l	0,013	0,006	0,294	0,159	0,003	0,848	0,003	0,119
Nitratos	mg/l	7,48	7,48	13,64	14,96	7,48	6,16	6,16	3,08
Fosfatos	mg/l	1,62	0,81	0,58	11,25	0,35	9	2,74	0,95
Hierro	mg/l	7,5	4,5	2,06	0,37	0,2	0,08	9,25	2,38
Color	PtCo	174	148	38	197	47	98	287	67
Coliformes Totales	col/100ml	20000	2800	1200	100	100	1500	2100	200
Aerobios	col/1ml	<100	<100	168	<100	<100	420	558	336
Hongos y Levaduras	col/100ml	<100	80000	2000	200000	<100	<100	13000	260000
Coliformes Fecales	col/100ml	200	100	<100	<100	<100	<100	100	<100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	32	20	8	10	5	10	9	4

6. DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS.

Parámetro	Expresado como	Rango Validado	Límite de	Límite de Cuantificación	Incertidumbre +/- U (K=2)
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	17-150	5	17	8,0 mg/L
Potencial Hidrógeno	upH	4-10	4,16	4,54	2,5 (%)
Conductividad Eléctrica	µS/cm	5-1005	5,2	5,67	20,10%
	uS/cm	1005-5000	5,2	1036,48	5,10%
Sólidos Totales	mg/L	25-2000	N/A	25	25%

7. FIRMAS Y RESPONSABLES



Dr. Lus Villacreses (Rol. 95428)
COORDINADOR DE LABORATORIO



Dr. Jofre Amendáriz (Rol. 93030)
RESPONSABLE TÉCNICO

Transcrito por: Sla Isabel Muñoz (C.I 2100519194)

Los resultados expresados en el presente Informe de Ensayo corresponden expresamente a las muestras analizadas. LAB-PAM garantiza al usuario interno resultados confiables y respaldo técnico con respecto a la información relacionada en el contenido de este Informe. Se mantiene reserva de los resultados obtenidos y su reproducción para los fines que EP-PETROECUADOR disponga y autorice.

C2



Recibido
13 SET. 2010
Mora 08:05
GJ



EL ECUADOR HA SIDO, ES Y SERÁ PAÍS AMAZÓNICO

	INFORME DE ENSAYO IE N° 10 388	Código:	F-01-PG-LABPAM-5.10
		Fecha de vigencia:	2010-07-01
		Revisión:	00

Laboratorio Ambiental (LABPAM)

Nueva Loja, Km 1 vía al Coca, Campamento de Petroproducción, Sucumbios - Ecuador. Ext. 4660, 4713

1. DESCRIPCIONES GENERALES

Fecha de toma de muestras:	2010-08-26
Fecha de recepción de muestras:	2010-08-26
Periodo de Análisis:	2010-08-27 hasta 2010-09-02
Fecha de Emisión:	2010-09-10

Peticionario:	Dip. Ing. Gabriel Ortiz.
Cargo:	Director Dpto AA PP Y Alcantarillado.
Documento:	Oficio N° 77-Dpto. AA PP y Alcantarillado.
Solicitud de Servicio No.	10-308

2. DATOS DE LA TOMA DE MUESTRAS

Matriz/Envase de muestras:	Aguas (recolectadas en botellas de vidrio ámbar, transportados en frío.)		
Recolectadas por:	LABPAM: Sra. Neisy Garcia (Rol. 93156)		
Método de toma de muestra:	IT-01-PG-LABPAM-5		
Personas presentes:	LABPAM: Sra. Neisy Garcia (Rol. 93156); Representantes del Municipio de Lago Agrio: Ing. Edwin Piruch (C.I. 140034165-5)		
Lugar de toma de Muestras:	Campo Lago Agrio - Barrios: La Pampa y Amazonas.		
Objetivo de la toma de muestras:	Verificación de parámetros de aguas negras y grises de la planta de tratamiento.		
Condiciones Ambientales:	Temperatura: 35 °C y Humedad Relativa: 49 %		
Hoja de Toma de Muestras No.	10-308.	Informe de Coordenadas No aplica.	
Receptadas por:	LABPAM: Dr. Jofre Armendáriz (Rol. 93030)		

3. PARÁMETROS, METODOLOGÍA DE REFERENCIA Y LÍMITES PERMISIBLES

Parámetro	Expresado como	Unidad	Procedimiento de referencia ⁽¹⁾⁽²⁾
Potencial de Hidrógeno	pH	u de pH	PA-LABPAM-01
Conductividad Eléctrica	CE	µS/cm	PA-LABPAM-02
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	PA-LABPAM-04
Turbidez	-	UTN	PA-LABPAM-25
Alcalinidad	CaCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-23
Dureza total	CaCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-24
Dureza Cálctica	CaCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-07
Dureza Magnésica	MgCO ₃	mg/l	PA-LABPAM-07
Cloruros	Cl	mg/l	PA-LABPAM-32
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	PA-LABPAM-39
Nitritos	NO ₂	mg/l	PA-LABPAM-34
Nitratos	NO ₃	mg/l	PA-LABPAM-33
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	mg/l	PA-LABPAM-38
Hierro	Fe ³⁺	mg/l	PA-LABPAM-07
Coliformes Totales	Col	col/100ml	Millipore ColiCount
Aerobios	Col	col/1ml	Millipore Total Count
Hongos y Levaduras	Col	col/100ml	Millipore Yeast & Mold Tester
Coliformes Fecales	Col	col/100ml	Millipore Total Count
Color	color real	Pl-Co	SM-2120B
Sólidos Totales	ST	mg/l	SM5220
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	PA-LABPAM-37

(1) Físico Químico + Microbiológicos

(2) Los criterios de aplicación de legal (parámetros, límites) son de responsabilidad del Director Dpto. AA PP. Y Alcantarillado: Dip. Ing. Gabriel Ortiz.

4. IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Código de Toma de Muestra	Código LABPAM	Matriz	Descripción (Según Hoja de toma de Muestras)
NG-A-1	A1008-025	Agua	Muestra tomada en el ingreso de las aguas negras a la cámara de tratamiento.
NG-A-2	A1008-026	Agua	Muestra tomada en la descarga de aguas negras y grises al Ambiente.

5. IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Parámetro	Unidad	A1008-025	A1008-026
pH	u de pH	6.63	7.09
Sólidos Totales	ST	502	370
CE	µS/cm	936	816
DQO	mg/l	147	98
Turbidez	UTN	123	77
Alcalinidad	mg/l	500	301
Dureza total	mg/l	1150	1360
Dureza Cálctica	mg/l	870	970
Dureza Magnésica	mg/l	280	390

Cloruro	mg/l	12	62
Sulfatos	mg/l	19	7
Nitritos	mg/l	0.010	0.056
Nitratos	mg/l	21,12	13,2
Fosfatos	mg/l	12	9
Hierro	mg/l	0,60	0,55
Color	PtCo	350	320
Coliformes Totales	col/100ml	79200	70400
Aerobios	col/1ml	<1	<1
Hongos y Levaduras	col/100ml	16500	7900
Coliformes Fecales	col/100ml	10000	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	125	45

6. DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS.

Parámetro	Expresado como	Rango Validado	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Incertidumbre +/- U (K=2)
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	17-150	5	17	8,0 mg/L
Potencial Hidrógeno	upH	4-10	4,16	4,54	2,5 (%)
Conductividad Eléctrica	uS/cm	5-1005	5,2	5,67	20,10%
	uS/cm	1005-5000	5,2	1036,48	5,10%
Sólidos Totales	mg/L	25-2000	No aplica	25	20%

7. FIRMAS Y RESPONSABLES


Dr. Luis Villacreses (Rol. 95428)
COORDINADOR DE LABORATORIO


Dr. Jaime Armendanz (Rol. 93030)
RESPONSABLE TECNICO

Transcrito por: Sta. Nelsy García (93156)

Los resultados expresados en el presente Informe de Ensayo corresponden expresamente a las muestras analizadas. LAB-PAM garantiza al usuario interno resultados confiables y respaldo técnico con respecto a la información relacionada a informe. Se mantiene reserva de los resultados obtenidos y su reproducción para los fines que EP PETROECUADOR disponga y autorice.

C3

TRAHISA
ANALISIS Y TRATAMIENTO DE AGUAS

ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

NUMERO DE LA MUESTRA		1	2	3	4
ORIGEN / FUENTE		1E	1S	1F	ESTERO
FECHA DE RECOLECCION		10-05-26	10-05-26	10-05-26	10-05-26
HORA DE RECOLECCION		08H00	08H10	08H15	08H20
FECHA DE ANALISIS		10-05-26	10-05-26	10-05-26	10-05-26

ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS	UNIDADES	CONCENTRACIONES			
TEMPERATURA	°C				
pH	Unidades	6,72	6,95	7,2	7,20
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm				
TURBIEDAD	U.N.T				
COLOR	Pt-Co				
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l				
SOLIDOS TOTALES	mg/l	235,00	330,00	337,00	165,00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l				
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	mg/l				
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	mg/l				
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l				
OXIGENO DISUELTO	mg/l				
DBO ₅	mg/l	33	118	129	143
DOO	mg/l	71,00	264,00	268,00	295,00
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃				
DUREZA CALCICA	mg/l CaCO ₃				
AMONIACO (N)	mg/l				
FOSFATOS	mg/l				
HIERRO TOTAL	mg/l				
MANGANESO	mg/l				
NITRITOS (N)	mg/l				
NITRATOS (N)	mg/l				
NITROGENO INORGANICO	mg/l				
NITROGENO TOTAL	mg/l				
GRASAS Y ACEITES	mg/l				
FENOLES	mg/l				
CLORO RESIDUAL TOTAL	mg/l				
DETERGENTES	mg/l				

ANALISIS MICROBIOLOGICO	UNIDADES				
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	9 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	7 x 10 ⁴	9 x 10 ⁴
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	9 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	7 x 10 ⁴	9 x 10 ⁴

OBSERVACIONES:

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SAN VICENTE

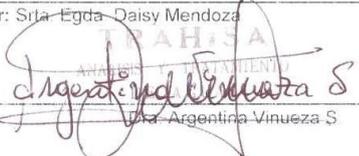
FUENTE: ESTERO AGUAS NEGRAS

Cantón: LAGO AGRIO

Provincia: SUCUMBIOS

Solicitado por: Srta. Egda. Daisy Mendoza

REALIZADO POR:


 Daniela Hidalgo Vinuesa S.
 Trahisa - Argentina Vinuesa S

C4

TRAHISA

ANALISIS Y TRATAMIENTO DE AGUAS

ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

NUMERO DE LA MUESTRA	5	6	7	8
ORIGEN / FUENTE	2E	2S	2F	ESTERO
FECHA DE RECOLECCION	10-05-26	10-05-26	10-05-26	10-05-26
HORA DE RECOLECCION	08H30	08H40	08H45	08H55
FECHA DE ANALISIS	10-05-26	10-05-26	10-05-26	10-05-26

ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS	UNIDADES	CONCENTRACIONES			
TEMPERATURA	°C				
pH	Unidades	7,20	7,20	7,4	7,40
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm				
TURBIDIDAD	U.N.T.				
COLOR	Pt-Co				
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l				
SOLIDOS TOTALES	mg/l	556,00	517,00	340,00	312,00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l				
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	mg/l				
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	mg/l				
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l				
OXIGENO DISUELTO	mg/l				
DBO ₅	mg/l	142	197	65	41
DOO	mg/l	276,00	399,00	121,00	114,00
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃				
DUREZA CALCICA	mg/l CaCO ₃				
AMONIACO (N)	mg/l				
FOSFATOS	mg/l				
HIERRO TOTAL	mg/l				
MANGANESO	mg/l				
NITRITOS (N)	mg/l				
NITRATOS (N)	mg/l				
NITROGENO INORGANICO	mg/l				
NITROGENO TOTAL	mg/l				
GRASAS Y ACEITES	mg/l				
FENOLES	mg/l				
COLOR RESIDUAL TOTAL	mg/l				
DETERGENTES	mg/l				

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	UNIDADES				
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	7 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	9 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	7 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	9 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴

OBSERVACIONES:

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO BARRIO GUSTAVO ANDRADE

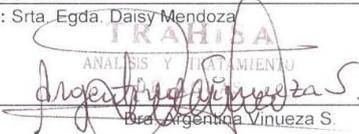
FUENTE: ESTERO BOMBA DE TEXACO

Cantón: LAGO AGRIO

Provincia: SUCUMBIOS

Solicitado por: Srta. Egda. Daisy Mendoza

REALIZADO POR:


 Daniel Hidalgo Vinuesa S.
 Bra. Argentina Vinuesa S.

ANEXO D

NORMAS Y

TABLAS

D1

Tabla 1.: Características físicas

Prueba	Abreviatura / definición	Uso o significado de los resultados
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento.
Sólidos suspendidos totales	SST	
Sólidos disueltos totales	SDT (ST - SST)	Estimar la reutilización potencial del agua residual.
Sólidos disueltos	SDV	
Sólidos sedimentables		Determinar aquellos sólidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico.
Turbiedad	UNT	Evaluar la calidad de agua residual tratada.
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la condición de agua residual (fresca o séptica).
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema.
Temperatura	°C O °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológicos.
Densidad	ρ	
Conductividad	CE	Estimar si el efluente tratado es apto para uno agrícola.

Fuente: McGraw – Hill S.A; Sistema de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados, 2000

Tabla 2.: Características químicas orgánicas

Prueba	Abreviatura / definición	Uso o significado de los resultados
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno a cinco días.	DBOC ₅	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo.
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno ultima	DBOU (DBO _u , L)	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo.
Demanda de oxígeno nitrogenácia	DON	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar biológicamente el nitrógeno amoniacal de un agua residual a nitratos.
Demanda química de oxígeno	DQO	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba de DBO.
Carbono orgánico total	COT	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba de DBO.
Compuestos y clases de compuestos orgánicos específicos		Determinar la presencia de compuestos orgánicos específicos y estimar la necesidad de medidas especiales en el diseño para su remoción.

Fuente: McGraw – Hill S.A; Sistema de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados, 2000

Tabla 3.: Características químicas inorgánicas.

Prueba	Abreviatura / definición	Uso o significado de los resultados
Amonio libre	NH_4^+	Usado como medida de nutrientes y para establecer el grado de descomposición del agua residual; las formas oxidadas pueden tomarse como una medida del grado de oxidación. Usado como medida de nutrientes.
Nitrógeno orgánico	N – org	
Nitritos	NO_2^-	
Nitratos	NO_3^-	
Fosforo total	FT	
Fosforo orgánico	P org	
pH	$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$	Medida de la acidez o basicidad de una solución oscura.
Alcalinidad	$\Sigma \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^- - \text{H}^+$	Medida de la capacidad amortiguadora del agua residual.
Cloruros	Cl^-	Evaluar la posibilidad de ser empleada en el uso agrícola.
Sulfatos	SO_4^-	Estimar la formación potencial de olores y de tratamiento apropiado de lodos residuales.
Metales	As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn	Estimar la posibilidad de reutilizar el agua residual y los posibles efectos tóxicos en el tratamiento. Las cantidades de metales son importantes en el tratamiento biológico.
Gases	O_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S , CH_4	Presencia o ausencia de un gas específico.

D3

Tabla 4.: Características biológicas.

Prueba	Abreviatura / definición	Uso o significado de los resultados
Organismos coliformes	NMP (número más probable)	Estimar la presencia de bacterias patógenas y la eficiencia del proceso de desinfección.
Microorganismos específicos	Bacterias, protozoos, helmintos, virus	Estimar la presencia de organismos específicos en conexión con la operación de la planta de tratamiento y la reutilización del agua.
Toxicidad	UT _A y UT _C	Unidad toxica aguda, unidad toxica crónica.

Fuente: McGraw – Hill S.A; Sistema de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados, 2000

D4

Tabla 5: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola y límite de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Agrícola	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce
			Límite máximo permisible	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Arsénico (Total)	As	mg/l	0,1	0,1
Bario	Ba	mg/l	1	2
Berilio	Be	mg/l	0,1	
Boro (Total)	B	mg/l	1	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,01	0,02
Cianuro (Total)	CN ⁻	mg/l	0,2	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l		0,5
Carbonatos totales	Concentración total de carbonatos	mg/l	0,1	
Cloruros	Cl ⁻	mg/l		1000
Cobre	Cu	mg/l	2	1

Cobalto	Co	mg/l	0,05	0,5
Coliformes fecales	Nmp/100 ml			Remoción > al 99,9 %
Coliformes totales	nmp/100 ml		1000	
Color real	Color real	unidades de color		* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l		0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l		100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l		250
Estaño	Sn	mg/l		5
Flúor	F	mg/l	1	5
Fosforo Total	P	mg/l		10
Hierro	Fe	mg/l	5	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l		20
Litio	Li	mg/l	2,5	
Manganeso	Mn	mg/l	0,2	2
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio (Total)	Hg	mg/l	0,001	0,005

Molibdeno	Mo	mg/l	0,01	
Níquel	Ni	mg/l	0,2	2
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l		10
Nitrógeno total Kedah	N	mg/l		15
Organoclorados (Totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,2	0,05
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,05	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,05	0,2
Potencial de hidrogeno	pH		6,-9,	5, - 9
Sólidos Sedimentables		ml/l		1
Sólidos disueltos totales		mg/l	3000	
Sólidos Suspendidos totales		mg/l		100
Sólidos totales		mg/l		1600
Sulfatos	SO ₄	mg/l		1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l		2

Sulfuros	S	mg/l		0,5
Temperatura	°C			< 35
Huevos de parásitos		Huevos	cero	
Vanadio	V	mg/l	0,1	5
Zinc	Zn	por litro mg/l	2	5
* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida				

Fuente: Norma TULAS

D5

Tabla 6.: 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.

Parámetros	Expresados Como	Unidad	Límite máximo permisible	
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de	pH		6, 5-9	6, 5-9
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3 Máxima 32
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200

D6

Tabla 7.: Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos mediante contacto primario y secundario.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Contacto Primario	Contacto Secundario
			Límite máximo permisible	Valor máximo permisible
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200	1000
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1000	4000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002	0,002
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación y no menor a 6 mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia
Potencial de hidrogeno	pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,6
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,2 (para cada compuesto detectado)	0,2
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:01	15:01

ANEXO E

FOTOS

FOTO N° 1



Ingreso a la Subgerencia de Protección Ambiental. Campo Lago Agrio

FOTO N° 2



Material para la toma de las muestras de las aguas residuales

FOTO N° 3



Toma del agua residual en la PTAR

FOTO N° 4



Toma del agua residual en la PTAR (Lagunas de San Vicente)

FOTO N° 5



Equipo del laboratorio de LABPAM

FOTO N° 6



Planta de Tratamiento Aguas Residuales Barrio Cañaverl

FOTO N° 7



Planta de Tratamiento Aguas Residuales Barrio Gustavo Andrade

FOTO N° 8



Planta de Tratamiento Aguas Residuales Barrio Gustavo Andrade

FOTO N° 9



Planta de Tratamiento Aguas Residuales Barrio La Pampa

FOTO N° 10



Planta de Tratamiento Aguas Residuales Lagunas de San Vicente

FOTO N° 11



Mina el Gallinazo – Rio Aguarico – Cantón Lago Agrio

FOTO N° 12



Horno para secado de la muestra de medio granular

FOTO N° 13



Equipo para sacar la porosidad del medio granular

FOTO N° 14



Ensayo para sacar la porosidad del medio granular

ANEXO F

PLANOS

BIOGRAFIA: DAISY JADIRA MENDOZA VILAÑA

Lugar y Fecha de nacimiento: Nueva Loja, Lago Agrio, 07 de marzo de 1983

Cedula de Identidad: 1718194317

Estado Civil: Soltera

Educación Básica: Escuela Alberto Acosta Soberón, Sangolquí,
1995

Educación Secundaria: Colegio Militar N° 10 “Abdón Calderón”, Quito,
2001

Título obtenido: Bachiller Físico Matemático

Educación Superior: Escuela Politécnica del Ejercito (Ingeniera
Civil 2011)

Idioma: Escuela Politécnica del Ejercito, Instituto de
Idiomas, Suficiencia del idioma Ingles (2009).

HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS

ELABORADO POR

Daisy Jadira Mendoza Vilaña

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

ING. Jorge Zuñiga

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO

Ab. Laura López

Lugar y fecha: Sangolqui, 25 de Abril de 2011